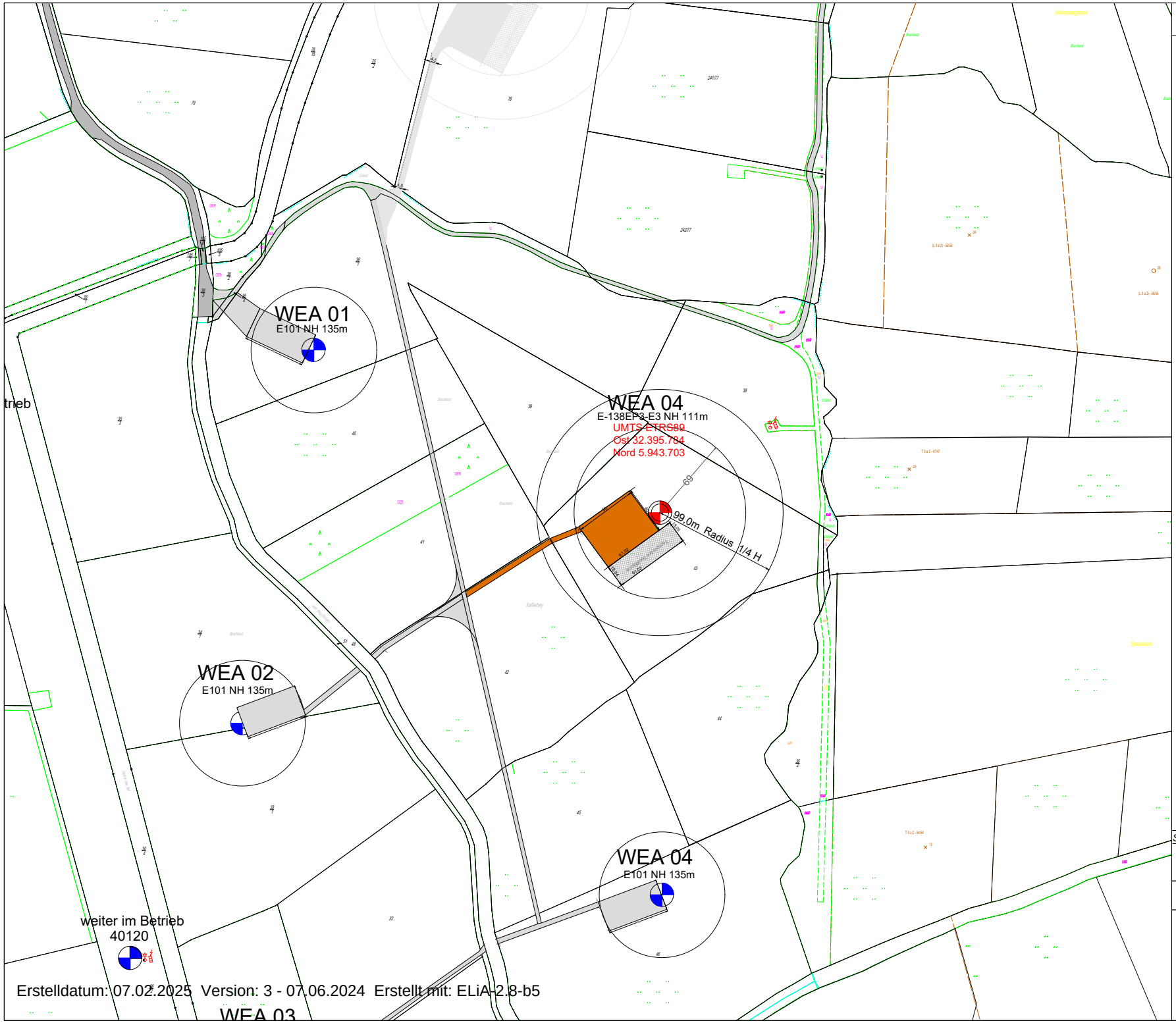
## 12.2 Lagepläne

Siehe Anlage

Anlagen:

- 2.2.7._Übersichtsplan WP Georgshof III._WEA 04 Gesamt_M= 1-2.000_A2.pdf
- 2.2.8._Übersichtsplan WP Georgshof III._WEA 04 Gesamt_M= 1-5.000_A2.pdf




Legende:

- Wegebau ( vorhanden ) Erschließung über Westerstraße K210
- Wegebau ( Neu )
- Kranstellfläche

- Alt WEA
- Fundamentmittelpunkt
- Rotordurchmesser
- Grenzabstand ( 99,0 m Radius 1/4 H )

**Erstellt:** ...
**Zeichner:** T. Walter
F. Janßen

*Standort* **WEA 4**

Gemarkung: Dornum
Flur: 7
Flurstück: 43

WEA 4
Enercon E-138/EP3E3 Nabenhöhe= 111 m Radius 1/4 H = 99,0 m

Erstelldatum: 07.02.2025 Version: 3 - 07.06.2024 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

Rasteder Projektierung GmbH
Zum Breen 40
26180 Rastede Tel.: 04402/ 97250

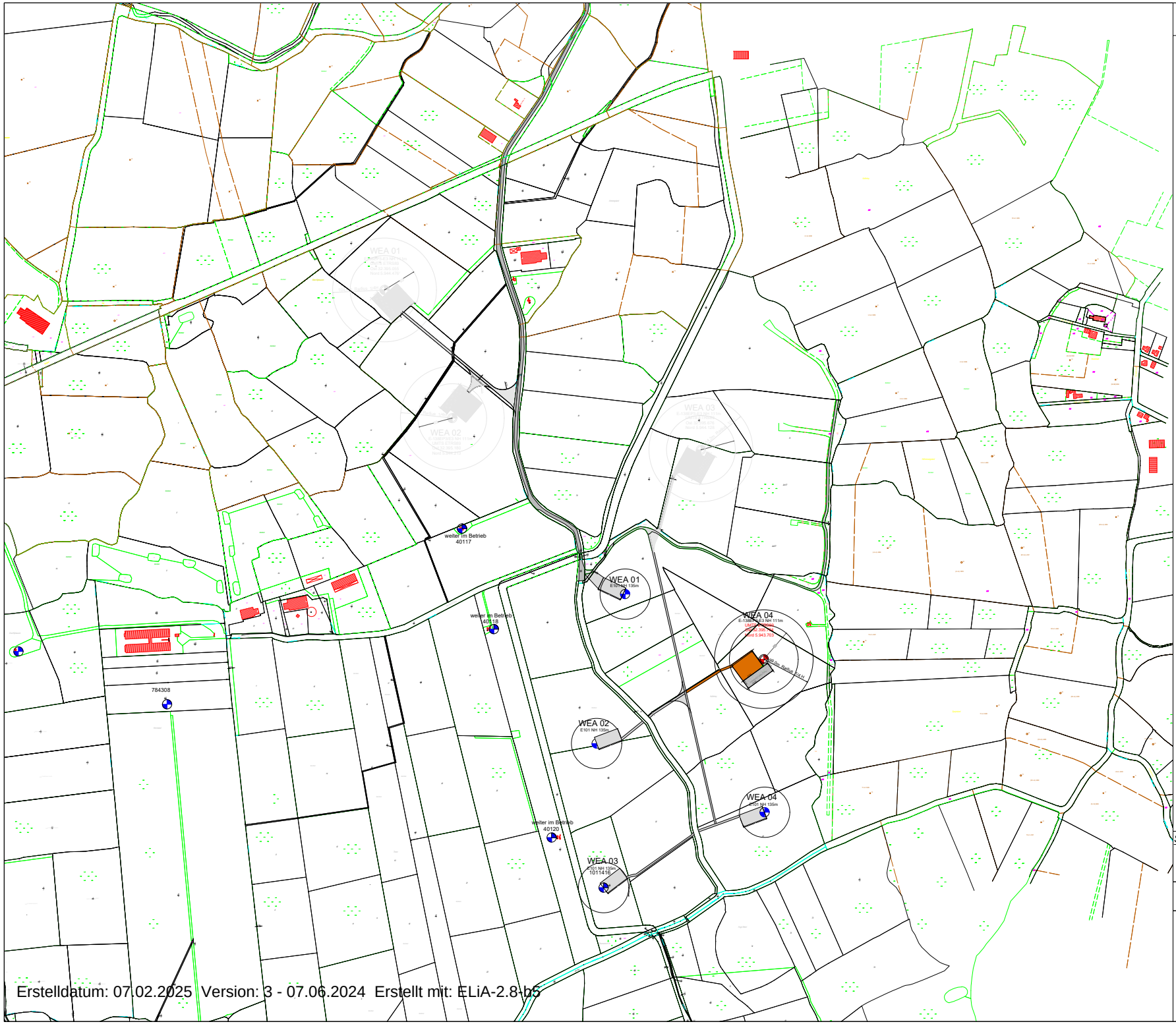
Bauherr: Windpark Georgshof GmbH & Co. KG
Joachimsfeld 1
26553 Dornum

Bauvorhaben: Übersichtsplan WP Georgshof

Standort: Dornum WEA 4 2/718

Titel: Übersichtsplan WEA 04

| Gez.: | Datum: | geändert: | | Maßstab: | Blatt: | Rev.: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T.Walter | 12.07.2021 | 12.08.2023 | | 1:2.000 | 1. | 1. |




Legende:

- Wegebau ( vorhanden ) Erschließung über Westerstraße K210
- Wegebau ( Neu )
- Kranstellfläche
- Alt WEA
- Fundamentmittelpunkt
- Rotordurchmesser
- Grenzabstand ( 99,0 m Radius 1/4 H )

**Erstellt:** ...
**Zeichner:** T. Walter
F. Janßen

*Standort* **WEA 4**

Gemarkung: Dornum
Flur: 7
Flurstück: 43

WEA 4
Enercon E-138/EP3E3 Nabenhöhe= 111 m Radius 1/4 H = 99,0 m

Rasteder Projektierung GmbH
Zum Breen 40
26180 Rastede Tel.: 04402/ 97250

Entwurfverfasser:

Bauherr: Windpark Georgshof GmbH & Co. KG
Joachimsfeld 1
26553 Dornum

Bauvorhaben: Übersichtsplan WP Georgshof

Standort: Dornum WEA 4

3/718

Titel: Übersichtsplan WEA 04

| Gez.: | Datum: | geändert: | | Maßstab: | Blatt: | Rev.: |
|---|---|---|---|---|---|---|
| T.Walter | 12.07.2021 | 12.08.2023 | | 1:5.000 | 1. | 1. |

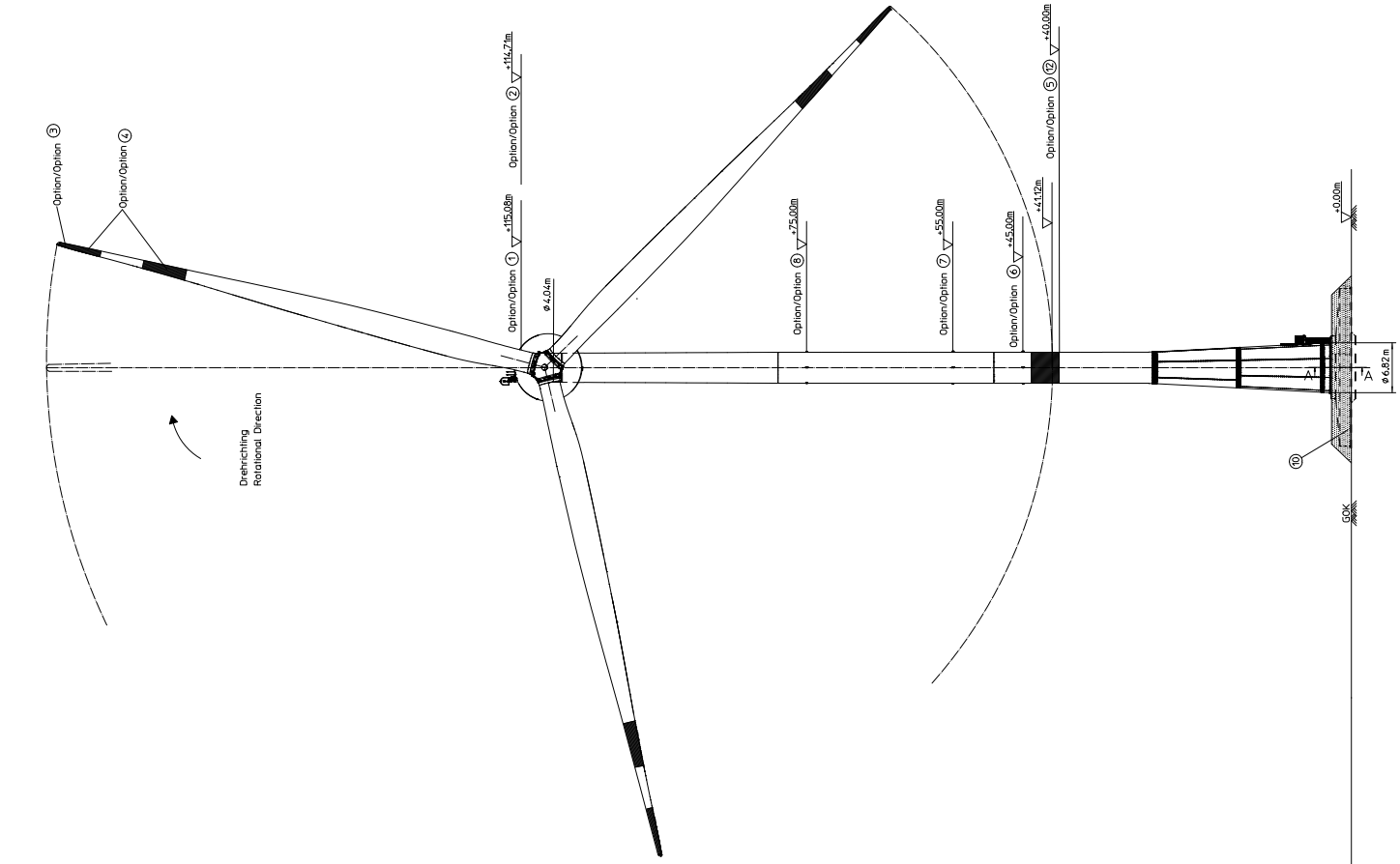
Erstelldatum: 07.02.2025 Version: 3 - 07.06.2024 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

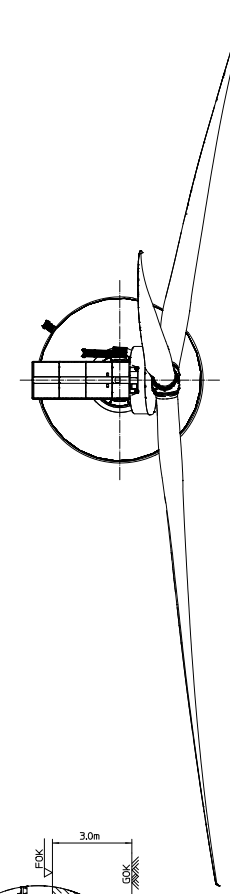
## 12.3 Bauzeichnungen (Grundrisse, Ansichten, Schnitte)

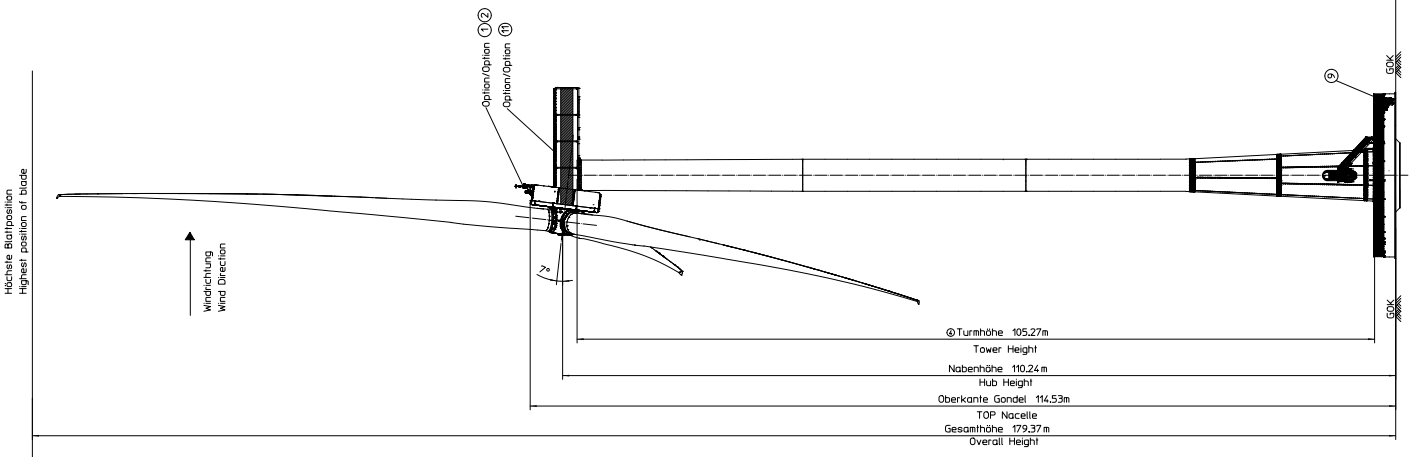
Siehe Anlage

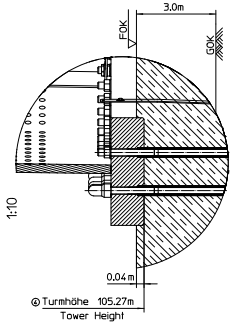
Anlagen:

- 3.7.1._D02218795_4.0_de-en_Layout drawing_EP3.00.247_elevation_drawing E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01.pdf
- 3.7.2._D02177270_1.0-de_en Nacelle view E-115 EP3 E4, E-138 EP3 E3.pdf
- 3.7.3._D1019598-4.1_#_de;fr;en_#_Gondelabmessungen_Nacelle dimensions_E-138_EP3_E3.pdf
- 3.7.4._D02167471_1.0_#_de_#_Gondelgewichte E-138 EP3 E3.pdf






| | |
|---|---|
| Projektbezogene Angaben / *Project-specific data* | |
| Projekt / *Projects* | |
| Geländehöhe über NHN / *Ground elevation above sea levels* | |
| Gesamthöhe über NHN / *Total elevation above sea levels* | |
| Optionen / *Options:* | |
| FOK: Fundamentoberkante / Top foundation<br>GOK: Geländeoberkante / Top ground | |
| ① Nachtkennzeichnung / *W – Rot / W – Red* | |
| ② Tageskennzeichnung / *Daytime marking:* weißes Blitzlicht mit Sichtweitereduzierung *white strobe lights with visibility reduction* | |
| ③ Tageskennzeichnung / *Daytime marking:* 6m rot (RAL 3020) / graues Rotorblatt (RAL 7038) / *6m red (RAL 3020) grey rotor blade (RAL 7038)* | |
| ④ Tageskennzeichnung / *Daytime marking:* rot/grau/rot (RAL 3020 / RAL 7038 / RAL 3020) je 6m lang / *red/grey/red (RAL 3020 / RAL 7038 / RAL 3020) each 6m long* | |
| ⑤ Tageskennzeichnung / *Daytime marking:* 3m Farbfeld RAL 3020 / *3m colour field RAL 3020* | |
| ⑥ Nachtkennzeichnung / *Nighttime marking:* Hindernisfeuer auf jeder Turmachse / *Obstruction beacon on every tower axis* | |
| ⑦ Nachtkennzeichnung / *Nighttime marking:* Hindernisfeuer auf jeder Turmachse / *Obstruction beacon on every tower axis* | |
| ⑧ Nachtkennzeichnung / *Nighttime marking:* Hindernisfeuer auf jeder Turmachse / *Obstruction beacon on every tower axis* | |
| ⑨ Gründung auf Geländeoberkant mit Einbindung in den Boden und Treppe mit Geländer *Foundation on ground level with lowered side slab and stairs with guardrail* | |
| ⑩ Gründung auf Geländeoberkante mit Einbindung in den Boden und Aufschüttung *Foundation on ground level with lowered side slab and backfill* | |
| ⑪ Tageskennzeichnung / *Daytime marking:* Farbfelder beidseitig an der Gondelverkleidung RAL 3020 / *Double-sided colour field on nacelle RAL 3020* | |
| ⑫ Nachtkennzeichnung / *Nighttime marking:* Hindernisfeuer auf jeder Turmachse / *Obstruction beacon on every tower axis* | |

Diese Zeichnung darf nur verfügt, kopiert oder Dritten zugänglich gemacht werden, wenn dies ausdrücklich gestattet ist. Zuwiderhandlungen verpflichten zu Schadenersatz. Alle Rechte für den Fall der Patenterteilung oder GM-Eintragung vorbehalten.
*This document must not be copied or made available to third parties without our express consent. All rights reserved.*

| | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Germany | Allgemeintoleranz<br>*General tolerances* | DIN EN ISO 2768 | Maßstab<br>*Scale* | 1:250 | Gezeichnet<br>*drawn* | KIS | |
| | | | Datum<br>*Date* | Name | | | |
| | | | Bearb. | 11.12.2020 | Dr.Hoffmann | | |
| | | | Gepr. | 15.01.2021 | A.Arnold | | |
| | | | Norm | | | | |
| | | | Freig. | | | | |
| 4 TH geändert | 17.02.21 | TOE | ASA | | | | |
| 3 Übersetzt | 16.11.21 | TOE | ASA | | | | |
| 2 Angaben übersetzt | 30.07.21 | TOE | ASA | | | | |
| 1 Überarbeitet | 23.07.21 | TOE | ASA | | | | |
| Rev. | Änderung/*Change* | Tag/*Date* | Name | | | | |

Elevation drawing hybrid steel tower
*Ansichtszeichnung Hybrid-Stahlturm*

E-160 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

WRD-Turm

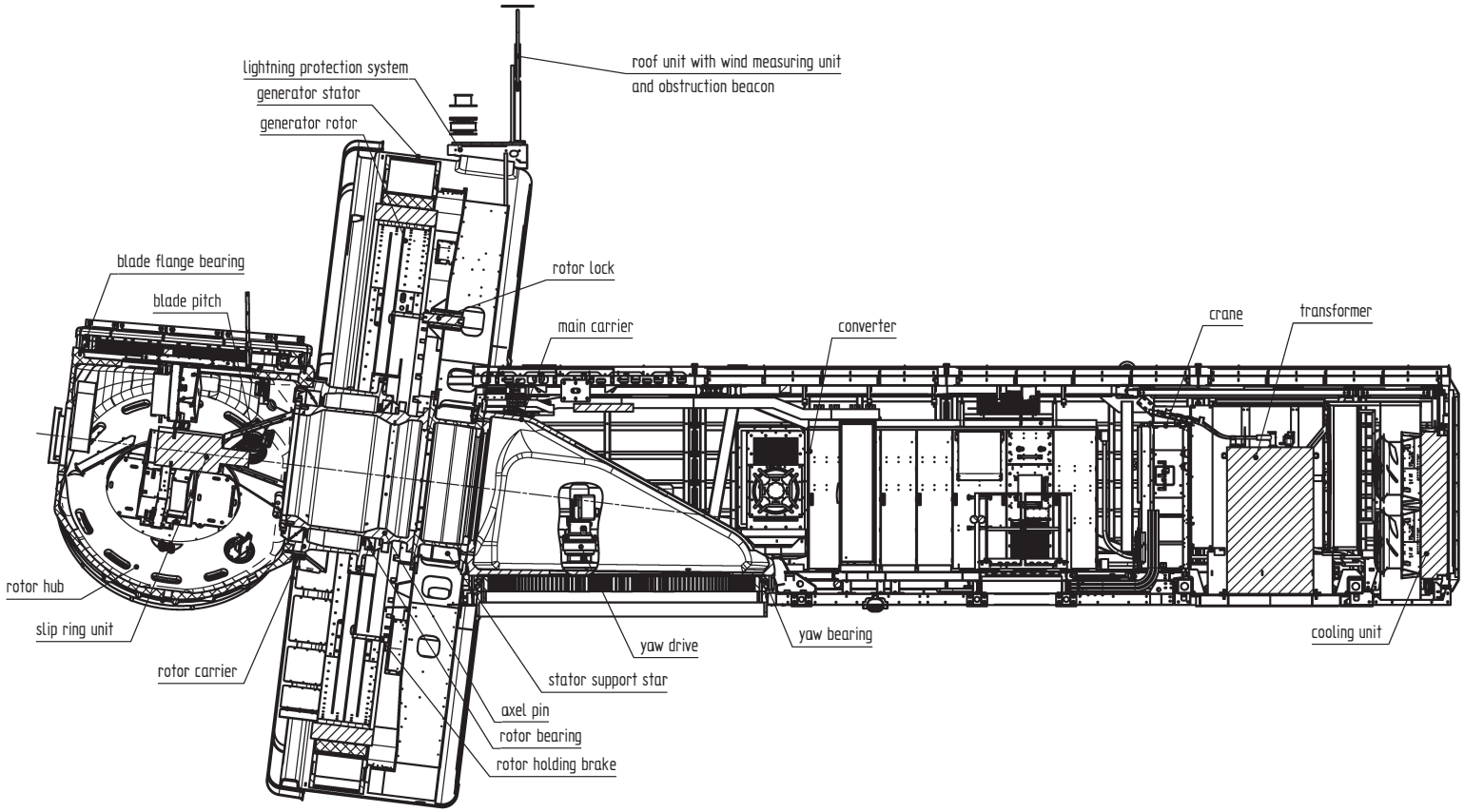
EP3.00.247 – 4

| Datenblatt-Nr. | Blatt-Nr. |
|---|---|
| DE | 1/1 |

ID Nr.: KM1505202

DIN A0

Erstelldatum: 07.02.2025 Version: 3 - 07.06.2024 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5




also valid for E-115 EP3 E4

©This drawing is owned by ENERCON GmbH.
It is copyrighted and at the same time
A trade secret within the meaning of § 17 UWG.
©ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten.
Diese Zeichnung ist Eigentum der Firma ENERCON GmbH.
Sie ist urheberrechtlich geschützt und stellt zugleich
ein Betriebsgeheimnis im Sinne des § 17 UWG dar.

Technical changes reserved
Technische Änderungen vorbehalten

| | Scale Maßstab | expected weight / erwartetes Gewicht |
|---|---|---|
| | 1:50 | kg |

Material / Werkstoff

ENERCON ENERGY FOR THE WORLD

Document Type / Dokumentart: Assembly drawing / Zusammenbauzeichnung — DCC: TB

Name / additional name / Benennung / Zusatzbenennung:

nacelle

E-138 EP3 E3

Gondel

E-138 EP3 E3

| | at / am | by / von |
|---|---|---|
| Creator / Ersteller | 04.11.2020 | 00021492 |
| Last modifying user / Letzter änderndes Benutzer: Sandeep S N | 30.08.2021 | 00081088 |

Released at, by / Freigegeben am, von: Uwe Kroh (00047623) 27.08.2021

| Material Number / Materialnummer | Drawing Number / Zeichnungsnummer | Sheet / qty Blatt / Blätter |
|---|---|---|
| 782402 | D02162509/1.0-de/en | 1/1 |



Erstelldatum: 07.02.2025 Version: 3 - 07.06.2024 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

Freigabe: 2025-02-20 06:58

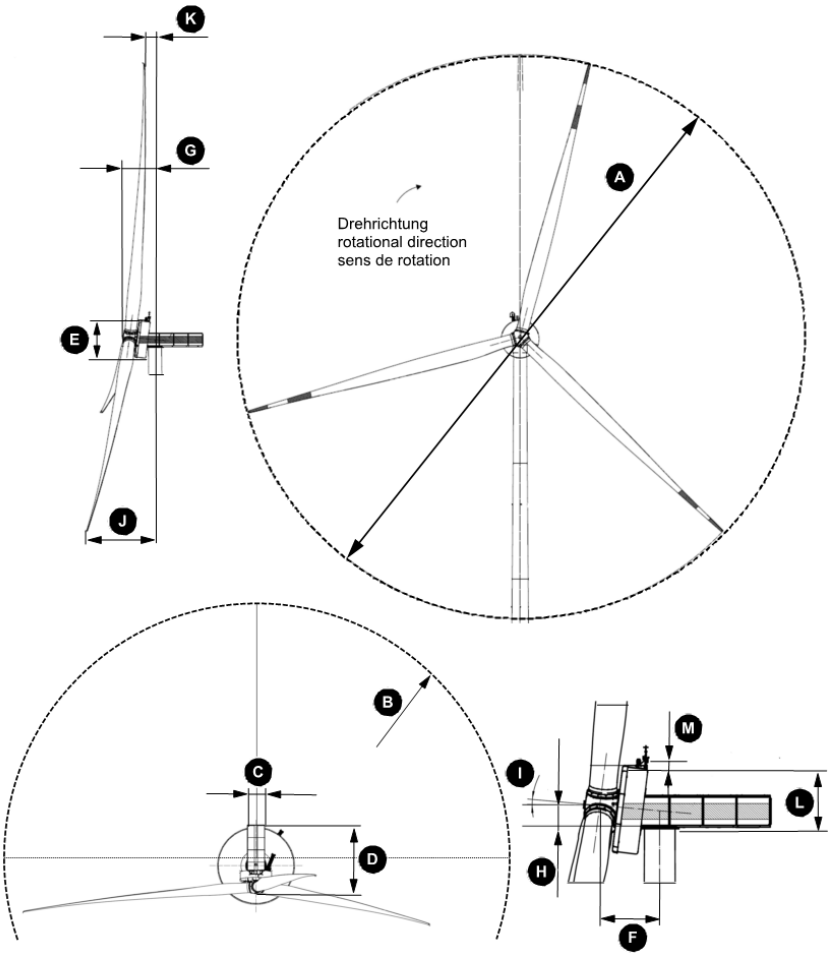



**Abb. / Fig. 1: Schematische Darstellung der Gondel / Schematic diagram of the nacelle / Représentation schématique de la nacelle**

| Pos. | Bezeichnung<br>Description<br>Designation | Wert<br>Value<br>Valeur | Pos. | Bezeichnung<br>Description<br>Designation | Wert<br>Value<br>Valeur |
|---|---|---|---|---|---|
| **A**[1] | **Rotordurchmesser**<br>Rotor diameter<br>Diamètre du rotor | 138,25 m | **H** | **Oberkante Turmkopfflansch bis Nabe**<br>Top edge of top tower flange to hub<br>Bord supérieur de la bride supérieure du mât jusqu'au moyeu | 1,98 m |
| **B**[1] | **Exzentrizitätsfläche**<br>Eccentric surface<br>Surface excentrique | 15 440 $m^2$ | **I** | **Neigung**<br>Incline<br>Inclinaison | 7° |
| **C** | **Gondelbreite**<br>Nacelle width<br>Largeur de la nacelle | 4,99 m | **J**[1] | **Turmmitte bis tiefste Blattposition**<br>Tower centre to bottom of blade<br>Milieu du mât jusqu'à la position la plus basse de la pale | 20,10 m |
| **D** | **Gondellänge**<br>Nacelle length<br>Longueur de la nacelle | 19,75 m | **K**[1] | **Turmmitte bis höchste Blattposition**<br>Tower centre to top position of blade<br>Milieu du mât jusqu'à la position la plus haute de la pale | 3,25 m |
| **E** | **Gondelhöhe**<br>Nacelle height<br>Hauteur de la nacelle | 9,23 m | **L** | **Oberkante Turmkopfflansch bis Oberkante Gondel**<br>Top edge of top tower flange to nacelle top edge<br>Bord supérieur de la bride du sommet du mât jusqu'au bord supérieur de la nacelle | 6,264 m |
| **F** | **Turmmitte bis Nabe horizontal**<br>Tower centre to hub horizontal<br>Milieu du mât vers le moyeu horizontalement | 6,31 m | **M** | **Oberkante Gondel bis Oberkante Befeuerungsträger**<br>Top nacelle edge to top beacon carrier edge<br>Bord supérieur de la nacelle jusqu'au bord supérieur du support du balisage | - 0,025 m |
| **G** | **Turmmitte bis Gondelspitze**<br>Tower centre to nacelle tip<br>Milieu du mât vers l'extrémité de la nacelle | 8,58 m | | **Volumen der Gondel**<br>Volume of the nacelle<br>Volume de la nacelle | 437 $m^3$ |

[1] Die Werte beziehen sich auf den Einbauzustand des Rotorblatts ohne Pitch und ohne jegliche Belastungen. / The values refer to the installation state of the rotor blade when not pitched and without any load. / Les valeurs se rapportent à l'état de montage de la pale du rotor sans pitch et sans charges.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved. / Tous droits réservés.

Released: 2022-06-22 06:06

# Gewichte Gondel E-138 EP3 E3

In der folgenden Tabelle sind die vorläufigen Gewichte der Gondelkomponenten der ENERCON Windenergieanlage E-138 EP3 E3 angegeben.

**Tab. 1: Gewichte Gondel**

| Komponente | Gewicht in kg |
|---|---|
| Maschinenhaus | ca. 75000 |
| Rotorkopf | ca. 39100 |
| Rotor | ca. 59050 |
| Stator | ca. 62000 |
| Rotorblatt mit Blattheizung | ca. 20500 |

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten.

Freigabe: 2021-07-26 07:59

## 12.4 Baubeschreibung, Betriebsbeschreibung

siehe Anlage

Anlagen:

- WP Georgshof III WEA 04 Kurzbeschreibung E-138EP3E3.pdf

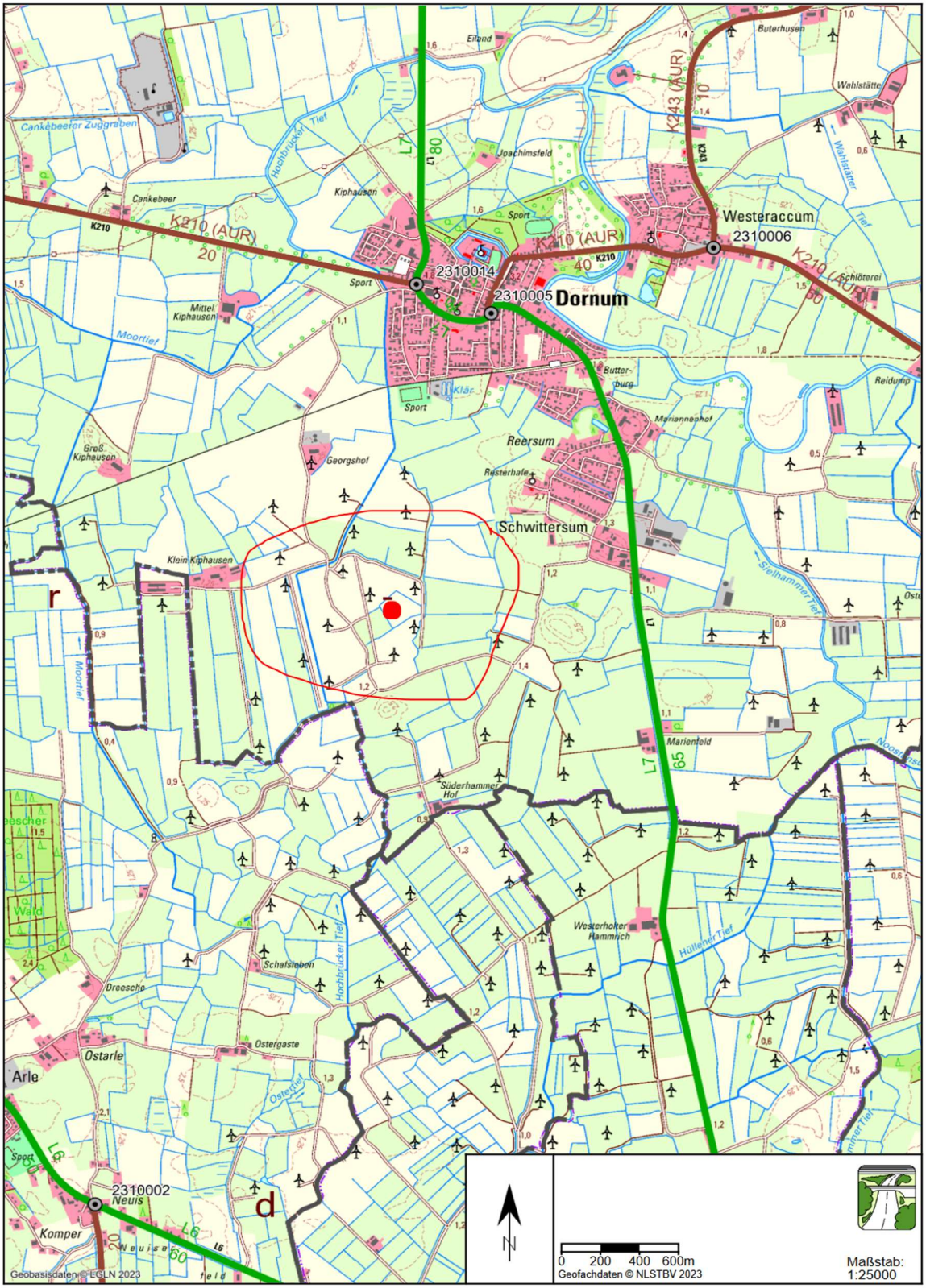
**Rasteder Projektierungs GmbH**

**Zum Breen 40**
**26180 Rastede**
**Tel.: 04402 / 9725-0**
**E-Mail: rasteder-projektierung@t-online.de**

---

# Kurzbeschreibung des Repoweringvorhaben für die WEA 04 vom Typ E-138EP3/E3 in der Gemarkung Dornum (Gemeinde Dornum)

## Top. Karte 1:25000 Niedersachsen/Bremen



# Inhaltsverzeichnis

**1. Kurzbeschreibung des Vorhabens ..... 3**

**2. Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem ökologischen Fachbeitrag zum Neubauvorhaben ..... 10**

2.1. Schutzgut Klima und Luft ..... 10
2.2. Schutzgut Boden ..... 10
2.3. Schutzgut Grundwasser und Oberflächenwasser ..... 10
2.4. Schutzgut Arten und Lebensgemeinschaften ..... 10
2.5. Schutzgut Landschaftsbild ..... 10
2.6. Schutzgut Mensch ..... 11
2.7. Schutzgut Kultur- und Sachgüter ..... 11
2.8. Kompensation und Monitoring ..... 11

## 1. Kurzbeschreibung des Vorhabens

Die WP. Georgshof I GmbH & Co KG, Joachimsfeld 1 in 26553 Dornum beabsichtigt, auf Flächen in der Gemarkung Dornum (Gemeinde Dornum, Landkreis Aurich) drei WEA vom Typ E-40 zurückzubauen und hierfür die WEA 04 vom Typ E-138EP3/E3 neu zu errichten. Die Eigentumsverhältnisse der Baugrundstücke stellen sich wie folgt dar:

| Windkraftanlage | Gemarkung | Flur | Flurstück | Eigentümer |
|---|---|---|---|---|
| WEA 4 E-138EP3/E3 | Dornum | 7 | 43 | privat |
| WEA 40032 (Rückbau) E-40 | Dornum | 7 | 41 | privat |
| WEA 40125 (Rückbau) E-40 | Dornum | 7 | 38 | privat |
| WEA 40129 (Rückbau) E-40 | Schwittersum | 6 | 30/2 | privat |

Das Plangebiet liegt im Marschland im Südwesten des Gemeindegebietes der Gemeinde Dornum. Das Plangebiet ist bisher keine ausgewiesene Fläche als Sonderbaufläche „Wind“, liegt aber am Rande des von der Gemeinde Dornum im Flächennutzungsplan

ausgewiesenen Sonderbauflächen Windenergie. Nach dem Wind-Land-Gesetz vom 20.07.2022 in Kraft seit dem 01.02.2023 ist es jedoch nach dem §16b BimSchG gestattet auf Flächen von Bestandsanlagen (Altanlagen) diese in einem 300m Kreis durch Neuanlagen zu ersetzen. (Repowering)

Die WEA vom Typ E-40, die nun zurückgebaut werden sollen, wurden im Jahre 1996 im Zusammenhang mit dem WP. Georgshof I mit seinen ehemals 18 WEA vom Typ E-40 auf Grundlage der damaligen geltenden Bauordnung errichtet.

Die neu geplante WEA 04 vom Typ E-138EP3/E3 sollen in einem Umkreis von 300m zu den alten WEA-Standorten errichtet werden.

Der Standort wurde über privatrechtliche Nutzungsverträge gesichert.

Der Standort liegt südlich der K 210 und kann von dort aus über die Einfahrt zum Arler Weg und über den Arler Weg, der bereits als Schwerlastbaustraße zur Erschließung des WP. Georgshof II ausgebaut wurde, erschlossen werden.

Der geringste Abstand zu den nächstgelegenen Siedlungen beträgt bei der WEA 04 ca. 1000m nach Nordosten zu Dornum der Gemeinde Dornum und zu einem Einzelgehöft am Arler Weg Richtung Südwest ca. 500m, und ca. 850m nach Osten zum Ortsteil Schwittersum der Gemeinde Dornum.

Die neue WEA 04 vom Typ E-138EP3E3 (111m Nabenhöhe, Gesamthöhe 179m) wird in unmittelbarer Umgebung an den Standorten der vorhandenen WEA errichtet, bei der WEA 04 mit Versatz von ca. 150m zur Alt-WEA 40032, geringem Versatz von ca. 110m zu der Alt-WEA 40125, und zur ca. 140m zur Alt-WEA 40129. Es werden drei WEA vom Typ Enercon E-40 (Nabenhöhe 50m, Gesamthöhe 70m) in der Gemeinde Dornum zurückgebaut. Zur Erschließung der neuen WEA wird der Gemeindeweg Arler Weg inkl. der öffentlichen Anbindung an die K 210 und der vorhandene Wegebau der WP. Georgshof genutzt.

Für den Standort der neuen WEA wird eine Stellfläche in der Größe von 50x40m, sowie eine temporäre Hilfsstellenfläche von 60x12m errichtet. Um die nötige Auflast für die Schwerlastkräne zu erreichen, wird die Stellfläche bis auf den tragfähigen Boden ausgekoffert und dementsprechend mit Füllsand aufgefüllt und mit einer aus GEOtex und Schotter versehenden Oberfläche hergestellt. Der überschüssige Boden wird abgefahren und fachgerecht entsorgt. Alternativ kann die Stellfläche auch im Rüttelstopfverfahren hergestellt werden. Die Ausführungen werden auf Grundlage der Baugrundgutachten und Bodenanalyse festgelegt. Die Zuwegung zur Erschließung des Standortes, ab dem Arler Weg wird im schwimmenden Bauverfahren hergestellt. Es erfolgt keine Auskofferung des Bodens.

Der Netzanschluss erfolgt am UW-Westeraccum der Avacon AG mittels einer 20KV-Leitung zur 20KV-T-Station am Hof Verweyen am Arler Weg. Eine Einspeiseleistungszusage von der Avacon AG über 4,26 MVA liegt vor. Die neu geplante WEA 04 vom Typ E-138EP3/E3 wird dann über neu zu verlegende 20KV-Leitungen bis zur 20KV-T-Station am Arler Weg an das Netz der Avacon AG angeschlossen.

Des Weiteren wird der Datentransfer über den gleichen Netzverlauf der 20KV-Leitungen über LWL-Datenleitungen realisiert, so dass eine einwandfreie Steuerung der WEA gemäß den technischen Vorgaben gewährleistet ist.

Über diese elektrische Infrastruktur wird der Strom entsprechend der Regelungen des Erneuerbaren-Energien-Gesetz (EEG) Novelle 2023 eingespeist.

Die neue WEA wird mit einer bedarfsgerechten Nachtkennzeichnung (BNK), sowie einer Infrarotbeleuchtung ausgerüstet.

Im Vorfeld der Windparkplanung wurden folgende Abschätzungen zu den geplanten Standorten vorgenommen.

Abschattung Luftverteidigungsradar Brockzetel

Schallimmissionen an den IP der Wohnhäuser

Schattenwurf und Schattenwurfregelungen an den IP der Wohnhäuser

Standsicherheit WEA Turbulenz

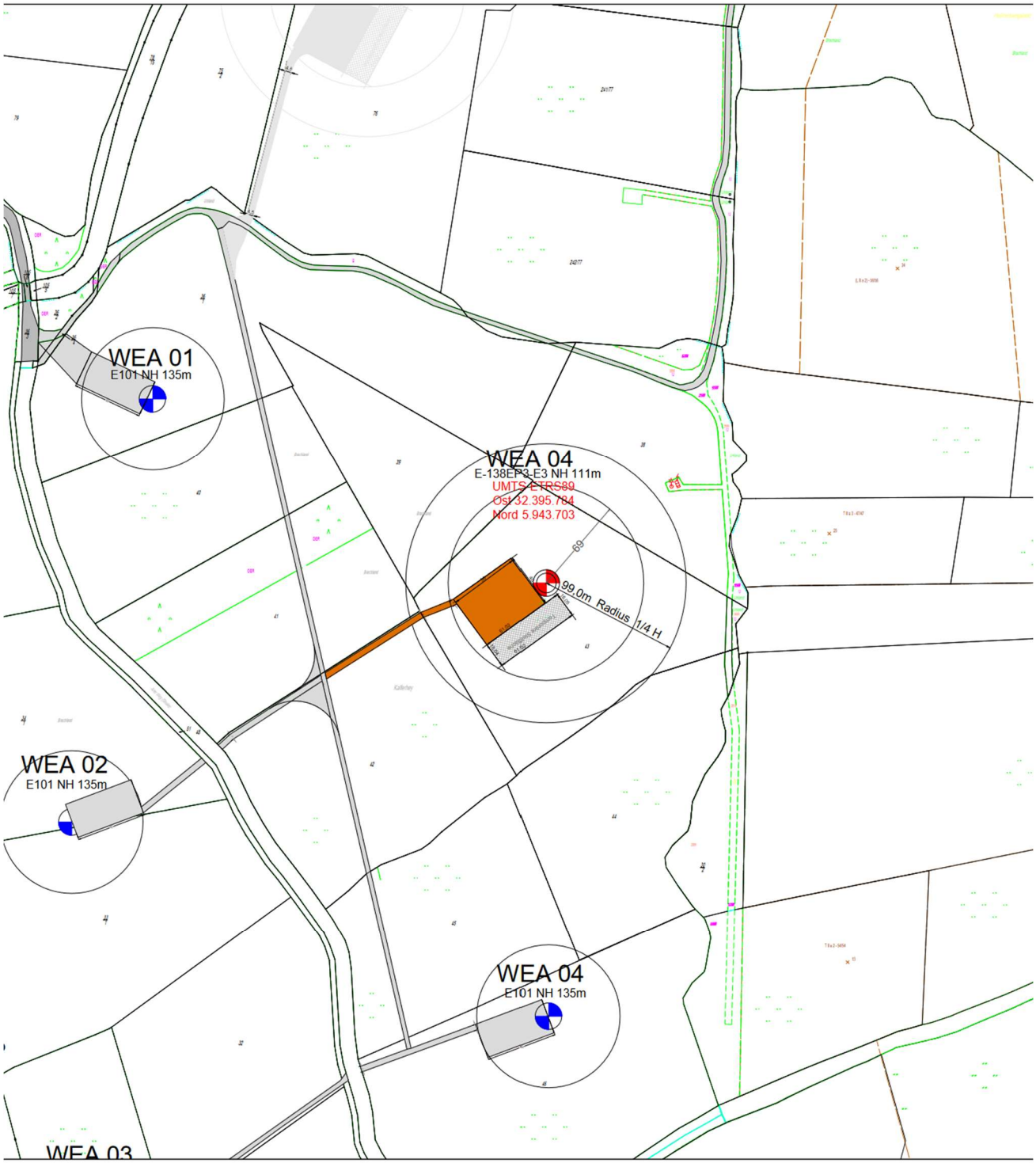
Bodenanalytik

Ökologische Grobeinschätzung

Auswahl WEA Typ

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung

Maßstab 1 : 2.000 siehe Anlage 1



Die Planung beinhaltet eine WEA 04 vom Typ E-138EP3/E3. Nachfolgend sind die wichtigsten technischen Daten übersichtlich zusammengestellt:

| Geplanter Anlagentyp | Enercon E-138EP3/E3 |
|---|---|
| | |
| Rotordurchmesser | 138,26 m |
| Nabenhöhe | 110,24 m |
| Gesamthöhe | 179,36m |
| Nennleistung | 4.26 MW |
| Blattanzahl | 3 |
| Turmtyp | Stahlturm |
| Anzahl | 1 |
| Kapazität gesamt | 4,26 MW |

Die Sicherheit der WEA wird unter anderem durch ein aerodynamisches Bremssystem, ein Blitzschutzsystem sowie ein Sensorsystem gewährleistet, welches die Anlage bei Störungen sofort abschaltet. Die Anlage besitzt außerdem ein Netzanbindungssystem, welches den vom Generator erzeugten Strom entsprechend den Vorgaben der Elektrizitätsversorger in einspeisefähigen Wechselstrom umwandelt.

Die einzuhaltenden Schutzabstände bzw. die Installation von schwingungsdämpfenden Maßnahmen wurden bei der Standortplanung der Windenergieanlage bereits berücksichtigt.

Zum Nachweis der Einhaltung des empfohlenen Richtwertes von 30 Stunden im Jahr bzw. 30 Minuten pro Tag in Bezug auf Schlagschattenwirkung an Wohn- und Büroräumen liegt ein Gutachten von der Firma IEL vor.
Durch die vorgegebene Schattenwurfregelung werden keine Beeinträchtigungen an den IP ausgewiesen.

Ein schalltechnischer Bericht wurde von der Firma Zech erstellt. Der Bericht BER LL 18129.1-01 wurde nach dem Interimsverfahren erstellt und weißt an allen relevanten IP keine Überschreitungen aus. Für den Nachtbetrieb wird die WEA reduziert, sodass die vorgegebenen Schallwerte an den IP eingehalten werden. Es laut dem Bericht von Zech von keiner Beeinträchtigung auszugehen. Des Weiteren wurde ein schalltechnischer Bericht nach der alten TA-Lärm erstellt um ein Vergleich zu dem Interimsverfahren zu erhalten.

Im Hinblick auf den Verbleib des bei Aushubarbeiten anfallenden Bodens wird die WP. Georgshof I GmbH & Co KG dem Landkreis Aurich im Zuge des BimSchG nach §16b Genehmigungsverfahren eine entsprechende Stellungnahme vorlegen.

Eine Erläuterung zum Umgang mit dem am Standort vorhandenen potenziell sulfatsauren Boden wurde ein Bericht Nr. 2301989 von Firma HPC AG erstellt.

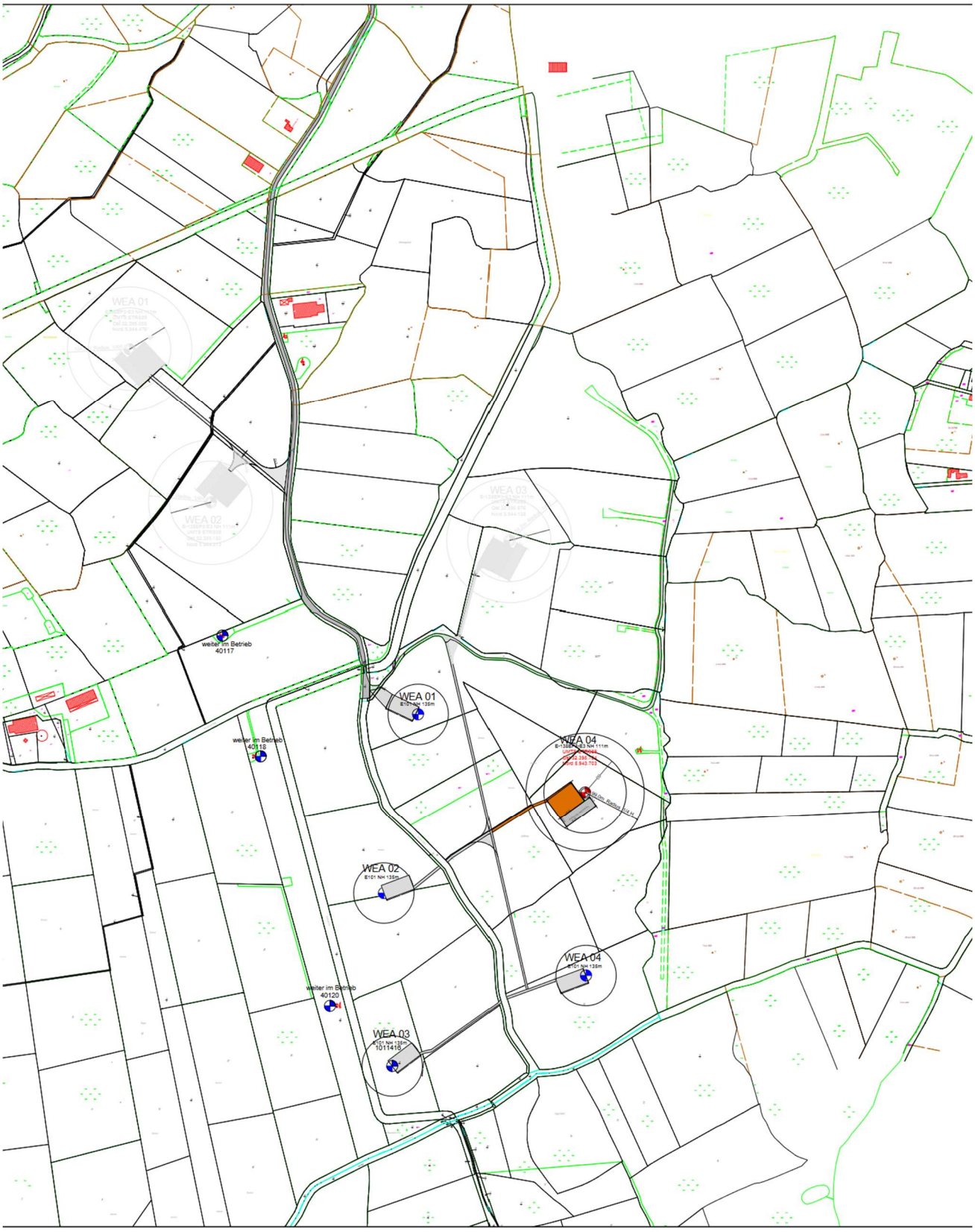
Für die Beurteilung der Situation der Avifauna wurde in den Jahren 2020 – 2021 Kartierungen von dem Büro Gerhardt durchgeführt. Des Weiteren wurde vom Büro Gerjets 2020 und 2021 ein Monitoring realisiert. Nach Errichtung der WEA wird ein anschließendes zweijähriges Monitoring erfolgen.

Bezüglich regional und lokal vorkommender Fledermausarten wurde im Jahr 2020 eine Kartierung vom Büro PD Dr. Klaus Handke durchgeführt, dem nach Errichtung der WEA ein zweijähriges Monitoring folgt.

Die Ergebnisse der Kartierungen werden gemäß §45c BNatSchG, §16b und §19 BimSchG in einem Artenschutzrechtlicher Bericht (Fachbeitrag) einfließen, der von der Firma Thalen-Consult erstellt wurde. Im Zuge des ökologischen Fachbeitrages werden auch alle relevanten Eingriffe und Auswirkungen in Land und Natur bewertet und dementsprechende eventuelle Ausgleichsmaßnahmen nach dargestellt.

Hinsichtlich des im Zusammenhang mit der Errichtung und dem Betrieb des Windparks verbundenen unvermeidbaren Eingriffs in Natur und Landschaft sowie der sich ergebenden Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen wurde ein Fachbeitrag erarbeitet, der die naturschutzfachlichen Belange umfassend prüft. Die Notwendigkeit und Umfang einer Umweltverträglichkeitsprüfung (UVP) nach §16b BimSchG wird mit dem betroffenen Landkreis festgelegt.

Maßstab 1 : 5.000 siehe Anlage 2



# 2. Vorläufige Zusammenfassung der Ergebnisse aus dem zu erstellenden ökologischen Fachbeitrag zur Neubaumaßnahme

## 2.1. Schutzgut Klima und Luft

Es sind keine erheblichen Beeinträchtigungen durch Bau, Anlage und Betrieb der geplanten WEA abzusehen.

## 2.2. Schutzgut Boden

Es finden Versiegelungen für die neue Anlage statt. Eine saldierende Betrachtung, aus der sich der Kompensationsbedarf ableiten lässt, wird erstellt. Die o. g. Stellungnahme gegenüber dem Landkreis Aurich enthält detaillierte Regelungen zum Umgang mit dem anfallenden Aushub.

## 2.3. Schutzgut Grundwasser und Oberflächenwasser

Im Zuge der Errichtung der WEA werden Entwässerungsgräben III. Ordnung umgelegt bzw. verrohrt. Die der Funktionen der Entwässerungsgräben bleiben erhalten. Erhebliche Beeinträchtigungen von Grund- oder Oberflächenwasser sind nicht zu erwarten.

## 2.4. Schutzgut Arten und Lebensgemeinschaften

Für das Neubauvorhaben werden Grünlandflächen in Anspruch genommen, aber auch wiederhergestellt. Eine saldierende Betrachtung, aus der sich der Kompensationsbedarf ableiten lässt, wird erstellt. Gemäß § 30 und 45c Bundesnaturschutzgesetz (BNatSchG) gesetzlich geschützte Biotope sind nicht betroffen.
Im Hinblick auf die Betroffenheit von besonders geschützten Arten ist festzustellen, dass an den Standorten keine geschützten Pflanzenarten vorkommen.
Eine erhebliche Beeinträchtigung von Brut- und Gastvögeln ist generell nicht abzusehen. Allerdings besteht ein gewisses Konfliktpotenzial durch das regionale Vorkommen der Rohrweihe, da diese Vogelart ein erhöhtes Schlagrisiko aufweist.
Während der Zugzeit der Fledermäuse kann es zu einer erheblichen Beeinträchtigung durch Kollision kommen. Für diese Zeit sind Abschaltregime vorgesehen, die mit bestehenden Anlagen synchronisiert werden.

## 2.5. Schutzgut Landschaftsbild

Durch die Erhöhung der Anlagen an den jeweiligen Standorten kommt es voraussichtlich zu einer gesteigerten Beeinträchtigung des Landschaftsbildes im Vergleich zum gegenwärtigen Bestand durch Ausweitung der Mittelzone (bis zum 15-fachen der Anlagengesamthöhe). Eine genaue Analyse, aus der sich der Kompensationsbedarf

ableiten lässt, wird erstellt. Generell ist jedoch festzustellen, dass eine Vereinheitlichung der Anlagenhöhe in den Windparks die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes mindert.

### 2.6. Schutzgut Mensch

Sofern Sonnenscheindauer und Windrichtungsverteilung unberücksichtigt bleiben (worst-case-Szenario), können mehrere Häuser am Arler Weg über das Maß der zulässigen Orientierungswerte hinaus dem Schlagschatten der geplanten WEA ausgesetzt sein. Dies wird durch entsprechende Abschaltzeiten vermieden, die das vom Vorhabenträger beauftragte Gutachterbüro IEL ermitteln wird.
Bezüglich der durch die WEA 04 vom Typ E-138/EP3 E3 verursachten Schallimmissionswerte werden durch den schalltechnischen Bericht der Firma Zech nachgewiesen, dass an den relevanten IP keine Überschreitungen der Immissionswerte stattfinden, sodass von keinen Beeinträchtigungen auszugehen ist, dies betrifft auch den Nachtbetrieb der WEA in der Zeit von 22.00 – 6.00 Uhr, hier wird die WEA dementsprechend der Vorgaben aus dem Bericht der Firma Zech in der Leistung reduziert.

### 2.7. Schutzgut Kultur- und Sachgüter

Es liegt keine Betroffenheit durch das Vorhaben vor.

### 2.8. Kompensation und Monitoring

Die Kompensationsmaßnahmen dienten dem Ausgleich der Flächeninanspruchnahme für die Errichtung des Windparks. Diese Maßnahmen bleiben bestehen.
Im Nachgang der Neuerrichtung der WEA wird in Abstimmung mit den zuständigen Unteren Naturschutzbehörden ein Monitoring bezüglich der Windenergie sensiblen Arten durchgeführt. Dies gilt auch für die lokal vorkommenden Fledermausarten. Ggf. werden die Abschaltregime differenziert.
Die Beeinträchtigungen von Boden und Landschaftsbild können alternativ durch Ausgleichsflächen kompensiert.

Aufgestellt:
Rasteder Projektierungs GmbH

Rastede den 13.04.2024

Frank Janßen

## 12.5 Berechnungen/Nachweise

Siehe Anlage

Die Herstellkosten für die Erschließung belaufen sich wie folgt:

Hauptwegebau von K210 über den Arler Weg bis zur Einfahrt WEA 04 = 125.000,00 Euro

Stellfläche WEA 04 = 100.00,00 Euro

Anlagen:

- 12.7.2.1._SL_AU_Grenzabstand Nds_E-138_EP3 E3-HST-111-FB-C01_rev002_ger_ger.pdf
- 12.7.5.1._SL_AU_Herstellkosten_E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01_FG_rev01.pdf

Der Grenzabstand wird nach Nr. 3.5.4.2 des niedersächsischen Windenergieerlasses mit folgender Formel berechnet:

*Formel a) 0,5 H*: $\sqrt{Exzentrizität^2 + (0{,}8944 \cdot Radius)^2} + 0{,}5 \cdot (Nabenhöhe + 0{,}4472 \cdot Radius)$

*Formel b) 0,25 H:* $\sqrt{Exzentrizität^2 + (0{,}9701 \cdot Radius)^2} + 0{,}25 \cdot (Nabenhöhe + 0{,}2425 \cdot Radius)$

Mit: Nabenhöhe = 110,24 Meter
Rotorradius = 69,13 Meter
Exzentrizität = 6,31 Meter

Aus diesen Werten werden folgende Mindestabstände vom Turmmittelpunkt $A_m$ berechnet:

**Grenzabstand $A_{M(0,5\ H)}$ = 132,7 m (a)**

**Grenzabstand $A_{M(0,25\ H)}$ = 99,1 m (b)**

© Copyright ENERCON GmbH. All rights reserved.

**Rohbaukosten (brutto):**

Die Rohbaukosten beinhalten die Kosten für das Flachgründungsfundament, den Hybridstahlturm, das Maschinenhaus und die Rotorblattanlage:

| | |
|---|---|
| Flachgründungsfundament: | 226.000 € |
| Hybridstahlturm: | 634.000 € |
| Gondel, Maschinenverkleidung, Nabe, Rotor: | 752.000 € |
| **Gesamt:** | **1.612.000 €** |

**Herstellkosten (brutto):**

Die Herstellkosten umfassen die Rohbaukosten zuzüglich der Kosten für die maschinenbaulichen und elektrotechnischen Komponenten:

| | |
|---|---|
| a) Rohbaukosten: | 1.612.000 € |
| b) Maschinenbauliche und elektrotechnische Komponenten: | 555.000 € |
| **Gesamt:** | **2.167.000 €** |

In den Herstell- und Rohbaukosten ist die gesetzliche Mehrwertsteuer von 19% enthalten.

Die Herstellkosten entsprechen nicht dem Kaufpreis der Anlage, der weitere Kosten, z.B. schwankende Materialpreise, Forschungs- und Entwicklungskosten u.v.m. abdecken muss, die jedoch für die Ermittlung der Genehmigungsgebühren nicht relevant sind.

**Der Transformator ist in die Anlage Turmfußes integriert. Es tritt keine separate Trafostation optisch in Erscheinung.**

© Copyright ENERCON GmbH. All rights reserved.

# 12.5.1 Berechnung des Bruttorauminhaltes

## 12.5.2 Berechnung der Grund- und Geschossflächenzahl

## 12.5.3 Berechnung der Vollgeschosse

# 12.5.4 Nachweis der notwendigen Einstellplätze

# 12.6 Bautechnische Nachweise

# 12.6.1 Nachweis der Standsicherheit

## Siehe Anlage

Anlagen:

- 17.1._f2e_gutachten_georgshof_iii_rev1_final.pdf
- 2023-08-23-F2E-Georgshof-EX-MS.pdf
- 15.1._23.1098 V&B WP Georgshof Repowering_GUA_1_Rev.pdf
- 3.1.1.2._TP_E-138_EP3_E3-HST-111-FB-C-01_Rev.0.pdf
- f2e_gutachten_georgshof_iii_rev2_final.pdf

F2E Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG

# Gutachten zur Standorteignung von WEA am Standort Georgshof III

**Referenz-Nummer:**
2023-D-062-P3-R1 - ungekürzte Fassung

**Auftraggeber:**
Windpark Georgshof GmbH & Co KG
Joachimsfeld 1, 26553 Dornum

**Bauherr:**
Herr Theo Verweyen
Westerstraße 16, 26553 Dornum

**Die Ausarbeitung des Gutachtens erfolgte durch:**
Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG
Borsteler Chaussee 178, 22453 Hamburg, www.f2e.de

**Verfasser:**



M.Sc. Andres Flügel, Sachverständiger, Hamburg, 27.10.2023

**Geprüft:**



Dipl.-Ing. (FH) Silva Mäusling, Sachverständige, Hamburg, 27.10.2023

**Für weitere Auskünfte:**
Tel.: 040 5330368-0 Fax: 040 53303680-79
Andres Flügel fluegel@f2e.de oder Silva Mäusling: maeusling@f2e.de

## Urheber- und Nutzungsrecht:

Urheber des Gutachtens ist die Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG. Der Auftraggeber erwirbt ein einfaches Nutzungsrecht entsprechend dem Gesetz über Urheberrecht und verwandte Schutzrechte (UrhG). Das Nutzungsrecht kann nur mit Zustimmung des Urhebers übertragen werden. Eine Veröffentlichung und Bereitstellung der ungekürzten Fassung des Gutachtens zum uneingeschränkten Download in elektronischen Medien sind verboten. Eine Einsichtnahme der gekürzten Fassung des Gutachtens gemäß UVPG §23 (2) über die zentralen Internetportale von Bund und Ländern gemäß UVPG §20 Absatz (1) wird gestattet.

# Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung....3
2 Grundlagen....4
2.1 Nachweis durch Vergleich der Windbedingungen....4
2.2 Nachweis durch Vergleich der Lasten....10
2.3 Auslegungswerte....11
2.3.1 Turbulenzintensität....11
2.3.2 Windgeschwindigkeit....11
2.3.3 Weitere Windbedingungen....11
2.4 Erläuterungen zu den verwendeten Methoden....12
2.4.1 Bestimmung der Komplexität....12
2.4.2 Bestimmung der Umgebungsturbulenzintensität....13
2.4.3 Bestimmung der effektiven Turbulenzintensitäten....14
2.4.4 Bestimmung der Extremwerte der Turbulenzintensitäten....16
2.4.5 Bestimmung der Luftdichte....16
2.4.6 Bestimmung des Höhenexponenten....16
2.4.7 Bestimmung der Schräganströmung....17
2.4.8 Extrapolation der Winddaten....17
2.5 Gültigkeit der Ergebnisse....18
2.5.1 Betriebsbeschränkungen....19
2.6 Darstellung von Betriebsbeschränkungen im Gutachten....20
2.6.1 Einfluss von benachbarten Windenergieanlagen....20
2.6.2 Alternative Betriebsbeschränkungen....20
2.6.3 Einfluss der Umgebungsbedingungen....22
3 Eingangsdaten....23
3.1 Windparkkonfiguration und Auslegungswerte....23
3.2 Windgeschwindigkeitsverteilung am Standort....23
3.3 Extremwind am Standort....24
3.4 Umgebungsturbulenzintensität am Standort....24
3.5 Sektorielle Betriebsbeschränkungen....24
4 Bestimmung der Standortbedingungen....24
4.1 Standortbesichtigung....24
4.2 Ergebnisse Standortbedingungen....25
4.2.1 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren....26
5 Nachweis der Standorteignung....26
5.1 Allgemeine Hinweise....26
5.2 Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen....26
5.2.1 Erläuterungen und Hinweise....28



5.2.2 Betriebsbeschränkungen....28
5.2.3 Einschränkungen....30
5.3 Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Lasten....30
6 Zusammenfassung....31
7 Literaturangaben....33
Anhang: wake2e-Bericht, Projektname Georgshof III……..…….…….…. A.1

# 1 Aufgabenstellung

Die Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG ist beauftragt worden, Windenergieanlagen (WEA) hinsichtlich ihrer Standorteignung gemäß Kapitel 16 (Standorteignung von Windenergieanlagen) der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ zu betrachten und zu bewerten.

Voraussetzung für einen Nachweis der Standorteignung ist gemäß /2.8/ das Vorliegen einer gültigen Typenprüfung bzw. Einzelprüfung für die WEA. Im Folgenden ist die Möglichkeit der Einzelprüfung stets eingeschlossen, wenn von Typenprüfung gesprochen wird, auch wenn dies nicht explizit erwähnt wird.

Der Nachweis der Standorteignung der WEA erfolgt entweder durch einen Vergleich der am jeweiligen Standort der WEA herrschenden Windbedingungen mit den Windbedingungen, die der Typenprüfung zugrunde liegen, oder durch einen Vergleich der standortspezifischen Lasten mit den Lasten, die der Typenprüfung zugrunde liegen (siehe auch Kapitel 2).

Die Windbedingungen sind in den jeweiligen DIBt-Richtlinien /2.6, 2.7, 2.8/ festgelegt und Bestandteil der Typenprüfung einer WEA. Auf Basis dieser Windbedingungen und der daraus resultierenden Lasten garantiert eine Typenprüfung nach /2.6, 2.7, 2.8/ eine Entwurfslebensdauer der WEA von mindestens 20 Jahren.

Aufgrund fehlender Kriterien für einen Immissionsgrenzwert für die durch Nachbar-WEA erhöhte Turbulenzbelastung einer WEA können ersatzweise die Kriterien der Standorteignung für eine Turbulenzimmissionsprognose im Rahmen eines BImSchG-Antrages herangezogen werden. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Reduktion der Lebenszeit und der zusätzliche Verschleiß der WEA zumutbar sind, solange die Standorteignung hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität oder hinsichtlich der Auslegungslasten gewährleistet bleibt.

Das vorliegende Gutachten zur Standorteignung ist daher gleichzeitig eine Turbulenz-Immissionsprognose im Sinne des BImSchG.

# 2 Grundlagen

WEA sind Umweltbedingungen und elektrischen Bedingungen ausgesetzt, die Belastung, Haltbarkeit und den Betrieb beeinflussen können. Die Umweltbedingungen werden in Wind- und andere Umweltbedingungen unterteilt. Für die Integrität der Konstruktion sind die Windbedingungen die primär zu berücksichtigenden Einflussfaktoren.

Der Nachweis der Standsicherheit von Turm und Gründung einer WEA wird in Form einer Typenprüfung nach der jeweils gültigen DIBt-Richtlinie /2.6, 2.7, 2.8/ geführt. Hierzu definieren die Richtlinien Windzonen in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit und Turbulenzparametern, welche die meisten Anwendungsfälle erfassen sollen, jedoch keinen spezifischen Standort einer WEA exakt abbilden. Auf Basis der Windbedingungen der Windzone werden anschließend die Lasten der WEA durch den Hersteller ermittelt.

Das vom Hersteller verwendete Modell zur Berechnung der Lasten und die Berechnungsergebnisse werden durch unabhängige Berechnungen im Rahmen der Typenprüfung durch eine akkreditierte Stelle geprüft und bestätigt.

Im konkreten Einzelfall der Errichtung einer WEA ist die Anwendbarkeit der Typenprüfung nachzuweisen. Dies kann auf zwei Wegen geschehen. Zum einen durch einen Vergleich der standortspezifischen Windbedingungen mit den Windbedingungen der Typenprüfung oder zum anderen durch einen Vergleich der standortspezifischen Lasten mit den Lasten der Typenprüfung. Im zweiten Fall dienen die standortspezifischen Windbedingungen als Eingangswerte für die Ermittlung der standortspezifischen Lasten. Das bedeutet insbesondere, dass kein neuer Standsicherheitsnachweis für Turm und Gründung geführt wird, sondern dass jeweils die Randbedingungen der Typenprüfung, also des bestehenden Standsicherheitsnachweises, überprüft werden.

Abbildung 2.1.1 gibt einen Überblick über das Prüfverfahren.

## *2.1 Nachweis durch Vergleich der Windbedingungen*

Gemäß /2.2, 2.3/ sind für neu geplante WEA folgende Windbedingungen auf Nabenhöhe nachzuweisen:

- 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{50}$,
- Windgeschwindigkeitsverteilung im Bereich von $0.2v_{ref} – 0.4v_{ref}$,
- Turbulenzintensität für Windgeschwindigkeiten von $0.2v_{ref} – 0.4v_{ref}$,

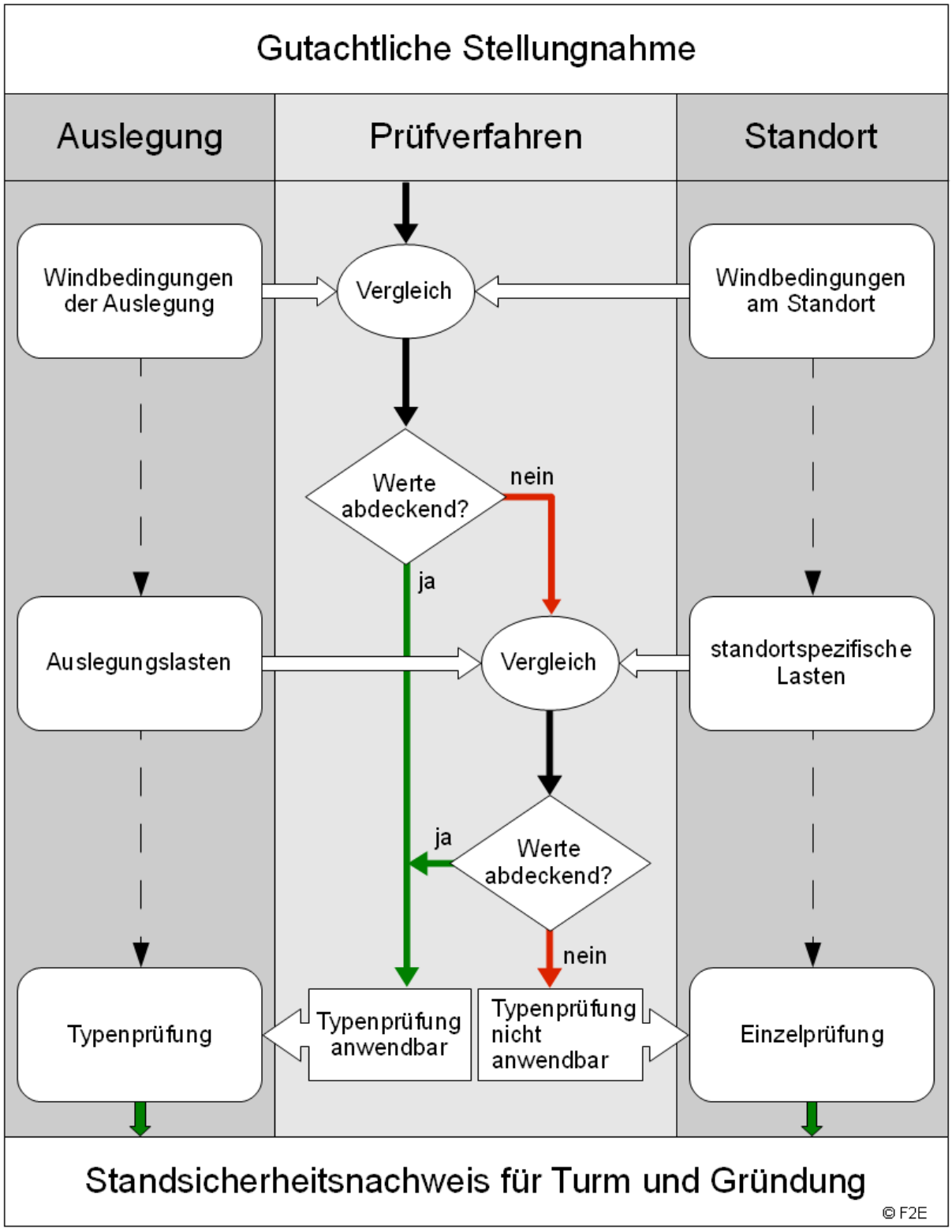



***Abbildung 2.1.1**: Schematische Darstellung des Prüfverfahrens.*



- Extremwerte der Turbulenzintensität,
- Höhenexponent α des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils,
- mittlere Neigung der Anströmung,
- mittlere Luftdichte ρ für Windgeschwindigkeiten ≥ $v_r$.

In /2.4/ wurde der Windgeschwindigkeitsbereich, für den die Windgeschwindigkeitsverteilung und die Turbulenzintensität nachgewiesen werden müssen, von $0.2v_{ref}$ – $0.4v_{ref}$ auf $v_{ave}$ – $2v_{ave}$ geändert. Dieser Windgeschwindigkeitsbereich kann daher alternativ zugrunde gelegt werden.

Überschreitungen der Extremwerte der Turbulenzintensität treten typischerweise stets mit Überschreitungen der Auslegungswerte der Turbulenzintensität auf. Für einen Nachweis durch einen Vergleich der Windbedingungen werden die Extremwerte der Turbulenzintensität daher nicht explizit ausgewiesen. Diese sind gegebenenfalls dann im Rahmen eines Nachweises durch einen Vergleich der Lasten (siehe Kapitel 2.2) zu berücksichtigen und werden daher in den Ergebnissen im Anhang aufgeführt.

Zusätzlich werden in /2.3/ Nachweise für Extremwerte des Windgradienten gefordert. Der Nachweis für Extremwerte des Windgradienten ist mit /2.4/ wieder entfallen und wird daher hier nicht berücksichtigt.

Werden abweichend von den in /2.2 - 2.4/ definierten Turbulenzkategorien individuelle Auslegungswerte der Turbulenzintensität definiert, kann es notwendig sein, den zu bewertenden Windgeschwindigkeitsbereich auf den gesamten Betriebsbereich der WEA auszudehnen.

Den Ermittlungen der Standortbedingungen ist nach /2.8/ dabei eine Standortbesichtigung zugrunde zu legen.

Alternativ zum oben genannten Nachweis nach /2.2, 2.3/ kann nach /2.8/ ein vereinfachtes Verfahren angewendet werden, wenn der jeweilige Standort der geplanten WEA nicht orografisch komplex gemäß der Definition in /2.2, 2.3/ ist. Nach dem vereinfachten Verfahren sind folgende Windbedingungen auf Nabenhöhe nachzuweisen:

- mittlere Jahreswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe,
- Turbulenzintensität,
- 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{50}$ (nur wenn die Windzone der Typenprüfung nicht die Windzone des jeweiligen Standortes der WEA abdeckt).

Nach /2.8/ muss dabei die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit $v_{ave}$ auf Nabenhöhe

5% kleiner sein als der Auslegungswert oder die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit $v_{ave}$ auf Nabenhöhe muss kleiner gleich dem Auslegungswert und der Formparameter k der Weibull-Verteilung gleichzeitig größer gleich 2 sein.

Das vereinfachte Verfahren setzt an dieser Stelle voraus, dass der Auslegungswert des Formparameters der Weibullverteilung einen Wert von 2.0 aufweist. Bei abweichenden Auslegungswerten muss die Bewertung der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit und des Formparameter k der Weibull-Verteilung über einen Vergleich der Häufigkeitskeitsverteilung der Windgeschwindigkeit mit der Verteilung der Auslegung entsprechend /2.2, 2.3/ erfolgen.

Im Rahmen der Überarbeitung der internationalen Richtlinie /2.2, 2.3/ wurde ein Verfahren entwickelt, das die Bewertung der Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit auf Basis der Parameter der entsprechenden Weibull-Verteilung ermöglicht /2.4/. Dieses Verfahren kann angewendet werden, wenn sich die standortspezifische Kurve der Häufigkeitsverteilung und die der Auslegung schneiden. Gemäß /2.4/ sind verschiedene Kombinationen des Formparameters k der Weibull-Verteilung und der normierten mittleren Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe möglich, die durch den schraffierten Bereich in Abbildung 2.1.2 dargestellt sind.

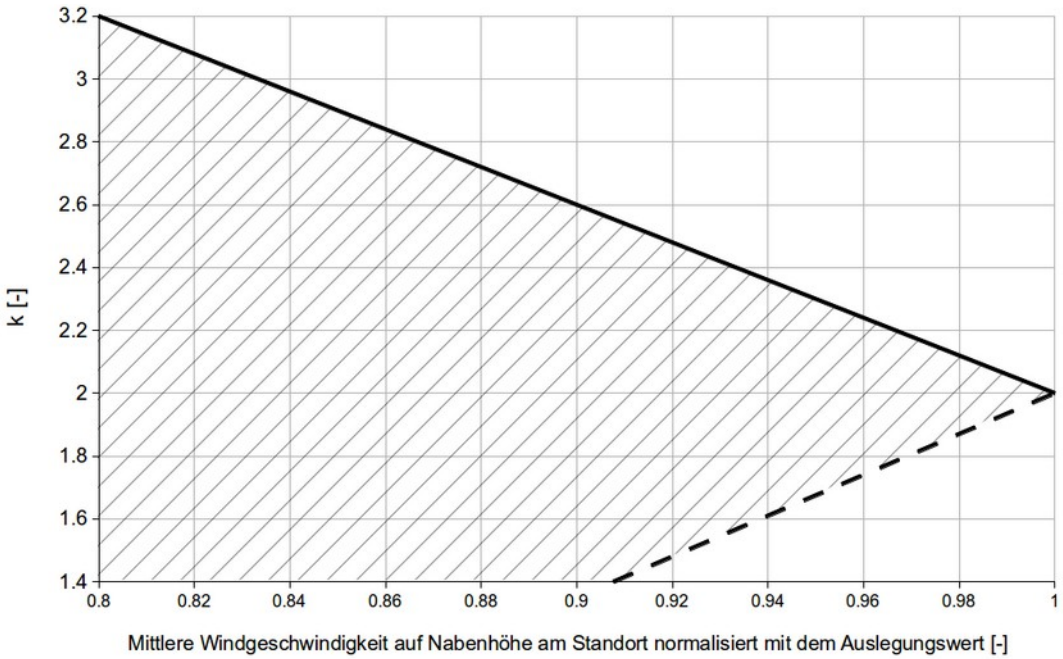



***Abbildung 2.1.2:*** *Mögliche Kombinationen von normierter Windgeschwindigkeit und Formparameter k der Weibull-Verteilung (schraffierter Bereich).*

Für bestehende WEA, die nach den DIBt-Richtlinien von 1995 bzw. 2004 /2.6, 2.7/ errichtet wurden, darf der Nachweis der Standorteignung weiterhin nach dem in der DIBt-Richtlinie von 2004 /2.7/ genannten Verfahren erfolgen.

Gemäß /2.4/ kann bei Luftdichten, die die Auslegungswerte überschreiten, der Nachweis alternativ erbracht werden, indem gezeigt wird, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\rho_{Auslegung} \cdot \left(V_{ave,Auslegung}\right)^2 \geq \rho_{Standort} \cdot \left(V_{ave,Standort}\right)^2$$

Die Bedingung entspricht einem Vergleich des standortspezifischen, mittleren Geschwindigkeitsdrucks mit dem Wert der Auslegung.

Der nachzuweisenden Turbulenzintensität kommt insofern eine besondere Bedeutung zu, da die Turbulenzintensität die einzige Windbedingung ist, über die eine Bewertung des Einflusses der WEA untereinander erfolgt.

Dieser Einfluss ist nach DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ zu berücksichtigen, wenn der auf den Rotordurchmesser D der jeweils größeren WEA bezogene Abstand zwischen zwei WEA für typische küstennahe Standorte kleiner gleich fünf und für typische Binnenstandorte kleiner gleich acht Rotordurchmesser beträgt /2.8/. Für größere Abstände braucht eine Beeinflussung der WEA untereinander nicht betrachtet zu werden. Im Folgenden wird dabei konservativ immer der größere Einflussbereich von 8D zugrunde gelegt.

Hieraus folgen unmittelbar die benachbarten WEA, für die eine Standorteignung im Rahmen des betrachteten Zubaus der geplanten WEA erneut nachzuweisen ist. Da es einen Einfluss der geplanten WEA auf diese benachbarten WEA nur in Form einer Erhöhung der Turbulenzintensität gibt, ist für benachbarte WEA unabhängig von der anzuwendenden DIBt-Richtlinie auch nur diese Windbedingung erneut zu überprüfen.

Abbildung 2.1.3 gibt einen Überblick über die jeweils nachzuweisenden Windbedingungen.

Liegt eine der oben aufgeführten für den Nachweis der Standorteignung erforderlichen Windbedingungen oberhalb des entsprechenden Auslegungswertes, der bei der jeweiligen Typenprüfung der WEA zugrunde gelegt wurde, ist ein Nachweis der Standorteignung der WEA durch einen Vergleich der Windbedingungen nicht möglich.

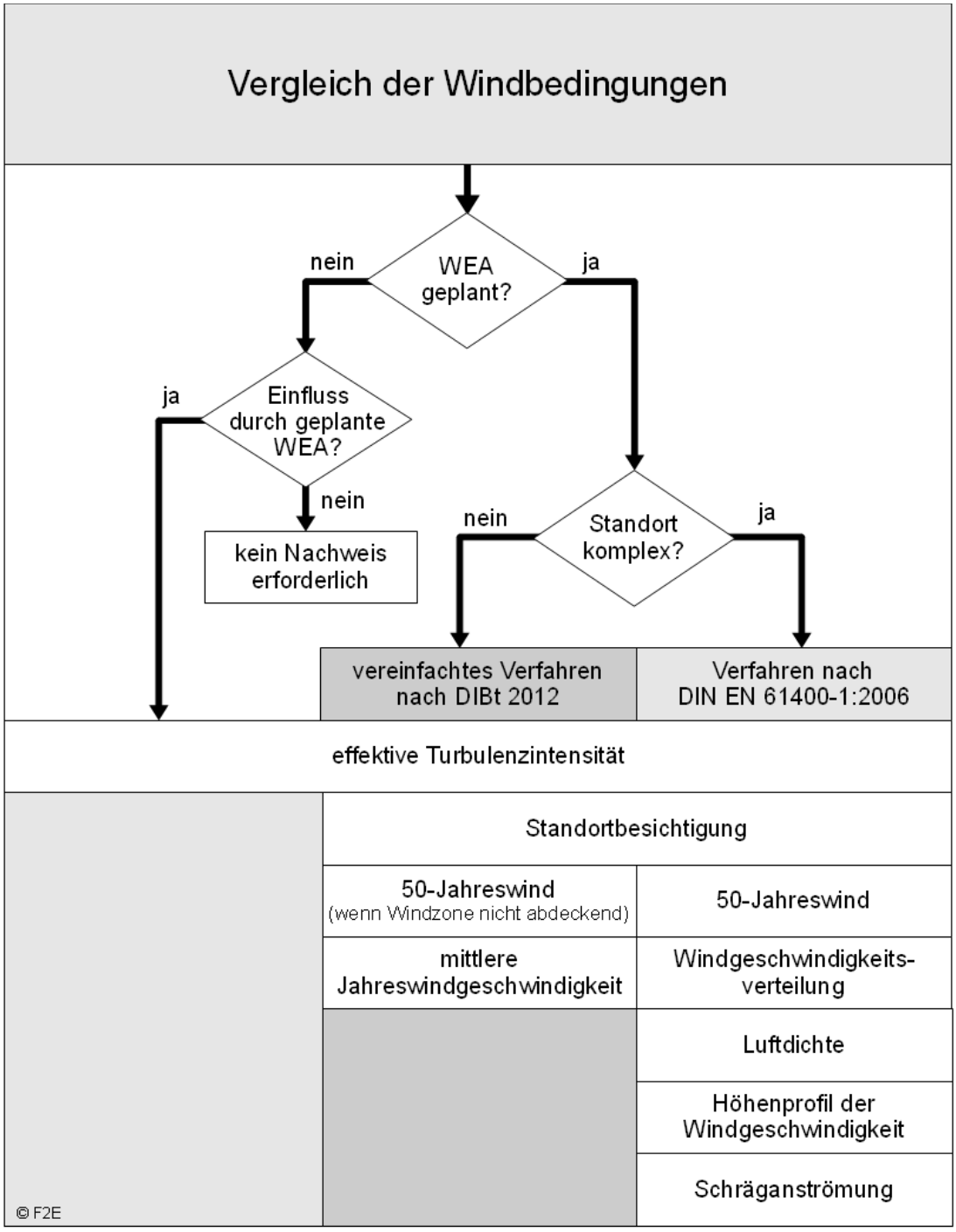



***Abbildung 2.1.3**: Nachweis durch Vergleich der Windbedingungen gemäß /2.8/.*

## 2.2 Nachweis durch Vergleich der Lasten

Die entsprechend dem in Kapitel 2.1 beschriebenen Verfahren ermittelten Windbedingungen können als Eingangsparameter für einen standortspezifischen Nachweis durch einen Vergleich der Lasten verwendet werden.

Im Falle eines Windparks mit entsprechendem Einfluss von benachbarten WEA sind nach /2.2/ sowohl die Betriebs- als auch die Extremlasten nachzuweisen. Für die Betriebslasten sind gemäß /2.2, 2.3/ hierzu der Auslegungslastfall DLC 1.2 unter Berücksichtigung der effektiven Turbulenzintensität und für die Extremlasten die Auslegungslastfälle DLC 1.1 oder 1.3 sowie der DLC 1.5 nachzurechnen.

Alternativ hierzu kann nach /2.8/ ein vereinfachtes Verfahren angewendet werden, wenn der jeweilige Standort der geplanten WEA nicht orografisch komplex gemäß der Definition in /2.2, 2.3/ ist. Nach dem vereinfachten Verfahren sind folgende Lasten zu ermitteln:

- Betriebslasten, wenn die mittlere Windgeschwindigkeit oder die Turbulenzintensität überschritten sind.
- Extremlasten, wenn der 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{ref}$ überschritten ist.

Eine solche standortspezifische, detaillierte Lastberechnung ist im Vergleich zu dem in Kapitel 2.1 dargestellten Nachweis durch einen Vergleich der Windbedingungen sehr aufwändig. Sie kann in der Regel nur vom jeweiligen Hersteller durchgeführt werden.

Diese standortspezifischen Lasten können mit den entsprechenden Auslegungslasten der Typenprüfung verglichen werden. Liegen die standortspezifischen Lasten unterhalb bzw. auf dem Niveau der Auslegungslasten, die bei der jeweiligen Typenprüfung der WEA zugrunde gelegt wurden, ist die Standorteignung der WEA gegeben.

Liegen die standortspezifischen Lasten oberhalb der Auslegungslasten, die bei der jeweiligen Typenprüfung der WEA zugrunde gelegt wurden, ist ein Nachweis der Standorteignung der WEA durch einen Vergleich der Lasten nicht möglich.

In diesem Fall kann die Typenprüfung der WEA nicht angewendet werden und ein Einzelnachweis durch den Hersteller ist erforderlich.

## *2.3 Auslegungswerte*

### 2.3.1 Turbulenzintensität

Die Auslegungswerte der Turbulenzintensität sind in den DIBt-Richtlinien von 1993/1995 /2.6/ und 2004 /2.7/ noch unabhängig von der Windzone definiert. Der Auslegungswert liegt gemäß DIBt-Richtlinie von 1993/1995 konstant bei 0.2 (20%). Die DIBt-Richlinie von 2004 /2.7/ schreibt die Turbulenzkategorie A nach /2.1/ vor.

In der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ wird die Turbulenzkategorie A nach DIN EN 61400-1:2006 /2.2/ nur noch empfohlen. Grundsätzlich können auch andere Auslegungswerte der Turbulenzintensität zugrunde gelegt werden. In vielen Fällen finden hier die in den internationalen Richtlinien /2.2, 2.3, 2.4/ definierten Turbulenzkategorien Anwendung.

### 2.3.2 Windgeschwindigkeit

Die Typenprüfung nach DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ erfolgt für eine bestimmte Windzone. Abhängig von der Windzone ist sowohl der Auslegungswert des 10-min-Mittelwertes der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{ref}$ als auch die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe $v_{ave}$ definiert. Diese Werte sind abhängig von der Nabenhöhe und unterscheiden sich in den einzelnen Windzonen. Der 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{ref}$ kann weiterhin entweder gemäß /2.9/ oder nach einer vereinfachten Formel gemäß /2.8/ bestimmt werden. Die Auslegungswerte sind daher der individuellen Typenprüfung der WEA zu entnehmen und können nicht allgemeingültig angegeben werden. Die Windgeschwindigkeitsverteilung ergibt sich in allen Fällen aus der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe unter Verwendung einer Rayleigh-Verteilung.

Nach den DIBt-Richtlinien /2.6, 2.7, 2.8/ werden die Auslegungswerte der Windgeschwindigkeit in die Windzonen 1 bis 4 bzw. I bis IV unterteilt, wobei die Windzone 4 oder IV die höchsten Auslegungswerte aufweist. In der zitierten Literatur werden hier sowohl arabische als auch römische Zahlen verwendet.

### 2.3.3 Weitere Windbedingungen

Den nach /2.2, 2.3/ zusätzlich nachzuweisenden Windbedingungen liegen im allgemeinen nach den DIBt-Richtlinien /2.7, 2.8/ folgende Auslegungswerte zugrunde:

- Höhenexponent des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils: $\alpha = 0.2$,

- mittlere Neigung der Anströmung: 8°,
- mittlere Luftdichte: ρ = 1.225 kg/m³.

## 2.4 Erläuterungen zu den verwendeten Methoden

Kommen im Einzelfall andere Berechnungsmethoden oder Eingangsdaten zur Anwendung als hier aufgeführt wird dies in Kapitel 4 entsprechend dargestellt.

### 2.4.1 Bestimmung der Komplexität

Große Geländesteigungen und Höhenunterschiede können zu erhöhten Umgebungsturbulenzintensitäten führen und müssen daher in orografisch komplexem Gelände bewertet werden. Der Einfluss der Geländeorografie kann nach /2.2, 2.3, 2.4/ durch einen Turbulenzstrukturparameter erfasst werden, der als Faktor auf die Turbulenzintensität wirkt.

Die Bestimmung der Komplexität kann gemäß DIBt-Richtlinie /2.8/ auf Basis der IEC 61400-1 Edition 3 /2.3/ erfolgen. Da die Bewertung der Komplexität in der IEC 61400-1 mit der Edition 4 /2.4/ maßgeblich überarbeitet wurde, erfolgt im Folgenden die Bestimmung der Komplexität gemäß /2.4/.

Die Bewertung der orografischen Komplexität eines WEA-Standortes erfolgt nach /2.4/ auf Basis von Geländesteigungen und Geländedifferenzen zu insgesamt 39 Ausgleichsebenen. Die Ausgleichsebenen werden mit der Methode der kleinsten Fehlerquadrate durch die Höhendaten gelegt. Zur Bewertung werden in /2.4/ Kriterien definiert, nach denen sowohl eine bestimmte Anströmrichtung als auch der gesamte Standort als „non complex“, „low complex“ (L), „medium complex“ (M) oder „high complex“ (H) charakterisiert werden kann.

Den einzelnen Komplexitätskategorien wird dann ein Turbulenzstrukturparameter gemäß Tabelle 2.4.1.1 zugeordnet. Der maximale sektorielle Turbulenzstrukturparameter, der für eine Anströmrichtung ermittelt wird, wirkt dabei als Faktor auf die aus dieser Richtung ermittelte Umgebungsturbulenzintensität.

**Tabelle 2.4.1.1**: Turbulenzstrukturparatemer $C_{CT}$ für die verschiedenen Komplexitätskategorien L, M und H nach /2.4/.

| | Komplexitätskategorie | | |
|---|---|---|---|
| | L | M | H |
| $C_{CT}$ | 1.05 | 1.10 | 1.15 |

Das vereinfachte Verfahren zur Bewertung der Standorteignung nach /2.8/ wird im

Weiteren nur angewandt, wenn der gesamte Standort gemäß /2.4/ als nicht komplex eingestuft werden kann.

### 2.4.2 Bestimmung der Umgebungsturbulenzintensität

Die Turbulenzintensität ist definiert als das Verhältnis der Standardabweichung der zeitlichen Windgeschwindigkeitsverteilung zu ihrem Mittelwert bezogen auf ein Intervall von 600s. Die Umgebungsturbulenzintensität beschreibt dabei ausschließlich die Turbulenz der freien Strömung ohne den Einfluss von WEA.

Für die spätere Berechnung der effektiven Turbulenzintensität ist nicht die mittlere Umgebungsturbulenzintensität sondern abhängig von der Auslegung der jeweiligen WEA die charakteristische Turbulenzintensität (DIBt 1993/95, DIBt 2004 und IEC 61400-1 Edition 2) bzw. die repräsentative Turbulenzintensität (DIBt 2012, IEC 61400-1 Edition 3) zugrunde zu legen. Die charakteristische Turbulenzintensität ergibt sich aus der Addition der mittleren Umgebungsturbulenzintensität und der einfachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität. Die repräsentative Turbulenzintensität ergibt sich aus der Addition der mittleren Umgebungsturbulenzintensität und der 1.28fachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität.

Wenn keine ausreichenden Messdaten zur Turbulenzintensität am Standort vorliegen, wird die mittlere langfristig zu erwartende Umgebungsturbulenzintensität rechnerisch ermittelt.

Im Bereich der atmosphärischen Bodengrenzschicht ergibt sich die zu berücksichtigende Umgebungsturbulenzintensität im Wesentlichen aus dem Einfluss der Rauigkeitselemente des Bodens wie Bäumen, Büschen, Bauwerken etc.. Hierzu erfolgt eine Typisierung von Geländeoberflächen hinsichtlich ihres Bewuchses, ihrer Bebauung und Nutzung auf Basis detaillierter Satellitendaten zur Bodenbedeckung /1.7/, wobei Geländeabschnitte bis 25km Entfernung um die jeweilige Koordinate einbezogen werden. Den einzelnen Geländeabschnitten werden anschließend Rauigkeitsklassen gemäß der Empfehlungen des für die Kommission der Europäischen Gemeinschaften veröffentlichten Europäischen Windatlanten /1.3/ zugeordnet. Der Einfluss der verschiedenen Geländeabschnitte wird abhängig vom Abstand zur Koordinate in zwölf Richtungssektoren à 30° bewertet, wodurch sich gewichtete Mittel für die Rauigkeiten in den jeweiligen Sektoren ergeben.

Auf Grundlage dieser Rauigkeitsklassifizierung werden die notwendigen Werte von uns auf Basis der Empfehlungen der VDI-Richtlinie VDI 3783 Blatt 12 /1.1/ sowie der DIN EN 1991-1-4 /2.9/ bestimmt.

Die zu berücksichtigenden Umgebungsturbulenzintensitäten sind im Gegensatz zu



den Rauigkeiten nicht nur richtungsabhängig, sondern auch abhängig von der Windgeschwindigkeit und Höhe über Grund und werden entsprechend für die verschiedenen Richtungen und Windgeschwindigkeiten für jede einzelne WEA auf Nabenhöhe ermittelt und in den weiteren Berechnungen berücksichtigt. Der Windgeschwindigkeitsverlauf orientiert sich dabei am Normalen Turbulenzmodell (NTM) der IEC 61400-1 /2.3/.

Einzelstrukturen und orografische Hindernisse, die auf Grund ihrer Entfernung und Höhe so groß sind, dass der direkte Einfluss der Nachlaufströmung dieser Einzelstrukturen und orografischen Hindernisse auf den Rotor einer WEA nicht ausgeschlossen werden kann, können nicht als Rauigkeitselemente aufgelöst werden. Ihr Einfluss ist gegebenenfalls gesondert zu bewerten (siehe hierzu Kapitel 4.1).

### 2.4.3 Bestimmung der effektiven Turbulenzintensitäten

In /1.4/ ist ein Verfahren beschrieben, um den Einfluss mehrerer, verschieden weit entfernter WEA unter Berücksichtigung der Häufigkeit der Nachlaufsituationen zu bewerten. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe einer effektiven Turbulenzintensität. Die effektive Turbulenzintensität ist eine Ersatzgröße, welche über die gesamte Lebensdauer der WEA anzusetzen ist. Sie gewichtet die Belastung durch die Umgebungsturbulenzintensität und die zusätzlich durch die Nachlaufsituation induzierte Belastung. Das Verfahren wird sowohl im internationalen Regelwerk als auch in der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ empfohlen. Eine zusätzliche Belastung besteht nach diesem Berechnungsverfahren nicht mehr, wenn der Abstand zur benachbarten WEA mehr als zehn Rotordurchmesser beträgt. Da dieses Berechnungsverfahren im Folgenden Anwendung findet, wird bei der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität einer WEA daher der Einfluss aller benachbarten WEA berücksichtigt, die bis zu 10D (bezogen auf ihren jeweiligen Rotordurchmesser) entfernt stehen.

Gegenüber der in /1.4/ dargestellten Form des Berechnungsverfahrens verwenden wir das Verfahren mit zwei Modifikationen, welche im Folgenden erläutert werden.

Das in /1.4/ eingesetzte Modell für die zusätzlich im Nachlauf produzierte Turbulenzintensität ist abhängig vom Schubbeiwert $c_T$ der WEA. Hier verwenden wir für die Modellierung der zusätzlich im Nachlauf produzierten Turbulenzintensität ein aufwändigeres Modell nach /1.2/, in das neben dem Schubbeiwert $c_T$ der WEA auch die Schnelllaufzahl der WEA und die Umgebungsturbulenzintensität als Parameter eingehen. Ist es möglich eine WEA leistungsreduziert oder in einem veränderten Betriebsmodus zu betreiben, verwenden wir die zur jeweiligen Nennleistung bzw. dem Betriebsmodus gehörenden oder abdeckende Parameter. Sowohl in /1.4/ als

auch im internationalen Regelwerk /2.2, 2.3/ ist weiterhin ein Modell zur Bestimmung der zusätzlich im Nachlauf produzierten Turbulenzintensität angegeben, das ganz ohne anlagenspezifische Parameter auskommt. Hier wird ein generalisierter, konservativer Verlauf der Schubbeiwerte zugrunde gelegt /1.4/. Dieses Modell wird von uns verwendet, wenn für eine WEA die anlagenspezifischen Parameter nicht vorliegen oder diese einen Verlauf zeigen, der deutlich von denen der WEA abweicht, die der ursprünglichen Validierung zugrunde lagen.

Die zweite Modifikation betrifft die Häufigkeit der jeweiligen Nachlaufsituation, die nach /2.8/ mit 6% angenommen werden kann. Dieser konstanten Häufigkeit liegt die Annahme eines voll ausgebildeten Nachlaufs (far wake) zugrunde, der sich typischerweise drei bis fünf Rotordurchmesser hinter der WEA einstellt. Um auch für geringe Anlagenabstände konservative Werte zu erhalten, wird die Häufigkeit der jeweiligen Nachlaufsituation von uns davon abweichend auf Basis der realen geometrischen Verhältnisse im Windpark und unter Berücksichtigung der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen berechnet. Zusätzliche Sicherheit für den Nahbereich entsteht durch die Annahme, dass der Nachlauf der WEA von Anfang an eine deutlich größere Ausdehnung als der Rotor aufweist.

Die Ausdehnung des Nachlaufs wird auch in vertikaler Richtung berücksichtigt, so dass bei ausreichendem Höhenunterschied kein Einfluss des Nachlaufs auf die deutlich niedrigere bzw. höhere WEA mehr besteht.

Für den materialspezifischen Wöhlerlinien-Koeffizienten m wird der höchste Koeffizient für die schwächste Strukturkomponente der WEA zugrunde gelegt. Daraus ergibt sich ein abdeckender Wert von m = 10 /1.5/ für glasfaserverstärkte Kunststoffe mit einem Faseranteil von 30 bis 55 Volumen-% /2.5/. Für kohlefaserverstärkte Kunststoffe mit einem Faseranteil von 50 bis 60 Volumen-% wird nach /2.5/ ein Wert von m = 14 zugrunde gelegt. Herstellerspezifisch können abweichende Wöhlerlinien-Koeffizienten für die schwächste Strukturkomponente der WEA verwendet werden. Wenn nicht anders gekennzeichnet, beziehen sich die hier dargestellten effektiven Turbulenzintensitäten auf einen Wöhlerlinien-Koeffizienten von m = 10.

Die DIBt von 2004 und 2012 /2.7, 2.8/ definiert die Auslegungswerte der Turbulenzintensität windgeschwindigkeitsabhängig. Demgegenüber definiert die DIBt von 1995 /2.6/ einen konstanten mittleren Auslegungswert für die Turbulenzintensität von 20%, der allen Windgeschwindigkeiten zugeordnet ist.

Da im Falle eines standortspezifischen Nachweises der Betriebslasten diese auf Basis der ermittelten windgeschwindigkeitsabhängigen effektiven Turbulenzintensitäten berechnet werden müssen, werden für alle betrachteten WEA die windgeschwindigkeitsabhängigen Werte ausgewiesen.

Für die WEA, für die Auslegungswerte der Turbulenzintensität auf Basis der DIBt von 1995 (1993) /2.6/ zugrunde gelegt werden, sind entsprechende konstante mittlere effektive Turbulenzintensitäten ausgewiesen. Benachbarte WEA mit einer sehr geringen oder sehr hohen Leistung pro Quadratmeter der Rotorfläche oder benachbarte WEA mit einer sehr niedrigen oder sehr hohen Nennwindgeschwindigkeit können dabei qualitativ abweichende Ergebnisse im Vergleich zu einer Bewertung auf Basis von windgeschwindigkeitsabhängigen Auslegungswerten hervorrufen. In diesen Fällen kann der Vergleich mit den windgeschwindigkeitsabhängigen Auslegungswerten zugrunde gelegt werden.

### 2.4.4 Bestimmung der Extremwerte der Turbulenzintensitäten

Die Extremwerte der Turbulenzintensität werden entsprechend den Vorgaben in /2.3/ unter Berücksichtigung der Nachlaufsituationen bestimmt. Als Maß dient der über alle Richtungen gebildete Maximalwert der Turbulenzintensität im Zentrum des Nachlaufs.

### 2.4.5 Bestimmung der Luftdichte

Zur Berechnung der Luftdichte wird die mittlere Temperatur in 2m Höhe über den Zeitraum von 1981 bis 2010 aus einem 1km-Raster des Deutschen Wetterdienstes zugrunde gelegt /1.9/. Die Luftdichte auf Nabenhöhe der WEA wird anschließend auf Grundlage der Berechnungsvorschrift nach DIN ISO 2533 /2.12/ ermittelt und gemäß /2.4/ für Windgeschwindigkeiten oberhalb der Nennwindgeschwindigkeit korrigiert.

### 2.4.6 Bestimmung des Höhenexponenten

Der Höhenexponent unterliegt sehr starken tageszeitlichen und saisonalen Schwankungen. Die Stabilität der Atmosphäre beeinflusst den Höhenexponenten dabei maßgeblich. Stabilitätsbedingte große Höhenexponenten sind dabei jedoch oft mit niedrigen Turbulenzen korreliert und werden bezüglich der Lasten durch diese oft ausgeglichen. Da entsprechend dem Regelwerk ein einziger über alle Zeiten, Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten gemittelter Wert gefordert wird, erfolgt die Berechnung des mittleren Höhenexponenten daher alleine auf Basis der ermittelten Rauigkeiten. Einflüsse der Stabilität der Atmosphäre werden im Mittel dabei vernachlässigt.

Der Einfluss des Höhenexponenten auf die Lasten der einzelnen Komponenten einer WEA ist sehr unterschiedlich. Sowohl sehr kleine als auch sehr große Werte des Höhenexponenten können zu einer Erhöhung der Lasten führen. Ein einfacher Vergleich mit dem Auslegungswert des Höhenexponenten ist daher nicht möglich.

Der Mittelwert des Höhenexponenten sollte bei einem Auslegungswert von 0.2 gemäß /2.4/ in einem Wertebereich von 0.05 bis 0.25 liegen und kann damit um 25% nach oben und um 75% nach unten abweichen. Für andere Auslegungswerte des Höhenexponenten können analoge Gültigkeitsbereiche definiert werden.

Stehen die geplanten WEA in orografisch exponierter Lage auf oder in der Nähe von Hügelkuppen oder sind schroffe Geländekanten oder Steilhänge in direkter Umgebung vorhanden, ist zu überprüfen, ob es zu erhöhten Windgeschwindigkeitsgradienten in vertikaler Richtung im Bereich des Rotors der WEA kommen kann. Falls erforderlich, wird hierauf in Kapitel 4 hingewiesen.

### 2.4.7 Bestimmung der Schräganströmung

Die Bewertung der Schräganströmung kann gemäß /2.3/ auf Basis der durch die Höhendaten am Standort gelegten Ausgleichsebenen erfolgen. Da die Bewertung der Komplexität des Standortes, für den diese Ausgleichsebenen erzeugt werden, hier entsprechend der IEC 61400-1 Ed. 4 /2.4/ erfolgt, wird abweichend von der DIBt-Richtlinie /2.8/ die Bewertung der Schräganströmung ebenfalls nach /2.4/ durchgeführt. Dies ist erforderlich, um ein Bewertungsverfahren zu verwenden, das konform mit den Komplexitätskriterien nach /2.4/ ist.

Gemäß /2.4/ kann dabei angenommen werden, dass das energiegewichtete Mittel der Steigungen der sektoriellen Ausgleichsebenen, ermittelt für einen Umkreis vom fünffachen der Nabenhöhe der WEA, ein Maß für die Schräganströmung des WEA-Standortes darstellt.

Im Falle ausgeprägter Kuppen- oder Kammlagen, sind eventuell weitere Ausgleichsebenen gemäß Kapitel 2.4.1 heranzuziehen und werden dann zusätzlich in Kapitel 4 ausgewiesen.

### 2.4.8 Extrapolation der Winddaten

Die zur Verfügung gestellten Winddaten werden nicht in der Horizontalen umgerechnet. Es findet vielmehr in Abstimmung mit dem Auftraggeber eine Zuordnung der WEA-Standorte zu dem oder den Windreferenzpunkten statt. Diese Zuordnung kann dem Anhang entnommen werden.

Besteht ein signifikanter Höhenunterschied zwischen Bezugshöhe der Winddaten und Nabenhöhe der WEA findet eine Umrechnung der Winddaten in der Vertikalen statt. Diese Extrapolation erfolgt unter Annahme eines logarithmischen Höhenprofils der Windgeschwindigkeit. Die erforderlichen mittleren Rauigkeitslängen werden für die WEA auf Basis der Rauigkeitsklassifizierung ermittelt.

Eine Haftung für die Richtigkeit der extrapolierten Werte wird nicht übernommen.

Mit zunehmendem Höhenunterschied zwischen Bezugshöhe der Winddaten und Nabenhöhe der WEA steigen die mit der Umrechnung verbundenen Unsicherheiten. Gleiches gilt für einen zunehmenden Abstand zwischen den WEA-Standorten und den Referenzpunkten der Winddaten. Diese Unsicherheiten können die Verwendung der Winddaten insbesondere als Eingangsdaten für eine standortspezifische Lastrechnung einschränken. Auf eine solche Einschränkung wird gegebenenfalls im Gutachten hingewiesen.

## 2.5 Gültigkeit der Ergebnisse

Alle Werte mit Höhenbezug beziehen sich, wenn nichts anderes angegeben ist, auf die Nabenhöhe ($z_{hub}$) der entsprechenden WEA.

Die für den Nachweis der Standorteignung notwendige effektive Turbulenzintensität hängt von mehreren Faktoren ab. Dies sind die Windparkkonfiguration in Form der WEA-Daten (Koordinaten, WEA-Typ, Nabenhöhe, Nennleistung und eventuelle vorhandene Betriebsbeschränkungen), die Windbedingungen (Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, sektorielle Weibull-Parameter der Windgeschwindigkeitsverteilung sowie die Umgebungsturbulenzintensität) und die Typenprüfung der WEA, die festlegt, welcher statistische Wert der Umgebungsturbulenzintensität zugrunde zu legen ist.

Jede Änderung dieser Randbedingungen erfordert daher eine Neubewertung der Standorteignung hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität.

Da bei den betrachteten WEA anlagenspezifische Werte (siehe Kapitel 2.1) berücksichtigt werden, kann insbesondere bei einem Wechsel auf einen anderen WEA-Typ mit z.B. kleinerem Rotordurchmesser nicht unterstellt werden, dass die Aussage des Gutachtens weiterhin gültig ist.

Bei den verwendeten anlagenspezifischen Werten (siehe Kapitel 2.1) kann es sich um berechnete oder gemessene Größen des Herstellers handeln. Diese können voneinander abweichen und zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Die Ergebnisse beziehen sich dabei auf eine vorliegende gültige Typenprüfung für die betrachteten WEA. Der Typenprüfung müssen mindestens die jeweils aufgeführten Auslegungswerte zugrunde liegen. Für alle betrachteten WEA wird für die Bewertung die Entwurfslebensdauer der Typenprüfung zugrunde gelegt.

Für bestehende WEA, die ihre Entwurfslebensdauer bereits überschritten haben, kann es durch eine Neuplanung zu einer Verkürzung der möglichen Weiterbetriebszeit kommen. Eine Bewertung der Zumutbarkeit dieses Einflusses ist

nicht Gegenstand dieses Gutachtens. Die ermittelten Ergebnisse können aber als Eingangsparameter für standortspezifische Berechnungen der Betriebslasten verwendet werden, um den Einfluss der geplanten WEA auf die mögliche Weiterbetriebszeit zu ermitteln.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens steht nicht fest, welche Dokumente im Rahmen des Genehmigungsverfahrens später bei der Behörde eingereicht werden. Die im Gutachten zitierten Quelldokumente der verwendeten Auslegungswerte müssen daher nicht zwingend mit den Dokumenten übereinstimmen, welche im Rahmen des Bauantrages bzw. der Baugenehmigung vorgelegt werden. Sie dienen hier lediglich als Quellenangabe für die verwendeten Auslegungswerte.

Wenn in den uns vorliegenden Dokumenten zur Auslegung der WEA kein eindeutiger Rückschluss auf Auslegungswerte möglich ist, verwenden wir konservativ abdeckende Werte. Eine Haftung für die Richtigkeit der ermittelten Werte wird nicht übernommen.

Auf Basis des Gutachtens ist zu prüfen, ob die im Gutachten aufgeführten Auslegungswerte mit den Auslegungswerten in den zur Baugenehmigung vorgelegten Dokumenten übereinstimmen. Wenn die Auslegungswerte übereinstimmen ist die Gültigkeit des Gutachtens unabhängig von den zitierten Quelldokumenten gegeben.

Die bei sehr geringen Abständen mögliche gegenseitige Beeinflussung benachbarter WEA durch die Nachlaufschleppe der Turmbauwerke wird nicht betrachtet. Ebenso wird ein möglicher Einfluss von sehr nahe liegenden großen Einzelstrukturen wie z.B. hohen Gebäuden auf betrachtete WEA nicht untersucht.

### 2.5.1 Betriebsbeschränkungen

Wenn bei sonst gleichbleibenden Randbedingungen WEA entfallen oder zusätzliche Betriebsbeschränkungen definiert werden, führt dies stets zu gleichbleibenden bzw. niedrigeren effektiven Turbulenzintensitäten. Die getroffenen Aussagen zur Standorteignung sind daher in diesen Fällen weiterhin anwendbar.

Der Einfluss neu geplanter WEA auf bestehende WEA kann sich aber stärker abbilden. Aussagen zu einem nicht signifikanten Einfluss neu geplanter WEA auf bestehende WEA behalten in diesen Fällen daher nicht immer ihre Gültigkeit und sind neu zu bewerten.

Aufgeführte Betriebsbeschränkungen stellen Mindestanforderungen dar. Eine Prüfung der technischen Umsetzbarkeit wird nicht vorgenommen.

## *2.6 Darstellung von Betriebsbeschränkungen im Gutachten*

### 2.6.1 Einfluss von benachbarten Windenergieanlagen

Betriebsbeschränkungen, bei denen der Einfluss einer windaufwärts gelegenen WEA auf eine windabwärts gelegene WEA reduziert oder ausgeschlossen wird, werden in Kapitel A.2.6 des Anhangs aufgeführt.

Für verschiedene Berechnungsvarianten können dabei unterschiedliche Betriebsbeschränkungen definiert werden. Die Betriebsbeschränkungen werden daher in Gruppen zusammengefasst. Diese Betriebsbeschränkungs-Gruppen werden dann den Berechnungsvarianten zugeordnet. Die Zuordnung ist in der Übersicht der Berechnungsvarianten in Kapitel A.2.5 des Anhangs dargestellt.

Innerhalb der Betriebsbeschränkungs-Gruppe werden die einzelnen Betriebsbeschränkungen durchnummeriert.

### 2.6.2 Alternative Betriebsbeschränkungen

Da die Lasten bei einer abgeschalteten WEA auch in der erhöhten Turbulenz der Nachlaufströmung der verursachenden Nachbar-WEA geringer sind als im Betrieb bei ungestörter Anströmung, kann statt der windaufwärts gelegenen, verursachenden WEA alternativ auch die zu schützende WEA abgeschaltet werden.

Betriebsbeschränkungen, bei denen für einen bestimmten Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsbereich Abschaltungen definiert sind, decken Betriebsbeschränkungen, bei denen ein anderer Betriebsmodus oder eine Blattwinkelverstellung für dieselben Bereiche definiert wird ab.

Es ergeben sich also zu jeder definierten Betriebsbeschränkung automatisch entweder zwei mögliche Alternativen (Beispiel a in Abbildung 2.6.2.1) oder eine mögliche Alternative (Beispiel b in Abbildung 2.6.2.1).

In den Ergebnissen wird oft nur eine der Betriebsbeschränkungsvarianten dargestellt. Die genannten Alternativen sind aber stets möglich.

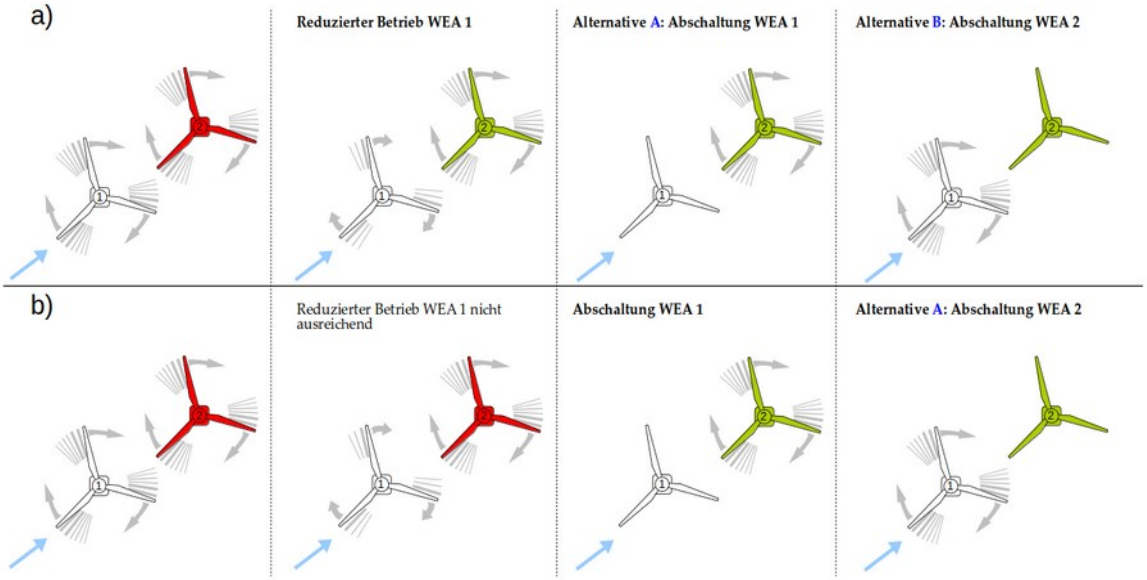



***Abbildung 2.6.2.1:*** *Betriebsbeschränkung mit zwei Alternativen (a) und mit nur einer Alternative (b) für die verursachende WEA 1 und die zu schützende WEA 2.*

Abbildung 2.6.2.2 zeigt ein Beispiel für die Darstellung einer Betriebsbeschränkungs-Gruppe mit zwei Betriebsbeschränkungen im Gutachten, wenn auch die Alternativen mit aufgeführt werden.

In der obersten Tabelle in Abbildung 2.6.2.2 wird zunächst eine Übersicht dargestellt. Die WEA 3 wird zum Schutz der WEA 2 bei einigen Windgeschwindigkeiten in einem anderen Betriebsmodus betrieben (Betriebsbeschränkung Nr. 1). Die WEA 3 wird weiterhin zum Schutz der WEA 4 bei einigen Windgeschwindigkeiten abgeschaltet (Betriebsbeschränkung Nr. 2).

In der zweiten Tabelle in Abbildung 2.6.2.2 sind die Details der Betriebsbeschränkung dargestellt.

In der dritten und vierten Tabelle in Abbildung 2.6.2.2 folgen dann die oben genannten Alternativen, die sich automatisch ergeben. Die Betriebsbeschränkung Nr. 2 besitzt dabei nur eine mögliche, sich automatisch ergebende Alternative. Die Betriebsbeschränkung Nr. 2 ist daher in der zweiten und dritten Tabelle identisch.

Für jede Betriebsbeschränkung muss eine der Alternativen umgesetzt werden. Es ist aber nicht erforderlich für alle Betriebsbeschränkungen die Alternativen aus der selben Tabelle umzusetzen. Für die Betriebsbeschränkung Nr. 1 kann also z.B. die Variante aus der zweiten Tabelle in Abbildung 2.6.2.2 und für die Betriebsbeschränkung Nr. 2 die Variante aus der vierten Tabelle gewählt werden.

Betriebsbeschränkungen - Übersicht (A = Abschaltung, R = Eingeschränkter Betrieb)

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Wind-Bin | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 1 | 3 | WEA03 | 2 | WEA02 | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3 | WEA03 | 4 | WEA04 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Betriebsbeschränkungen - Details

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 3 | WEA03 | 2 | WEA02 | - | Mode SO5 (v-out 20m/s) | - | 135.1 | 190.5 | 6.5 | 8.5 |
| | 3 | WEA03 | | | - | Mode SO4 (v-out 20m/s) | - | 135.1 | 190.5 | 8.5 | 9.5 |
| 2 | 3 | WEA03 | 4 | WEA04 | X | - | - | 283.3 | 302.9 | v-in | 9.8 |

Betriebsbeschränkungen - Alternative **A** - Details

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 3 | WEA03 | 2 | WEA02 | X | - | - | 135.1 | 190.5 | 6.5 | 9.5 |
| 2 | 3 | WEA03 | 4 | WEA04 | X | - | - | 283.3 | 302.9 | v-in | 9.8 |

Betriebsbeschränkungen - Alternative **B** - Details

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 2 | WEA02 | 2 | WEA02 | X | - | - | 135.1 | 190.5 | 6.5 | 9.5 |
| 2 | 4 | WEA04 | 4 | WEA04 | X | - | - | 283.3 | 302.9 | v-in | 9.5 |

***Abbildung 2.6.2.2:*** *Beispiel für die Darstellung einer Betriebsbeschränkungs-Gruppe mit zwei Betriebsbeschränkungen und dargestellten Alternativen.*

### 2.6.3 Einfluss der Umgebungsbedingungen

Betriebsbeschränkungen, die erforderlich sind, weil die Umgebungswindbedingungen die jeweiligen Auslegungswerte der WEA überschreiten, werden in Kapitel 5.2 dargestellt. Zu diesen Betriebsbeschränkungen können keine alternativen Betriebsbeschränkungen definiert werden.

Dies kann z.B. Überschreitungen bei der Windgeschwindigkeitsverteilung, der Schräganströmung aber auch bei der Turbulenzintensität betreffen, wenn im letzteren Fall bereits die Umgebungsturbulenzintensität die Auslegung überschreitet.

# 3 Eingangsdaten

## 3.1 Windparkkonfiguration und Auslegungswerte

Am Standort Georgshof III (Niedersachsen) planen der Auftraggeber und der Bauherr Theo Verweyen die Errichtung von fünf Windenergieanlagen (WEA 30 - 34). Am Standort befinden sich 29 weitere benachbarte WEA.

Die vom Auftraggeber übermittelten Daten zur Windparkkonfiguration sind in Tabelle A.2.2.1 des Anhangs bzw. in Abschnitt A.2.7 des Anhangs dargestellt.

Die Zuordnung der einzelnen WEA zu den Winddatensätzen (Kapitel A.2.4 des Anhangs und gegebenenfalls zu den Datensätzen der Umgebungsturbulenzintensität (Kapitel A.2.1 des Anhangs) kann den letzten beiden Spalten (Datensatz-Nr.) der Tabelle A.2.2.1 des Anhangs entnommen werden.

Alle Benennungen von WEA im Dokument beziehen sich auf die Nomenklatur von Spalte 2 (Nr.) in Tabelle A.2.2.1 des Anhangs.

Für die zu betrachtenden WEA werden die in Tabelle 3.1.1 dargestellten Auslegungen zugrunde gelegt.

Die zu den Auslegungen gehörenden Auslegungswerte sind im Anhang in den Tabellen A.2.3.1 und A.2.3.2 dargestellt.

***Tabelle 3.1.1**: Auslegungen der zu betrachtenden WEA (Detailwerte und Quellenangaben siehe Anhang Tabellen A.2.3.1 und A.2.3.2 sowie A.5).*

| WEA | | Auslegung | |
|---|---|---|---|
| | Lfd. Nr. | Richtlinie | Windzone |
| | 30 – 34 | DIBt 2012 | WZ S |
| | 2, 4, 5, 7, 11, 12, 15, 16, 19, 22, 26 - 29 | DIBt 2004 | --- |
| | 23 - 25 | DIBt 1993/1995 | --- |

## 3.2 Windgeschwindigkeitsverteilung am Standort

Die relativen Häufigkeiten der Windrichtung und Windgeschwindigkeiten zum Standort Georgshof III wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt /3.1/ und sind in Kapitel A.2.4 des Anhangs dargestellt.

Die in Kapitel A.2.4 des Anhangs dargestellten Koordinaten werden eventuell nicht im Original-Koordinatensystem aus /3.1/ dargestellt, sondern auf das hier verwendete Koordinatensystem umgerechnet (siehe Kapitel A.1.1 des Anhangs). Für die Umrechnung der Koordinaten wird keine Gewähr übernommen.

Die verwendeten Daten werden als richtig und repräsentativ für die freie Anströmung im Windpark am Standort Georgshof III vorausgesetzt.

## 3.3 Extremwind am Standort

Durch die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH wurde in /3.3/ der 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren standortspezifisch ermittelt.

Der in /3.3/ ermittelte Wert ist in Tabelle 3.3.1 aufgeführt.

***Tabelle 3.3.1**: 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren /3.3/.*

| WEA | | $v_{50}$ [m/s] |
|---|---|---|
| | Lfd. Nr. | |
| | 30 - 34 | 36.49 |

## 3.4 Umgebungsturbulenzintensität am Standort

Die Ermittlung der Umgebungsturbulenzintensität erfolgt gemäß Kapitel 2.4.2 und den dort genannten Eingangsdaten.

Die Bewertung des Orografieeinflusses erfolgt im vorliegenden Fall auf Basis von Höhendaten nach /1.8/.

## 3.5 Sektorielle Betriebsbeschränkungen

Die jeweils in den Berechnungsvarianten im Anhang berücksichtigten Betriebsbeschränkungen sind in Kapitel A.2.6 des Anhangs dargestellt.

Bei den in Tabelle A.2.6.1.2 des Anhangs als Nr. 1 und 2 aufgeführten Betriebsbeschränkungen handelt es sich um Betriebsbeschränkungen, die aufgrund eines Anlagenabstandes von weniger als zwei Rotordurchmesser erforderlich sind. Diese Betriebsbeschränkungen wurden in der Berechnungsvariante „Situation vor dem Zubau“, „Situation nach dem Zubau“ sowie in allen weiteren Berechnungsvarianten berücksichtigt.

# 4 Bestimmung der Standortbedingungen

## 4.1 Standortbesichtigung

Gemäß DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ ist eine Standortbesichtigung durchzuführen. Im Rahmen des Nachweises der Standorteignung dient die Standortbesichtigung der Dokumentation der aktuellen

Situation vor Ort und der Bestimmung der Geländekategorie nach /2.9/.

Weiterhin sollen Einzelstrukturen und orografische Hindernisse identifiziert werden, die auf Grund ihrer Entfernung und Höhe so groß sind, dass der direkte Einfluss der Nachlaufströmung dieser Einzelstrukturen und orografischen Hindernisse auf den Rotor einer WEA nicht ausgeschlossen werden kann. Diese Einzelstrukturen können dann nicht als Rauigkeitselement aufgelöst werden und ihr Einfluss ist gesondert zu bewerten.

Im schwächer gestörten Bereich hinter einer Einzelstruktur kommt es dabei im Wesentlichen zu erhöhten Turbulenzintensitäten und der Einfluss auf eine WEA kann in Form erhöhter Umgebungsturbulenzintensitäten berücksichtigt werden. Dieser Einfluss ist auch für bestehende WEA zu berücksichtigen, da diese im Zuge des Zubaus hinsichtlich der Turbulenzintensität bewertet werden. Im Falle orografischer Hindernisse im weiteren Umfeld der WEA erfolgt eine solche Bewertung automatisch durch die Bestimmung des Orografiebeiwertes (siehe Kapitel 2.4.1).

Im stärker gestörten Bereich hinter einer Einzelstruktur kommt es zu weiteren Effekten, die detaillierte Untersuchungen durch z.B. eine dreidimensionale Strömungsberechnung erfordern. Dieser Einfluss ist nur für die geplanten WEA zu untersuchen.

Benachbarte WEA sind nicht als Einzelstrukturen zu betrachten. Die Verifizierung der Windparkkonfiguration (siehe Kapitel 3) ist daher nicht Umfang der Standortbesichtigung.

Der Standort Georgshof III wurde am 04.06.2023 besichtigt /3.2/.

Der Standort lässt sich in die Geländekategorie II nach /2.9/ einordnen.

Relevante Einzelstrukturen, deren Nachlaufströmungen gesondert zu betrachten wären, wurden nicht identifiziert.

## 4.2 Ergebnisse Standortbedingungen

Die ermittelten Standortbedingungen sind in den Tabellen A.3.2.1 - A.3.2.3 des Anhangs dargestellt. Überschreitungen der Auslegungswerte der Turbulenzintensität sind in Tabelle A.3.2.1 des Anhangs rot markiert.

Entsprechend der DIBt-Richtlinie /2.8/ werden die Ergebnisse für alle WEA ausgewiesen, deren Abstand bezogen auf den Rotordurchmesser D der geplanten WEA kleiner gleich acht Rotordurchmesser ist. Diese Betrachtungsweise ist abdeckend für alle Referenzwindgeschwindigkeiten $v_{ref}$ (siehe Kapitel 2).

Für die WEA, die in Tabelle A.3.2.3 des Anhangs als komplex markiert sind, kann das vereinfachte Verfahren zum Nachweis der Standorteignung nach DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ nicht angewendet werden.

In Tabelle A.2.5.1 ist eine Übersicht aller durchgeführten Berechnungsvarianten dargestellt.

Es ist zusätzlich in der Tabelle A.3.1.1 des Anhangs die Situation vor dem Zubau der WEA 30 - 34 dargestellt.

### 4.2.1 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren

Die Windzone der Standorte der geplanten WEA und der zugehörige 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren wurden gemäß /2.10/ bzw. /2.11/ ermittelt und können Tabelle A.3.2.3 des Anhangs entnommen werden.

Sofern in Kapitel 3.3 kein standortspezifischer Wert ermittelt wurde, finden diese Werte Anwendung.

Sofern es sich um einen küstennahen Standort der höchsten Windzone handelt wird der 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren sowohl für die Geländekategorie I als auch für die Geländekategorie II angegeben. Der Wert für die Geländekategorie I ist zu verwenden, wenn die Standortbesichtigung eine Einordnung in Geländekategorie I ergeben hat (siehe Kapitel 4.1). In allen anderen Fällen kann der Wert der Geländekategorie II angesetzt werden.

# 5 Nachweis der Standorteignung

## *5.1 Allgemeine Hinweise*

- Bezüglich der Gültigkeit der getroffenen Aussagen gelten die in Kapitel 2.5 genannten Anmerkungen.

## *5.2 Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen*

In Tabelle 5.2.1 ist das Ergebnis des Nachweises der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen sowie die Einzelergebnisse für die einzelnen Windparameter in einer Übersicht dargestellt. Die Bewertung beruht auf einem Vergleich der in Tabelle 3.3.1 sowie in den Tabellen A.3.2.1 und A.3.2.3 des Anhangs dargestellten Werte mit den Auslegungswerten in den Tabellen A.2.3.1 und A.2.3.2.

Für die Bewertung der Windgeschwindigkeitsverteilung werden die Parameter A und k der Weibullverteilung dabei nicht direkt verglichen, sondern dienen als Eingangswerte für die in Kapitel 2.1 aufgeführten Nachweismethoden.

Die in Tabelle 5.2.1 dargestellten Ergebnisse wurden unter Berücksichtigung der Betriebsbeschränkungen gemäß Tabelle A.2.6.1.2 des Anhangs ermittelt (siehe auch Kapitel 3.5).

Das Gesamtergebnis ist nur positiv, wenn alle Einzelergebnisse positiv bewertet sind. Für bestehende WEA wird nur der Einfluss der geplanten WEA auf Auslegungswerte der Turbulenzintensität betrachtet (siehe Kapitel 2.1).

***Tabelle 5.2.1**: Übersicht über das Ergebnis des Nachweises der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen (+: erfüllt, -: nicht erfüllt, ---: Bewertung nicht erforderlich).*

| WEA | | | Einzelergebnisse | | | | | | Gesamt-ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Lfd. Nr. | Bezeichnung | $I_{eff}$ | α | φ | ρ | A, k | $v_{50}$ | |
| | 2 | 516 | + | --- | | | | | + |
| | 4 | 612 | + | --- | | | | | + |
| | 5 | 613 | + | --- | | | | | + |
| | 7 | 708 | + | --- | | | | | + |
| | 10 | EA116 | + | --- | | | | | + |
| | 11 | EA098 | + | --- | | | | | + |
| | 12 | EA108 | + | --- | | | | | + |
| | 15 | 630 | + | --- | | | | | + |
| | 16 | 706 | + | --- | | | | | + |
| | 19 | M04 | - | --- | | | | | - |
| | 22 | 703 | + | --- | | | | | + |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | + | --- | | | | | + |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | - | --- | | | | | - |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | - | --- | | | | | - |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | - | --- | | | | | - |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | - | --- | | | | | - |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | + | --- | | | | | + |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | - | --- | | | | | - |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | - | --- | --- | --- | + | + | - |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | - | --- | --- | --- | + | + | - |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | - | --- | --- | --- | + | + | - |

| WEA | | | Einzelergebnisse | | | | | | Gesamt-ergebnis |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Lfd. Nr. | Bezeichnung | $I_{eff}$ | α | φ | ρ | A, k | $v_{50}$ | |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | - | --- | --- | --- | + | + | - |
| | 34 | WEA Verweyen | - | --- | --- | --- | + | + | - |

### 5.2.1 Erläuterungen und Hinweise

- Für die WEA 23 wird der konstante Auslegungswert von 20% Turbulenzintensität nach DIBt von 1995 (1993) zugrunde gelegt /2.6/ (siehe Kapitel 2.4.3).
- Die WEA 19, 24 - 27 und 29 weisen bereits vor dem Zubau der hier als geplant betrachteten WEA Überschreitungen bei den effektiven Turbulenzintensitäten auf.
- Der Einfluss der geplanten WEA auf die WEA 19 und 25 ist so gering, dass sich durch die geplanten WEA keine signifikante Erhöhung der effektiven Turbulenzintensitäten an den WEA 19 und 25 ergibt. Die Überschreitungen an den WEA 19 und 25 sind daher nicht auf die geplanten WEA zurückzuführen, sondern ergeben sich bereits aus der bestehenden Windparkkonfiguration (siehe Tabellen A.3.1.1 und A.3.2.1 des Anhangs).
- Die Überschreitungen bei der effektiven Turbulenzintensität an der WEA 28 liegen außerhalb des zu betrachtenden Windgeschwindigkeitsbereiches (siehe Kapitel 2.1) und werden als vernachlässigbar bewertet.
- Bezüglich der in /3.3/ getroffenen Aussage zum 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren ist gemäß /3.3/ die Möglichkeit einer Überschreitung des in /3.3/ ausgewiesenen Extremwertes nicht auszuschließen, da Extremwinde nicht vorhersagbaren klimatologischen Einflüssen unterworfen sind und somit Extremwinde eines längeren Bezugszeitraumes auch in einem kürzeren Zeitraum auftreten können.

### 5.2.2 Betriebsbeschränkungen

Alle aufgeführten Betriebsbeschränkungen stellen Mindestanforderungen dar. Eine Prüfung der technischen Umsetzbarkeit wurde nicht vorgenommen.

Der Einfluss der geplanten WEA 30 - 34 auf die WEA 24, 26, 27 und 29 ist so groß, dass sich durch die geplanten WEA 30 - 34 eine signifikante Erhöhung der effektiven Turbulenzintensitäten an den WEA 24, 26, 27 und 29 ergibt (siehe Tabellen A.3.1.1

und A.3.2.1 des Anhangs).

Der signifikante Einfluss der WEA 30 - 34 auf die WEA 24 kann in der geplanten Windparkkonfiguration durch Ausschluss des Betriebes der WEA 24 in der Nachlaufströmung der WEA 30 - 34 unterbunden werden. Dies kann durch das Abschalten der WEA 30 - 34 bei Auftreten der entsprechenden Nachlaufsituation erreicht werden.

Der signifikante Einfluss der WEA 31 - 34 auf die WEA 26 kann in der geplanten Windparkkonfiguration durch Ausschluss des Betriebes der WEA 26 in der Nachlaufströmung der WEA 31 - 34 unterbunden werden. Dies kann durch das Abschalten der WEA 31 - 34 bei Auftreten der entsprechenden Nachlaufsituation erreicht werden.

Der signifikante Einfluss der WEA 31 - 33 auf die WEA 27 kann in der geplanten Windparkkonfiguration durch Ausschluss des Betriebes der WEA 27 in der Nachlaufströmung der WEA 31 - 33 unterbunden werden. Dies kann durch das Abschalten der WEA 31 - 33 bei Auftreten der entsprechenden Nachlaufsituation erreicht werden.

Der signifikante Einfluss der WEA 31 - 34 auf die WEA 29 kann in der geplanten Windparkkonfiguration durch Ausschluss des Betriebes der WEA 29 in der Nachlaufströmung der WEA 31 - 34 unterbunden werden. Dies kann durch das Abschalten der WEA 31 - 34 bei Auftreten der entsprechenden Nachlaufsituation erreicht werden.

Alternativ kann ein signifikanter Einfluss durch eine Blattwinkelverstellung der entsprechenden benachbarten WEA bei Auftreten der jeweiligen Nachlaufsituation ausgeschlossen werden.

Die Standorteignung der betroffenen WEA 30 - 34 kann hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität in der geplanten Windparkkonfiguration durch eine Betriebsbeschränkung benachbarter WEA gewährleistet werden. Dies kann durch das Abschalten oder eine Blattwinkelverstellung der entsprechenden benachbarten WEA bei Auftreten der jeweiligen Nachlaufsituation erreicht werden.

Die notwendigen Betriebsbeschränkungen sind in Tabelle A.2.6.2.2 dargestellt. Zu den implizit mit abgedeckten alternativen Betriebsbeschränkungen siehe Kapitel 2.6.2.

In Kapitel A.3.3 in Tabelle A.3.3.1 sind die Ergebnisse unter Berücksichtigung der Betriebsbeschränkungen dargestellt. Die Überschreitungen bei der effektiven Turbulenzintensität an den WEA 32 - 34 liegen außerhalb des zu betrachtenden Windgeschwindigkeitsbereiches (siehe Kapitel 2.1) und werden als vernachlässigbar bewertet.

### 5.2.3 Einschränkungen

Die Aussagen zum Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen unterliegen keinen Einschränkungen.

## *5.3 Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Lasten*

Die in den Tabellen A.3.2.1 - A.3.2.3 des Anhangs dargestellten Werte oder diese bezüglich der Lasten abdeckende Werte können als Eingangsparameter für standortspezifische Berechnungen der Betriebs- und Extremlasten durch den Hersteller verwendet werden, um die Standorteignung der zu betrachtenden WEA durch einen Vergleich mit den Auslegungslasten zu überprüfen.

Die Komplexität von WEA-Standorten kann dabei entweder in der effektiven Turbulenzintensität über entsprechende Turbulenzstrukturparameter erfasst werden oder sie ist in den standortspezifischen Berechnungen der Betriebslasten gemäß /2.2, 2.3/ durch eine Erhöhung der lateralen und vertikalen Komponente der Standardabweichung der Windgeschwindigkeit auf den einfachen bzw. den 0.7fachen Wert der longitudinalen Komponente zu berücksichtigen.

Die Richtlinien /2.1 - 2.4, 2.6 - 2.8/ definieren keine Anwendungsgrenzen für die Verwendung effektiver Turbulenzintensitäten als Eingangsdaten für eine Lastrechnung hinsichtlich enger Abstände zwischen den WEA. Grundsätzlich gelten die effektiven Turbulenzintensitäten auch im sogenannten near-wake-Bereich, der sich auf einen Abstand von etwa 2 bis 3 Rotordurchmesser hinter der WEA erstreckt /1.4/. Werden Lastrechnungsmodelle im near-wake-Bereich eingesetzt, wird deren Anwendbarkeit vorausgesetzt. Besondere Anforderungen an die Modellierung, die eventuell in den verschiedenen Lastrechnungsmodellen für den near-wake-Bereich existieren, obliegen der Verantwortung des Erstellers der Lastrechnung und sind nicht Teil der hier durchgeführten Plausibilitätsprüfung der Lastrechnung.

Entsprechende Berechnungsberichte liegen für die WEA 24, 26, 27 und 29 - 34 nicht vor.

# 6 Zusammenfassung

Am Standort Georgshof III (Niedersachsen) planen der Auftraggeber und ein weiterer Bauherr die Errichtung von 5 Windenergieanlagen (WEA). Am Standort befinden sich 29 weitere benachbarte WEA.

Die Planung wurde von uns daraufhin bewertet, ob die Standorteignung der zu betrachtenden WEA gemäß DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ gewährleistet ist.

Die Ergebnisse beziehen sich dabei auf eine vorliegende gültige Typenprüfung für die betrachteten WEA. Der Typenprüfung müssen mindestens die in den Tabellen A.2.3.1 und A.2.3.2 aufgeführten Auslegungswerte zugrunde liegen.

Die berücksichtigte Entwurfslebensdauer der geplanten WEA ist in Tabelle A.2.3.1 dargestellt.

Die Ergebnisse dienen gleichzeitig als Turbulenz-Immissionsprognose im Sinne des BImSchG. Das heißt, die Immissionen sind zumutbar, solange die Standorteignung hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität oder hinsichtlich der Auslegungslasten gewährleistet bleibt.

Die abschließenden Aussagen zur Standorteignung der geplanten WEA bzw. der weiteren zu betrachtenden WEA sind in Tabelle 6.1 dargestellt.

Alternativen zu den in Tabelle 6.1 aufgeführten Betriebsbeschränkungen sind im Anhang in Kapitel A.2.6.2 dargestellt.

***Tabelle 6.1**: Ergebnisübersicht für alle zu betrachtenden WEA.*

| Getroffene Aussagen zu den WEA | WEA lfd. Nr. | Einschränkungen | |
|---|---|---|---|
| | | BBS | Sonstige |
| **Standorteignung der geplanten WEA:** | | | |
| Die Standorteignung folgender WEA ist durch einen Vergleich mit den Windbedingungen der Auslegung nachgewiesen. | 30 | Nr. 7 Tabelle A.2.6.2.2* | --- |
| | 31 | Nr. 8 Tabelle A.2.6.2.2* | |
| | 32 | Nr. 9 Tabelle A.2.6.2.2* | |
| | 33 | Nr. 10 Tabelle A.2.6.2.2* | |
| | 34 | Nr. 11 Tabelle A.2.6.2.2* | |
| **Standorteignung der weiteren zu betrachtenden WEA:** | | | |
| Die Standorteignung folgender WEA ist hinsichtlich des Einflusses benachbarter WEA durch einen Vergleich mit den Windbedingungen der Auslegung nachgewiesen. | 2, 4, 5, 7, 11, 12, 15, 16, 22 | --- | --- |
| | 23 | Nr. 1 Tabelle A.2.6.2.2 | |
| | 25 | Nr. 3 Tabelle A.2.6.2.2 | |
| Die Standorteignung folgender WEA lässt sich durch einen Vergleich mit den Windbedingungen der Auslegung nicht nachweisen. Ein weiterer signifikanter Einfluss wird durch die definierten Betriebsbeschränkungen unterbunden. | 24 | Nr. 2 Tabelle A.2.6.2.2* | --- |
| | 26 | Nr. 4 Tabelle A.2.6.2.2* | |
| | 27 | Nr. 5 Tabelle A.2.6.2.2* | |
| | 29 | Nr. 6 Tabelle A.2.6.2.2* | |
| Die Standorteignung folgender WEA wird durch den Zubau der geplanten WEA nicht gefährdet. Ein abschließender Nachweis der Standorteignung der WEA ist daher im Rahmen des Zubaus der geplanten WEA nicht erforderlich und wurde nicht erbracht. | 19, 25 | --- | --- |

*: Die Betriebsbeschränkung kann entfallen, wenn auf Basis der hier ermittelten Windbedingungen ein Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Lasten erbracht wird (siehe Kapitel 5.3).

# 7 Literaturangaben

## Allgemein

/1.1/ Verein Deutscher Ingenieure; VDI 3783 Blatt 12; Umweltmeteorologie - Physikalische Modellierung von Strömungs- und Ausbreitungsvorgängen in der atmosphärischen Grenzschicht; Dezember 2000; Düsseldorf, Deutschland.

/1.2/ ECN Solar & Wind Energy; Dekker, J.W.M.; Pierik, J.T.G. (Eds.); European Wind Turbine Standards II; 1998; Petten, Netherlands.

/1.3/ Risø National Laboratory; European Wind Atlas; 1989; Risø, Denmark.

/1.4/ Risø National Laboratory; Frandsen, St. T.; Turbulence and turbulence-generated structural loading in windturbine clusters; Wind Energy Department; Januar 2007; Roskilde, Risø-R-1188(EN), Denmark.

/1.5/ Kunte A.; Landesamt für Landwirtschaft; Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein; Turbulenz-Immissionsprognosen vereinheitlicht; WIND-KRAFT Journal; Verlag Natürliche Energien, Ausgabe 4/2009, Seite 28-30; Seevetal, Deutschland.

/1.6/ OpenStreetMap und Mitwirkende; siehe Internet: http://www.openstreetmap.org, http://opendatacommons.org, http://creativecommons.org.

/1.7/ European Environment Agency; CORINE Land Cover (CLC) 2018, Version 20.0; Juni 2019; Copenhagen, Denmark.

/1.8/ U.S. Geological Survey (USGS); EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global.

/1.9/ Deutscher Wetterdienst; DWD Climate Data Center (CDC), Vieljährige mittlere Raster der Lufttemperatur (2m) für Deutschland 1981-2010, Version v1.0; Offenbach, Deutschland.

## Normen

/2.1/ International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1, Wind turbines - Part 1: Design requirements; Edition 2, 1999-02; Geneva, Switzerland (Deutsche Fassung: Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1 (VDE 0127-1); Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:1999); August 2004; Berlin, Deutschland).

/2.2/ International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1, Wind turbines - Part 1: Design requirements; Edition 3, 2005-08; Geneva, Switzerland (Deutsche Fassung: Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1 (VDE 0127-1); Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005); Juli 2006; Berlin, Deutschland).

/2.3/ International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1, Amendment 1, Wind turbines - Part 1: Design requirements; Edition 3, 2010-10; Geneva, Switzerland (Deutsche Fassung: Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1 (VDE 0127-1):2011-08; Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); August 2011; Berlin, Deutschland).

/2.4/ International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1, Wind energy generation systems - Part 1: Design requirements; Edition 4, 2019-12; Geneva, Switzerland (Deutsche Fassung: Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1); Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019); Dezember 2019; Berlin, Deutschland).

/2.5/ Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH; Guidelines for the Certification of Wind Turbines; 2010; Hamburg, Deutschland.

/2.6/ Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt); Richtlinie für Windkraftanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Juni 1993; 2. Aufl., 1995; Berlin, Deutschland.

/2.7/ Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt); Richtlinie für Windkraftanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung März 2004; Berlin, Deutschland.

/2.8/ Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt); Richtlinie für Windkraftanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Oktober 2012 sowie korrigierte Fassung März 2015; Berlin, Deutschland.

/2.9/ Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 1991-1-4 und DIN EN 1991-1-4/NA (Nationaler Anhang); Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten; Dezember 2010; Berlin, Deutschland.

/2.10/ Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt); Zuordnung der Windzonen nach Verwaltungsgrenzen, 'Windzonen_Formular_nach_Verwaltungsgrenzen.xlsx'; Fassung April 2019.

/2.11/ DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4131; Antennentragwerke aus Stahl; November 1991; Berlin, Deutschland.

/2.12/ Deutsches Institut für Normung e.V; DIN ISO 2533; Normatmosphäre; Dezember 1979; Berlin, Deutschland.

## Projektspezifisch

/3.1/ ENERCON GmbH Aurich; WindPRO Ergebnisausdruck, PARK - Analyse der Windverhältnisse, Projekt: Dornum-Georgshof E_2012_287a; 10.12.2012; Aurich, Deutschland.

/3.2/ Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG; Dokumentation der Standortbesichtigung im Rahmen der Bewertung der Standorteignung von WEA am Standort Georgshof III; Referenz-Nr.: 2023-D-062-P1; Juni 2023; Hamburg, Deutschland.

/3.3/ anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH; Extremwindabschätzung auf Basis des anemos Windatlas für Deutschland am Standort Georgshof; Berichts-Nr.: 23-454-7230992-Rev.00-EX-MS; 23.08.2023; Reppenstedt, Deutschland.

# A.1 Allgemeine Daten

## A.1.1 Einstellungen

| | |
|---|---|
| **Benutzername** | Andres Flügel, F2E |
| **Kunde** | Windpark Georgshof GmbH & Co KG |
| **Projektname** | Georgshof III |
| **Referenznummer** | 2023-D-061-P3-R1 |
| **Software** | Wake2e 3.11.3.1 |
| | WEA-Bibliothek Version 7.415.0 |
| **Koordinatensystem** | Gauß-Krüger (Deutschland), Bessel (3°-Streifen) |
| **Abstand der relevanten WEA** | 8.0D |

## A.1.2 Filter-Einstellungen

| | |
|---|---|
| **Geplante WEA** | Angezeigt |
| **Relevante WEA** | Angezeigt |
| **Vorhandene WEA** | Eingabedaten angezeigt, Ergebnisse nicht angezeigt |
| **Irrelevante WEA** | Eingabedaten angezeigt, Ergebnisse nicht angezeigt |
| **Inaktive WEA** | Eingabedaten angezeigt, Ergebnisse nicht angezeigt |

## A.1.3 Standortbesichtigung

| | |
|---|---|
| **Datum der Besichtigung** | 04.06.2023 |
| **Durchgeführt von** | Dietmar Hahm für F2E |
| **Ermittelte Geländekategorie** | II |
| **Orografisch relevante Struktur** | Nein |

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

# A.2 Eingabedaten

## A.2.1 Umgebungsturbulenzintensitäten

**Methode** Rauigkeitsdaten für jeden WEA-Standort aus den Landnutzungsdaten
**Datensatz** European Environment Agency; CORINE Land Cover (CLC) 2018, Version 20; June 2019; Copenhagen, Denmark.
**Höhendaten** "USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global" by Earth Resources Observation and Science (EROS) Center - July 30, 2018

## A.2.2 Windparkkonfiguration

*Tabelle A.2.2.1: Windparkkonfiguration*

| WEA | | | | | | | Koordinaten | | Datensatz-Nr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | WEA-Typ | $P_N$ [MW] | $z_{hub}$ [m] | D [m] | Ost | Nord | Wind | Turbulenz |
| | 1 | 425 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2595853 | 5945316 | 4 | — |
| | 2 | 516 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2595173 | 5945132 | 4 | — |
| | 3 | 517 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2595132 | 5944724 | 4 | — |
| | 4 | 612 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2594720 | 5945289 | 4 | — |
| | 5 | 613 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2594718 | 5944706 | 4 | — |
| | 6 | 615 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2594842 | 5944477 | 4 | — |
| | 7 | 708 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2593535 | 5944595 | 4 | — |
| | 8 | EA049 | ENERCON E-66 15.66 | 1.5 | 67 | 66 | 2593982 | 5943921 | 4 | — |
| | 9 | EA052 | ENERCON E-66 15.66 | 1.5 | 67 | 66 | 2593768 | 5943971 | 4 | — |
| | 10 | EA116 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 0.5 | 50 | 40.3 | 2593770 | 5946147 | 2 | — |
| | 11 | EA098 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2592741 | 5945447 | 2 | — |
| | 12 | EA108 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2592622 | 5945809 | 1 | — |
| | 13 | 410 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 2596156 | 5945332 | 4 | — |
| | 14 | 520 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 113 | 71 | 2595100 | 5944514 | 4 | — |
| | 15 | 630 | ENERCON E-92 2.35MW | 2.35 | 138 | 92 | 2594925 | 5944907 | 4 | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.2.1: Windparkkonfiguration*

| WEA | | | | | | | Koordinaten | | Datensatz-Nr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | WEA-Typ | $P_N$ [MW] | $z_{hub}$ [m] | D [m] | Ost | Nord | Wind | Turbulenz |
| | 16 | 706 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 85 | 71 | 2593520 | 5944845 | 4 | — |
| | 17 | 420 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 2596060 | 5945016 | 4 | — |
| | 18 | M03 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 2593780 | 5944296 | 4 | — |
| | 19 | M04 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2593972 | 5944555 | 4 | — |
| | 20 | M02 | ENERCON E-82 E2 2.3MW | 2.3 | 108 | 82 | 2593226 | 5944185 | 4 | — |
| | 21 | M06 | ENERCON E-82 E2 2.3MW | 2.3 | 108 | 82 | 2593503 | 5943972 | 4 | — |
| | 22 | 703 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 2593037 | 5945339 | 2 | — |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 0.5 | 50 | 40.3 | 2593640 | 5945697 | 2 | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 0.5 | 50 | 40.3 | 2593698 | 5945492 | 2 | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 0.5 | 50 | 40.3 | 2593814 | 5945072 | 4 | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 2593961 | 5945561 | 4 | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 2593904 | 5945261 | 4 | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 2593914 | 5944959 | 4 | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 2594242 | 5945123 | 4 | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 2593479 | 5946172 | 1 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 2593615 | 5945915 | 2 | — |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 2594114 | 5945851 | 3 | — |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 2594240 | 5945431 | 4 | — |
| | 34 | WEA Verweyen | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 2593933 | 5946136 | 3 | — |

## A.2.3 Auslegungswerte

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.3.1: WEA-Auslegung*

| | Nr. | Richtlinie | WZ | $I_{amb}$ | $I_{des}$ | $\tau_{design}$ | $v_{ave}$ | k | $\alpha_{min}$ | $\alpha_{max}$ | $\varphi$ | $\rho$ | $v_{50}$ | Quellen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 4 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 5 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 7 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 11 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 12 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 15 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 16 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 19 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 22 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 23 | — | — | Charakteristisch | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 24 | — | — | Charakteristisch | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 25 | — | — | Charakteristisch | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 26 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 27 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 28 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 29 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 30 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.1/ |
| | 31 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.1/ |
| | 32 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.1/ |
| | 33 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.1/ |
| | 34 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.1/ |

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.3.2: Auslegungswerte der Turbulenzintensität I-des [%]*

| WEA | | Auslegungswerte für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Id | Turbulenzkategorie | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 1 | DIBt 1993 | 20.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | DIBt 2004 | — | 42.0 | 34.5 | 30.0 | 27.0 | 24.9 | 23.3 | 22.0 | 21.0 | 20.2 | 19.5 | 18.9 | 18.4 | 18.0 | 17.6 | 17.3 | 17.0 | 16.7 | 16.5 | 16.3 | 16.1 | 15.9 | 15.8 | 15.6 | 15.5 | 15.3 | 15.2 | 15.1 |
| 5 | IEC Ed.3/4 A | — | 41.9 | 34.4 | 29.9 | 26.9 | 24.8 | 23.2 | 22.0 | 21.0 | 20.1 | 19.5 | 18.9 | 18.4 | 18.0 | 17.6 | 17.3 | 17.0 | 16.7 | 16.5 | 16.3 | 16.1 | 15.9 | 15.7 | 15.6 | 15.4 | 15.3 | 15.2 | 15.1 |

## A.2.4 Winddaten

**Quelle** Externe Datei
**Dateiname** info_se_verweyen_rev0_hma.csv

*Tabelle A.2.4.1: Wind-Datensatz "Wind 1"*

| | N | NNO | ONO | O | OSO | SSO | S | SSW | WSW | W | WNW | NNW | Mittelwerte über alle Richtungen | | | Koordinaten des Referenzpunkts | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A [m/s] | 7.16 | 6.89 | 7.71 | 8.19 | 8.21 | 7.85 | 8.55 | 9.27 | 9.09 | 8.67 | 8.33 | 7.98 | A [m/s] | 8.40 | Aus der Eingabedatei | Höhe über Grund [m] | 110.2 |
| k [-] | 2.092 | 2.244 | 2.6 | 2.908 | 3.057 | 2.779 | 2.814 | 3.143 | 2.725 | 2.193 | 2.201 | 2.111 | k [-] | 2.510 | Aus der Eingabedatei | Rechts | 3395080 |
| Häufigkeit (100%=1) | 0.05 | 0.047 | 0.056 | 0.07 | 0.075 | 0.062 | 0.081 | 0.148 | 0.129 | 0.106 | 0.096 | 0.08 | $v_{ave}$ [m/s] | 7.46 | Aus der Eingabedatei | Hoch | 5946415 |

*Tabelle A.2.4.2: Wind-Datensatz "Wind 2"*

| | N | NNO | ONO | O | OSO | SSO | S | SSW | WSW | W | WNW | NNW | Mittelwerte über alle Richtungen | | | Koordinaten des Referenzpunkts | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A [m/s] | 7.11 | 6.84 | 7.71 | 8.21 | 8.24 | 7.84 | 8.55 | 9.28 | 9.08 | 8.67 | 8.34 | 7.94 | A [m/s] | 8.40 | Aus der Eingabedatei | Höhe über Grund [m] | 110.2 |
| k [-] | 2.092 | 2.244 | 2.6 | 2.908 | 3.057 | 2.779 | 2.814 | 3.143 | 2.725 | 2.193 | 2.201 | 2.111 | k [-] | 2.510 | Aus der Eingabedatei | Rechts | 3395209 |
| Häufigkeit (100%=1) | 0.05 | 0.047 | 0.056 | 0.07 | 0.075 | 0.062 | 0.081 | 0.148 | 0.129 | 0.106 | 0.096 | 0.08 | $v_{ave}$ [m/s] | 7.45 | Aus der Eingabedatei | Hoch | 5946149 |

*Tabelle A.2.4.3: Wind-Datensatz "Wind 3"*

| | N | NNO | ONO | O | OSO | SSO | S | SSW | WSW | W | WNW | NNW | Mittelwerte über alle Richtungen | | | Koordinaten des Referenzpunkts | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A [m/s] | 7.08 | 6.79 | 7.75 | 8.2 | 8.23 | 7.85 | 8.55 | 9.28 | 9.05 | 8.65 | 8.3 | 7.94 | A [m/s] | 8.39 | Aus der Eingabedatei | Höhe über Grund [m] | 110.2 |
| k [-] | 2.096 | 2.248 | 2.604 | 2.912 | 3.057 | 2.779 | 2.814 | 3.143 | 2.725 | 2.193 | 2.201 | 2.115 | k [-] | 2.511 | Aus der Eingabedatei | Rechts | 3395701 |
| Häufigkeit (100%=1) | 0.05 | 0.047 | 0.056 | 0.07 | 0.075 | 0.062 | 0.081 | 0.148 | 0.129 | 0.106 | 0.096 | 0.08 | $v_{ave}$ [m/s] | 7.44 | Aus der Eingabedatei | Hoch | 5946054 |

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.4.4: Wind-Datensatz "Wind 4"*

| | N | NNO | ONO | O | OSO | SSO | S | SSW | WSW | W | WNW | NNW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A [m/s] | 7.02 | 6.8 | 7.74 | 8.24 | 8.24 | 7.84 | 8.57 | 9.33 | 9.03 | 8.63 | 8.3 | 7.89 |
| k [-] | 2.096 | 2.248 | 2.604 | 2.912 | 3.057 | 2.779 | 2.814 | 3.143 | 2.725 | 2.189 | 2.201 | 2.115 |
| Häufigkeit (100%=1) | 0.05 | 0.047 | 0.056 | 0.07 | 0.075 | 0.062 | 0.081 | 0.148 | 0.129 | 0.106 | 0.096 | 0.08 |

| Mittelwerte über alle Richtungen | | |
|---|---|---|
| A [m/s] | 8.39 | Aus der Eingabedatei |
| k [-] | 2.510 | Aus der Eingabedatei |
| $v_{ave}$ [m/s] | 7.44 | Aus der Eingabedatei |

| Koordinaten des Referenzpunkts | |
|---|---|
| Höhe über Grund [m] | 110.2 |
| Rechts | 3395813 |
| Hoch | 5945639 |

## A.2.5 Berechnungsvarianten

*Tabelle A.2.5.1: Berechnungsvarianten*

| Id | Beschriftung | BBS-Gruppe | Wöhlerlinien-Koeffizient | Einfluss der Orografie ignorieren | Ergebnisse im Abschnitt |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Situation vor dem Zubau | 1 | Projekt-Vorgabewert | Nein | A.3.1 |
| 2 | Situation nach dem Zubau | 1 | Projekt-Vorgabewert | Nein | A.3.2 |
| 3 | Betriebsbeschraenkungen | 2 | Projekt-Vorgabewert | Nein | A.3.3 |

## A.2.6 Betriebsbeschränkungen (BBS)

Für die einzelnen definierten BBS zwischen jeweils zwei WEA sind Alternativen möglich: Für einen reduzierten Betrieb kann alternativ auch eine Abschaltung vorgesehen werden. Eine Abschaltung kann alternativ auch auf die andere beteiligte WEA übertragen werden (wenn die Abschaltung für die windaufwärts gelegene WEA definiert wurde, kann alternativ die windabwärts gelegene WEA abgeschaltet werden und umgekehrt). Die entsprechenden Alternativen sind in weiteren Tabellen nachfolgend dargestellt. Es ist dabei nicht erforderlich alle alternativen BBS einer Tabelle zu wählen. Für jede definierte BBS zwischen zwei WEA muss aber eine der aufgeführten Alternativen umgesetzt werden.

### A.2.6.1 BBS-Gruppe 1

*Tabelle A.2.6.1.1: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 1 - Übersicht (A=Abschaltung, R=Eingeschränkter Betrieb)*

| | Windaufwärts gelegene WEA | | Zu schützende WEA | | Windgeschwindigkeitsbereiche [m/s] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | | | | | | | | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | |

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.1.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 1 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 324.3 | 24.9 | v-in | v-out |
| 2 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | X | - | - | 118.4 | 160.8 | v-in | v-out |

*Tabelle A.2.6.1.3: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 1 - Alternative A - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 324.3 | 24.9 | v-in | v-out |
| 2 | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 25 | | X | - | - | 118.4 | 160.8 | v-in | v-out |

### A.2.6.2 BBS-Gruppe 2

*Tabelle A.2.6.2.1: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Übersicht (A=Abschaltung, R=Eingeschränkter Betrieb)*

| | Windaufwärts gelegene WEA | | Zu schützende WEA | | Windgeschwindigkeitsbereiche [m/s] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 24 | | R | | | | | | | | | A | | | | R | | | | | | | | | | | | | |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | R | | | | | | | | | A | | | | | R | | | | | | | | | | | |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | R | | | | | | | R | A | R | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 34 | WEA Verweyen | | | R | | | | | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.1: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Übersicht (A=Abschaltung, R=Eingeschränkter Betrieb)*

| | Windaufwärts gelegene WEA | | Zu schützende WEA | | Windgeschwindigkeitsbereiche [m/s] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 3 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | R | | | | | | | | | R | | | | A | | | | | | | | | | | | | |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | | | | | R | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | R | | A | | R | | A | | R | | | | A | | | R | | | | | | | | | | | |
| | 34 | WEA Verweyen | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | | R | | A | | | | | | | | | |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | | R | | | | | | | | | | | | | R | A | | | | | | | | | | | |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | A | | | | R | | | | | R | | | | A | | | | | | | | | | | | | |
| 6 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 29 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | A | | | | | | | | | |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | R | | | A | | A | | | | | | |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | | | | | R | | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | |
| | 34 | WEA Verweyen | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | R | | A | | | | | | |
| 7 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 34 | WEA Verweyen | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 32 | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 10 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.1: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Übersicht (A=Abschaltung, R=Eingeschränkter Betrieb)*

| | Windaufwärts gelegene WEA | | Zu schützende WEA | | Windgeschwindigkeitsbereiche [m/s] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 34 | WEA Verweyen | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | $\beta$ [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 324.3 | 24.9 | v-in | v-out |
| 2 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 24 | | - | 4.26MW OML 20s | - | 334.4 | 352.2 | v-in | 3.9 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 25s | - | 334.4 | 352.2 | 3.9 | 5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 10s | - | 334.4 | 352.2 | 5 | 6.1 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 334.4 | 352.2 | 12.7 | 17.2 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 35s (v-in 4m/s) | - | 334.4 | 352.2 | 17.2 | 18.3 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 30s (v-in 4m/s) | - | 334.4 | 352.2 | 18.3 | 19.4 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 41s (v-in 5m/s) | - | 334.4 | 352.2 | 19.4 | 20.5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 40s (v-in 5m/s) | - | 334.4 | 352.2 | 20.5 | 21.6 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 34s (v-in 4m/s) | - | 334.4 | 352.2 | 21.6 | 22.7 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 27s (v-in 4m/s) | - | 335.1 | 4.9 | v-in | 3.9 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 38s (v-in 5m/s) | - | 335.1 | 4.9 | 3.9 | 5 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 335.1 | 4.9 | 5 | 6.1 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 8s | - | 335.1 | 4.9 | 6.1 | 7.2 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 335.1 | 4.9 | 12.7 | 19.4 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 335.1 | 4.9 | 19.4 | 22.7 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 18s | - | 38.7 | 61.9 | v-in | 3.9 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 19s | - | 38.7 | 61.9 | 3.9 | 5 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 9s | - | 38.7 | 61.9 | 5 | 6.1 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 1s | - | 38.7 | 61.9 | 6.1 | 7.2 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 32s (v-in 4m/s) | - | 38.7 | 61.9 | 12.7 | 13.8 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 38.7 | 61.9 | 13.8 | 16 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 26s | - | 38.7 | 61.9 | 16 | 17.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 2s | - | 85.9 | 109.3 | 3.9 | 5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 1s | - | 85.9 | 109.3 | 5 | 6.1 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 5s | - | 11.9 | 30.5 | v-in | 3.9 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 4s | - | 11.9 | 30.5 | 3.9 | 5 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 36s (v-in 5m/s) | - | 11.9 | 30.5 | 13.8 | 14.9 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 22s | - | 11.9 | 30.5 | 14.9 | 16 |
| 3 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | X | - | - | 118.4 | 160.8 | v-in | v-out |
| 4 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | - | 4.26MW OML 13s | - | 299.4 | 334.2 | v-in | 3.4 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 9s | - | 299.4 | 334.2 | 3.4 | 4.4 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 5s | - | 299.4 | 334.2 | 4.4 | 5.4 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 2s | - | 299.4 | 334.2 | 5.4 | 6.3 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 11s | - | 299.4 | 334.2 | 11.2 | 12.2 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 23s | - | 299.4 | 334.2 | 12.2 | 13.2 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 31s (v-in 4m/s) | - | 299.4 | 334.2 | 13.2 | 14.2 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 40s (v-in 5m/s) | - | 299.4 | 334.2 | 14.2 | 15.1 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 299.4 | 334.2 | 15.1 | 24.9 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 27s (v-in 4m/s) | - | 2.1 | 55.9 | v-in | 3.4 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 32s (v-in 4m/s) | - | 2.1 | 55.9 | 3.4 | 4.4 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 30s (v-in 4m/s) | - | 2.1 | 55.9 | 4.4 | 5.4 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 20s | - | 2.1 | 55.9 | 5.4 | 6.3 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 13s | - | 2.1 | 55.9 | 6.3 | 7.3 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 8s | - | 2.1 | 55.9 | 7.3 | 8.3 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 10s | - | 2.1 | 55.9 | 8.3 | 10.3 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 8s | - | 2.1 | 55.9 | 10.3 | 11.2 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 2.1 | 55.9 | 11.2 | 19 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 27s (v-in 4m/s) | - | 87.3 | 144.9 | v-in | 3.4 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 36s (v-in 5m/s) | - | 87.3 | 144.9 | 3.4 | 4.4 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 87.3 | 144.9 | 4.4 | 6.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 34s (v-in 4m/s) | - | 87.3 | 144.9 | 6.3 | 7.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 87.3 | 144.9 | 7.3 | 8.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 26s | - | 87.3 | 144.9 | 8.3 | 9.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 87.3 | 144.9 | 9.3 | 17.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 40s (v-in 5m/s) | - | 87.3 | 144.9 | 17.1 | 18.1 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 4s | - | 343.5 | 13.3 | v-in | 3.4 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 3s | - | 343.5 | 13.3 | 3.4 | 4.4 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 1s | - | 343.5 | 13.3 | 4.4 | 5.4 |
| 5 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 27 | | - | 4.26MW OML 38s (v-in 5m/s) | - | 325.3 | 349.3 | 17.1 | 18.1 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 325.3 | 349.3 | 18.1 | 24.9 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 2s | - | 7 | 34.4 | 3.4 | 4.4 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 7 | 34.4 | 16.1 | 17.1 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 7 | 34.4 | 17.1 | 18.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | v-in | 5.4 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 6s | - | 41.1 | 87.5 | 5.4 | 6.3 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 4s | - | 41.1 | 87.5 | 6.3 | 7.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 1s | - | 41.1 | 87.5 | 7.3 | 9.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 21s | - | 41.1 | 87.5 | 11.2 | 12.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 28s (v-in 4m/s) | - | 41.1 | 87.5 | 12.2 | 13.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 35s (v-in 4m/s) | - | 41.1 | 87.5 | 13.2 | 14.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | 14.2 | 24.9 |
| 6 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 29 | | X | - | - | 314.3 | 331.3 | 18.1 | 24.9 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 30s (v-in 4m/s) | - | 339.6 | 2.8 | 17.1 | 18.1 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 339.6 | 2.8 | 20 | 21 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 339.6 | 2.8 | 23 | 23.9 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 20s | - | 332 | 29.6 | v-in | 3.4 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 36s (v-in 5m/s) | - | 332 | 29.6 | 3.4 | 4.4 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 21s | - | 332 | 29.6 | 4.4 | 5.4 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 15s | - | 332 | 29.6 | 5.4 | 6.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 12s | - | 332 | 29.6 | 6.3 | 7.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 10s | - | 332 | 29.6 | 7.3 | 8.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 12s | - | 332 | 29.6 | 8.3 | 9.3 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 13s | - | 332 | 29.6 | 9.3 | 10.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 12s | - | 332 | 29.6 | 10.3 | 11.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 27s (v-in 4m/s) | - | 332 | 29.6 | 11.2 | 12.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 33s (v-in 4m/s) | - | 332 | 29.6 | 12.2 | 13.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 39s (v-in 5m/s) | - | 332 | 29.6 | 13.2 | 14.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 332 | 29.6 | 14.2 | 23 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 32s (v-in 4m/s) | - | 336.1 | 352.3 | 20 | 21 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | X | - | - | 336.1 | 352.3 | 21 | 24.9 |
| 7 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | - | 4.26MW OML 5s | - | 118.5 | 188.1 | 3.5 | 5.5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 6s | - | 118.5 | 188.1 | 5.5 | 7.5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 5s | - | 118.5 | 188.1 | 7.5 | 8.5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 4s | - | 118.5 | 188.1 | 8.5 | 9.5 |
| 8 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | | - | 4.26MW OML 12s | - | 298.5 | 8.1 | 3.5 | 4.5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 4s | - | 298.5 | 8.1 | 4.5 | 6.5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 7s | - | 298.5 | 8.1 | 6.5 | 7.5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 4s | - | 298.5 | 8.1 | 7.5 | 8.5 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 3s | - | 30.9 | 81.7 | 4.5 | 6.5 |
| 9 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 32 | | X | - | - | 183.7 | 234.3 | 7.5 | 11.5 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 10 | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 33 | | X | - | - | 153.8 | 207.8 | 7.5 | 11.5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 222.5 | 266.1 | 7.5 | 11.5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 269.1 | 323.1 | 7.5 | 11.5 |
| 11 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 34 | WEA Verweyen | - | 4.26MW OML 3s | - | 119.2 | 178.2 | 7.5 | 8.5 |

*Tabelle A.2.6.2.3: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative A - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 324.3 | 24.9 | v-in | v-out |
| 2 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 24 | | X | - | - | 334.4 | 352.2 | v-in | 6.1 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 334.4 | 352.2 | 12.7 | 22.7 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 335.1 | 4.9 | v-in | 7.2 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 335.1 | 4.9 | 12.7 | 22.7 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 38.7 | 61.9 | v-in | 7.2 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 38.7 | 61.9 | 12.7 | 17.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 85.9 | 109.3 | 3.9 | 6.1 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | X | - | - | 11.9 | 30.5 | v-in | 5 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | X | - | - | 11.9 | 30.5 | 13.8 | 16 |
| 3 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | X | - | - | 118.4 | 160.8 | v-in | v-out |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.3: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative A - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 4 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | X | - | - | 299.4 | 334.2 | v-in | 6.3 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 299.4 | 334.2 | 11.2 | 24.9 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 2.1 | 55.9 | v-in | 19 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 87.3 | 144.9 | v-in | 18.1 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | X | - | - | 343.5 | 13.3 | v-in | 5.4 |
| 5 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 27 | | X | - | - | 325.3 | 349.3 | 17.1 | 24.9 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 7 | 34.4 | 3.4 | 4.4 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 7 | 34.4 | 16.1 | 18.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | v-in | 9.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | 11.2 | 24.9 |
| 6 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 29 | | X | - | - | 314.3 | 331.3 | 18.1 | 24.9 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 339.6 | 2.8 | 17.1 | 18.1 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 339.6 | 2.8 | 20 | 21 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 339.6 | 2.8 | 23 | 23.9 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 332 | 29.6 | v-in | 23 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | X | - | - | 336.1 | 352.3 | 20 | 24.9 |
| 7 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | X | - | - | 118.5 | 188.1 | 3.5 | 9.5 |
| 8 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | | X | - | - | 298.5 | 8.1 | 3.5 | 8.5 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.3: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative A - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 34 | WEA Verweyen | | | X | - | - | 30.9 | 81.7 | 4.5 | 6.5 |
| 9 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 32 | | X | - | - | 183.7 | 234.3 | 7.5 | 11.5 |
| 10 | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 33 | | X | - | - | 153.8 | 207.8 | 7.5 | 11.5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 222.5 | 266.1 | 7.5 | 11.5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 269.1 | 323.1 | 7.5 | 11.5 |
| 11 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 34 | WEA Verweyen | X | - | - | 119.2 | 178.2 | 7.5 | 8.5 |

*Tabelle A.2.6.2.4: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative B - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 324.3 | 24.9 | v-in | v-out |
| 2 | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 24 | | X | - | - | 334.4 | 352.2 | v-in | 5.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 334.4 | 352.2 | 11.5 | 20.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 335.1 | 4.9 | v-in | 6.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 335.1 | 4.9 | 11.5 | 20.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 38.7 | 61.9 | v-in | 6.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 38.7 | 61.9 | 11.5 | 15.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 85.9 | 109.3 | 3.5 | 5.5 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.4: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative B - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | $\beta$ [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 11.9 | 30.5 | v-in | 4.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 11.9 | 30.5 | 12.5 | 14.5 |
| 3 | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 25 | | X | - | - | 118.4 | 160.8 | v-in | v-out |
| 4 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | X | - | - | 299.4 | 334.2 | v-in | 6.5 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 299.4 | 334.2 | 11.5 | 25.5 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 2.1 | 55.9 | v-in | 19.5 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 87.3 | 144.9 | v-in | 18.5 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 343.5 | 13.3 | v-in | 5.5 |
| 5 | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 27 | | X | - | - | 325.3 | 349.3 | 17.5 | 25.5 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 7 | 34.4 | 3.5 | 4.5 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 7 | 34.4 | 16.5 | 18.5 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | v-in | 9.5 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | 11.5 | 25.5 |
| 6 | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 29 | | X | - | - | 314.3 | 331.3 | 18.5 | 25.5 |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 339.6 | 2.8 | 17.5 | 18.5 |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 339.6 | 2.8 | 20.5 | 21.5 |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 339.6 | 2.8 | 23.5 | 24.5 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

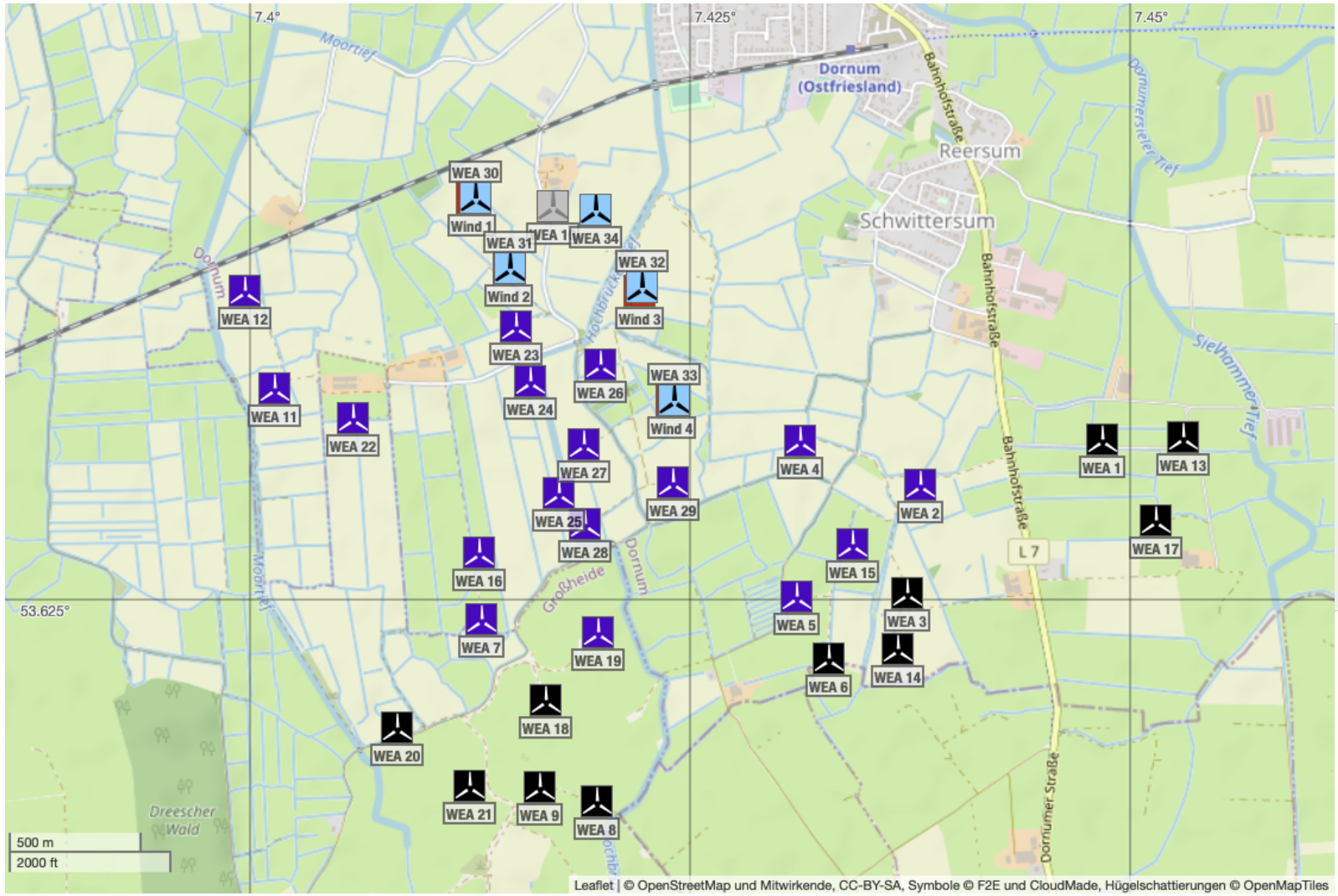
Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.4: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative B - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 332 | 29.6 | v-in | 23.5 |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 336.1 | 352.3 | 20.5 | 25.5 |
| 7 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | X | - | - | 118.5 | 188.1 | 3.5 | 9.5 |
| 8 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | | X | - | - | 298.5 | 8.1 | 3.5 | 8.5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 30.9 | 81.7 | 4.5 | 6.5 |
| 9 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 32 | | X | - | - | 183.7 | 234.3 | 7.7 | 11.8 |
| 10 | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | | X | - | - | 153.8 | 207.8 | 7.7 | 11.8 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 222.5 | 266.1 | 7.7 | 11.8 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 269.1 | 323.1 | 7.7 | 11.8 |
| 11 | 34 | WEA Verweyen | 34 | WEA Verweyen | X | - | - | 119.2 | 178.2 | 7.5 | 8.5 |

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.2.7 Karte des Windparks




Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.2.8 Abstände zwischen aktiven Windenergieanlagen

*Tabelle A.2.8.1: Abstände zu den nächsten fünf aktiven WEA in Rotordurchmessern der jeweiligen Nachbar-WEA*

| WEA | | | Nachbar 1 | | Nachbar 2 | | Nachbar 3 | | Nachbar 4 | | Nachbar 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung |
| | 2 | 516 | 15 | 3.64 | 3 | 5.78 | 4 | 6.75 | 33 | 7.09 | 14 | 8.76 |
| | 4 | 612 | 33 | 3.62 | 15 | 4.71 | 29 | 5.01 | 32 | 5.98 | 2 | 6.75 |
| | 5 | 613 | 15 | 3.14 | 6 | 3.67 | 3 | 5.84 | 14 | 6.02 | 29 | 6.27 |
| | 7 | 708 | 16 | 3.53 | 18 | 3.83 | 28 | 5.20 | 19 | 6.18 | 20 | 6.26 |
| | 11 | EA098 | 22 | 4.44 | 12 | 5.37 | 31 | 7.17 | 30 | 7.48 | 34 | 9.96 |
| | 12 | EA108 | 11 | 5.37 | 30 | 6.73 | 31 | 7.22 | 22 | 8.83 | 34 | 9.77 |
| | 15 | 630 | 3 | 3.89 | 5 | 4.06 | 2 | 4.72 | 14 | 6.06 | 4 | 6.11 |
| | 16 | 706 | 7 | 3.53 | 28 | 4.06 | 27 | 5.61 | 18 | 6.01 | 33 | 6.71 |
| | 19 | M04 | 18 | 3.19 | 28 | 4.04 | 7 | 6.18 | 29 | 6.23 | 33 | 6.63 |
| | 22 | 703 | 11 | 4.44 | 31 | 5.90 | 30 | 6.82 | 27 | 8.62 | 32 | 8.63 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 31 | 1.59 | 26 | 3.45 | 32 | 3.60 | 30 | 3.63 | 34 | 3.82 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 26 | 2.69 | 27 | 3.06 | 31 | 3.12 | 33 | 3.95 | 32 | 3.97 |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 28 | 1.49 | 27 | 2.07 | 33 | 4.03 | 29 | 4.27 | 26 | 5.06 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | 2.23 | 32 | 2.37 | 27 | 3.02 | 31 | 3.58 | 34 | 4.16 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | 2.72 | 28 | 2.99 | 26 | 3.02 | 29 | 3.61 | 32 | 4.53 |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 27 | 2.99 | 29 | 3.63 | 25 | 3.74 | 33 | 4.15 | 19 | 5.75 |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | 2.23 | 27 | 3.61 | 28 | 3.63 | 26 | 5.15 | 32 | 5.35 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | 2.10 | 34 | 3.29 | 32 | 5.15 | 10 | 7.25 | 33 | 7.68 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | 2.10 | 34 | 2.80 | 32 | 3.64 | 26 | 4.90 | 23 | 5.44 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 34 | 2.44 | 33 | 3.17 | 26 | 3.25 | 31 | 3.64 | 30 | 5.15 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 26 | 3.05 | 29 | 3.05 | 32 | 3.17 | 27 | 3.73 | 34 | 5.56 |
| | 34 | WEA Verweyen | 32 | 2.44 | 31 | 2.80 | 30 | 3.29 | 10 | 4.05 | 33 | 5.56 |

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

# A.3 Ergebnisse

## A.3.1 Situation vor dem Zubau

**BBS definiert** Ja
**Einfluss der Orografie bewerten** Ja
**Ist Vorherfall** Ja

*Tabelle A.3.1.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | 10 | — | 32.1 | 27.4 | 24.5 | 22.8 | 21.4 | 20.0 | 18.9 | 18.1 | 17.6 | 15.9 | 14.6 | 13.3 | 12.6 | 12.0 | 11.5 | 11.0 | 10.6 | 10.4 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 |
| | 4 | 612 | 10 | — | 31.2 | 26.6 | 23.8 | 22.3 | 21.2 | 20.2 | 18.5 | 17.6 | 17.0 | 14.3 | 13.3 | 12.5 | 11.9 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.4 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | 5 | 613 | 10 | — | 34.8 | 30.1 | 27.0 | 25.0 | 23.5 | 22.1 | 20.9 | 19.9 | 19.0 | 17.9 | 15.7 | 13.0 | 12.0 | 11.4 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 |
| | 7 | 708 | 10 | — | 35.2 | 30.3 | 27.2 | 25.6 | 24.3 | 22.9 | 20.8 | 19.6 | 18.7 | 16.9 | 15.2 | 13.0 | 12.1 | 11.5 | 11.0 | 10.6 | 10.3 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | 11 | EA098 | 10 | — | 30.0 | 25.7 | 23.1 | 21.4 | 20.1 | 19.0 | 18.1 | 17.3 | 16.6 | 15.8 | 14.1 | 12.4 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.2 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 12 | EA108 | 10 | — | 28.2 | 23.7 | 21.0 | 19.2 | 17.9 | 16.8 | 15.9 | 15.1 | 14.4 | 13.8 | 12.7 | 11.7 | 11.2 | 10.9 | 10.5 | 10.3 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 15 | 630 | 10 | — | 32.1 | 27.9 | 25.3 | 23.6 | 22.3 | 21.3 | 20.5 | 19.8 | 19.2 | 18.7 | 16.8 | 13.9 | 12.7 | 11.8 | 11.1 | 10.6 | 10.1 | 9.8 | 9.6 | 9.4 | 9.3 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 |
| | 16 | 706 | 10 | — | 34.1 | 29.7 | 27.0 | 25.3 | 24.0 | 22.9 | 21.6 | 20.8 | 20.1 | 19.2 | 17.0 | 13.9 | 12.5 | 11.6 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.7 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.7 |
| | 19 | M04 | 10 | — | 38.2 | 33.7 | 31.1 | 30.0 | 29.3 | 28.2 | 25.4 | 24.1 | 23.2 | 16.8 | 15.1 | 13.7 | 12.8 | 12.1 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 |
| | 22 | 703 | 10 | — | 29.8 | 25.2 | 22.3 | 20.5 | 19.1 | 18.1 | 17.3 | 16.8 | 16.4 | 16.1 | 14.8 | 12.9 | 12.2 | 11.6 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 18.6 | 34.2 | 29.9 | 27.3 | 26.1 | 25.0 | 23.7 | 21.1 | 19.6 | 18.4 | 14.1 | 13.0 | 12.2 | 11.7 | 11.2 | 10.9 | 10.6 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 23.4 | 42.2 | 37.1 | 34.0 | 32.6 | 31.4 | 29.8 | 26.4 | 24.6 | 23.2 | 16.0 | 14.0 | 12.7 | 11.9 | 11.3 | 10.9 | 10.7 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 28.2 | 52.7 | 45.5 | 41.0 | 38.9 | 37.0 | 34.7 | 30.4 | 28.3 | 26.8 | 18.4 | 16.1 | 14.2 | 13.0 | 12.1 | 11.4 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 36.5 | 32.1 | 29.4 | 28.3 | 27.4 | 26.1 | 23.4 | 22.1 | 21.2 | 14.9 | 13.2 | 12.1 | 11.4 | 10.8 | 10.3 | 9.9 | 9.6 | 9.3 | 9.2 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | — | — | — | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.1.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 39.4 | 34.3 | 31.2 | 29.9 | 28.8 | 27.4 | 24.5 | 23.0 | 22.1 | 15.6 | 13.8 | 12.6 | 11.7 | 11.0 | 10.5 | 10.1 | 9.7 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 37.2 | 31.9 | 28.7 | 27.0 | 25.7 | 24.2 | 21.5 | 20.1 | 19.2 | 15.0 | 13.7 | 12.2 | 11.5 | 11.0 | 10.6 | 10.3 | 10.0 | 9.7 | 9.6 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | 9.3 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 35.7 | 30.9 | 28.0 | 26.7 | 25.7 | 24.5 | 22.1 | 21.0 | 20.3 | 15.0 | 13.6 | 12.6 | 11.9 | 11.4 | 10.9 | 10.5 | 10.2 | 9.8 | 9.7 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | 9.3 | — | — | — | — |

## A.3.2 Situation nach dem Zubau

**BBS definiert** Ja
**Einfluss der Orografie bewerten** Ja
**Ist Vorherfall** Nein

*Tabelle A.3.2.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | 10 | — | 32.2 | 27.5 | 24.5 | 22.8 | 21.4 | 20.0 | 18.9 | 18.1 | 17.6 | 15.9 | 14.6 | 13.4 | 12.6 | 12.1 | 11.6 | 11.1 | 10.8 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.1 |
| | 4 | 612 | 10 | — | 32.2 | 28.6 | 25.4 | 23.2 | 21.7 | 20.4 | 18.7 | 17.8 | 17.1 | 14.5 | 13.6 | 12.8 | 12.3 | 11.8 | 11.5 | 11.1 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.0 |
| | 5 | 613 | 10 | — | 34.8 | 30.1 | 27.1 | 25.1 | 23.5 | 22.1 | 20.9 | 19.9 | 19.0 | 17.9 | 15.7 | 13.1 | 12.0 | 11.5 | 11.1 | 10.8 | 10.6 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 |
| | 7 | 708 | 10 | — | 35.2 | 30.3 | 27.3 | 25.6 | 24.3 | 22.9 | 20.8 | 19.6 | 18.7 | 16.9 | 15.2 | 13.0 | 12.1 | 11.5 | 11.0 | 10.6 | 10.3 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | 11 | EA098 | 10 | — | 30.2 | 26.0 | 23.3 | 21.5 | 20.1 | 19.1 | 18.1 | 17.3 | 16.6 | 15.8 | 14.2 | 12.4 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.3 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 12 | EA108 | 10 | — | 28.5 | 24.2 | 21.4 | 19.5 | 18.1 | 16.9 | 16.0 | 15.2 | 14.5 | 13.8 | 12.7 | 11.8 | 11.3 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 15 | 630 | 10 | — | 32.1 | 28.0 | 25.3 | 23.6 | 22.3 | 21.3 | 20.5 | 19.8 | 19.2 | 18.7 | 16.8 | 13.9 | 12.7 | 11.8 | 11.2 | 10.7 | 10.2 | 9.9 | 9.7 | 9.5 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 9.2 |
| | 16 | 706 | 10 | — | 34.2 | 29.7 | 27.0 | 25.3 | 24.0 | 22.9 | 21.6 | 20.8 | 20.1 | 19.2 | 17.0 | 13.9 | 12.5 | 11.6 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.7 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.7 |
| | 19 | M04 | 10 | — | 38.2 | 33.7 | 31.1 | 30.0 | 29.3 | 28.2 | 25.4 | 24.1 | 23.2 | 16.8 | 15.1 | 13.7 | 12.8 | 12.1 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 |
| | 22 | 703 | 10 | — | 30.1 | 25.7 | 22.7 | 20.7 | 19.3 | 18.2 | 17.4 | 16.8 | 16.4 | 16.1 | 14.8 | 13.0 | 12.2 | 11.6 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 18.7 | 35.3 | 31.9 | 28.6 | 26.7 | 25.3 | 23.8 | 21.2 | 19.7 | 18.5 | 14.5 | 13.3 | 12.5 | 11.9 | 11.4 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 23.4 | 42.4 | 37.5 | 34.2 | 32.7 | 31.5 | 29.8 | 26.4 | 24.6 | 23.2 | 16.1 | 14.2 | 12.9 | 12.1 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 28.2 | 52.7 | 45.5 | 41.0 | 38.9 | 37.0 | 34.7 | 30.4 | 28.3 | 26.8 | 18.4 | 16.2 | 14.2 | 13.0 | 12.1 | 11.4 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 40.5 | 40.5 | 36.0 | 32.4 | 29.6 | 27.0 | 24.1 | 22.6 | 21.5 | 16.3 | 14.5 | 13.1 | 12.1 | 11.2 | 10.6 | 10.1 | 9.8 | 9.5 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | — | — | — | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 39.7 | 35.5 | 32.1 | 30.3 | 29.0 | 27.5 | 24.5 | 23.1 | 22.1 | 15.7 | 14.0 | 12.7 | 11.8 | 11.2 | 10.6 | 10.2 | 9.8 | 9.5 | 9.3 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 37.3 | 32.1 | 28.8 | 27.1 | 25.8 | 24.2 | 21.5 | 20.1 | 19.2 | 15.0 | 13.7 | 12.3 | 11.6 | 11.1 | 10.7 | 10.3 | 10.0 | 9.7 | 9.6 | 9.5 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 39.1 | 38.2 | 33.5 | 29.8 | 27.2 | 25.0 | 22.5 | 21.2 | 20.4 | 15.5 | 14.1 | 13.0 | 12.3 | 11.7 | 11.2 | 10.7 | 10.3 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.6 | 9.5 | 9.4 | — | — | — | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 41.1 | 42.9 | 38.2 | 33.8 | 30.0 | 25.6 | 22.7 | 20.6 | 18.6 | 16.6 | 14.9 | 13.5 | 12.3 | 11.5 | 10.9 | 10.5 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 41.2 | 42.0 | 36.8 | 32.3 | 28.5 | 24.4 | 21.8 | 20.0 | 18.3 | 16.5 | 15.1 | 14.0 | 13.2 | 12.5 | 11.9 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.6 | 10.4 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | — |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 40.4 | 38.4 | 34.3 | 31.7 | 30.2 | 28.8 | 26.0 | 24.7 | 23.8 | 17.5 | 15.7 | 14.5 | 13.5 | 12.8 | 12.1 | 11.6 | 11.2 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | — |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 43.0 | 37.6 | 34.2 | 32.6 | 31.4 | 29.9 | 26.8 | 25.3 | 24.4 | 17.5 | 15.7 | 14.5 | 13.6 | 12.9 | 12.3 | 11.9 | 11.4 | 11.1 | 10.9 | 10.7 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — |
| | 34 | WEA Verweyen | 10 | — | 38.6 | 39.2 | 34.9 | 31.0 | 27.6 | 23.8 | 21.4 | 19.7 | 18.1 | 16.5 | 15.2 | 14.1 | 13.3 | 12.6 | 12.0 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | — |

*Tabelle A.3.2.2: Extremwerte der Turbulenzintensität auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | 10 | 39.1 | 33.3 | 29.6 | 27.5 | 25.8 | 23.8 | 22.4 | 21.3 | 20.6 | 18.7 | 17.2 | 14.9 | 14.0 | 13.4 | 12.9 | 12.4 | 12.0 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.3 | 11.2 | 11.1 | 11.1 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.2: Extremwerte der Turbulenzintensität auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 4 | 612 | 10 | 38.3 | 34.3 | 30.2 | 27.7 | 26.4 | 25.0 | 22.7 | 21.5 | 20.6 | 17.1 | 15.7 | 14.0 | 13.3 | 12.8 | 12.4 | 12.0 | 11.8 | 11.5 | 11.4 | 11.4 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
| | 5 | 613 | 10 | 43.0 | 37.3 | 33.7 | 31.3 | 29.4 | 28.1 | 27.0 | 26.1 | 25.4 | 24.8 | 22.2 | 18.2 | 16.4 | 15.2 | 14.3 | 13.5 | 13.0 | 12.5 | 12.3 | 12.1 | 11.9 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.4 |
| | 7 | 708 | 10 | 43.9 | 37.9 | 34.3 | 32.6 | 31.2 | 29.7 | 26.7 | 25.3 | 24.3 | 23.3 | 20.7 | 16.8 | 15.1 | 13.9 | 13.0 | 12.5 | 12.1 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 |
| | 11 | EA098 | 10 | 37.7 | 32.5 | 29.2 | 27.0 | 25.3 | 24.1 | 23.1 | 22.4 | 21.7 | 21.2 | 19.1 | 16.0 | 14.6 | 13.7 | 13.0 | 12.4 | 11.9 | 11.6 | 11.4 | 11.2 | 11.1 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
| | 12 | EA108 | 10 | 35.3 | 30.1 | 26.9 | 24.8 | 23.2 | 22.0 | 21.1 | 20.3 | 19.7 | 19.2 | 17.5 | 15.1 | 14.0 | 13.2 | 12.6 | 12.1 | 11.8 | 11.4 | 11.3 | 11.2 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 |
| | 15 | 630 | 10 | 38.0 | 32.9 | 29.7 | 27.5 | 25.9 | 24.7 | 23.8 | 23.0 | 22.3 | 21.8 | 19.5 | 16.1 | 14.6 | 13.5 | 12.7 | 12.1 | 11.6 | 11.2 | 11.0 | 10.9 | 10.8 | 10.6 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 |
| | 16 | 706 | 10 | 42.0 | 36.5 | 33.0 | 30.6 | 28.9 | 27.5 | 26.5 | 25.7 | 24.9 | 24.4 | 21.7 | 17.7 | 15.9 | 14.6 | 13.7 | 13.0 | 12.4 | 11.9 | 11.7 | 11.4 | 11.3 | 11.1 | 11.0 | 10.9 | 10.8 | 10.8 | 10.7 |
| | 19 | M04 | 10 | 48.0 | 41.6 | 37.9 | 36.2 | 34.9 | 33.2 | 29.7 | 28.1 | 27.0 | 19.1 | 17.0 | 15.6 | 14.5 | 13.7 | 13.1 | 12.6 | 12.1 | 11.8 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 |
| | 22 | 703 | 10 | 35.8 | 30.8 | 27.7 | 25.6 | 24.1 | 22.9 | 22.0 | 21.3 | 20.6 | 20.1 | 18.1 | 15.1 | 13.8 | 12.9 | 12.2 | 11.7 | 11.5 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 46.2 | 40.0 | 36.3 | 34.6 | 33.3 | 31.7 | 28.4 | 26.8 | 25.8 | 18.6 | 16.6 | 15.3 | 14.4 | 13.6 | 13.0 | 12.6 | 12.2 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.4 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 54.8 | 47.8 | 43.7 | 41.9 | 40.5 | 38.6 | 34.4 | 32.5 | 31.2 | 21.5 | 18.9 | 17.1 | 15.8 | 14.8 | 14.1 | 13.4 | 12.9 | 12.5 | 12.3 | 12.1 | 12.0 | 11.8 | 11.7 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 68.2 | 59.8 | 54.9 | 53.0 | 51.4 | 49.0 | 43.6 | 41.1 | 39.5 | 26.2 | 22.6 | 20.2 | 18.4 | 17.1 | 16.0 | 15.1 | 14.4 | 13.9 | 13.5 | 13.3 | 13.0 | 12.8 | 12.6 | — | — | — | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | 46.6 | 47.4 | 42.0 | 37.1 | 34.1 | 32.4 | 29.0 | 27.3 | 26.3 | 19.0 | 17.3 | 15.8 | 14.7 | 13.8 | 13.0 | 12.5 | 12.0 | 11.5 | 11.3 | 11.0 | 10.8 | 10.6 | 10.3 | — | — | — | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | 47.0 | 40.9 | 37.3 | 35.7 | 34.4 | 32.8 | 29.3 | 27.6 | 26.5 | 18.5 | 16.2 | 14.8 | 13.7 | 12.9 | 12.2 | 11.7 | 11.3 | 11.0 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | 45.1 | 39.3 | 35.7 | 34.2 | 33.0 | 31.4 | 28.0 | 26.5 | 25.4 | 17.6 | 15.6 | 14.1 | 13.0 | 12.2 | 11.6 | 11.1 | 10.8 | 10.5 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | 45.3 | 46.9 | 41.5 | 36.6 | 32.5 | 29.0 | 26.0 | 24.6 | 23.6 | 18.8 | 17.0 | 15.6 | 14.4 | 13.5 | 12.8 | 12.1 | 11.6 | 11.2 | 10.9 | 10.7 | 10.6 | 10.6 | 10.5 | — | — | — | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | 50.4 | 52.4 | 46.5 | 41.1 | 36.5 | 31.2 | 27.9 | 25.5 | 23.2 | 21.1 | 19.1 | 17.5 | 16.2 | 15.1 | 14.3 | 13.6 | 13.0 | 12.5 | 12.2 | 11.9 | 11.6 | 11.3 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | 47.2 | 49.2 | 43.5 | 38.5 | 34.1 | 29.1 | 26.0 | 23.7 | 21.6 | 19.5 | 17.7 | 16.1 | 14.9 | 13.9 | 13.1 | 12.6 | 12.2 | 11.8 | 11.6 | 11.4 | 11.3 | 11.1 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.2: Extremwerte der Turbulenzintensität auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | 47.8 | 43.7 | 38.7 | 36.0 | 34.6 | 33.0 | 29.5 | 27.9 | 26.8 | 19.1 | 17.0 | 15.6 | 14.5 | 13.8 | 13.1 | 12.6 | 12.2 | 11.9 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 10.7 | 10.7 | 10.7 | — |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | 49.1 | 42.6 | 38.8 | 37.1 | 35.8 | 34.1 | 30.5 | 28.8 | 27.7 | 19.4 | 17.2 | 15.7 | 14.6 | 13.8 | 13.1 | 12.6 | 12.1 | 11.8 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.2 | 10.8 | 10.8 | 10.8 | — |
| | 34 | WEA Verweyen | 10 | 45.7 | 46.7 | 41.3 | 36.6 | 32.6 | 28.0 | 25.1 | 23.1 | 21.1 | 19.3 | 17.6 | 16.2 | 15.1 | 14.2 | 13.5 | 12.9 | 12.4 | 12.0 | 11.8 | 11.5 | 11.3 | 11.1 | 10.9 | 10.8 | 10.8 | 10.8 | — |

*Tabelle A.3.2.3: Eigenschaften und Windbedingungen der jeweiligen WEA*

| WEA-Eigenschaften | | | | | | Nächste WEA | | Ergebnisse | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | WEA-Typ | $z_{hub}$ [m] | D [m] | BBS | Abstand in D | Nr. | Geschützt durch BBS | m [-] | Komplex | $\alpha_n$ [-] | $\varphi$ [°] | $\rho$ [kg/m³] | WZ | $v_{50}$ GK2 [m/s] | $v_{50}$ GK1 [m/s] | A [m/s] | A $\rho$korr. [m/s] | k [-] | $v_{ave}$ [m/s] | $v_{ave}$ $\rho$korr. [m/s] |
| | 2 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.639 | 15 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 4 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.62 | 33 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 5 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.136 | 15 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.251 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 7 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.527 | 16 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.251 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 11 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 4.437 | 22 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.85 | 7.93 | 2.418 | 6.96 | 7.03 |
| | 12 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 5.367 | 11 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.86 | 7.94 | 2.418 | 6.97 | 7.04 |
| | 15 | ENERCON E-92 2.35MW | 138 | 92 | Nein | 3.891 | 3 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.241 | 4 / III | 45.7 | 48.5 | 8.61 | 8.67 | 2.51 | 7.64 | 7.69 |
| | 16 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 85 | 71 | Nein | 3.527 | 7 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.248 | 4 / III | 42.3 | 45.8 | 8.12 | 8.2 | 2.46 | 7.21 | 7.27 |
| | 19 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.192 | 18 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.251 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 22 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 4.437 | 11 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.85 | 7.93 | 2.418 | 6.96 | 7.03 |
| | 23 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 50 | 40.3 | Nein | 1.587 | 31 | Ja | 10 | Nein | 0.14 | 0.2 | 1.252 | 4 / III | 38.8 | 42.9 | 7.6 | 7.61 | 2.39 | 6.74 | 6.74 |
| | 24 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 50 | 40.3 | Nein | 2.692 | 26 | Nein | 10 | Nein | 0.14 | 0.1 | 1.252 | 4 / III | 38.8 | 42.9 | 7.6 | 7.61 | 2.39 | 6.74 | 6.74 |
| | 25 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 50 | 40.3 | Nein | 1.494 | 28 | Ja | 10 | Nein | 0.14 | 0.1 | 1.252 | 4 / III | 38.8 | 42.9 | 7.59 | 7.59 | 2.39 | 6.73 | 6.73 |
| | 26 | ENERCON E-101 3.05MW | 135 | 101 | Nein | 2.226 | 33 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.242 | 4 / III | 45.5 | 48.4 | 8.59 | 8.65 | 2.51 | 7.62 | 7.67 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.3: Eigenschaften und Windbedingungen der jeweiligen WEA*

| WEA-Eigenschaften | | | | | | Nächste WEA | | Ergebnisse | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | WEA-Typ | $z_{hub}$ [m] | D [m] | BBS | Abstand in D | Nr. | Geschützt durch BBS | m [-] | Komplex | $\alpha_n$ [-] | $\varphi$ [°] | $\rho$ [kg/m³] | WZ | $v_{50}$ GK2 [m/s] | $v_{50}$ GK1 [m/s] | A [m/s] | A $\rho$korr. [m/s] | k [-] | $v_{ave}$ [m/s] | $v_{ave}$ $\rho$korr. [m/s] |
| | 27 | ENERCON E-101 3.05MW | 135 | 101 | Nein | 2.723 | 33 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.242 | 4 / III | 45.5 | 48.4 | 8.59 | 8.65 | 2.51 | 7.62 | 7.67 |
| | 28 | ENERCON E-101 3.05MW | 135 | 101 | Ja | 2.991 | 27 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.242 | 4 / III | 45.5 | 48.4 | 8.59 | 8.65 | 2.51 | 7.62 | 7.67 |
| | 29 | ENERCON E-101 3.05MW | 135 | 101 | Nein | 2.227 | 33 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.241 | 4 / III | 45.5 | 48.4 | 8.59 | 8.65 | 2.51 | 7.62 | 7.67 |
| | 30 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Nein | 2.103 | 31 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.244 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.4 | 8.47 | 2.51 | 7.46 | 7.52 |
| | 31 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Ja | 2.103 | 30 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.245 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.4 | 8.46 | 2.51 | 7.45 | 7.51 |
| | 32 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Nein | 2.442 | 34 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.244 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.39 | 8.45 | 2.511 | 7.44 | 7.5 |
| | 33 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Nein | 3.047 | 26 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.244 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.39 | 8.45 | 2.51 | 7.44 | 7.5 |
| | 34 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Nein | 2.442 | 32 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.245 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.39 | 8.45 | 2.511 | 7.44 | 7.5 |

## A.3.3 Berechnungsvariante “Betriebsbeschraenkungen”

**BBS definiert** Ja
**Einfluss der Orografie bewerten** Ja
**Ist Vorherfall** Nein

*Tabelle A.3.3.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | 10 | — | 32.2 | 27.5 | 24.5 | 22.8 | 21.4 | 20.0 | 18.9 | 18.1 | 17.6 | 15.9 | 14.6 | 13.4 | 12.6 | 12.1 | 11.6 | 11.1 | 10.8 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.1 |
| | 4 | 612 | 10 | — | 32.2 | 28.6 | 25.4 | 23.2 | 21.7 | 20.4 | 18.7 | 17.8 | 17.1 | 14.5 | 13.6 | 12.8 | 12.3 | 11.8 | 11.5 | 11.1 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.0 |
| | 5 | 613 | 10 | — | 34.8 | 30.1 | 27.1 | 25.1 | 23.5 | 22.1 | 20.9 | 19.9 | 19.0 | 17.9 | 15.7 | 13.1 | 12.0 | 11.5 | 11.1 | 10.8 | 10.6 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.3.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 7 | 708 | 10 | — | 35.2 | 30.3 | 27.3 | 25.6 | 24.3 | 22.9 | 20.8 | 19.6 | 18.7 | 16.9 | 15.2 | 13.0 | 12.1 | 11.5 | 11.0 | 10.6 | 10.3 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | 11 | EA098 | 10 | — | 30.2 | 26.0 | 23.3 | 21.5 | 20.1 | 19.1 | 18.1 | 17.3 | 16.6 | 15.8 | 14.2 | 12.4 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.3 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 12 | EA108 | 10 | — | 28.5 | 24.2 | 21.4 | 19.5 | 18.1 | 16.9 | 16.0 | 15.2 | 14.5 | 13.8 | 12.7 | 11.8 | 11.3 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 15 | 630 | 10 | — | 32.1 | 28.0 | 25.3 | 23.6 | 22.3 | 21.3 | 20.5 | 19.8 | 19.2 | 18.7 | 16.8 | 13.9 | 12.7 | 11.8 | 11.2 | 10.7 | 10.2 | 9.9 | 9.7 | 9.5 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | 9.3 | 9.3 | 9.3 | 9.2 |
| | 16 | 706 | 10 | — | 34.2 | 29.7 | 27.0 | 25.3 | 24.0 | 22.9 | 21.6 | 20.8 | 20.1 | 19.2 | 17.0 | 13.9 | 12.5 | 11.6 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.7 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.7 |
| | 19 | M04 | 10 | — | 38.2 | 33.7 | 31.1 | 30.0 | 29.3 | 28.2 | 25.4 | 24.1 | 23.2 | 16.8 | 15.1 | 13.7 | 12.8 | 12.1 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 |
| | 22 | 703 | 10 | — | 30.1 | 25.7 | 22.7 | 20.7 | 19.3 | 18.2 | 17.4 | 16.8 | 16.4 | 16.1 | 14.8 | 13.0 | 12.2 | 11.6 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 18.7 | 35.3 | 31.9 | 28.6 | 26.7 | 25.3 | 23.8 | 21.2 | 19.7 | 18.5 | 14.5 | 13.3 | 12.5 | 11.9 | 11.4 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | — | 42.2 | 37.1 | 34.0 | 32.7 | 31.5 | 29.8 | 26.4 | 24.6 | 23.2 | 16.0 | 14.1 | 12.8 | 11.9 | 11.4 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 28.2 | 52.7 | 45.5 | 41.0 | 38.9 | 37.0 | 34.7 | 30.4 | 28.3 | 26.8 | 18.4 | 16.2 | 14.2 | 13.0 | 12.1 | 11.4 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 36.6 | 32.1 | 29.4 | 28.3 | 27.4 | 26.2 | 23.4 | 22.1 | 21.2 | 14.9 | 13.2 | 12.2 | 11.4 | 10.8 | 10.3 | 9.9 | 9.6 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | — | — | — | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 39.4 | 34.3 | 31.2 | 29.9 | 28.8 | 27.5 | 24.5 | 23.1 | 22.1 | 15.6 | 13.9 | 12.6 | 11.7 | 11.1 | 10.5 | 10.1 | 9.7 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.1 | 9.1 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 37.3 | 32.1 | 28.8 | 27.1 | 25.8 | 24.2 | 21.5 | 20.1 | 19.2 | 15.0 | 13.7 | 12.3 | 11.6 | 11.1 | 10.7 | 10.3 | 10.0 | 9.7 | 9.6 | 9.5 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 35.8 | 31.0 | 28.1 | 26.8 | 25.8 | 24.6 | 22.1 | 21.0 | 20.3 | 15.0 | 13.6 | 12.7 | 12.0 | 11.4 | 11.0 | 10.6 | 10.2 | 9.9 | 9.7 | 9.6 | 9.5 | 9.4 | 9.3 | — | — | — | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 41.1 | 33.6 | 29.9 | 26.6 | 24.4 | 22.9 | 21.8 | 20.6 | 18.6 | 16.6 | 14.9 | 13.5 | 12.3 | 11.5 | 10.9 | 10.5 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 41.2 | 34.4 | 29.7 | 26.9 | 24.8 | 22.9 | 21.8 | 20.0 | 18.3 | 16.5 | 15.1 | 14.0 | 13.2 | 12.5 | 11.9 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.6 | 10.4 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | — |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 40.4 | 38.4 | 34.3 | 31.7 | 30.2 | 22.0 | 19.8 | 18.3 | 17.1 | 17.5 | 15.7 | 14.5 | 13.5 | 12.8 | 12.1 | 11.6 | 11.2 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.3.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 43.0 | 37.6 | 34.2 | 32.6 | 31.4 | 19.5 | 17.9 | 17.0 | 16.3 | 17.5 | 15.7 | 14.5 | 13.6 | 12.9 | 12.3 | 11.9 | 11.4 | 11.1 | 10.9 | 10.7 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — |
| | 34 | WEA Verweyen | 10 | — | 38.6 | 39.2 | 34.9 | 31.0 | 27.6 | 23.1 | 21.4 | 19.7 | 18.1 | 16.5 | 15.2 | 14.1 | 13.3 | 12.6 | 12.0 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | — |

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.4 Legende

| Erläuterung der Begriffe | | |
|---|---|---|
| | Geplante WEA | WEA, deren Standorteignung im Rahmen des Gutachtens zu bewerten ist. |
| | Benachbarte WEA | Alle weiteren WEA, die vom Auftraggeber übermittelt wurden. Es ist dabei unerheblich, ob sich einzelne benachbarte WEA ebenfalls in Planung oder Bau befinden. Entscheidend ist die Windparkkonfiguration, die als Vorbelastung für die geplanten WEA zu unterstellen ist. Alle benachbarten WEA gehen in die Berechnungen ein. |
| | Inaktive WEA | WEA, die nicht als Vorbelastung zu berücksichtigen sind und daher nicht in die Berechnungen eingehen. Diese WEA werden in der Regel nicht im Gutachten aufgeführt. |
| | Betrachtete WEA | Für alle betrachteten WEA werden Ergebnisse ausgewiesen und abschließende Aussagen getroffen. |
| | Windpark | Der Begriff wird im Sinne des Anhangs A der DIBt-Richtlinie von 2004 verwendet und umfasst “geplante” und “benachbarte” WEA. |
| | Referenzpunkt der Winddaten | Jeweiliger Standort, auf dessen Koordinaten sich die verwendeten Winddaten beziehen. |

| Farbliche Zuordnung der Symbole | |
|---|---|
| | Geplante WEA |
| | Benachbarte WEA, die aufgrund ihres Abstandes zu den geplanten WEA zu betrachten sind. |
| | Benachbarte WEA, die aufgrund ihres Abstandes zu den geplanten WEA nicht zu betrachten sind, die aber Einfluss auf die zu betrachtenden WEA ( , ) ausüben. Diese WEA sind eventuell nur zum Teil in der Kartendarstellung abgebildet. |
| | Benachbarte WEA, die aufgrund ihres Abstandes zu den geplanten WEA nicht zu betrachten sind und die keinen Einfluss auf die zu betrachtenden WEA ( , ) ausüben. Diese WEA sind eventuell nur zum Teil in der Kartendarstellung abgebildet. |
| | Inaktive WEA. |
| | Referenzpunkte der Winddaten. |
| | Referenzpunkt der Winddaten auf den Koordinaten einer (in diesem Fall geplanten) WEA. |

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.5 Literaturangaben

**/A.1/** ENERCON GmbH; Technisches Datenblatt General Design Conditions ENERCON Windenergieanlage E-138 EP3 E3 / 4260 kW; Dokument-ID: D1018674/6.0-de; 17.04.2023; Aurich, Deutschland.

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.6 Abkürzungen und Formelzeichen

| | |
|---|---|
| WEA | Windenergieanlage |
| DIBt | Deutsches Institut für Bautechnik |
| IEC | Internationale Elektrotechnische Kommission |
| BImSchG | Bundes-Immissionsschutzgesetz |
| NTM | Normales Windturbulenzmodell |
| DLC | Auslegungslastfall |
| PD | Potsdam-Datum |
| ETRS89 | Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989 |
| UTM | Universale Transversale Mercator Projektion |
| WGS84 | World Geodetic System 1984 |
| WZ | Windzone |
| BBS | Betriebsbeschränkung |
| LR | Lastrechnung |
| GK | Geländekategorie |
| üNN | über Normal-Null |

| | | |
|---|---|---|
| D | Rotordurchmesser | [m] |
| $z_{hub}$ | Nabenhöhe der WEA | [m] |
| $P_N$ | Nennleistung der WEA | [MW] |
| $c_T$ | Schubbeiwert des Rotors | [-] |
| $C_{ct}$ | Turbulenzstrukturparameter | [-] |
| $I_{eff}$ | Effektive Turbulenzintensität | [-] |
| A | Skalierungsparameter der Weibull-Verteilung | [m/s] |
| k | Formparameter der Weibull-Verteilung | [-] |
| h | Höhe über Grund | [m] |
| m | Wöhlerlinienkoeffizient | [-] |
| v | Windgeschwindigkeit | [m/s] |
| $v_{ave}$ | Jahresmittel der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe | [m/s] |
| $v_{ref}$ | Referenz-Windgeschwindigkeit (Auslegungswert für $v_{50}$) | [m/s] |
| $v_{50}$ | 10-min-Mittel der extremen Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren | [m/s] |
| $v_r$ | Nennwindgeschwindigkeit der WEA | [m/s] |
| $v_{in}$ | Einschaltwingeschwindigkeit der WEA | [m/s] |
| $v_{out}$ | Abschaltwingeschwindigkeit der WEA | [m/s] |
| $\Sigma$ | Summe | [-] |
| $\alpha$ | Höhenexponent des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils | [-] |
| $\alpha_n$ | Höhenexponent des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils für neutrale Schichtung | [-] |
| $\varphi$ | Neigung der Anströmung | [°] |
| $\beta$ | Blattwinkelverstellung | [°] |
| $\gamma_{start}$ | Startwinkel der BBS | [°] |
| $\gamma_{stop}$ | Endwinkel der BBS | [°] |
| $v_{start}$ | Startwindgeschwindigkeit der BBS | [m/s] |
| $v_{stop}$ | Endwindgeschwindigkeit der BBS | [m/s] |
| $\rho$ | Mittlere Luftdichte | [kg/m$^3$] |
| $\tau_{design}$ | Entwurfslebensdauer in Jahren | [a] |
| | Altgrad (Vollkreis = 360°) | [°] |

Copyright © 2023 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH

# Extremwindabschätzung
# auf Basis des anemos Windatlas für Deutschland
# am Standort Georgshof

| | |
|---|---|
| **Auftraggeber:** | F2E Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG<br>Borsteler Chaussee 178<br>22453 Hamburg<br>Deutschland |
| **Standort:** | Georgshof, Niedersachsen |
| **Berichts-Nr.:** | 23-454-7230992-Rev.00-EX-MS |
| **Art des Berichtes:** | Extremwindabschätzung auf Basis des anemos Windatlas |
| **Datum:** | 23. August 2023 |

anemos
Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH
Böhmsholzer Weg 3, D-21391 Reppenstedt
Tel.: 04131-8308-100
www.anemos.de | kontakt@anemos.de

ilac-MRA DAkkS Deutsche Akkreditierungsstelle D-PL-17580-01-00

# Extremwindabschätzung
# auf Basis des anemos Windatlas für Deutschland
# am Standort Georgshof

## -Prüfbericht-

**Für dieses Projekt ausgestellte Dokumente:**

| Berichtsnummer | Datum | Titel | Inhaltliche Änderungen |
|---|---|---|---|
| 23-454-7230992-Rev.00-EX-MS | 23. August 2023 | Extremwindabschätzung auf Basis des anemos Windatlas für Deutschland am Standort Georgshof | Erstbericht |

*Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH ist nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018 für die Bereiche "Bestimmung von Windpotenzial und Energieerträgen von Windenergieanlagen; Durchführung, Auswertung und Analyse von Windmessungen mittels Anemometer, SoDAR und LiDAR; Bestimmung der Standortgüte zur Inbetriebnahme; Bestimmung der Standortgüte nach Inbetriebnahme; Berechnung der Turbulenzintensität; Schattenwurfberechnung von Windenergieanlagen; Schallimmissionsprognosen von Windenergieanlagen; Erstellung von Windatlanten sowie Bestimmung der Wind- und Ertragsindizes; Erstellung von Erlösgutachten; Berechnung von Marktwertatlanten" akkreditiert.*

Reppenstedt, den 23. August 2023

| verantwortlicher Bearbeiter | geprüft | freigegeben |
|---|---|---|
| Martin Schneider<br>M.Sc. Physik der Erde und Atmosphäre<br>Senior Consultant | Philine Podein<br>M.Sc. Meteorologie<br>Senior Consultant | André Glücksmann<br>Geschäftsführer |

**Rechtliche Hinweise**

Dieser Bericht wurde nach bestem Wissen und Gewissen sowie unter Berücksichtigung der Normen DIN EN ISO/IEC 17025:2018, DIN EN 1991-1-4/NA sowie der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen erstellt. Das Ergebnis dieses Berichtes ist die 50-Jahreswindgeschwindigkeit (50-Jahresextremwert), die gemäß DIBt §16.2a (Punkt vi) über eine Gumbel-Verteilung berechnet wird. Die Datengrundlage ist in Kap. 3 beschrieben.

Die Möglichkeit eines Überschreitens des hier ausgewiesenen Extremwertes ist nicht auszuschließen, da Extremwinde nicht vorhersagbaren klimatologischen Einflüssen unterworfen sind und somit Extremwinde eines längeren Bezugszeitraumes auch in einem kürzeren Zeitraum auftreten können.

Diese Stellungnahme bleibt bis zur Abnahme und Bezahlung unter Ausschluss jeglicher Nutzung alleiniges Eigentum der anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH. Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH verfügt über eine Berufshaftpflichtversicherung, die auf Verlangen nachgewiesen werden kann. Eine Haftung wird nur im Rahmen des Deckungsschutzes dieser Versicherung übernommen. Eine weitergehende Haftung wird ausdrücklich ausgeschlossen. Ein Gewährleistungsanspruch von Seiten Dritter entfällt. Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH ist neutral und unabhängig. Verflechtungen geschäftlicher oder privater Art mit dem Auftraggeber oder anderen Firmen bestehen nicht.

Eine auszugsweise Veröffentlichung ist nicht erlaubt.

Das vorliegende Dokument darf zum Einholen von erforderlichen Genehmigungen, für die Prospektierung, für die Projektfinanzierung sowie im Rahmen einer Due Diligence an Dritte weitergegeben werden. Die Veröffentlichung und Vervielfältigung des Berichtes ist nur mit schriftlicher Erlaubnis der anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH gestattet.

Dieser Bericht umfasst 16 Seiten.

**Inhaltsverzeichnis** ..... **Seite**

**1 Vorbemerkungen** ..... **5**
**2 Standort** ..... **6**
**3 Berechnungsmethode der 50-jährigen Extremwerte** ..... **7**
**4 Ergebnisse** ..... **8**
**5 Quellenverzeichnis** ..... **10**
**Anhang A Deutschland 3 km Windatlas** ..... **11**
**Anhang B Abkürzungsverzeichnis** ..... **16**

## 1 Vorbemerkungen

Die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH wurde am 16. August 2023 von der Firma F2E Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG beauftragt, eine Abschätzung der Extremwindverhältnisse am Standort Georgshof durchzuführen. Angaben über die geplanten WEA (siehe Tab. 1) wurden vom Kunden zur Verfügung gestellt.

Das Ergebnis dieses Berichtes ist die 50-Jahreswindgeschwindigkeit (50-Jahresextremwert), die gemäß DIBt §16.2a (Punkt vi) über eine Gumbel-Verteilung mittels Bootstrap-Verfahren berechnet wird. Sie gilt als belastbare Bemessungsgrundlage zur Berechnung der Standsicherheit.

Die Datengrundlage zur Abschätzung der zu erwartenden Extremwindereignisse am betreffenden Standort bilden hier die Daten des anemos Windatlas für Deutschland mit einer räumlichen Auflösung von 3 km und einer zeitlichen Auflösung (Instantan-Werte) von 10 Minuten (D-3km.M2). Der Referenzzeitraum deckt 26 Jahre von 1997 – 2022 ab.

Beim Windatlas für Deutschland 3 km wurde ein hausintern entwickeltes „Remodelling“-Verfahren angewandt. Hierbei erfolgt eine komplexe Korrektur des Windatlas anhand von qualitativ hochwertigen Windmessungen. Das „Remodelling“-Verfahren wurde anschließend anhand weiterer unabhängiger Winddaten überprüft. Die Windgeschwindigkeitszeitreihe wird mittels Remodelling und Höhenkorrektur standortspezifisch für die geplante WEA am Standort Georgshof berechnet.

Die hier angewandte Vorgehensweise beinhaltet die Analyse der Extremwertereignisse am Standort Georgshof, berechnet mit Hilfe des anemos Windatlas für Deutschland. Sie ist als Abschätzung der Extremwindverhältnisse zu verstehen, die auf Modellsimulationen basiert. Der Windatlas wurde allerdings anhand einer Vielzahl von Windmessungen verifiziert. Diese Vorgehensweise unterliegt, nicht zuletzt durch die Methodik der Extremwertbestimmung, einer Unsicherheit. Die Gültigkeit der Ergebnisse bezieht sich auf die zeitliche Auflösung der 10 Minuten Instantan-Werte. Extremböen (Gust) im Sekundenbereich sind nicht vollständig durch das Modell abgedeckt. Dies sollte bei der Interpretation der hier aufgezeigten Ergebnisse unbedingt berücksichtigt werden.

## 2 Standort

Das zu beurteilende Windparkareal am Standort Georgshof in Niedersachsen besteht aus fünf geplanten WEA, welche sich in der Zelle 62x239 des anemos Windatlas für Deutschland befinden. Aufgrund der Nähe der WEA 03 – WEA 04 & WEA Verweyen zur östlich sowie der WEA 01 – WEA 02 & WEA Verweyen zur nördlich gelegenen Nachbarzelle, werden die Windverhältnisse dieser Zellen mit den jeweiligen Standortbedingungen von WEA 03 – WEA 04 & WEA Verweyen bzw. WEA 01 – WEA 02 & WEA Verweyen ebenfalls untersucht, wobei sich eine niedrigere Windgeschwindigkeit für die östlich gelegene Nachbarzelle bzw. eine höhere Windgeschwindigkeit für die nördlich gelegene Nachbarzelle ergibt. Für die Extremwertberechnung wird daher die konservativste Gitterzelle (62x240, siehe Abb. 1) ausgewählt. Die Extremwertberechnung wird mit den Standortbedingungen von WEA 01 durchgeführt, da diese WEA im Gelände mit am höchsten liegt und somit die höchsten Windgeschwindigkeiten aufweist. Zusammenfassend wählen wir einen konservativen Ansatz für die Extremwertberechnung. Informationen über die Konfiguration sind der Tab. 1 zu entnehmen.

*Tab. 1: Koordinaten der geplanten Anlagen*

| WEA | GK PD Bessel | | Nabenhöhe | Bestand / geplant |
|---|---|---|---|---|
| | Rechtswert | Hochwert | | |
| **WEA 01** | **2593479** | **5946172** | 111 m | geplant |
| WEA 02 | 2593615 | 5945915 | | |
| WEA 03 | 2594114 | 5945851 | | |
| WEA 04 | 2594240 | 5945431 | | |
| WEA Verweyen | 2593933 | 5946136 | | |

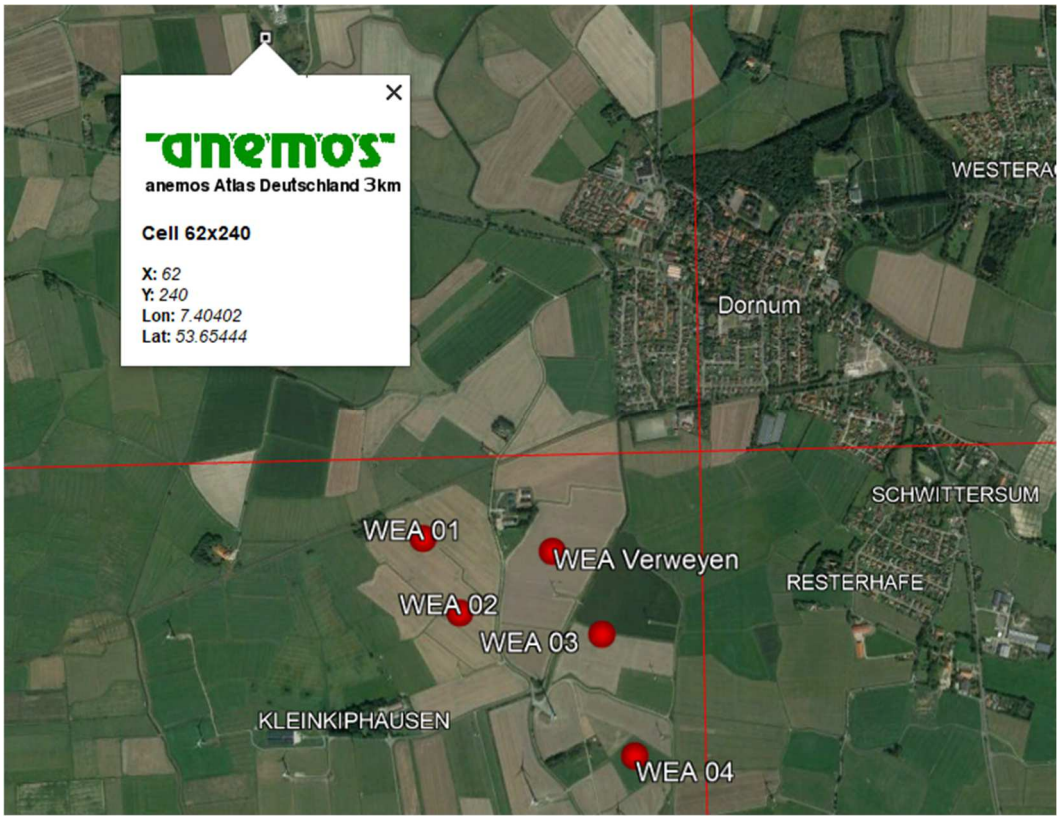



*Abb. 1: Lageplan des Standortes und des entsprechenden D-3 km.M2 - Atlas-Knotenpunktes (Google-Earth Pro)*

## 3 Berechnungsmethode der 50-jährigen Extremwerte

Das Berechnungsverfahren beinhaltet folgende Schritte:

- Mit 40 Onshore Messungen wurde ein Skalierungsfaktor für extreme Windgeschwindigkeiten berechnet und auf die Windgeschwindigkeitszeitreihen angewendet. Der Skalierungsfaktor wurde durch eine mittlere QQ-Verteilung entwickelt.
- Bei der Extremwertberechnung für die konservativste WEA werden alle geplanten WEA aus Tab. 1 berücksichtigt. Für die konservativste WEA, d. h. die WEA die den höchsten Extremwert aufweist, wird der Extremwert ausgewiesen.
- Die Berechnung der standortspezifischen Windgeschwindigkeitszeitreihe auf der gewünschten Nabenhöhe wird für die WEA 01 (111 m) durchgeführt.
- Es werden insgesamt 40 Extremereignisse der Windgeschwindigkeit gespeichert. Die Auswahl der Extremereignisse ist in Kap. 4 dargestellt.
- Mit einer Gumbel-Verteilung werden der Extremwert und die Standardabweichung für 50 Jahre mithilfe eines Bootstrap-Verfahrens berechnet. Die dabei verwendete Gumbel-Anpassung basiert auf der Methode der kleinsten Quadrate (Regressionsverfahren). Die Ergebnisse haben dabei eine Gültigkeit für die gleiche zeitliche Auflösung wie die Eingangsdaten (10 min. Instantan-Werte).

## 4 Ergebnisse

Die folgenden Ergebnisse sind ausschließlich für die in diesem Bericht ausgewiesene Windparkkonfiguration des Standortes Georgshof gültig. Der 50-Jahresextremwert der Windgeschwindigkeit ist zu verstehen als wahrscheinliches einmaliges Ereignis innerhalb einer Zeitspanne von 50 Jahren. Die Überschreitungswahrscheinlichkeit beträgt folglich 2 % (2 Ereignisse innerhalb 100 Jahren), wie es die Norm vorgibt (DIBt §2, 2.1: Wert, der statistisch einmal in 50 Jahren erreicht oder überschritten wird. Jährliche Überschreitungswahrscheinlichkeit von 0.02).

*Tab. 2: Extremwerte (111 m Höhe) – D-3km.M2-Atlas*

| **Windatlas: D-3km.M2** | **$V_{ref}$ (50 Jahre)** | **$V_{ref}$ (50 Jahre) + 1x StdAbw** | **$V_{ref}$ (50 Jahre) + 2x StdAbw** |
|---|---|---|---|
| Georgshof (standortspezifisch für WEA 01) | 35.01 m/s | **36.49 m/s** | 37.97 m/s |

Der erwartete 50-Jahres Extremwind auf Basis des Windatlas D-3km.M2 am Standort Georgshof beträgt **36.49 m/s** in 111 m Höhe über Grund, unter Berücksichtigung der einfachen Standardabweichung. Dieser Wert gilt als Bemessungsgrundlage zur Berechnung der Standsicherheit.

*Tab. 3: Auswahl der Extremereignisse und angepasste Gumbel-Verteilungsparameter*

| **Auswahl der Extremereignisse** | | **Angepasste Gumbel-Verteilungsparameter** | |
|---|---|---|---|
| Unabhängigkeits-Kriterium | 4 Tage | Alpha | 0.4698 |
| Werte Extremereignisse | 40 | Beta | 25.7645 |
| Mittlere Windgeschwindigkeit der Extremereignisse | 26.92 m/s | Mittel | 26.9931 m/s |
| Standardabweichung der Extremereignisse | 2.40 m/s | Standardabweichung | 2.7299 m/s |
| | | Lambda [Ereignisse pro Jahr] | 1.5385 |

*Tab. 4: Extremwindgeschwindigkeit in unterschiedlichen Bezugszeiträumen*

| **EWS-Schätzung** | **Statistische Unsicherheitsabschätzung** | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Bezugszeitraum Jahre** | **Wind [m/s]** | **VarK [%]** | **EWS+1xStdAbw [m/s]** | **EWS+2xStdAbw [m/s]** |
| 1 | 26.68 | 1.30 | 27.03 | 27.38 |
| 5 | 30.11 | 2.58 | 30.88 | 31.66 |
| 25 | 33.53 | 3.78 | 34.80 | 36.07 |
| **50** | **35.01** | **4.24** | **36.49** | **37.97** |

*Tab. 5: Stichprobe mit 40 Werten aus dem Deutschland 3 km Windatlas*

| Datum [UTC] | Extremwert [m/s] | Datum [UTC] | Extremwert [m/s] |
|---|---|---|---|
| 18.01.2007 14:10 | 34.71 | 29.10.2017 03:10 | 26.14 |
| 05.12.2013 14:50 | 31.93 | 29.11.2015 18:50 | 26.14 |
| 03.12.1999 15:30 | 31.18 | 08.01.2005 15:20 | 26.01 |
| 10.01.2015 12:50 | 30.62 | 11.01.2007 21:10 | 25.90 |
| 29.01.2000 17:20 | 30.29 | 20.01.2005 04:50 | 25.78 |
| 20.03.2004 20:40 | 29.81 | 27.11.2011 11:50 | 25.67 |
| 27.10.2002 20:40 | 29.69 | 29.01.2022 15:00 | 25.35 |
| 16.02.2022 21:20 | 29.38 | 05.01.1998 05:40 | 25.19 |
| 26.02.2002 15:10 | 29.29 | 08.06.2003 15:50 | 25.16 |
| 12.02.2005 16:20 | 27.51 | 01.12.2021 17:30 | 25.05 |
| 01.03.2008 01:50 | 27.49 | 08.01.2016 07:10 | 24.98 |
| 31.03.2015 04:40 | 27.38 | 21.12.2003 13:30 | 24.97 |
| 07.03.2002 02:30 | 27.33 | 16.10.2009 09:40 | 24.93 |
| 01.11.2006 03:10 | 26.96 | 22.02.2020 12:40 | 24.80 |
| 05.02.1999 04:00 | 26.83 | 25.02.1997 04:40 | 24.71 |
| 28.01.2002 21:50 | 26.80 | 26.12.1998 02:00 | 24.63 |
| 28.10.1998 06:30 | 26.58 | 20.02.2002 23:50 | 24.62 |
| 13.09.2017 14:00 | 26.54 | 28.10.2013 11:30 | 24.61 |
| 05.01.2012 04:10 | 26.51 | 16.12.2005 06:30 | 24.54 |
| 09.02.2020 22:40 | 26.46 | 09.11.2007 10:00 | 24.41 |

## 5 Quellenverzeichnis

Christoffer, J. und M. Ulbricht-Eissing, 1989: Die bodennahen Windverhältnisse in der Bundesrepublik Deutschland, Bericht des DWD, Nr. 147

DIBt, 2015: Richtlinie für Windenergieanlagen, Mitteilungen des DIBt – Deutsches Institut für Bautechnik

DIN EN 1991-1-4/NA, 2010: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten

Farr, T. G., et al., 2007: The Shuttle Radar Topography Mission, Rev. Geophys., 45, RG2004, doi:10.1029/2005RG000183; http://www2.jpl.nasa.gov/srtm/srtmBibliography.html

Kalnay E, Kanamitsu M, Kistler R, Collins W, Deaven D, Gandin L, Iredell M, Saha S, White G, Woollen J, Zhu Y, Chelliah MW, Ebisuzaki W, Higgins J Janowiak KC, Mo C, Ropelewski A, Leetmaa R, Reynolds, Jenne R (1996) The NCEP/NCAR reanalysis project. Bull. Am. Meteorol. Soc., 77:437–471

Keil, M., M. Bock, T. Esch, A. Metz, S. Nieland, A. Pfitzner, 2010: CORINE Land Cover Aktualisierung 2006 für Deutschland. Abschlussbericht zu den F+E Vorhaben UBA FKZ 3707 12 200 und FKZ 3708 12 200, Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V., Deutsches Fernerkundungsdatenzentrum Oberpfaffenhofen, Januar 2010

Mengelkamp, H.-T., 2015: Wind-, Ertrags- und Erlösgutachten für Windenergieanlagen, promet – meteorologische Fortbildung, Hrsg. Deutscher Wetterdienst, Jahrg. 39, Nr. 3/4, 193-202

Mengelkamp, H.-T., 1988: On the energy output estimation of wind turbines, Int. Journal of Energy Research, 12, 113-123

Mengelkamp, H.-T., 1999: Wind Climate Simulation over Complex Terrain and Wind Turbine Energy Output Estimation, Theor. Appl. Climatol, 63, 129-139

Mengelkamp, H.-T., H. Kapitza und U. Pflüger, 1997: Statistical-dynamical downscaling of wind climatologies, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, 67&68, 449-457

Mengelkamp, H.-T., T. Sperling, 2005: Windindizes werden von Produktionsdaten unabhängig, Erneuerbare Energien, 2, 25-27

Rienecker, M.M., M.J. Suarez, R. Gelaro, R. Todling, J. Bacmeister, E. Liu, M.G. Bosilovich, S.D. Schubert, L. Takacs, G.-K. Kim, S. Bloom, J. Chen, D. Collins, A. Conaty, A. da Silva, et al., 2011: MERRA: NASA's Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Applications. J. Climate, 24, 3624-3648, doi:10.1175/JCLI-D-11-00015.1

Schneider, M., A. Glücksmann, Anselm Grötzner und H.-T. Mengelkamp (2022): A wind atlas for Germany and the effect of remodeling, Meteorol. Z., 31, 2, 117-130, doi: 10.1127/metz/2022/1102

Traup, S. und B. Kruse, 1996: Winddaten für Windenergienutzer, Selbstverlag des Deutschen Wetterdienstes

Troen, I. und E.L. Petersen, 1989: European Wind Atlas. Risø National Laboratory, Roskilde. 656 pp. ISBN 87-550-1482-8

Weiter, A., M. Schneider, D. Peltret und H.-T. Mengelkamp (2019): Electricity production by wind turbines as a means for the verification of wind simulations. Meteorol. Z. doi: 10.1127/metz/2019/0924

## Anhang A Deutschland 3 km Windatlas

### Eingangsdaten

Der anemos Windatlas für Deutschland 3 km wird mithilfe des meteorologischen Mesoskalen-Modells WRF-ARW[1] erstellt. Er nutzt dabei die weltweit verbreiteten MERRA-2-Reanalysedaten[2] als Eingangs- bzw. Antriebsdaten. Somit können die Vorteile des MERRA-2-Reanalysedatensatzes – Konsistenz, Homogenität, Länge der Zeitreihe, ständige Aktualisierung, Verfügbarkeit über Land und Meer – erhalten bzw. verstärkt werden. Auf der anderen Seite werden mit dem anemos Windatlas für Deutschland 3 km die Nachteile der MERRA-2-Reanalysedaten – relativ geringe räumliche (0.5° Breite, 0.625° Länge) und zeitliche Auflösung (3 h) – überwunden.

Das WRF-Modell erlaubt durch seine sogenannte Multi-Nesting-Fähigkeit (Abb. 2) hochaufgelöste Simulationen und Prognosen der atmosphärischen Zirkulation. Dadurch können detaillierte Bodeninformationen verwendet werden, welche den Einfluss von Vegetation, Rauigkeit und Topographie berücksichtigen. Die atmosphärischen Zustandsvariablen werden alle 10 min auf einem Gitter von 3 x 3 km² ausgegeben. Die Simulation umfasst den Zeitraum von 1997 bis heute und wird kontinuierlich erweitert. Die vertikale Struktur der Atmosphäre wird in 25 Höhen-Schichten sehr hoch aufgelöst. Dazwischenliegende Höhen werden durch Interpolation berechnet.

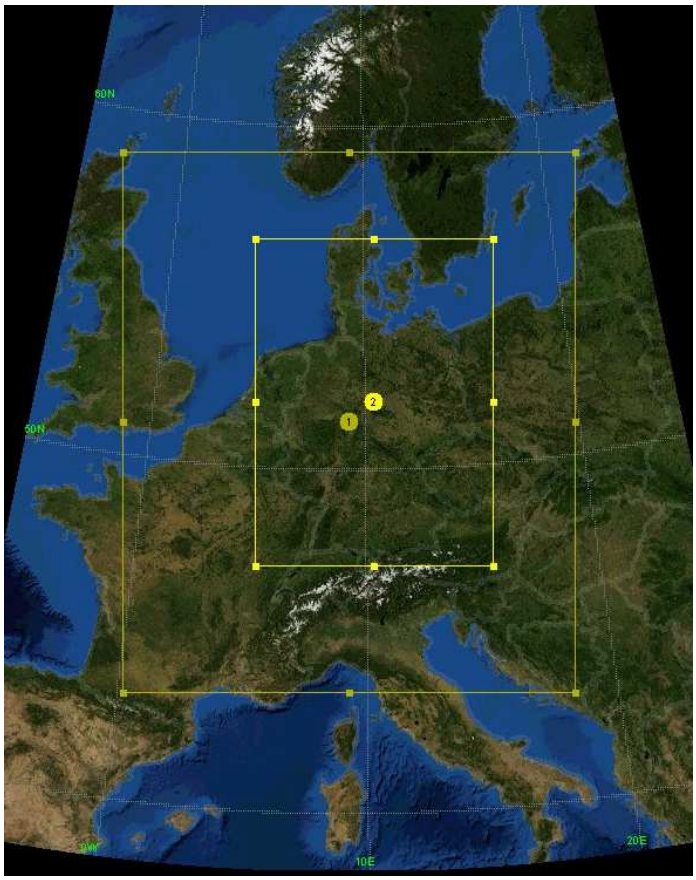



*Abb. 2: Verschachtelte Domains der WRF Simulationen*

[1] *http://www.wrf-model.org*
[2] *Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Application, Version 2 (MERRA-2) Reanalysis data zur Verfügung gestellt durch die US National Aeronautics and Space Administration (NASA) Webseite auf http://www.nasa.gov/*

Die Geländehöhen sind dem SRTM Datensatz (*Shuttle Radar Topography Mission, USGS EROS Data Center*) entnommen und dem Modellgitter entsprechend interpoliert. Die Daten wurden im Jahre 2000 erhoben und stehen in einer räumlichen Auflösung von ca. 90 m zur Verfügung. Die vertikale Auflösung beträgt hier 1 m.

Alle Informationen über die Vegetation und Rauigkeiten innerhalb des Simulationsgebietes liefert der CORINE Datensatz der Europäischen Umweltagentur (European Environment Agency, EEA). Diese Informationen basieren auf den Daten des Landsat-7-Satelliten im Maßstab 1:100.000. Die Daten stehen auf einem Modellgitter in räumlicher Auflösung von 100 m zur Verfügung. Deren letzte Überarbeitung fand im Jahre 2018 statt. Aufgrund der Repräsentativität über die letzten 25 Jahre, sowie aus Konsistenzgründen, wird für die Modellsimulation der CORINE Datensatz von 2006 verwendet.

Die Daten des anemos Windatlas für Deutschland 3 km dürfen nicht als absolute Wahrheit des vorherrschenden Atmosphärenzustands an einem Standort oder als Ersatz für eine langzeitliche Messreihe angesehen werden. Durch Modellsimulationen wird versucht die natürlichen Vorgänge innerhalb der Atmosphäre möglichst repräsentativ nachzubilden. Die simulierten Größen sind daher als erste Schätzung der Windverhältnisse auf dem vorhandenen Modellgitter mit der räumlichen Auflösung von 3 x 3 km² zu bewerten und sollten ohne ein entsprechendes „Remodelling“ nicht als Absolutwerte verstanden werden. Die Anwendung der Windatlas-Daten beruht in erster Linie auf der Langzeiteinordnung erhobener Kurzzeit-Windmessungen durch Korrelationsanalysen in einen klimatologisch repräsentativ anzusehenden Zeitraum. Durch das folgende beschriebene „Remodelling“ wird der Einsatzbereich des Windatlas erweitert, da eine Annäherung an die Absolutwerte erfolgt.

**Für die folgenden Anwendungsbereiche ist der Windatlas inkl. Remodelling geeignet:**

- ✓ **Windpotential (Windgeschwindigkeit, Weibull A & k, Leistungsdichte)**
- ✓ **Langzeitbezug mit Windmessungen bzw. Ertragsdaten**
- ✓ **Ertragsberechnungen ohne / mit Verlusten auf 10-min. Basis**
- ✓ **Ertragsindex**
- ✓ **Extremwindberechnungen**
- ✓ **Marktwertanalysen**
- ✓ **Erlösprognosen**
- ✓ **Risiko- / Portfolioanalysen**
- ✓ **SCADA-Daten Analysen**
- ✓ **Rückrechnung nach TR10 (10-min. Reanalysedaten)**

**Optimierung der Modelleinstellungen**

Vor der eigentlichen Hauptsimulation wurden die Modelleinstellungen und Parametrisierungen (wie zum Beispiel Grenzschichtschema, Bodenschema, Strahlungsschema, etc.) getestet und für die relevanten atmosphärischen Parameter (Windgeschwindigkeit und Windrichtung) optimiert. Hierfür wurden mehr als 30 verschiedene Modelleinstellungen für ausgesuchte Monate aus Frühling, Sommer, Herbst und Winter über das Jahr verteilt getestet und mit Windmessungen (Messmasten und LiDAR) verifiziert. Durch diese Testphase zeigt sich, wie das bodennahe Windfeld auf unterschiedliche Parametrisierungen und Schemata reagiert (Sensitivitätstests). Die den Beobachtungen am nächsten kommende Einstellung wird im letzten Test über ein Jahr simuliert und anschließend ebenfalls verifiziert. Bei guter Prognosegüte wird anschließend die Hauptsimulation kontinuierlich fortlaufend (> 20 Jahre) gestartet.

**Statistische Verifikation mit Windmessungen als Vorbereitung für das Remodelling**

Die wichtigste Aufgabe nach der Durchführung der Hauptsimulation ist die intensive Verifikation anhand zahlreicher Windmessungen. Für die Verifikation des Deutschland 3km Atlas wurden 45 Messungen verwendet. Zum einen erhält man aus der Verifikation die Prognosegüte und Qualität der Hauptsimulation und zum anderen werden systematische Fehler im letzten Schritt, dem *Remodelling*, behoben und die Qualität des Atlas wird verbessert. Verifiziert werden statistische Kenngrößen wie Mittelwert, Bestimmtheitsmaß ($R^2$) bzw. Korrelation (R), Bias, RMSE und Extremwerte (QQ-Verteilung). Außerdem werden Vertikalprofile, Tagesgänge, Windrosen, Häufigkeitsverteilungen mit Weibull-Parametern überprüft.

**Remodelling Verfahren**

Nach der vollständigen Verifikation der Hauptsimulation mit allen verfügbaren Windmessungen wird der Windatlas im vorletzten Schritt der Prozesskette durch das Remodelling optimiert. Es wird anhand der Abweichungen und deren Abhängigkeiten bei der Verifikation mit 28 Windmessungen ein sektorielles Training durchgeführt. Die verbleibenden Windmessungen werden für die anschließende unabhängige Verifikation des Remodelling Verfahrens benötigt. Durch das Training werden Skalierungsparameter mithilfe einer multiplen linearen Regressionsanalyse entwickelt, welche anschließend auf die Windatlas-Zeitreihen angewendet werden. Es wird nach Abhängigkeiten der Skalierungsparameter von der Subgrid-Topographie gesucht und bei ausreichender Signifikanz verwendet. Infolgedessen können durch die im Training entwickelten Skalierungsparameter alle Gitterzellen mithilfe der Subgrid-Informationen (Orographie, Rauigkeit, etc.) korrigiert werden. Letztendlich verbessert das Remodelling die statistischen Kenngrößen sowie auch die Häufigkeitsverteilung mit Weibull-Parametern und das Vertikalprofil.

**Verifikation nach dem Remodelling**

Im Anschluss an das Remodelling werden die Windatlas-Zeitreihen mit 45 internen und zusätzlich 56 externen Windmessungen verifiziert. Die Ergebnisse der internen Verifikation werden in Abb. 3 exemplarisch für die Messhöhe 100 Meter gezeigt. Hierfür wird der Bias der Windgeschwindigkeit an den vier Offshore und 41 Onshore Stationen gebildet und graphisch dargestellt.

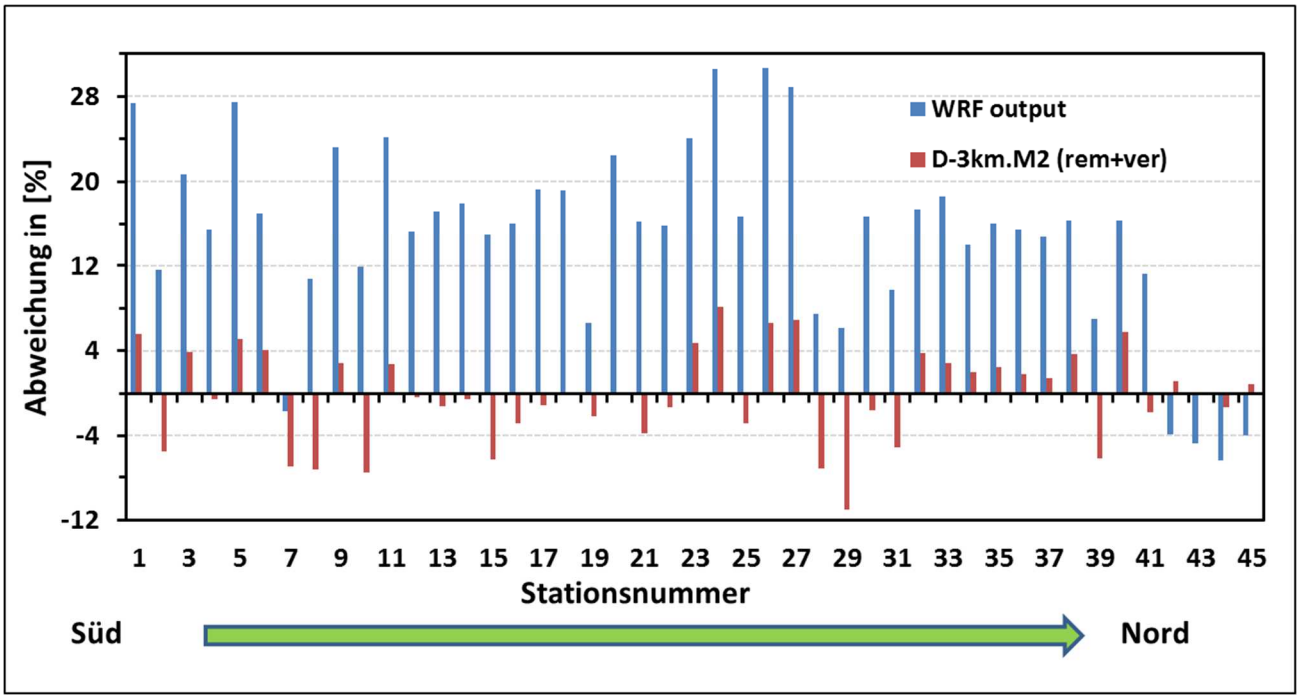



*Abb. 3: Bias der mittleren Windgeschwindigkeit zwischen den 45 internen Messungen und WRF Output (blau) bzw. D-3km.M2 (rot). Die Messungen sind von Süd (links) nach Nord (rechts) sortiert. Die Messhöhe beträgt 100 Meter ü. G. und das Messintervall 1 Jahr.*

Abb. 3 zeigt die Abweichung in Prozent der Windgeschwindigkeit jeder Messung, einmal für den Windatlas vor dem Remodelling (WRF Output, blau) und für das Endprodukt mit Remodelling (D-3km.M2, rot). Zum einen können der deutliche positive Bias der Onshore Messungen und die leicht negativen Abweichungen der Offshore Stationen durch das Remodelling behoben werden. Zum anderen liegen die meisten Stationen nach dem Remodelling im Bereich von ± 5 % (71% der Messungen), was eine signifikante Verbesserung darstellt. Auf Stundenbasis ergibt sich für die mittlere Korrelation (R) ein Wert von 84.2% und der mittlere Bias liegt bei -0.2%. Der RMSE der Abweichung liegt mit 4.4% unter der 5%-Marke.

Außerdem wurde eine externe Verifikation von Dr. Anselm Grötzner von CUBE Engineering GmbH – Part of Ramboll durchgeführt. Die Ergebnisse dieser Verifikation werden in Abb. 4 dargestellt. Bei dieser Verifikation wurden vor allem die für die Windkraftanlagen relevanten Höhen zwischen 80 m und 140 m ü. G. untersucht.

In Abb. 4 wird der Bias der Windgeschwindigkeit und zusätzlich der Bias der Energiedichte für 56 externe Windmessungen dargestellt. Die Abweichungen der Windgeschwindigkeit zwischen Messung und dem D-3km.M2 liegen bei den meisten Stationen (88% der Messungen) im Bereich von ± 7%. Auf Stundenbasis ergibt sich für die mittlere Korrelation (R) ein Wert von 84.8% und der mittlere Bias liegt bei 0.9%. Der RMSE der Abweichung liegt mit 5.3% nur knapp oberhalb der 5%-Marke. Die Abweichungen der Energiedichte sind ebenfalls sehr gering (Bias 0.7% und RMSE 6.8%). Dies ist vor allem für die Berechnung von Erträgen und Marktwerten relevant. Im Zuge des „Remodelling"-Verfahrens werden insbesondere die Weibull-Verteilung und das Vertikalprofil der Windgeschwindigkeit deutlich besser getroffen, sodass der Bias der Energiedichte bei 93% der Messungen im Bereich von ± 10% liegt.

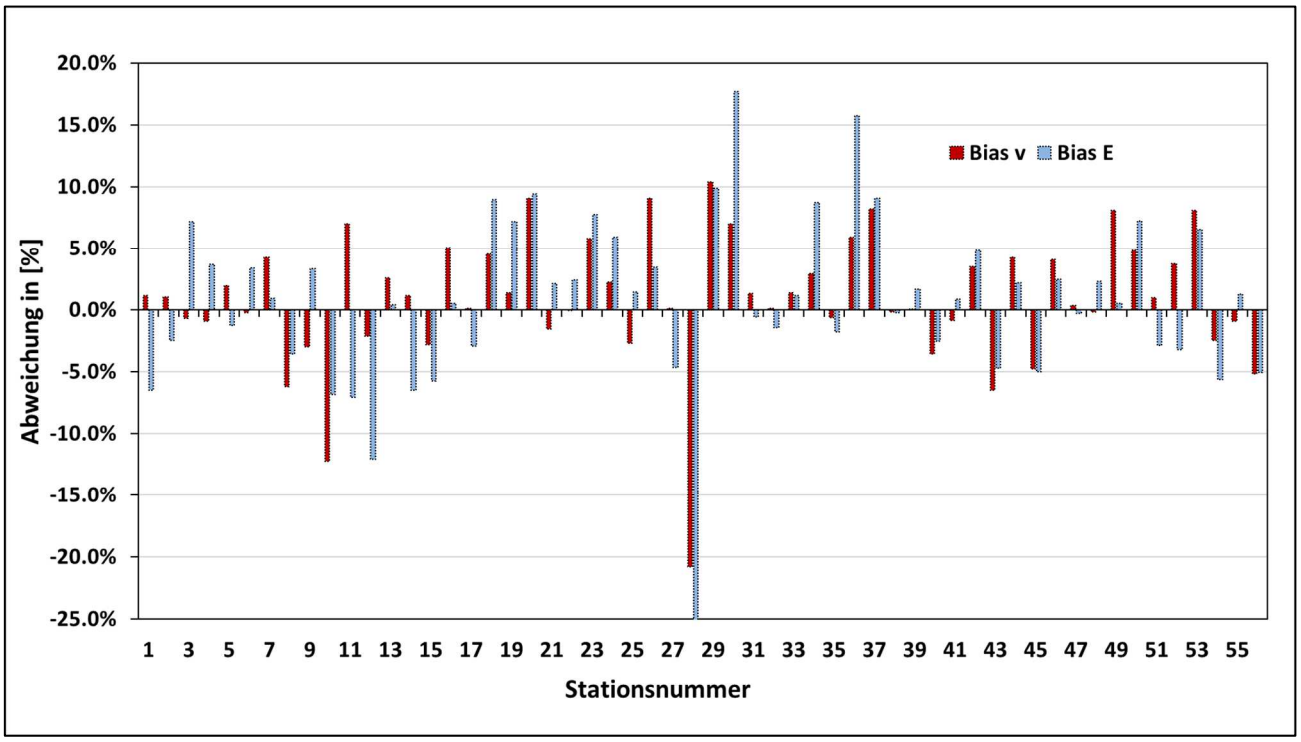



*Abb. 4: Bias der mittleren Windgeschwindigkeit (rot) und der mittleren Energiedichte (blau) zwischen den 56 externen Messungen und dem D-3km.M2. Die Messhöhen liegen zwischen 80 m und 140 m ü. G. und das Messintervall beträgt 1 Jahr. Die Verifikation wurde durchgeführt von Dr. Anselm Grötzner von CUBE Engineering GmbH – Part of Ramboll*

**Standortspezifische Zeitreihen der Windgeschwindigkeit**

Im Rahmen des Remodelling-Verfahrens wurde eine standortspezifische Höhenkorrektur mithilfe von CFD Simulationen an verschiedenen, komplexen Messstandorten entwickelt. Mit dem CFD Modell Meteodyn werden die 3 x 3 km² Atlaszeitreihen der Teststandorte hochaufgelöst modelliert. Die orographischen Informationen sind dem SRTM-Datensatz (3 arcsec ~ 90 m) entnommen.

Da die Höhenkorrektur ein Teil des Remodelling Prozesses ist, um den Höhenunterschied zwischen Atlaszelle und Messung zu berücksichtigen, stellt die standortspezifische Höhenkorrektur vor allem in komplexen Regionen eine deutliche Verbesserung der mittleren Windgeschwindigkeit dar. Im flachen Gelände hat die Höhenkorrektur keinen signifikanten Einfluss aufgrund der geringen Höhenunterschiede. Die Höhenkorrekturfunktion wird beim Auslesen von Zeitreihen der Windgeschwindigkeit auf jeden Zeitschritt angewendet.

## Anhang B Abkürzungsverzeichnis

| Abkürzung | Referenz |
|---|---|
| CFD | Computational Fluid Dynamics |
| D-3km.M2 | anemos Windatlas für Deutschland 3km, Basis: MERRA-2 Daten |
| DIN | Deutsches Institut für Normung |
| EEG | Erneuerbare Energien Gesetz |
| EWS | Extreme Wind Speed |
| ISO | Internationale Organisation für Normung |
| MERRA-2 | Reanalysedatensatz,<br>“The Modern Era Retrospective-analysis for Research and Applications 2 ” |
| QQ-Verteilung | Quantile-Quantile-Verteilung |
| R / $R^2$ | Korrelationskoeffizient / Bestimmtheitsmaß |
| RMSE | Root mean squared error |
| SRTM | Shuttle Radar Topography Mission |
| StdAbw | Standardabweichung |
| UTM | Universale Transversale Mercatorprojektion |
| VarK | Variationskoeffizient |
| Vref | Extremwindgeschwindigkeit für den Bezugszeitraum |
| WEA | Windenergieanlage |
| WRF | The Weather Research and Forecasting Model |

Schmitz+Beilke Ingenieure GmbH * Cloppenburger Straße 4a * 26135 Oldenburg

**SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH**
Cloppenburger Str. 4a · 26135 Oldenburg

Telefon 0441 / 999051-10
info@baugrund-ol.de
www.gruppe-ingenieurbau.de

Gerichtsstand Oldenburg
RG Oldenburg · HRB 201602
USt-IdNr. DE255308841

Geschäftsführer:
Dipl.-Ing. Ralf Schmitz
Florian Geesen, M.Eng.
Martin Schierholt, M.Eng.

| | |
|---|---|
| **Projekt:** | **Repowering Windpark Georgshof / Verweyen** |
| **Art:** | **Geotechnisches Gutachten - 1. Revision** |
| **Auftraggeber:** | **Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede** |
| **Projektnummer:** | **23.1098** |
| **Datum:** | **24.10.2023** |

## Inhaltsverzeichnis

1 Bauvorhaben ... 4
2 Bearbeitungsunterlagen ... 4
3 Baugrund ... 5
3.1 Art und Umfang der Untersuchungen ... 5
3.2 Ergebnisse der Trockenbohrungen und Kleinbohrungen ... 7
3.3 Ergebnisse der Drucksondierungen ... 8
3.4 Vereinfachter Baugrundaufbau ... 9
3.5 Hydrogeologische Angaben ... 13
3.5.1 Angetroffene Grundwasserverhältnisse ... 13
3.5.2 Schwankungsbereich der Grundwasserstände, Bemessungswasserstand ... 14
3.5.3 Betonaggressivität des Grundwassers ... 15
3.6 Ergebnisse der Laboruntersuchungen ... 16
3.6.1 Korngrößenverteilung ... 16
3.6.2 Wassergehalt und Glühverlust ... 16
3.6.3 Laborflügelsondierungen (undränierte Kohäsion) ... 17
3.6.4 Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) ... 18
3.7 Bautechnische Eigenschaften der angetroffenen Bodenarten ... 18
3.8 Bodenmechanische Kennziffern ... 19
4 Gründung der Windenergieanlagen ... 25
5 Tiefgründung der Windenergieanlagen auf Pfählen ... 25
5.1 Stahlbetonrammpfähle ... 26
5.2 Ortbetonrammpfahl mit Außenrammung (System Vibrex oder Simplex) ... 28
5.3 Ortbetonrammpfahl mit Innenrammung (System Franki) ... 30
5.4 Bohrpfahl (DIN EN 1536) ... 32
5.5 Begrenzung der Pfahlwiderstände ... 35
5.6 Hinweise zur Pfahlgründung ... 35
5.7 Standsicherheit der Tiefgründung - Aufnahme von Zugkräften ... 36
6 Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes ... 38
7 Seitendruck auf Pfähle und negative Mantelreibung ... 39
8 Hinweis zum Erdbau ... 40
9 Wasserhaltung ... 40
10 Baugrubensicherung ... 41
11 Standsicherheit der Pfahlherstellungsgeräte und der Kräne ... 41
12 Schlussbemerkung ... 41

## Anlagenverzeichnis

Anl. 1 Lagepläne und Koordinaten der Baugrunderkundungen

Anl. 2 Bohrprofile der Trockenbohrungen und Kleinbohrungen und Diagramme der Drucksondierungen

Anl. 3 Schichtenverzeichnisse der Kleinbohrungen und Trockenbohrungen (inkl. Protokolle von Vulhop + Becker)

Anl. 4 Diagramme der Drucksondierungen

Anl. 5 Ergebnisse der Siebanalysen

Anl. 6 Ergebnisse der Laborflügelsondierungen

Anl. 7 Ergebnisse der Zustandsgrenzen

Anl. 8 Ergebnisse der Grundwasseranalyse

Anl. 9 Nachweise der äußeren Pfahltragfähigkeit

Anl. 10 Nachweise der Standsicherheit (Zug)

Anl. 11 Exemplarische Berechnung - vereinfachter Geländebruchnachweis

# 1 Bauvorhaben

In der Nähe von Dornum ist im Zuge des Windparks Georgshof und der WEA Verweyen der Rückbau von bestehenden Windenergieanlagen sowie der Neubau weiterer Windenergieanlagen geplant. Bei den neu zu errichtenden Energieeinheiten handelt es sich um den Typ ENERCON E-138 EP3 E3 (mit 111 m Nabenhöhe).

Die Standorte der geplanten Windenergieanlagen sind bauseits als WEA 01, WEA 02, WEA 03, WEA 04 und WEA 01 Verweyen bezeichnet. In diesem Geotechnischen Gutachten werden die Windenergieanlagen als WEA 1, WEA 2, WEA 3, WEA 4 und WEA 5 Verweyen benannt. Die Lage der einzelnen Anlagenstandorte sowie deren Bezeichnung kann den Lageplänen in der Anlage 1 entnommen werden.

Für einen anderen Anlagentyp wurde zunächst die Ausarbeitung vom 15.09.2023 erstellt, die nunmehr durch das vorliegende Gutachten und einen neuen Anlagentyp ENERCON E-138 EP3 E3 (mit 111 m Nabenhöhe) ersetzt wird.

# 2 Bearbeitungsunterlagen

Zur Bearbeitung haben neben allgemeinen Unterlagen wie Normen, Merkblättern und Richtlinien zunächst folgende Unterlagen zur Verfügung gestanden:

U1 Technische Beschreibung - Fundamente E-115 EP3 E3-HAST-122-FB-C-01; Datum: 21.03. 2023; bereitgestellt: Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede

U2 Technische Spezifikation - Zuwegung und Baustellenflächen, ENERCON Windenergieanlage E-115 EP3 E3, 122 m Hybrid-Stahlturm; Datum: 21.03.2023; bereitgestellt: Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede

U3 Koordinaten Windenergieanlagen - Windpark Georgshof; Datum: 21.03.2023; bereitgestellt: Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede

U4 Theodor Verweyen, WEA 01; Datum: 23.06.2023; bereitgestellt: Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede

U5 Spezifikation Anforderungskatalog für die Durchführung von geotechnischen Untersuchungen und die Erstellung eines Geotechnischen Entwurfsberichts für ENERCON Windenergieanlagen; Datum: 02.08.2017; erstellt: ENERCON

U6 Übersichtsplan Eigentümer - Standort WEA 01; Maßstab 1 : 1.250; Datum: 21.03.2023; bereitgestellt: Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede

U7 WEA Verweyen Enercon Transporte von der K210 - 1 WEA Enercon E-115EP3/E4; Maßstab 1 : 2.000; Datum: 21.03.2023; bereitgestellt: Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede

U8 WEA Mustermann Enercon Transporte von der K210 - 2 WEA Enercon E82/E4; Maßstab 1 : 5.000; Datum: 21.03.2023; bereitgestellt: Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede

U9 WEA Mustermann Enercon Transporte von der K210 - 4 WEA Enercon E-115/EP3E3; Maßstab 1 : 2.500; Datum: 21.03.2023; bereitgestellt: Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede

Ergänzend wurden am 22.09.2023 nachfolgend aufgeführte Unterlagen übermittelt, die der vorliegenden Ausarbeitung zugrunde liegen.

U10 Lageplan - WP Georgshof E-138EP3/E3 Erschließung von K210; Maßstab 1 : 1.2000; Datum: 05.06.2023; bereitgestellt: Rasteder Projektierung

U11 Lageplan - WEA Verweyen - E-138EP3/E3 Erschließung von K210; Maßstab 1 : 1.2000; Datum: 05.06.2023; bereitgestellt: Rasteder Projektierung

U12 Lageplan - WEA 01 - E-138EP3/E3 Detailplan - ohne ET A3; Maßstab 1 : 1.250; Datum: 05.06.2023; bereitgestellt: Rasteder Projektierung

U13 Lageplan - WEA 02 - E-138EP3/E3 Detailplan - ohne ET A3; Maßstab 1 : 1.1000; Datum: 05.06.2023; bereitgestellt: Rasteder Projektierung

U14 Lageplan - WEA 03 - E-138EP3/E3 Detailplan - ohne ET A3; Maßstab 1 : 1.1000; Datum: 05.06.2023; bereitgestellt: Rasteder Projektierung

U15 Lageplan - WEA 04 - E-138EP3/E3 Detailplan - ohne ET A3; Maßstab 1 : 1.1000; Datum: 05.06.2023; bereitgestellt: Rasteder Projektierung

U16 Lageplan - WEA Verweyen - E-138EP3/E3 Detailplan - ohne ET A3; Maßstab 1 : 1.1250; Datum: 05.06.2023; bereitgestellt: Rasteder Projektierung

U17 Technisches Datenblatt E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 - Tiefgründung (11 Seiten); Datum: 10.02. 2022; erstellt: ENERCON

U18 Technische Spezifikation - Zuwegung und Baustellenflächen - E-138 EP3 E3 - 131 m-Hybrid-Stahlturm (32 Seiten); Datum: 23.06. 2021; erstellt: ENERCON

Hinweis: Die Technische Spezifikation (U18) bezieht sich auf einen 131-m-Hybrid-Stahlturm (statt 111 m). Eine andere Spezifikation liegt nicht vor, so dass zunächst die genannte Ausarbeitung berücksichtigt werden soll.

Weitere Unterlagen und Informationen zum geplanten Bauvorhaben stehen uns derzeit nicht zur Verfügung.

# 3 Baugrund

## 3.1 Art und Umfang der Untersuchungen

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden durch unser Büro Kleinbohrungen (BS) und ergänzend durch die Firma Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede, Trockenbohrungen (B) sowie Drucksondierungen (CPT) ausgeführt. Nähere Angaben zur Tiefe und zum Ausführungsdatum sind in der Tabelle 1 und 2 enthalten. Die Lage der Ansatzpunkte kann den Lageplänen der Anlage 1 entnommen werden.

Tabelle 1 Baugrundaufschlüsse - WEA 1

| Aufschluss | | | | Datum |
|---|---|---|---|---|
| **Standort** | **Art** | **Bezeichnung (Anordnung)** | **Endteufe** | |
| WEA 1 (Anlage 1.1.1) | Trockenbohrung | B WEA 1 Anlage | 30,0 m | 08.08.2023 |
| | Kleinbohrung | BS WEA 1 Anlage | 10,0 m | 22.05.2023 |
| | | BS WEA 1 Kran 1 | 6,0 m | 17.05.2023 |
| | | BS WEA 1 Kran 2 | 6,0 m | 17.05.2023 |
| | | BS WEA 1 Kran 3 | 6,0 m | 17.05.2023 |
| | | BS WEA 1 Kran 4 | 6,0 m | 17.05.2023 |
| | Drucksondierung | CPT WEA 1 Nord | 29,1 m | 12.04.2023 |
| | | CPT WEA 1 Ost | 29,4 m | 12.04.2023 |
| | | CPT WEA 1 Süd | 29,4 m | 12.04.2023 |
| | | CPT WEA 1 West | 29,1 m | 12.04.2023 |
| | | CPT WEA 1 KSF 1 | 30,2 m | 12.04.2023 |
| | | CPT WEA 1 KSF 2 | 28,3 m | 12.04.2023 |

Tabelle 2 Baugrundaufschlüsse - WEA 2 bis WEA 4 und WEA Verweyen >Fortsetzung<

| Aufschluss | | | | Datum |
|---|---|---|---|---|
| **Standort** | **Art** | **Bezeichnung (Anordnung)** | **Endteufe** | |
| WEA 2 (Anlage 1.1.2) | Trockenbohrung | B WEA 2 Anlage | 30,0 m | 08.08.2023 |
| | Kleinbohrung | BS WEA 2 Anlage | 10,0 m | 16.05.2023 |
| | | BS WEA 2 Kran 1 | 6,0 m | 15.05.2023 |
| | | BS WEA 2 Kran 2 | 6,0 m | 15.05.2023 |
| | | BS WEA 2 Kran 3 | 6,0 m | 16.05.2023 |
| | | BS WEA 2 Kran 4 | 6,0 m | 16.05.2023 |
| | Drucksondierung | CPT WEA 2 Nord | 35,1 m | 13.04.2023 |
| | | CPT WEA 2 Ost | 35,1 m | 13.04.2023 |
| | | CPT WEA 2 Süd | 30,1 m | 13.04.2023 |
| | | CPT WEA 2 West | 34,1 m | 13.04.2023 |
| | | CPT WEA 2 KSF 1 | 30,2 m | 13.04.2023 |
| | | CPT WEA 2 KSF 2 | 30,2 m | 13.04.2023 |
| WEA 3 (Anlage 1.1.3) | Trockenbohrung | B WEA 3 Anlage | 30,0 m | 10.07.2023 |
| | Kleinbohrung | BS WEA 3 Anlage | 10,0 m | 01.06.2023 |
| | | BS WEA 3 Kran 1 | 6,0 m | 09.05.2023 |
| | | BS WEA 3 Kran 2 | 6,0 m | 09.05.2023 |
| | | BS WEA 3 Kran 3 | 6,0 m | 09.05.2023 |
| | | BS WEA 3 Kran 4 | 6,0 m | 09.05.2023 |
| | Drucksondierung | CPT WEA 3 Nord | 30,2 m | 24.04.2023 |
| | | CPT WEA 3 Ost | 30,1 m | 24.04.2023 |
| | | CPT WEA 3 Süd | 25,5 m | 24.04.2023 |
| | | CPT WEA 3 West | 30,1 m | 24.04.2023 |
| | | CPT WEA 3 KSF 1 | 22,8 m | 24.04.2023 |
| | | CPT WEA 3 KSF 2 | 30,1 m | 24.04.2023 |
| WEA 4 (Anlage 1.1.4) | Trockenbohrung | B WEA 4 Anlage | 30,0 m | 06.07.2023 |
| | Kleinbohrung | BS WEA 4 Anlage | 10,0 m | 10.05.2023 |
| | | BS WEA 4 Kran 1 | 6,0 m | 10.05.2023 |
| | | BS WEA 4 Kran 2 | 6,0 m | 10.05.2023 |
| | | BS WEA 4 Kran 3 | 6,0 m | 10.05.2023 |
| | | BS WEA 4 Kran 4 | 6,0 m | 10.05.2023 |
| | Drucksondierung | CPT WEA 4 Nord | 29,2 m | 27.04.2023 |
| | | CPT WEA 4 Ost | 28,9 m | 27.04.2023 |
| | | CPT WEA 4 Süd | 29,8 m | 27.04.2023 |
| | | CPT WEA 4 West | 29,4 m | 27.04.2023 |
| | | CPT WEA 4 KSF 1 | 28,6 m | 27.04.2023 |
| | | CPT WEA 4 KSF 2 | 30,1 m | 27.04.2023 |
| WEA 5 (Anlage 1.1.5) | Trockenbohrung | B WEA 5 Verw. Anlage | 30,0 m | 16.08.2023 |
| | Kleinbohrung | BS WEA 5 Verw. Anlage | 10,0 m | 05.07.2023 |
| | | BS WEA 5 Verw. Kran 1 | 6,0 m | 06.07.2023 |
| | | BS WEA 5 Verw. Kran 2 | 6,0 m | 06.07.2023 |
| | | BS WEA 5 Verw. Kran 3 | 6,0 m | 06.07.2023 |
| | | BS WEA 5 Verw. Kran 4 | 6,0 m | 05.07.2023 |
| | Drucksondierung | CPT WEA 5 Verw. Nord | 28,8 m | 12.07.2023 |
| | | CPT WEA 5 Verw. Ost | 29,6 m | 12.07.2023 |
| | | CPT WEA 5 Verw. Süd | 24,8 m | 12.07.2023 |
| | | CPT WEA 5 Verw. West | 28,3 m | 12.07.2023 |
| | | CPT WEA 5 Verw. KSF 1 | 24,7 m | 13.07.2023 |
| | | CPT WEA 5 Verw. KSF 2 | 27,5 m | 13.07.2023 |

Die Ergebnisse der *direkten* Bohrungen sind in Form von Bohrprofilen nach DIN 4023 in der Anlage 2 dargestellt. Weitere Angaben können den Schichtenverzeichnissen (Anlage 3) entnommen werden.

Aus den Bohrungen aller Anlagenstandorte wurden insgesamt 386 gestörte sowie 14 ungestörte Bodenproben der Probengüte 1 (Stahlstutzen) und 15 teilgestörte Proben der Probengüte 2 (Kunststoffliner) gewonnen und im bodenmechanischen Labor vom Gutachter visuell beurteilt. Die Benennung und Beschreibung der angetroffenen Bodenarten erfolgte anhand der in situ bzw. in unserem Labor vom Gutachter vorgenommenen Bodenansprache. Dabei wurde das bodenmechanische Verhalten der jeweiligen Bodenarten berücksichtigt.

Während der Kleinbohrungen wurde stellenweise ein Kernverlust beim Ziehen des Bohrgestänges verzeichnet. Dieser tritt in der Regel auf, wenn im Erkundungsbereich gröbere Sande und Kiese oder breiige bzw. sehr weiche bindige Böden anstehen, die sich aufgrund ihrer geringen Haftreibung nicht ausreichend innerhalb des Sondiergestänges verspannen.

Zur *indirekten* Erkundung sowie zur Feststellung der Lagerungsdichte der anstehenden Sande wurden zusätzlich 30 Drucksondierungen (6 Drucksondierungen je Anlagenstandort) ausgeführt. Die Sondierdiagramme, in denen die Verläufe von Spitzendruck, lokaler Mantelreibung und Bodenindex aufgetragen sind, wurden in der Anlage 2 und 4 aufgetragen.

## 3.2 Ergebnisse der Trockenbohrungen und Kleinbohrungen

Zur *indirekten* Erkundung des Baugrundes wurde durch die Firma Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede, je Anlagenstandort eine Trockenbohrung niedergebracht. Ergänzend wurden durch unser Büro je Anlagenstandort eine Kleinbohrung im Bereich der Windenergieanlage und jeweils vier weitere Kleinbohrungen im Bereich der vorgesehenen Kranstellfläche ausgeführt. Die Ergebnisse sind in Form von Bohrprofilen und Schichtenverzeichnissen in den Anlagen 2 und 3 aufgeführt. Zusammengefasst muss anhand der Bohrergebnisse bei allen Anlagenstandorten von einem sehr wechselhaften und inhomogenen Baugrundaufbau ausgegangen werden.

---

Nach den Aufschlussergebnissen liegt im Bereich der WEA 1 bis zur Endtiefe der Bohrungen stark vereinfacht eine dreigeteilte Schichtenfolge aus

- **Auffüllungen** (künstlich umgelagerte Kleischichtungen)
- **Weichschichten/Sanden** (Wechsellagerungen)
- **Schluffen** (tonige / sandige / humose Schluffe)

vor. Am Anlagenstandort der Windenergieanlage WEA 2 wurde bis zur Endtiefe der Bohrungen ein stark vereinfachter, dreigeteilter Schichtenaufbau aus

- **Auffüllungen** (künstlich umgelagerte Kleischichtungen)
- **Weichschichten/Sanden** (Wechsellagerungen)
- **Sanden/Schluffen** (Wechsellagerungen / lokal schluffige Sande)

festgestellt. Nach den Erkundungsergebnissen liegt im Bereich der WEA 3 bis zur Endtiefe der Bohrungen stark vereinfacht eine viergeteilte Schichtenfolge aus

- **Auffüllungen** (künstlich umgelagerte Kleischichtungen)
- **Weichschichten/Sanden** (Wechsellagerungen)
- **Lauenburger Tone/Geschiebemergel** (Wechsellagerungen)
- **Sanden**

vor. Am Anlagenstandort der Windenergieanlage WEA 4 wurde bis zur Endtiefe der Bohrungen ein stark vereinfachter, fünfgeteilter Schichtenaufbau aus

- **Auffüllungen** (künstlich umgelagerte Kleischichtungen)
- **Weichschichten/Sanden** (Wechsellagerungen)
- **oberen Sanden** (lokal auch schluffige Sande)
- **Torf**
- **unteren Sanden**

angetroffen. Nach den Aufschlussergebnissen im Bereich der WEA 5 Verweyen handelt es sich bis zur Endtiefe der Bohrungen um eine stark vereinfachte, dreigeteilte Schichtenfolge aus

- **Auffüllungen** (künstlich umgelagerte Kleischichtungen)
- **Weichschichten/Sanden** (Wechsellagerungen)
- **Sanden** (lokal Gemisch aus Sanden und Schluffen)

Eine vereinfachte Zusammenfassung der angetroffenen Böden kann dem Kapitel 3.4 entnommen werden. Weitere Angaben sind den Bohrprofilen (Anlage 2) und Schichtenverzeichnissen (Anlage 3) zu entnehmen.

## 3.3 Ergebnisse der Drucksondierungen

Zur *indirekten* Erkundung des Baugrundes wurden durch die Firma Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede, am Standort der jeweiligen Windenergieanlage sechs Drucksondierungen niedergebracht. Davon befinden sich jeweils vier Drucksondierungen im Bereich der Windenergieanlage und jeweils zwei im Bereich der vorgesehenen Kranstellfläche.

Die Sondierkurven für den Spitzendruck, die örtliche Mantelreibung sowie den Bodenindex sind in der Anlage 2 und 4 aufgetragen.

Aus dem Kurvenverlauf für den Spitzenwiderstand ist zu ersehen, dass die unter Kapitel 3.2 beschriebene Zusammensetzung des Baugrundes der jeweiligen Anlagenstandorte weitgehend bestätigt wird.

Am Standort der Windenergieanlage WEA 1 wurden innerhalb der Drucksondierungen CPT WEA 1 KSF 1 und CPT WEA 1 KSF 2 (im Bereich der vorgesehenen Kranstellfläche) unterhalb der *direkt* erkundeten Schluffe voraussichtlich hoch tragfähige **Sande** in größeren Tiefen erkundet. Der Bodenindex fällt hier auf etwa 1 % und die Spitzenwiderstände steigen deutlich an.

Grundsätzlich lassen die Bodenindexwerte eine indirekte Beurteilung der Bodenart zu. Kleine Werte von ca. 1 % weisen auf nichtbindige Böden (Sande oder Kiese) hin. Bei größeren Werten ist von bindigen bzw. gemischtkörnigen oder humosen Böden auszugehen.

Anhand der festgestellten Spitzendrücke ist eine Beurteilung der Lagerungsdichte der nichtbindigen Böden möglich. Spitzendrücke von $q_c$ < 2,5 MN/m² weisen auf eine *sehr lockere* Lagerung und Spitzendrücke von $q_c$ < 7,5 MN/m² auf eine *lockere* Lagerung hin. Böden mit Spitzendrücken von $q_c$ ≥ 7,5 bis 15 MN/m² sind *mitteldicht* gelagert. Bei Spitzendrücken $q_c$ ≥ 15 MN/m² kann von einer *dichten* Lagerung ausgegangen werden. Werte von $q_c$ ≥ 25 MN/m² lassen hingegen auf eine *sehr dichte* Lagerung schließen.

Anhand der Ergebnisse der Drucksondierungen können die Größenordnung der Steifemoduln und der Reibungswinkel der anstehenden Sande in Anlehnung an die frühere DIN 4094 und das Grundbautaschenbuch (Teil 1) zugeordnet werden.

Tabelle 3 Zuordnung - Drucksondierergebnisse, Reibungswinkel und Steifeziffer

| Spitzenwiderstand | Reibungswinkel $\varphi'_k$ | Steifemodul $E_{s,k}$ | Lagerungsdichte |
|---|---|---|---|
| 0 bis 2,5 MN/m² | < 30° | < 20 MN/m² | sehr locker |
| > 2,5 bis 7,5 MN/m² | 30,0 bis 32,5° | 20 bis 30 MN/m² | locker |
| > 7,5 bis 15,0 MN/m² | 32,5 bis 35,0° | 30 bis 50 MN/m² | mitteldicht |
| > 15,0 bis 25,0 MN/m² | 35,0 bis 37,5° | 50 bis 70 MN/m² | dicht |
| > 25,0 MN/m² | 37,5 bis 40,0° | 70 bis 100 MN/m² | sehr dicht |

Für organische, schluffige oder für bindige bzw. gemischtkörnige Böden ist die Auswertung nach oben angegebener Zuordnung auf der Grundlage der *indirekten* Erkundungen nicht möglich. Diese Böden zeichnen sich durch erhöhte Bodenindexwerte von > 1 % ab. Erfahrungsgemäß lassen Spitzenwiderstände von $q_c$ < 1 MN/m² auf eine lediglich *weiche* oder *weich bis steife* Zustandsform bindiger Böden schließen. Werte von $q_c$ > 1 bis 2 MN/m² deuten auf eine *steife* und Werte von $q_c$ > 2 bis 4 MN/m² auf eine überwiegend *halbfeste* Konsistenz hin.

## 3.4 Vereinfachter Baugrundaufbau

Anhand der durchgeführten Baugrunderkundungen können auf Grundlage der ungünstigeren Drucksondier- bzw. Bohrbereiche nachfolgende Baugrundaufbauten für die jeweiligen Anlagenstandorte der Windenergieanlagen sowie teilweise gesondert für die Kranstellflächen angegeben werden (vgl. Tabelle 4 bis 10).

Tabelle 4 Vereinfachter Baugrundaufbau - WEA 1

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | Lagerungsdichte / Konsistenz / Zersetzungsgrad | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Standort WEA 1 | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | halbfest | künstlich umgelagerte Kleischichtungen |
| rd. 6,0 m | Weichschichten | weich bis steif / stark bis sehr stark zersetzt | Klei, Mischwatt, Torf |
| rd. 7,5 m | Sande | locker bis mitteldicht | - |
| rd. 9,5 m | Weichschichten | weich bis steif / stark bis sehr stark zersetzt | Mischwatt, Klei, Schluffe |
| rd. 12,0 m | Sande | mitteldicht bis dicht | lokal auch dicht gelagerte Sande |
| rd. 30,0 m | Schluffe | halbfest | tonige Schluffe, in größeren Tiefen auch steife Konsistenz (sandige, humose Schluffe) |
| Hinweis: bis in t = 10,0 m bis 30,0 m direkt erkundet | | | |

Tabelle 5 Vereinfachter Baugrundaufbau - WEA 1 >Fortsetzung<

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | Lagerungsdichte / Konsistenz / Zersetzungsgrad | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Kranstandort WEA 1 | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | halbfest | künstlich umgelagerte Kleischichtungen |
| rd. 5,5 m | Weichschichten | weich bis steif / stark bis sehr stark zersetzt | Klei, Mischwatt, Torf, Wattsande |
| rd. 8,0 m | Sande | locker | tw. mitteldicht (CPT WEA 1 KSF 1) |
| rd. 9,5 m | Weichschichten | weich bis steif / stark bis sehr stark zersetzt | Mischwatt, Klei, Schluffe, Wattsande |
| rd. 11,5 m | Sande | mitteldicht bis dicht | - |
| rd. 25,5 m | Schluffe | halbfest | tonige Schluffe, in größeren Tiefen auch steife Konsistenz (sandige, humose Schluffe) |
| rd. 30,0 m | Sande / Schluffe | dicht bis sehr dicht | Sand-Schluff-Gemische |
| Hinweis: bis in t = 6,0 m direkt erkundet | | | |

Tabelle 6 Vereinfachter Baugrundaufbau - WEA 2

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | Lagerungsdichte / Konsistenz / Zersetzungsgrad | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Standort WEA 2 und Kranstandort WEA 2 (vereinfacht zusammengefasst) | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | steif | künstlich umgelagerte Kleischichtungen |
| rd. 5,0 m | Weichschichten | weich / stark zersetzt bis sehr stark zersetzt | Mischwatt, Klei, Torf, Schluffe |
| rd. 8,5 m | Sande | locker bis mitteldicht | lokal auch dicht gelagerte Sande |
| rd. 12,0 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | Torf, Schluffe, Wattsande, Mischwatt, Ton, Klei |
| rd. 15,0 m | Sande | locker bis mitteldicht | lokal auch dicht gelagerte Sande |
| rd. 17,0 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | Torf, Schluffe, Wattsande, Mischwatt, Ton, Klei |
| rd. 22,0 m | schluffige Sande | locker bis mitteldicht | lokal auch dicht gelagerte Sande |
| rd. 26,0 m | schluffige Sande | locker bis mitteldicht | - |
| rd. 30,0 m | Schluffe | weich bis steif | - |
| rd. 35,0 m | Sande / Schluffe | locker bis mitteldicht / steif | lokal auch dicht gelagerte Sande |
| Hinweis: bis in t = 6,0 bzw. 10,0 m bis 30,0 m direkt erkundet | | | |

Tabelle 7 Vereinfachter Baugrundaufbau - WEA 3

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | Lagerungsdichte / Konsistenz / Zersetzungsgrad | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Standort WEA 3 und Kranstandort WEA 3 (vereinfacht zusammengefasst) | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | halbfest | künstlich umgelagerte Kleischichtungen |
| rd. 4,0 m | Weichschichten | weich / stark zersetzt | Mischwatt, Torf, Klei |
| rd. 6,0 m | Sande | locker bis mitteldicht | - |
| rd. 17,0 m | Lauenburger Ton / Geschiebemergel | steif | Wechsellagerungen aus Lauenburger Ton und Geschiebemergel, bereichsweise Sande bis in t = 7,5 m |
| rd. 21,0 m | | halbfest | Wechsellagerungen aus Lauenburger Ton und Geschiebemergel, bereichsweise höher beginnende Sande |
| rd. 27,0 m | Sande | dicht bis sehr dicht | - |
| rd. 30,0 m | | dicht bis sehr dicht | bereichsweise nur dicht |
| Hinweis: bis in t = 6,0 bzw. 10,0 m bis 30,0 m direkt erkundet | | | |

Tabelle 8 Vereinfachter Baugrundaufbau - WEA 4

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | Lagerungsdichte / Konsistenz / Zersetzungsgrad | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Standort WEA 4 | | | |
| rd. 0,2 m | Auffüllungen | halbfest | künstlich umgelagerte Kleischichtungen |
| rd. 2,5 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | Klei, Torf, Mischwatt, |
| rd. 4,5 m | Sande | locker | schluffig |
| rd. 6,0 m | Sande | locker bis mitteldicht | - |
| rd. 8,0 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | Schluffe, Klei, Torf, Mischwatt |
| rd. 15,0 m | oberen Sande | mitteldicht bis sehr dicht | - |
| rd. 19,5 m | | locker bis mitteldicht | schluffige obere Sande |
| rd. 26,0 m | | dicht bis sehr dicht | tw. inkl. Übergangsbereich zum Torf |
| rd. 28,5 m | Torf | sehr stark zersetzt | tw. Sande |
| rd. 30,0 m | unteren Sande | sehr dicht | - |
| Hinweis: bis in t = 10,0 m bis 30,0 m direkt erkundet | | | |
| Kranstandort WEA 4 | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | halbfest | künstlich umgelagerte Kleischichtungen |
| rd. 3,5 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | Klei, Torf, Mischwatt, |
| rd. 7,5 m | Sande | locker | - |
| rd. 9,5 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | Schluffe, Klei, Torf, Mischwatt, |
| rd. 14,0 m | oberen Sande | mitteldicht bis sehr dicht | - |
| rd. 15,5 m | | locker | schluffige obere Sande |
| rd. 18,0 m | | dicht bis sehr dicht | - |
| rd. 20,0 m | | locker bis mitteldicht | - |
| rd. 28,0 m | Torf (Sand) | sehr stark zersetzt | Torf-Sand-Gemisch (Grundlage B WEA 4 Anlage); ggf. Schluff-Ton-Gemisch; vorsorglich ungünstig angesetzt, da keine tiefere Bohrung vorliegt |
| rd. 30,0 m | unteren Sande | sehr dicht | - |
| Hinweis: bis in t = 6,0 m direkt erkundet | | | |

Tabelle 9 Vereinfachter Baugrundaufbau - WEA 5 Verweyen

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | Lagerungsdichte / Konsistenz / Zersetzungsgrad | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Standort WEA 5 Verweyen | | | |
| rd. 2,1 m | Auffüllungen | steif | künstlich umgelagerte Kleischichtungen |
| rd. 5,0 m | Weichschichten | weich / mäßig zersetzt bis stark zersetzt | Torf, Schluffe, Klei, Mischwatt |
| rd. 6,5 m | Sande | locker bis mitteldicht | - |
| rd. 8,0 m | Weichschichten | steif / mäßig zersetzt bis stark zersetzt | Schluffe, Torf, Schluffe, Klei, Mischwatt |
| rd. 8,5 m | Sande | mitteldicht | - |
| rd. 14,0 m | Schluffschichten | steif bis halbfest | *Bodenindex nur 2 %* |
| rd. 17,5 m | Sande | mitteldicht bis dicht | - |
| rd. 27,0 m | | dicht bis sehr dicht | - |
| rd. 30,0 m | | mitteldicht bis dicht | - |
| Hinweis: bis in t = 10,0 m bis 30,0 m direkt erkundet | | | |

Tabelle 10 Vereinfachter Baugrundaufbau - WEA 1 Verweyen >Fortsetzung<

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | Lagerungsdichte / Konsistenz / Zersetzungsgrad | Bemerkungen |
|---|---|---|---|
| Kranstandort WEA 5 Verweyen | | | |
| rd. 0,8 m | Auffüllungen | steif | künstlich umgelagerte Kleischichtungen |
| rd. 4,5 m | Weichschichten | weich / mäßig zersetzt bis stark zersetzt | Torf, Schluffe, Klei, Mischwatt |
| rd. 7,5 m | Sande | locker bis mitteldicht | - |
| rd. 8,5 m | Weichschichten | steif / mäßig zersetzt bis stark zersetzt | Schluffe, Torf, Schluffe, Klei, Mischwatt |
| rd. 9,5 m | Sande | mitteldicht | - |
| rd. 19,0 m | Schluffschichten | steif bis halbfest | *Bodenindex nur 2 %,* bereichsweise mitteldicht gelagerte Sande |
| rd. 25,5 m | Sande | mitteldicht bis dicht | tw. sehr dicht |
| rd. 27,5 m | | sehr dicht | - |
| Hinweis: bis in t = 6,0 m direkt erkundet | | | |

In den oben aufgeführten Tabellen wurden die Angaben für die WEA-Standort und den Kranstandort bei eher geringen Abweichungen zusammengefasst und sehr großen Abweichungen getrennt betrachtet.

## 3.5 Hydrogeologische Angaben

### 3.5.1 Angetroffene Grundwasserverhältnisse

Während der Bohrarbeiten im April bis August 2023 wurden im Bereich der Anlagenstandorte der geplanten Windenergieanlagen Wasserstände von rd. 0,1 bis 2,3 m unter Ansatzpunkt gemessen (vgl. Tabellen 11 und 12).

Tabelle 11 Während der Bohrarbeiten festgestellte Wasserstände

| Standort | Aufschluss | Ansatzhöhe | Wasserstand | | Datum |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | u. Ansatz-punkt | bez. auf NHN | |
| WEA 1 | B WEA 1 Anlage | NHN + 0,90 m | 2,00 m | NHN - 1,10 m | 08.08.2023 |
| | BS WEA 1 Anlage | NHN + 0,92 m | 1,60 m | NHN - 0,68 m | 22.05.2023 |
| | BS WEA 1 Kran 1 | NHN + 0,88 m | 0,80 m | NHN + 0,08 m | 17.05.2023 |
| | BS WEA 1 Kran 2 | NHN + 0,79 m | 1,10 m | NHN - 0,31 m | 17.05.2023 |
| | BS WEA 1 Kran 3 | NHN + 0,74 m | 0,40 m | NHN + 0,34 m | 17.05.2023 |
| | BS WEA 1 Kran 4 | NHN + 0,82 m | 1,20 m | NHN - 0,38 m | 17.05.2023 |
| WEA 2 | B WEA 2 Anlage | NHN + 0,81 m | 2,20 m | NHN - 1,39 m | 08.08.2023 |
| | BS WEA 2 Anlage | NHN + 0,85 m | 0,55 m | NHN + 0,30 m | 16.05.2023 |
| | BS WEA 2 Kran 1 | NHN + 0,84 m | 1,40 m | NHN - 0,56 m | 15.05.2023 |
| | BS WEA 2 Kran 2 | NHN + 0,85 m | 1,20 m | NHN - 0,35 m | 15.05.2023 |
| | BS WEA 2 Kran 3 | NHN + 0,88 m | 0,85 m | NHN + 0,03 m | 16.05.2023 |
| | BS WEA 2 Kran 4 | NHN + 0,73 m | 0,55 m | NHN + 0,18 m | 16.05.2023 |

Tabelle 12 Während der Bohrarbeiten festgestellte Wasserstände >Fortsetzung<

| Standort | Aufschluss | Ansatzhöhe | Wasserstand | | Datum |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | u. Ansatzpunkt | bez. auf NHN | |
| WEA 3 | B WEA 3 Anlage | NHN + 0,75 m | 1,50 m | NHN - 0,75 m | 10.07.2023 |
| | BS WEA 3 Anlage | NHN + 0,69 m | 0,80 m | NHN - 0,11 m | 01.06.2023 |
| | BS WEA 3 Kran 1 | NHN + 0,75 m | 1,50 m | NHN - 0,75 m | 09.05.2023 |
| | BS WEA 3 Kran 2 | NHN + 0,78 m | 1,10 m | NHN - 0,32 m | 09.05.2023 |
| | BS WEA 3 Kran 3 | NHN + 0,86 m | nicht messbar | | 09.05.2023 |
| | BS WEA 3 Kran 4 | NHN + 0,84 m | 0,95 m | NHN - 0,11 m | 09.05.2023 |
| WEA 4 | B WEA 4 Anlage | NHN + 0,73 m | 2,20 m | NHN - 1,47 m | 06.07.2023 |
| | BS WEA 4 Anlage | NHN + 0,76 m | 0,80 m | NHN - 0,04 m | 10.05.2023 |
| | BS WEA 4 Kran 1 | NHN + 0,53 m | 0,10 m | NHN + 0,43 m | 10.05.2023 |
| | BS WEA 4 Kran 2 | NHN + 0,73 m | 0,70 m | NHN + 0,03 m | 10.05.2023 |
| | BS WEA 4 Kran 3 | NHN + 0,66 m | 0,80 m | NHN - 0,14 m | 10.05.2023 |
| | BS WEA 4 Kran 4 | NHN + 0,74 m | 0,70 m | NHN + 0,04 m | 10.05.2023 |
| WEA 5 Verweyen | B WEA 5 Verw. Anlage | NHN + 0,61 m | 2,30 m | NHN - 1,69 m | 16.08.2023 |
| | BS WEA 5 Verw. Anlage | NHN + 0,60 m | 1,70 m | NHN - 1,10 m | 05.07.2023 |
| | BS WEA 5 Verw. Kran 1 | NHN + 0,61 m | 1,60 m | NHN - 0,99 m | 06.07.2023 |
| | BS WEA 5 Verw. Kran 2 | NHN + 0,60 m | 1,80 m | NHN - 1,20 m | 06.07.2023 |
| | BS WEA 5 Verw. Kran 3 | NHN + 0,88 m | 1,95 m | NHN - 1,07 m | 06.07.2023 |
| | BS WEA 5 Verw. Kran 4 | NHN + 0,72 m | 1,50 m | NHN - 0,78 m | 05.07.2023 |

### 3.5.2 Schwankungsbereich der Grundwasserstände, Bemessungswasserstand

Nach den *hydrogeologischen Übersichtskarten* des *Niedersächsischen Landesamtes für Bergbau, Energie und Geologie* (LBEG) ist der mittlere Grundwasserstand im Bereich des Bauvorhabens auf einer Höhenkote von rd. NHN ± 0,0 m bis NHN + 1,0 m zu erwarten. Bei einer gemittelten Geländehöhe im Bereich der Baugrunderkundungen bzw. im Bereich des umgebenden Geländeniveaus von ungefähr NHN + 0,8 m entspricht dies einem Grundwasserflurabstand von rd. 0,0 m bis 0,8 m.

Bei diesen Werten ist zu berücksichtigen, dass es sich in den Bereichen der tonigen Schluff und den Tonschichtungen (vgl. WEA 1 und WEA 5) und den Wechsellagerungen aus Lauenburger Ton und Geschiebemergel (vgl. WEA 3) nicht um den möglichen, oberflächennahen Stauwasserhorizont, sondern vielmehr um die Grundwasserdruckhöhe des Grundwasserleiters unterhalb der wassersperrend wirkenden Schichten aus tonigen Schluffen und Ton, Lauenburger Ton und Geschiebemergel handeln dürfte. Sollten die tonigen Schluffe und Tone sowie die Wechsellagerungen aus Lauenburger Ton und Geschiebemergel jedoch nur lokal vorhanden sein und keine durchgängigen Horizonte ausbilden, muss in Teilbereichen mit einem sogenannten „schwebenden Grundwasserstockwerk“ gerechnet werden. Das Grundprinzip von „schwebendem Grundwasser“ wird in der nachfolgenden Darstellung nochmal verdeutlicht:

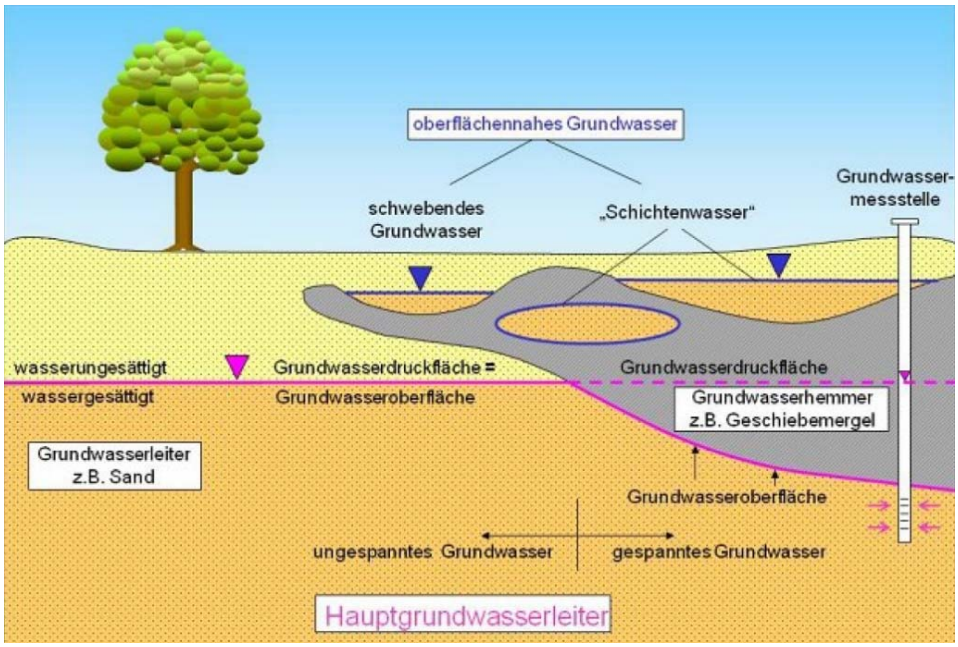



Abb. 1: Hydrogeologische Begriffe (Quelle: Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit)

In und nach niederschlagsreichen Perioden muss mit einem Anstieg der Wasserstände gerechnet werden. Das Maß dieses Anstiegs ist im Wesentlichen von den lokalen hydrogeologischen und hydrologischen Randbedingungen abhängig und lässt sich anhand der stichprobenartigen Wasserstandmessungen in den Bohrlöchern ohnehin nicht abschließend beurteilen. Gleichwohl ist davon auszugehen, dass sich das Wasser in niederschlagsreichen Zeiten zumindest vorübergehend innerhalb und auf den praktisch wasserundurchlässigen bindigen bzw. gemischtkörnigen und humosen Bodenschichtungen aufstaut.

Auf Basis der bisher vorliegenden Erkenntnisse aus den Baugrunderkundungen und den im Übrigen vorliegenden Messwerten des LBEG, empfehlen wir im Bereich aller Anlagenstandorte der geplanten Windenergieanlagen einen vorläufigen Bemessungswasserstand (temporäres Stauwasser) bei etwa NHN + 0,8 m bzw. bei der jeweiligen Geländeoberkante anzusetzen. Die Windenergieanlagen sind somit für den vollen Auftrieb zu bemessen.

Für Bauzustände sind gegebenenfalls auch geringere Bemessungswasserstände denkbar, sofern diese über eine Wasserhaltung (redundantes System) sichergestellt werden können und deren Auswirkungen auf das Umfeld vertretbar sind bzw. hingenommen werden können.

Hinsichtlich der erforderlichen Erd- und Gründungsarbeiten - insbesondere bei tief reichenden Baugruben - wird darauf hingewiesen, dass das Grundwasser unterhalb der bindigen bzw. gemischtkörnigen und humosen Böden gespannt anstehen kann.

### 3.5.3 Betonaggressivität des Grundwassers

Eine Bestimmung des Betonangriffsgrades des Grundwassers nach DIN 4030 (vgl. Anlage 8) durch ein chemisches Labor ergab für alle Anlagenstandorte (WEA 1, WEA 2, WEA 3, WEA 4 und WEA 5 Verweyen), dass das Wasser als schwach betonangreifend eingestuft werden kann. Dies entspricht der Expositionsklasse XA1.

## 3.6 Ergebnisse der Laboruntersuchungen

Aus den Bohrungen wurden insgesamt 393 gestörte Bodenproben gewonnen und im bodenmechanischen Labor vom Gutachter visuell begutachtet. Anhand der Bodenansprache wurde die bautechnische Klassifizierung im bodenmechanischen Labor überprüft und bei der Erstellung der Bohrprofile berücksichtigt.

### 3.6.1 Korngrößenverteilung

An einzelnen Bodenprobenwurde die Korngrößenverteilung mit Hilfe von Nasssiebungen bestimmt (vgl. Anlage 5). Die Ergebnisse der ermittelten Korngrößenverteilungen sind in Tabelle 13 enthalten.

Tabelle 13 Ergebnisse der Siebanalysen

| Ansatzpunkt / Probe | Tiefe u. GOK | Bodenart | Feinkorn-anteil | Boden-gruppe | Durchlässig-keit (n. Hazen oder Kaubisch) |
|---|---|---|---|---|---|
| B WEA 5 Verw. Anlage / K 3 | 16,00 bis 17,00 m | Sand | 10,0 % | SU | 4,8 x $10^{-5}$ m/s |
| B WEA 2 Anlage / K 3 | 27,00 bis 28,00 m | Sand + Schluff | 48,4 % | SU* / UL | 5,9 x $10^{-9}$ m/s |
| B WEA 3 Anlage / B 5 | 5,00 bis 6,00 m | schluffiger Sande | 12,4 % | SU | 1,0 x $10^{-5}$ m/s |
| B WEA 3 Anlage / B 20 | 23,00 bis 24,00 m | Sand | 11,2 % | SU | 1,4 x $10^{-5}$ m/s |
| B WEA 4 Anlage / B 23 | 23,00 bis 24,00 m | schluffiger Sand | 35,5 % | SU* | 6,0 x $10^{-8}$ m/s |

### 3.6.2 Wassergehalt und Glühverlust

An ausgewählten Proben wurden zudem der Wassergehalt und der Glühverlust bestimmt (vgl. Tabellen 14 und 15). Die ermittelten Wassergehalte und Glühverluste sind in der nachfolgenden Tabelle zusammengestellt.

Tabelle 14 Ergebnisse der Wassergehalt- und Glühverlustanalysen

| Ansatzpunkt / Probe | Tiefe u. GOK | Bodenart | zugeordnete Konsistenz | Wasser-gehalt [%] | Glüh-verlust [%] |
|---|---|---|---|---|---|
| BS WEA 1 Anlage / GP 12 | 7,65 bis 8,25 m | Schluff | weich | 30,9 | - |
| BS WEA 1 Kran 2 / GP 2 | 0,50 bis 1,60 m | Klei | weich bis steif | 30,6 | - |
| BS WEA 1 Kran 3 / GP 4 | 2,00 bis 2,60 m | Klei | weich | 78,4 | - |
| BS WEA 1 Kran 3 / GP 7 | 4,00 bis 5,10 m | Klei | weich | 56,5 | - |
| B WEA 1 Anlage / B 28 | 29,00 bis 30,00 m | humoser Schluff | steif | 42,1 | 12,9 |
| B WEA 1 Anlage / K 1 | 4,00 bis 5,00 m | Mischwatt | weich bis steif | 38,5 | - |
| BS WEA 2 Anlage / GP 14 | 9,50 bis 10,00 m | Ton | steif bis halbfest | 47,9 | - |
| BS WEA 2 Kran 2 / GP 8 | 4,25 bis 4,70 m | Torf | - | 244,0 | 48,2 |
| BS WEA 2 Kran 4 / GP 5 | 2,75 bis 3,65 m | Mischwatt | weich bis steif | 41,4 | - |
| B WEA 2 Anlage / K 3 | 27,00 bis 28,00 m | Sand + Schluff | - | 25,6 | - |
| BS WEA 3 Kran 1 / GP 5 | 2,90 bis 3,50 m | Torf | - | 287,2 | 47,6 |
| BS WEA 3 Kran 2 / GP 4 | 1,60 bis 2,30 m | Mischwatt | weich bis steif | 37,0 | - |

Tabelle 15 Ergebnisse der Wassergehalt- und Glühverlustanalysen >Fortsetzung<

| Ansatzpunkt / Probe | Tiefe u. GOK | Bodenart | zugeordnete Konsistenz | Wasser-gehalt [%] | Glüh-verlust [%] |
|---|---|---|---|---|---|
| B WEA 3 Anlage / B 5 | 5,00 bis 6,00 m | schluffiger Sand | - | 27,1 | - |
| B WEA 3 Anlage / B 8 | 8,00 bis 9,00 m | Geschiebemergel | steif | 17,1 | - |
| B WEA 3 Anlage / B 17 | 19,30 bis 20,80 m | Geschiebemergel | halbfest | 14,8 | - |
| B WEA 3 Anlage / B 20 | 23,00 bis 24,00 m | Sand | - | 17,2 | - |
| BS WEA 3 Kran 2 / GP 6 | 2,80 bis 3,20 m | Torf | - | 298,7 | 50,8 |
| BS WEA 4 Kran 1 / GP 1 | 0,00 bis 0,20 m | Auffüllung (Klei) | weich bis steif | 68,9 | - |
| BS WEA 4 Kran 1 / GP 4 | 2,00 bis 2,80 m | Torf | - | 401,2 | 54,4 |
| BS WEA 4 Kran 4 / GP 5 | 2,30 bis 3,05 m | Torf | - | 107,8 | 23,6 |
| B WEA 4 Anlage / B 23 | 23,00 bis 24,00 m | schluffiger Sand | - | 22,0 | - |
| B WEA 4 Anlage / RK 3 | 27,00 bis 27,50 m | Torf | - | 197,9 | 68,6 |
| B WEA 4 Anlage / RK 3 | 27,00 bis 27,50 m | Torf | - | 175,4 | - |
| B WEA 4 Anlage / B 27/28 | 28,00 bis 29,00 m | Torf | - | 101,4 | 39,2 |
| BS WEA 5 V Kran 1 / GP 4 | 2,00 bis 3,00 m | Mischwatt | weich | 40,6 | - |
| BS WEA 5 V Kran 1 / GP 6 | 3,70 bis 4,15 m | Torf | - | 418,9 | 75,6 |
| BS WEA 5 V Kran 3 / GP 3 | 0,80 bis 1,90 m | Klei | steif bis halbfest | 38,0 | - |
| B WEA 5 V Anlage / K 2 | 11,00 bis 12,00 m | toniger Schluff | steif | 22,4 | - |
| B WEA 5 V Anlage / K 3 | 16,00 bis 17,00 m | Sand | - | 15,6 | - |
| B WEA 5 V Anlage / B 11 | 12,00 bis 12,75 m | humoser Schluff | steif | 20,0 | 6,7 |
| B WEA 5 V Anlage / B 25 | 28,00 bis 28,80 m | humoser Sand | - | 59,9 | 27,7 |

Die Probe B WEA 4 Anlage RK 3 wurde einer Wiederholungsprüfung unterzogen. Hintergrund: Der zunächst festgestellte Wassergehalt schien aufgrund der Tiefenlage und der damit verbundenen, geologischen Auflast relativ hoch zu sein. Das Ergebnis der Wiederholungsuntersuchung bestätigt allerdings in der Größenordnung die vorangegangene Auswertung.

### 3.6.3 Laborflügelsondierungen (undränierte Kohäsion)

An fünf exemplarischen Bodenproben wurden die undränierten Scherparameter mittels Laborflügelsondierung bestimmt (vgl. Tabelle 16). Die Ergebnisse der Auswertungen können der Anlage 6 entnommen werden.

Tabelle 16 Bestimmung der Scherversuche (Laborflügelsondierung)

| Ansatzpunkt | Tiefe u. GOK [m] | Benennung nach EAK | Wassergehalt | undrain. Kohäsion |
|---|---|---|---|---|
| | | | w in % | $c_u$ [kN/m²] |
| B WEA 1 Anlage / UP 2 | 19,75 bis 20,00 m | toniger Schluff | 16,0 | 338,36 *(1,23)* |
| B WEA 2 Anlage / UP 1 | 3,75 bis 4,00 m | Mischwatt | 59,4 | 4,90 *(1,01)* |
| B WEA 2 Anlage / UP 2 | 9,75 bis 10,00 m | toniger Schluff | 37,3 | 37,44 *(0,97)* |
| B WEA 3 Anlage / UP 3 | 17,75 bis 18,00 m | Geschiebemergel | 12,9 | 510,76 *(1,21)* |
| B WEA 5 V Anlage / UP 2 | 9,75 bis 10,00 m | toniger Schluff | 25,0 | 56,98 *(1,09)* |
| Klammerwert: Korrekturbeiwert | | | | |

### 3.6.4 Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen)

An fünf exemplarischen Bodenproben wurden die Konsistenzgrenzen sowie die Fließgrenzen bestimmt (vgl. Anlage 7). Die Ergebnisse wurden in der Tabelle 17 zusammengefasst.

Tabelle 17 Bestimmung der Konsistenzgrenzen

| Ansatzpunkt / Probe | Tiefe u. GOK [m] | Benennung nach EAK | Wassergehalt | | | Plastizitäts-zahl | Konsistenz-zahl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $w_n$ in % | $w_l$ in % | $w_p$ in % | $I_p$ in % | $I_c$ in 1 |
| B WEA 1 Anlage / UP 2 | 19,75 bis 20,00 m | toniger Schluff | 16,0 | 27,2 | 15,1 | 12,1 | 0,93 |
| B WEA 2 Anlage / UP 1 | 3,75 bis 4,00 m | Mischwatt | 59,4 | 42,1 | 19,5 | 22,6 | - 0,76 |
| B WEA 2 Anlage / UP 2 | 9,75 bis 10,00 m | toniger Schluff | 37,3 | 45,9 | 20,0 | 25,9 | 0,33 |
| B WEA 3 Anlage / UP 3 | 17,75 bis 18,00 m | Geschiebe-mergel | 12,9 | 28,4 | 14,3 | 14,1 | 1,10 |
| B WEA 5 V Anlage / UP 2 | 9,75 bis 10,00 m | Mischwatt | 25,0 | 35,7 | 17,2 | 18,5 | 0,58 |

Bei der Bestimmung der Zustandsgrenzen ergaben sich gemäß Handansprache abweichende Konsistenzen an den tonigen Schluff- und Mischwattproben. Teilweise (z.B. Probe B WEA 2 Anlage UP 1) ergeben sich unrealistisch große Abweichungen. Erfahrungsgemäß ist der Unterschied auf erhöhte organische Bestandteile und die Bodenstruktur der vorliegenden Bodenarten zurückzuführen, die einen starken Einfluss auf die Plastizität haben. Die endgültige Zuordnung der Konsistenzen erfolgte daher nach einer erneuten Begutachtung der Bodenprobe im Labor.

## 3.7 Bautechnische Eigenschaften der angetroffenen Bodenarten

Zur bautechnischen Klassifizierung und zur Beurteilung der angetroffenen Bodenarten hinsichtlich der erforderlichen Erdarbeiten sind in den Tabellen 18 und 19 die Bodengruppen und Bodenklassen angegeben.

Tabelle 18 Bodengruppen und Bodenklassen

| Bodenart | Bodengruppe nach DIN 18196 | Bodenklasse nach DIN 18300:2012 |
|---|---|---|
| Auffüllungen (Klei) | A / [TA] / [UL] | 4 [1) 2) 3)] |
| Weichschichten (Klei) | OT / TA / UL | 4 [1) 2) 3)] |
| Weichschichten (Mischwatt) | TA / UL / UM | 4 [1) 2) 3)] |
| Weichschichten (Wattsande) | SU / SU* | 3, 4 [1)] |
| Weichschichten (Torf) | HN / HZ | 2 |
| Weichschichten (Schluffe) | OU / TA / UA / UL | 4 [1) 2) 3)] |
| Schluff-Ton-Gemisch | UA / TA / UM / TM | 4 [1) 2) 3)] |
| Sande (Wechsellagerungen) | SE / SU / SU* / OH | 3, 4 [1)] |
| Schluffe | UA / UL / OU | 4 [1) 2) 3)] |
| Sande | SE / SU / SU* / OH | 3, 4 |

Tabelle 19 Bodengruppen und Bodenklassen >Fortsetzung<

| Bodenart | Bodengruppe nach DIN 18196 | Bodenklasse nach DIN 18300:2012 |
|---|---|---|
| Lauenburger Ton | TA | 4 [1) 2) 3)] |
| Geschiebemergel | SU* | 4 [1) 2) 3)] |
| Torf | HN / HZ | 2 |

1) bei Wasserzutritt und dynamischer Beanspruchung auch Bodenklasse 2
2) bei den Bohrungen können Steinanteile nicht ermittelt werden, mit mehr als 30 % Steinen auch Bodenklasse 5
3) bei annähernd halbfester Konsistenz auch Bodenklasse 5 und bei annähernd fester Konsistenz auch Bodenklasse 6

## 3.8 Bodenmechanische Kennziffern

Die aufgeführten bodenmechanischen Kennziffern wurden auf der Grundlage der Ergebnisse der Aufschlussbohrungen und der Drucksondierungen unter Berücksichtigung unserer Erfahrungen mit vergleichbaren Bodenarten sowie der Laborversuche festgelegt.

Tabelle 20 Bodenmechanische Kennziffern (charakteristisch)

| Bodenart | Konsistenz / Lagerungsdichte (Sonstiges) | Wichte | | Scherparameter | | Steifemodul |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\gamma$ | $\gamma'$ | $\varphi'$ | c' | $E_s$ |
| | | [kN/m³] | | [°] | [kN/m²] | [MN/m²] |
| Auffüllungen (Klei) | - | 17 - 19 | 7 - 9 | keine bautechnische Verwendung | | |
| Klei | weich | 15 | 5 | 17,5 | 10 | 1 |
| | steif | 15,5 | 5,5 | 20 | 15 | 2 bis 3 |
| | halbfest | 16 | 6 | 20 | 20 | 3 bis 5 |
| Mischwatt | weich | 16 | 6 | 22,5 | 2,5 | 2 bis 4 |
| | steif | 17 | 7 | 25 | 5 | 4 bis 6 |
| | halbfest | 18 | 8 | 25 | 7,5 | 6 bis 8 |
| Wattsande | (sehr) locker | 17 | 9 | 27,5 | - | 5 bis 10 |
| Torf | - | 11 - 13 | 1 - 3 | 15 | 5 | 0,3 bis 1,0 |
| Schluffe | weich | 18 | 8 | 25 | 2,5 | 4 bis 6 |
| | steif | 19 | 9 | 25 | 5 | 6 bis 9 |
| | halbfest | 20 | 10 | 25 | 7,5 | 9 bis 12 |
| humose Schluffe | weich | 16 | 6 | 25 | 5 | 1 bis 2 |
| | steif | 17 | 7 | 25 | 7,5 | 2 bis 4 |
| | halbfest | 18 | 8 | 25 | 10 | 4 bis 6 |
| sandige Schluffe | weich | 18 | 8 | 27,5 | 2,5 | 4 bis 6 |
| | steif | 19 | 9 | 27,5 | 5 | 8 bis 10 |
| | halbfest | 20 | 10 | 27,5 | 10 | 10 bis 15 |
| tonige Schluffe | weich | 18 | 8 | 25 | 5 | 2 bis 4 |
| | steif | 19 | 9 | 25 | 7,5 | 4 bis 8 |
| | halbfest | 20 | 10 | 25 | 10 | 10 bis 20 |
| Tone | steif | 18 | 8 | 22,5 | 15 | 5 bis 10 |
| | halbfest | 19 | 9 | 22,5 | 20 | 10 bis 12 |

Tabelle 21 Bodenmechanische Kennziffern (charakteristisch) >Fortsetzung<

| **Bodenart** | **Konsistenz / Lagerungsdichte** (Sonstiges) | **Wichte** | | **Scherparameter** | | **Steifemodul** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $\gamma$ | $\gamma'$ | $\varphi'$ | c' | $E_s$ |
| | | [kN/m³] | | [°] | [kN/m²] | [MN/m²] |
| Sande | locker | 18 | 10 | 30 | - | 20 bis 30 |
| | mitteldicht | 18,5 | 10,5 | 32,5 | - | 30 bis 50 |
| | dicht | 19 | 11 | 35 | - | 50 bis 70 |
| | sehr dicht | 19 | 11 | 37,5 | - | 70 bis 100 |
| humose Sande | locker | 18 | 10 | 27,5 | - | 5 bis 20 |
| | mitteldicht | 18,5 | 10,5 | 30 | - | 20 bis 35 |
| | dicht | 19 | 11 | 32,5 | - | 35 bis 50 |
| schluffige Sande | locker | 18 | 10 | 27,5 | - | 10 bis 20 |
| | mitteldicht | 18,5 | 10,5 | 30 | - | 20 bis 40 |
| | dicht | 19 | 11 | 32,5 | - | 40 bis 60 |
| Lauenburger Ton | steif | 18 | 8 | 22,5 | 15 | 5 bis 10 |
| | halbfest | 19 | 9 | 22,5 | 20 | 10 bis 12 |
| Geschiebemergel | steif | 21 | 11 | 27,5 | 7,5 | 10 bis 15 |
| | halbfest | 22 | 12 | 27,5 | 10 | 15 bis 20 |
| Füllsand (SE / SW) | mitteldicht (verdichtet) | 19 | 11 | 32,5 | - | 40 bis 60 |

Die Steifemoduln sind in Abhängigkeit vom jeweiligen Belastungsbereich anzusetzen. Anhand von zusätzlichen Erkenntnissen können sich Änderungen bei den Kennziffern ergeben.

Die Querdehnungszahl für die anstehenden Sande kann mit $\nu$ = 0,30 bis 0,35 angesetzt werden. Für die bindigen bzw. gemischtkörnigen und humosen Böden ist die Größenordnung von $\nu$ = 0,40 bis 0,50 zu berücksichtigen. Gemäß Grundbautaschenbuch (Teil 1, 4. Auflage, Seite 242) ermittelt sich der statische Steifemodul aus dem Spitzenwiederstand einer Drucksondierung wie folgt:

$$\mathbf{E_s = ß \times q_C}$$

Darin sind:

| | |
|---|---|
| $E_s$ | Steifemodul statisch in kN/m² |
| ß | Faktor für bindige Böden und für nichtbindige Böden |
| $q_C$ | Spitzenwiderstand der Drucksondierung in kN/m² |

Aus der oben angegebenen Beziehung sowie einem Abgleich mit unseren Erfahrungswerten ergeben sich für die Bodenschichten auf der Grundlage der jeweils ungünstigeren Bohr- bzw. Drucksondierbereiche vereinfacht die in den nachfolgenden Tabellen aufgeführten Steifemoduln.

Tabelle 22 Steifemoduln - WEA 1

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | | Spitzenwider-stand $q_c$ | Steifemodul [kN/m²] | Steifemodul [kN/m²] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $E_s^{Stat}$ | $E_s^{Dyn}$ |
| Standort WEA 1 | | | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | halbfest | rd. < 1 bis 3 MN/m² | - | - |
| rd. 6,0 m | Weichschichten | weich bis steif / stark bis sehr stark zersetzt | rd. < 1 bis 4 MN/m² | 300 | 1500 |
| rd. 7,5 m | Sande | locker bis mitteldicht | rd. 3 bis 16 MN/m² | 20.000 | 60.000 |
| rd. 9,5 m | Weichschichten | weich bis steif / stark bis sehr stark zersetzt | rd. < 1 MN/m² | 2.000 | 10.000 |
| rd. 12,0 m | Sande | mitteldicht bis dicht | rd. 8 bis 22 MN/m² | 50.000 | 150.000 |
| rd. 30,0 m | Schluffe | halbfest | rd. 1 bis 30 MN/m² | 12.000 | 60.000 |
| Kranstandort WEA 1 | | | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | halbfest | rd. < 1 bis 2 MN/m² | - | - |
| rd. 5,5 m | Weichschichten | weich bis steif / stark bis sehr stark zersetzt | rd. < 1 bis 3 MN/m² | 300 | 1500 |
| rd. 8,0 m | Sande | locker | rd. 1 bis 17 MN/m² | 20.000 | 60.000 |
| rd. 9,5 m | Weichschichten | weich bis steif / stark bis sehr stark zersetzt | rd. < 1 MN/m² | 2.000 | 10.000 |
| rd. 11,5 m | Sande | mitteldicht bis dicht | rd. 12 bis 24 MN/m² | 50.000 | 150.000 |
| rd. 25,5 m | Schluffe | halbfest | rd. 1 bis 10 MN/m² | 12.000 | 60.000 |
| rd. 30,0 m | Sande / Schluffe | dicht bis sehr dicht | rd. 5 bis 37 MN/m² | 70.000 | 210.000 |

Tabelle 23 Steifemoduln - WEA 2

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | | Spitzenwider-stand $q_c$ | Steifemodul [kN/m²] | Steifemodul [kN/m²] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $E_s^{Stat}$ | $E_s^{Dyn}$ |
| Standort WEA 2 und Kranstandort WEA 2 (vereinfacht zusammengefasst) | | | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | steif | rd. < 1 bis 2 MN/m² | - | - |
| rd. 5,0 m | Weichschichten | weich / stark bis sehr stark zersetzt | rd. < 1 bis 3 MN/m² | 300 | 1500 |
| rd. 8,5 m | Sande | locker bis mitteldicht | rd. 1 bis 22 MN/m² | 25.000 | 75.000 |
| rd. 12,0 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | rd. < 1 bis 4 MN/m² | 300 | 1500 |
| rd. 15,0 m | Sande | locker bis mitteldicht | rd. 1 bis 22 MN/m² | 30.000 | 90.000 |
| rd. 17,0 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | rd. < 1 bis 7 MN/m² | 2.000 | 10.000 |
| rd. 22,0 m | schluffige Sande | locker bis mitteldicht | rd. 2 bis 28 MN/m² | 20.000 | 60.000 |
| rd. 26,0 m | schluffige Sande | locker bis mitteldicht | rd. 3 bis 16 MN/m² | 30.000 | 90.000 |
| rd. 30,0 m | Schluffe | weich bis steif | rd. 2 bis 15 MN/m² | 6.000 | 30.000 |
| rd. 35,0 m | Sande / Schluffe | locker bis mitteldicht / steif | rd. 2 bis 16 MN/m² | 30.000 [1)]<br>9.000 [2)] | 90.000 [1)]<br>45.000 [2)] |
| | | | | [1)] Ansatz für WEA<br>[2)] Ansatz für Kranstellfläche | |

Tabelle 24 Steifemoduln - WEA 3

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | | Spitzenwider-stand $q_c$ | Steifemodul [kN/m²] | Steifemodul [kN/m²] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $E_s^{Stat}$ | $E_s^{Dyn}$ |
| Standort WEA 3 und Kranstandort WEA 3 (vereinfacht zusammengefasst) | | | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | halbfest | rd. < 1 MN/m² | - | - |
| rd. 4,0 m | Weichschichten | weich / stark zersetzt | rd. < 1 bis 2 MN/m² | 300 | 1500 |
| rd. 6,0 m | Sande | locker bis mitteldicht | rd. 1 bis 22 MN/m² | 20.000 | 60.000 |
| rd. 17,0 m | Lauenburger Ton / Geschiebemergel | steif | rd. 1 bis 10 MN/m² | 10.000 | 50.000 |
| rd. 21,0 m | | halbfest | rd. 4 bis 19 MN/m² | 12.000 | 60.000 |
| rd. 27,0 m | Sande | dicht bis sehr dicht | rd. 23 bis 45 MN/m² | 100.000 | 300.000 |
| rd. 30,0 m | Sande | dicht bis sehr dicht | rd. 13 bis 40 MN/m² | 70.000 | 210.000 |

Tabelle 25 Steifemoduln - WEA 4

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | | Spitzenwider-stand $q_c$ | Steifemodul [kN/m²] | Steifemodul [kN/m²] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $E_s^{Stat}$ | $E_s^{Dyn}$ |
| Standort WEA 4 | | | | | |
| rd. 0,2 m | Auffüllungen | halbfest | rd. < 1 MN/m² | - | - |
| rd. 2,5 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | rd. < 1 bis 2 MN/m² | 300 | 1500 |
| rd. 4,5 m | Sande | locker | rd. 1 bis 7 MN/m² | 15.000 | 45.000 |
| rd. 6,0 m | Sande | locker bis mitteldicht | rd. 1 bis 18 MN/m² | 30.000 | 90.000 |
| rd. 8,0 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | rd. < 1 bis 6 MN/m² | 2.000 | 10.000 |
| rd. 15,0 m | oberen Sande | mitteldicht bis sehr dicht | rd. 5 bis 31 MN/m² | 65.000 | 195.000 |
| rd. 19,5 m | | locker bis mitteldicht | rd. 1 bis 8 MN/m² | 30.000 | 90.000 |
| rd. 26,0 m | | dicht bis sehr dicht | rd. 13 bis 56 MN/m² | 70.000 | 210.000 |
| rd. 28,5 m | Torf | sehr stark zersetzt | rd. 3 bis 10 MN/m² | 800 | 4.000 |
| rd. 30,0 m | unteren Sande | sehr dicht | rd. 37 bis 50 MN/m² | 100.000 | 300.000 |
| Kranstandort WEA 4 | | | | | |
| rd. 0,6 m | Auffüllungen | halbfest | rd. < 1 MN/m² | - | - |
| rd. 3,5 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | rd. < 1 bis 2 MN/m² | 300 | 1500 |
| rd. 7,5 m | Sande | locker | rd. 1 bis 12 MN/m² | 20.000 | 60.000 |
| rd. 9,5 m | Weichschichten | steif / stark zersetzt | rd. < 1 bis 10 MN/m² | 2.000 | 10.000 |
| rd. 14,0 m | oberen Sande | mitteldicht bis sehr dicht | rd. 12 bis 28 MN/m² | 65.000 | 195.000 |
| rd. 15,5 m | | locker | rd. 3 bis 7 MN/m² | 30.000 | 90.000 |
| rd. 18,0 m | | dicht bis sehr dicht | rd. 17 bis 33 MN/m² | 70.000 | 210.000 |
| rd. 20,0 m | | locker bis mitteldicht | rd. 3 bis 12 MN/m² | 30.000 | 90.000 |
| rd. 28,0 m | Torf [1)] | sehr stark zersetzt | rd. 3 bis 8 MN/m² | 1.000 | 5.000 |
| rd. 30,0 m | unteren Sande | sehr dicht | rd. 28 bis 42 MN/m² | 90.000 | 270.000 |

[1)] Bei der tief reichenden Bohrung B WEA 4 Anlage wurde zwischen t = 26,0 und 28,5 m eine Torfschichtung festgestellt, die sich auch anhand der Drucksondierwiderstände durch einen deutlich erhöhten Bodenindex und eher moderate Spitzenwiderstände abzeichnet. Hierbei handelt es sich um eine stark vorbelastete, humose Schichtung. Beim Kranstandort zeichnet sich ein vergleichbarer bzw. ähnlicher Drucksondierverlauf von t = 20,0 m bis 28,5 m Tiefe ab. Wenngleich es nach den bisherigen Erfahrungen relativ unwahrscheinlich ist, dass eine derart mächtige Torfschicht tatsächlich ansteht, wurde diese für den Kranbereich vorsorglich angesetzt.

Wenn Pfähle für den Kran nicht mit ausreichendem Abstand oberhalb oder nicht mit ausreichender Einbindung unterhalb der „Torfschichtung“ abgesetzt werden können, sollte eine ergänzende Trockenbohrung im Kranstellbereich erfolgen, um die genaue Zusammensetzung der Schichtungen zwischen t = 20,0 bis 28,5 m Tiefe zu erkunden.

Tabelle 26 Steifemoduln - WEA 5 Verweyen

| bis Tiefe unter GOK | Bodenart | | Spitzenwider-stand $q_c$ | Steifemodul [kN/m²] | Steifemodul [kN/m²] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $E_s^{Stat}$ | $E_s^{Dyn}$ |
| Standort WEA 5 Verweyen | | | | | |
| rd. 2,1 m | Auffüllungen | steif | rd. < 1 bis 3 MN/m² | - | - |
| rd. 5,0 m | Weichschichten | weich / mäßig bis stark zersetzt | rd. < 1 bis 2 MN/m² | 300 | 1500 |
| rd. 6,5 m | Sande | locker bis mitteldicht | rd. 1 bis 14 MN/m² | 20.000 | 60.000 |
| rd. 8,0 m | Weichschichten | steif / mäßig bis stark zersetzt | rd. < 1 MN/m² | 2.000 | 10.000 |
| rd. 8,5 m | Sande | mitteldicht | rd. 2 bis 20 MN/m² | 50.000 | 150.000 |
| rd. 14,0 m | Schluffschichten | steif bis halbfest | rd. 1 bis 13 MN/m² | 9.000 | 45.000 |
| rd. 17,5 m | Sande | mitteldicht bis dicht | rd. 5 bis 22 MN/m² | 50.000 | 150.000 |
| rd. 27,0 m | | dicht bis sehr dicht | rd. 23 bis 45 MN/m² | 80.000 | 240.000 |
| rd. 30,0 m | | mitteldicht bis dicht | rd. 7 bis 39 MN/m² | 60.000 | 180.000 |
| Kranstandort WEA 5 Verweyen | | | | | |
| rd. 0,8 m | Auffüllungen | steif | rd. < 1 bis 3 MN/m² | - | - |
| rd. 4,5 m | Weichschichten | weich / mäßig bis stark zersetzt | rd. < 1 bis 2 MN/m² | 300 | 1500 |
| rd. 7,5 m | Sande | locker bis mitteldicht | rd. 4 bis 15 MN/m² | 30.000 | 90.000 |
| rd. 8,5 m | Weichschichten | steif / mäßig bis stark zersetzt | rd. < 1 bis 2 MN/m² | 2.000 | 10.000 |
| rd. 9,5 m | Sande | mitteldicht | rd. 14 bis 19 MN/m² | 50.000 | 150.000 |
| rd. 19,0 m | Schluffschichten | steif bis halbfest | rd. 1 bis 5 MN/m² | 9.000 | 45.000 |
| rd. 25,5m | Sande | mitteldicht bis dicht | rd. 4 bis 44 MN/m² | 60.000 | 180.000 |
| rd. 27,5 m | | sehr dicht | rd. 24 bis 44 MN/m² | 100.000 | 300.000 |

Als dynamischer Steifemodul wurden der ungefähr 3-fache statische Steifemodul für nichtbindige und der bis zu 5-fache für bindige bzw. gemischtkörnige Schichten angesetzt. Die humosen Schichten sollten nicht in Ansatz gebracht werden. Für einen nachverdichteten Austauschboden können Werte von $E_s^{Stat}$ = 50 MN/m² mindestens *mitteldicht* gelagerten, groben Sand oder $E_s^{Stat}$ = 70 bis 100 MN/m² für ein intensiv verdichtetes Mineralgemisch (mindestens *dicht* bis *sehr dicht* gelagert) angesetzt werden.

# 4 Gründung der Windenergieanlagen

Bei Windenergieanlagen sind üblicherweise hohe Belastungen (Momente, Vertikallasten, Horizontalkräfte) und starke dynamische Beanspruchungen zu erwarten. Erhöhte Setzungen und Setzungsdifferenzen können daher nicht hingenommen werden oder müssen zumindest auf ein Minimum reduziert werden.

Unterhalb der Gründungsebene der Windenergieanlagen, das heißt bei dem vorliegenden Anlagentyp ab etwa Geländeoberkante, wurden zunächst an allen Anlagenstandorten stark kompressible Auffüllungen und Wechsellagerungen aus Weichschichten in größeren Mächtigkeiten angetroffen. Diese Schichtungen stellen aufgrund ihres erheblichen Setzungspotenzials keinen geeigneten Baugrund für eine Flachgründung der Windenergieanalgen dar. Die gebotene Gründungsart ist daher eine Tiefgründung auf Pfählen.

Auf der Grundlage des vorliegenden Technischen Datenblattes (vgl. Unterlage U17) und den darin enthaltenden Angaben, soll nachfolgend die empfohlene Tiefgründung auf Pfählen näher betrachtet werden.

Hinweis: Das Fundament wird gemäß dem Fundament-Datenblatt mit einer seitlichen Anschüttung sowie einer Aufschüttung versehen. Diese Bodenandeckungen müssen dauerhaft verbleiben.

# 5 Tiefgründung der Windenergieanlagen auf Pfählen

Nach den vorliegenden Fundament-Datenblatt sind bei einer Tiefgründung auf Pfählen (mit Auftriebswirkung) folgende Varianten zu berücksichtigen:

ENERCON E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 mit 111 m NH

| | |
|---|---|
| Variante A → | 30 x Fertigteilrammpfähle aus Stahlbeton □ 45/45 cm |
| Variante A → | 30 x Ortbetonrammpfähle aus Stahlbeton Ø 51 cm |
| Variante B → | 24 x Ortbetonrammpfähle aus Stahlbeton Ø 56 cm |
| Variante C → | 14 x Bohrpfähle aus Stahlbeton Ø 100 cm |

Hinweis: Es wird davon ausgegangen, dass es sich bei den Ortbetonrammpfählen der Version A um ein System mit Außenrammung und einem Fußdurchmesser von d = 62 cm und bei dem Schaftdurchmesser von Ø 56 cm (Version B) um einem Ortbetonrammpfahl mit Innenrammung handelt.

Folgende, charakteristische Einwirkungen sind zu berücksichtigen.

- Variante A (30 x Fertigteilrammpfahl □ 45 / 45 cm): $F_{c,k} \approx$ 1.812 kN (Druck) / $F_{t,k} \approx$ 419 kN (Zug)
- Variante A (30 x Ortbetonrammpfahl Ø 51 / 62 cm): $F_{c,k} \approx$ 1.812 kN (Druck) / $F_{t,k} \approx$ 419 kN (Zug)
- Variante B (24 x Ortbetonrammpfahl Ø 56 cm): $F_{c,k} \approx$ 2.246 kN (Druck) / $F_{t,k} \approx$ 480 kN (Zug)
- Variante C (14 x Bohrpfahl Ø 100 cm): $F_{c,k} \approx$ 3.702 kN (Druck) / $F_{t,k} \approx$ 770 kN (Zug)

Folgende Bemessungswerte sind ebenfalls zu berücksichtigen.

- Variante A (30 x Fertigteilrammpfahl ☐ 45 / 45 cm): $F_{c,d} \approx$ 2.167 kN (Druck) / $F_{t,d} \approx$ 646 kN (Zug)
- Variante A (30 x Ortbetonrammpfahl Ø 51 / 62 cm): $F_{c,d} \approx$ 2.167 kN (Druck) / $F_{t,d} \approx$ 646 kN (Zug)
- Variante B (24 x Ortbetonrammpfahl Ø 56 cm): $F_{c,d} \approx$ 2.689 kN (Druck) / $F_{t,d} \approx$ 754 kN (Zug)
- Variante C (14 x Bohrpfahl Ø 100 cm): $F_{c,d} \approx$ 4.427 kN (Druck) / $F_{t,d} \approx$ 1.219 kN (Zug)

## 5.1 Stahlbetonrammpfähle

Bei Stahlbetonrammpfählen handelt es sich um Fertigteilrammpfähle mit quadratischem Querschnitt, die mit einem Diesel- oder Hydraulikrammbären in den Baugrund eingerammt werden. Die Pfähle werden als Fertigteile auf die Baustelle geliefert und können über eine Kupplung verlängert werden. Bei diesem Pfahltyp sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- Das Durchdringen von dicht bzw. sehr dicht gelagerten Sanden oder Böden mit eingelagerten Hindernissen (größere Steine, etc.) ist nicht oder nur eingeschränkt möglich.
- Die Anpassung an wechselnde Baugrundverhältnisse (unterschiedliche Horizonte und Lagerungsdichten) ist nur über die gewählte Pfahllänge oder die Pfahlanzahl möglich.

Der Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Rammpfähle erfolgt in der Anlage 9. Es ergeben sich folgende charakteristische Grenztragfähigkeiten **$R_k$** (Designwert: $R_d \approx R_k$ / 1,6):

Tabelle 27 Äußere Tragfähigkeit der Stahlbetonrammpfähle ☐ 45/45 cm

| Ansatzpunkt | | Anlage | Tiefe u. OK CPT | Druck | Zug [1] |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $R_{c,k}$ in kN | $R_{t,k}$ in kN |
| | | | | $R_{c,k,max} \approx$ 3.500 kN [2] | |
| WEA 1 | 30 x Stahlbetonrammpfähle 45/45 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 1 Nord | Anlage 9.1.1 | 29,0 m | 3,404 | 2,767 |
| | | | **29,5 m** | **3,485** | **2,848** |
| | | | 30,0 m | 3,566 | 2,929 |
| | CPT WEA 1 Ost | Anlage 9.2.1 | 29,0 m | 3,826 | 2,763 |
| | | | **29,5 m** | **3,961** | **2,898** |
| | | | 30,0 m | 4,096 | 3,033 |
| | CPT WEA 1 Süd | Anlage 9.3.1 | 29,0 m | 4,192 | 3,058 |
| | | | **29,5 m** | **4,327** | **3,193** |
| | | | 30,0 m | 4,462 | 3,328 |
| | CPT WEA 1 West | Anlage 9.4.1 | 29,0 m | 3,746 | 2,895 |
| | | | **29,5 m** | **3,854** | **3,003** |
| | | | 30,0 m | 3,962 | 3,111 |

Tabelle 28 Äußere Tragfähigkeit der Stahlbetonrammpfähle □ 45/45 cm

| Ansatzpunkt | | Anlage | Tiefe u. OK CPT | Druck $R_{c,k}$ in kN ($R_{c,k,max} \approx$ 3.500 kN [2]) | Zug [1] $R_{t,k}$ in kN |
|---|---|---|---|---|---|
| WEA 2 | 30 x Stahlbetonrammpfähle 45/45 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 2 Nord | Anlage 9.5.1 | 27,5 m | 3,488 | 2,921 |
| | | | **28,0 m** | **3,560** | **2,993** |
| | | | 28,5 m | 3,632 | 3,065 |
| | CPT WEA 2 Ost | Anlage 9.6.1 | 27,5 m | 3,440 | 2,732 |
| | | | **28,0 m** | **3,530** | **2,822** |
| | | | 28,5 m | 3,620 | 2,912 |
| | CPT WEA 2 Süd | Anlage 9.7.1 | 27,5 m | 3,717 | 3,150 |
| | | | **28,0 m** | **3,789** | **3,222** |
| | | | 28,5 m | 3,861 | 3,294 |
| | CPT WEA 2 West | Anlage 9.8.1 | 27,5 m | 3,653 | 3,086 |
| | | | **28,0 m** | **3,725** | **3,158** |
| | | | 28,5 m | 3,797 | 3,230 |
| WEA 3 | 30 x Stahlbetonrammpfähle 45/45 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 3 Nord | Anlage 9.9.1 | 20,5 m | 1,963 | 1,660 |
| | | | **21,0 m** | **3,485** | **1,714** |
| | | | 21,5 m | 3,620 | 1,849 |
| | CPT WEA 3 Ost | Anlage 9.10.1 | 20,5 m | 3,973 | 2,201 |
| | | | **21,0 m** | **4,108** | **2,336** |
| | | | 21,5 m | 4,243 | 2,471 |
| | CPT WEA 3 Süd | Anlage 9.11.1 | 20,5 m | 4,027 | 2,255 |
| | | | **21,0 m** | **4,162** | **2,390** |
| | | | 21,5 m | 4,297 | 2,525 |
| | CPT WEA 3 West | Anlage 9.12.1 | 20,5 m | 4,069 | 2,297 |
| | | | **21,0 m** | **4,204** | **2,432** |
| | | | 21,5 m | 4,339 | 2,567 |
| WEA 4 | 30 x Stahlbetonrammpfähle 45/45 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 4 Nord | Anlage 9.13.1 | 17,0 m | 3,900 | 2,979 |
| | | | **17,5 m** | **4,017** | **3,096** |
| | | | 18,0 m | 4,134 | 3,213 |
| | CPT WEA 4 Ost | Anlage 9.14.1 | 17,0 m | 4,958 | 3,186 |
| | | | **17,5 m** | **5,093** | **3,321** |
| | | | 18,0 m | 5,228 | 3,456 |
| | CPT WEA 4 Süd | Anlage 9.15.1 | 17,0 m | 3,452 | 2,743 |
| | | | **17,5 m** | **3,587** | **2,878** |
| | | | 18,0 m | 3,722 | 3,013 |
| | CPT WEA 4 West | Anlage 9.16.1 | 17,0 m | 4,057 | 2,781 |
| | | | **17,5 m** | **4,192** | **2,916** |
| | | | 18,0 m | 4,327 | 3,051 |

Tabelle 29 Äußere Tragfähigkeit der Stahlbetonrammpfähle □ 45/45 cm

| Ansatzpunkt | | Anlage | Tiefe u. OK CPT | Druck $R_{c,k}$ in kN ($R_{c,k,max} \approx$ 3.500 kN [2]) | Zug [1] $R_{t,k}$ in kN |
|---|---|---|---|---|---|
| WEA 5 Verweyen | 30 x Stahlbetonrammpfähle 45/45 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 5 Verw. Nord | Anlage 9.17.1 | 17,5 m | 3,449 | 1,678 |
| | | | **18,0 m** | **3,584** | **1,813** |
| | | | 18,5 m | 3,719 | 1,948 |
| | CPT WEA 5 Verw. Ost | Anlage 9.18.1 | 17,5 m | 3,451 | 1,679 |
| | | | **18,0 m** | **3,586** | **1,814** |
| | | | 18,5 m | 3,721 | 1,949 |
| | CPT WEA 5 Verw. Süd | Anlage 9.19.1 | 17,5 m | 3,595 | 1,823 |
| | | | **18,0 m** | **3,730** | **1,958** |
| | | | 18,5 m | 3,865 | 2,093 |
| | CPT WEA 5 Verw. West | Anlage 9.20.1 | 17,5 m | 3,412 | 1,427 |
| | | | **18,0 m** | **3,547** | **1,562** |
| | | | 18,5 m | 3,682 | 1,697 |

[1] gemeint ist die allein durch die Mantelreibung aufnehmbare Zugkraft, hinsichtlich der Standsicherheit verweisen wir auf Kapitel 5.7

[2] Begrenzung des charakteristischen Pfahlwiderstandes siehe hierzu Kapitel 5.5

## 5.2 Ortbetonrammpfahl mit Außenrammung (System Vibrex oder Simplex)

Bei der Herstellung des *Vibrex*-Pfahlsystems bzw. des *Simplex*-Pfahlsystems wird ein Stahlrohr durch Außenrammung in den Boden eingetrieben. Am Pfahlfuß ist das Vortriebrohr mit einer Platte - die leicht übersteht - verschlossen. Der Boden wird beim Einrammen vollständig verdrängt. Nach dem Einstellen des Bewehrungskorbes wird Beton eingefüllt und das Rohr mit einem Gürtelrüttler (*Vibrex*) schrittweise in Abschnitte von ca. 3 m gezogen. Dadurch kann der umgebene Boden sowie der eingefüllte Beton nachverdichtet und eine höhere Mantelreibung aktiviert werden. Die Fußplatte verbleibt im Boden. Das System *Simplex* ist weitgehend mit dem System *Vibrex* vergleichbar und unterscheidet sich vornehmlich durch die Art des Ziehvorgangs. Bei diesem System wird das Stahlrohr in der Regel per Seilzug gezogen. Bei diesem Pfahltyp sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- Das Durchdringen von dicht bzw. sehr dicht gelagerten Sanden oder Böden mit eingelagerten Hindernissen (größere Steine, etc.) ist nicht oder nur eingeschränkt möglich.
- Eine Anpassung an wechselnde Baugrundverhältnisse kann grundsätzlich über die Pfahllänge erfolgen.
- An Standorten mit größeren Absetztiefen ist eine leistungsfähige Zugeinrichtung zum Herausziehen des Pfahlrohres erforderlich.

Der Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Rammpfähle erfolgt in der Anlage 9. Es ergeben sich folgende charakteristische Grenztragfähigkeiten $\mathbf{R_k}$ (Designwert: $R_d \approx R_k / 1{,}6$):

Tabelle 30 Äußere Tragfähigkeit der Ortbetonrammpfähle mit Außenrammung Ø 51/62 cm

| Ansatzpunkt | | Anlage | Tiefe u. OK CPT | Druck $R_{c,k}$ in kN ($R_{c,k,max} \approx$ 3.500 kN [2]) | Zug [1] $R_{t,k}$ in kN |
|---|---|---|---|---|---|
| WEA 1 | 30 x Ortbetonrammpfähle Ø 51/62 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 1 Nord | Anlage 9.1.2 | 29,0 m | 3,414 | 2,463 |
| | | | **29,5 m** | **3,486** | **2,535** |
| | | | 30,0 m | 3,558 | 2,607 |
| | CPT WEA 1 Ost | Anlage 9.2.2 | 29,0 m | 4,044 | 2,459 |
| | | | **29,5 m** | **4,165** | **2,580** |
| | | | 30,0 m | 4,285 | 2,700 |
| | CPT WEA 1 Süd | Anlage 9.3.2 | 29,0 m | 4,413 | 2,722 |
| | | | **29,5 m** | **4,533** | **2,842** |
| | | | 30,0 m | 4,653 | 2,962 |
| | CPT WEA 1 West | Anlage 9.4.2 | 29,0 m | 3,845 | 2,577 |
| | | | **29,5 m** | **3,941** | **2,673** |
| | | | 30,0 m | 4,037 | 2,769 |
| WEA 2 | 30 x Ortbetonrammpfähle Ø 51/62 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 2 Nord | Anlage 9.5.2 | 27,5 m | 3,445 | 2,600 |
| | | | **28,0 m** | **3,509** | **2,664** |
| | | | 28,5 m | 3,573 | 2,728 |
| | CPT WEA 2 Ost | Anlage 9.6.2 | 27,5 m | 3,488 | 2,431 |
| | | | **28,0 m** | **3,568** | **2,511** |
| | | | 28,5 m | 3,648 | 2,592 |
| | CPT WEA 2 Süd | Anlage 9.7.2 | 27,5 m | 3,649 | 2,804 |
| | | | **28,0 m** | **3,713** | **2,868** |
| | | | 28,5 m | 3,777 | 2,932 |
| | CPT WEA 2 West | Anlage 9.8.2 | 27,5 m | 3,592 | 2,747 |
| | | | **28,0 m** | 3,656 | 2,811 |
| | | | 28,5 m | 3,721 | 2,875 |
| WEA 3 | 30 x Ortbetonrammpfähle Ø 51/62 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 3 Nord | Anlage 9.9.2 | 20,5 m | 1,930 | 1,477 |
| | | | **21,0 m** | **4,167** | **1,525** |
| | | | 21,5 m | 4,287 | 1,645 |
| | CPT WEA 3 Ost | Anlage 9.10.2 | 20,5 m | 4,601 | 1,960 |
| | | | **21,0 m** | **4,721** | **2,080** |
| | | | 21,5 m | 4,842 | 2,200 |
| | CPT WEA 3 Süd | Anlage 9.11.2 | 20,5 m | 4,649 | 2,008 |
| | | | **21,0 m** | **4,769** | **2,128** |
| | | | 21,5 m | 4,890 | 2,248 |
| | CPT WEA 3 West | Anlage 9.12.2 | 20,5 m | 4,686 | 2,044 |
| | | | **21,0 m** | **4,806** | **2,165** |
| | | | 21,5 m | 4,926 | 2,285 |

Tabelle 31 Äußere Tragfähigkeit der Ortbetonrammpfähle mit Außenrammung Ø 51/62 cm

| Ansatzpunkt | | Anlage | Tiefe u. OK CPT | Druck $R_{c,k}$ in kN ($R_{c,k,max} \approx$ 3.500 kN [2]) | Zug [1] $R_{t,k}$ in kN |
|---|---|---|---|---|---|
| WEA 4 | 30 x Ortbetonrammpfähle Ø 51/62 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 4 Nord | Anlage 9.13.2 | 17,0 m | 4,025 | 2,652 |
| | | | **17,5 m** | **4,129** | **2,756** |
| | | | 18,0 m | 4,234 | 2,860 |
| | CPT WEA 4 Ost | Anlage 9.14.2 | 17,0 m | 5,478 | 2,836 |
| | | | **17,5 m** | **5,598** | **2,956** |
| | | | 18,0 m | 5,718 | 3,076 |
| | CPT WEA 4 Süd | Anlage 9.15.2 | 17,0 m | 3,498 | 2,442 |
| | | | **17,5 m** | **3,619** | **2,562** |
| | | | 18,0 m | 3,739 | 2,682 |
| | CPT WEA 4 West | Anlage 9.16.2 | 17,0 m | 4,377 | 2,475 |
| | | | **17,5 m** | **4,498** | **2,596** |
| | | | 18,0 m | 4,618 | 2,716 |
| WEA 5 Verweyen | 30 x Ortbetonrammpfähle Ø 51/62 cm für WEA (Variante A) | | | | |
| | CPT WEA 5 Verw. Nord | Anlage 9.17.2 | 17,5 m | 4,135 | 1,493 |
| | | | **18,0 m** | **4,255** | **1,613** |
| | | | 18,5 m | 4,375 | 1,734 |
| | CPT WEA 5 Verw. Ost | Anlage 9.18.2 | 17,5 m | 4,137 | 1,495 |
| | | | **18,0 m** | **4,257** | **1,615** |
| | | | 18,5 m | 4,377 | 1,735 |
| | CPT WEA 5 Verw. Süd | Anlage 9.19.2 | 17,5 m | 4,265 | 1,623 |
| | | | **18,0 m** | **4,385** | **1,743** |
| | | | 18,5 m | 4,505 | 1,863 |
| | CPT WEA 5 Verw. West | Anlage 9.20.2 | 17,5 m | 4,229 | 1,271 |
| | | | **18,0 m** | **4,349** | **1,391** |
| | | | 18,5 m | 4,470 | 1,511 |

[1] gemeint ist die allein durch die Mantelreibung aufnehmbare Zugkraft, hinsichtlich der Standsicherheit verweisen wir auf Kapitel 5.7

[2] Begrenzung des charakteristischen Pfahlwiderstandes siehe hierzu Kapitel 5.5

## 5.3 Ortbetonrammpfahl mit Innenrammung (System Franki)

Bei einem Ortbetonrammpfahl mit Innenrammung System *Franki* wird ein dickwandiges Stahlrohr (Vortriebrohr Durchmesser d = 42 cm bis 61 cm) dadurch in den Boden getrieben, dass sich ein erdfeucht eingefüllter, etwa 0,8 bis 1,0 m hoher Betonpfropfen unter den Schlägen eines freifallenden Rammbären verdichtet und dabei im Rohr verspannt. Diese Verspannung führt gleichzeitig dazu, dass das Rohr mit jedem Rammschlag hinuntergezogen wird. Der Boden unter dem Rohr wird seitlich verdrängt und verdichtet. Anschließend wird ein Pfahlfuß durch Nachfüllen und Einstampfen von Beton ausgebildet. Bei wechselhaften Baugrundverhältnissen in der Absetzebene vor Ort kann eine Anpassung der Pfahltragfähigkeit anhand der Rammkriterien erfolgen. In bindigen Böden oder im Bereich von Lockerzonen ist die Aus-führung einer so genannten *Kiesfußvorverdichtung* erforderlich. Die hohe Tragfähigkeit wird

hierbei durch die Ausbildung des Pfahlfußes sichergestellt. Bei diesem Pfahltyp sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- Das Durchdringen von dicht oder sehr dicht gelagerten Böden/Sande ist üblicherweise aufgrund der verwendeten hohen Rammenergie möglich. Eine Anpassung an wechselnde Baugrundverhältnisse ist über die Pfahlfußausbildung, die Pfahllänge sowie mit einer Kiesvorverdichtung möglich.
- An Standorten mit größeren Absetztiefen ist für das Herausziehen des Pfahlrohres ein tragfähiger Aufbau des Rammplanums erforderlich.

Auf der Grundlage von Erfahrungswerten anhand exemplarischer Probebelastungen aus früheren Bauvorhaben werden folgende Absetztiefen (Ø 56 cm) festgelegt:

Tabelle 32 Äußere Tragfähigkeit der Ortbetonrammpfähle mit Innenrammung Ø 56 cm

| **Ansatzpunkt** | | **Tiefe u. OK CPT** | **Druck** $R_{c,k}$ **in kN** | **Zug** [1] $R_{t,k}$ **in kN** | **Bemerkung** $R_{c,k,max} \approx$ 5.500 kN [2] |
|---|---|---|---|---|---|
| WEA 1 | 24 x Ortbetonrammpfähle Ø 56 cm für WEA (Variante B) | | | | |
| | CPT WEA 1 Nord | **10,0 m** | 5.500 | 450 | KVV von t = 7,0 bis 9,5 m |
| | CPT WEA 1 Ost | | 5.500 | 450 | KVV von t = 7,0 bis 9,5 m |
| | CPT WEA 1 Süd | | 5.500 | 450 | KVV von t = 7,0 bis 9,5 m |
| | CPT WEA 1 West | | 5.500 | 450 | KVV von t = 7,0 bis 9,5 m |
| | Hinweis: bei einer Absetztiefe von t = 10,0 m lassen sich die Zugkräfte rechnerisch nicht mehr nachweisen | | | | |
| | CPT WEA 1 Nord | **15,0 m** | 4.500 | 1.100 | KVV von t = 13,0 bis 17,0 m |
| | CPT WEA 1 Ost | | 4.500 | 1.100 | KVV von t = 13,0 bis 17,0 m |
| | CPT WEA 1 Süd | | 4.500 | 1.100 | KVV von t = 13,0 bis 17,0 m |
| | CPT WEA 1 West | | 4.500 | 1.100 | KVV von t = 13,0 bis 17,0 m |
| WEA 2 | 24 x Ortbetonrammpfähle Ø 56 cm für WEA (Variante B) | | | | |
| | CPT WEA 2 Nord | **13,0 m** | 5.500 | 1.100 | KVV von t = 9,0 bis 11,0 m |
| | CPT WEA 2 Ost | | 5.500 | 1.100 | KVV von t = 9,0 bis 11,0 m |
| | CPT WEA 2 Süd | | 5.500 | 1.100 | KVV von t = 9,0 bis 11,0 m |
| | CPT WEA 2 West | | 5.500 | 1.100 | KVV von t = 9,0 bis 11,0 m |
| WEA 3 | 24 x Ortbetonrammpfähle Ø 56 cm für WEA (Variante B) | | | | |
| | CPT WEA 3 Nord | **21,0 m** | 5.500 | 1.100 | ggf. alternativ t = 18,0 m mit KVV ab t = 16,0 m |
| | CPT WEA 3 Ost | | 5.500 | 1.100 | |
| | CPT WEA 3 Süd | | 5.500 | 1.100 | |
| | CPT WEA 3 West | | 5.500 | 1.100 | |
| WEA 4 | 24 x Ortbetonrammpfähle Ø 56 cm für WEA (Variante B) | | | | |
| | CPT WEA 4 Nord | **10,0 m** | 5.500 | 450 | - |
| | CPT WEA 4 Ost | | 5.500 | 450 | - |
| | CPT WEA 4 Süd | | 5.500 | 450 | - |
| | CPT WEA 4 West | | 5.500 | 450 | - |
| | Hinweis: bei einer Absetztiefe von t = 10,0 m lassen sich die Zugkräfte rechnerisch nicht mehr nachweisen | | | | |
| | CPT WEA 4 Nord | **13,0 m** | 5.500 | 1.100 | sehr schwere Rammung |
| | CPT WEA 4 Ost | | 5.500 | 1.100 | |
| | CPT WEA 4 Süd | | 5.500 | 1.100 | |
| | CPT WEA 4 West | | 5.500 | 1.100 | |
| KVV = Kiesvorverdichtung | | | | | |

Tabelle 33 Äußere Tragfähigkeit der Ortbetonrammpfähle mit Innenrammung Ø 56 cm

| Ansatzpunkt | | Tiefe u. OK CPT | Druck $R_{c,k}$ in kN | Zug [1] $R_{t,k}$ in kN | Bemerkung $R_{c,k,max} \approx$ 5.500 kN [2] |
|---|---|---|---|---|---|
| WEA 5 Verweyen | 24 x Ortbetonrammpfähle Ø 56 cm für WEA (Variante B) | | | | |
| | CPT WEA 5 Verw. Nord | **15,5 m** | 5.500 | 1.100 | ggf. KVV |
| | CPT WEA 5 Verw. Ost | | 5.500 | 1.100 | |
| | CPT WEA 5 Verw. Süd | | 5.500 | 1.100 | |
| | CPT WEA 5 Verw. West | | 5.500 | 1.100 | |
| KVV = Kiesvorverdichtung | | | | | |

[1] gemeint ist die allein durch die Mantelreibung aufnehmbare Zugkraft, hinsichtlich der Standsicherheit verweisen wir auf Kapitel 5.7

[2] Begrenzung des charakteristischen Pfahlwiderstandes siehe hierzu Kapitel 5.5

Hinweis: Bei den Standorten WEA 1 und WEA 4 bietet sich im Hinblick auf die Abtragung von Druckkräften eine Pfahlabsetztiefe von t = 10 m unter GOK an. Bei dieser Tiefe lassen sich allerdings die angegebenen Zugkräfte rechnerisch nicht mehr nachweisen. Somit bestehen folgende Optionen:

A) Anpassung der Statischen Berechnung zur Reduzierung der Zugkräfte

B) Verlängerung der Pfahlabsetztiefe auf t ≥ 13,0 m (siehe Kapitel 5.7)

C) Ausführung von statischen Probebelastungen an einer Pfahlgruppe

Bei wechselhaften Baugrundverhältnissen in der Absetztiefe des Pfahlfußes kann eine Anpassung anhand der Rammkriterien vor Ort erfolgen. In Abhängigkeit von den Rammergebnissen oder bei kürzerer Absetztiefe (in gering tragfähigen Böden) kann auch in weiteren Bereichen eine Kiesvorverdichtung (KVV) erforderlich werden. Die erforderliche Tragfähigkeit ergibt sich nach den Kriterien von *Jörß* (vgl. Grundbautaschenbuch, Teil 2, 3. Auflage, Seite 488) anhand des Fußvolumens und der dabei benötigten Schlagzahlen beim letzten Meter. Nach der Erfahrung wird ein Fußvolumen von etwa 0,5 bis 1,0 m³ erforderlich.

## 5.4 Bohrpfahl (DIN EN 1536)

Klassische Bohrpfähle werden in der DIN EN 1536 beschrieben. Der anstehende Boden wird nicht verdrängt, sondern durch Greifer, Bohreimer oder Schnecken vollständig gefördert. Die Stützung der Bohrlochwand erfolgt in der Regel durch eine Verrohrung.

Nach dem Erreichen der vorgesehenen Endtiefe erfolgen das Einstellen des Bewehrungskorbes und das Betonieren. Bei diesem Pfahltyp sind folgende Punkte besonders zu beachten:

- Das Durchdringen von dicht oder sehr dicht gelagerten Sanden oder Böden mit eingelagerten Hindernissen ist gerätetechnisch in der Regel möglich.
- Eine Anpassung an wechselnde Baugrundverhältnisse kann praktisch nur über die Pfahllänge erfolgen.
- Die Herstellung geneigter Pfähle ist nur sehr eingeschränkt möglich. Daher müssen nennenswerte Horizontalkräfte weitgehend über die seitliche Bettung aufgenommen werden.

- Bei gespannt anstehendem Grundwasser müssen Maßnahmen zur Vermeidung eines Aufbruchs der Bohrlochsohle (z. B. Arbeiten mit Wasserauflast) vorgesehen werden.

Der Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Bohrpfähle erfolgt in der Anlage 9. Es ergeben sich folgende charakteristische Grenztragfähigkeiten **$R_k$** (Designwert: $R_d \approx R_k / 1{,}6$):

Tabelle 34 Äußere Tragfähigkeit der Großbohrpfähle Ø 100 cm

| Ansatzpunkt | | Anlage | Tiefe u. OK CPT | Druck $R_{c,k}$ in kN ($R_{c,k,max} \approx$ 7.500 kN [2]) | Zug [1] $R_{t,k}$ in kN |
|---|---|---|---|---|---|
| WEA 1 | 14 x Bohrpfähle Ø 100 cm für WEA (Variante C) | | | | |
| | CPT WEA 1 Nord | Anlage 9.1.3 | 34,0 m | 6,982 | 5,568 |
| | | | **34,5 m** | **7,095** | **5,681** |
| | | | 35,0 m | 7,208 | 5,794 |
| | CPT WEA 1 Ost | Anlage 9.2.3 | 34,0 m | 8,688 | 6,332 |
| | | | **34,5 m** | **8,876** | **6,520** |
| | | | 35,0 m | 9,065 | 6,709 |
| | CPT WEA 1 Süd | Anlage 9.3.3 | 34,0 m | 9,204 | 6,770 |
| | | | **34,5 m** | **9,393** | **6,958** |
| | | | 35,0 m | 9,581 | 7,146 |
| | CPT WEA 1 West | Anlage 9.4.3 | 34,0 m | 8,038 | 6,153 |
| | | | **34,5 m** | **8,189** | **6,304** |
| | | | 35,0 m | 8,339 | 6,454 |
| WEA 2 | 14 x Bohrpfähle Ø 100 cm für WEA (Variante C) | | | | |
| | CPT WEA 2 Nord | Anlage 9.5.3 | 34,0 m | 7,440 | 5,712 |
| | | | **34,5 m** | **7,578** | **5,850** |
| | | | 35,0 m | 7,716 | 5,988 |
| | CPT WEA 2 Ost | Anlage 9.6.3 | 34,0 m | 7,233 | 5,662 |
| | | | **34,5 m** | **7,359** | **5,788** |
| | | | 35,0 m | 7,484 | 5,913 |
| | CPT WEA 2 Süd | Anlage 9.7.3 | 34,0 m | 7,076 | 5,820 |
| | | | **34,5 m** | **7,177** | **5,920** |
| | | | 35,0 m | 7,277 | 6,021 |
| | CPT WEA 2 West | Anlage 9.8.3 | 34,0 m | 7,900 | 6,172 |
| | | | **34,5 m** | **8,038** | **6,310** |
| | | | 35,0 m | 8,176 | 6,448 |

Tabelle 35 Äußere Tragfähigkeit der Großbohrpfähle Ø 100 cm

| Ansatzpunkt | | Anlage | Tiefe u. OK CPT | Druck $R_{c,k}$ in kN ($R_{c,k,max} \approx$ 7.500 kN [2]) | Zug [1] $R_{t,k}$ in kN |
|---|---|---|---|---|---|
| WEA 3 | 14 x Bohrpfähle Ø 100 cm für WEA (Variante C) | | | | |
| | CPT WEA 3 Nord | Anlage 9.9.3 | 24,0 m | 7,072 | 3,931 |
| | | | **24,5 m** | **7,261** | **4,119** |
| | | | 25,0 m | 7,449 | 4,308 |
| | CPT WEA 3 Ost | Anlage 9.10.3 | 24,0 m | 7,190 | 4,755 |
| | | | **24,5 m** | **7,143** | **4,944** |
| | | | 25,0 m | 7,331 | 5,132 |
| | CPT WEA 3 Süd | Anlage 9.11.3 | 24,0 m | 8,005 | 4,863 |
| | | | **24,5 m** | **8,193** | **5,052** |
| | | | 25,0 m | 8,382 | 5,240 |
| | CPT WEA 3 West | Anlage 9.12.3 | 24,0 m | 8,006 | 4,864 |
| | | | **24,5 m** | **8,195** | **5,053** |
| | | | 25,0 m | 8,383 | 5,241 |
| WEA 4 | 14 x Bohrpfähle Ø 100 cm für WEA (Variante C) | | | | |
| | CPT WEA 4 Nord | Anlage 9.13.3 | 20,0 m | 7,731 | 5,218 |
| | | | **20,5 m** | **7,919** | **5,406** |
| | | | 21,0 m | 8,108 | 5,595 |
| | CPT WEA 4 Ost | Anlage 9.14.3 | 20,0 m | 8,721 | 5,579 |
| | | | **20,5 m** | **8,910** | **5,768** |
| | | | 21,0 m | 9,098 | 5,956 |
| | CPT WEA 4 Süd | Anlage 9.15.3 | 20,0 m | 6,344 | 4,773 |
| | | | **20,5 m** | **8,040** | **4,898** |
| | | | 21,0 m | 8,228 | 5,087 |
| | CPT WEA 4 West | Anlage 9.16.3 | 20,0 m | 7,667 | 5,076 |
| | | | **20,5 m** | **7,856** | **5,264** |
| | | | 21,0 m | 8,044 | 5,453 |
| WEA 5 Verweyen | 14 x Bohrpfähle Ø 100 cm für WEA (Variante C) | | | | |
| | CPT WEA 5 Verw. Nord | Anlage 9.17.3 | 22,5 m | 7,424 | 4,283 |
| | | | **23,0 m** | **7,613** | **4,471** |
| | | | 23,5 m | 7,251 | 4,660 |
| | CPT WEA 5 Verw. Ost | Anlage 9.18.3 | 22,5 m | 7,029 | 4,280 |
| | | | **23,0 m** | **7,217** | **4,469** |
| | | | 23,5 m | 7,406 | 4,657 |
| | CPT WEA 5 Verw. Süd | Anlage 9.19.3 | 22,5 m | 7,605 | 4,464 |
| | | | **23,0 m** | **7,794** | **4,652** |
| | | | 23,5 m | 7,982 | 4,841 |
| | CPT WEA 5 Verw. West | Anlage 9.20.3 | 22,5 m | 7,085 | 3,943 |
| | | | **23,0 m** | **7,273** | **4,132** |
| | | | 23,5 m | 7,462 | 4,320 |

[1] gemeint ist die allein durch die Mantelreibung aufnehmbare Zugkraft, hinsichtlich der Standsicherheit verweisen wir auf Kapitel 5.7

[2] Begrenzung des charakteristischen Pfahlwiderstandes siehe hierzu Kapitel 5.5

## 5.5 Begrenzung der Pfahlwiderstände

Unter Berücksichtigung der geotechnischen und herstellungstechnischen Randbedingungen, sowie der inneren Tragfähigkeit, sollten die jeweiligen, charakteristischen Widerstände $R_{c,k}$ der verschiedenen Pfahltypen und Querschnitte begrenzt werden. Nach unserem Dafürhalten sollte der charakteristische Widerstand $R_{c,k}$ folgende Größenordnungen nicht - ohne vorherige, erfolgreiche Ausführung statischer Probebelastungen - nennenswert überschreiten:

- Stahlbetonrammpfahl (45 / 45 cm): $R_{c,k,max} \approx$ 3.500 kN
- Ortbetonrammpfahl (Ø 51 / 62 cm): $R_{c,k,max} \approx$ 3.500 kN
- Ortbetonrammpfahl (Ø 56 cm): $R_{c,k,max} \approx$ 5.500 kN
- Bohrpfahl (Ø 100 cm): $R_{c,k,max} \approx$ 7.500 kN

## 5.6 Hinweise zur Pfahlgründung

Da die Pfähle einer Wechselbelastung ausgesetzt sind, muss der nach dem *Teilsicherheitskonzept* anzusetzende Teilsicherheitsbeiwert für den Pfahlwiderstand (Druck- und Zug anhand von Erfahrungswerten) von $\gamma_{s,t}$ = 1,4 auf $\gamma_{s,t}$ = 1,6 erhöht werden.

Beim Einbringen der Rammpfähle sind der “Kleine Rammbericht“ je Pfahl sowie mindestens zwei “Große Rammberichte“ zu führen. Aus diesen Werten ergibt sich eine gewisse Kontrolle über die erreichte Einbindetiefe in den tragfähigen Boden.

Die Rammpfähle werden in der Regel unter einer Neigung eingebracht. Dies wurde bei den Ermittlungen für die äußere Tragfähigkeit und die erforderlichen Pfahllängen nicht berück-sichtigt. Alle aufgeführten Längen beziehen sich auf Geländeoberkante. Die sich daraus ergebende Tiefe sollte die lotrechte Tiefe der Pfahlfußebene ab OK Drucksondierung (= GOK) sein.

Bei den Nachweisen der äußeren Pfahltragfähigkeit wurden alle Drucksondierungen des jeweiligen Standortes ausgewertet. Dabei ergeben sich Unterschiede bei der Pfahllänge. Die kürzere Pfahllänge dient dabei lediglich als Orientierung. Anzustreben ist die maximale Pfahllänge. Eine Anpassung an die Verhältnisse vor Ort und der daraus resultierende Aufwand sowie Verzögerungen sollten aufgrund der nur punktuellen Untersuchungen von vornherein eingeplant werden.

Sollten kürzere Absetztiefen der Pfähle als angegeben ausgeführt werden und/oder die Rammergebnisse keine gesicherten Erkenntnisse über die Tragfähigkeit der Pfähle ergeben, dann sind aussagefähige Probebelastungen durchzuführen. Bei unzureichender Tragfähigkeit muss bei den Pfählen, die nicht nachträglich aufgestockt bzw. verlängert werden können, mit zusätzlichen Pfählen gerechnet werden. Dies gilt insbesondere wegen der nur punktuellen Baugrunduntersuchungen, aber auch hinsichtlich unvorhersehbarer Bodenanomalien.

Das Einbringen der Rammpfähle muss mit einem Bären erfolgen, der ein günstiges Verhältnis zwischen Schlaggewicht und Pfahlgewicht besitzt, damit die erforderlichen Einbindetiefen bzw. Pfahlabsetztiefen erreicht werden können.

Wegen der zu erwartenden harten Rammung im Bereich der bereichsweisen anstehenden dicht gelagerten und sehr dicht gelagerten Sande, können Beschädigungen der Pfähle oder das Nicht-Erreichen der geplanten Endtiefe nicht ausgeschlossen werden. Bei den Ortbetonrammpfählen wären zudem Einschnürungen des Betonquerschnittes möglich. Daher sollten bauseits zur Qualitätssicherung Integritätsmessungen an den Pfählen durchgeführt werden.

Entspannungsbohrungen, mit denen die Pfähle durch Zonen erhöhter Bodenfestigkeiten hindurch gebracht werden sollen oder anderweitige Erkundungsbohrungen (z. B. für Kampfmitteluntersuchungen), sind im Vorfeld mit dem Baugrundgutachter abzustimmen.

Es ist zu beachten, dass die sehr großen Rammtiefen bei diesem Pfahlsystem eine besonders leistungsstarke Zugeinrichtung notwendig machen, um das Pfahlrohr ziehen zu können. Dies setzt auch einen tragfähigen Aufbau der Rammebene voraus.

Wenn Horizontalkräfte über die Pfahlbettung bzw. die Biegung der Pfähle in den Baugrund eingeleitet werden, oder aus sonstigen Gründen eine Zusatzbewehrung erforderlich wird, muss diese bei Fertigpfählen ausreichend lang angeordnet werden. Ansonsten würde sie beim Kappen der Fertigpfähle entfallen, falls diese - eine ausreichende Tragfähigkeit vorausgesetzt - nicht auf die geplante Absetztiefe gerammt werden können.

## 5.7 Standsicherheit der Tiefgründung - Aufnahme von Zugkräften

Wirkt auf die Gründung das volle Moment aus Winddruck, werden die Pfähle (in Abhängigkeit von der gewählten Systemvariante) mit einer maximalen, charakteristischen Zugkraft von $F_{t,k}$ = 419 bis 770 kN belastet.

Für die Standsicherheit der Windenergieanlage muss gewährleistet sein, dass die Gewichtskraft des am Pfahl anhaftenden Bodens größer als die auftretende Zugkraft ist. Anhand von überschlägigen und exemplarischen Ermittlungen, wurde die zulässige Zugbelastung als charakteristischer Wert veränderlicher, destabilisierender Einwirkungen $Q_{dst,rep}$ im Grenzzustand UPL (alt: GZ1A) nach dem Teilsicherheitskonzept bestimmt (vgl. Anlage 10.1.1 bis 10.3.1). Die Kubaturbreiten in radialer Richtung wurden für den Einzelpfahl gesondert ausgewertet (vgl. Anlage 10.4.1 bis 10.4.16)

Auf Basis der Ergebnisse ergeben sich für die unterschiedlichen Pfahlsystemvarianten die in den Tabellen 36 bis 38 aufgeführten Ausnutzungsgrade. Bei den Berechnungen wurde der Standort WEA 4 gewählt, da hier aufgrund der Baugrundverhältnisse die kürzesten Pfahllängen zu erwarten sind. Anhand des Pfahlkreisdurchmessers (gemäß Fundamentdatenblatt) wurde der Pfahlabstand für die verschiedenen Varianten ermittelt:

Tabelle 36 Nachweis gegen Abheben des Bodenblockes für Zugpfahlgruppen (Variante A)

| Tiefe unter OK DS / CPT | Pfahllänge ab UK Fundament | Pfahlsystem | Pfahlabstand *) | Ausnutzungsgrad $\mu = F_{t,k} / Q_{dst,k,Einzel}$ |
|---|---|---|---|---|
| 17,5 m | 17,5 m | Variante A<br>30 x Fertigteilrammpfahl 45 cm / 45 cm<br>oder<br>Ortbetonrammpfahl Ø 51 cm | 1,6 m x 6,6 m | 419 / 746 = 0,56 < 1,0 |
| *) vereinfachte Annahme | | | | |

Tabelle 37 Nachweis gegen Abheben des Bodenblockes für Zugpfahlgruppen (Variante B)

| Tiefe unter OK DS / CPT | Pfahllänge ab UK Fundament | Pfahlsystem | Pfahlabstand *) | Ausnutzungsgrad $\mu = F_{t,k} / Q_{dst,k,Einzel}$ |
|---|---|---|---|---|
| 10,0 m | 10,0 m | Variante B<br>24 x Ortbeton-rammpfahl Ø 56 cm | 2,1 m x 2,3 m | 480 / 186 = 2,58 > 1,0 |
| 13,0 m | 13,0 m | | 2,1 m x 4,6 m | 480 / 473 = 1,02 ≥ 1,0 [1)] |
| 13,5 m | 13,5 m | | 2,1 m x 5,0 m | 480 / 528 = 0,91 < 1,1 |
| *) vereinfachte Annahme<br>[1)] unten stehenden Hinweis beachten | | | | |

Tabelle 38 Nachweis gegen Abheben des Bodenblockes für Zugpfahlgruppen (Variante C)

| Tiefe unter OK DS / CPT | Pfahllänge ab UK Fundament | Pfahlsystem | Pfahlabstand *) | Ausnutzungsgrad $\mu = F_{t,k} / Q_{dst,k,Einzel}$ |
|---|---|---|---|---|
| 20,5 m | 20,5 m | Variante C<br>14 x Bohrpfahl Ø 100 cm | 3,4 m x 9,0 m | 770 / 2370 = 0,33 < 1,0 |
| *) vereinfachte Annahme | | | | |

Nach dem Teilsicherheitskonzept ist ein Ausnutzungsgrad von $\mu \leq 1,0$ nachzuweisen. Wie aus den Ergebnissen ersichtlich, wird der Nachweis bei den Pfahlsystemen A und C (Fertigteilrammpfähle, Ortbetonrammpfähle mit Außenrammung sowie den Großbohrpfählen) aufgrund der großen Pfahllängen eingehalten. Bei den deutlich kürzeren und nur gering in den Baugrund einbindenden Ortbetonrammpfählen mit Innenrammung kann bei der für die Abtragung der Druckkräfte zunächst angedachten Absetztiefe von t = 10,0 m keine ausreichende Standsicherheit nachgewiesen werden. Hier ist somit eine Anpassung der Pfahlabsetztiefe notwendig.

[1)] Hinweis: Bei einer Absetztiefe von t = 13,0 m wird die zulässige Auslastung am Standort WEA 4 für die Ortbetonrammpfähle mit Innenrammung minimal überschritten. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass nicht alle Pfähle mit der gleichen Zugkraft belastet werden. Bereits die angrenzenden Pfähle des maximal belasteten Zuggliedes erhalten eine immer geringer werdende Einwirkung (solange, bis sich die Zuglast auf dem Niveau 0 bewegt und mit jedem weiteren, angrenzenden Pfahl zur Druckbelastung wird). Eine Verlängerung der Ortbetonrammpfähle auf t = 13,5 m unter GOK ist im Hinblick auf den Verlauf der Drucksondierungen (Stichworte:

Große Einbindetiefe in hoch tragfähige Sande sowie die Polsterstärke unter dem Pfahlfuß) nicht zu empfehlen. Die Absetztiefe von t = 13,0 m am Standort WEA 4 sollte daher zusammenfassend für dieses Pfahlsystem beibehalten werden. Sollen hingegen kürzere Pfahlabsetztiefen aufgeführt werden, so sind statische Probepfähle an einer Pfahlgruppe (3 Pfähle) auszuführen oder die Pfahlbemessung ist so anzupassen, dass die Zugkräfte deutlich reduziert werden.

## 6 Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes

Nach den Ergebnissen der Drucksondierungen und der Aufschlussbohrungen handelt es sich bei den unterhalb der Gründungsebene des Fundamentes bei GOK anstehenden Schichten zunächst um Auffüllungen und Wechsellagerungen aus Weichschichten und Sanden, die einen für die Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes unzureichend tragfähigen Baugrund darstellen. Nach den Ergebnissen der Trockenbohrungen muss mit folgenden Mindesttiefen der oberflächennah anstehenden, kompressiblen Weichschichten gerechnet werden:

| | | |
|---|---|---|
| WEA 1 | → | t = 5,8 m unter GOK |
| WEA 2 | → | t = 5,0 m unter GOK |
| WEA 3 | → | t = 3,6 m unter GOK |
| WEA 4 | → | t = 2,5 m unter GOK |
| WEA 5 Verweyen | → | t = 4,0 m unter GOK |

Ein vollständiger und weiträumiger Aushub der oberflächennahen Weichschichtungen ist aus wirtschaftlicher Sicht wahrscheinlich nicht vertretbar. Gleichwohl sollte ein Teilaushub und eine Begrenzung des Frischbetoneigengewichtes aus dem ersten Betonierabschnitt erfolgen. Der erste Abschnitt bildet hierbei die Tragkonstruktion für den folgenden Abschnitt. Hierbei ist die maximale Pressung aus dem Betoneigengewicht beim ersten Betonierabschnitt des Fundamentes auf etwa $\sigma_{zul}$ **= 25 kN/m²** zu begrenzen. Zuvor ist ein Füllsandpolster (SE, SW, GE oder GW) an den Standorten WEA 1 und WEA 2 in einer Stärke von **d = 1 m** unter GOK anzuordnen. Bei den Standorten WEA 3 bis WEA 5 sollte der unterlagernde und bis in t = 2,8 m bis 3,5 m Tiefe anstehende, stark kompressible Torf vorsorglich komplett ausgehoben und durch Füllsand der Bodengruppen SE/SW ersetzt werden. Nach einem vollständigen Aushub des Torfes an den Standorten WEA 3 bis WEA 5 ist eine Begrenzung des Frischbetoneigengewichtes nicht mehr zwingend notwendig. Soll ein höheres Frischbetoneigengewicht an den Standorten WEA 1 und WEA 2 aufgebracht werden, so kann eine Festlegung nach Inaugenscheinnahme der Aushubebene und ggf. ergänzender Untersuchungen durch den Baugrundgutachter getroffen werden.

Alternativ ist die Anwendung des sogenannten Überschüttverfahrens zu prüfen, bei dem mittels Vertikaldränagen (Rastermaße: ca. 0,8 bis 1,0 m) eine Beschleunigung des Setzungsverhaltens erzielt wird. Ziel der Maßnahmen ist eine Verbesserung der Tragfähigkeit der anstehenden Weichschichten, eine Reduzierung möglicher Einwirkungen aus dem Seitendruck auf Pfähle sowie eine Minimierung der weiter zu erwartenden Setzungen.

Beim Überschüttverfahren mit Vertikaldrains ist ein Vorlauf für die Aktivierung nennenswerter Setzungsanteile von mindestens 3 bis 4 Monaten einzuplanen.

# 7 Seitendruck auf Pfähle und negative Mantelreibung

Nach den Angaben zur Fundamentgeometrie ist eine seitliche An- und Aufschüttung mit einer maximalen Höhe von h = 2,8 m geplant. Diese nicht unerhebliche Bodenauflast wirkt auf die unterlagernden, minder tragfähigen Schichtungen setzungserzeugend. Hieraus können zudem Einwirkungen aus *negativer Mantelreibung* und ggf. auch aus dem sogenannten *Seitendruck* (oder Fließdruck) auf Pfähle resultieren.

Die Pfähle müssen für derartige Einwirkungen bemessen werden. Ist dies nicht möglich, müssen die Einwirkungen von den Pfählen abgeschirmt werden (z.B. mittels Spundwand) oder durch eine Vorbelastung der Weichschichten (z.B. mittels Überschüttverfahren inkl. Vertikaldränagen). Werden die minder tragfähigen Schichtungen unter dem Fundament und unter der Aufschüttfläche unter Beachtung einer Lastausbreitung von 45° ausgetauscht (Tiefenlagen gemäß Kapitel 6), sind ein Ansatz von *negativer Mantelreibung* und eine Berücksichtigung einer Biegebeanspruchung aus dem Seitendruck nicht notwendig. Üblicherweise sind Aushubtiefen von t > 3 m wirtschaftlich nicht mehr sinnvoll darstellbar.

Ob Seitendruck angesetzt werden muss, wird üblicherweise anhand einer Geländebruchauswertung nach DIN 4084 (*entkleidetes System*) ermittelt. Ein wichtiger Parameter für die Nachweisführung des Seitendrucks ist die Kohäsion im undränierten Zustand. Dieser Wert muss vor Ort oder im Labor anhand ungestörter Bodenproben nachgewiesen werden.

Bei Ausnutzungen von $\mu$ > 0,75 innerhalb der Böschungsbruchberechnungen ist bei organischen Böden ein Seitendruck bei der Bemessung der Pfähle zu berücksichtigen.

Randbedingungen:

- Fundament bei GOK
- Teilbodenaustausch zur Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes (Annahme: t = 1 m)
- Flächenlast von max. 53 kN/m² (für die Fundamentanschüttung)

Zum Nachweis der erforderlichen Scherfestigkeiten wurden überschlägige Auswertungen vorgenommen (vgl. Anlage 11). Die Ergebnisse sind nachfolgend aufgeführt.

Tabelle 39 Ergebnisse - exemplarische Böschungs- und Geländebruchauswertung

| **Schichtmächtigkeit Auffüllung** | **Anfangsscherfestigkeit** $c_u$ in [kN/m²] | Ausnutzung $\mu$ | **Anlage** | **Bemerkung** |
|---|---|---|---|---|
| 1,0 m | 15 | 1,04 | 11.1 | |
| | 20 | 0,85 | 11.2 | |
| | 25 | 0,72 | 11.3 | |
| | 24 | 0,74 | 11.4 | Optimierung |

Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der Anlage 11 aufgeführt.

Es ergibt sich eine rechnerische Ausnutzung von $\mu = 0{,}74$, wenn die Kohäsion im undränierten Zustand $c_U \geq 24$ kN/m² beträgt. Bei diesem Eingangswert (≥) kann auf einen Ansatz des Seitendrucks verzichtet werden. Liegen die Werte darunter, dann muss mit Seitendruck auf die Pfähle gerechnet werden. Aus geotechnischer Sicht bietet sich die Ausführung des Überschüttverfahrens inkl. Anordnung von Vertikaldränagen an (siehe auch Kapitel 6).

Die Lasten der eingesetzten Geräte sind dementsprechend zu prüfen und es ist der Einsatz von ausreichenden Baggermatten zur Reduzierung der Flächenlasten vorzusehen. Auch die übrigen geometrischen Randbedingungen sowie die Bodenverhältnisse sind zu kontrollieren.

Wegen der inhomogenen Schichtungen sollten die Scherwiderstände vor Ort mittels Flügelscherversuchen im Schüttbereich an mehreren Stellen vor einer Lastaufbringung (Bagger und Fundamentandeckung) gesondert nachgewiesen werden. In Abhängigkeit von der Plastizitätszahl oder der Bodenart sind hierbei Korrekturfaktoren zu berücksichtigen.

## 8 Hinweis zum Erdbau

Die Baggerarbeiten sind nur vor Kopf mit einer glattkantigen Baggerschaufel ohne Reißzähne auszuführen, da anderenfalls unnötige Auflockerungen erzeugt werden. Dennoch aufgeweichte Bereiche sind gegen Füllsand oder Magerbeton zu ersetzen. Wir empfehlen die Abnahme der Baugrubensohle durch den Baugrundgutachter oder einen fachkundigen Vertreter des Bauherrn.

## 9 Wasserhaltung

Bei den Bohrarbeiten wurde Grund- bzw. Schichtenwasser in t = 0,1 m bis 2,3 m Tiefe eingemessen. Für die Erd- und Gründungsarbeiten wird somit eine Wasserhaltung erforderlich. Diese sollte bei den anstehenden Baugrundverhältnissen möglichst mittels Horizontaldrainage erfolgen. Tiefbrunnen oder Spülfilter können in den Weichschichten nur eingeschränkt wirksam betrieben werden. Die Drainagegräben sollten mit abgestuftem Filtermaterial (zum Beispiel Granulat oder Kiessand) verfüllt werden. Die Stränge sind ausreichend tief zu verlegen. Wir empfehlen, eine Überdeckung der Drainagerohre von mindestens 0,8 m (unter Berücksichtigung eines ggf. erforderlichen Mehraushubes) sicherzustellen. Die Abstände der Drainagestränge untereinander sollten - prinzipiell bzw. vereinfacht - nicht nennenswert über 4 m liegen.

Das Grundwasser kann unterhalb wassersperrender Weichschichten gespannt anstehen. Somit können in Abhängigkeit von der Druckhöhe und der Aushubtiefe gesonderte Entspannungsmaßnahmen erforderlich werden. Im Hinblick auf die derzeit vorgesehenen Fundamentanordnung ab Geländeoberkante und der damit verbundenen, geringen Aushubtiefe wären Entspannungsmaßnahmen nicht notwendig. Da jedoch bei den Standorten WEA 1 und WEA 2 die Anordnung eines Lastverteilungspolsters und bei den Standorten WEA 3 bis WEA 5 ggf. sogar ein vollständiger Bodenaustausch (Aushub des stark kompressiblen Torfes) notwendig werden kann, ist eine fachgerechte Dimensionierung, Planung und Begleitung einer Wasserhaltung in Abhängigkeit von der tatsächlichen Aushubtiefe durch einen Fachbetrieb erforderlich.

## 10 Baugrubensicherung

Bei den anstehenden Baugrundverhältnissen ist eine Abböschung unbelasteter Böschungen unter 45° grundsätzlich vertretbar (vgl. hierzu *Merkblatt BG Bau*). Bis zu einer Tiefenlage von maximal 1,2 m unter GOK ist auch eine senkrechte Baugrubenböschung zulässig. Letztere Option ist allerdings aus baupraktischen Gründen für die Baugrube der Windenergieanlage nur eingeschränkt zu empfehlen, da Abbrüche der Böschungskanten kaum zu vermeiden sind.

Eine geordnete Abfuhr von Oberflächenwasser ist zur Vermeidung von Ausspülungen im Böschungsbereich sicherzustellen. Werden Elemente der Wasserhaltung auch außerhalb der eigentlichen Baugrube angeordnet, kann eine Reduzierung des Wasserdrucks im Böschungsbereich erzielt und damit eine zusätzliche Stabilisierung der Böschung (insbesondere bei den Weichschichten) erreicht werden.

## 11 Standsicherheit der Pfahlherstellungsgeräte und der Kräne

Die Ausführung der Arbeitsebene für das Ramm- oder Bohrgerät soll gemäß Spezifikation vom Baugrundgutachter vorgegeben werden. Aufgrund des derzeitigen Planungs- und Beauftragungsstandes liegen noch keine Lastangaben vor. Nach Vorlage der Angaben zur Spannungsverteilung unter den Kettenfahrwerken und der Einwirkungen auf die Abstützungen können gesonderte Nachweise geführt werden. Die Bewertung muss daher nach Vorlage der noch ausstehenden Belastungen nachgereicht werden.

Für die weitere Planung kann zunächst folgender, exemplarischer Mindestaufbau zugrunde gelegt werden, der später mit den tatsächlichen Lasten abzugleichen ist:

- ⇨ Schottertragschicht
  - o 0/32 oder 0/45
  - o d = 0,2 bis 0,3 m
- ⇨ Füllsand
  - o SE/SW
  - o d = 0,7 bis 1,2 m
- ⇨ Geokunststoff / Vlies
  - o min. GRK 3
  - o Übergreifungslänge (unter Beachtung der Rammeinflüsse)
- ⇨ Dränageanordnung
  - o zur Abfuhr von Stauwasser und zur Vermeidung von Aufweicherscheinungen

## 12 Schlussbemerkung

Unterhalb der Gründungsebene der Windenergieanlagen, das heißt ab GOK, wurden Auffüllungen und Wechsellagerungen aus kompressiblen Weichschichten und Sanden angetroffen. Die Weichschichtungen stellen aufgrund ihres erheblichen Setzungspotenzials keinen geeigneten Baugrund für eine Flachgründung von Windenergieanlagen dar. Die gebotene Gründungsart ist daher eine Tiefgründung auf Pfählen.

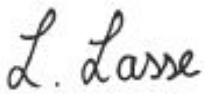
Zur Sicherstellung der Aufnahme des Frischbetoneigengewichtes sowie zur Vermeidung eines Ansatzes von *negativer Mantelreibung* und ggf. auch von *Seitendruck* auf Pfähle bietet sich ein Austausch der oberflächennahen Auffüllungen und Weichschichten, wie unter Kapitel 6 und 7 beschrieben, an. Aufgrund der Tiefenlage der Weichschichten (insbesondere des Torfes) dürfte ein tief reichender Bodenaustausch wirtschaftlich allerdings schwer darstellbar sein. Alternativ bietet sich eine frühzeitige Vorbelastung der Weichschichten im Überschüttverfahren in Kombination mit einer Vertikaldränage (Rastermaß ca. 0,8 bis 1,0 m) an.

Beim Standort WEA 4 lassen die Drucksondierergebnisse in größerer Tiefe auf eine nennenswerte Schichtung aus einem Torf-Sand-Gemisch oder einem Schluff-Ton-Gemisch schließen. Während diese in der Bohrung nur eine Schichtdicke von d = 2,5 m aufweist, lassen die vergleichbaren Sondierwiderstände auf eine Schichtdicke von d = 8,0 m schließen. Diese Schichtdicke ist ungewöhnlich hoch und liegt außerhalb bisheriger Erfahrungen. Vorsorglich wurde diese Schichtung ungünstig angesetzt, da eine tiefere Bohrung im Bereich der Drucksondierung nicht vorliegt. Es liegt nahe, dass es sich vorwiegend um ein Schluff-Ton-Gemisch handelt, in dem nur bereichsweise Torf eingelagert ist.

Die Errichtung der Kran- und Montagefläche ist nicht Gegenstand der vorliegenden Ausarbeitung. Wir weisen darauf hin, dass für eine sichere Gründung des Montagekranes zusätzliche Maßnahmen erforderlich werden (z. B. Bodenaustausch, Lastverteilungsplatten, etc.).

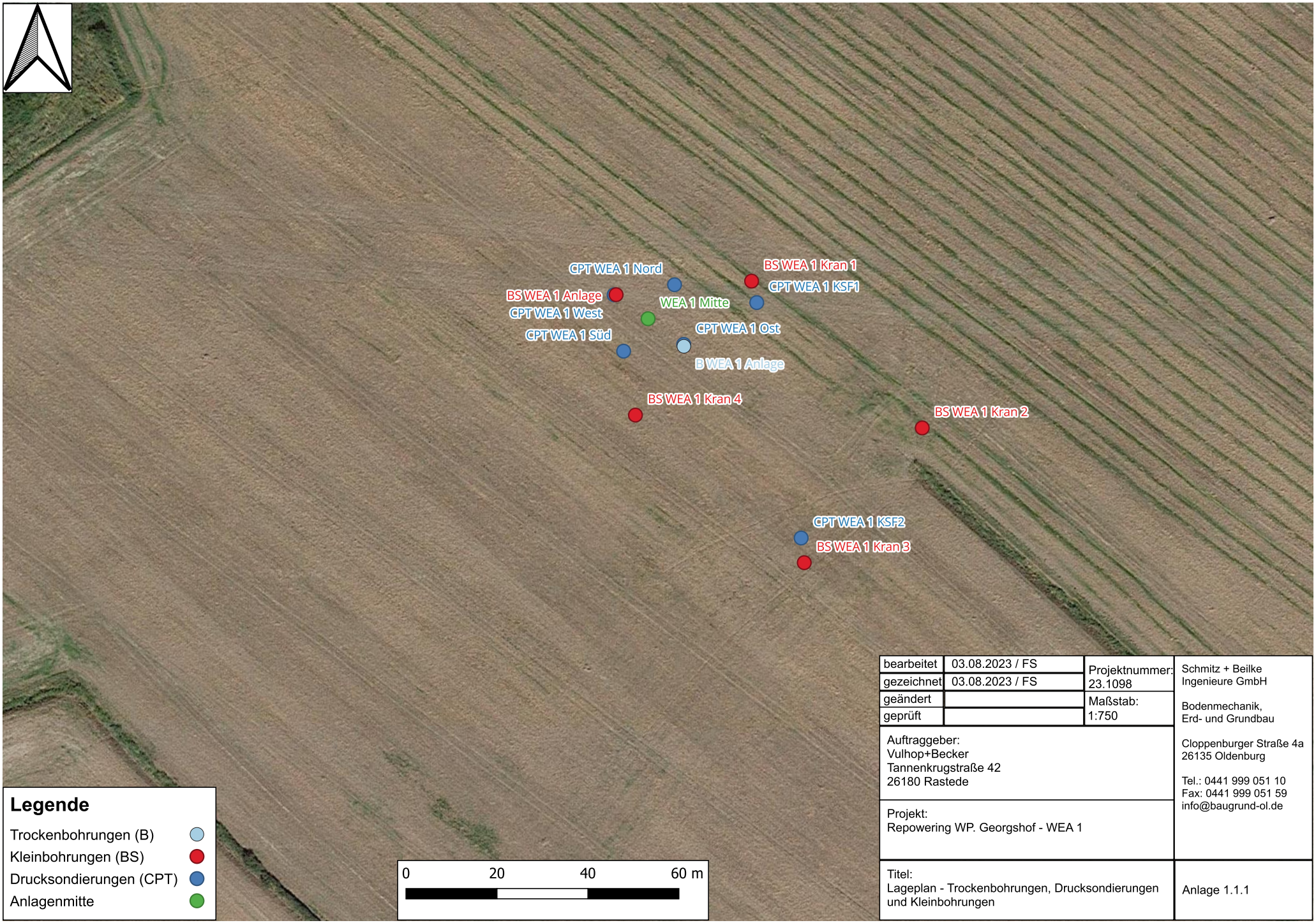
Oldenburg, 24.10.2023





Dipl.-Ing. Ralf Schmitz

Leonie Lasse, B. Eng.



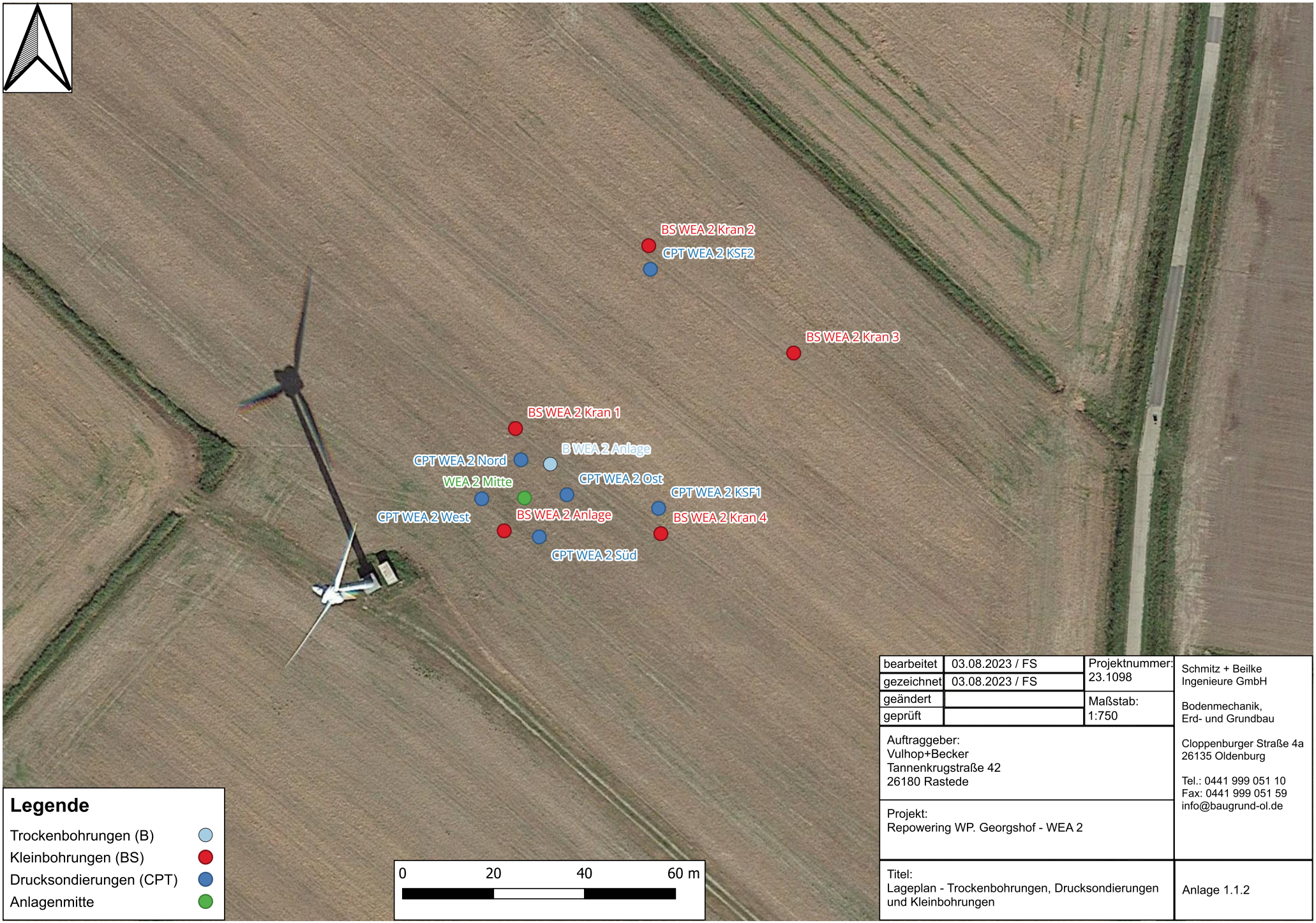

| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet | 03.08.2023 / FS | Projektnummer: 23.1098 | Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Bodenmechanik, Erd- und Grundbau<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg<br>Tel.: 0441 999 051 10<br>Fax: 0441 999 051 59<br>info@baugrund-ol.de |
| gezeichnet | 03.08.2023 / FS | | |
| geändert | | Maßstab: 1:750 | |
| geprüft | | | |

Auftraggeber:
Vulhop+Becker
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 1

Titel:
Lageplan - Trockenbohrungen, Drucksondierungen und Kleinbohrungen

Anlage 1.1.1



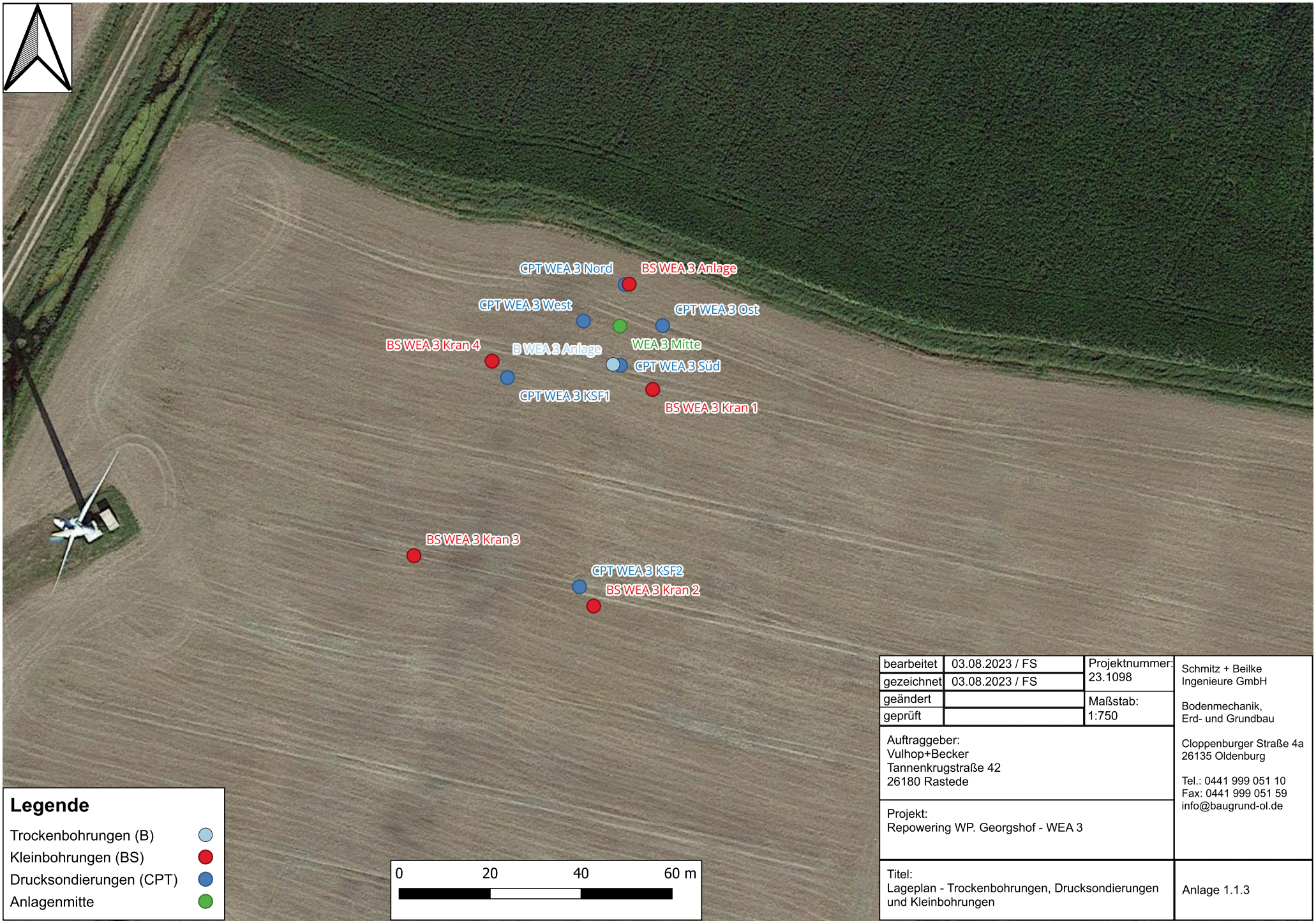

| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet | 03.08.2023 / FS | Projektnummer: 23.1098 | Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Bodenmechanik, Erd- und Grundbau<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg<br>Tel.: 0441 999 051 10<br>Fax: 0441 999 051 59<br>info@baugrund-ol.de |
| gezeichnet | 03.08.2023 / FS | | |
| geändert | | Maßstab: 1:750 | |
| geprüft | | | |

Auftraggeber:
Vulhop+Becker
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 2

Titel:
Lageplan - Trockenbohrungen, Drucksondierungen und Kleinbohrungen

Anlage 1.1.2



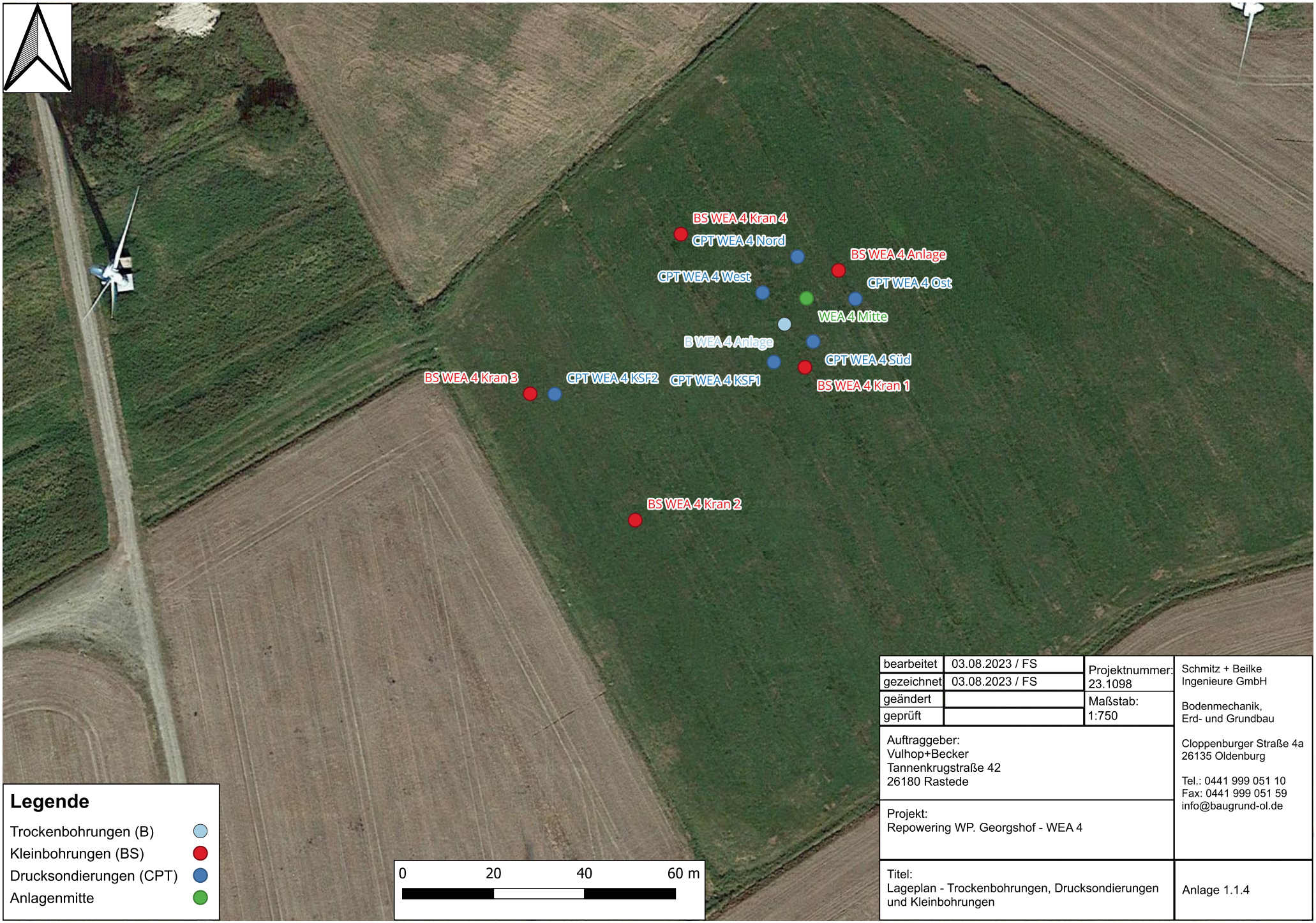

| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet | 03.08.2023 / FS | Projektnummer: 23.1098 | Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Bodenmechanik, Erd- und Grundbau<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg<br>Tel.: 0441 999 051 10<br>Fax: 0441 999 051 59<br>info@baugrund-ol.de |
| gezeichnet | 03.08.2023 / FS | | |
| geändert | | Maßstab: 1:750 | |
| geprüft | | | |

Auftraggeber:
Vulhop+Becker
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 3

Titel:
Lageplan - Trockenbohrungen, Drucksondierungen und Kleinbohrungen

Anlage 1.1.3



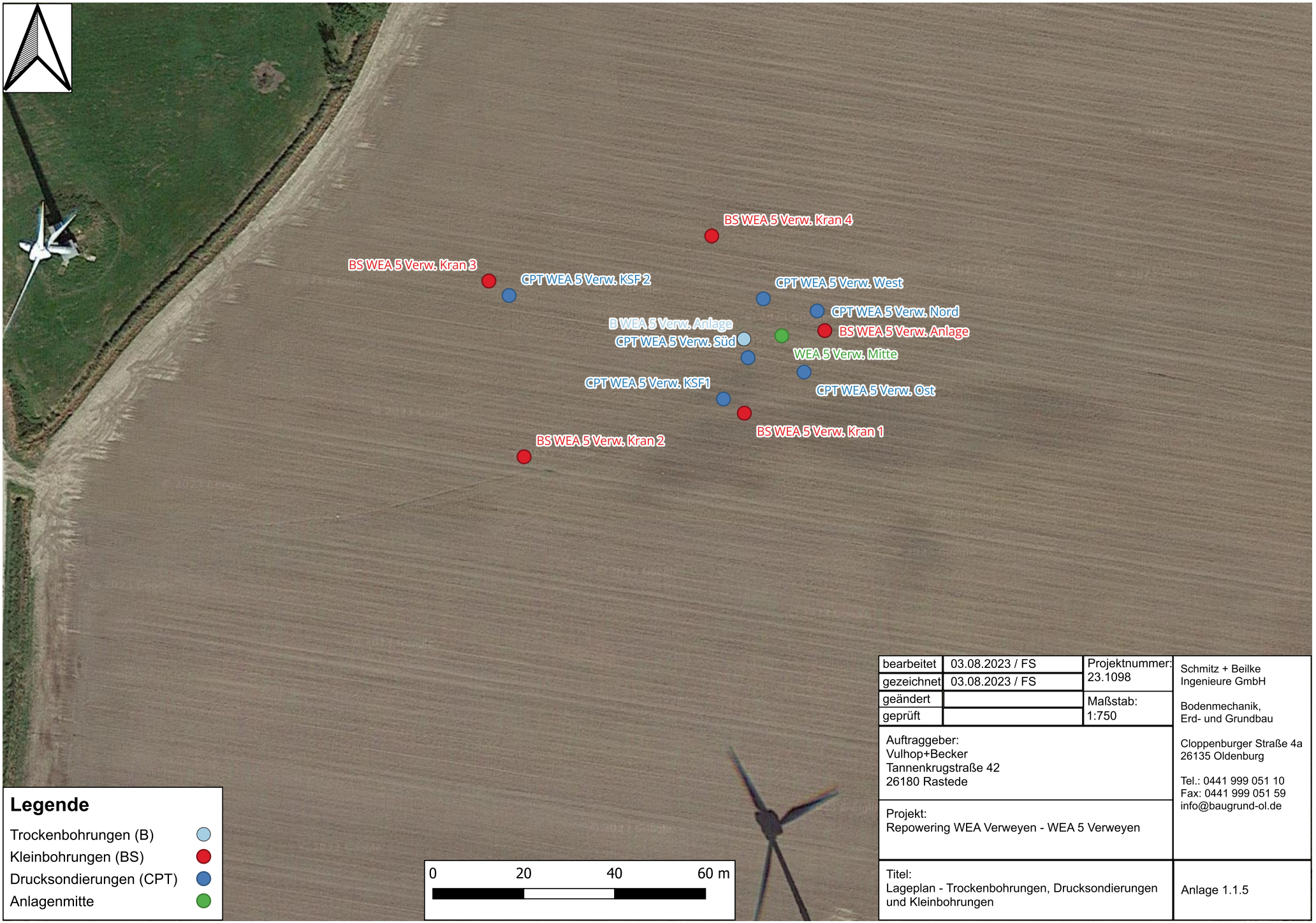

| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet | 03.08.2023 / FS | Projektnummer: 23.1098 | Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Bodenmechanik, Erd- und Grundbau<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg<br>Tel.: 0441 999 051 10<br>Fax: 0441 999 051 59<br>info@baugrund-ol.de |
| gezeichnet | 03.08.2023 / FS | | |
| geändert | | Maßstab: 1:750 | |
| geprüft | | | |

Auftraggeber:
Vulhop+Becker
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 4

Titel:
Lageplan - Trockenbohrungen, Drucksondierungen und Kleinbohrungen

Anlage 1.1.4




| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet | 03.08.2023 / FS | Projektnummer: 23.1098 | Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Bodenmechanik, Erd- und Grundbau<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg<br>Tel.: 0441 999 051 10<br>Fax: 0441 999 051 59<br>info@baugrund-ol.de |
| gezeichnet | 03.08.2023 / FS | | |
| geändert | | Maßstab: 1:750 | |
| geprüft | | | |

Auftraggeber:
Vulhop+Becker
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WEA Verweyen - WEA 5 Verweyen

Titel:
Lageplan - Trockenbohrungen, Drucksondierungen und Kleinbohrungen

Anlage 1.1.5

| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
|---|---|---|---|
| **Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen** | **Vulhop+Becker GmbH Tannenkrugstraße 42 26180 Rastede** | **23.1098** | |
| Art: **Koordinatenliste der Baugrundaufschlüsse** | | Datum: **03.08.2023** | **Anlage 1.2.1** |

**Koordinatenbezugssystem:**

| | |
|---|---|
| X | ETRS89 / UTM Zone 32 |
| | DHDN / Gauß-Krüger Zone 3 |

**Lage und Höhe der Aufschlusspunkte ***

| Aufschlusspunkt | Rechtswert | Hochwert | Höhe in m NHN |
|---|---|---|---|
| WEA 01 Mitte | 32395054,853 | 5944476,540 | 0,87 |
| B WEA 01 Anlage | 32395062,714 | 5944470,478 | 0,90 |
| BS WEA 01 Anlage | 32395047,822 | 5944481,827 | 0,92 |
| BS WEA 01 Kran1 | 32395077,612 | 5944484,813 | 0,88 |
| BS WEA 01 Kran2 | 32395115,121 | 5944452,522 | 0,79 |
| BS WEA 01 Kran3 | 32395089,181 | 5944422,878 | 0,74 |
| BS WEA 01 Kran4 | 32395052,068 | 5944455,348 | 0,82 |
| CPT WEA 01 Norden | 32395060,668 | 5944484,019 | 0,83 |
| CPT WEA 01 Osten | 32395062,714 | 5944470,899 | 0,90 |
| CPT WEA 01 Süden | 32395049,475 | 5944469,401 | 0,79 |
| CPT WEA 01 Westen | 32395047,385 | 5944481,810 | 0,95 |
| CPT WEA 01 KSF1 | 32395078,737 | 5944480,090 | 0,80 |
| CPT WEA 01 KSF2 | 32395088,499 | 5944428,308 | 0,83 |
| WEA 02 Mitte | 32395179,953 | 5944212,878 | 0,83 |
| B WEA 02 Anlage | 32395185,383 | 5944220,337 | 0,81 |
| BS WEA 02 Anlage | 32395175,481 | 5944205,661 | 0,85 |
| BS WEA 02 Kran1 | 32395177,960 | 5944228,162 | 0,84 |
| BS WEA 02 Kran2 | 32395207,251 | 5944268,387 | 0,85 |
| BS WEA 02 Kran3 | 32395239,121 | 5944244,765 | 0,88 |
| BS WEA 02 Kran4 | 32395209,922 | 5944205,033 | 0,73 |
| CPT WEA 02 Norden | 32395179,159 | 5944221,288 | 0,83 |
| CPT WEA 02 Osten | 32395189,260 | 5944213,595 | 0,79 |
| CPT WEA 02 Süden | 32395183,188 | 5944204,311 | 0,81 |
| CPT WEA 02 Westen | 32395170,554 | 5944212,709 | 0,86 |
| CPT WEA 02 KSF1 | 32395209,420 | 5944210,598 | 0,69 |
| CPT WEA 02 KSF2 | 32395207,626 | 5944263,188 | 0,82 |
| WEA 03 Mitte | 32395675,892 | 5944127,897 | 0,82 |
| B WEA 03 Anlage | 32395674,362 | 5944119,468 | 0,75 |
| BS WEA 03 Anlage | 32395677,919 | 5944137,106 | 0,69 |
| BS WEA 03 Kran1 | 32395683,112 | 5944113,965 | 0,78 |
| BS WEA 03 Kran2 | 32395670,120 | 5944066,309 | 0,80 |
| BS WEA 03 Kran3 | 32395630,593 | 5944077,401 | 0,86 |

* Hinweis: Die tatsächliche Lage der CTPs kann örtlich geringfügig abweichen, da nicht alle Drucksondierpunkte im Zuge der Einmessungen wiedergefunden werden konnten.

| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
|---|---|---|---|
| **Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen** | **Vulhop+Becker GmbH Tannenkrugstraße 42 26180 Rastede** | **23.1098** | |
| Art: **Koordinatenliste der Baugrundaufschlüsse** | | Datum: **03.08.2023** | **Anlage 1.2.2** |

**Koordinatenbezugssystem:**

| | |
|---|---|
| X | ETRS89 / UTM Zone 32 |
| | DHDN / Gauß-Krüger Zone 3 |

**Lage und Höhe der Aufschlusspunkte ***

| Aufschlusspunkt | Rechtswert | Hochwert | Höhe in m NHN |
|---|---|---|---|
| BS WEA 03 Kran4 | 32395647,783 | 5944120,189 | 0,84 |
| CPT WEA 03 Norden | 32395677,036 | 5944137,034 | 0,72 |
| CPT WEA 03 Osten | 32395685,270 | 5944127,987 | 0,79 |
| CPT WEA 03 Süden | 32395676,000 | 5944119,257 | 0,81 |
| CPT WEA 03 Westen | 32395667,893 | 5944129,011 | 0,82 |
| CPT WEA 03 KSF1 | 32395651,142 | 5944116,566 | 0,83 |
| CPT WEA 03 KSF2 | 32395667,002 | 5944070,540 | 0,80 |
| WEA 04 Mitte | 32395783,812 | 5943702,836 | 0,80 |
| B WEA 04 Anlage | 32395778,974 | 5943697,132 | 0,73 |
| BS WEA 04 Anlage | 32395790,856 | 5943708,969 | 0,76 |
| BS WEA 04 Kran1 | 32395776,458 | 5943687,668 | 0,53 |
| BS WEA 04 Kran2 | 32395746,152 | 5943654,043 | 0,73 |
| BS WEA 04 Kran3 | 32395723,072 | 5943681,854 | 0,66 |
| BS WEA 04 Kran4 | 32395756,198 | 5943716,951 | 0,74 |
| CPT WEA 04 Norden | 32395781,840 | 5943711,991 | 0,68 |
| CPT WEA 04 Osten | 32395794,550 | 5943702,701 | 0,79 |
| CPT WEA 04 Süden | 32395785,287 | 5943693,330 | 0,83 |
| CPT WEA 04 Westen | 32395774,156 | 5943704,091 | 0,46 |
| CPT WEA 04 KSF1 | 32395776,629 | 5943688,826 | 0,83 |
| CPT WEA 04 KSF2 | 32395728,458 | 5943681,780 | 0,81 |
| WEA 05 Verw. Mitte | 32395507,946 | 5944421,247 | 0,62 |
| B WEA 05 Verw. Anlage | 32395499,626 | 5944420,532 | 0,61 |
| BS WEA 05 Verw. Anlage | 32395517,410 | 5944422,381 | 0,60 |
| BS WEA 05 Verw. Kran1 | 32395499,714 | 5944404,223 | 0,61 |
| BS WEA 05 Verw. Kran2 | 32395451,240 | 5944394,625 | 0,60 |
| BS WEA 05 Verw. Kran3 | 32395443,487 | 5944433,294 | 0,88 |
| BS WEA 05 Verw. Kran4 | 32395492,535 | 5944443,205 | 0,72 |
| CPT WEA 05 Verw. Norden | 32395515,734 | 5944426,710 | 0,63 |
| CPT WEA 05 Verw. Osten | 32395512,853 | 5944413,263 | 0,59 |
| CPT WEA 05 Verw. Süden | 32395500,524 | 5944416,428 | 0,55 |
| CPT WEA 05 Verw. Westen | 32395503,895 | 5944429,370 | 0,63 |
| CPT WEA 05 Verw. KSF1 | 32395495,120 | 5944407,332 | 0,69 |

* Hinweis: Die tatsächliche Lage der CTPs kann örtlich geringfügig abweichen, da nicht alle Drucksondierpunkte im Zuge der Einmessungen wiedergefunden werden konnten.

| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
|---|---|---|---|
| **Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen** | **Vulhop+Becker GmbH Tannenkrugstraße 42 26180 Rastede** | **23.1098** | |
| Art: **Koordinatenliste der Baugrundaufschlüsse** | | Datum: **03.08.2023** | **Anlage 1.2.3** |

**Koordinatenbezugssystem:**

| | |
|---|---|
| X | ETRS89 / UTM Zone 32 |
| | DHDN / Gauß-Krüger Zone 3 |

**Lage und Höhe der Aufschlusspunkte ***

| Aufschlusspunkt | Rechtswert | Hochwert | Höhe in m NHN |
|---|---|---|---|
| CPT WEA 05 Verw. KSF2 | 32395447,937 | 5944430,110 | 0,85 |

* Hinweis: Die tatsächliche Lage der CTPs kann örtlich geringfügig abweichen, da nicht alle Drucksondierpunkte im Zuge der Einmessungen wiedergefunden werden konnten.

# Zeichnerische Darstellung der Bohrergebnisse

SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH

## Legende

**Anlage 2**

| Benennung: Hauptbodenarten: | Nebenanteile: | Zeichen: |
|---|---|---|
| Steine | steinig | |
| Kies | kiesig | |
| Grobkies | grobkiesig | |
| Mittelkies | mittelkiesig | |
| Feinkies | feinkiesig | |
| Sand | sandig | |
| Grobsand | grobsandig | |
| Mittelsand | mittelsandig | |
| Feinsand | feinsandig | |
| Schluff | schluffig | |
| Ton | tonig | |
| Torf | humos, organisch | |
| Auffüllung | | **A** |
| Geschiebelehm | | |
| Geschiebemergel | | |
| Klei | | |

Zustandsform bindiger Bodenarten:

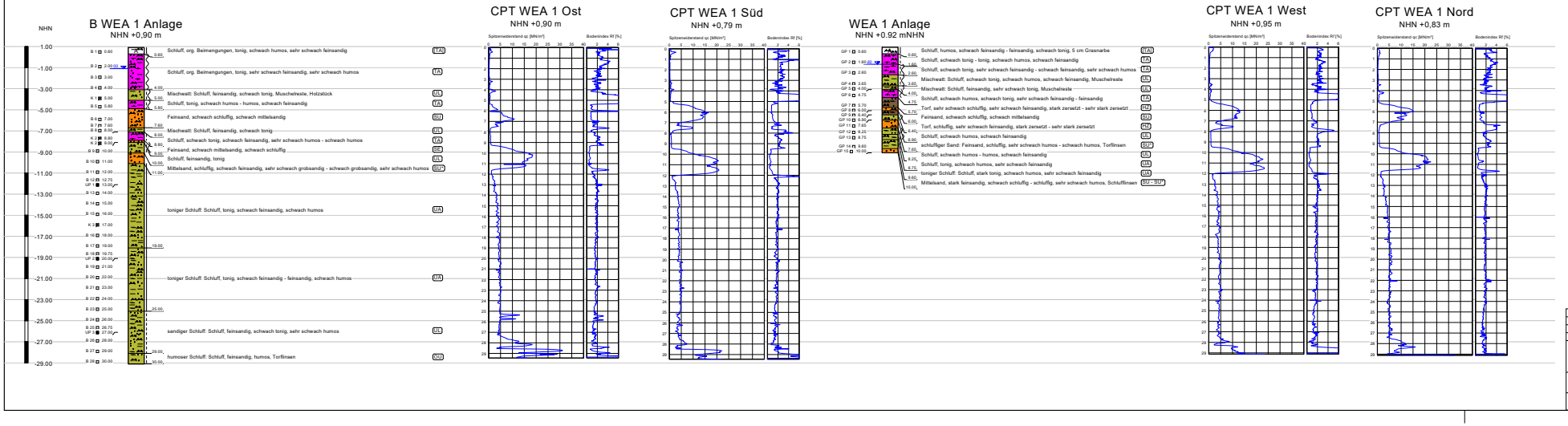



**Wasserstand:** ▽ Grundwasser nach Beendigung der Bohrung

**Probenarten:**

GP □ gestörte Probe

SP ■ ungestörte Probe (Sonderprobe)



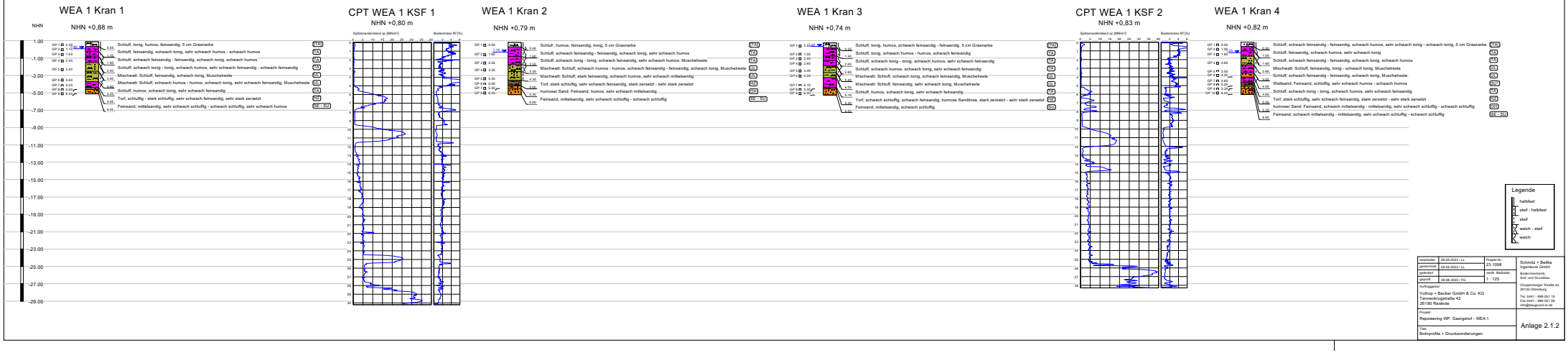

| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet: | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr: | Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH |
| gezeichnet: | 28.08.2023 / LL | 23.1098 | Bodenmechanik, Erd- und Grundbau |
| geändert: | | verkl. Maßstab: | Cloppenburger Straße 4a 26135 Oldenburg |
| geprüft: | 28.08.2023 / FG | 1 : 125 | Tel. 0441 - 999 051 10 Fax 0441 - 999 051 59 info@beagrund-ol.de |

Auftraggeber:
Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 1

Titel:
Bohrprofile + Drucksondierungen

Anlage 2.1.1




| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet: | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr: | 23.1098 |
| gezeichnet: | 28.08.2023 / LL | | |
| geändert: | | Anlg. Maßstab: | 1 : 125 |
| geprüft: | 28.08.2023 / FG | | |

Auftraggeber:
Vollhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 1

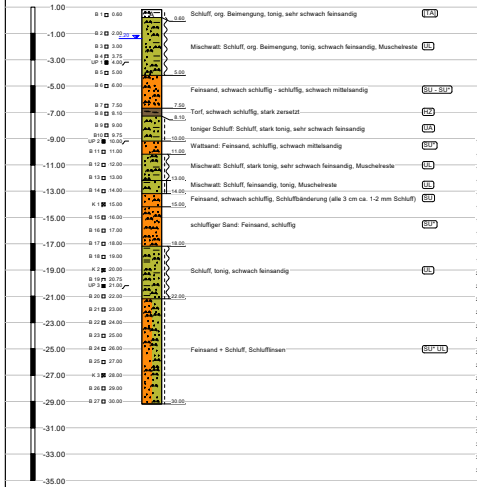
Titel:
Bohrprofile + Drucksondierungen

Schmitz + Bellke
Ingenieure GmbH
Bodenmechanik,
Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg
Tel. 0441 - 999 051 10
Fax 0441 - 999 051 59
info@baugrund-ol.de

Anlage 2.1.2

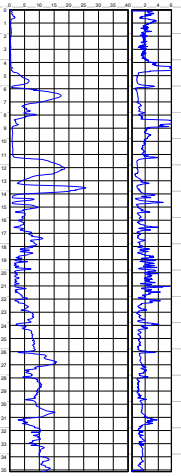
## B WEA 2 Anlage

NHN +0,81 m



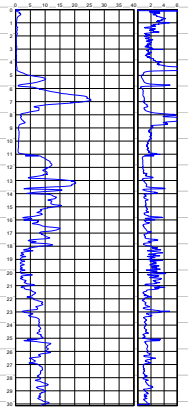

## CPT WEA 2 Ost

NHN +0,79 m



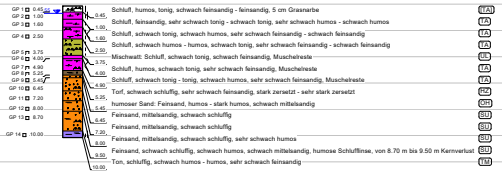

## CPT WEA 2 Süd

NHN +0,81 m



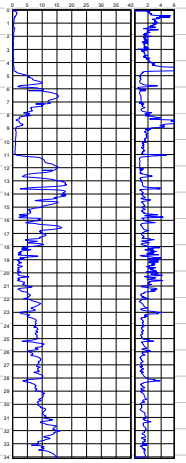

## WEA 2 Anlage

NHN +0,85 m



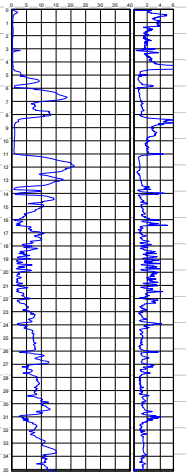

## CPT WEA 2 West

NHN +0,86 m




## CPT WEA 2 Nord

NHN +0,83 m




Legende

- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich

| | | |
|---|---|---|
| bearbeitet | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr. 23.1098 |
| gezeichnet | 28.08.2023 / LL | |
| geändert | | verkl. Maßstab: |
| geprüft | 28.08.2023 / FG | 1 : 125 |

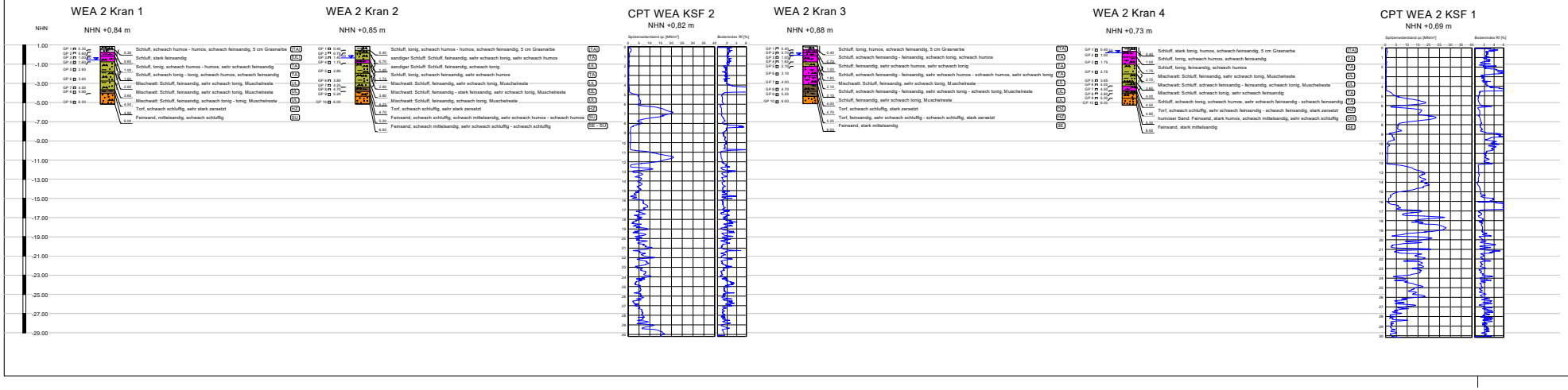
Auftraggeber:
Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 2

Titel:
Bohrprofile + Drucksondierungen


Schmitz + Beilke
Ingenieure GmbH
Bodenmechanik,
Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg
Tel. 0441 - 999 051 10
Fax 0441 - 999 051 59
info@beagrund-ol.de


Anlage 2.2.1




| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet: | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr: | 23.1098 |
| gezeichnet: | 28.08.2023 / LL | | |
| geändert: | | Anlage, Maßstab: | 1 : 125 |
| geprüft: | 28.08.2023 / FG | | |

Auftraggeber:
Vollrop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 2

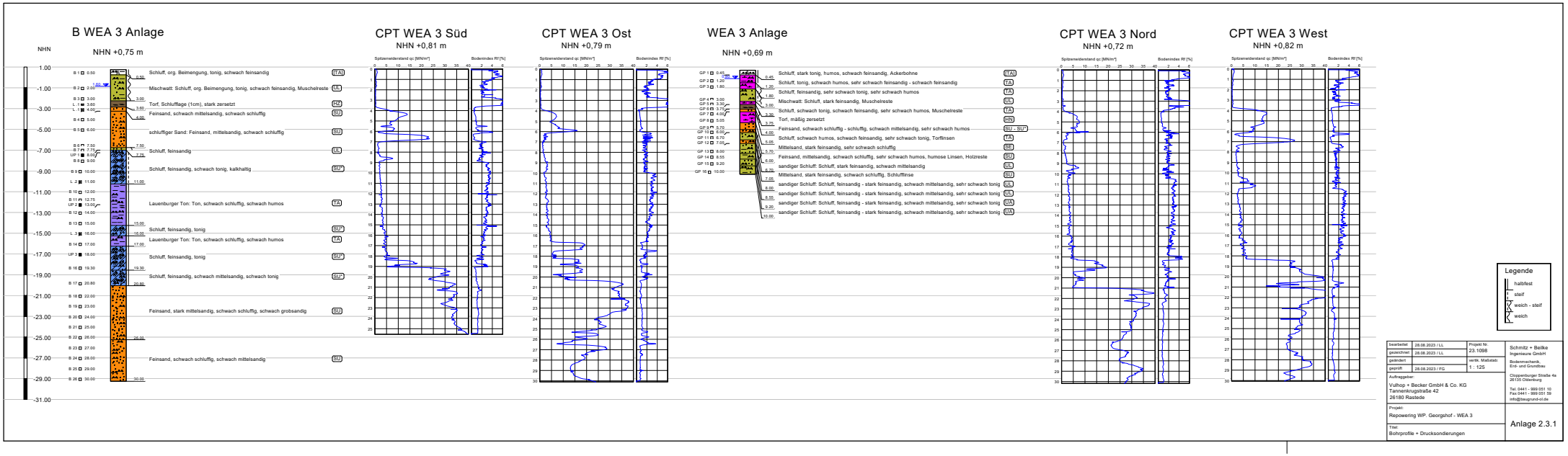
Titel:
Bohrprofile + Drucksondierungen

Schmidt + Bellke
Ingenieure GmbH
Bodenmechanik,
Erd- und Grundbau

Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg

Tel. 0441 - 999 051 10
Fax 0441 - 999 051 59
info@baugrund-ol.de

Anlage 2.2.2




| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet: | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr.: | 23.1098 |
| gezeichnet: | 28.08.2023 / LL | | |
| geändert: | | vertik. Maßstab: | 1 : 125 |
| geprüft: | 28.08.2023 / FG | | |

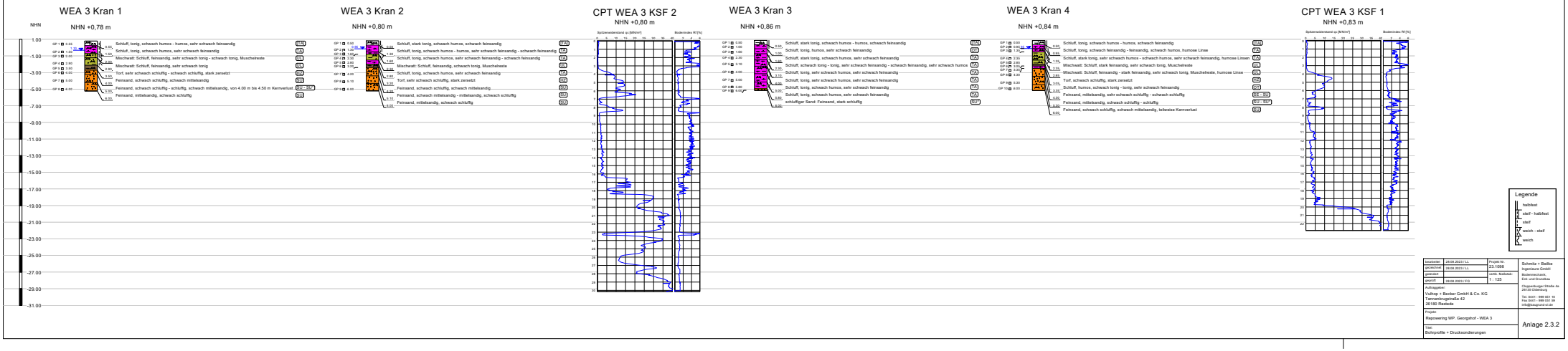
Auftraggeber:
Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 3

Titel:
Bohrprofile + Drucksondierungen

Schmitz + Beilke
Ingenieure GmbH
Bodenmechanik,
Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg
Tel. 0441 - 999 051 10
Fax 0441 - 999 051 59
info@baugrund-ol.de

Anlage 2.3.1




| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet: | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr. | Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH |
| gezeichnet: | 28.08.2023 / LL | 23.1098 | Bodenmechanik, Erd- und Grundbau |
| prüfend: | | Maßstab: | |
| gesehn: | 29.08.2023 / FS | 1 : 125 | Clausenburger Straße 4a 26135 Oldenburg |

Auftraggeber:
Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Tel. 0441 - 998 051 33
Fax 0441 - 998 051 99
info@baugrund-ol.de

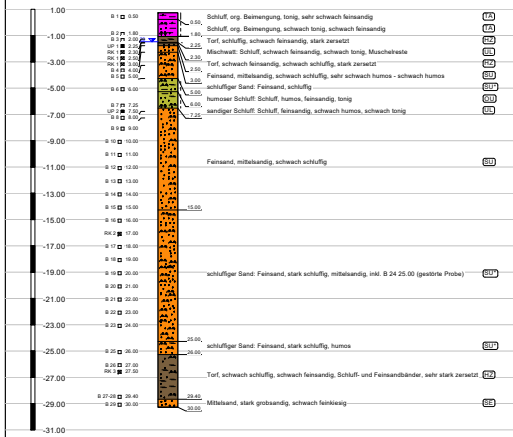
Projekt:
Repowering WP. Georgsfeld - WEA 3

Inhalt:
Bohrprofile + Drucksondierungen

Anlage 2.3.2

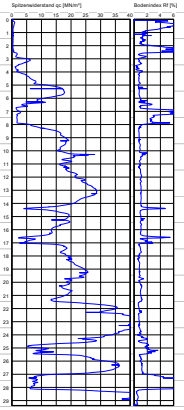
## B WEA 4 Anlage

NHN +0,73 m



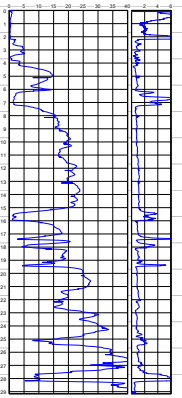

## CPT WEA 4 West

NHN +0,46 m



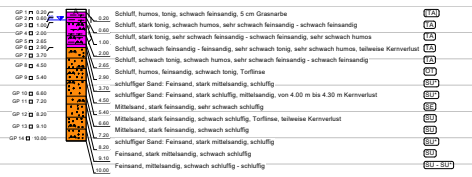

## CPT WEA 4 Nord

NHN +0,68 m



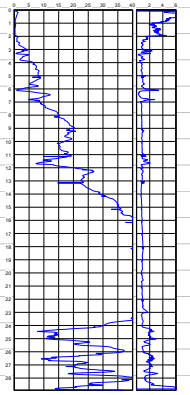

## WEA 4 Anlage

NHN +0,76 m



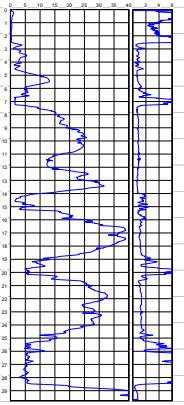

## CPT WEA 4 Ost

NHN +0,79 m




## CPT WEA 4 Süd

NHN +0,83 m




Legende

halbfest
steif - halbfest
steif
weich

| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr. | 23.1098 |
| gezeichnet | 28.08.2023 / LL | | |
| geändert | | vertik. Maßstab: | |
| geprüft | 28.08.2023 / FG | | 1 : 125 |

Auftraggeber:
Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 4

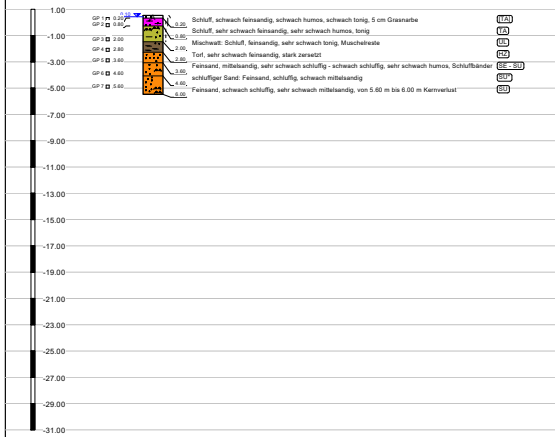
Titel:
Bohrprofile + Drucksondierungen

Schmitz + Beilke
Ingenieure GmbH
Bodenmechanik,
Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg
Tel. 0441 - 999 051 10
Fax 0441 - 999 051 59
info@beagrund-ol.de

Anlage 2.4.1

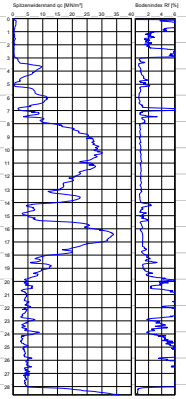
## WEA 4 Kran 1

NHN +0,53 m



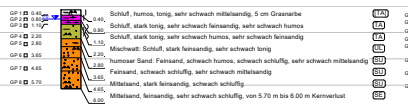

## CPT WEA 4 KSF 1

NHN +0,83 m



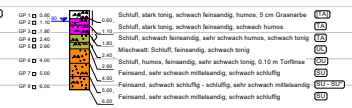

## WEA 4 Kran 2

NHN +0,73 m



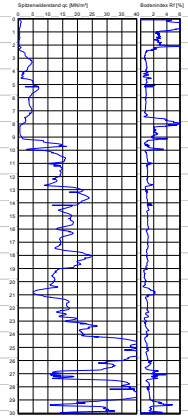

## WEA 4 Kran 3

NHN +0,66 m



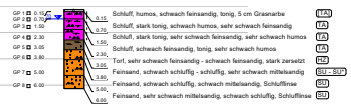

## CPT WEA 4 KSF 2

NHN +0,81 m




## WEA 4 Kran 4

NHN ++0.74 mNHN




Legende

- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif

| | | |
|---|---|---|
| bearbeitet | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr. 23.1098 |
| gezeichnet | 28.08.2023 / LL | |
| geändert | | verkl. Maßstab: |
| geprüft | 28.08.2023 / FG | 1 : 125 |

Auftraggeber:
Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WP. Georgshof - WEA 4

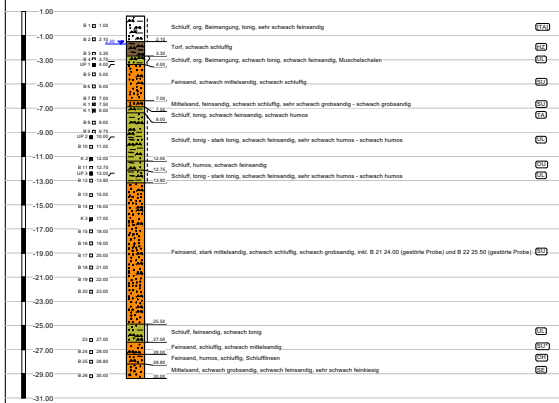
Titel:
Bohrprofile + Drucksondierungen


Schmitz + Beilke
Ingenieure GmbH
Bodenmechanik,
Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg
Tel. 0441 - 999 051 10
Fax 0441 - 999 051 59
info@beagrund-ol.de


Anlage 2.4.2

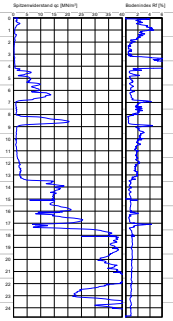
## B WEA 5 Verw. Anlage

NHN +0,61 m



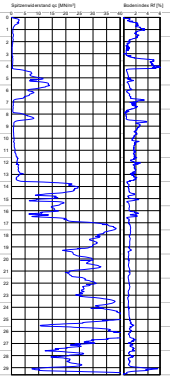

## CPT WEA 5 Verw. Süd

NHN +0,55 m



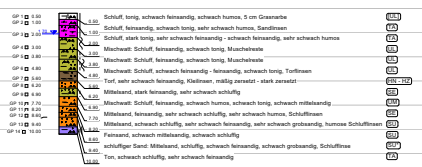

## CPT WEA 5 Verw. Ost

NHN +0,59 m



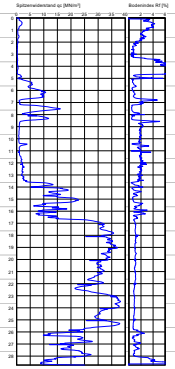

## WEA 5 V. Anlage

NHN +0,60 m



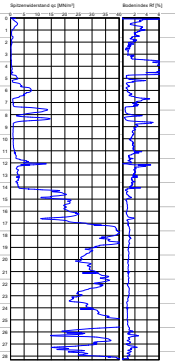

## CPT WEA 5 Verw. Nord

NHN +0,63 m




## CPT WEA 5 Verw. West

NHN +0,63 m




Legende

- halbfest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- weich

| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet: | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr: | 23.1098 |
| gezeichnet: | 28.08.2023 / LL | Anlage, Blattzahl: | 1 - 125 |
| geprüft: | 31.08.2023 / FD | | |

Auftraggeber:
Vollmer + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede

Projekt:
Repowering WEA Verwey - WEA 5 Verweyen

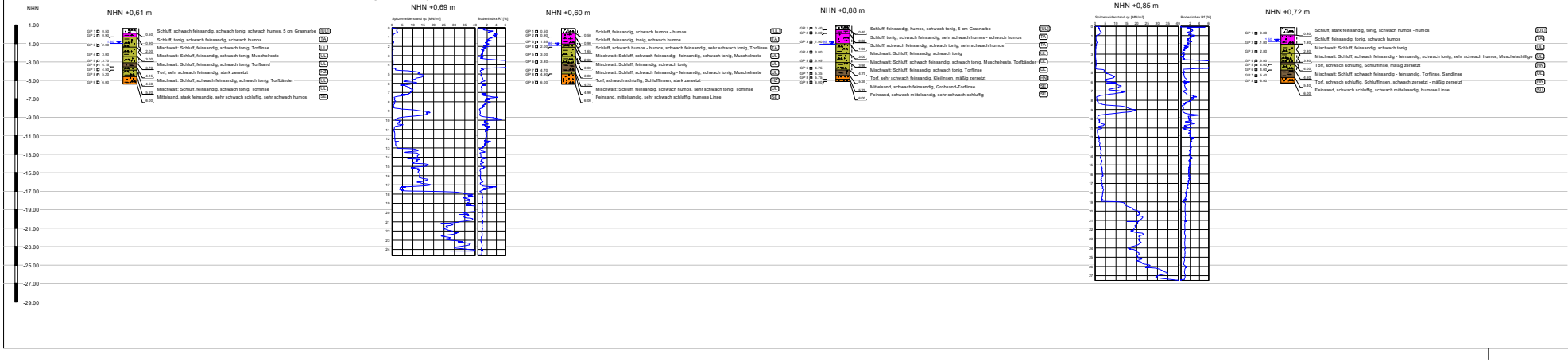
Titel:
Bohrprofile + Drucksondierungen


Schmidtz + Beilke
Ingenieure GmbH
Bodenmechanik,
Erd- und Grundbau

Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg

Tel. 0441 - 999 051 10
Fax 0441 - 999 051 09
info@baugrund-ol.de


Anlage 2.5.1




| | | | |
|---|---|---|---|
| bearbeitet: | 28.08.2023 / LL | Projekt Nr. | Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH |
| gezeichnet: | 28.08.2023 / LL | 23.1098 | |
| geändert: | 31.08.2023 / LL | Bodenmechanik, Erd- und Grundbau | |
| geprüft: | 31.08.2023 / FS | Maßstab 1 : 125 | |
| Auftraggeber: | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG<br>Tannenkrugstraße 42<br>26180 Rastede | | Clausenburger Straße 4a<br>26133 Oldenburg<br>Tel. 0441 - 998 091 33<br>Fax 0441 - 998 091 99<br>info@baugrund-ol.de |
| Projekt: | Repowering WEA Verweyen - WEA 5 Verweyen | | |
| Titel: | Bohrprofile + Drucksondierungen | | Anlage 2.5.2 |

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.1 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Anlage / Blatt: 1 Höhe: +0.92 mNHN | Datum: 22.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.60 | a) Schluff, humos, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest / d) / e) braun - grau<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.60 |
| 1.60 | a) Schluff, schwach tonig - tonig, schwach humos, schwach feinsandig<br>b)<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) grau - braun<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (1.60) | GP | 2 | 1.60 |
| 2.60 | a) Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) weich - steif / d) leicht bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 3 | 2.60 |
| 3.65 | a) Schluff, schwach tonig, schwach humos, schwach feinsandig<br>b) Muschelreste<br>c) weich - steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 4 | 3.65 |
| 4.00 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) weich - steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 5 | 4.00 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.2 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Anlage / Blatt: 2 Höhe: +0.92 mNHN | Datum: 22.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1)]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe<br>f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1)] / h) [1)] Gruppe / i) Kalkgehalt | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | | | | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 4.75 | a) Schluff, schwach humos, schwach tonig, sehr schwach feinsandig - feinsandig<br>b)<br>c) weich / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 6 | 4.75 |
| 5.70 | a) Torf, sehr schwach schluffig, sehr schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt - sehr stark zersetzt<br>c) / d) schwer bohrbar / e) dunkelbraun<br>f) Torf / g) / h) HZ / i) | | | | | GP | 7 | 5.70 |
| 6.00 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig<br>b)<br>c) / d) schwer bohrbar / e) beige<br>f) Sand / g) / h) SU / i) | | | | | GP | 8 | 6.00 |
| 6.40 | a) Torf, schluffig, sehr schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt - sehr stark zersetzt<br>c) / d) schwer bohrbar / e) dunkelbraun<br>f) Torf / g) / h) HZ / i) | | | | | GP | 9 | 6.40 |
| 6.90 | a) Schluff, schwach humos, schwach feinsandig<br>b)<br>c) weich / d) schwer bohrbar / e) beige - braun<br>f) Schluff / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 10 | 6.90 |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.3 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Anlage / Blatt: 3 Höhe: +0.92 mNHN | Datum: 22.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 7.65 | a) Feinsand, schluffig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b) Torflinsen | | | | | GP | 11 | 7.65 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beige - braun | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 8.25 | a) Schluff, schwach humos - humos, schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 12 | 8.25 |
| | c) weich | d) schwer bohrbar | e) dunkelgrau - braun | | | | | |
| | f) Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 8.75 | a) Schluff, tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 13 | 8.75 |
| | c) weich - steif | d) schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Schluff | g) | h) UA | i) | | | | |
| 9.60 | a) Schluff, stark tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 14 | 9.60 |
| | c) steif | d) schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) toniger Schluff | g) | h) UA | i) | | | | |
| 10.00 | a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig - schluffig, sehr schwach humos<br>b) Schlufflinsen | | | | | GP | 15 | 10.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU-SU* | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.4 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Kran 1 / Blatt: 1 Höhe: +0.88 mNHN | Datum: 17.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.55 | a) Schluff, tonig, humos, feinsandig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest | d) | e) dunkelbraun - grau | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.55 |
| | f) Auffüllung | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 1.10 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b)<br>c) halbfest | d) leicht bohrbar | e) grau | | GW (0.80) | GP | 2 | 1.10 |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 1.65 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig, schwach humos<br>b)<br>c) steif | d) leicht bohrbar | e) grau | | | GP | 3 | 1.65 |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.40 | a) Schluff, schwach tonig - tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b)<br>c) weich - steif | d) leicht bohrbar | e) dunkelgrau | | | GP | 4 | 2.40 |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 3.40 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | GP | 5 | 3.40 |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.5 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Kran 1 / Blatt: 2 Höhe: +0.88 mNHN | Datum: 17.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.60 | a) Schluff, schwach humos - humos, schwach tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 6 | 4.60 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 5.25 | a) Schluff, humos, schwach tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 7 | 5.25 |
| | c) weich | d) schwer bohrbar | e) dunkelgrau - schwarz | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 5.50 | a) Torf, schluffig - stark schluffig, sehr schwach feinsandig<br>b) sehr stark zersetzt | | | | | GP | 8 | 5.50 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, mittelsandig, sehr schwach schluffig - schwach schluffig, sehr schwach humos<br>b) | | | | | GP | 9 | 6.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE - SU | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.6 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Kran 2 / Blatt: 1 Höhe: +0.79 mNHN | Datum: 17.05.2023

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe<br>f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 0.50 | a) Schluff, humos, feinsandig, tonig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest / d) / e) dunkelgrau - braun<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.50 |
| 1.60 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) weich - steif / d) mittelschwer bohrbar / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | GW (1.10) | GP | 2 | 1.60 |
| 2.55 | a) Schluff, schwach tonig - tonig, schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b) Muschelreste<br>c) weich - steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | GP | 3 | 2.55 |
| 3.35 | a) Schluff, schwach humos - humos, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) weich - steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | teilweise Kernverlust | GP | 4 | 3.35 |
| 4.35 | a) Schluff, stark feinsandig, schwach humos, sehr schwach mittelsandig<br>b)<br>c) steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | teilweise Kernverlust | GP | 5 | 4.35 |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.7 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Kran 2 / Blatt: 2 Höhe: +0.79 mNHN | Datum: 17.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 5.00 | a) Torf, stark schluffig, sehr schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt - sehr stark zersetzt<br>c)<br>f) Torf | d) schwer bohrbar<br>g) | e) dunkelbraun - schwarz<br>h) HZ | i) | | GP | 6 | 5.00 |
| 5.30 | a) Feinsand, humos, sehr schwach mittelsandig<br>b)<br>c)<br>f) humoser Sand | d) schwer bohrbar<br>g) | e) dunkelbraun<br>h) OH | i) | | GP | 7 | 5.30 |
| 6.00 | a) Feinsand, mittelsandig, sehr schwach schluffig - schwach schluffig<br>b)<br>c)<br>f) Sand | d) sehr schwer bohrbar<br>g) | e) dunkelbeige<br>h) SE - SU | i) | | GP | 8 | 6.00 |
| | a)<br>b)<br>c)<br>f) | d)<br>g) | e)<br>h) | i) | | | | |
| | a)<br>b)<br>c)<br>f) | d)<br>g) | e)<br>h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.8 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Kran 3 / Blatt: 1 Höhe: +0.74 mNHN | Datum: 17.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.55 | a) Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig - feinsandig<br>b) 5 cm Grasnarbe | | | | GW (0.40), bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.55 |
| | c) halbfest | d) | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 1.50 | a) Schluff, tonig, schwach humos - humos, schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 2 | 1.50 |
| | c) steif - halbfest | d) leicht bohrbar | e) grau - braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.00 | a) Schluff, schwach tonig - tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 3 | 2.00 |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) schwarz - dunkelgrau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.60 | a) Schluff, schwach humos, schwach tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 4 | 2.60 |
| | c) weich | d) leicht bohrbar | e) dunkelgrau - schwarz | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 3.40 | a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 5 | 3.40 |
| | c) weich - steif | d) leicht bohrbar | e) dunkelgrau - schwarz | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.9 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Kran 3 / Blatt: 2 Höhe: +0.74 mNHN | Datum: 17.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.00 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) weich - steif<br>f) Mischwatt | d) mittelschwer bohrbar<br>g) | e) dunkelgrau<br>h) UL | i) | | GP | 6 | 4.00 |
| 5.10 | a) Schluff, humos, schwach tonig, sehr schwach feinsandig<br>b)<br>c) weich<br>f) Klei | d) mittelschwer bohrbar<br>g) | e) dunkelgrau - schwarz<br>h) TA | i) | | GP | 7 | 5.10 |
| 5.30 | a) Torf, schwach schluffig, schwach feinsandig<br>b) humose Sandlinse stark zersetzt - sehr stark zersetzt<br>c)<br>f) Torf | d) mittelschwer bohrbar<br>g) | e) dunkelbraun - schwarz<br>h) HZ | i) | | GP | 8 | 5.30 |
| 6.00 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig<br>b)<br>c)<br>f) Sand | d) schwer bohrbar<br>g) | e) beige<br>h) SU | i) | | GP | 9 | 6.00 |
| | a)<br>b)<br>c)<br>f) | d)<br>g) | e)<br>h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.10 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Kran 4 / Blatt: 1 Höhe: +0.82 mNHN | Datum: 17.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1)]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe<br>f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1)] / h) [1)] Gruppe / i) Kalkgehalt | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 0.50 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach humos, sehr schwach tonig - schwach tonig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest / d) / e) dunkelgrau - braun<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.50 |
| 1.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach humos, sehr schwach tonig<br>b)<br>c) halbfest / d) / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 2 | 1.00 |
| 1.60 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig, schwach humos<br>b)<br>c) steif - halbfest / d) leicht bohrbar / e) grau - braun<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (1.20) | GP | 3 | 1.60 |
| 2.60 | a) Schluff, feinsandig, tonig - schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) weich - steif / d) leicht bohrbar / e) dunkelgrau - schwarz<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 4 | 2.60 |
| 3.55 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau - schwarz<br>f) Klei / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 5 | 3.55 |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.11 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 1 Kran 4 / Blatt: 2 Höhe: +0.82 mNHN | Datum: 17.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1)]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut<br>d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang<br>e) Farbe<br>f) Übliche Benennung<br>g) Geologische Benennung [1)]<br>h) [1)] Gruppe<br>i) Kalkgehalt | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 4.00 | a) Feinsand, schluffig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b)<br>c)<br>d) mittelschwer bohrbar<br>e) dunkelgrau<br>f) Wattsand<br>g)<br>h) SU* | | | | | GP | 6 | 4.00 |
| 4.65 | a) Schluff, schwach tonig - tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b)<br>c) weich<br>d) mittelschwer bohrbar<br>e) dunkelgrau - schwarz<br>f) Klei<br>g)<br>h) TA | | | | teilweise Kernverlust | GP | 7 | 4.65 |
| 5.05 | a) Torf, stark schluffig, sehr schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt - sehr stark zersetzt<br>c)<br>d) mittelschwer bohrbar<br>e) dunkelbraun - schwarz<br>f) Torf<br>g)<br>h) HZ | | | | | GP | 8 | 5.05 |
| 5.35 | a) Feinsand, schwach mittelsandig - mittelsandig, sehr schwach schluffig - schwach schluffig<br>b)<br>c)<br>d) mittelschwer bohrbar<br>e) dunkelbraun - schwarz<br>f) humoser Sand<br>g)<br>h) OH | | | | | GP | 9 | 5.35 |
| 6.00 | a) Feinsand, schwach mittelsandig - mittelsandig, sehr schwach schluffig - schwach schluffig<br>b)<br>c)<br>d) schwer bohrbar<br>e) dunkelbeige<br>f) Sand<br>g)<br>h) SE - SU | | | | | GP | 10 | 6.00 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.12 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Anlage / Blatt: 1 Höhe: +0.85 mNHN | Datum: 16.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.45 | a) Schluff, humos, tonig, schwach feinsandig - feinsandig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest / d) / e) dunkelgrau<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.45 |
| 1.00 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig - schwach tonig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b)<br>c) steif - halbfest / d) / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (0.55) | GP | 2 | 1.00 |
| 1.60 | a) Schluff, schwach tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b)<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 3 | 1.60 |
| 2.50 | a) Schluff, schwach humos - humos, schwach tonig, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b)<br>c) weich - steif / d) leicht bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 4 | 2.50 |
| 3.75 | a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig<br>b) Muschelreste<br>c) steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 5 | 3.75 |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.13 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Anlage / Blatt: 2 Höhe: +0.85 mNHN | Datum: 16.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.00 | a) Schluff, humos, schwach tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) Muschelreste<br>c) steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau - schwarz<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 6 | 4.00 |
| 4.90 | a) Schluff, schwach tonig - tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) Muschelreste<br>c) weich / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau - schwarz<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 7 | 4.90 |
| 5.25 | a) Torf, schwach schluffig, sehr schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt - sehr stark zersetzt<br>c) / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelbraun<br>f) Torf / g) / h) HZ / i) | | | | | GP | 8 | 5.25 |
| 5.45 | a) Feinsand, humos - stark humos, schwach mittelsandig<br>b)<br>c) / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelbraun<br>f) humoser Sand / g) / h) OH / i) | | | | | GP | 9 | 5.45 |
| 6.45 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig<br>b)<br>c) / d) schwer bohrbar / e) dunkelbeige<br>f) Sand / g) / h) SU / i) | | | | | GP | 10 | 6.45 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.14 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Anlage / Blatt: 3 Höhe: +0.85 mNHN | Datum: 16.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 7.20 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig<br>b)<br>c) | d) schwer bohrbar | e) beige | | | GP | 11 | 7.20 |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 8.00 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) | d) schwer bohrbar | e) dunkelbeige - hellbraun | | | GP | 12 | 8.00 |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 9.50 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach humos, schwach mittelsandig<br>b) humose Schlufflinse<br>c) | d) sehr schwer bohrbar | e) dunkelbeige | | von 8.70 m bis 9.50 m Kernverlust | GP | 13 | 8.70 |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 10.00 | a) Ton, schluffig, schwach humos - humos, sehr schwach feinsandig<br>b)<br>c) steif - halbfest | d) sehr schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | GP | 14 | 10.00 |
| | f) Ton | g) | h) TM | i) | | | | |
| | a)<br>b)<br>c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.15 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Kran 1 / Blatt: 1 Höhe: +0.84 mNHN | Datum: 15.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.35 | a) Schluff, schwach humos - humos, schwach feinsandig<br>b) 5 cm Grasnarbe | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.35 |
| | c) steif | d) | e) braun | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 0.60 | a) Schluff, stark feinsandig<br>b) | | | | | GP | 2 | 0.60 |
| | c) steif - halbfest | d) | e) grau | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [UL] | i) | | | | |
| 1.00 | a) Schluff, tonig, schwach humos - humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 3 | 1.00 |
| | c) halbfest | d) | e) hellbraun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 1.60 | a) Schluff, schwach tonig - tonig, schwach humos, schwach feinsandig<br>b) | | | | GW (1.40) | GP | 4 | 1.60 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) hellbraun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.60 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 5 | 2.60 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.16 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Kran 1 / Blatt: 2 Höhe: +0.84 mNHN | Datum: 15.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.60 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | GP | 6 | 3.60 |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 4.50 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig - tonig<br>b) Muschelreste<br>c) steif | d) schwer bohrbar | e) grau | | | GP | 7 | 4.50 |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 4.90 | a) Torf, schwach schluffig<br>b) sehr stark zersetzt<br>c) | d) schwer bohrbar | e) braun | | | GP | 8 | 4.90 |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig<br>b)<br>c) | d) schwer bohrbar | e) braun | | | GP | 9 | 6.00 |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| | a)<br>b)<br>c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.17 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Kran 2 / Blatt: 1 Höhe: +0.85 mNHN | Datum: 15.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.40 | a) Schluff, tonig, schwach humos - humos, schwach feinsandig<br>b) 5 cm Grasnarbe | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.40 |
| | c) steif | d) | e) braun | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 0.70 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig, sehr schwach humos<br>b) | | | | | GP | 2 | 0.70 |
| | c) steif | d) | e) beige - grau | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) TA | i) | | | | |
| 1.40 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) | | | | GW (1.20) | GP | 3 | 1.40 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 1.75 | a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b) | | | | | GP | 4 | 1.75 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.80 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 5 | 2.80 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.18 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Kran 2 / Blatt: 2 Höhe: +0.85 mNHN | Datum: 15.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.80 | a) Schluff, feinsandig - stark feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 6 | 3.80 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 4.25 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 7 | 4.25 |
| | c) weich | d) schwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 4.70 | a) Torf, schwach schluffig<br>b) sehr stark zersetzt | | | | | GP | 8 | 4.70 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) braun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 5.20 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b) | | | | | GP | 9 | 5.20 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) braun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, schwach mittelsandig, sehr schwach schluffig - schwach schluffig<br>b) | | | | | GP | 10 | 6.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) grau - beige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE - SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.19 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Kran 3 / Blatt: 1 Höhe: +0.88 mNHN | Datum: 16.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1)]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe<br>f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1)] / h) [1)] Gruppe / i) Kalkgehalt | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 0.40 | a) Schluff, tonig, humos, schwach feinsandig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest / d) / e) dunkelgrau<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.40 |
| 0.70 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig, schwach humos<br>b)<br>c) halbfest / d) / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 2 | 0.70 |
| 1.00 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach humos, sehr schwach tonig<br>b)<br>c) steif / d) / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (0.95) | GP | 3 | 1.00 |
| 1.65 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, sehr schwach humos - schwach humos, sehr schwach tonig<br>b)<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 4 | 1.65 |
| 2.10 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 5 | 2.10 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.20 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Kran 3 / Blatt: 2 Höhe: +0.88 mNHN | Datum: 16.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.10 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, sehr schwach tonig - schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 6 | 3.10 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) UL | i) | | | | |
| 4.00 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 7 | 4.00 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau - schwarz | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) UL | i) | | | | |
| 4.70 | a) Torf, schwach schluffig<br>b) stark zersetzt | | | | | GP | 8 | 4.70 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 5.25 | a) Torf, feinsandig, sehr schwach schluffig - schwach schluffig<br>b) stark zersetzt | | | | | GP | 9 | 5.25 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, stark mittelsandig<br>b) | | | | | GP | 10 | 6.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) dunkelbeige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.21 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Kran 4 / Blatt: 1 Höhe: +0.73 mNHN | Datum: 16.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1)]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe<br>f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1)] / h) [1)] Gruppe / i) Kalkgehalt | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 0.40 | a) Schluff, stark tonig, humos, schwach feinsandig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest / d) / e) dunkelgrau<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.40 |
| 1.00 | a) Schluff, tonig, schwach humos, schwach feinsandig<br>b)<br>c) steif - halbfest / d) / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (0.55) | GP | 2 | 1.00 |
| 1.75 | a) Schluff, tonig, feinsandig, schwach humos<br>b)<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 3 | 1.75 |
| 2.75 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) grau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 4 | 2.75 |
| 3.65 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) weich - steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 5 | 3.65 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.22 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 2 Kran 4 / Blatt: 2 Höhe: +0.73 mNHN | Datum: 16.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.00 | a) Schluff, schwach tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 6 | 4.00 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) TA | i) | | | | |
| 4.50 | a) Schluff, schwach tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 7 | 4.50 |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau - schwarz | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 4.80 | a) Torf, schwach schluffig, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt | | | | | GP | 8 | 4.80 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 5.30 | a) Feinsand, stark humos, schwach mittelsandig, sehr schwach schluffig<br>b) | | | | | GP | 9 | 5.30 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) humoser Sand | g) | h) OH | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, stark mittelsandig<br>b) | | | | | GP | 10 | 6.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.23 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Anlage / Blatt: 1 Höhe: +0.69 mNHN | Datum: 01.06.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.45 | a) Schluff, stark tonig, humos, schwach feinsandig<br>b) Ackerbohne | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.45 |
| | c) halbfest | d) | e) grau - braun | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 1.20 | a) Schluff, tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b) | | | | GW (0.80) | GP | 2 | 1.20 |
| | c) halbfest | d) leicht bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 1.80 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig, sehr schwach humos<br>b) | | | | | GP | 3 | 1.80 |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 3.00 | a) Schluff, stark feinsandig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 4 | 3.00 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 3.30 | a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 5 | 3.30 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.24 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Anlage / Blatt: 2 Höhe: +0.69 mNHN | Datum: 01.06.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.75 | a) Torf<br>b) mäßig zersetzt | | | | | GP | 6 | 3.75 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HN | i) | | | | |
| 4.00 | a) Feinsand, schwach schluffig - schluffig, schwach mittelsandig, sehr schwach humos<br>b) | | | | | GP | 7 | 4.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbeige - hellbraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU-SU* | i) | | | | |
| 5.05 | a) Schluff, schwach humos, schwach feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Torflinsen | | | | | GP | 8 | 5.05 |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) grau - braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 5.70 | a) Mittelsand, stark feinsandig, sehr schwach schluffig<br>b) | | | | | GP | 9 | 5.70 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, sehr schwach humos<br>b) humose Linsen, Holzreste | | | | | GP | 10 | 6.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) dunkelbeige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.25 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Anlage / Blatt: 3 Höhe: +0.69 mNHN | Datum: 01.06.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 6.70 | a) Schluff, stark feinsandig, schwach mittelsandig | | | | | GP | 11 | 6.70 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) steif | d) schwer bohrbar | e) grau - braun | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 7.05 | a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig | | | | | GP | 12 | 7.05 |
| | b) Schlufflinse | | | | | | | |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) dunkelbeige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 8.00 | a) Schluff, feinsandig - stark feinsandig, schwach mittelsandig, sehr schwach tonig | | | | | GP | 13 | 8.00 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) steif | d) sehr schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 8.55 | a) Schluff, feinsandig - stark feinsandig, schwach mittelsandig, sehr schwach tonig | | | | | GP | 14 | 8.55 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) weich - steif | d) sehr schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 9.20 | a) Schluff, feinsandig - stark feinsandig, schwach mittelsandig, sehr schwach tonig | | | | | GP | 15 | 9.20 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) halbfest | d) sehr schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) UA | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.26 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Anlage / Blatt: 4 Höhe: +0.69 mNHN | Datum: 01.06.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 10.00 | a) Schluff, feinsandig - stark feinsandig, schwach mittelsandig, sehr schwach tonig<br>b) | | | | | GP | 16 | 10.00 |
| | c) halbfest | d) sehr schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) UA | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.27 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Kran 1 / Blatt: 1 Höhe: +0.78 mNHN | Datum: 09.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.55 | a) Schluff, tonig, schwach humos - humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.55 |
| | c) steif - halbfest | d) | e) hellbraun | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 1.50 | a) Schluff, tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | GW (1.10) | GP | 2 | 1.50 |
| | c) steif - halbfest | d) | e) hellbraun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.00 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig - schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 3 | 2.00 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 2.90 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) | | | | | GP | 4 | 2.90 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 3.50 | a) Torf, sehr schwach schluffig - schwach schluffig<br>b) stark zersetzt | | | | | GP | 5 | 3.50 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.28 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Kran 1 / Blatt: 2 Höhe: +0.78 mNHN | Datum: 09.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.00 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig<br>b)<br>c) | d) schwer bohrbar | e) dunkelbeige | | | GP | 6 | 4.00 |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 5.00 | a) Feinsand, schwach schluffig - schluffig, schwach mittelsandig<br>b)<br>c) | d) schwer bohrbar | e) grau - beige | | von 4.00 m bis 4.50 m Kernverlust | GP | 7 | 5.00 |
| | f) Sand | g) | h) SU-SU* | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig<br>b)<br>c) | d) schwer bohrbar | e) grau | | | GP | 8 | 6.00 |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| | a)<br>b)<br>c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a)<br>b)<br>c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.29 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Kran 2 / Blatt: 1 Höhe: +0.80 mNHN | Datum: 09.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1)]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut<br>d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang<br>e) Farbe<br>f) Übliche Benennung<br>g) Geologische Benennung [1)]<br>h) [1)] Gruppe<br>i) Kalkgehalt | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 0.50 | a) Schluff, stark tonig, schwach humos, schwach feinsandig<br>b)<br>c) halbfest<br>d)<br>e) braun - beige<br>f) Auffüllung<br>g)<br>h) [TA]<br>i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.50 |
| 1.30 | a) Schluff, tonig, schwach humos - humos, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b)<br>c) steif - halbfest<br>d) mittelschwer bohrbar<br>e) braun - beige<br>f) Klei<br>g)<br>h) TA<br>i) | | | | GW (0.95) | GP | 2 | 1.30 |
| 1.60 | a) Schluff, tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b)<br>c) steif<br>d) mittelschwer bohrbar<br>e) hellbraun - grau<br>f) Klei<br>g)<br>h) TA<br>i) | | | | | GP | 3 | 1.60 |
| 2.30 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) weich - steif<br>d) mittelschwer bohrbar<br>e) grau<br>f) Mischwatt<br>g)<br>h) UL<br>i) | | | | | GP | 4 | 2.30 |
| 2.80 | a) Schluff, tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b)<br>c)<br>d) mittelschwer bohrbar<br>e) grau<br>f) Klei<br>g)<br>h) TA<br>i) | | | | | GP | 5 | 2.80 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.30 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Kran 2 / Blatt: 2 Höhe: +0.80 mNHN | Datum: 09.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.20 | a) Torf, sehr schwach schluffig<br>b) stark zersetzt<br>c)<br>f) Torf | d) mittelschwer bohrbar<br>g) | e) braun<br>h) HZ | i) | | GP | 6 | 3.20 |
| 4.20 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig<br>b)<br>c)<br>f) Sand | d) schwer bohrbar<br>g) | e) dunkelbeige<br>h) SU | i) | | GP | 7 | 4.20 |
| 5.10 | a) Feinsand, schwach mittelsandig - mittelsandig, schwach schluffig<br>b)<br>c)<br>f) Sand | d) sehr schwer bohrbar<br>g) | e) dunkelbeige<br>h) SU | i) | | GP | 8 | 5.10 |
| 6.00 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig<br>b)<br>c)<br>f) Sand | d) sehr schwer bohrbar<br>g) | e) dunkelbeige - grau<br>h) SU | i) | | GP | 9 | 6.00 |
| | a)<br>b)<br>c)<br>f) | d)<br>g) | e)<br>h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr: 23.1098<br>Seite: 3.31 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Kran 3 / Blatt: 1 Höhe: +0.86 mNHN | Datum: 09.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.50 | a) Schluff, stark tonig, schwach humos - humos, schwach feinsandig<br>b) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.50 |
| | c) halbfest | d) | e) braun | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 1.00 | a) Schluff, tonig, humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 2 | 1.00 |
| | c) halbfest | d) | e) braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) OT | i) | | | | |
| 1.60 | a) Schluff, stark tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 3 | 1.60 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau - braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.30 | a) Schluff, schwach tonig - tonig, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b) | | | | | GP | 4 | 2.30 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau - dunkelbeige | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 3.10 | a) Schluff, tonig, sehr schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 5 | 3.10 |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.32 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Kran 3 / Blatt: 2 Höhe: +0.86 mNHN | Datum: 09.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.00 | a) Schluff, tonig, sehr schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 6 | 4.00 |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 5.00 | a) Schluff, tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 7 | 5.00 |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 5.80 | a) Schluff, tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 8 | 5.80 |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) schwarz | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, stark schluffig<br>b) | | | | | GP | 9 | 6.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.33 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Kran 4 / Blatt: 1 Höhe: +0.84 mNHN | Datum: 09.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.50 | a) Schluff, tonig, schwach humos - humos, schwach feinsandig<br>b) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.50 |
| | c) halbfest | d) | e) hellbraun | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 0.95 | a) Schluff, tonig, schwach feinsandig - feinsandig, schwach humos<br>b) humose Linse | | | | GW (0.95) | GP | 2 | 0.95 |
| | c) halbfest | d) | e) beige - hellbraun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 1.35 | a) Schluff, stark tonig, sehr schwach humos - schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) humose Linsen | | | | | GP | 3 | 1.35 |
| | c) steif - halbfest | d) mittelschwer bohrbar | e) beige | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.35 | a) Schluff, stark feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 4 | 2.35 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 2.85 | a) Schluff, feinsandig - stark feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste, humose Linse | | | | | GP | 5 | 2.85 |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.34 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 3 Kran 4 / Blatt: 2 Höhe: +0.84 mNHN | Datum: 09.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.05 | a) Torf, schwach schluffig<br>b) stark zersetzt | | | | | GP | 6 | 3.05 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 3.35 | a) Schluff, humos, schwach tonig - tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 7 | 3.35 |
| | c) weich - steif | d) schwer bohrbar | e) braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) OT | i) | | | | |
| 4.30 | a) Feinsand, mittelsandig, sehr schwach schluffig - schwach schluffig<br>b) | | | | | GP | 8 | 4.30 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) dunkelbeige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE - SU | i) | | | | |
| 5.30 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig - schluffig<br>b) | | | | | GP | 9 | 5.30 |
| | c) | d) sehr schwer bohrbar | e) hellbraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU-SU* | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig<br>b) | | | | teilweise Kernverlust | GP | 10 | 6.00 |
| | c) | d) sehr schwer bohrbar | e) beige - grau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.35 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Anlage / Blatt: 1 Höhe: +0.76 mNHN — Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.20 | a) Schluff, humos, tonig, schwach feinsandig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest / d) / e) grau - braun<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.20 |
| 0.60 | a) Schluff, stark tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b)<br>c) halbfest / d) / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 2 | 0.60 |
| 1.00 | a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) steif - halbfest / d) / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (0.80) | GP | 3 | 1.00 |
| 2.00 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, sehr schwach tonig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | teilweise Kernverlust | GP | 4 | 2.00 |
| 2.65 | a) Schluff, schwach tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b)<br>c) weich / d) leicht bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 5 | 2.65 |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.36 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Anlage / Blatt: 2 Höhe: +0.76 mNHN | Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 2.90 | a) Schluff, humos, feinsandig, schwach tonig<br>b) Torflinse | | | | | GP | 6 | 2.90 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) OT | i) | | | | |
| 3.70 | a) Feinsand, stark mittelsandig, schluffig<br>b) | | | | | GP | 7 | 3.70 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) grau - braun | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 4.50 | a) Feinsand, stark schluffig, mittelsandig<br>b) | | | | von 4.00 m bis 4.30 m Kernverlust | GP | 8 | 4.50 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 5.40 | a) Mittelsand, stark feinsandig, sehr schwach schluffig<br>b) | | | | | GP | 9 | 5.40 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |
| 6.60 | a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig<br>b) Torflinse | | | | teilweise Kernverlust | GP | 10 | 6.60 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.37 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Anlage / Blatt: 3 Höhe: +0.76 mNHN | Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 7.20 | a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig | | | | | GP | 11 | 7.20 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 8.20 | a) Feinsand, stark mittelsandig, schluffig | | | | | GP | 12 | 8.20 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 9.10 | a) Feinsand, stark mittelsandig, schwach schluffig | | | | | GP | 13 | 9.10 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) sehr schwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 10.00 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig - schluffig | | | | | GP | 14 | 10.00 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) sehr schwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU-SU* | i) | | | | |
| | a) | | | | | | | |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.38 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Kran 1 / Blatt: 1 Höhe: +0.53 mNHN | Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.20 | a) Schluff, schwach feinsandig, schwach humos, schwach tonig<br>b) 5 cm Grasnarbe | | | | GW (0.10), bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.20 |
| | c) weich - steif | d) | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 0.80 | a) Schluff, sehr schwach feinsandig, sehr schwach humos, tonig<br>b) | | | | | GP | 2 | 0.80 |
| | c) steif - halbfest | d) | e) grau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.00 | a) Schluff, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 3 | 2.00 |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 2.80 | a) Torf, sehr schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt | | | | | GP | 4 | 2.80 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) schwarz | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 3.60 | a) Feinsand, mittelsandig, sehr schwach schluffig - schwach schluffig, sehr schwach humos<br>b) Schluffbänder | | | | | GP | 5 | 3.60 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE - SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.39 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Kran 1 / Blatt: 2 Höhe: +0.53 mNHN | Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.60 | a) Feinsand, schluffig, schwach mittelsandig | | | | | GP | 6 | 4.60 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beigebraun | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, schwach schluffig, sehr schwach mittelsandig | | | | von 5.60 m bis 6.00 m Kernverlust | GP | 7 | 5.60 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| | a) | | | | | | | |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a) | | | | | | | |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a) | | | | | | | |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.40 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Kran 2 / Blatt: 1 Höhe: +0.73 mNHN | Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1)]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe<br>f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1)] / h) [1)] Gruppe / i) Kalkgehalt | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 0.40 | a) Schluff, humos, tonig, sehr schwach mittelsandig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) steif - halbfest / d) / e) braun<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.40 |
| 0.80 | a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) halbfest / d) / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (0.70) | GP | 2 | 0.80 |
| 1.10 | a) Schluff, stark tonig, sehr schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b)<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 3 | 1.10 |
| 2.20 | a) Schluff, stark feinsandig, sehr schwach tonig<br>b)<br>c) weich - steif / d) mittelschwer bohrbar / e) grau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 4 | 2.20 |
| 2.80 | a) Feinsand, schwach humos, schwach schluffig, sehr schwach mittelsandig<br>b)<br>c) / d) mittelschwer bohrbar / e) braun<br>f) humoser Sand / g) / h) SU / i) | | | | | GP | 5 | 2.80 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.41 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

| Bohrung WEA 4 Kran 2 / Blatt: 2 | Höhe: +0.73 mNHN | Datum:<br>10.05.2023 |
|---|---|---|

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | | | |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.65 | a) Feinsand, schwach schluffig, sehr schwach mittelsandig | | | | | GP | 6 | 3.65 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 4.65 | a) Mittelsand, stark feinsandig, schwach schluffig | | | | | GP | 7 | 4.65 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 6.00 | a) Mittelsand, feinsandig, sehr schwach schluffig | | | | von 5.70 m bis 6.00 m Kernverlust | GP | 8 | 5.70 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |
| | a) | | | | | | | |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a) | | | | | | | |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.42 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Kran 3 / Blatt: 1 Höhe: +0.66 mNHN | Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.60 | a) Schluff, stark tonig, schwach feinsandig, humos<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest / d) / e) dunkelgrau<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.60 |
| 1.10 | a) Schluff, stark tonig, schwach feinsandig, schwach humos<br>b)<br>c) halbfest / d) / e) dunkelgrau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (0.80) | GP | 2 | 1.10 |
| 1.80 | a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach humos, schwach tonig<br>b)<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) braun - grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 3 | 1.80 |
| 2.40 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b)<br>c) weich - steif / d) leicht bohrbar / e) hellgrau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 4 | 2.40 |
| 2.90 | a) Schluff, humos, feinsandig, sehr schwach tonig<br>b) 0.10 m Torflinse<br>c) steif / d) / e) dunkelbraun<br>f) Schluff / g) / h) OU / i) | | | | | GP | 5 | 2.90 |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.43 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Kran 3 / Blatt: 2 Höhe: +0.66 mNHN | Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.00 | a) Feinsand, sehr schwach mittelsandig, schwach schluffig<br>b) | | | | | GP | 6 | 4.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 5.00 | a) Feinsand, schwach schluffig - schluffig, sehr schwach mittelsandig<br>b) | | | | | GP | 7 | 5.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU-SU* | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, sehr schwach mittelsandig, schwach schluffig<br>b) | | | | | GP | 8 | 6.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.44 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Kran 4 / Blatt: 1 Höhe: +0.74 mNHN | Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.15 | a) Schluff, humos, schwach feinsandig, tonig<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) steif / d) / e) schwarz<br>f) Auffüllung / g) / h) [TA] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.15 |
| 0.70 | a) Schluff, stark tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b)<br>c) halbfest / d) / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (0.70) | GP | 2 | 0.70 |
| 1.50 | a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) hellgrau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 3 | 1.50 |
| 2.30 | a) Schluff, schwach feinsandig, tonig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) steif / d) leicht bohrbar / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 4 | 2.30 |
| 3.05 | a) Torf, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt<br>c) / d) mittelschwer bohrbar / e) schwarz<br>f) Torf / g) / h) HZ / i) | | | | | GP | 5 | 3.05 |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.45 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 4 Kran 4 / Blatt: 2 Höhe: +0.74 mNHN | Datum: 10.05.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.80 | a) Feinsand, schwach schluffig - schluffig, sehr schwach mittelsandig<br>b) | | | | | GP | 6 | 3.80 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) beigebraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU-SU* | i) | | | | |
| 5.00 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig<br>b) Schlufflinse | | | | | GP | 7 | 5.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, sehr schwach mittelsandig, schwach schluffig<br>b) Schlufflinse | | | | | GP | 8 | 6.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.46 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Anlage / Blatt: 1 Höhe: +0.60 mNHN — Datum: 05.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1)]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe<br>f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1)] / h) [1)] Gruppe / i) Kalkgehalt | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 0.50 | a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach humos<br>b) 5 cm Grasnarbe<br>c) halbfest / d) / e) dunkelgrau<br>f) Auffüllung / g) / h) [UL] / i) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.50 |
| 1.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig, sehr schwach humos<br>b) Sandlinsen<br>c) halbfest / d) / e) hellgrau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | | GP | 2 | 1.00 |
| 2.00 | a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig - schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) halbfest / d) leicht bohrbar / e) grau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | | | GW (1.70) | GP | 3 | 2.00 |
| 3.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) weich / d) leicht bohrbar / e) grau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 4 | 3.00 |
| 3.80 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste<br>c) steif / d) mittelschwer bohrbar / e) grau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 5 | 3.80 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.47 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Anlage / Blatt: 2 Höhe: +0.60 mNHN — Datum: 05.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1)]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe<br>f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1)] / h) [1)] Gruppe / i) Kalkgehalt | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 4.80 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig<br>b) Torflinsen<br>c) weich - steif / d) mittelschwer bohrbar / e) grau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | | | | GP | 6 | 4.80 |
| 5.60 | a) Torf, sehr schwach feinsandig<br>b) Kleilinsen, mäßig zersetzt - stark zersetzt<br>c) / d) mittelschwer bohrbar / e) braun<br>f) Torf / g) / h) HN - HZ / i) | | | | | GP | 7 | 5.60 |
| 6.20 | a) Mittelsand, stark feinsandig, sehr schwach schluffig<br>b)<br>c) / d) schwer bohrbar / e) beige<br>f) Sand / g) / h) SE / i) | | | | | GP | 8 | 6.20 |
| 6.90 | a) Schluff, feinsandig, schwach humos, schwach tonig, schwach mittelsandig<br>b)<br>c) steif / d) schwer bohrbar / e) grau<br>f) Mischwatt / g) / h) UM / i) | | | | | GP | 9 | 6.90 |
| 7.70 | a) Mittelsand, feinsandig, sehr schwach schluffig, sehr schwach humos<br>b) Schlufflinsen<br>c) / d) sehr schwer bohrbar / e) grau<br>f) Sand / g) / h) SE / i) | | | | | GP | 10 | 7.70 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.48 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Anlage / Blatt: 3 Höhe: +0.60 mNHN | Datum: 05.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 8.20 | a) Mittelsand, schwach schluffig, sehr schwach feinsandig, sehr schwach grobsandig<br>b) humose Schlufflinsen | | | | | GP | 11 | 8.20 |
| | c) | d) sehr schwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 8.60 | a) Feinsand, schwach mittelsandig, schwach schluffig<br>b) | | | | | GP | 12 | 8.60 |
| | c) | d) sehr schwer bohrbar | e) beigebraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 9.40 | a) Mittelsand, schluffig, schwach feinsandig, schwach grobsandig<br>b) Schlufflinse | | | | | GP | 13 | 9.40 |
| | c) | d) sehr schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 10.00 | a) Ton, schwach schluffig, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | GP | 14 | 10.00 |
| | c) steif - halbfest | d) sehr schwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Ton | g) | h) TA | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.49 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Kran 1 / Blatt: 1 Höhe: +0.61 mNHN | Datum: 06.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.50 | a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig, schwach humos<br>b) 5 cm Grasnarbe | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.50 |
| | c) halbfest | d) | e) graublau | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [UL] | i) | | | | |
| 0.90 | a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach humos<br>b) | | | | | GP | 2 | 0.90 |
| | c) halbfest | d) | e) graubraun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Torflinse | | | | GW (1.60) | GP | 3 | 2.00 |
| | c) halbfest | d) leicht bohrbar | e) graublau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 3.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 4 | 3.00 |
| | c) weich | d) leicht bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 3.70 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Torfband | | | | | GP | 5 | 3.70 |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) graublau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.50 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Kran 1 / Blatt: 2 Höhe: +0.61 mNHN | Datum: 06.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.15 | a) Torf, sehr schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt<br>c) | d) leicht bohrbar | e) dunkelbraun | | | GP | 6 | 4.15 |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 4.50 | a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig<br>b) Torfbänder<br>c) steif | d) leicht bohrbar | e) grau | | | GP | 7 | 4.50 |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 5.20 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Torflinse<br>c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | GP | 8 | 5.20 |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 6.00 | a) Mittelsand, stark feinsandig, sehr schwach schluffig, sehr schwach humos<br>b)<br>c) | d) schwer bohrbar | e) beige | | | GP | 9 | 6.00 |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |
| | a)<br>b)<br>c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.51 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Kran 2 / Blatt: 1 Höhe: +0.60 mNHN | Datum: 06.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.50 | a) Schluff, feinsandig, schwach humos - humos | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.50 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) steif | d) | e) braun | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [UL] | i) | | | | |
| 0.90 | a) Schluff, feinsandig, tonig, schwach humos | | | | | GP | 2 | 0.90 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) steif - halbfest | d) | e) braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 1.65 | a) Schluff, schwach humos - humos, schwach feinsandig, sehr schwach tonig | | | | | GP | 3 | 1.65 |
| | b) Torflinse | | | | | | | |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.00 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig | | | | GW (1.80) | GP | 4 | 2.00 |
| | b) Muschelreste | | | | | | | |
| | c) weich - steif | d) leicht bohrbar | e) graublau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 3.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig | | | | | GP | 5 | 3.00 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.52 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Kran 2 / Blatt: 2 Höhe: +0.60 mNHN | Datum: 06.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.80 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | | GP | 6 | 3.80 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 4.70 | a) Torf, schwach schluffig<br>b) Schlufflinsen, stark zersetzt | | | | | GP | 7 | 4.70 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 4.90 | a) Schluff, feinsandig, schwach humos, sehr schwach tonig<br>b) Torflinse | | | | | GP | 8 | 4.90 |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) graubraun | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, mittelsandig, sehr schwach schluffig<br>b) humose Linse | | | | | GP | 9 | 6.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beigebraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.53 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Kran 3 / Blatt: 1 Höhe: +0.88 mNHN | Datum: 06.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.40 | a) Schluff, feinsandig, humos, schwach tonig<br>b) 5 cm Grasnarbe | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.40 |
| | c) halbfest | d) | e) graublau | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [UL] | i) | | | | |
| 0.80 | a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b) | | | | | GP | 2 | 0.80 |
| | c) halbfest | d) | e) hellgraubeige | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 1.90 | a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig, sehr schwach humos<br>b) | | | | | GP | 3 | 1.90 |
| | c) steif - halbfest | d) leicht bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 3.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) | | | | GW (1.95) | GP | 4 | 3.00 |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 3.95 | a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste, Torfbänder | | | | | GP | 5 | 3.95 |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.54 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Kran 3 / Blatt: 2 Höhe: +0.88 mNHN | Datum: 06.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.75 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Torflinse | | | | | GP | 6 | 4.75 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 5.35 | a) Torf, sehr schwach feinsandig<br>b) Kleilinsen, mäßig zersetzt | | | | | GP | 7 | 5.35 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HN | i) | | | | |
| 5.75 | a) Mittelsand, schwach feinsandig<br>b) Grobsand-Torflinse | | | | | GP | 8 | 5.75 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) beigebraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |
| 6.00 | a) Feinsand, schwach mittelsandig, sehr schwach schluffig<br>b) | | | | | GP | 9 | 6.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) beige | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.55 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Kran 4 / Blatt: 1 Höhe: +0.72 mNHN | Datum: 05.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.80 | a) Schluff, stark feinsandig, tonig, schwach humos - humos<br>b) | | | | bis 1.00 m vorgeschachtet | GP | 1 | 0.80 |
| | c) halbfest | d) | e) graubraun | | | | | |
| | f) Auffüllung | g) | h) [UL] | i) | | | | |
| 1.80 | a) Schluff, feinsandig, tonig, schwach humos<br>b) | | | | GW (1.50) | GP | 2 | 1.80 |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) braungrau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.80 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) | | | | | GP | 3 | 2.80 |
| | c) weich | d) leicht bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 3.80 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig, schwach tonig, sehr schwach humos<br>b) Muschelschillige | | | | | GP | 4 | 3.80 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 4.00 | a) Torf, schwach schluffig<br>b) Schlufflinse, mäßig zersetzt | | | | | GP | 5 | 4.00 |
| | c) | d) leicht bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HN | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.56 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** WEA 5 V. Kran 4 / Blatt: 2 Höhe: +0.72 mNHN | Datum: 05.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 4.60 | a) Schluff, schwach feinsandig - feinsandig<br>b) Torflinse, Sandlinse<br>c) weich<br>f) Mischwatt | d) mittelschwer bohrbar<br>g) | e) grau<br>h) UL | i) | | GP | 6 | 4.60 |
| 5.40 | a) Torf, schwach schluffig<br>b) Schlufflinsen, schwach zersetzt - mäßig zersetzt<br>c)<br>f) Torf | d) mittelschwer bohrbar<br>g) | e) dunkelbraun<br>h) HN | i) | | GP | 7 | 5.40 |
| 6.00 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig<br>b) humose Linse<br>c)<br>f) Sand | d) schwer bohrbar<br>g) | e) beige - grau<br>h) SU | i) | | GP | 8 | 6.00 |
| | a)<br>b)<br>c)<br>f) | d)<br>g) | e)<br>h) | i) | | | | |
| | a)<br>b)<br>c)<br>f) | d)<br>g) | e)<br>h) | i) | | | | |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

| Kopfblatt | Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
|---|---|---|---|
| Aufschlussart:<br>Bohrung<br>Repowering WP. Georgshof WEA1 | Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Nr des Projekts | 234364 |
| Datum | 03.08. - 04.08.2023 | Höhe | |
| Lage | | Neigung der Bohrung | |
| 32395055 | 5944476 | Richtung der Bohrung | vertikal |
| Tiefe der freien Grundwasseroberfläche | 2.00 m | Tiefe der Bohrung | 30.00 m |

Lageskizze (unmaßstäblich)

| | |
|---|---|
| Ausführung und Typ des Entnahmegeräts | Nordmeyer Rammkerngerät 200kg |
| Beigefügte Protokolle | ☒ Bohrprotokoll<br>☒ Probenentnahmeprotokoll<br>☒ Verfüllprotokoll<br>☒ Schichtenverzeichnis<br>☐ Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle<br>☐ Protokoll der Grundwassermessungen<br>☐ Andere: |
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Bohrprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Datum der Bohrung | 03.08. - 04.08.2023 | Bezeichnung des Bohrlochs | Repowering WP. Georgshof WEA1 |
| Bohrgerät (Typ, Herstell-jahr) | Nordmeyer DSB 1.3/5 (Kette) | Endtiefe des Bohrlochs | 30.00 m |
| Verfahren des Vor-bohrens | | Rammen | |
| Bohrlochdurchmesser | 219 mm | mm | mm |

| Tiefe | | Bohren | | Bohrwerkzeug | | | | Verrohrung | | | Spülung | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von | bis | Verfahren | Lösens des Bodens/Fels | Typ, Bohrkrone | Durchmesser mm | Rammen | Spülung | Innenduch-messer mm | Außendurch-messer mm | Tiefe m | Druck | Spülumsatz | Bemerkungen |
| 0.00 | 30.00 | BP | rot | Schn | 180 | | | | 219 | 30.00 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 03.08. - 04.08.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA1 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von | bis 0.60 | | | | | | | | B1 |
| von | bis 2.00 | | | | | | | | B2 |
| von | bis 3.00 | | | | | | | | B3 |
| von | bis 4.00 | | | | | | | | B4 |
| von 4.00 | bis 5.00 | 1000.00 | | | | | | | K1 SZ 1/3/5/8/8 |
| von | bis 5.80 | | | | | | | | B5 |
| von | bis 7.00 | | | | | | | | B6 |
| von | bis 7.60 | | | | | | | | B7 |
| von | bis 8.00 | | | | | | | | B8 |
| von 8.00 | bis 9.00 | 1000.00 | | | | | | | K2 SZ 10/15/15/19/26 |
| von | bis 10.00 | | | | | | | | B9 |
| von | bis 11.00 | | | | | | | | B10 |
| von | bis 12.00 | | | | | | | | B11 |
| von | bis 12.75 | | | | | | | | B12 |
| von 12.75 | bis 13.00 | 250.00 | | | | | | | UP1 SZ 28 |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis 14.00 | | | | | | | | B13 |
| von | bis 15.00 | | | | | | | | B14 |
| von | bis 16.00 | | | | | | | | B15 |
| von 16.00 | bis 17.00 | 1000.00 | | | | | | | K3 SZ 15/20/25/35/45 |
| von | bis 18.00 | | | | | | | | B16 |
| von | bis 19.00 | | | | | | | | B17 |
| von | bis 19.75 | | | | | | | | B18 |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 03.08. - 04.08.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA1 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von 19.75 | bis 20.00 | 250.00 | | | | | | | UP2 SZ 40 |
| von | bis 21.00 | | | | | | | | B19 |
| von | bis 22.00 | | | | | | | | B20 |
| von | bis 23.00 | | | | | | | | B21 |
| von | bis 24.00 | | | | | | | | B22 |
| von | bis 25.00 | | | | | | | | B23 |
| von | bis 26.00 | | | | | | | | B24 |
| von | bis 26.75 | | | | | | | | B25 |
| von 26.75 | bis 27.00 | 250.00 | | | | | | | UP3 SZ 38 |
| von | bis 28.00 | | | | | | | | B26 |
| von | bis 29.00 | | | | | | | | B27 |
| von | bis 30.00 | | | | | | | | B28 |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Verfüllprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
| Name des Auftraggebers | | Rasteder Projektierungs GmbH | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Datum des Verfüllens | 07.08.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA1 |

| **Tiefe m** | | **Verfüllmaterial** | | **Tiefe m** | | **Verfüllmaterial** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von 0,00 | bis 30,00 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.57 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 1 Anlage / Blatt: 1 Höhe: + 0,90 m NHN — Datum: 08.08.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.60 | a) Schluff, org. Beimengungen, tonig, schwach humos, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | Handschachtung bis 1.50 m | B | 1 | 0.60 |
| | c) halbfest | d) | e) braun - hellgrau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 4.00 | a) Schluff, org. Beimengungen, tonig, sehr schwach feinsandig, sehr schwach humos<br>b) | | | | Verrohrung d = 219 mm, Schnecke d = 180 mm, GW (2.00) | B<br>B<br>B | 2<br>3<br>4 | 2.00<br>3.00<br>4.00 |
| | c) weich | d) leicht bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 5.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste, Holzstück | | | | Verrohrung d = 219 mm, Schnecke d = 180 mm | K | 1 | 5.00 |
| | c) weich - steif | d) leicht bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 5.80 | a) Schluff, tonig, schwach humos - humos, schwach feinsandig<br>b) | | | | Verrohrung d = 219 mm, Schnecke d = 180 mm | B | 5 | 5.80 |
| | c) weich - steif | d) leicht bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 7.60 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig<br>b) | | | | nass | B<br>B | 6<br>7 | 7.00<br>7.60 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellbraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.58 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 1 Anlage / Blatt: 2 Höhe: + 0,90 m NHN — Datum: 08.08.2023

| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1]<br>c) Beschaffenheit nach Bohrgut / d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang / e) Farbe<br>f) Übliche Benennung / g) Geologische Benennung [1] / h) [1] Gruppe / i) Kalkgehalt | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben<br>Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| 8.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b)<br>c) steif / d) mittelschwer bohrbar / e) grau<br>f) Mischwatt / g) / h) UL / i) | | B | 8 | 8.00 |
| 8.80 | a) Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b)<br>c) steif / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Klei / g) / h) TA / i) | | K | 2 | 8.80 |
| 9.00 | a) Feinsand, schwach mittelsandig, schwach schluffig<br>b)<br>c) / d) mittelschwer bohrbar / e) dunkelgrau<br>f) Sand / g) / h) SE / i) | | K | 2 | 9.00 |
| 10.00 | a) Schluff, feinsandig, tonig<br>b)<br>c) weich - steif / d) mittelschwer bohrbar / e) grau<br>f) Schluff / g) / h) UL / i) | | B | 9 | 10.00 |
| 11.00 | a) Mittelsand, schluffig, schwach feinsandig, sehr schwach grobsandig - schwach grobsandig, sehr schwach<br>b) humos<br>c) / d) mittelschwer bohrbar / e) grau<br>f) schluffiger Sand / g) / h) SU* / i) | nass | B | 10 | 11.00 |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.59 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 1 Anlage / Blatt: 3 Höhe: + 0,90 m NHN — Datum: 08.08.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 19.00 | a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach humos<br>b) | | | | | B<br>B<br>UP<br>B<br>B<br>B<br>K<br>B<br>B | 11<br>12<br>1<br>13<br>14<br>15<br>3<br>16<br>17 | 12.00<br>12.75<br>13.00<br>14.00<br>15.00<br>16.00<br>17.00<br>18.00<br>19.00 |
| | c) halbfest | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) toniger Schluff | g) | h) UA | i) | | | | |
| 25.00 | a) Schluff, tonig, schwach feinsandig - feinsandig, schwach humos<br>b) | | | | | B<br>UP<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B | 18<br>2<br>19<br>20<br>21<br>22<br>23 | 19.75<br>20.00<br>21.00<br>22.00<br>23.00<br>24.00<br>25.00 |
| | c) halbfest | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) toniger Schluff | g) | h) UA | i) | | | | |
| 29.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig, sehr schwach humos<br>b) | | | | | B<br>B<br>UP<br>B<br>B | 24<br>25<br>3<br>26<br>27 | 26.00<br>26.75<br>27.00<br>28.00<br>29.00 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 30.00 | a) Schluff, feinsandig, humos<br>b) Torflinsen | | | | | B | 28 | 30.00 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) humoser Schluff | g) | h) OU | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

| Kopfblatt | Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
|---|---|---|---|
| Aufschlussart:<br>Bohrung<br>Repowering WP. Georgshof WEA2 | Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Nr des Projekts | 234364 |
| Datum | 01.08. - 02.08.2023 | Höhe | |
| Lage | | Neigung der Bohrung | |
| 32395180 | 5944213 | Richtung der Bohrung | vertikal |
| Tiefe der freien Grundwasseroberfläche | 2.20 m | Tiefe der Bohrung | 30.00 m |

Lageskizze (unmaßstäblich)

| | |
|---|---|
| Ausführung und Typ des Entnahmegeräts | Nordmeyer Rammkerngerät 200kg |
| Beigefügte Protokolle | ☒ Bohrprotokoll<br>☒ Probenentnahmeprotokoll<br>☒ Verfüllprotokoll<br>☐ Schichtenverzeichnis<br>☐ Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle<br>☐ Protokoll der Grundwassermessungen<br>☐ Andere: |
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Bohrprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| | Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
| | Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Datum der Bohrung | 01.08. - 02.08.2023 | Bezeichnung des Bohrlochs | Repowering WP. Georgshof WEA2 |
| Bohrgerät (Typ, Herstell-jahr) | Nordmeyer DSB 1.3/5 (Kette) | Endtiefe des Bohrlochs | 30.00 m |
| Verfahren des Vor-bohrens | | Rammen | |
| Bohrlochdurchmesser | 219 mm | mm | mm |

| Tiefe | | Bohren | | Bohrwerkzeug | | | | Verrohrung | | | Spülung | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von | bis | Verfahren | Lösens des Bodens/Fels | Typ, Bohrkrone | Durchmesser mm | Rammen | Spülung | Innenduch-messer mm | Außendurch-messer mm | Tiefe m | Druck | Spülumsatz | Bemerkungen |
| 0.00 | 30.00 | BP | rot | Schn | 180 | | | | 219 | 30.00 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 01.08. - 02.08.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA2 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von | bis 0.60 | | | | | | | | B1 |
| von | bis 2.00 | | | | | | | | B2 |
| von | bis 3.00 | | | | | | | | B3 |
| von | bis 3.75 | | | | | | | | B4 |
| von 3.75 | bis 4.00 | 250.00 | | | | | | | UP1 SZ 9 |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis 5.00 | | | | | | | | B5 |
| von | bis 6.00 | | | | | | | | B6 |
| von | bis 7.50 | | | | | | | | B7 |
| von | bis 8.10 | | | | | | | | B8 |
| von | bis 9.00 | | | | | | | | B9 |
| von | bis 9.75 | | | | | | | | B10 |
| von 9.75 | bis 10.00 | 250.00 | | | | | | | UP2 SZ 20 |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis 11.00 | | | | | | | | B11 |
| von | bis 12.00 | | | | | | | | B12 |
| von | bis 13.00 | | | | | | | | B13 |
| von | bis 14.00 | | | | | | | | B14 |
| von 14.00 | bis 15.00 | 1000.00 | | | | | | | K 1 SZ 10/20/30/30/35 |
| von | bis 16.00 | | | | | | | | B15 |
| von | bis 17.00 | | | | | | | | B16 |
| von | bis 18.00 | | | | | | | | B17 |
| von | bis 19.00 | | | | | | | | B18 |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 01.08. - 02.08.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA2 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von 19.00 | bis 20.00 | 1000.00 | | | | | | | K 2 SZ 10/15/20/22/25 |
| von | bis 20.75 | | | | | | | | B19 |
| von 20.75 | bis 21.00 | 250.00 | | | | | | | UP3 SZ 30 |
| von | bis 22.00 | | | | | | | | B20 |
| von | bis 23.00 | | | | | | | | B21 |
| von | bis 24.00 | | | | | | | | B22 |
| von | bis 25.00 | | | | | | | | B23 |
| von | bis 26.00 | | | | | | | | B24 |
| von | bis 27.00 | | | | | | | | B25 |
| von 27.00 | bis 28.00 | 1000.00 | | | | | | | K3 SZ 20/22/26/26/25 |
| von | bis 29.00 | | | | | | | | B26 |
| von | bis 30.00 | | | | | | | | B27 |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Verfüllprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
| Name des Auftraggebers | | Rasteder Projektierungs GmbH | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5x E-138 | Projektnummer | 234364 |
| Datum des Verfüllens | 02.08.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA2 |

| **Tiefe m** | | **Verfüllmaterial** | | **Tiefe m** | | **Verfüllmaterial** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von 0,00 | bis 5,00 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 5,00 | bis 7,50 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von 7,50 | bis 14,00 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 14,00 | bis 18,00 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von 18,00 | bis 30,00 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.60 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 2 Anlage / Blatt: 1 Höhe: + 0,81 m NHN — Datum: 08.08.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.60 | a) Schluff, org. Beimengung, tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | Handschachtung bis 1.50 m | B | 1 | 0.60 |
| | c) steif | d) | e) dunkelbraun - braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 5.00 | a) Schluff, org. Beimengung, tonig, schwach feinsandig<br>b) Muschelreste | | | | Verrohrung d = 219 mm, Schnecke d = 180 mm, GW (2.20) | B<br>B<br>B<br>UP<br>B | 2<br>3<br>4<br>1<br>5 | 2.00<br>3.00<br>3.75<br>4.00<br>5.00 |
| | c) weich | d) leicht bohrbar | e) grau - beige | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 7.50 | a) Feinsand, schwach schluffig - schluffig, schwach mittelsandig<br>b) | | | | nass | B<br>B | 6<br>7 | 6.00<br>7.50 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellbraun - hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU-SU* | i) | | | | |
| 8.10 | a) Torf, schwach schluffig<br>b) stark zersetzt | | | | | B | 8 | 8.10 |
| | c) | d) leicht bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 10.00 | a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | | B<br>B<br>UP | 9<br>10<br>2 | 9.00<br>9.75<br>10.00 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) toniger Schluff | g) | h) UA | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.61 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 2 Anlage / Blatt: 2 Höhe: + 0,81 m NHN — Datum: 08.08.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 11.00 | a) Feinsand, schluffig, schwach mittelsandig<br>b) | | | | | B | 11 | 11.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Wattsand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 13.00 | a) Schluff, stark tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) Muschelreste | | | | | B<br>B | 12<br>13 | 12.00<br>13.00 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 14.00 | a) Schluff, feinsandig, tonig<br>b) Muschelreste | | | | | B | 14 | 14.00 |
| | c) steif - halbfest | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 15.00 | a) Feinsand, schwach schluffig<br>b) Schluffbänderung (alle 3 cm ca. 1-2 mm Schluff) | | | | nass | K | 1 | 15.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 18.00 | a) Feinsand, schluffig<br>b) | | | | nass | B<br>B<br>B | 15<br>16<br>17 | 16.00<br>17.00<br>18.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.62 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 2 Anlage / Blatt: 3 Höhe: + 0,81 m NHN — Datum: 08.08.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 22.00 | a) Schluff, tonig, schwach feinsandig<br>b) | | | | | B<br>K<br>B<br>UP<br>B | 18<br>2<br>19<br>3<br>20 | 19.00<br>20.00<br>20.75<br>21.00<br>22.00 |
| | c) weich - steif | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 30.00 | a) Feinsand + Schluff<br>b) Schlufflinsen | | | | | B<br>B<br>B<br>B<br>B<br>K<br>B<br>B | 21<br>22<br>23<br>24<br>25<br>3<br>26<br>27 | 23.00<br>24.00<br>25.00<br>26.00<br>27.00<br>28.00<br>29.00<br>30.00 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand + Schluff | g) | h) SU*/UL | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

| Kopfblatt | Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
|---|---|---|---|
| Aufschlussart:<br>Bohrung<br>Repowering WP. Georgshof WEA 03 | Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Nr des Projekts | 234364 |
| Datum | 30.06 - 03.07.2023 | Höhe | |
| Lage | | Neigung der Bohrung | |
| 32395676 | 5944128 | Richtung der Bohrung | vertikal |
| Tiefe der freien Grundwasseroberfläche | 1.60 m | Tiefe der Bohrung | 30.00 m |

Lageskizze (unmaßstäblich)

| | |
|---|---|
| Ausführung und Typ des Entnahmegeräts | Nordmeyer Rammkerngerät 200kg |
| Beigefügte Protokolle | ☒ Bohrprotokoll<br>☒ Probenentnahmeprotokoll<br>☒ Verfüllprotokoll<br>☒ Schichtenverzeichnis<br>☐ Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle<br>☐ Protokoll der Grundwassermessungen<br>☐ Andere: |
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Bohrprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Datum der Bohrung | 30.06 - 03.07.2023 | Bezeichnung des Bohrlochs | Repowering WP. Georgshof WEA 03 |
| Bohrgerät (Typ, Herstell-jahr) | Nordmeyer DSB 1.3/5 (Kette) | Endtiefe des Bohrlochs | 30.00 m |
| Verfahren des Vor-bohrens | | Rammen | |
| Bohrlochdurchmesser | 219 mm | 219 mm | 219 mm |

| Tiefe | | Bohren | | Bohrwerkzeug | | | | Verrohrung | | | Spülung | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von | bis | Verfahren | Lösens des Bodens/Fels | Typ, Bohrkrone | Durchmesser mm | Rammen | Spülung | Innenduch-messer mm | Außendurch-messer mm | Tiefe m | Druck | Spülumsatz | Bemerkungen |
| 0 | 3,00 | BP | rot | Schn | 180 | | | | 219 | | | | |
| 3,00 | 7,50 | BP | schlag | Ven | 180 | | | | 219 | | | | |
| 7,50 | 20,80 | BP | rot | Schn | 180 | | | | 219 | | | | |
| 20,80 | 30,00 | BP | schlag | Ven | 180 | | | | 219 | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 30.06 - 03.07.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA 03 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von | bis 0.50 | | | | | | | | B1 |
| von | bis 2.00 | | | | | | | | B2 |
| von | bis 3.00 | | | | | | | | B3 |
| von 3.00 | bis 4.00 | 1000.00 | | | | | | | RK 1 SZ: 2/4/4/8/10 |
| von | bis 5.00 | | | | | | | | B4 |
| von | bis 6.00 | | | | | | | | B5 |
| von | bis 7.50 | | | | | | | | B6 |
| von | bis 7.75 | | | | | | | | B7 |
| von 7.75 | bis 8.00 | 250.00 | | | | | | | UP 1 SZ: 26 |
| von | bis 9.00 | | | | | | | | B8 |
| von | bis 10.00 | | | | | | | | B9 |
| von 10.00 | bis 11.00 | 1000.00 | | | | | | | RK 2 SZ: 14/16/34/46/65 |
| von | bis 12.00 | | | | | | | | B10 |
| von | bis 12.75 | | | | | | | | B11 |
| von 12.75 | bis 13.00 | 250.00 | | | | | | | UP 2 SZ: 26 |
| von | bis 14.00 | | | | | | | | B12 |
| von | bis 15.00 | | | | | | | | B13 |
| von 15.00 | bis 16.00 | 1000.00 | | | | | | | RK 3 SZ: 25/35/40/39/42 |
| von | bis 17.00 | | | | | | | | B14 |
| von 17.75 | bis 18.00 | 250.00 | | | | | | | UP 3 SZ: 46 |
| von | bis 19.30 | | | | | | | | B15 |
| von | bis 20.80 | | | | | | | | B16 |
| von | bis 22.00 | | | | | | | | B17 |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 30.06 - 03.07.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA 03 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von | bis 23.00 | | | | | | | | B18 |
| von | bis 24.00 | | | | | | | | B19 |
| von | bis 25.00 | | | | | | | | B20 |
| von | bis 26.00 | | | | | | | | B21 |
| von | bis 27.00 | | | | | | | | B22 |
| von | bis 28.00 | | | | | | | | B23 |
| von | bis 29.00 | | | | | | | | B24 |
| von | bis 30.00 | | | | | | | | B25 |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Verfüllprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
| Name des Auftraggebers | | Rasteder Projektierungs GmbH | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Datum des Verfüllens | 04.07.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georsghof WEA 03 |

| **Tiefe m** | | **Verfüllmaterial** | | **Tiefe m** | | **Verfüllmaterial** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von 0,0 | bis 20,80 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 20,80 | bis 30,0 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.63 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 3 Anlage / Blatt: 1 Höhe: + 0,75 m NHN — Datum: 10.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.50 | a) Schluff, org. Beimengung, tonig, schwach feinsandig<br>b) | | | | 1.50 m Handschachtung | B | 1 | 0.50 |
| | c) halbfest | d) | e) braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 3.00 | a) Schluff, org. Beimengung, tonig, schwach feinsandig<br>b) Muschelreste | | | | Schnecke d = 180 mm, Verrohrung d = 219 mm<br>GW (1.60) | B<br>B | 2<br>3 | 2.00<br>3.00 |
| | c) weich | d) leicht bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 3.60 | a) Torf<br>b) Schlufflage (1 cm), stark zersetzt | | | | Ventilbohrer d = 180 mm, nass | L | .1 | 3.60 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 4.00 | a) Feinsand, schwach mittelsandig, schwach schluffig<br>b) | | | | Ventilbohrer d = 180 mm, nass | L | .1 | 4.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellbraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 7.50 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig<br>b) | | | | Ventilbohrer d = 180 mm, nass | B<br>B<br>B | 4<br>5<br>6 | 5.00<br>6.00<br>7.50 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellbraun | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.64 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 3 Anlage / Blatt: 2 Höhe: + 0,75 m NHN — Datum: 10.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 7.75 | a) Schluff, feinsandig | | | | Schnecke d = 180 mm | B | 7 | 7.75 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) weich - steif | d) leicht bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 11.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig | | | | | UP<br>B<br>B<br>L | 1<br>8<br>9<br>.2 | 8.00<br>9.00<br>10.00<br>11.00 |
| | b) kalkhaltig | | | | | | | |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Geschiebemergel | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 15.00 | a) Ton, schwach schluffig, schwach humos | | | | | B<br>B<br>UP<br>B<br>B | 10<br>11<br>2<br>12<br>13 | 12.00<br>12.75<br>13.00<br>14.00<br>15.00 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) halbfest | d) schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Lauenburger Ton | g) | h) TA | i) | | | | |
| 16.00 | a) Schluff, feinsandig, tonig | | | | | L | .3 | 16.00 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) halbfest | d) schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Geschiebemergel | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 17.00 | a) Ton, schwach schluffig, schwach humos | | | | | B | 14 | 17.00 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) halbfest | d) schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Lauenburger Ton | g) | h) TA | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.65 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 3 Anlage / Blatt: 3 Höhe: + 0,75 m NHN — Datum: 10.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 19.30 | a) Schluff, feinsandig, tonig<br>b) | | | | | UP<br>B<br>B | 3<br>15<br>16 | 18.00<br>18.00<br>19.30 |
| | c) halbfest | d) schwer bohrbar | e) dunkelgrau | | | | | |
| | f) Geschiebemergel | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 20.80 | a) Schluff, feinsandig, schwach mittelsandig, schwach tonig<br>b) | | | | | B | 17 | 20.80 |
| | c) halbfest | d) schwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Geschiebemergel | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 26.00 | a) Feinsand, stark mittelsandig, schwach schluffig, schwach grobsandig<br>b) | | | | Ventilbohrer d = 180 mm, nass | B<br>B<br>B<br>B<br>B | 18<br>19<br>20<br>21<br>22 | 22.00<br>23.00<br>24.00<br>25.00<br>26.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 30.00 | a) Feinsand, schwach schluffig, schwach mittelsandig<br>b) | | | | Ventilbohrer d = 180 mm, nass | B<br>B<br>B<br>B | 23<br>24<br>25<br>26 | 27.00<br>28.00<br>29.00<br>30.00 |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

| Kopfblatt | Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
|---|---|---|---|
| Aufschlussart:<br>Bohrung<br>Repowering WP. Georgshof WEA 4 | Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | |
| Projektbezeichnung | Repowering WP. Georgshof 5x WEA | E-138 Nr des Projekts | 234364 |
| Datum | 28.06 - 29.06.2023 | Höhe | |
| Lage | | Neigung der Bohrung | |
| 323967840 | 999999999 | Richtung der Bohrung | vertikal |
| Tiefe der freien Grundwasseroberfläche | 2.20 m | Tiefe der Bohrung | 30.00 m |

Lageskizze (unmaßstäblich)

| | |
|---|---|
| Ausführung und Typ des Entnahmegeräts | Nordmeyer Rammkerngerät 200kg |
| Beigefügte Protokolle | ☒ Bohrprotokoll<br>☒ Probenentnahmeprotokoll<br>☒ Verfüllprotokoll<br>☒ Schichtenverzeichnis<br>☐ Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle<br>☐ Protokoll der Grundwassermessungen<br>☐ Andere: |
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Bohrprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Projektbezeichnung | Repowering WP.Georgshof- 5x WEA | E-138 Projektnummer | 234364 |
| Datum der Bohrung | 28.06 - 29.06.2023 | Bezeichnung des Bohrlochs | Repowering WP. Georgshof WEA 4 |
| Bohrgerät (Typ, Herstell-jahr) | Nordmeyer DSB 1.3/5 (Kette) | Endtiefe des Bohrlochs | 30.00 m |
| Verfahren des Vor-bohrens | | Rammen | |
| Bohrlochdurchmesser | 219 mm | 219 mm | 219 mm |

| Tiefe | | Bohren | | Bohrwerkzeug | | | | Verrohrung | | | Spülung | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von | bis | Verfahren | Lösens des Bodens/Fels | Typ, Bohrkrone | Durchmesser mm | Rammen | Spülung | Innenduch-messer mm | Außendurch-messer mm | Tiefe m | Druck | Spülumsatz | Bemerkungen |
| 0,00 | 2,20 | BP | rot | Schn | 180 | | | | 219 | 30,00 | | | |
| 2,20 | 25,00 | BP | schlag | Ven | 180 | | | | 219 | 30,00 | | | |
| 25,00 | 30,00 | BP | rot | Schn | 180 | | | | 219 | 30,00 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C.Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Projektbezeichnung | Repowering WP. Georgshof- 5x WEA E-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 28.06 - 29.06.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA 4 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von | bis 0.50 | | | | | | | | B1 |
| von | bis 1.80 | | | | | | | | B2 |
| von | bis 2.00 | | | | | | | | B3 |
| von 2.00 | bis 2.25 | 250.00 | | | | | | | UP 1 SZ:4 |
| von 2.25 | bis 3.00 | 750.00 | | | | | | | RK 1 SZ: 3/4/12/20 |
| von | bis 4.00 | | | | | | | | B4 |
| von | bis 5.00 | | | | | | | | B5 |
| von | bis 6.00 | | | | | | | | B6 |
| von | bis 7.25 | | | | | | | | B7 |
| von 7.25 | bis 7.50 | 250.00 | | | | | | | UP 2 SZ: 32 |
| von | bis 8.00 | | | | | | | | B8 |
| von | bis 9.00 | | | | | | | | B9 |
| von | bis 10.00 | | | | | | | | B10 |
| von | bis 11.00 | | | | | | | | B11 |
| von | bis 12.00 | | | | | | | | B12 |
| von | bis 13.00 | | | | | | | | B13 |
| von | bis 14.00 | | | | | | | | B14 |
| von | bis 15.00 | | | | | | | | B15 |
| von | bis 16.00 | | | | | | | | B16 |
| von 16.00 | bis 17.00 | 1000.00 | | | | | | | RK 2 SZ: 14/16/20/25/27 |
| von | bis 18.00 | | | | | | | | B17 |
| von | bis 19.00 | | | | | | | | B18 |
| von | bis 20.00 | | | | | | | | B19 |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C.Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Repowering WP: Georgshof- 5x WEA E-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 28.06 - 29.06.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA 4 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von | bis 21.00 | | | | | | | | B20 |
| von | bis 22.00 | | | | | | | | B21 |
| von | bis 23.00 | | | | | | | | B22 |
| von | bis 24.00 | | | | | | | | B23 |
| von | bis 25.00 | | | | | | | | B24 |
| von | bis 26.00 | | | | | | | | B25 |
| von | bis 27.00 | | | | | | | | B26 |
| von 27.00 | bis 27.50 | 500.00 | | | | | | | RK 3 SZ: 30/45/62 |
| von | bis 28.50 | | | | | | | | B27 |
| von | bis 29.40 | | | | | | | | B28 |
| von | bis 30.00 | | | | | | | | B29 |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C.Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Verfüllprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Repowering WP. Georgshof- 5x WEA E-138 | Projektnummer | 234364 |
| Datum des Verfüllens | 29.06.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WP. Georgshof WEA 4 |

| Tiefe m | | Verfüllmaterial | | Tiefe m | | Verfüllmaterial | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von 0,0 | bis 2,0 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 2,0 | bis 5,0 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von 5,0 | bis 7,0 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 7,0 | bis 25,0 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von 25,0 | bis 29,4 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 29,4 | bis 30,0 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.66 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 4 Anlage / Blatt: 1 Höhe: + 0,73 m NHN — Datum: 06.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 0.50 | a) Schluff, org. Beimengung, tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | 1.50 m Handschachtung | B | 1 | 0.50 |
| | c) halbfest | d) | e) grau - braun | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 1.80 | a) Schluff, org. Beimengung, schwach tonig, schwach feinsandig<br>b) | | | | Verrohrung d = 219 mm, Schnecke d = 180 mm | B | 2 | 1.80 |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 2.25 | a) Torf, schluffig, schwach feinsandig<br>b) stark zersetzt | | | | GW (2.20) | B<br>UP | 3<br>1 | 2.00<br>2.25 |
| | c) | d) leicht bohrbar | e) dunkelbraun - schwarz | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 2.30 | a) Schluff, schwach feinsandig, schwach tonig<br>b) Muschelreste | | | | Ventilbohrer d = 180 mm, nass | RK | 1 | 2.30 |
| | c) weich | d) mittelschwer bohrbar | e) braun - hellgrau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 2.50 | a) Torf, schwach feinsandig, schwach schluffig<br>b) stark zersetzt | | | | Ventilbohrer d = 180 mm, nass | RK | 1 | 2.50 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) braun - hellgrau | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.67 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 4 Anlage / Blatt: 2 Höhe: + 0,73 m NHN — Datum: 06.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 3.00 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b) | | | | Ventilbohrer d = 180 mm, nass | RK | 1 | 3.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) braun - hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 5.00 | a) Feinsand, schluffig<br>b) | | | | Ventilbohrer d = 180 mm, nass | B<br>B | 4<br>5 | 4.00<br>5.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) braun - hellgrau | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 6.00 | a) Schluff, humos, feinsandig, tonig<br>b) | | | | | B | 6 | 6.00 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) humoser Schluff | g) | h) OU | i) | | | | |
| 7.25 | a) Schluff, feinsandig, schwach humos, schwach tonig<br>b) | | | | | B | 7 | 7.25 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 15.00 | a) Feinsand, mittelsandig, schwach schluffig<br>b) | | | | | UP<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B | 2<br>8<br>9<br>10<br>11<br>12<br>13<br>14<br>15 | 7.50<br>8.00<br>9.00<br>10.00<br>11.00<br>12.00<br>13.00<br>14.00<br>15.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.68 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyenl

**Bohrung** B WEA 4 Anlage / Blatt: 3 Höhe: + 0,73 m NHN — Datum: 06.07.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen | | | | Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | | | |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 25.00 | a) Feinsand, stark schluffig, mittelsandig | | | | B 24 25.00 | B<br>RK<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B | 16<br>2<br>17<br>18<br>19<br>20<br>21<br>22<br>23 | 16.00<br>17.00<br>18.00<br>19.00<br>20.00<br>21.00<br>22.00<br>23.00<br>24.00 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 26.00 | a) Feinsand, stark schluffig, humos | | | | Schnecke d = 180 mm | B | 25 | 26.00 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 29.40 | a) Torf, schwach schluffig, schwach feinsandig, | | | | Schnecke d = 180 mm | B<br>RK<br>B | 26<br>3<br>27-28 | 27.00<br>27.50<br>28.50 - 29.40 |
| | b) Schluff- und Feinsandbänder sehr stark zersetzt | | | | | | | |
| | c) | d) schwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 30.00 | a) Mittelsand, stark grobsandig, schwach feinkiesig | | | | | B | 29 | 30.00 |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |
| | a) | | | | | | | |
| | b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

| Kopfblatt | Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
|---|---|---|---|
| Aufschlussart:<br>Bohrung<br>Repowering WEA Verweyen WEA 1 | Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Nr des Projekts | 234364 |
| Datum | 08.08. - 09.08.2023 | Höhe | |
| Lage | | Neigung der Bohrung | |
| 32395508 | 5944421 | Richtung der Bohrung | vertikal |
| Tiefe der freien Grundwasseroberfläche | 2.30 m | Tiefe der Bohrung | 30.00 m |

Lageskizze (unmaßstäblich)

| | |
|---|---|
| Ausführung und Typ des Entnahmegeräts | Nordmeyer Rammkerngerät 200kg |
| Beigefügte Protokolle | ☒ Bohrprotokoll<br>☒ Probenentnahmeprotokoll<br>☒ Verfüllprotokoll<br>☒ Schichtenverzeichnis<br>☐ Ausbauprotokoll einer Grundwassermessstelle<br>☐ Protokoll der Grundwassermessungen<br>☐ Andere: |
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Bohrprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Datum der Bohrung | 08.08. - 09.08.2023 | Bezeichnung des Bohrlochs | Repowering WEA Verweyen WEA 1 |
| Bohrgerät (Typ, Herstell-jahr) | Nordmeyer DSB 1.3/5 (Kette) | Endtiefe des Bohrlochs | 30.00 m |
| Verfahren des Vor-bohrens | | Rammen | |
| Bohrlochdurchmesser | 219 mm | 219 mm | 219 mm |

| Tiefe | | Bohren | | Bohrwerkzeug | | | | Verrohrung | | | Spülung | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von | bis | Verfahren | Lösens des Bodens/Fels | Typ, Bohrkrone | Durchmesser mm | Rammen | Spülung | Innenduch-messer mm | Außendurch-messer mm | Tiefe m | Druck | Spülumsatz | Bemerkungen |
| 0.00 | 4.00 | BP | rot | Schn | 180 | | | | 219 | 4.00 | | | |
| 4.00 | 8.00 | BP | schlag | Ven | 180 | | | | 219 | 8.00 | | | |
| 8.00 | 13.80 | BP | rot | Schn | 180 | | | | 219 | 13.80 | | | |
| 13.80 | 30.00 | BP | schlag | Ven | 180 | | | | 219 | 30.00 | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen (Unterbrechungen, Hindernisse, Schwierigkeiten usw.) | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 08.08. - 09.08.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WEA Verweyen WEA 1 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von | bis 1.00 | | | | | | | | B1 |
| von | bis 2.10 | | | | | | | | B2 |
| von | bis 3.30 | | | | | | | | B3 |
| von | bis 3.75 | | | | | | | | B4 |
| von 3.75 | bis 4.00 | 250.00 | | | | | | | UP1 SZ 5 |
| von | bis 5.00 | | | | | | | | B5 |
| von | bis 6.00 | | | | | | | | B6 |
| von | bis 7.00 | | | | | | | | B7 |
| von 7.00 | bis 8.00 | 1000.00 | | | | | | | K1 SZ 10/15/20/25/32 |
| von | bis 9.00 | | | | | | | | B8 |
| von | bis 9.75 | | | | | | | | B9 |
| von 9.75 | bis 10.00 | 250.00 | | | | | | | UP2 SZ 32 |
| von | bis 11.00 | | | | | | | | B10 |
| von 11.00 | bis 12.00 | 1000.00 | | | | | | | K2 SZ 15/25/30/30/32 |
| von | bis 12.75 | | | | | | | | B11 |
| von 12.75 | bis 13.00 | 250.00 | | | | | | | UP3 SZ 40 |
| von | bis 13.80 | | | | | | | | B12 |
| von | bis 15.00 | | | | | | | | B13 |
| von | bis 16.00 | | | | | | | | B14 |
| von 16.00 | bis 17.00 | 1000.00 | | | | | | | K3 SZ 15/30/30/45/60 |
| von | bis 18.00 | | | | | | | | B15 |
| von | bis 19.00 | | | | | | | | B16 |
| von | bis 20.00 | | | | | | | | B17 |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Probenentnahme-protokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | | |
| Name des Auftraggebers | Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Entnahmedatum | 08.08. - 09.08.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WEA Verweyen WEA 1 |
| Bezeichnung der Probe | | | |

| Tiefe/Kernmarsch m | | Probe | | Felsgüte und Kerngewinn | | | Entnahmegerät | | Bemerkungen<br>- Kernfangring<br>- Störung<br>- Boden-/Felsart<br>- Rammeinsatz |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Länge mm | Durch-messer mm | *TCR* | *RQD* | *SCR* | Aus-führung | Typ | |
| von | bis 21.00 | | | | | | | | B18 |
| von | bis 22.00 | | | | | | | | B19 |
| von | bis 23.00 | | | | | | | | B20 |
| von | bis 24.00 | | | | | | | | B21 |
| von | bis 25.50 | | | | | | | | B22 |
| von | bis 27.00 | | | | | | | | B23 |
| von | bis 28.00 | | | | | | | | B24 |
| von | bis 28.80 | | | | | | | | B25 |
| von | bis 30.00 | | | | | | | | B26 |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |
| von | bis | | | | | | | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

Vulhop + Becker GmbH & Co. KG
Tannenkrugstraße 42
26180 Rastede
Tel.: 0441 / 9990990

# Verfüllprotokoll

| | | | |
|---|---|---|---|
| Name des Unternehmens | | Vulhop + Becker GmbH & Co. KG | |
| Name des Auftraggebers | | Rasteder Projektierungs GmbH | |
| Projektbezeichnung | Baugrunduntersuchungen 5xE-138 | Projektnummer | 234364 |
| Datum des Verfüllens | 09.08.2023 | Bezeichnung des Aufschlusses | Repowering WEA Verweyen WEA 1 |

| **Tiefe m** | | **Verfüllmaterial** | | **Tiefe m** | | **Verfüllmaterial** | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| von 0,0 | bis 4,0 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 4,0 | bis 8,0 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von 8,0 | bis 14,0 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 14,0 | bis 25,0 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von 25,0 | bis 27,0 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 27,0 | bis 28,0 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von 28,0 | bis 29,0 | Ton | FRIEBOfast | von | bis | | |
| von 29,0 | bis 30,0 | Bohrgut | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |
| von | bis | | | von | bis | | |

| | |
|---|---|
| Bemerkungen | |
| Name des qualifizierten Technikers | C. Steffen |
| Unterschrift des qualifizierten Technikers | |

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.69 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 5V Anlage / Blatt: 1 Höhe: + 0,61 m NHN — Datum: 16.08.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 2.10 | a) Schluff, org. Beimengung, tonig, sehr schwach feinsandig<br>b) | | | | Handschachtung bis 1.50 m, Verrohrung d = 219 mm, Schnecke d = 180 mm | B<br>B | 1<br>2 | 1.00<br>2.10 |
| | c) steif | d) leicht bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) [TA] | i) | | | | |
| 3.30 | a) Torf, schwach schluffig<br>b) stark zersetzt | | | | GW (2.30) | B | 3 | 3.30 |
| | c) | d) leicht bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) Torf | g) | h) HZ | i) | | | | |
| 4.00 | a) Schluff, org. Beimengung, schwach tonig, schwach feinsandig<br>b) Muschelschalen | | | | Ventilbohrer d = 180 mm | B<br>UP | 4<br>1 | 3.75<br>4.00 |
| | c) weich | d) leicht bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Mischwatt | g) | h) UL | i) | | | | |
| 7.00 | a) Feinsand, schwach mittelsandig, schwach schluffig<br>b) | | | | Schnecke d = 180 mm, nass | B<br>B<br>B | 5<br>6<br>7 | 5.00<br>6.00<br>7.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |
| 7.50 | a) Mittelsand, feinsandig, schwach schluffig, sehr schwach grobsandig - schwach grobsandig<br>b) | | | | Schnecke d = 180 mm, nass | K | 1 | 7.50 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.70 |
|---|---|---|

Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 5V Anlage / Blatt: 2 Höhe: + 0,61 m NHN — Datum: 16.08.2023

| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 8.00 | a) Schluff, tonig, schwach feinsandig, schwach humos<br>b) | | | | Schnecke d = 180 mm, nass | K | 1 | 8.00 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Klei | g) | h) TA | i) | | | | |
| 12.00 | a) Schluff, tonig - stark tonig, schwach feinsandig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b) | | | | Ventilbohrer d = 180 mm | B<br>B<br>UP<br>B<br>K | 8<br>9<br>2<br>10<br>2 | 9.00<br>9.75<br>10.00<br>11.00<br>12.00 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) toniger Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 12.75 | a) Schluff, humos, schwach feinsandig<br>b) | | | | Ventilbohrer d = 180 mm | B | 11 | 12.75 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) humoser Schluff | g) | h) OU | i) | | | | |
| 13.80 | a) Schluff, tonig - stark tonig, schwach feinsandig, sehr schwach humos - schwach humos<br>b) | | | | Ventilbohrer d = 180 mm | UP<br>B | 3<br>12 | 13.00<br>13.80 |
| | c) steif | d) mittelschwer bohrbar | e) grau | | | | | |
| | f) toniger Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 25.50 | a) Feinsand, stark mittelsandig, schwach schluffig, schwach grobsandig<br>b) | | | | nass<br>B 21 24.00<br>B 22 25.50 | B<br>B<br>K<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B<br>B | 13<br>14<br>3<br>15<br>16<br>17<br>18<br>19<br>20 | 15.00<br>16.00<br>17.00<br>18.00<br>19.00<br>20.00<br>21.00<br>22.00<br>23.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SU | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH<br>Cloppenburger Straße 4a<br>26135 Oldenburg | **Schichtenverzeichnis**<br>für Bohrungen ohne durchgehende Gewinnung von gekernten Proben | Projektnr:<br>23.1098<br>Seite:<br>3.71 |
|---|---|---|

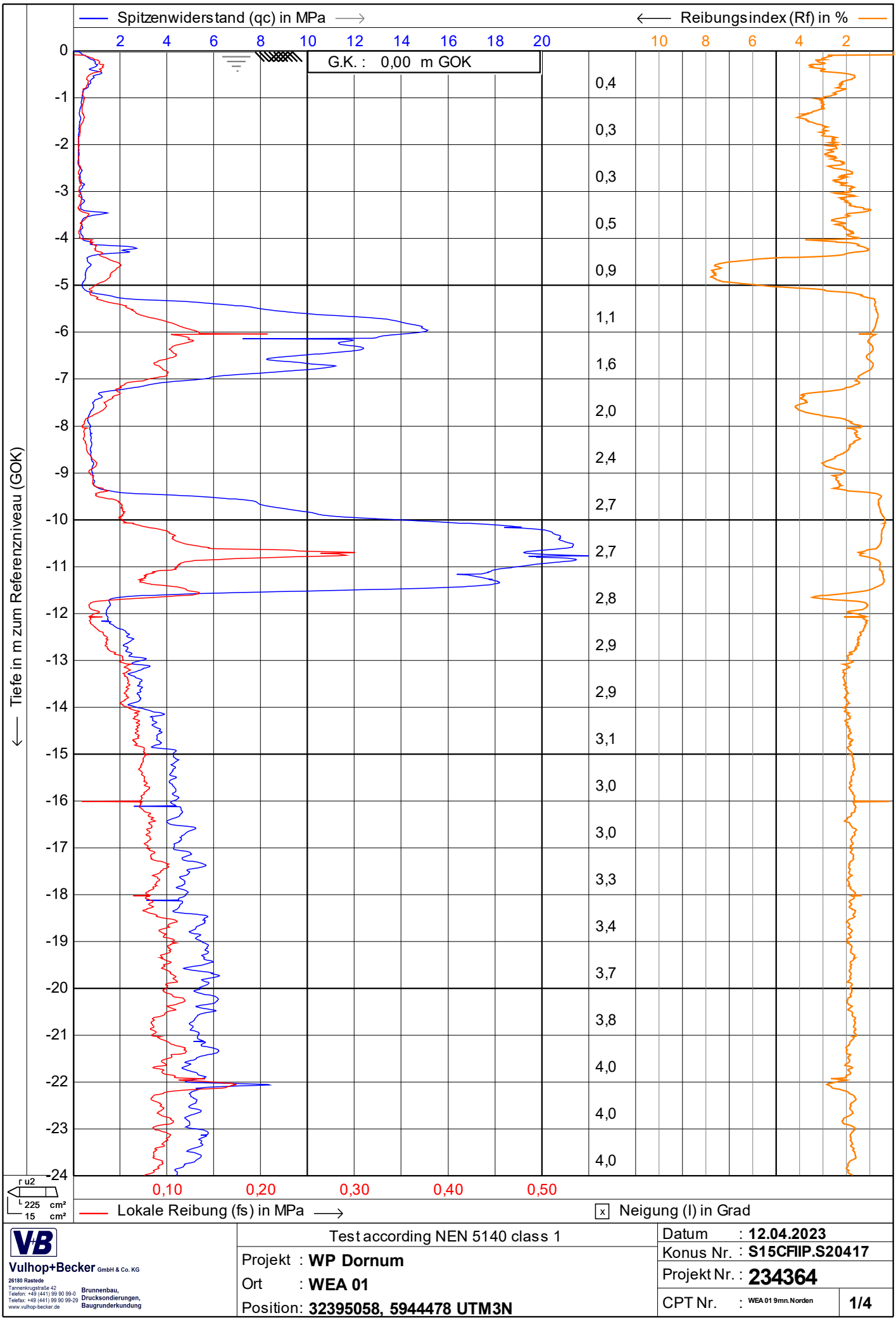
Vorhaben: Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

**Bohrung** B WEA 5V Anlage / Blatt: 3 Höhe: + 0,61 m NHN — Datum: 16.08.2023

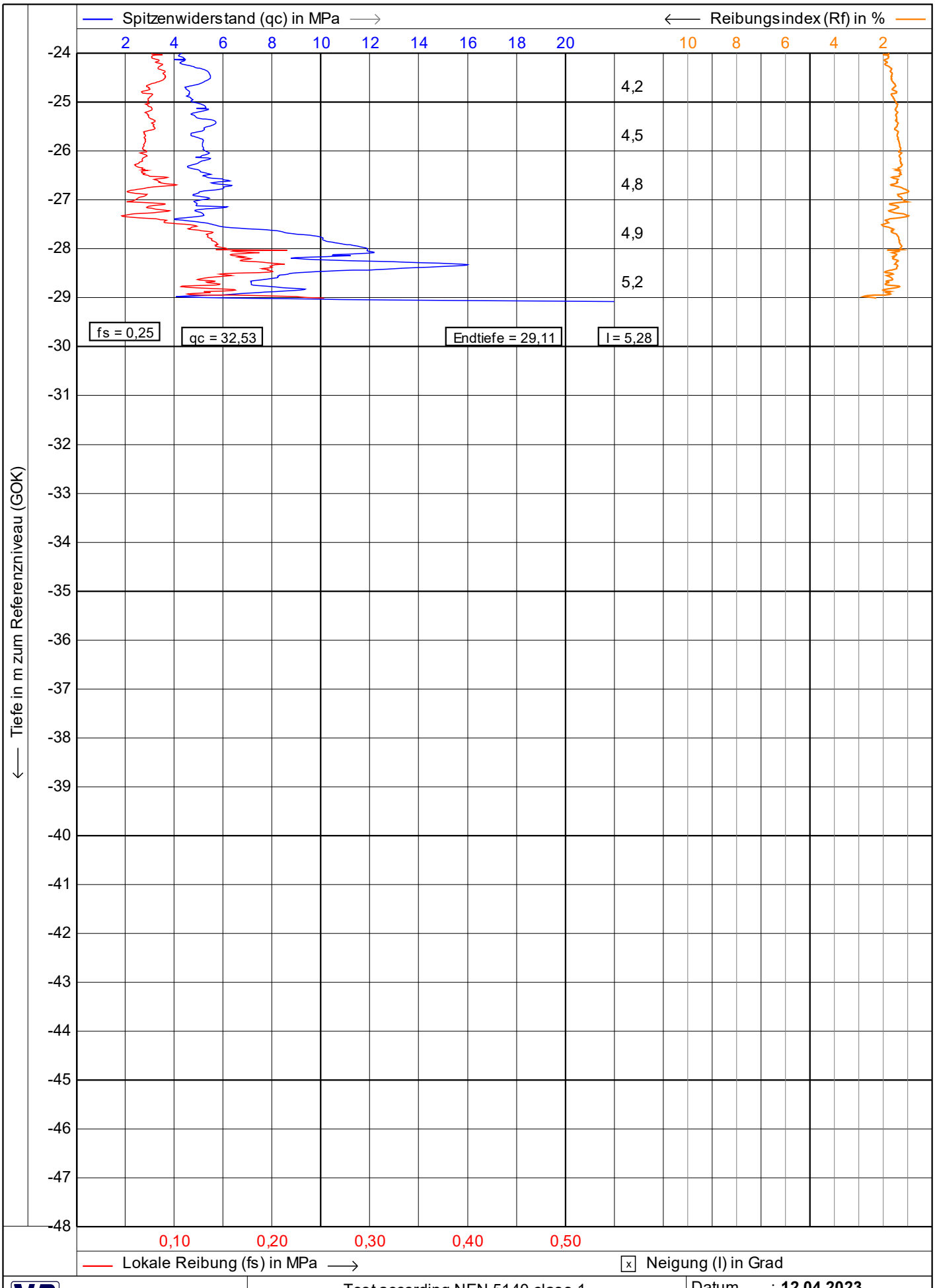
| 1 | 2 | | | | 3 | 4 | 5 | 6 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Bis ... m unter Ansatzpunkt | a) Benennung der Bodenart und Beimengungen<br>b) Ergänzende Bemerkung [1] | | | | Bemerkungen<br>Sonderprobe<br>Wasserführung<br>Bohrwerkzeuge<br>Kernverlust<br>Sonstiges | Entnommene Proben | | |
| | c) Beschaffenheit nach Bohrgut | d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang | e) Farbe | | | Art | Nr | Tiefe in m (Unterkante) |
| | f) Übliche Benennung | g) Geologische Benennung [1] | h) [1] Gruppe | i) Kalkgehalt | | | | |
| 27.00 | a) Schluff, feinsandig, schwach tonig<br>b) | | | | | B | 23 | 27.00 |
| | c) halbfest | d) mittelschwer bohrbar | e) hellgrau | | | | | |
| | f) sandiger Schluff | g) | h) UL | i) | | | | |
| 28.00 | a) Feinsand, schluffig, schwach mittelsandig<br>b) | | | | | B | 24 | 28.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) grau dunkelbraun | | | | | |
| | f) schluffiger Sand | g) | h) SU* | i) | | | | |
| 28.80 | a) Feinsand, humos, schluffig<br>b) Schlufflinsen | | | | | B | 25 | 28.80 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) dunkelbraun | | | | | |
| | f) humoser Sand | g) | h) OH | i) | | | | |
| 30.00 | a) Mittelsand, schwach grobsandig, schwach feinsandig, sehr schwach feinkiesig<br>b) | | | | | B | 26 | 30.00 |
| | c) | d) mittelschwer bohrbar | e) grau - dunkelbraun | | | | | |
| | f) Sand | g) | h) SE | i) | | | | |
| | a)<br>b) | | | | | | | |
| | c) | d) | e) | | | | | |
| | f) | g) | h) | i) | | | | |



1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor




| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 01**<br>Position: **32395058, 5944478 UTM3N** | Datum : **12.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : WEA 01 9mn.Norden **1/4** |




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**

Ort : **WEA 01**

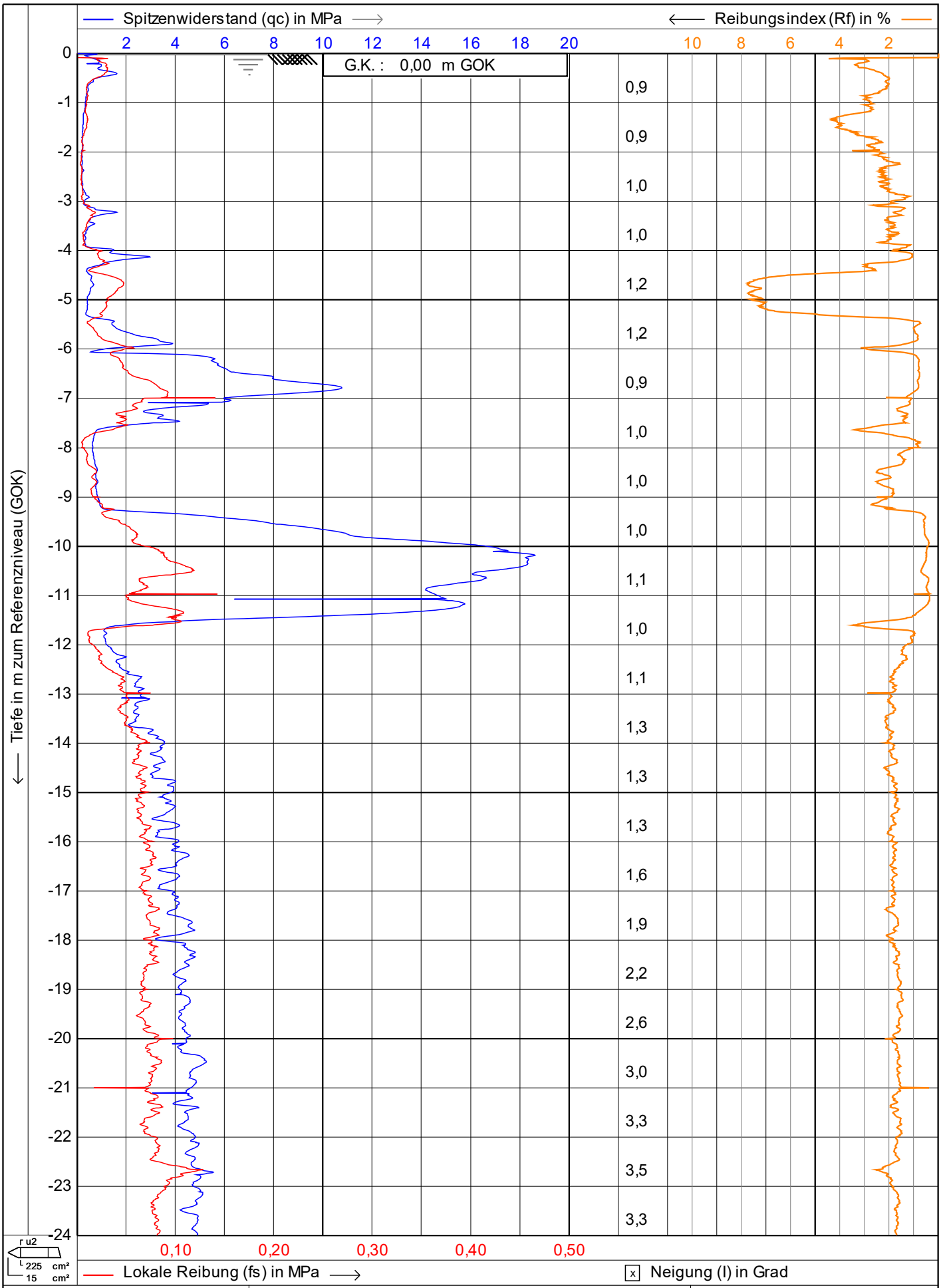
Position: **32395058, 5944478 UTM3N**

Datum : **12.04.2023**

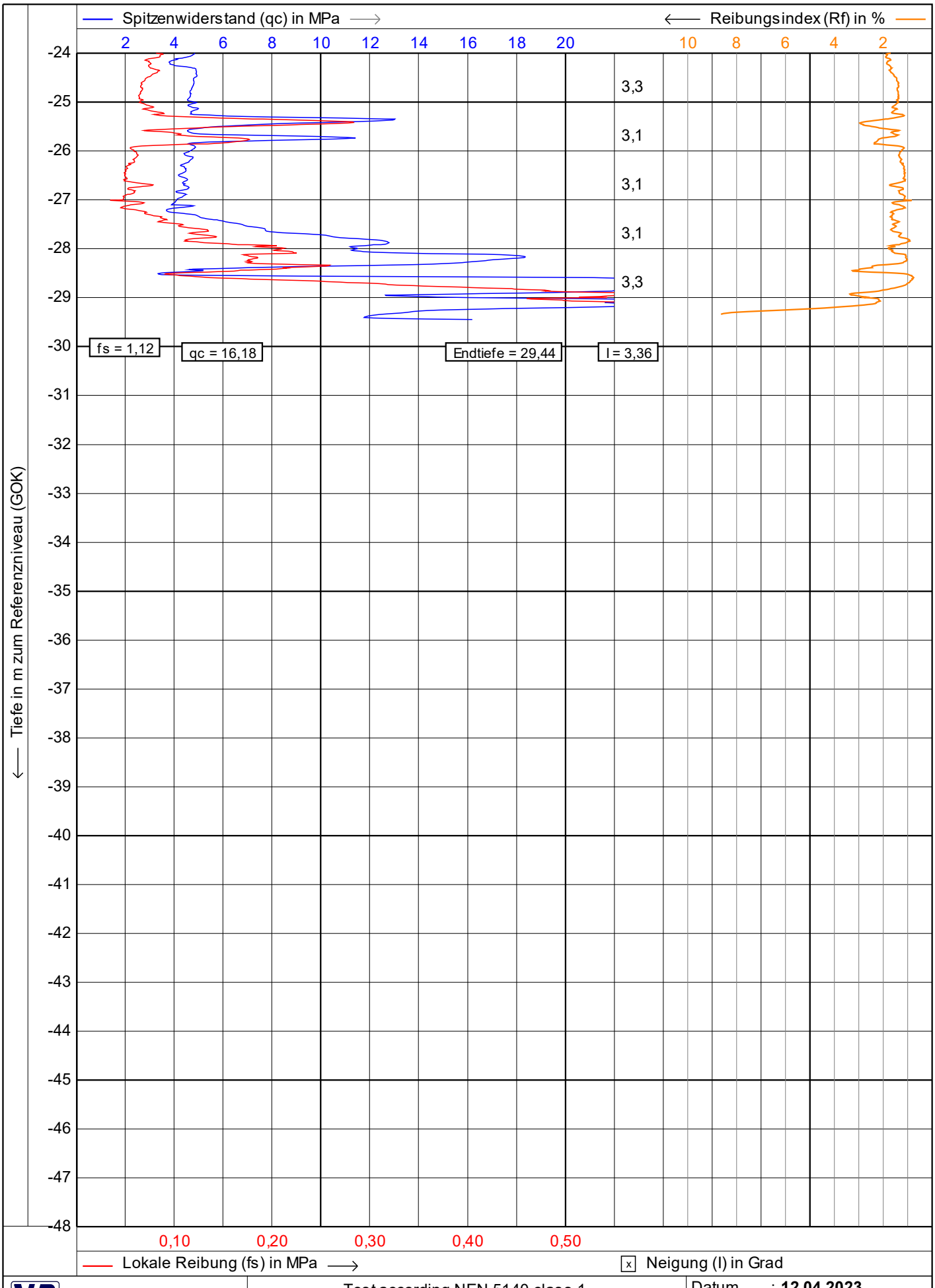
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**

Projekt Nr. : **234364**

CPT Nr. : WEA 01 9mn.Norden **2/4**




| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 01**<br>Position: **32395057, 5944473 UTM3N** | Datum : **12.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : WEA 01 9mn.Osten **1/4** |



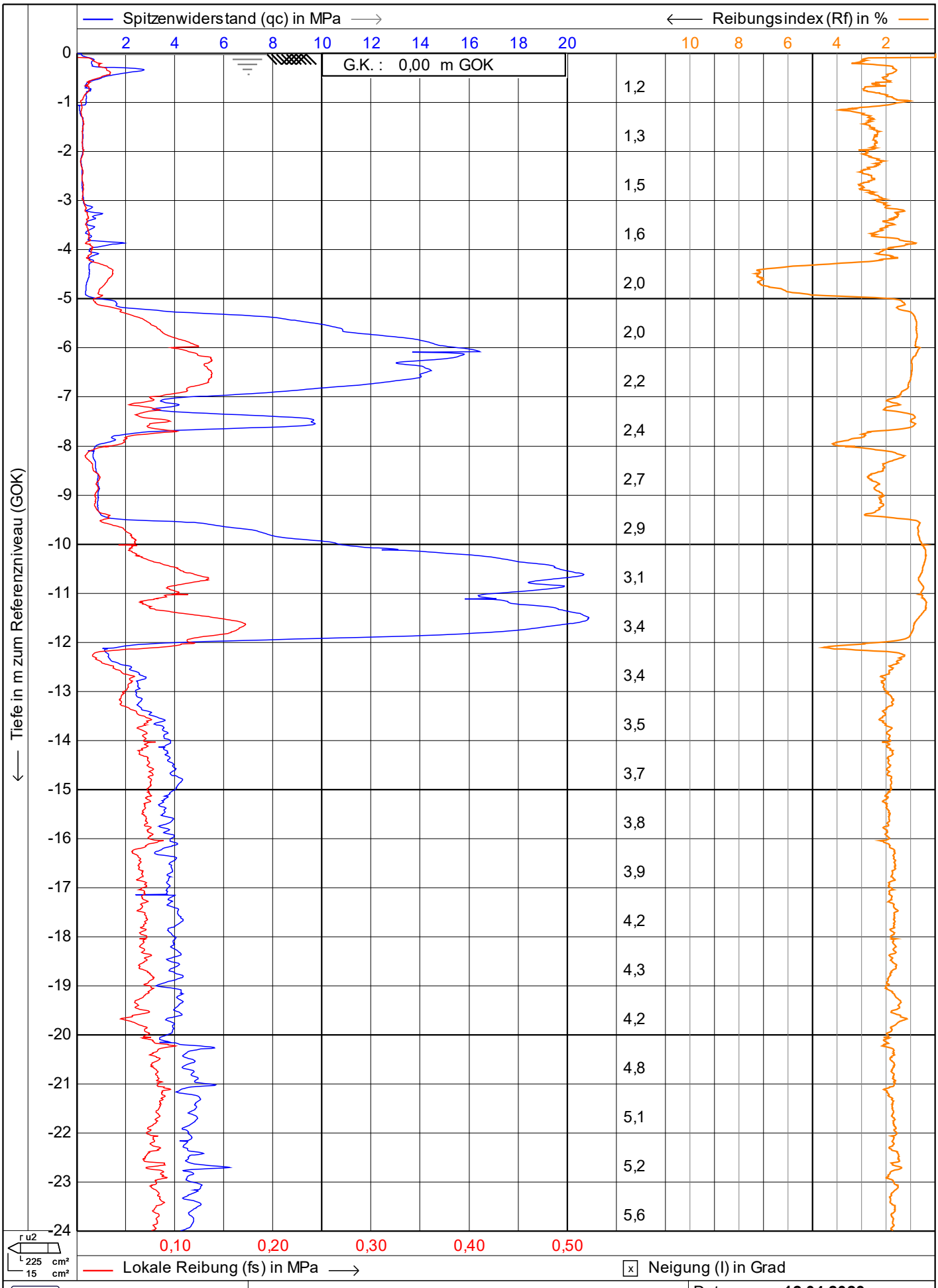

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 01**
Position: **32395057, 5944473 UTM3N**

Datum : **12.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 01 9mn.Osten **2/4**

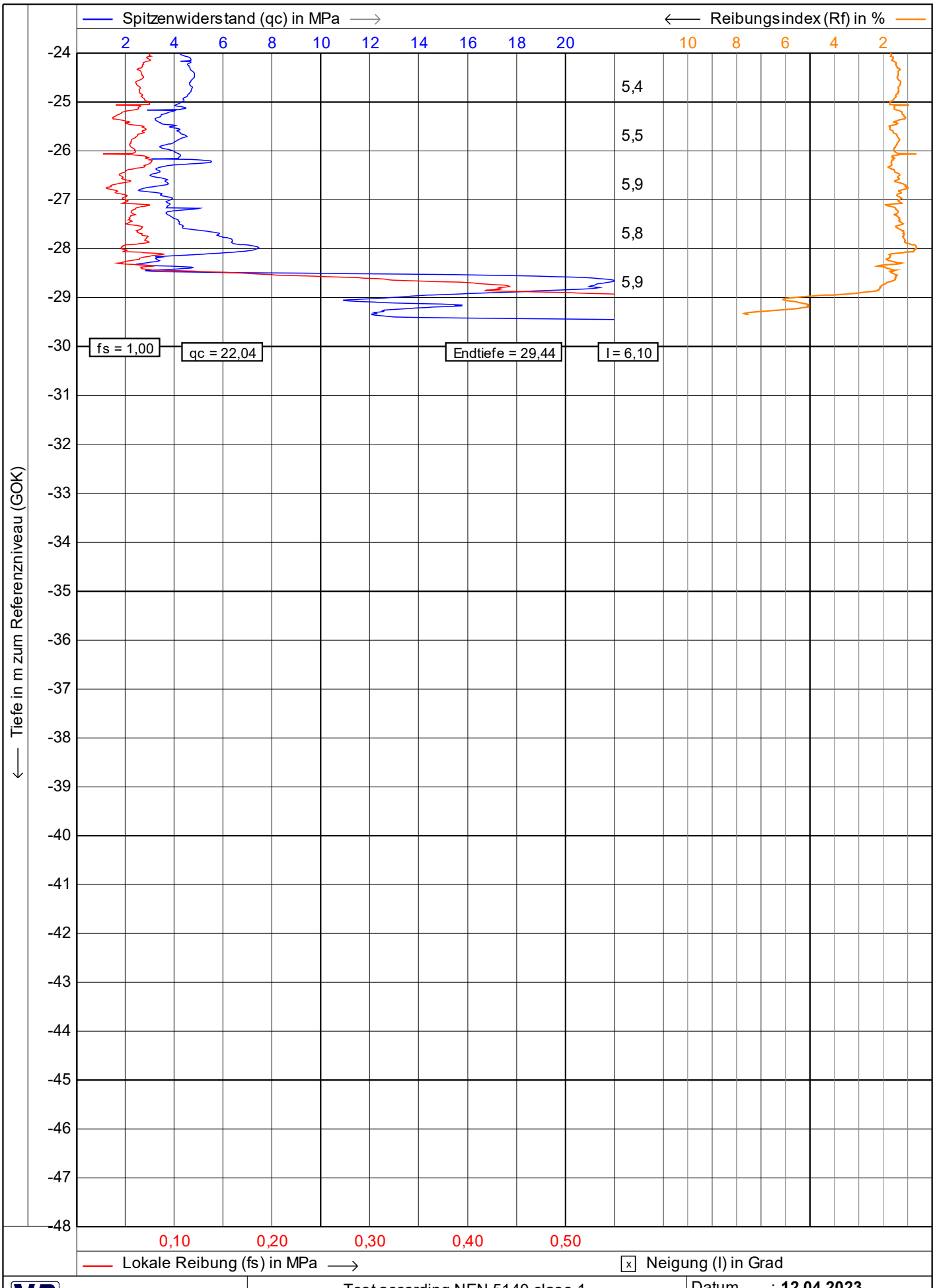



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 01**
Position: **32395052, 5944474 UTM3N**

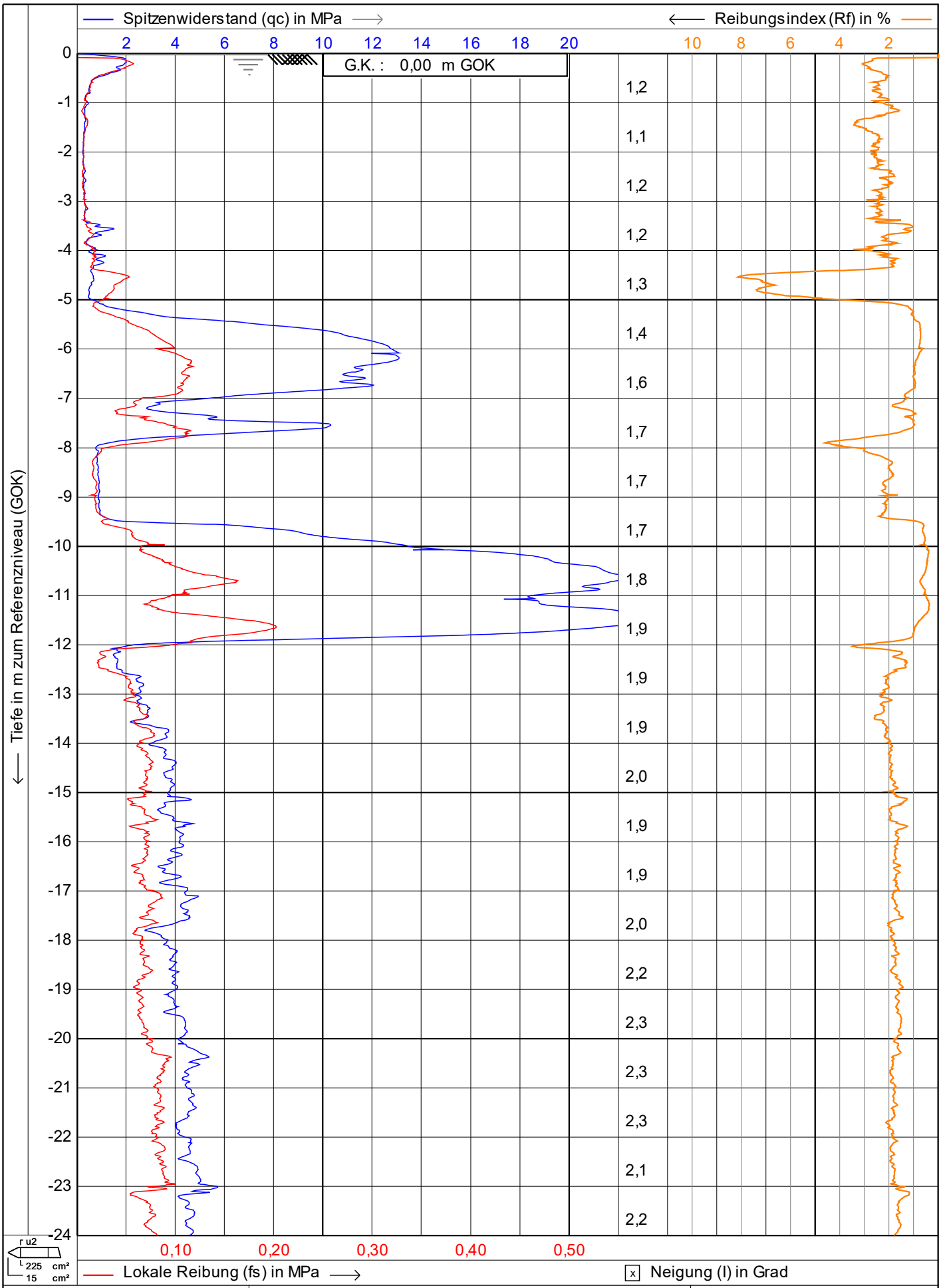
Datum : **12.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 01 9mn.Süden **1/4**



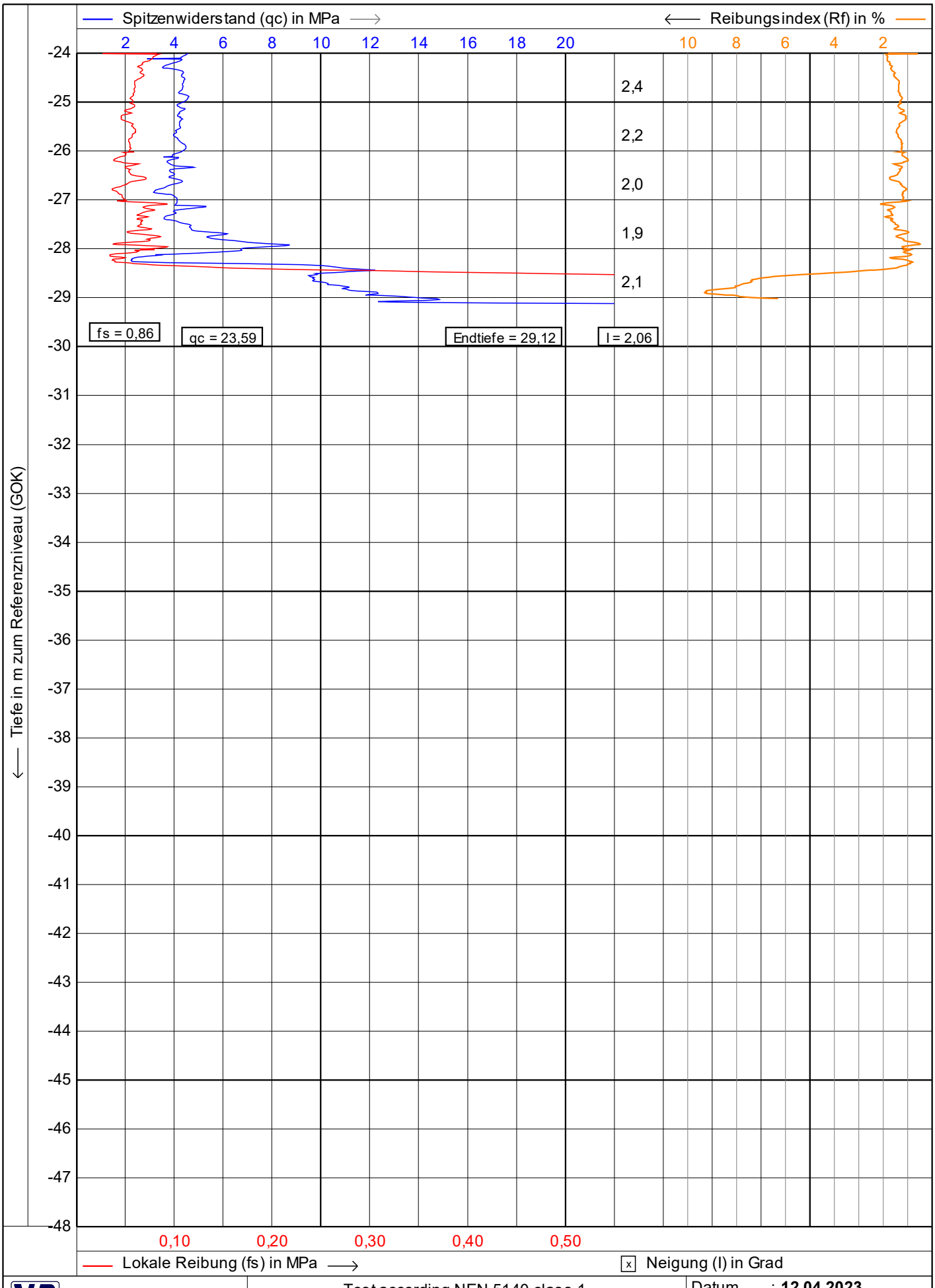

Test according NEN 5140 class 1

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

| | |
|---|---|
| Projekt | **WP Dornum** |
| Ort | **WEA 01** |
| Position | **32395052, 5944474 UTM3N** |
| Datum | **12.04.2023** |
| Konus Nr. | **S15CFIIP.S20417** |
| Projekt Nr. | **234364** |
| CPT Nr. | WEA 01 9mn.Süden — **2/4** |



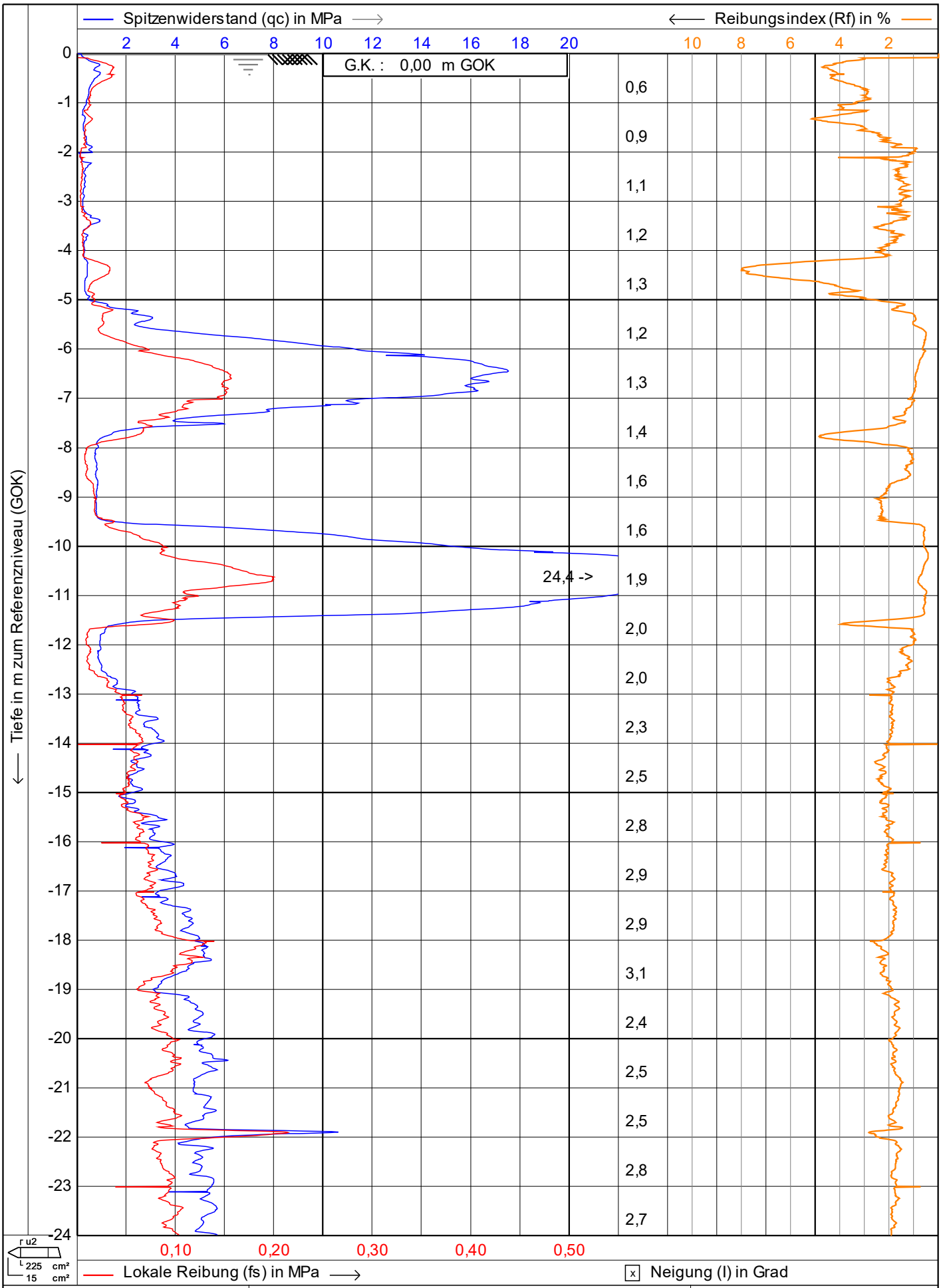

| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 01**<br>Position: **32395052, 5944477 UTM3N** | Datum : **12.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : WEA 01 9mn.Westen **1/4** |



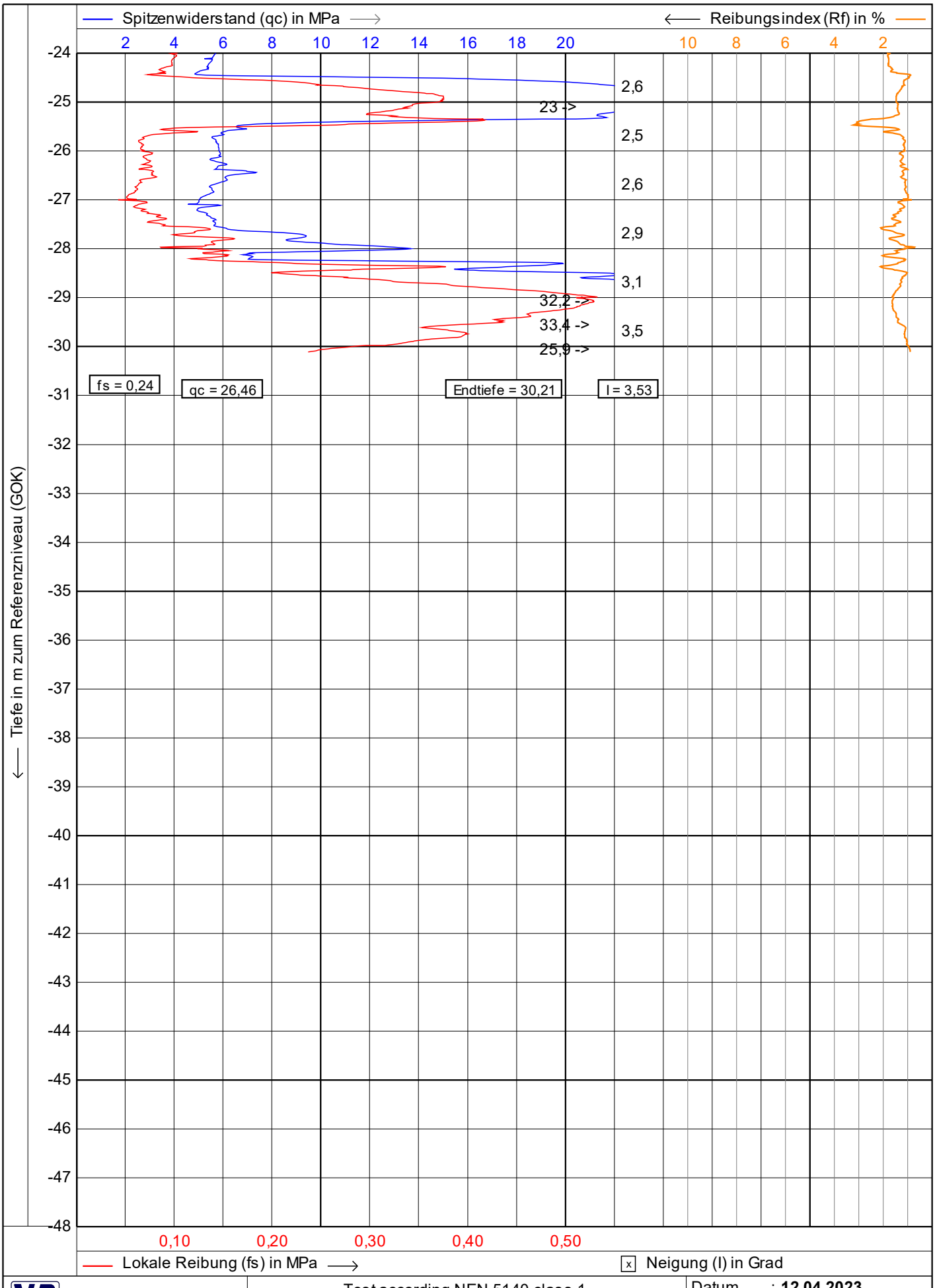

Test according NEN 5140 class 1

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

| | |
|---|---|
| Projekt | **WP Dornum** |
| Ort | **WEA 01** |
| Position | **32395052, 5944477 UTM3N** |
| Datum | **12.04.2023** |
| Konus Nr. | **S15CFIIP.S20417** |
| Projekt Nr. | **234364** |
| CPT Nr. | WEA 01 9mn.Westen |

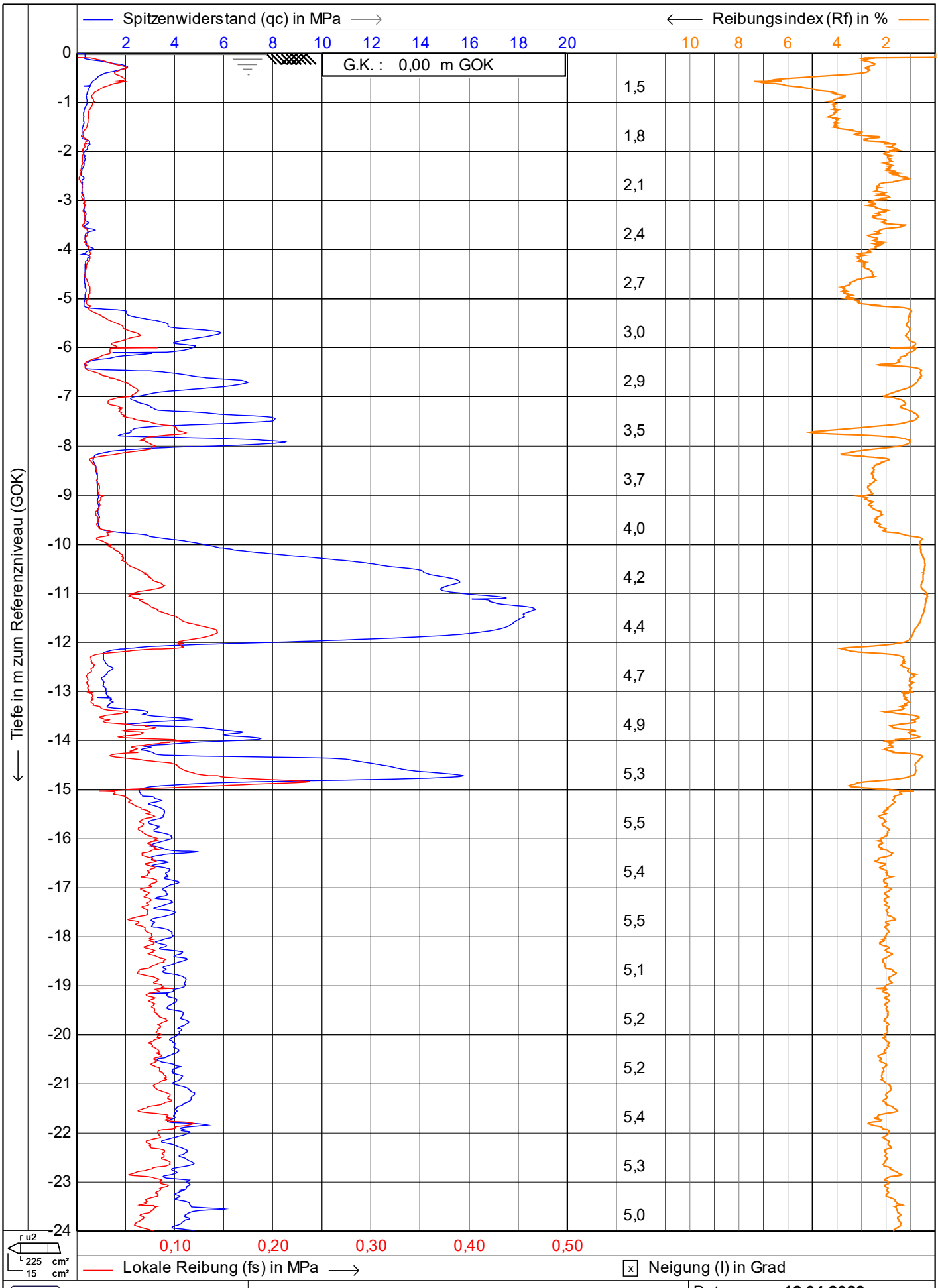



| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 01**<br>Position: **32395076, 5944481 UTM3N** | Datum : **12.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 01 KSF 1** **1/4** |

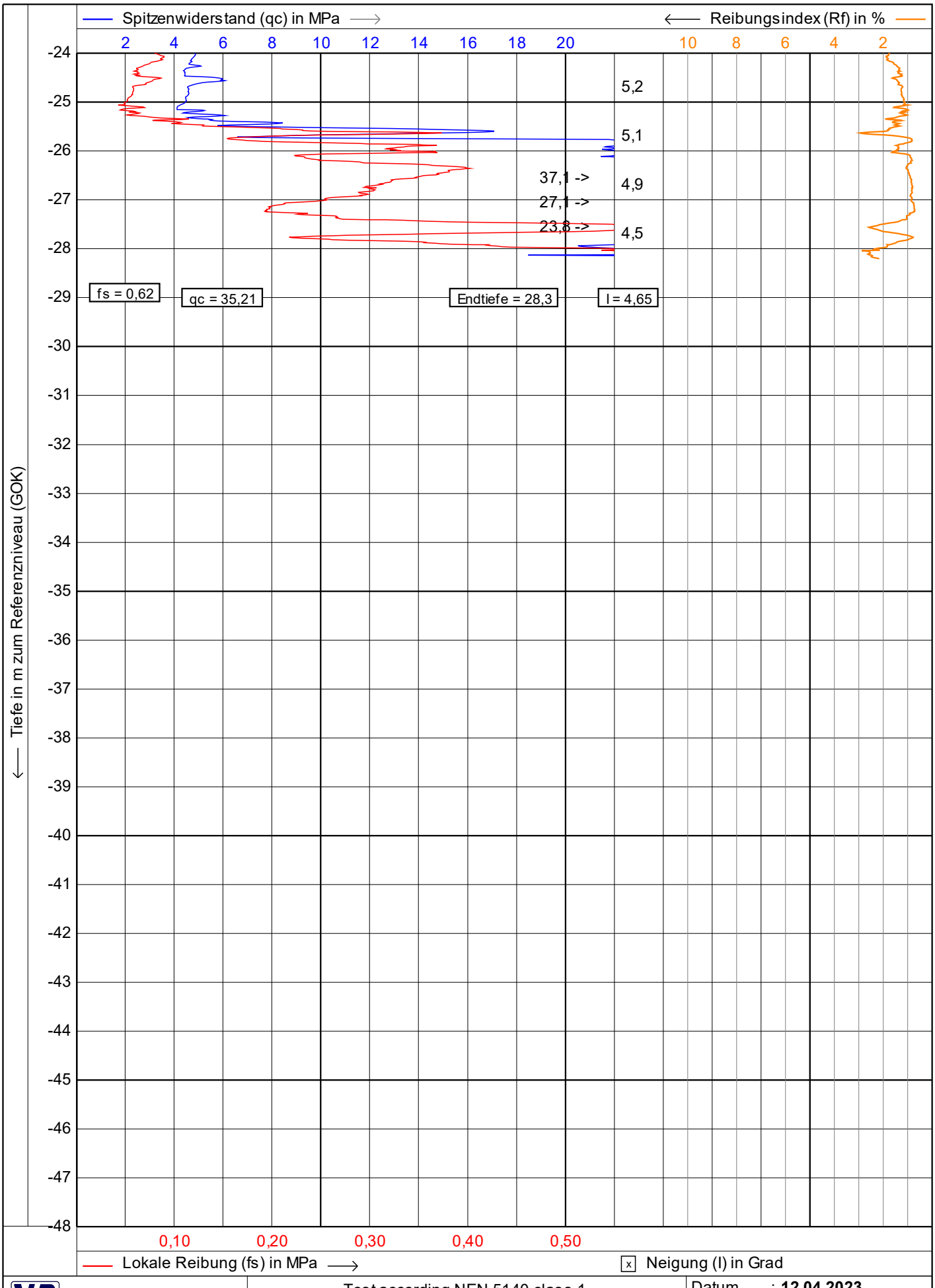



| | | | |
|---|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 01**<br>Position: **32395076, 5944481 UTM3N** | Datum : **12.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 01 KSF 1** | **2/4** |

1.48




| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 01**<br>Position: **32395089, 5944427 UTM3N** | Datum : **12.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 01 KSF 2** **1/4** |



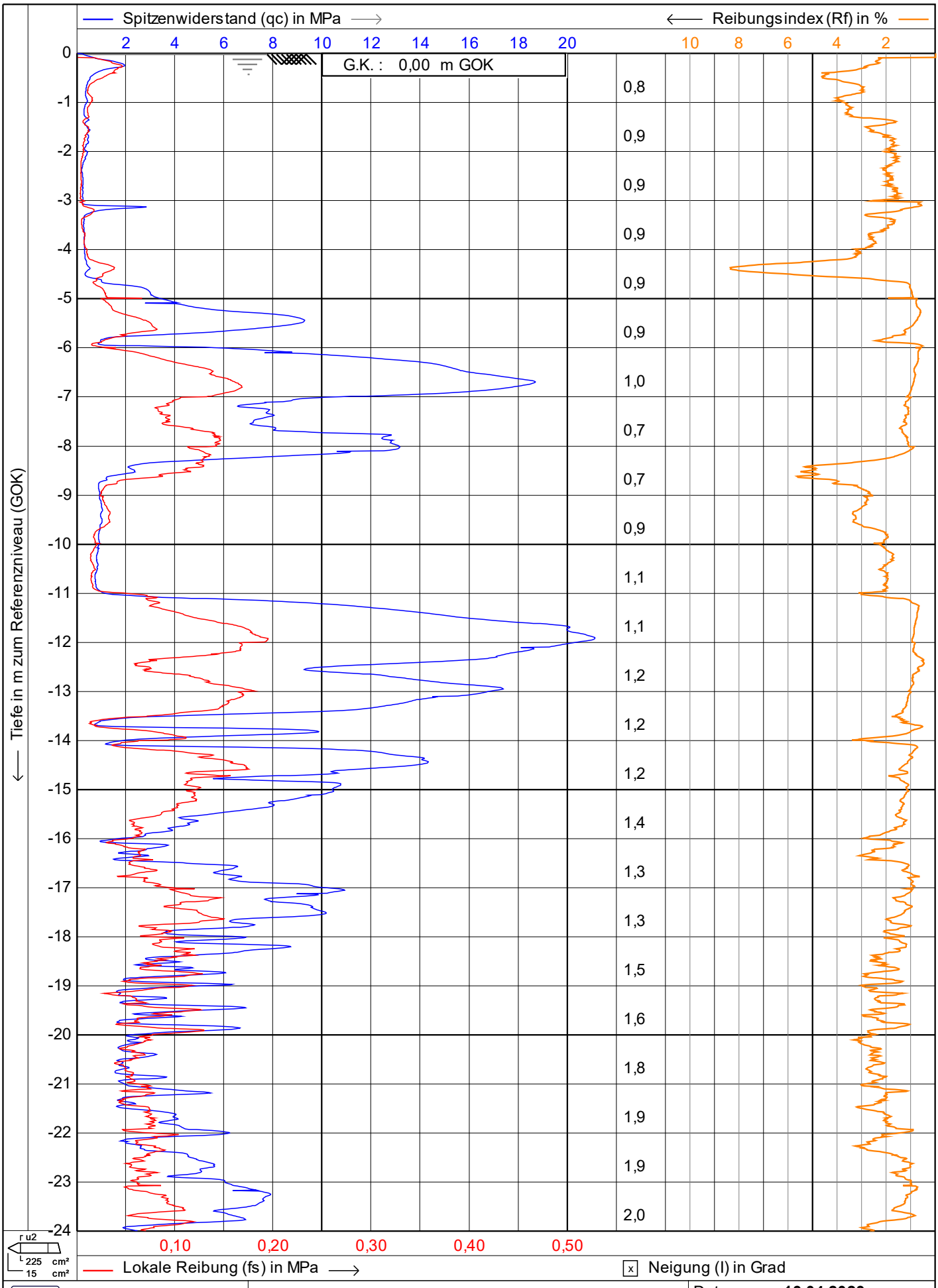

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 01**
Position: **32395089, 5944427 UTM3N**

Datum : **12.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : **WEA 01 KSF 2** **2/4**

1.48




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**

Ort : **WEA 02**

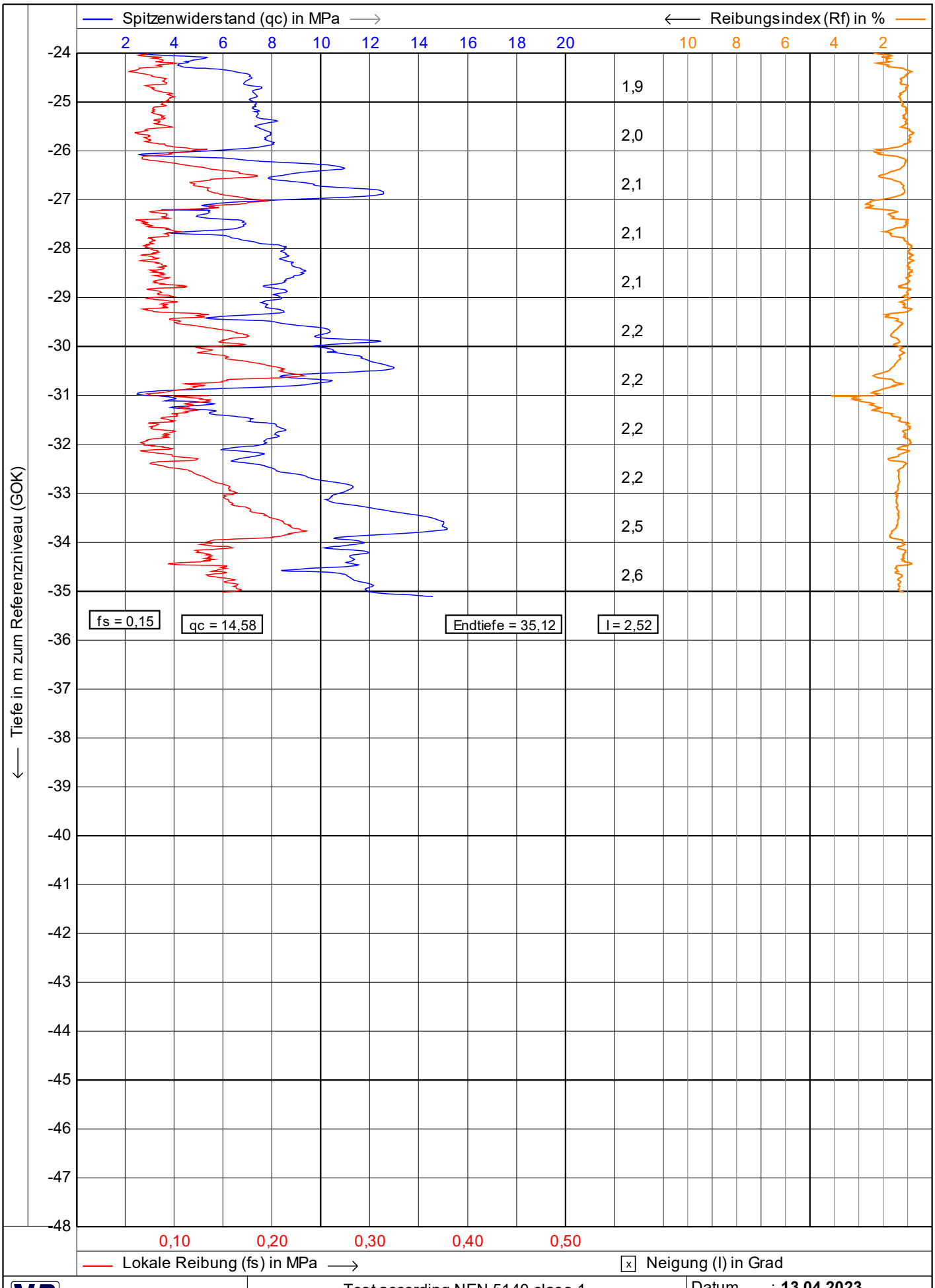
Position: **32395180, 5944216 UTM3N**

Datum : **13.04.2023**

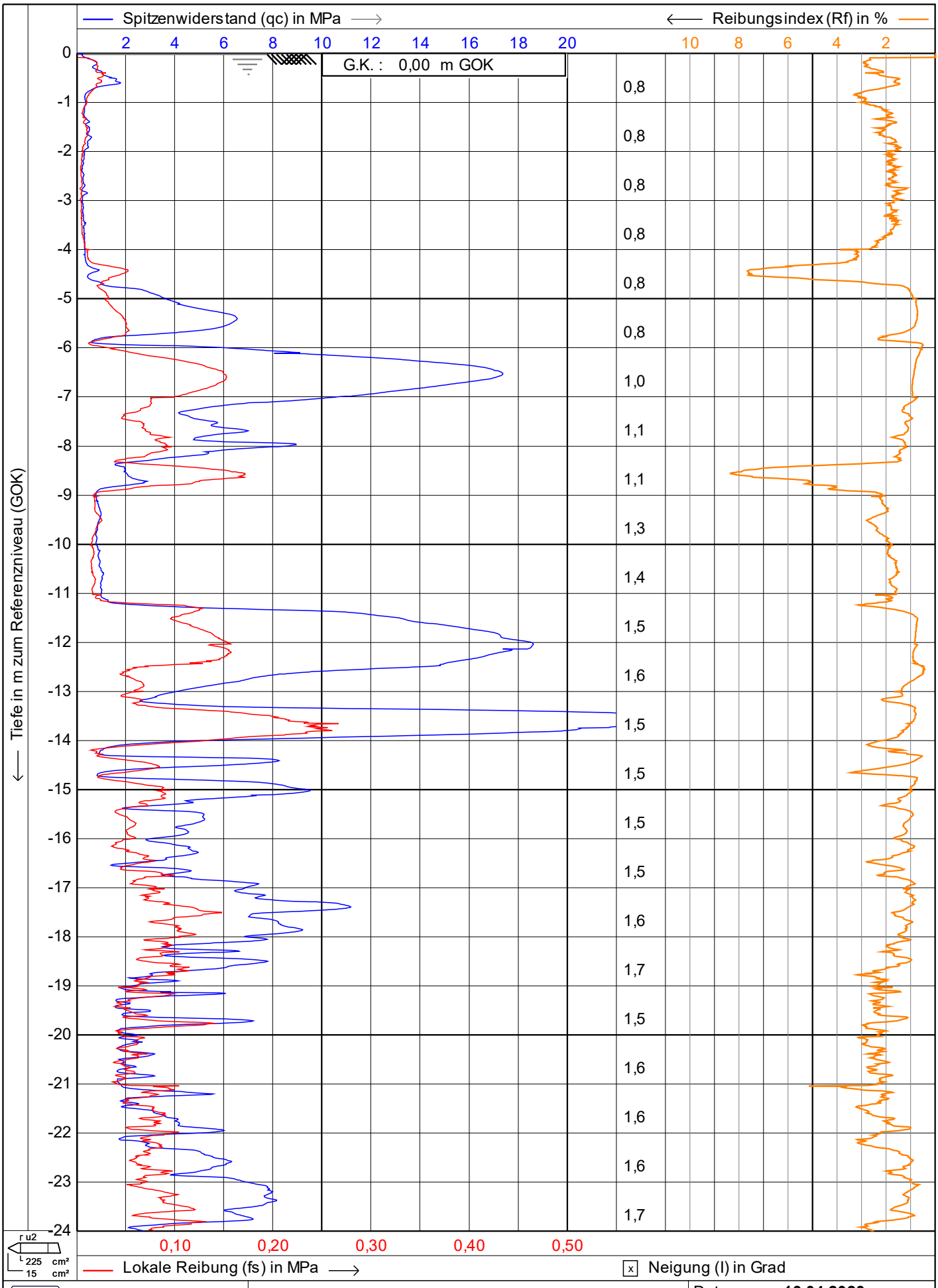
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**

Projekt Nr. : **234364**

CPT Nr. : WEA 02 9mn.Norden **1/4**



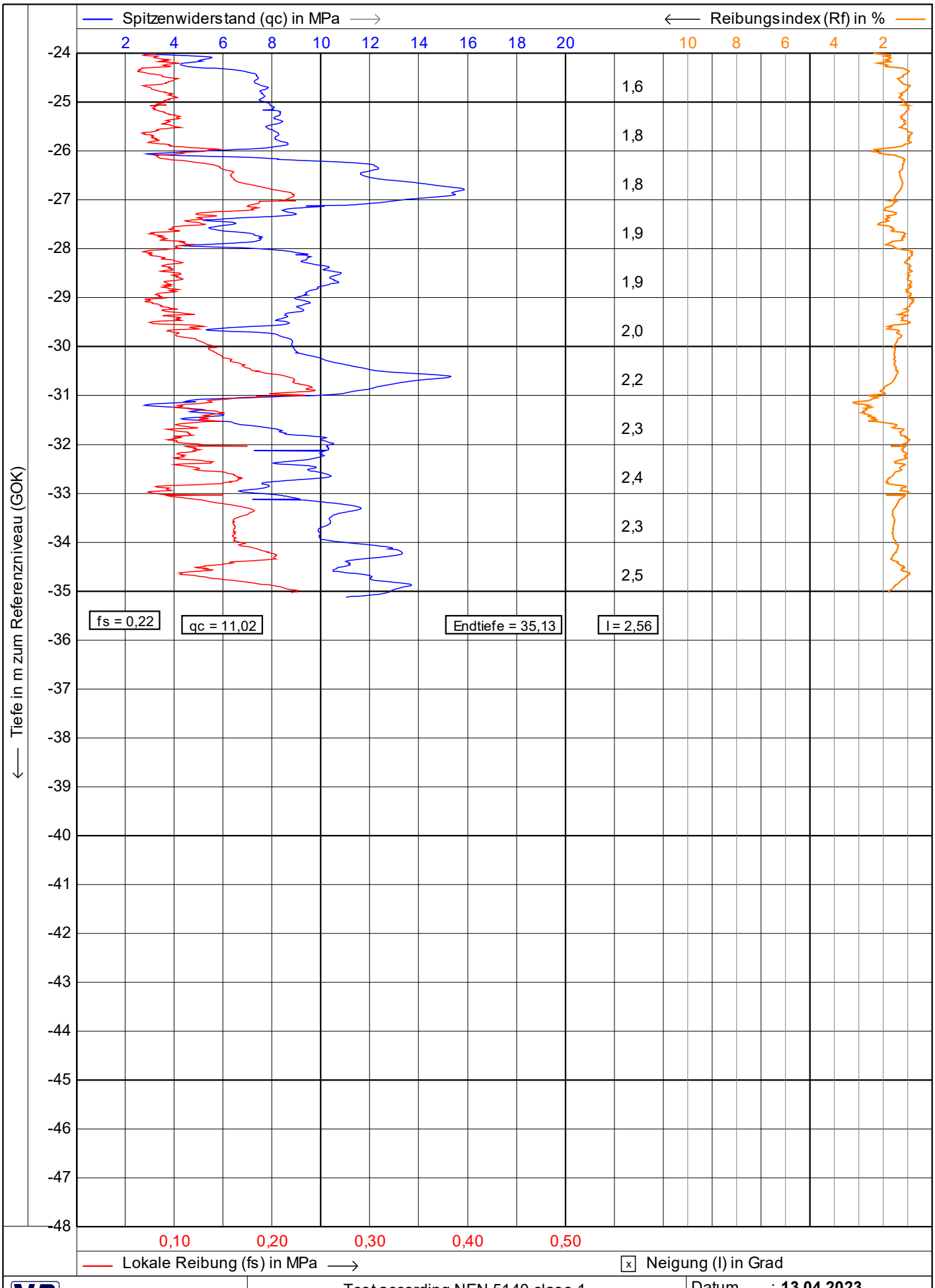

| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 02**<br>Position: **32395180, 5944216 UTM3N** | Datum : **13.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : WEA 02 9mn.Norden **2/4** |




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

| | |
|---|---|
| Projekt | **WP Dornum** |
| Ort | **WEA 02** |
| Position | **32395183, 5944212 UTM3N** |
| Datum | **13.04.2023** |
| Konus Nr. | **S15CFIIP.S20417** |
| Projekt Nr. | **234364** |
| CPT Nr. | WEA 02 9mn.Osten — **1/4** |

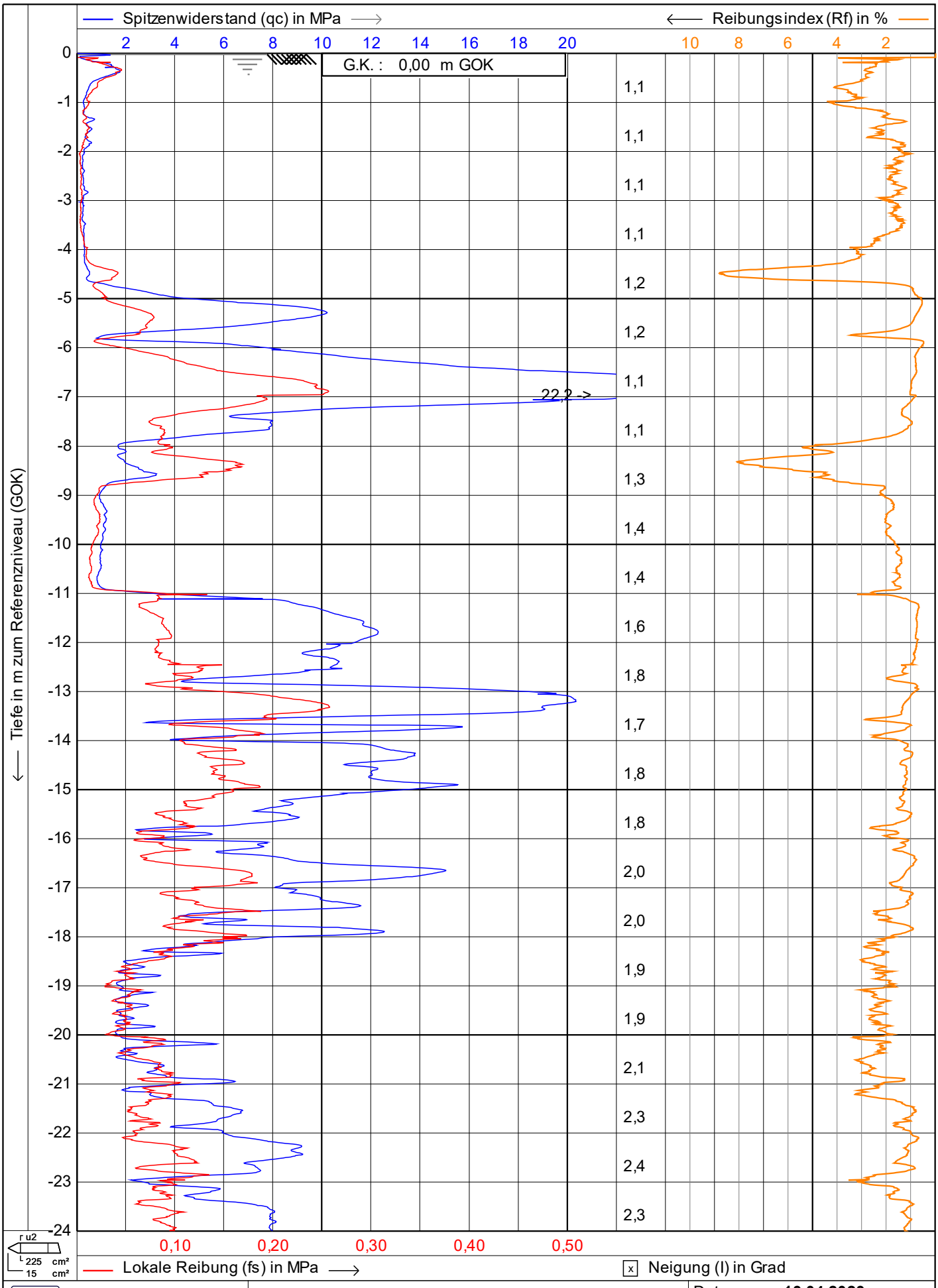



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 02**
Position: **32395183, 5944212 UTM3N**

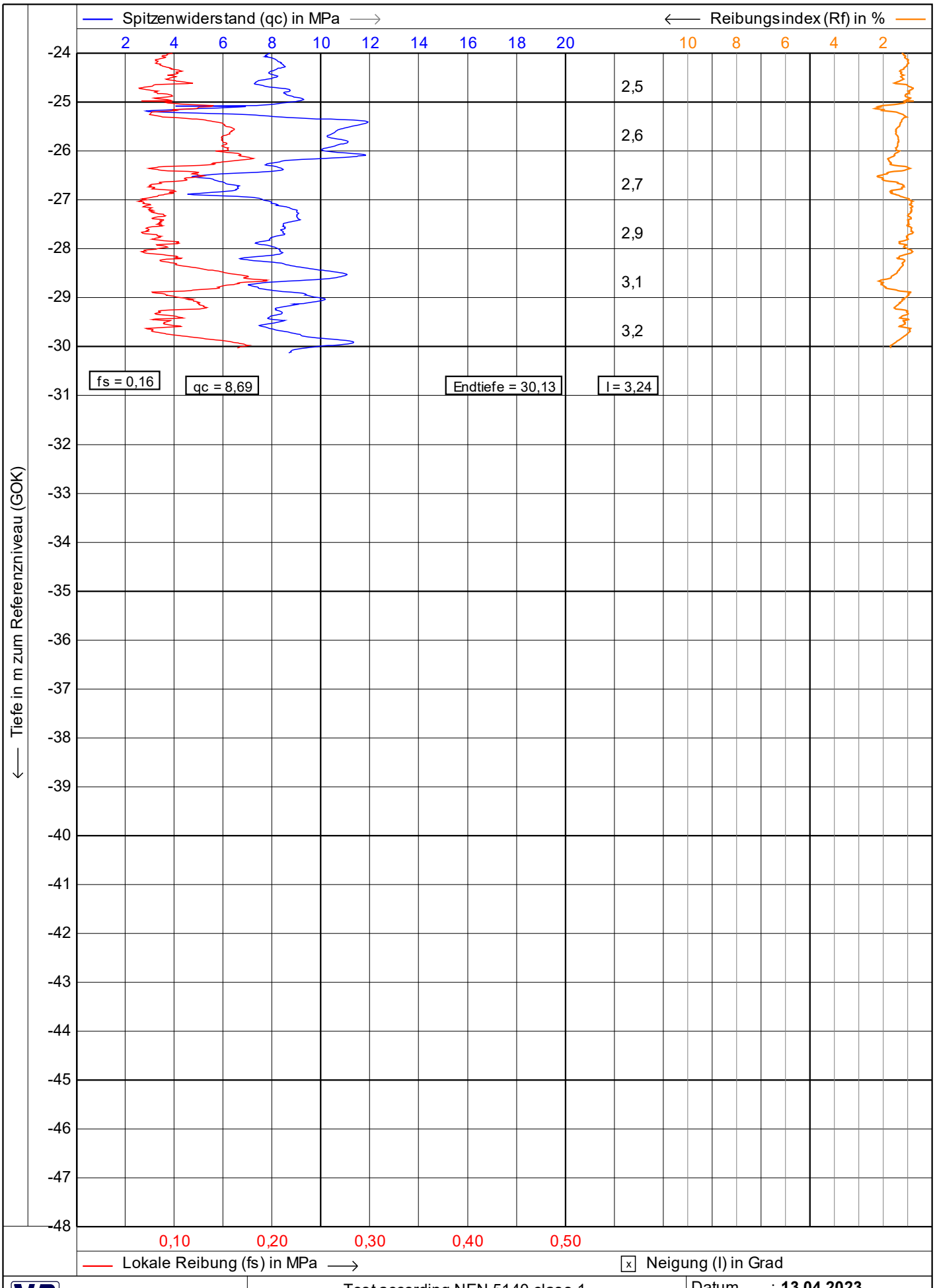
Datum : **13.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 02 9mn.Osten **2/4**




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

| | |
|---|---|
| Projekt | **WP Dornum** |
| Ort | **WEA 02** |
| Position | **32395179, 5944209 UTM3N** |
| Datum | **13.04.2023** |
| Konus Nr. | **S15CFIIP.S20417** |
| Projekt Nr. | **234364** |
| CPT Nr. | WEA 02 9mn.Süden |



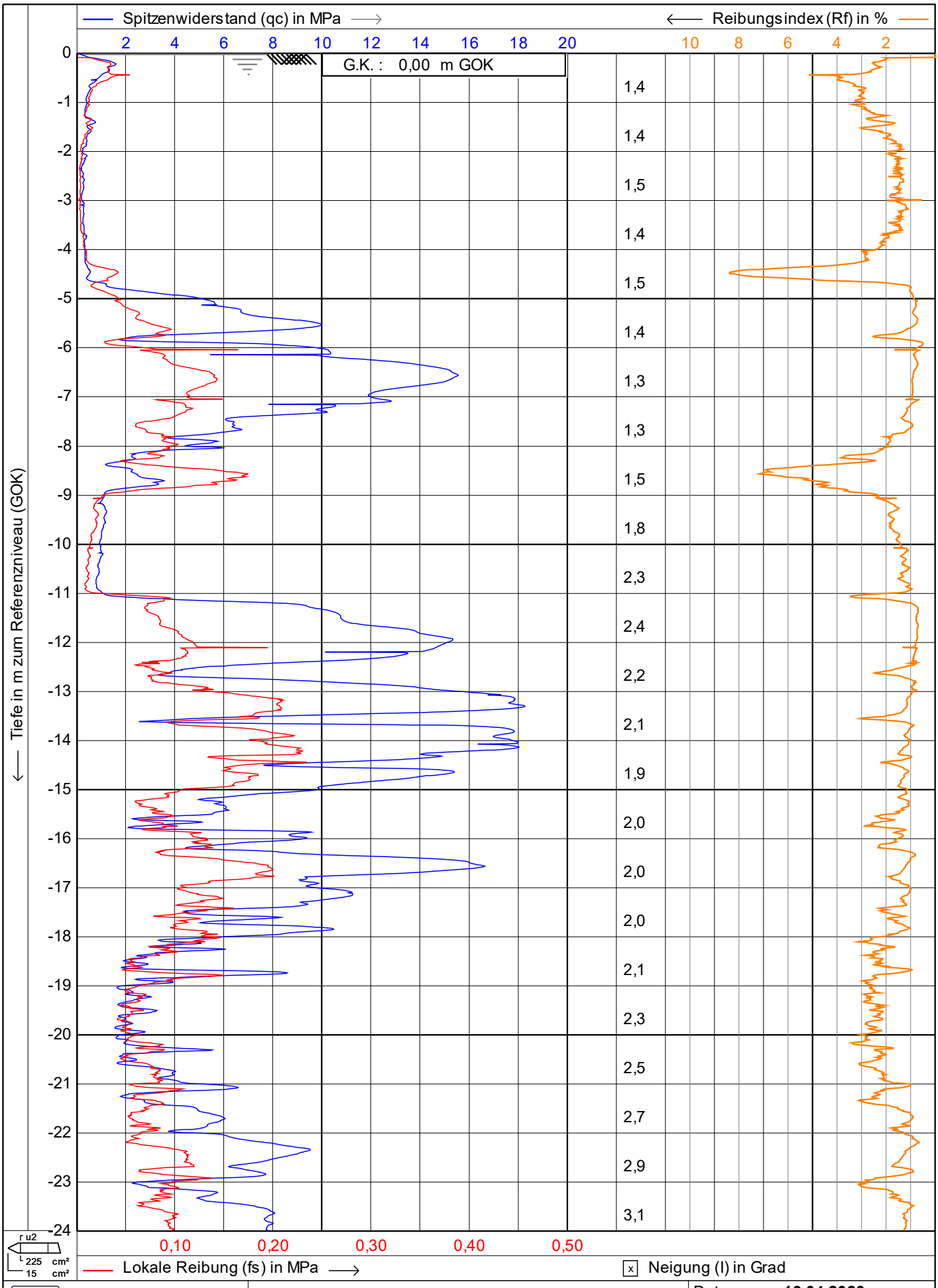

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

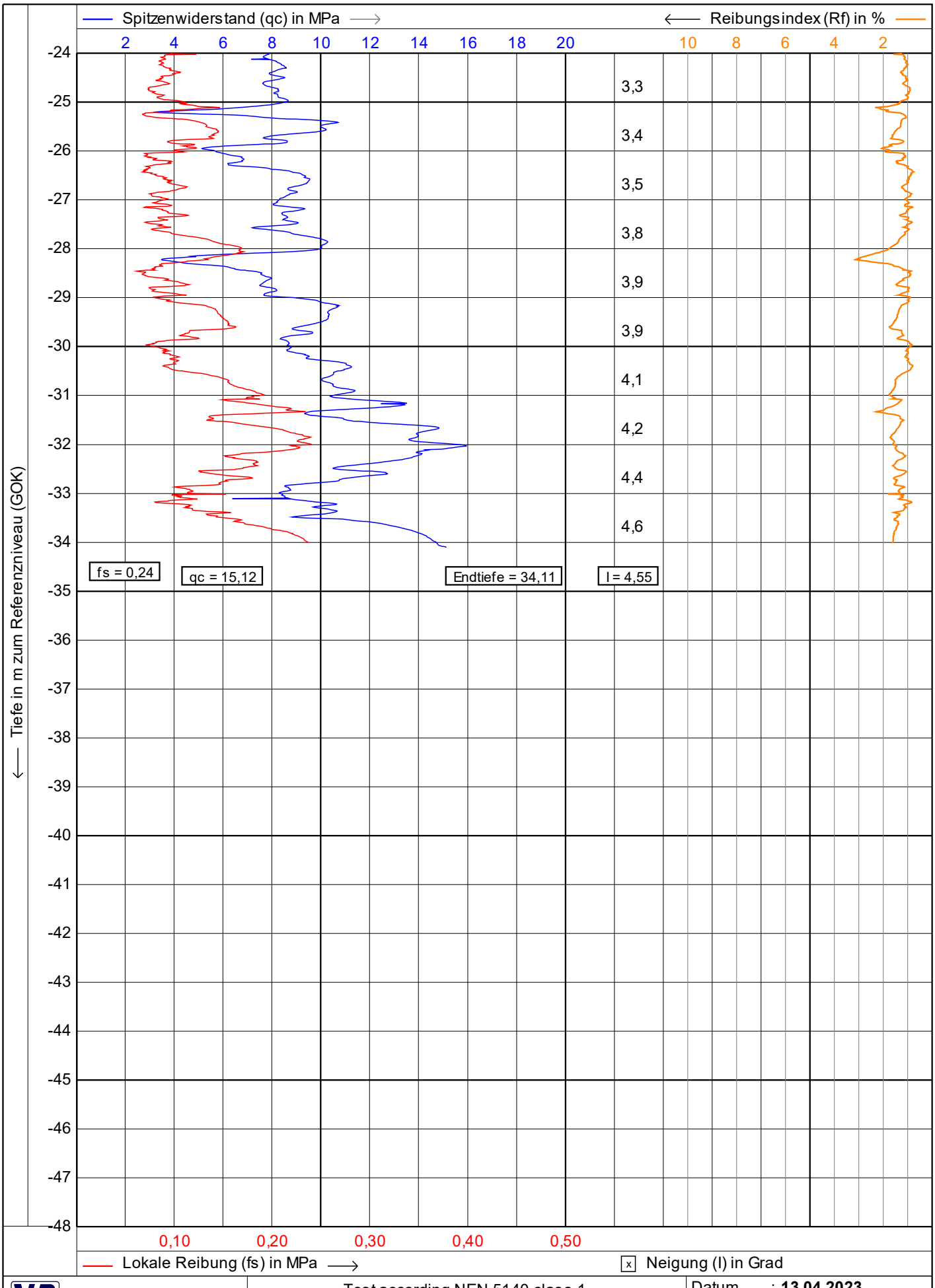
Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 02**
Position: **32395179, 5944209 UTM3N**

Datum : **13.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 02 9mn.Süden **2/4**




| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 02**<br>Position: **32395176, 5944214 UTM3N** | Datum : **13.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : WEA 02 9mn.Westen **1/4** |




Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**

Ort : **WEA 02**

Position: **32395176, 5944214 UTM3N**

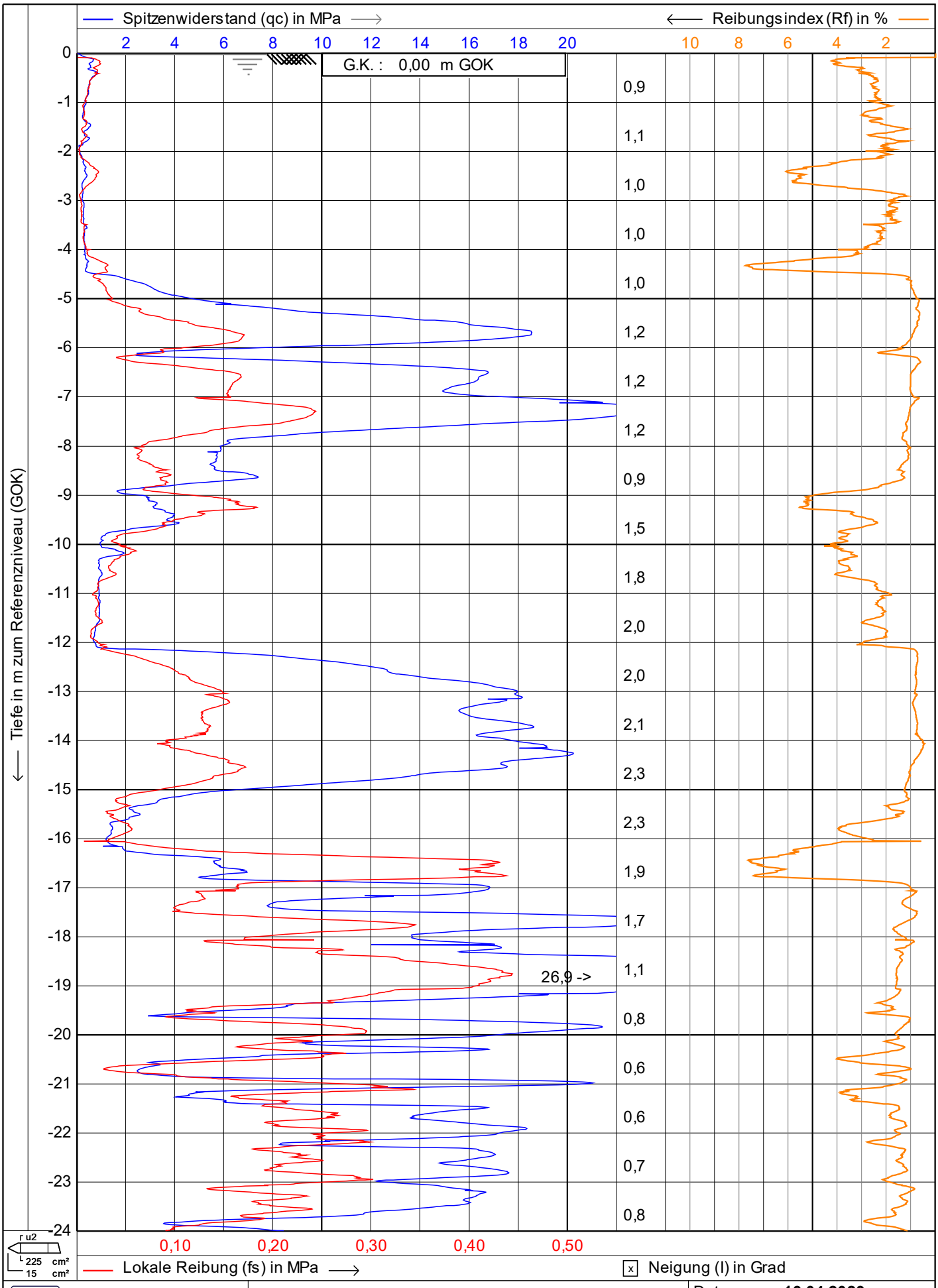
Datum : **13.04.2023**

Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**

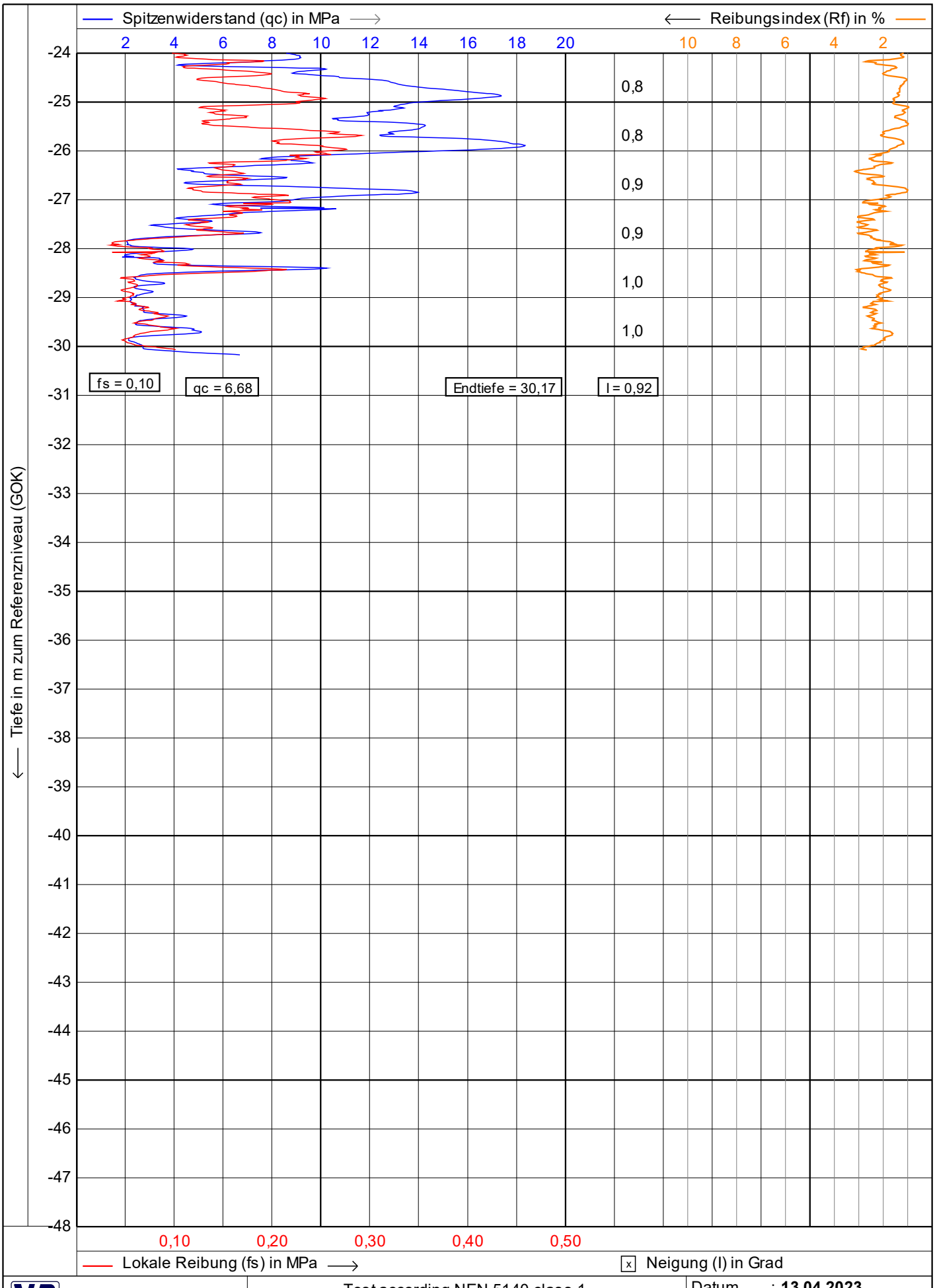
Projekt Nr. : **234364**

CPT Nr. : WEA 02 9mn.Westen **2/4**

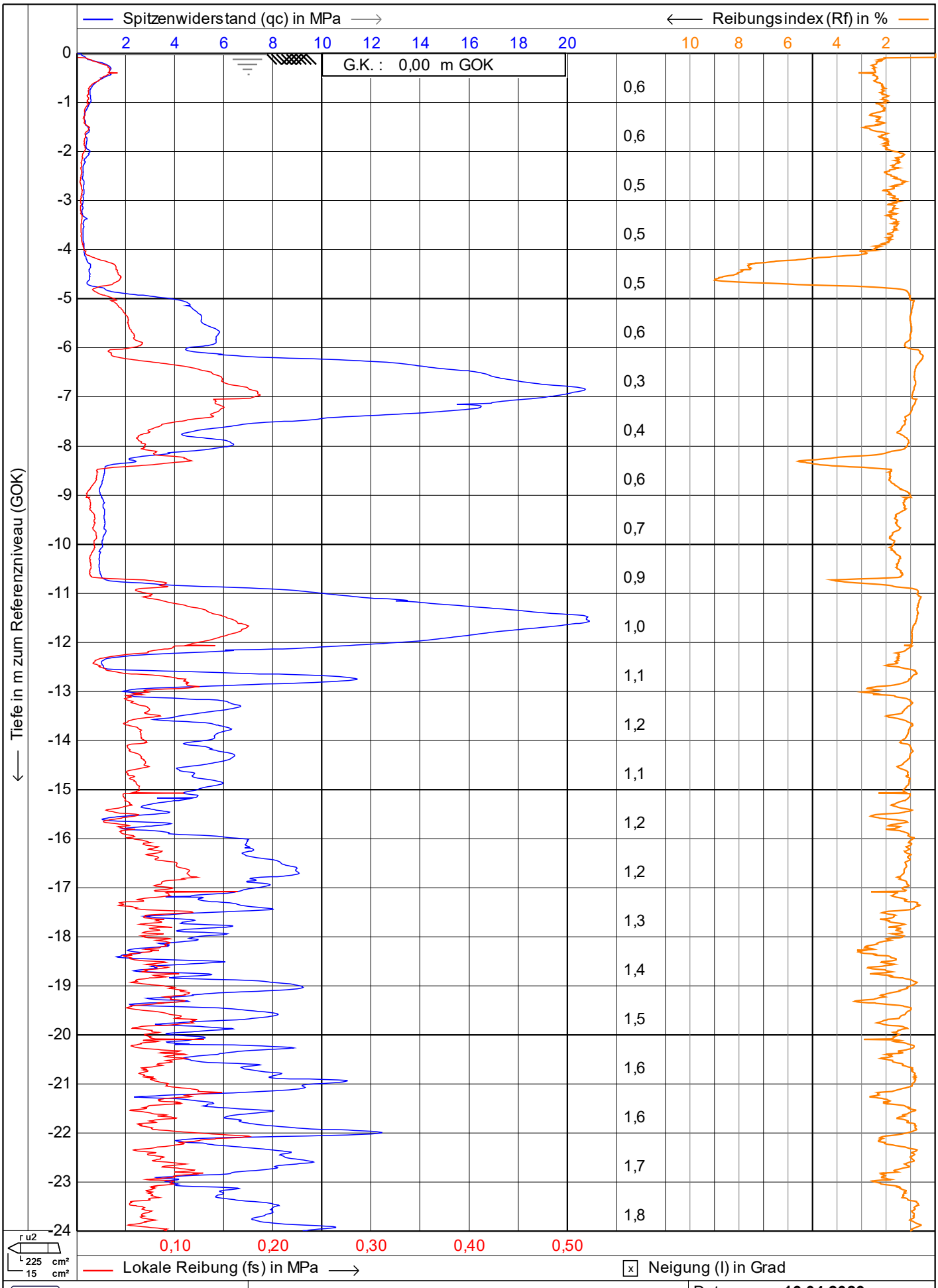
Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung




| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 02**<br>Position: **32395208, 5944208 UTM3N** | Datum : **13.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 02 KSF 1** **1/4** |




| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 02**<br>Position: **32395208, 5944208 UTM3N** | Datum : **13.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 02 KSF 1** **2/4** |

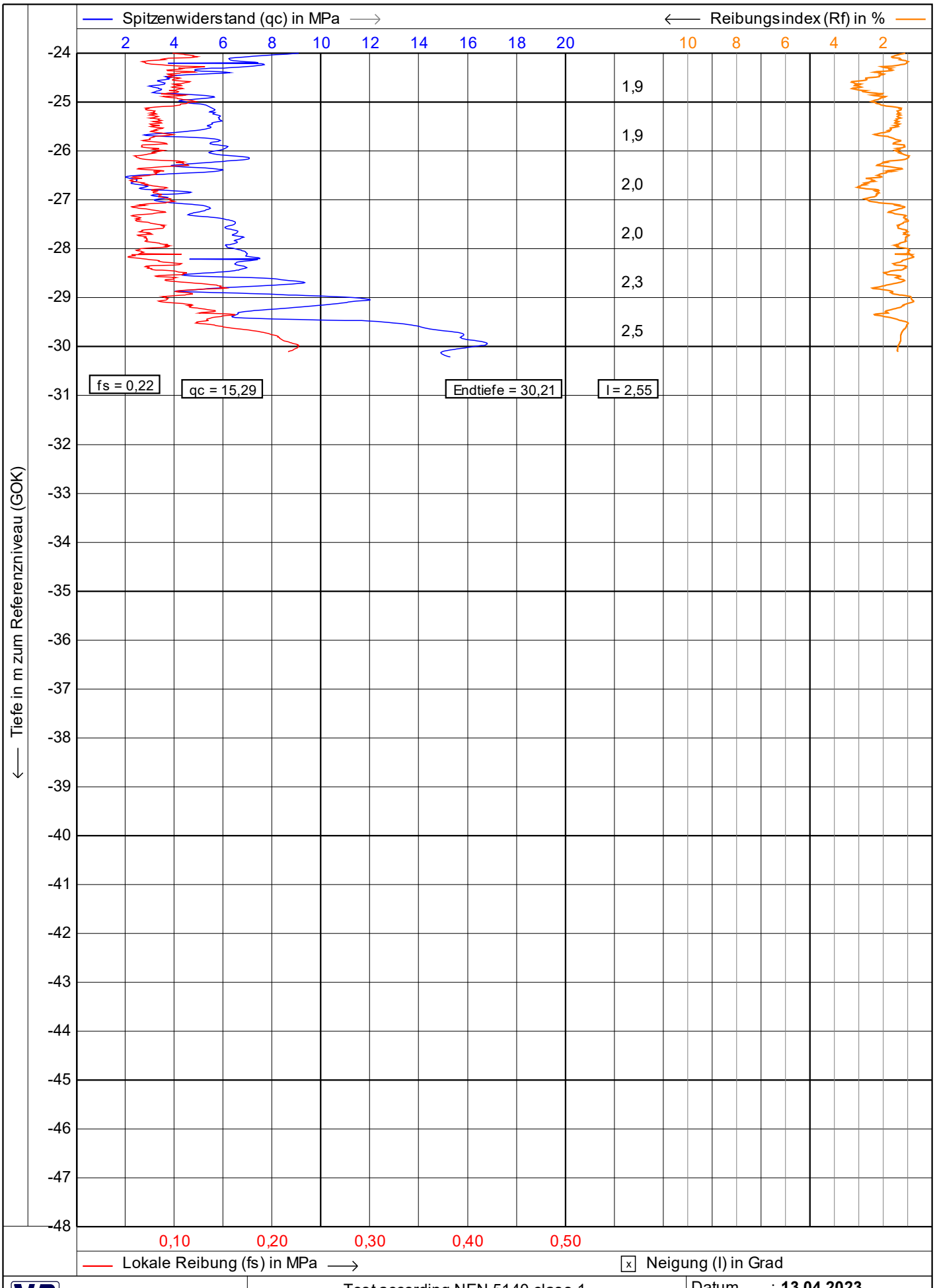



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 02**
Position: **32395205, 5944263 UTM3N**

Datum : **13.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : **WEA 02 KSF 2** **1/4**



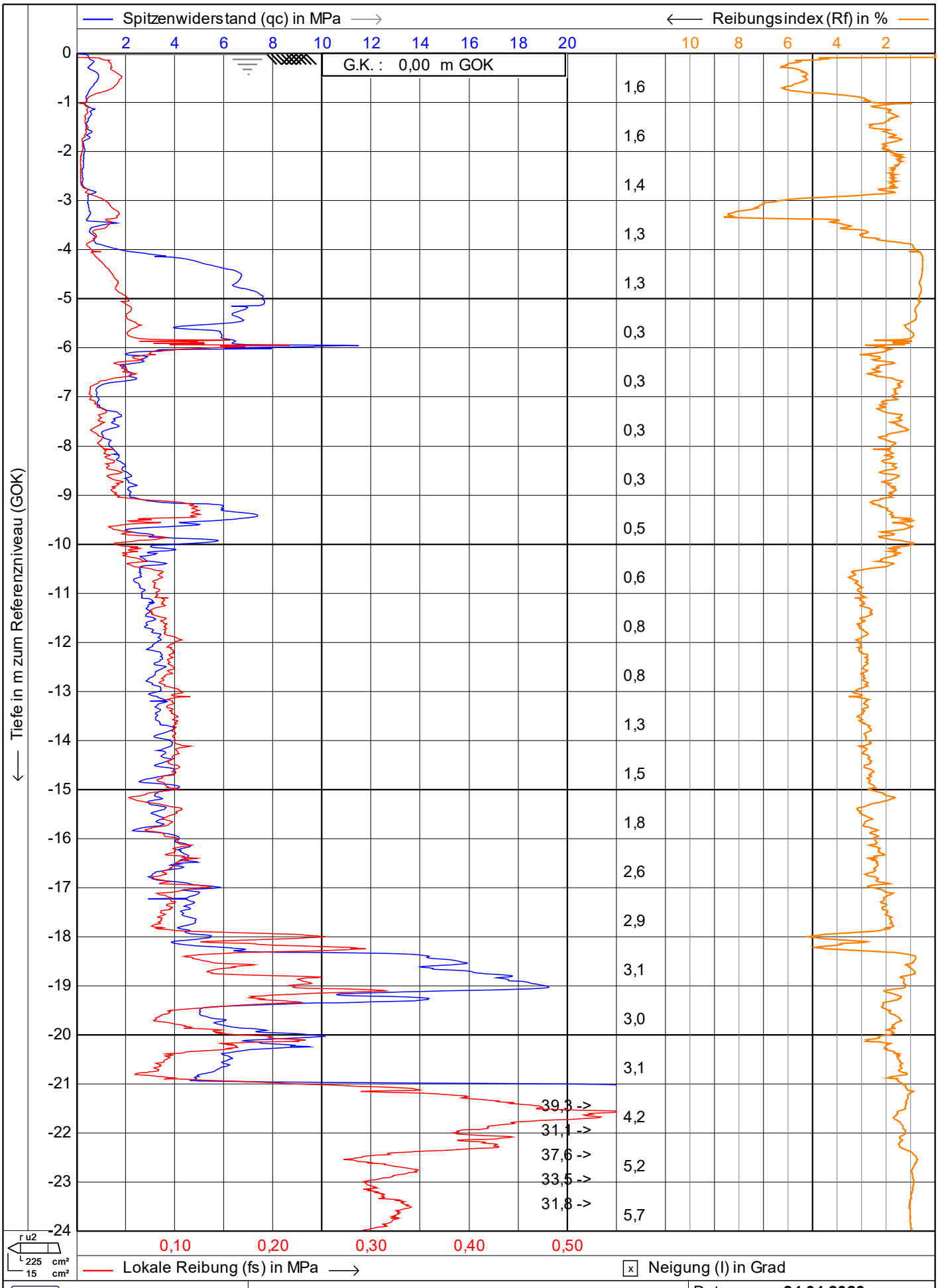

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 02**
Position: **32395205, 5944263 UTM3N**

Datum : **13.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : **WEA 02 KSF 2** **2/4**

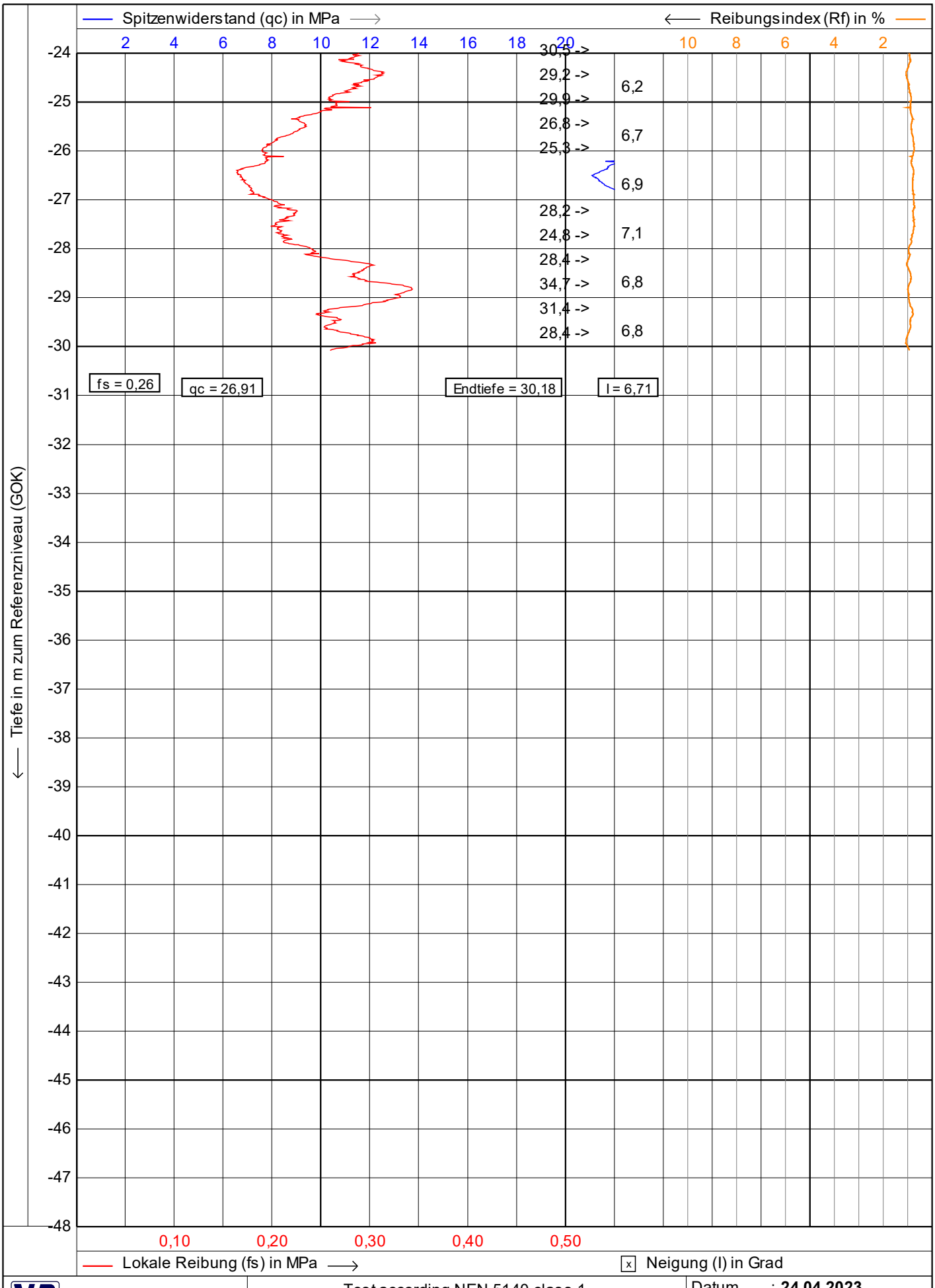



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

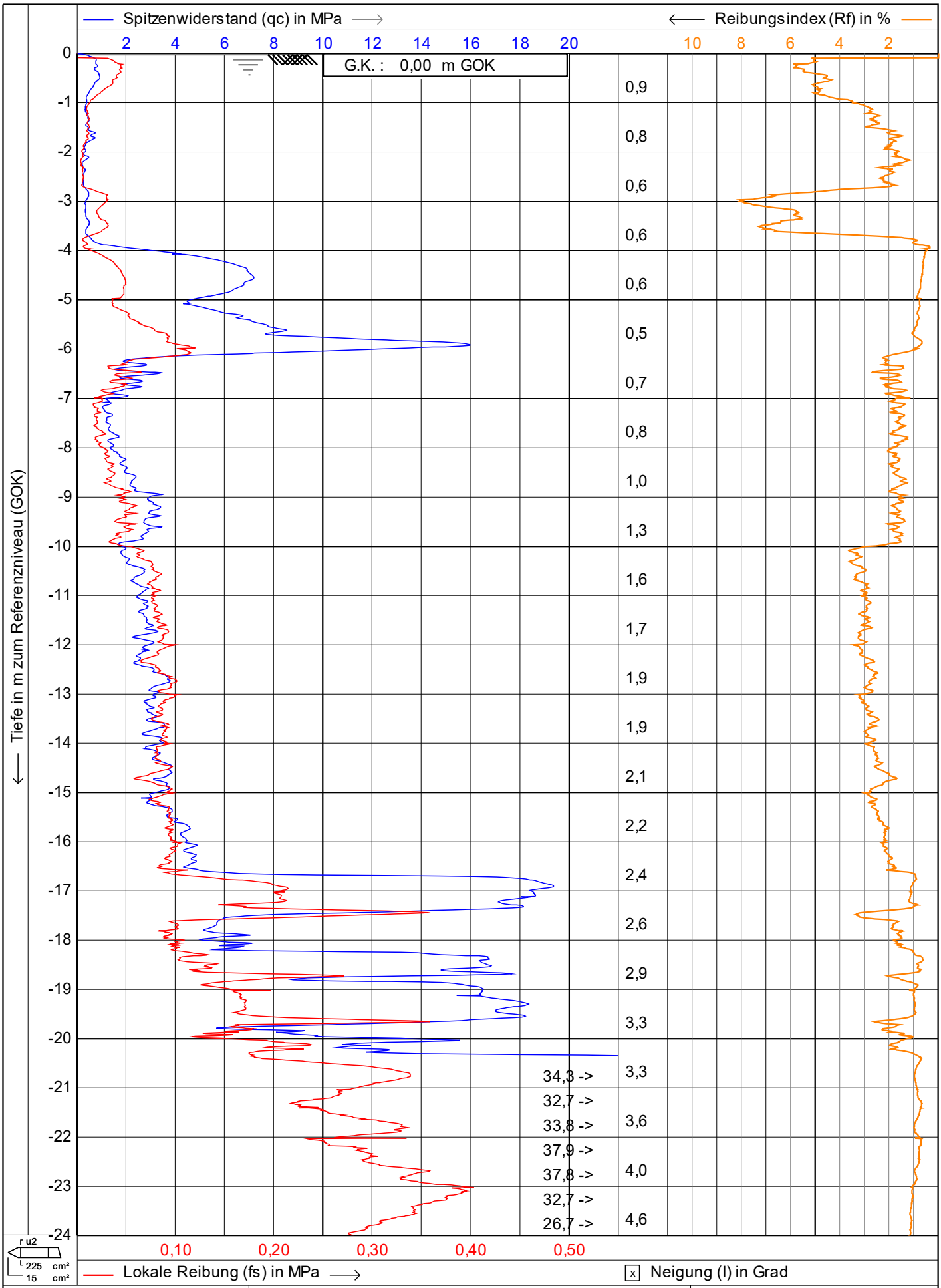
Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 3**
Position: **32395675, 5944130 UTM3N**

Datum : **24.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 3 9mn.Norden **1/4**




| | | | |
|---|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 3**<br>Position: **32395675, 5944130 UTM3N** | Datum : **24.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : WEA 3 9mn.Norden | **2/4** |

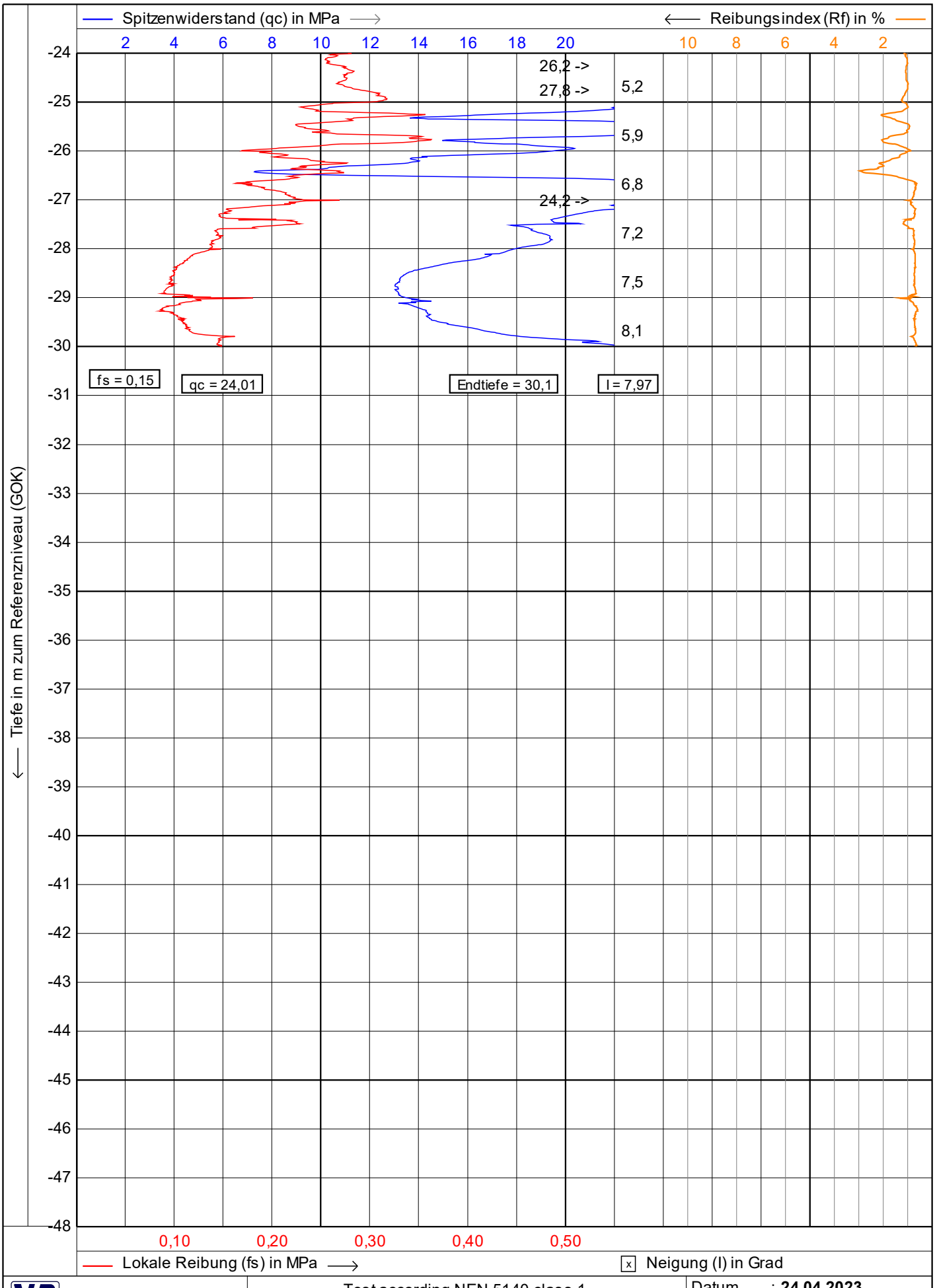
1.48




Test according NEN 5140 class 1

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

| | |
|---|---|
| Projekt | **WP Dornum** |
| Ort | **WEA 3** |
| Position | **32395677, 5944128 UTM3N** |
| Datum | **24.04.2023** |
| Konus Nr. | **S15CFIIP.S20417** |
| Projekt Nr. | **234364** |
| CPT Nr. | **WEA 3 9m n. Osten** |



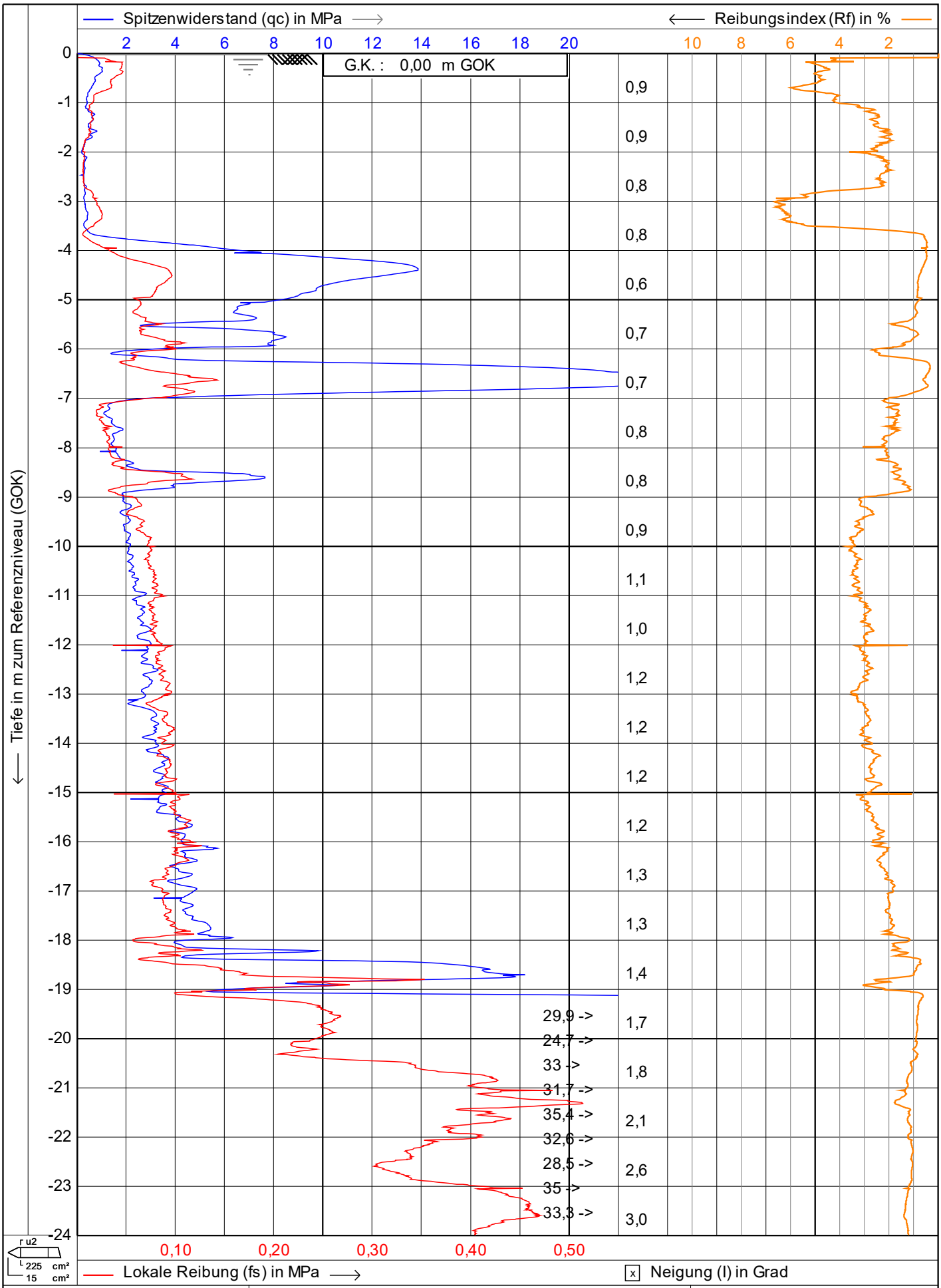

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 3**
Position: **32395677, 5944128 UTM3N**

Datum : **24.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : **WEA 3 9m n. Osten** **2/4**

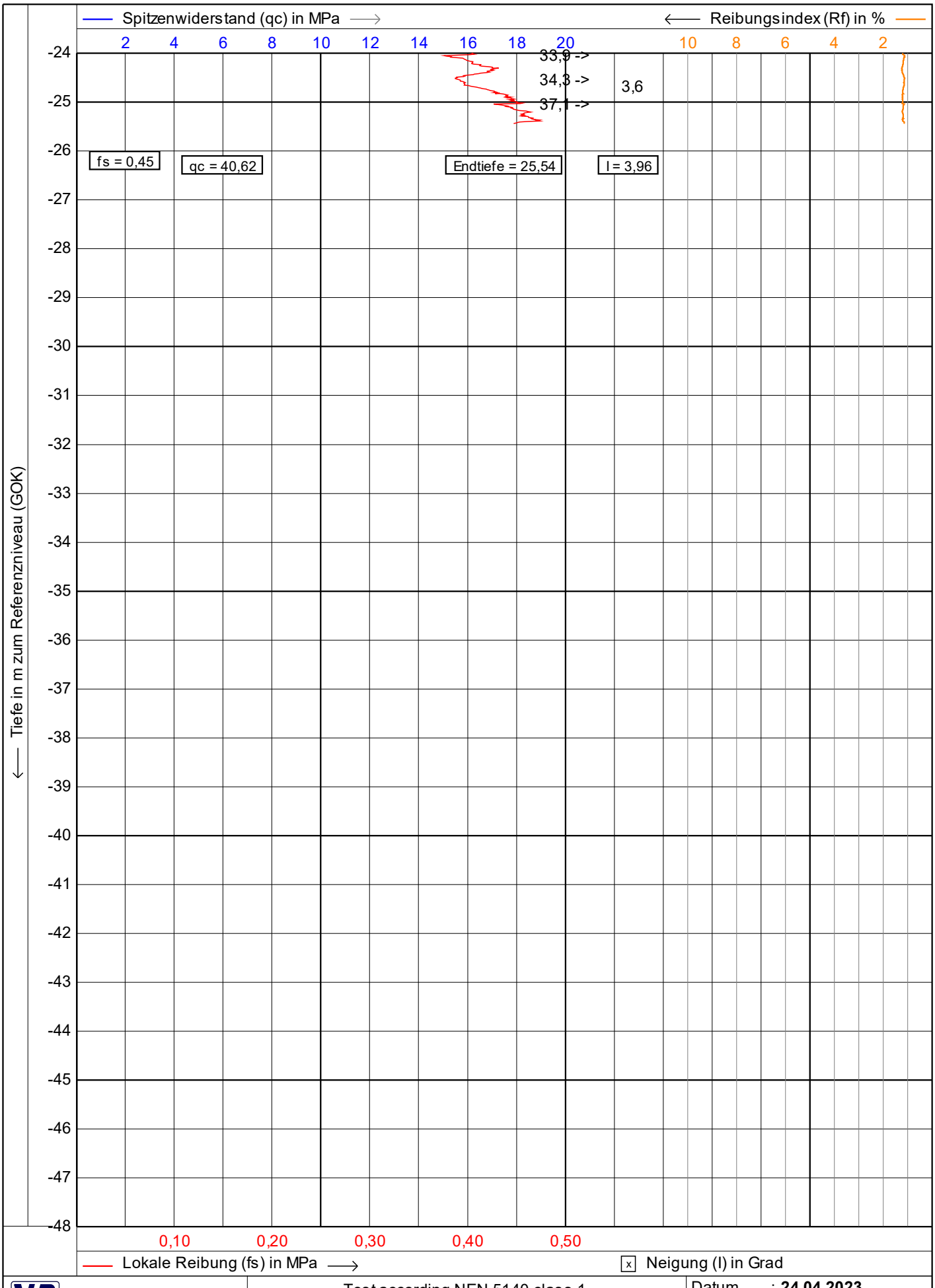



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 3**
Position: **32395676, 5944125 UTM3N**

Datum : **24.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 3 9 mn.Süden **1/4**




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

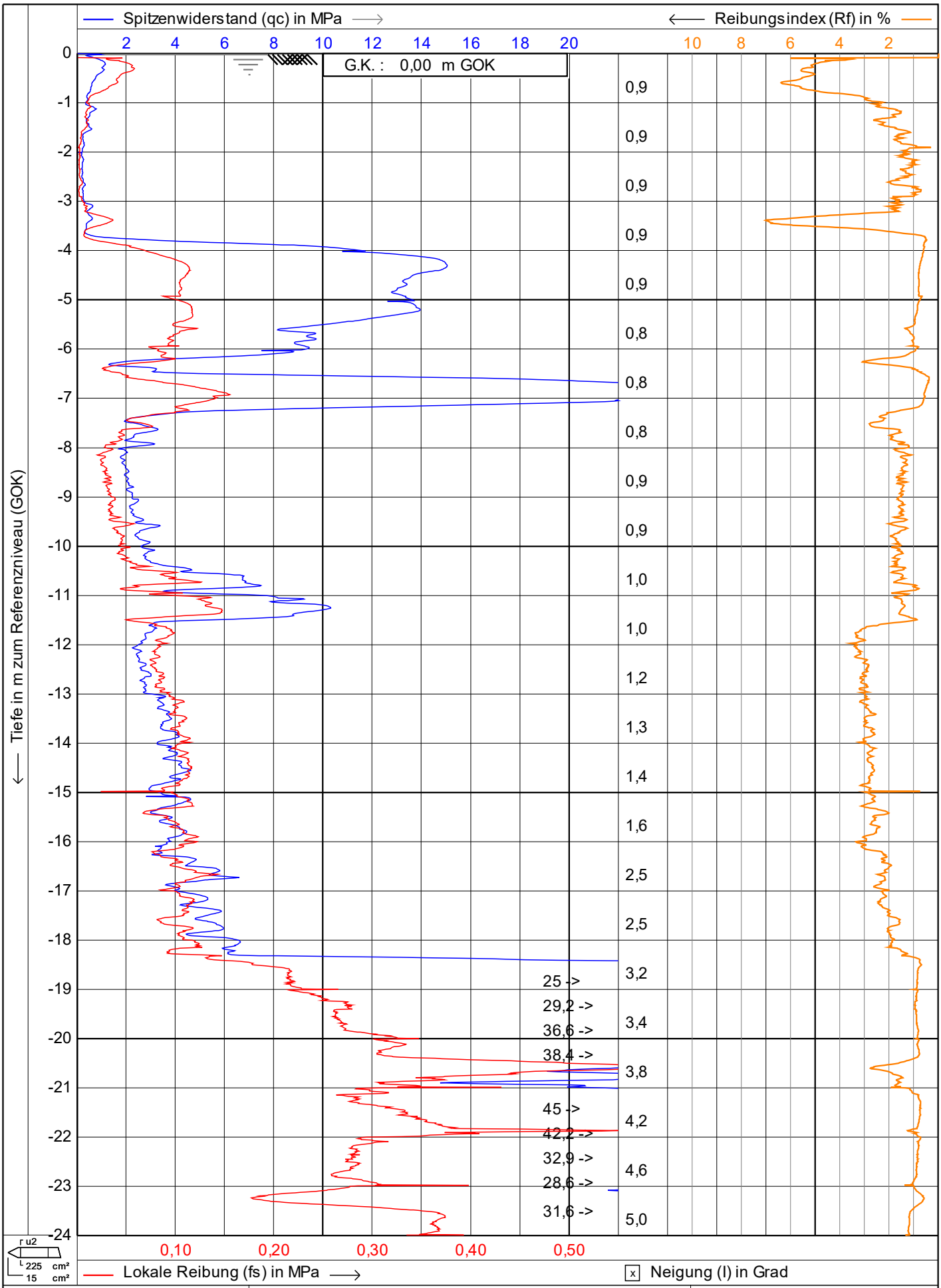
Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**

Ort : **WEA 3**

Position: **32395676, 5944125 UTM3N**

| | |
|---|---|
| Datum | : **24.04.2023** |
| Konus Nr. | : **S15CFIIP.S20417** |
| Projekt Nr. | : **234364** |
| CPT Nr. | : WEA 3 9 mn. Süden **2/4** |

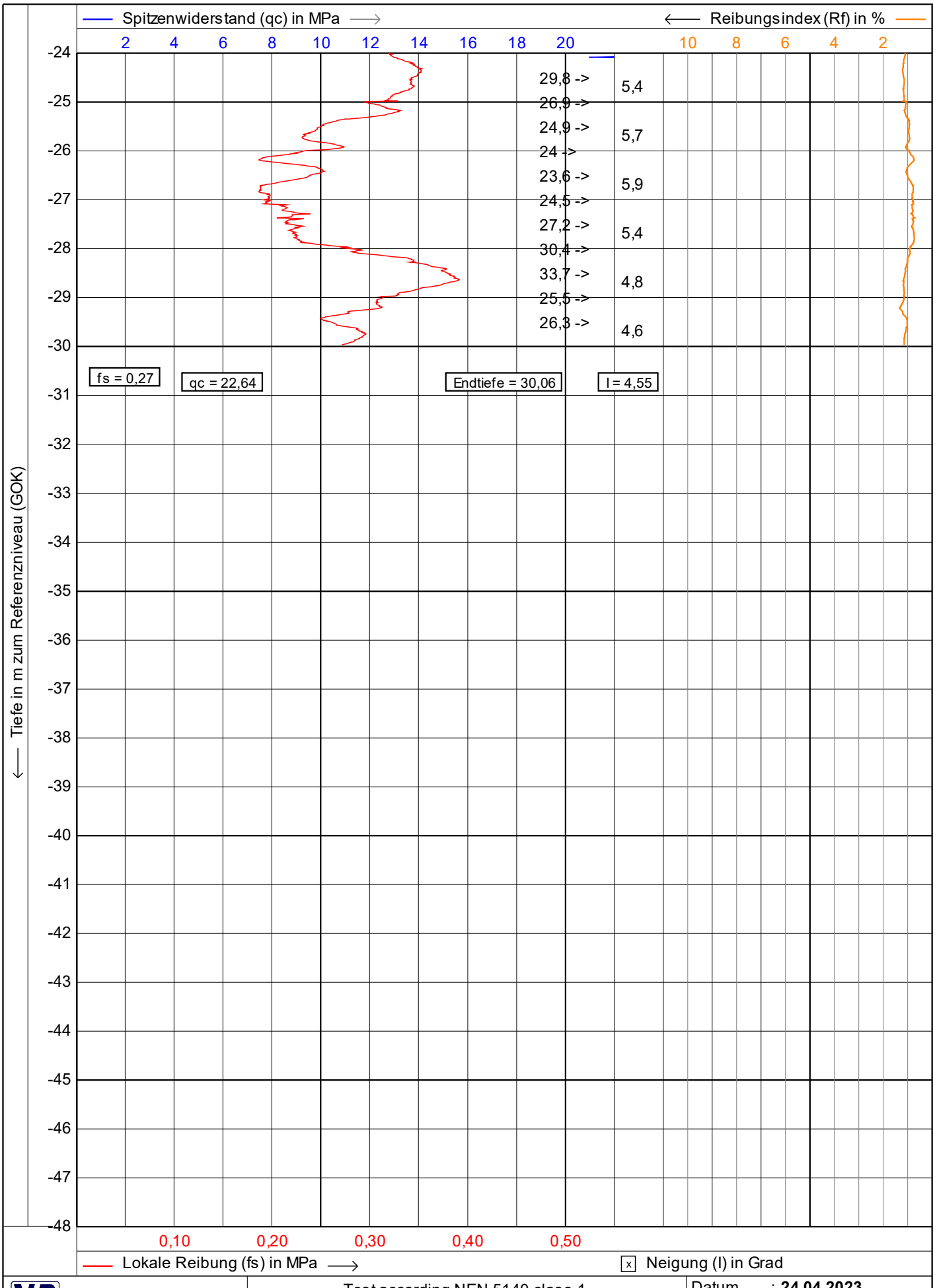



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 3**
Position: **32395673, 5944127 UTM3N**

Datum : **24.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 3 9 mn\Westen **1/4**

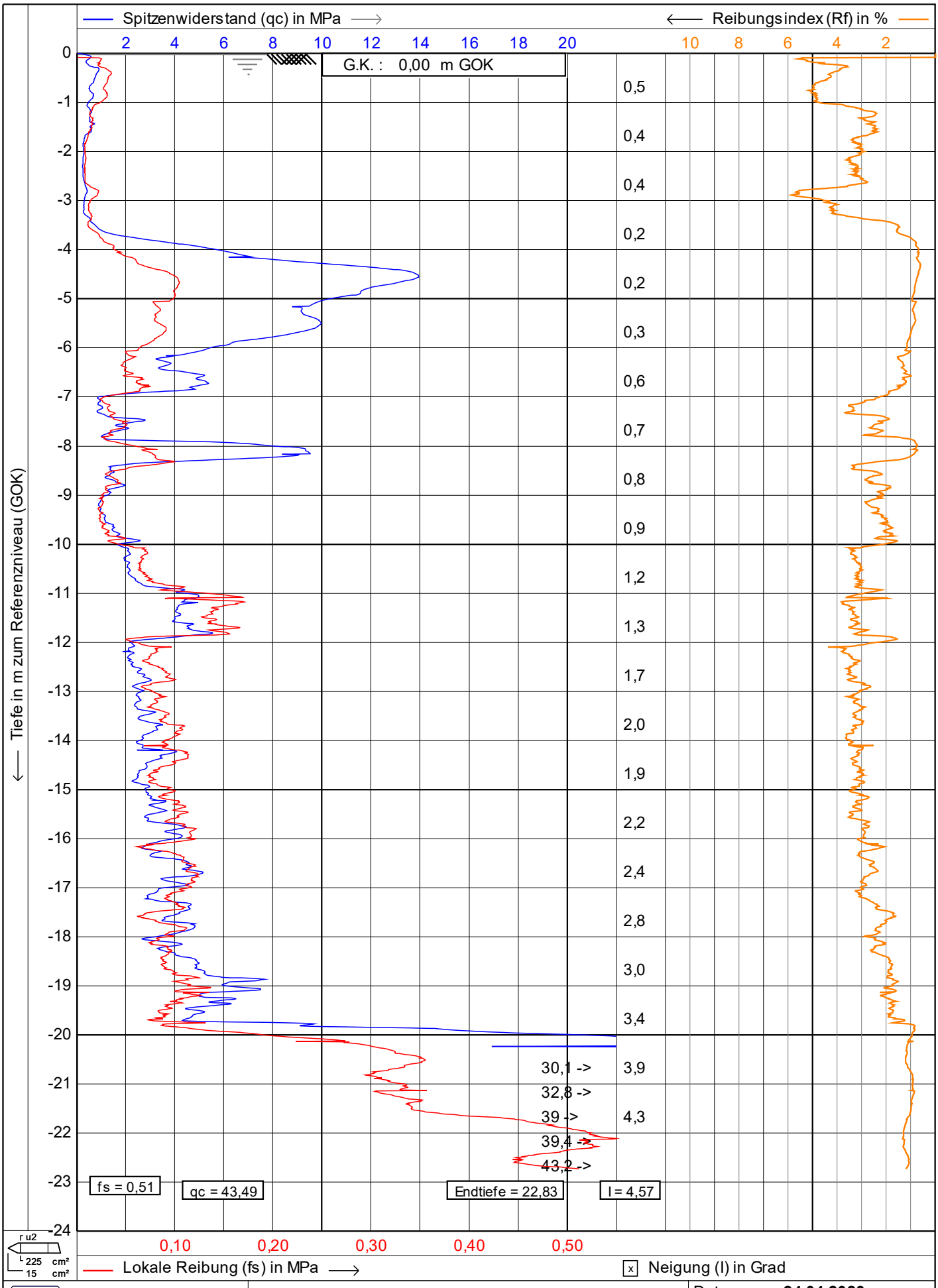



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 3**
Position: **32395673, 5944127 UTM3N**

Datum : **24.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 3 9 mn\Westen **2/4**

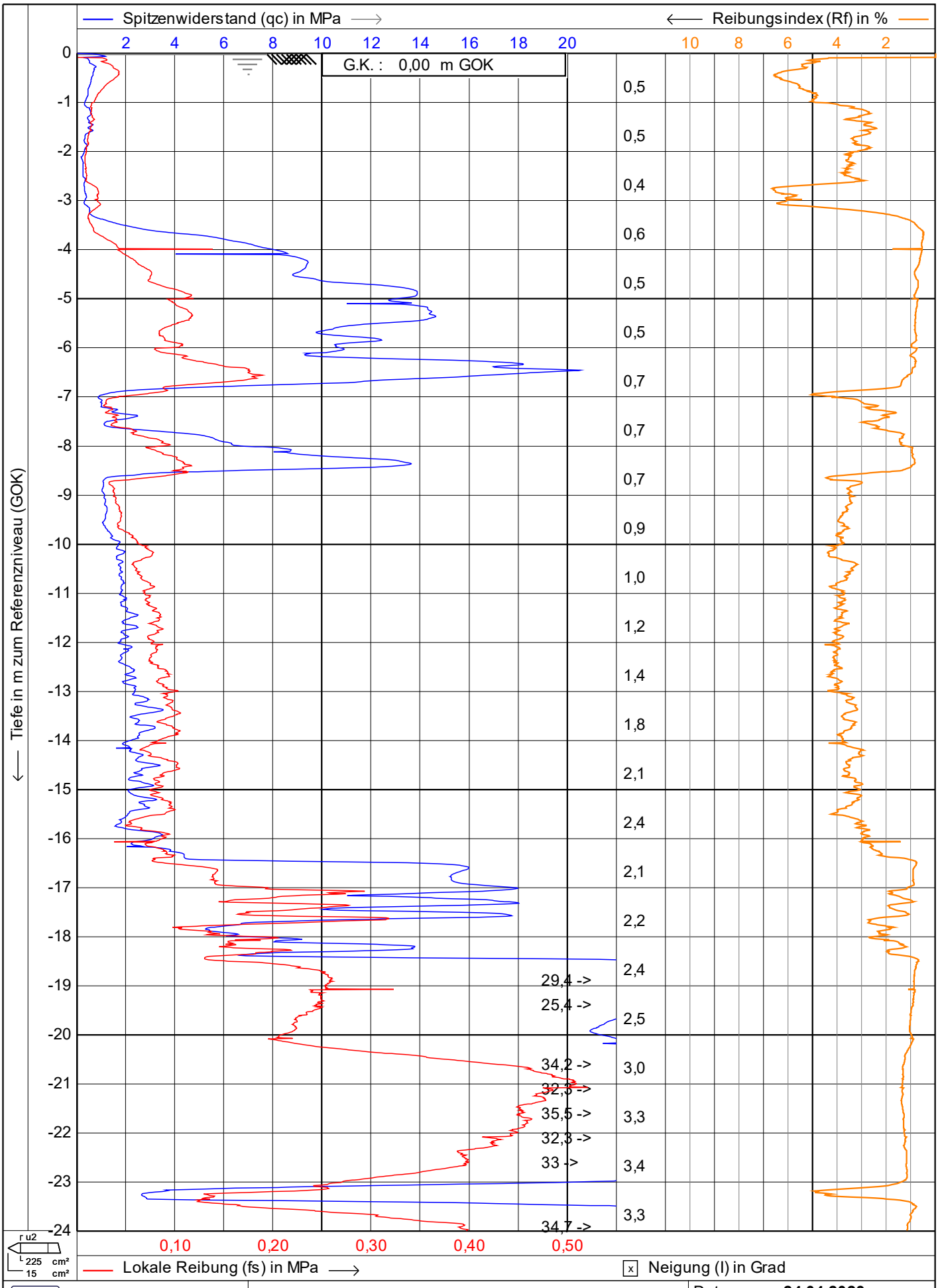



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

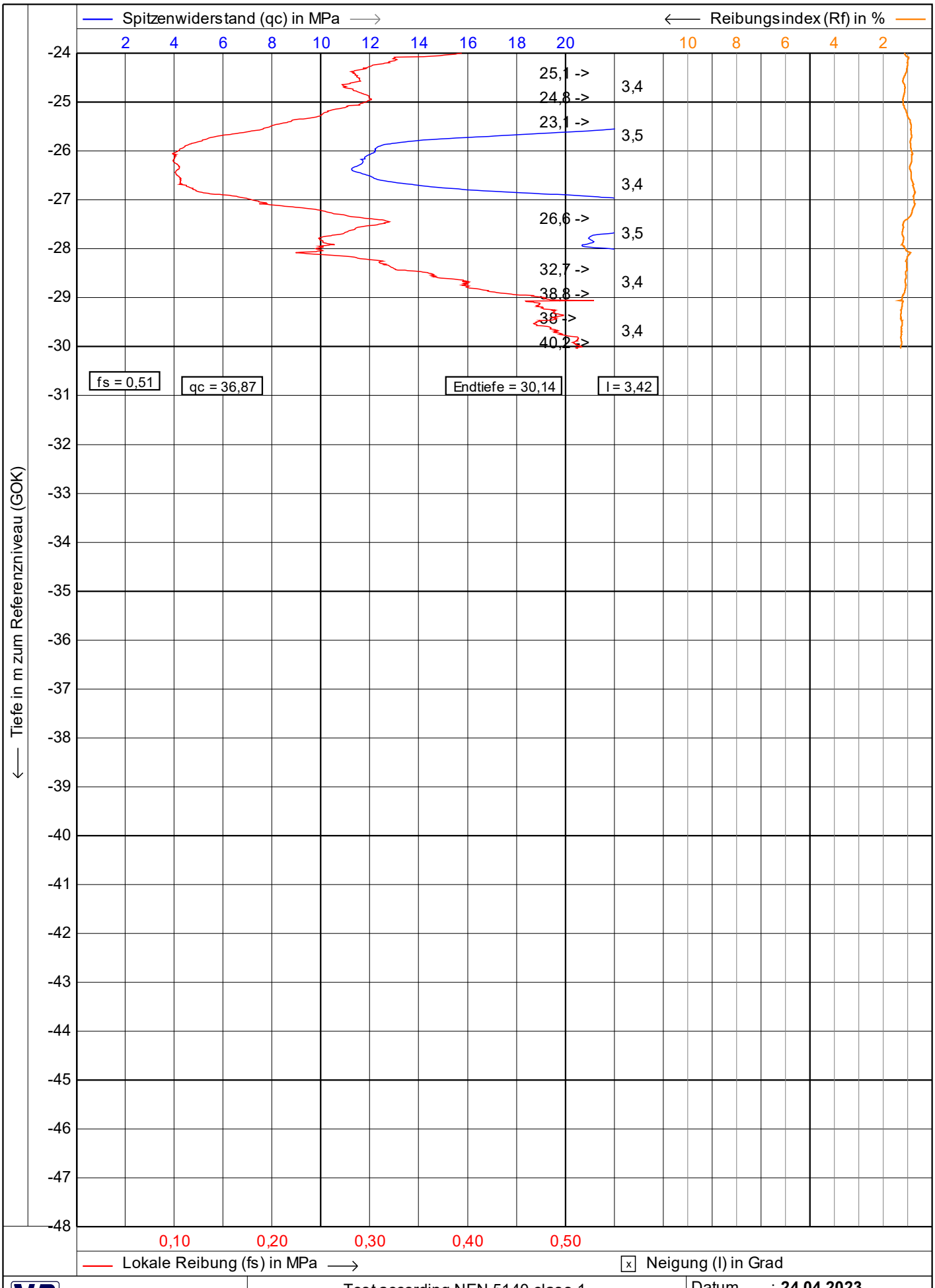
Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 3**
Position: **32395645, 5944122 UTM3N**

Datum : **24.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : **WEA 3 KSF 1** **1/2**

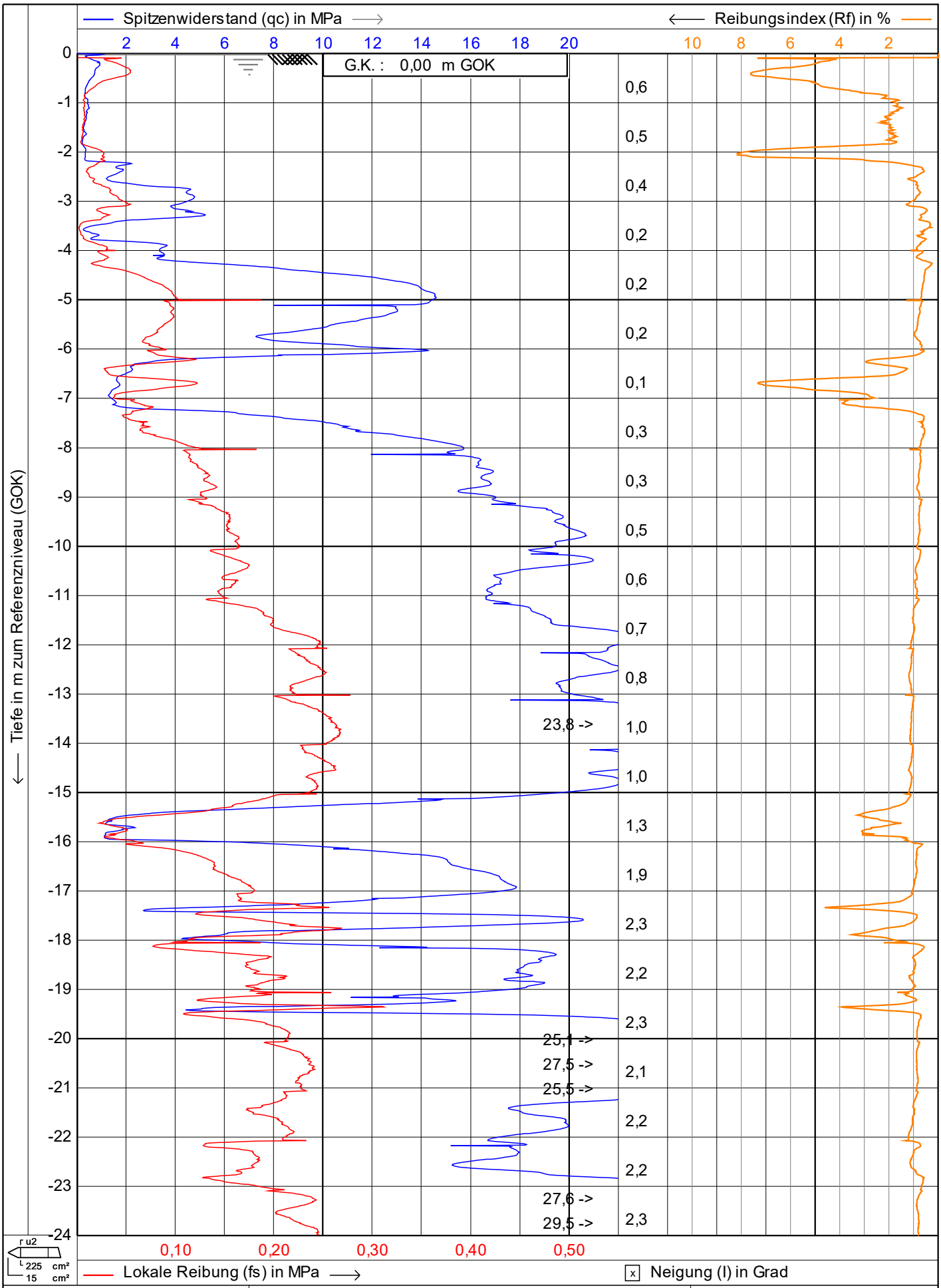



| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 3**<br>Position: **32395667, 5944068 UTM3N** | Datum : **24.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 3 KSF 2** **1/4** |

1.48




| | | | |
|---|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 3**<br>Position: **32395667, 5944068 UTM3N** | Datum : **24.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 3 KSF 2** | **2/4** |



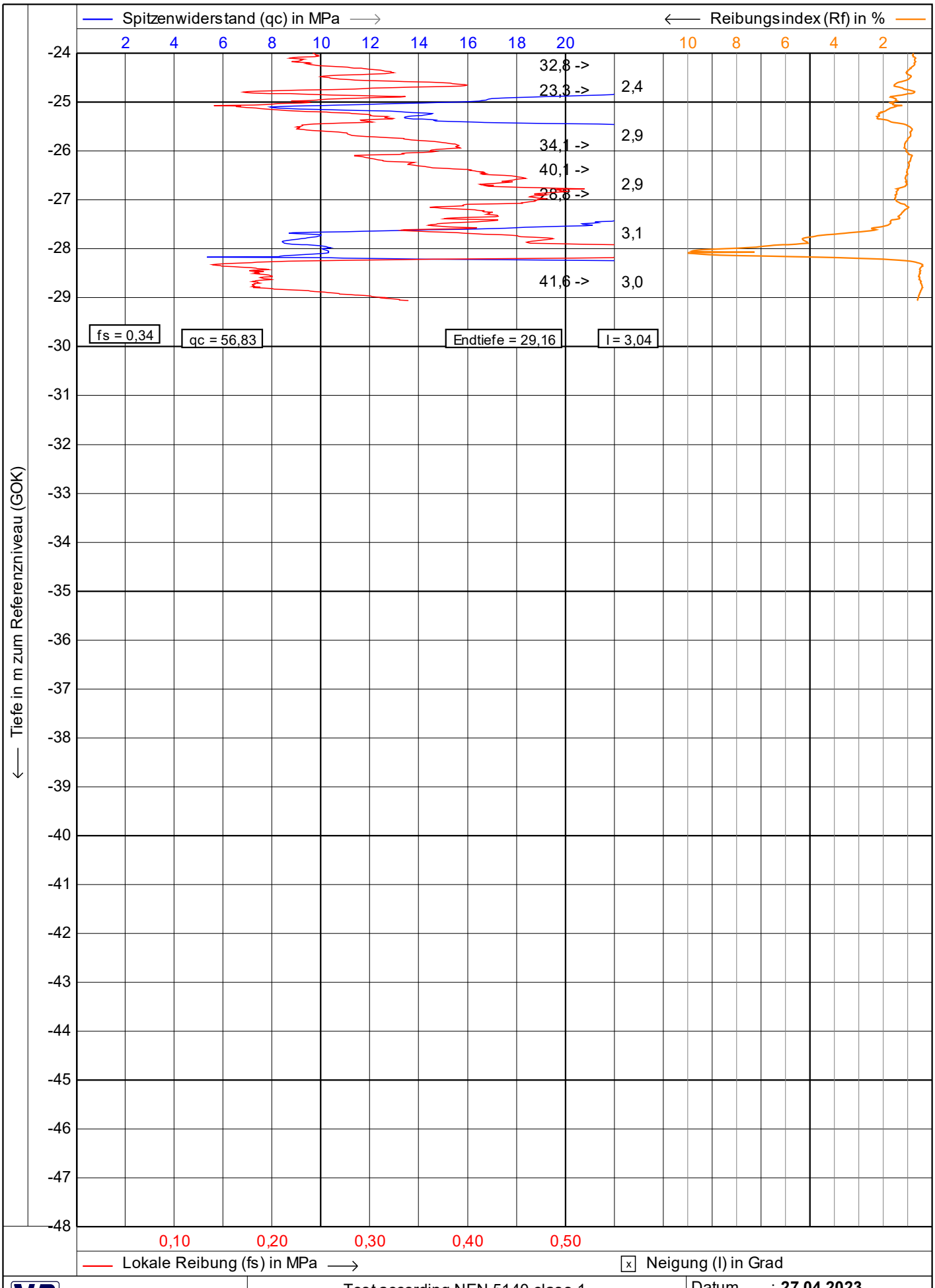

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 4**
Position: **32395787, 5943705 UTM3N**

Datum : **27.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 4 9mn. Norden **1/4**




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

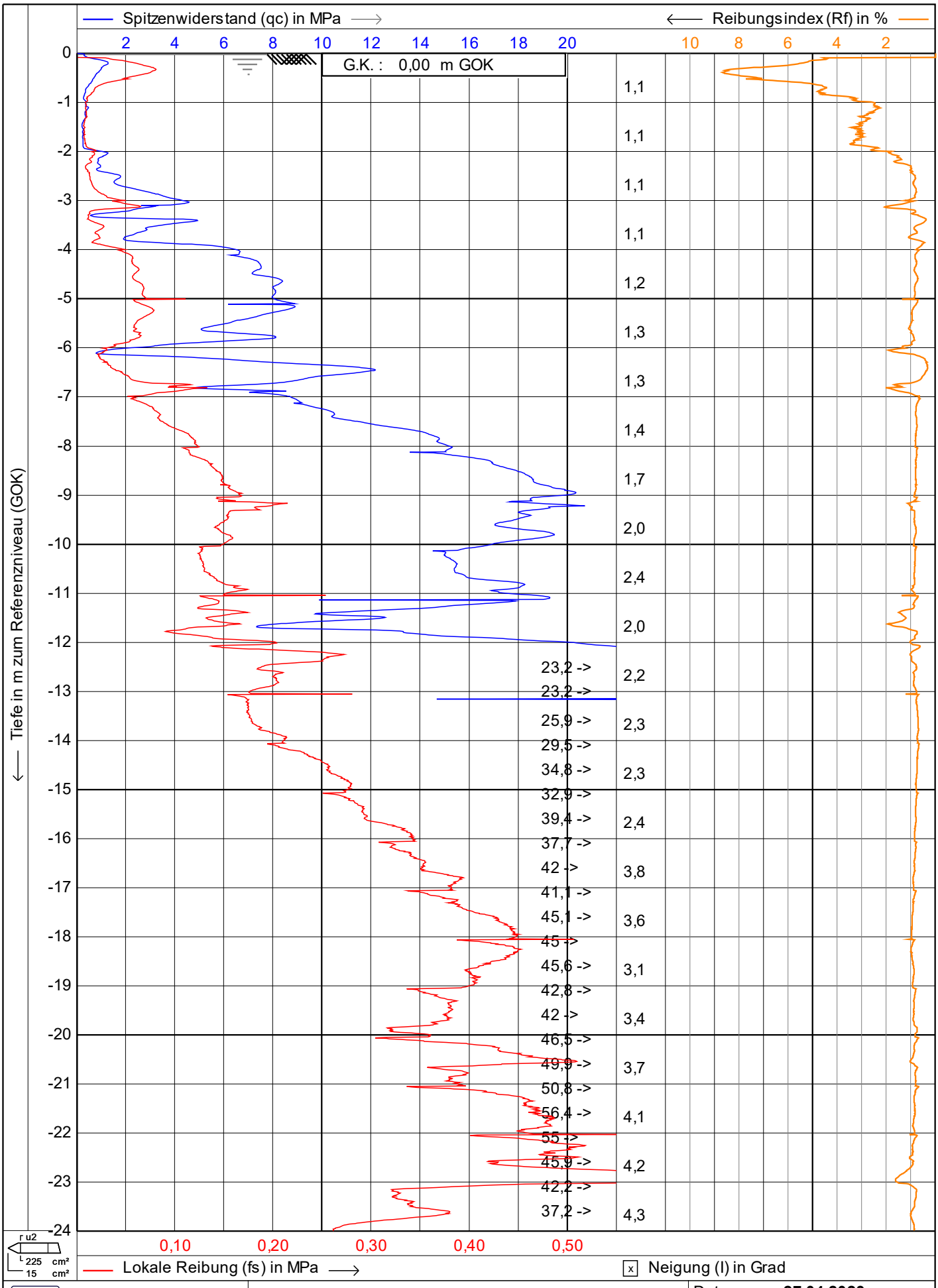
Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**

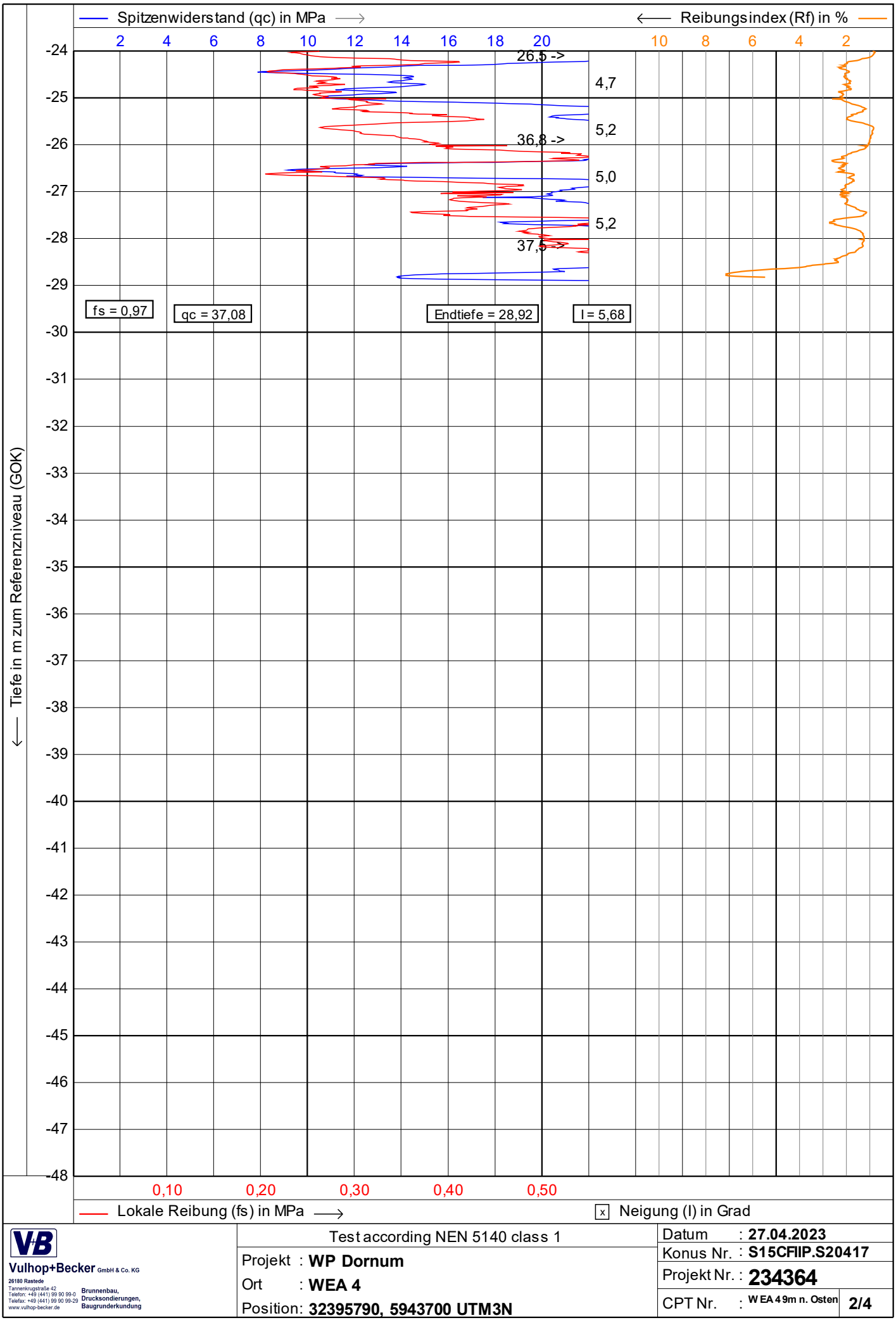
Ort : **WEA 4**

Position: **32395787, 5943705 UTM3N**

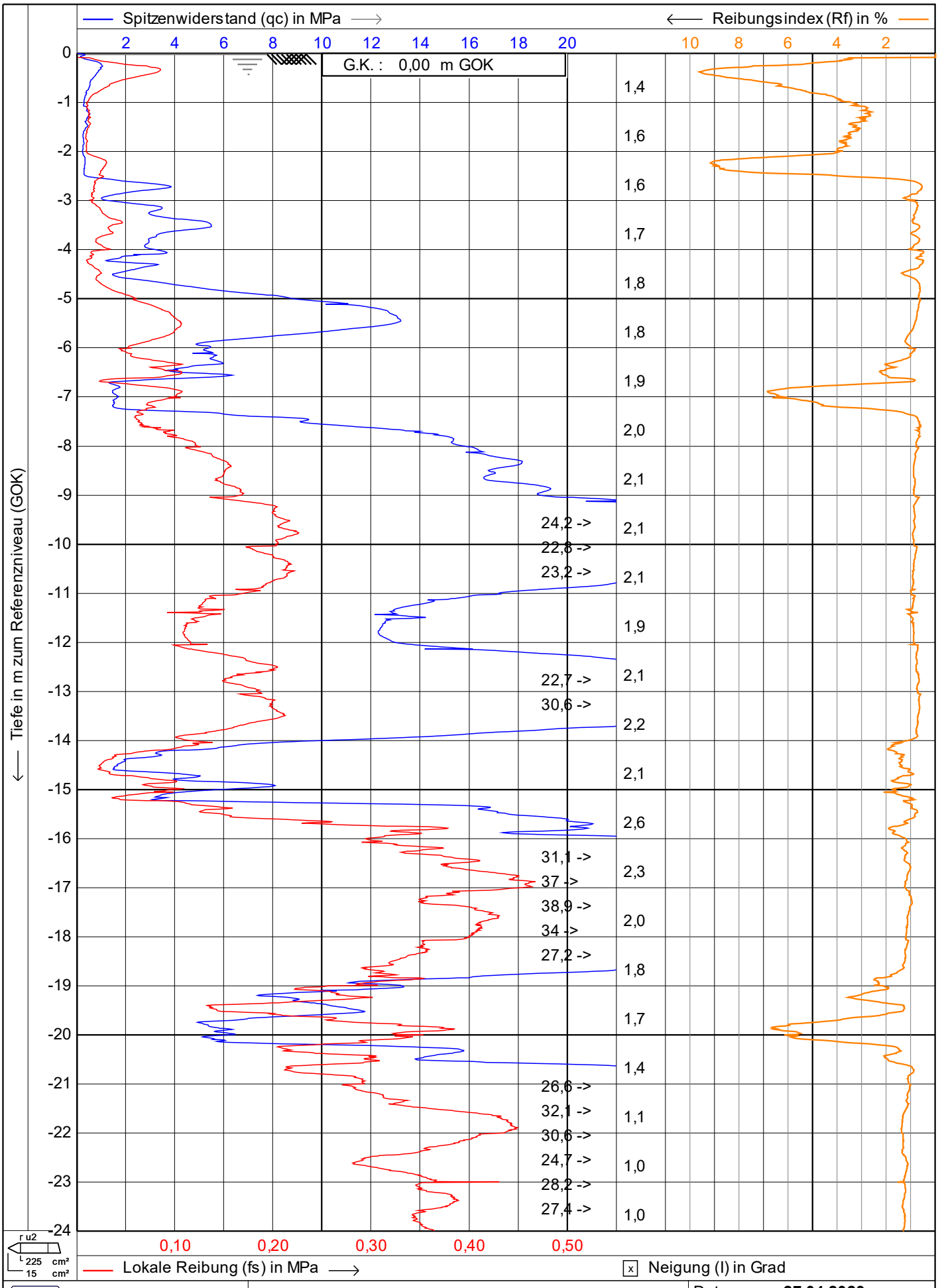
| | |
|---|---|
| Datum | : **27.04.2023** |
| Konus Nr. | : **S15CFIIP.S20417** |
| Projekt Nr. | : **234364** |
| CPT Nr. | : WEA 4 9mn.Norden **2/4** |




| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 4**<br>Position: **32395790, 5943700 UTM3N** | Datum : **27.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 4 9m n. Osten** **1/4** |



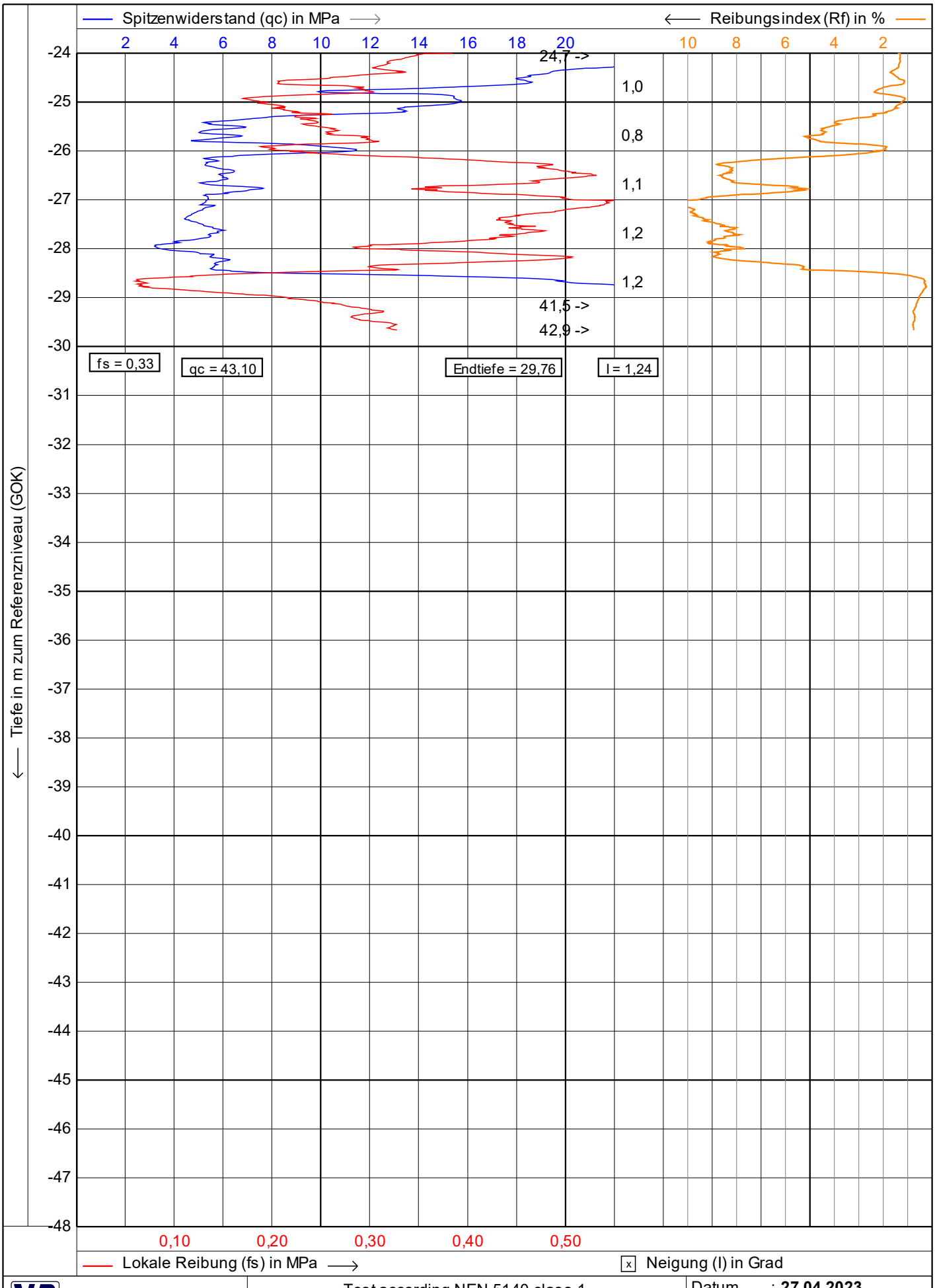

| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 4**<br>Position: **32395790, 5943700 UTM3N** | Datum : **27.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 4 9m n. Osten** **2/4** |



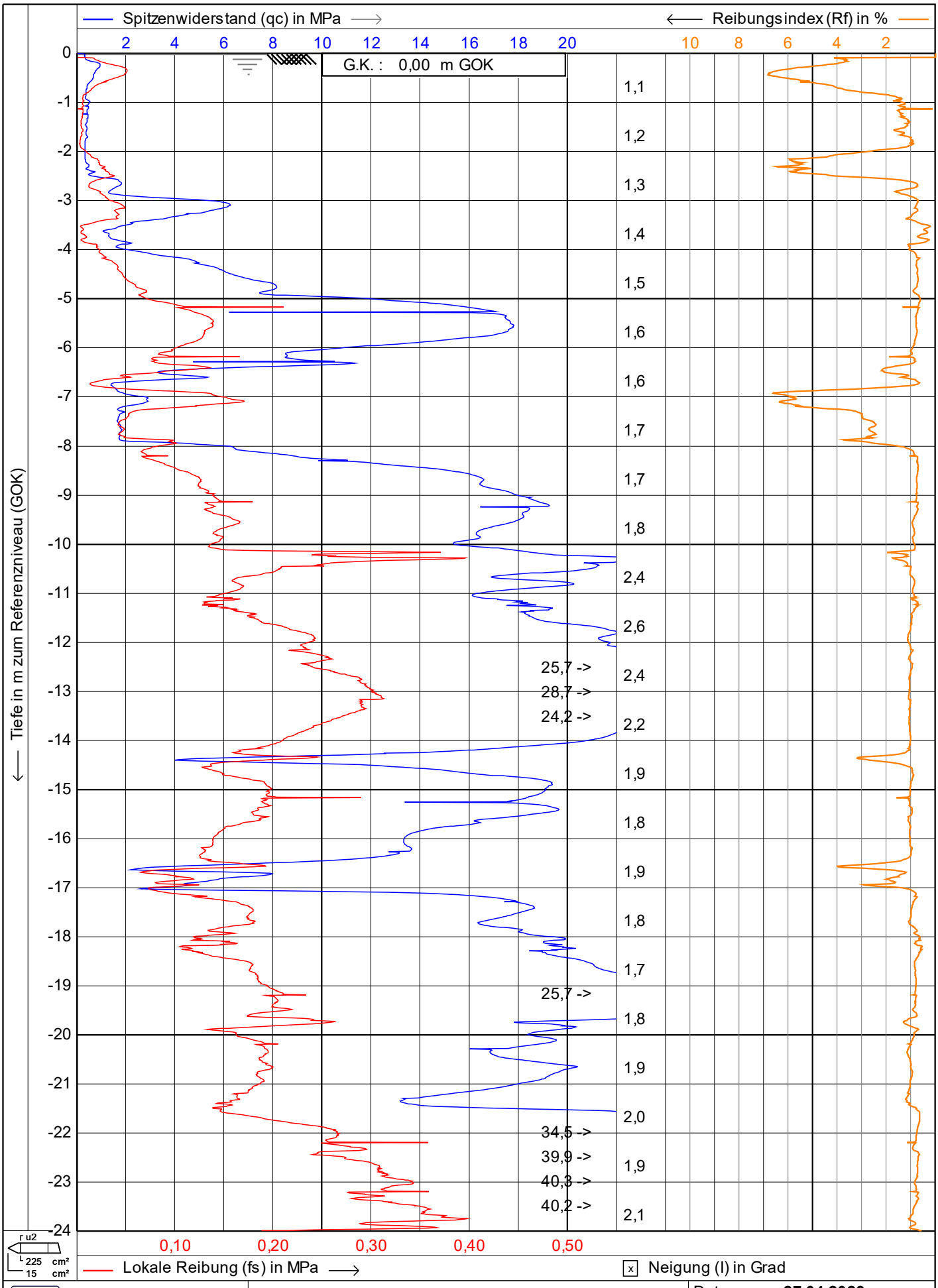

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

| | |
|---|---|
| Projekt | **WP Dornum** |
| Ort | **WEA 4** |
| Position | **32395786, 5943696 UTM3N** |
| Datum | **27.04.2023** |
| Konus Nr. | **S15CFIIP.S20417** |
| Projekt Nr. | **234364** |
| CPT Nr. | **WEA 4 9m n. Süden** |




| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 4**<br>Position: **32395786, 5943696 UTM3N** | Datum : **27.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : **WEA 4 9m n. Süden** **2/4** |

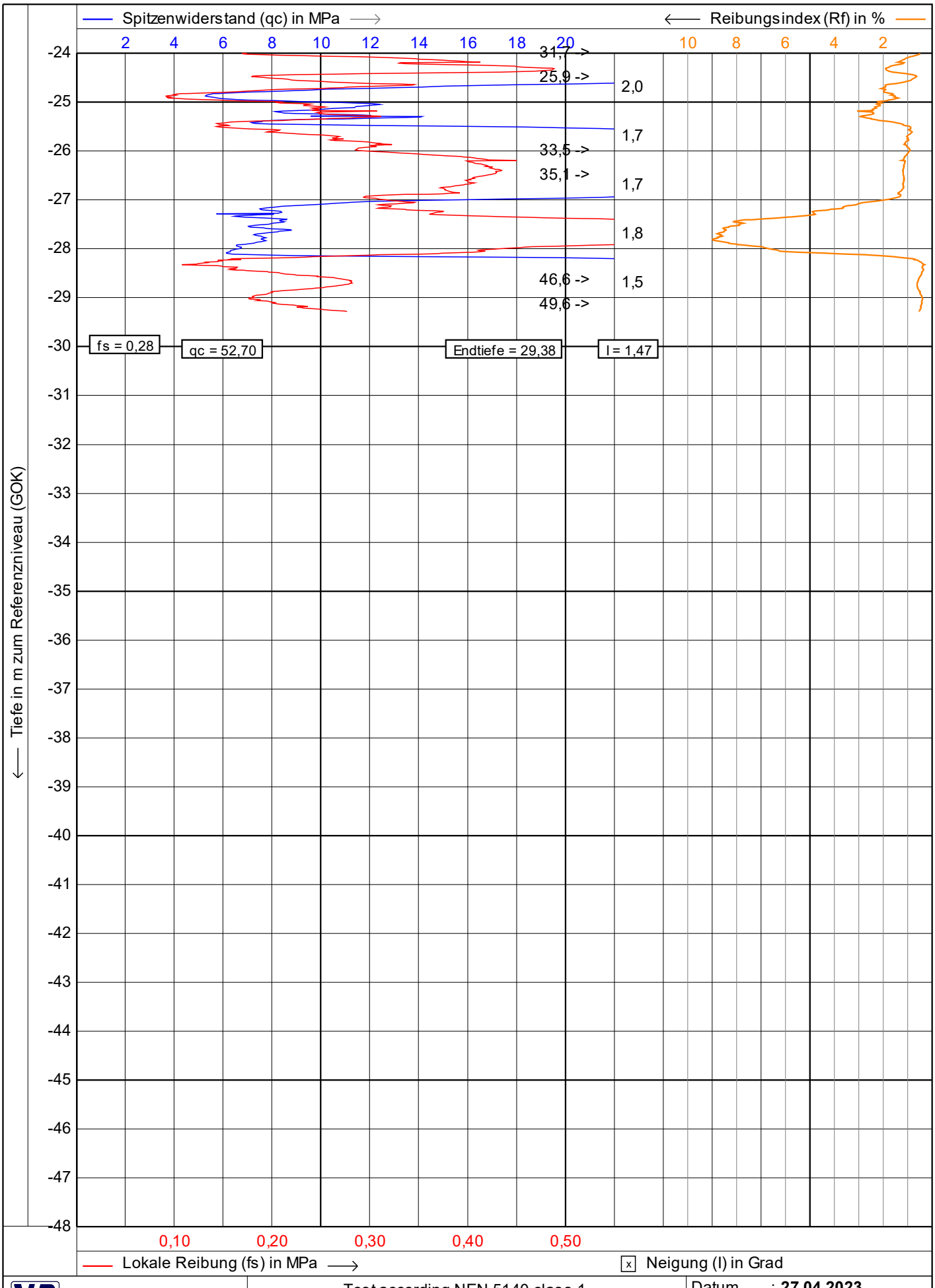



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

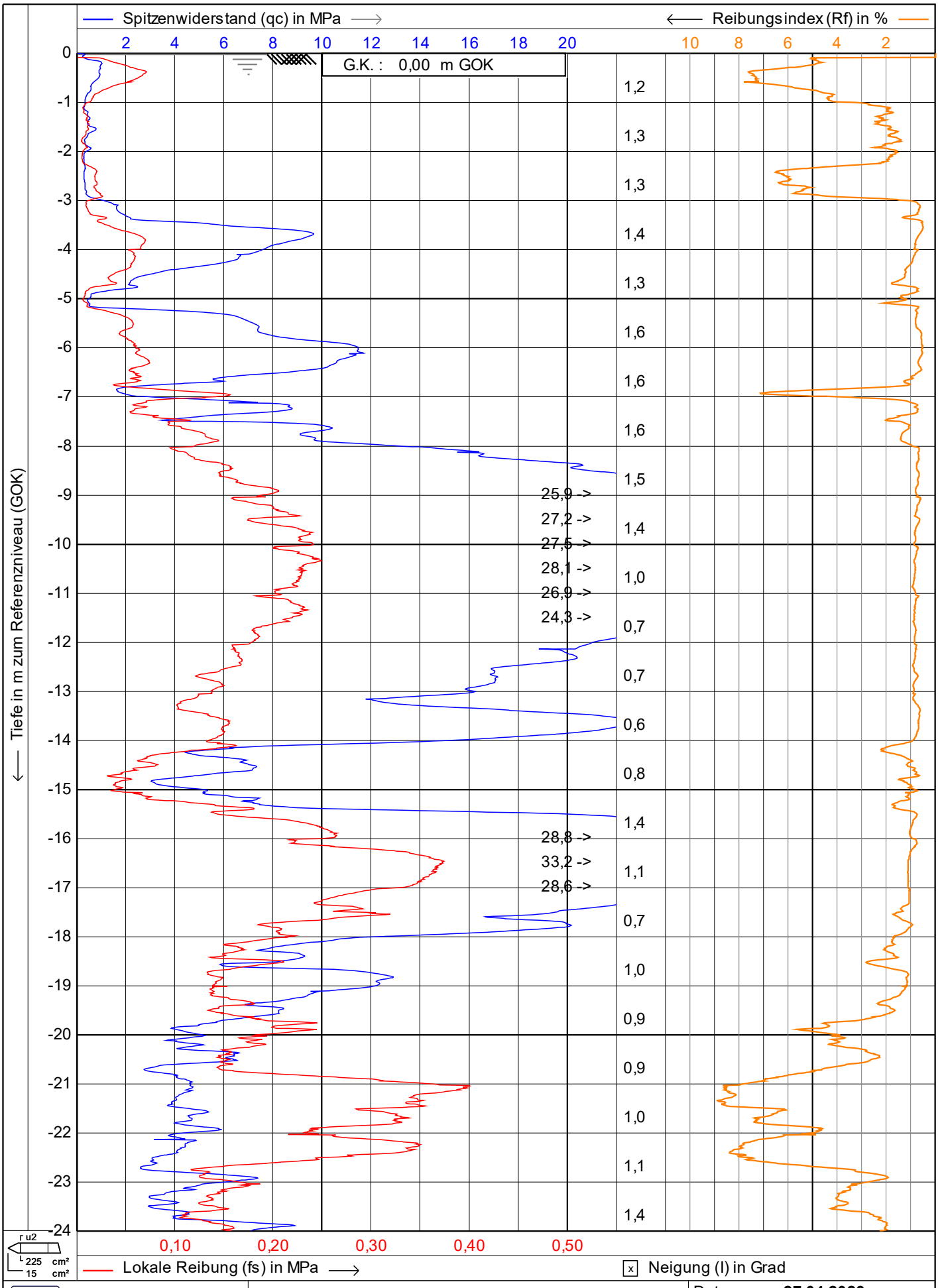
Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 4**
Position: **32395783, 5943700 UTM3N**

Datum : **27.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : WEA 4 9mn.Westen **1/4**




| | | |
|---|---|---|
| Vulhop+Becker GmbH & Co. KG<br>26180 Rastede<br>Tannenkrugstraße 42<br>Telefon: +49 (441) 99 90 99-0<br>Telefax: +49 (441) 99 90 99-29<br>www.vulhop-becker.de<br>Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung | Test according NEN 5140 class 1<br>Projekt : **WP Dornum**<br>Ort : **WEA 4**<br>Position: **32395783, 5943700 UTM3N** | Datum : **27.04.2023**<br>Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**<br>Projekt Nr. : **234364**<br>CPT Nr. : WEA 4 9mn.Westen **2/4** |

1.48

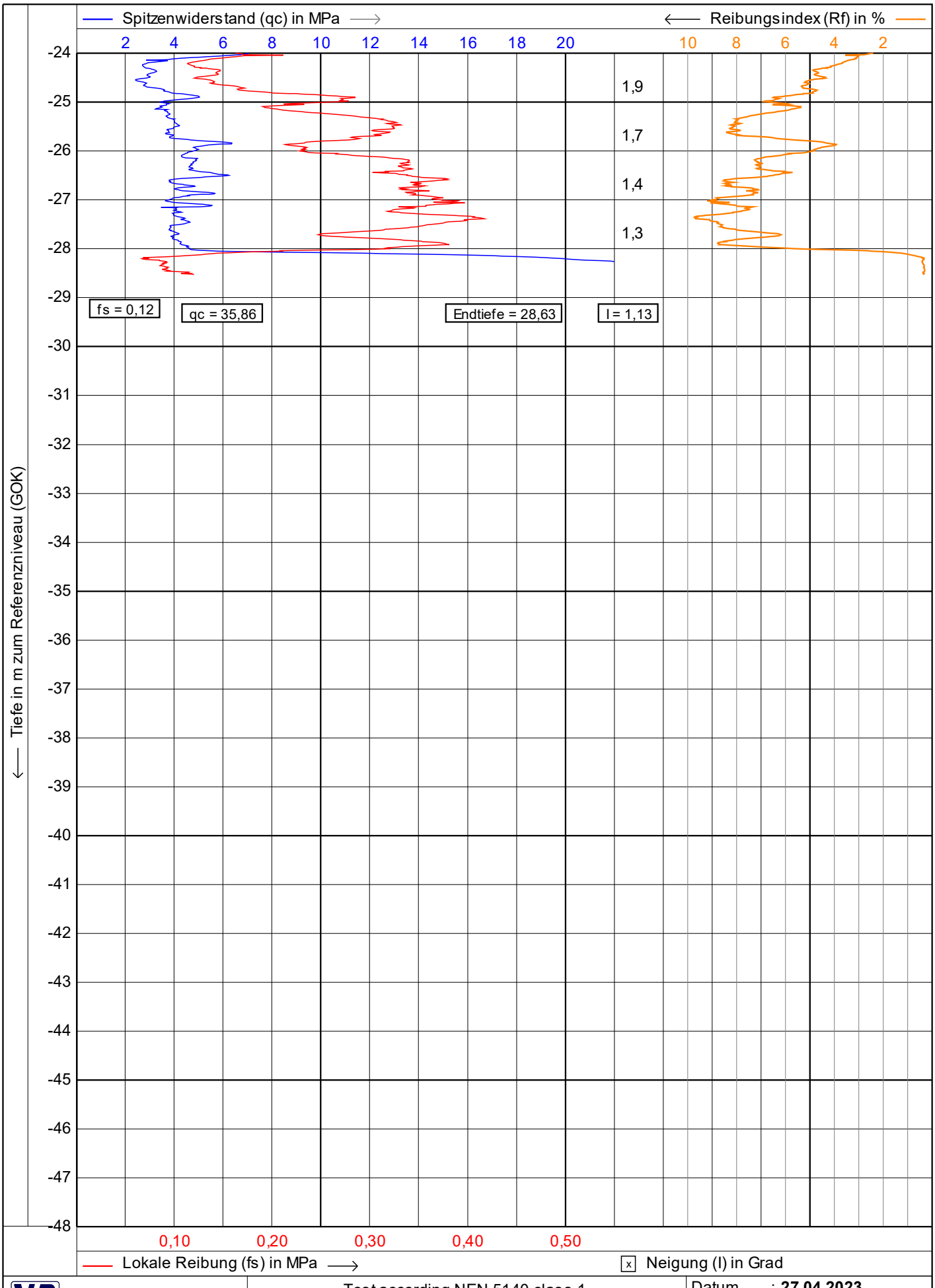



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 4**
Position: **0, 0 UTM3N**

Datum : **27.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : **WEA4 KSF 1** **1/4**




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**

Ort : **WEA 4**

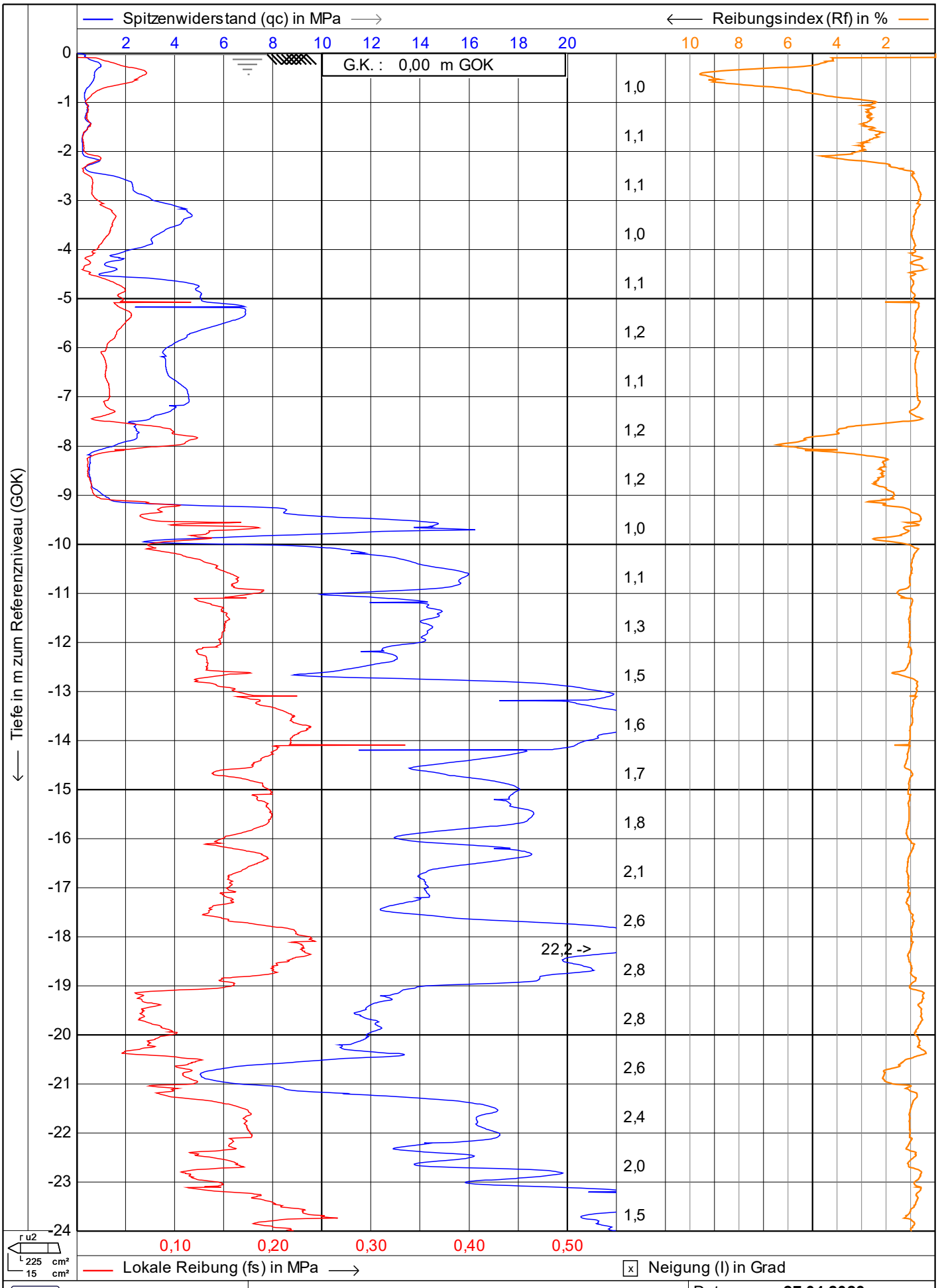
Position: **0, 0 UTM3N**

Datum : **27.04.2023**

Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**

Projekt Nr. : **234364**

CPT Nr. : **WEA4 KSF 1** **2/4**

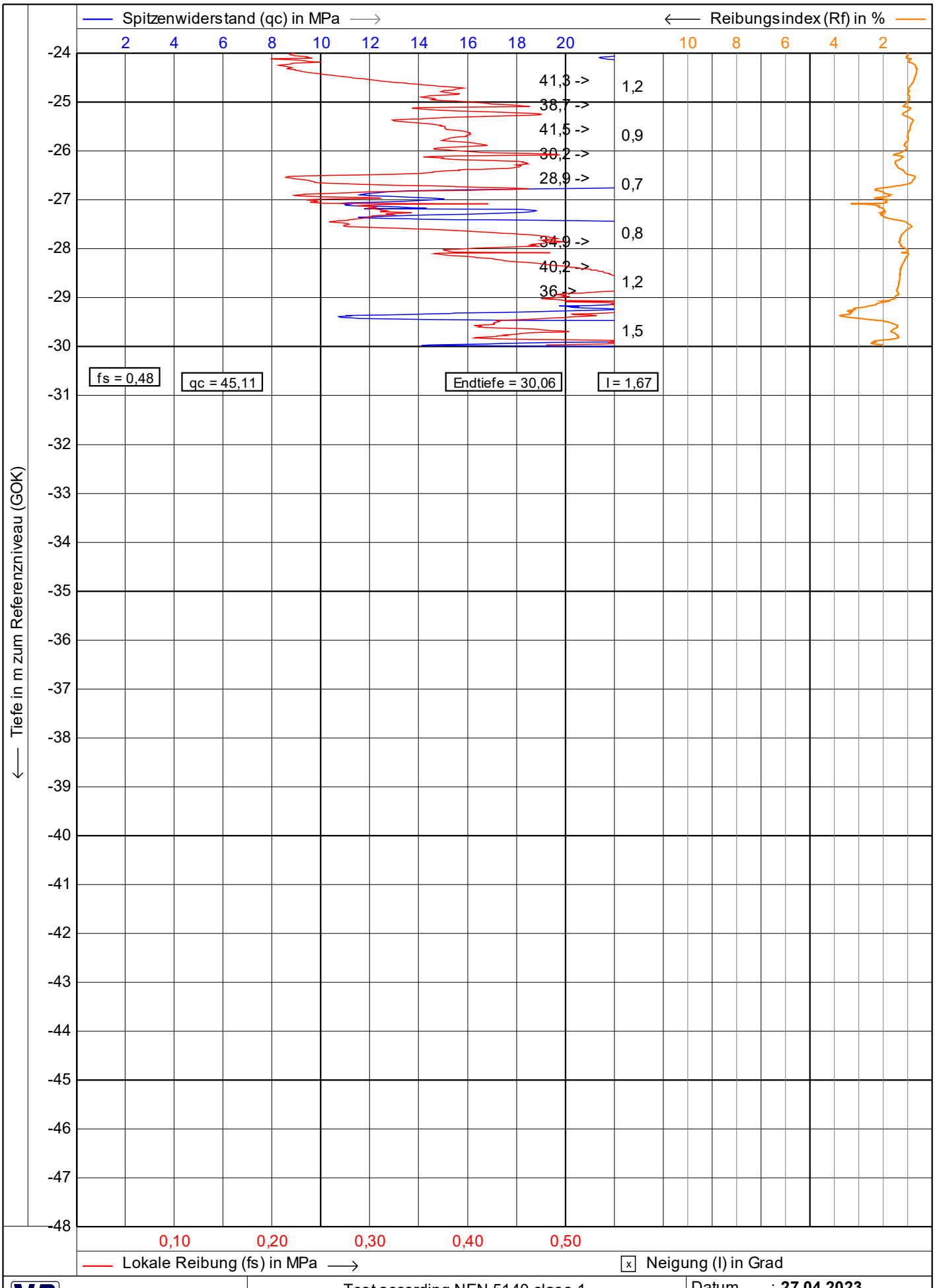



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

| | |
|---|---|
| Projekt | **WP Dornum** |
| Ort | **WEA 4** |
| Position | **32395721, 5943681 UTM3N** |
| Datum | **27.04.2023** |
| Konus Nr. | **S15CFIIP.S20417** |
| Projekt Nr. | **234364** |
| CPT Nr. | **WEA 4 KSF 2** |

1/4

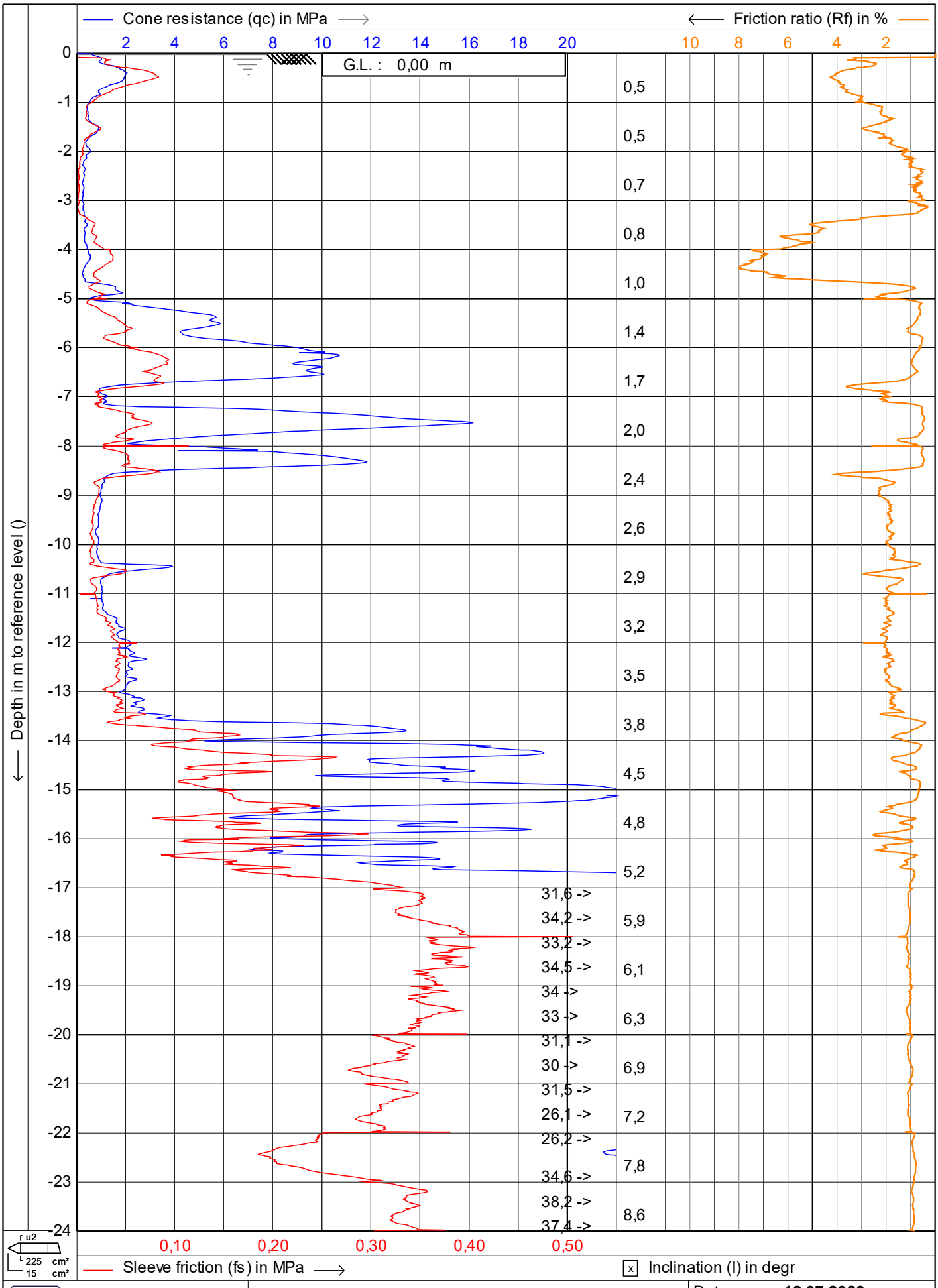



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Projekt : **WP Dornum**
Ort : **WEA 4**
Position: **32395721, 5943681 UTM3N**

Datum : **27.04.2023**
Konus Nr. : **S15CFIIP.S20417**
Projekt Nr. : **234364**
CPT Nr. : **WEA 4 KSF 2** **2/4**

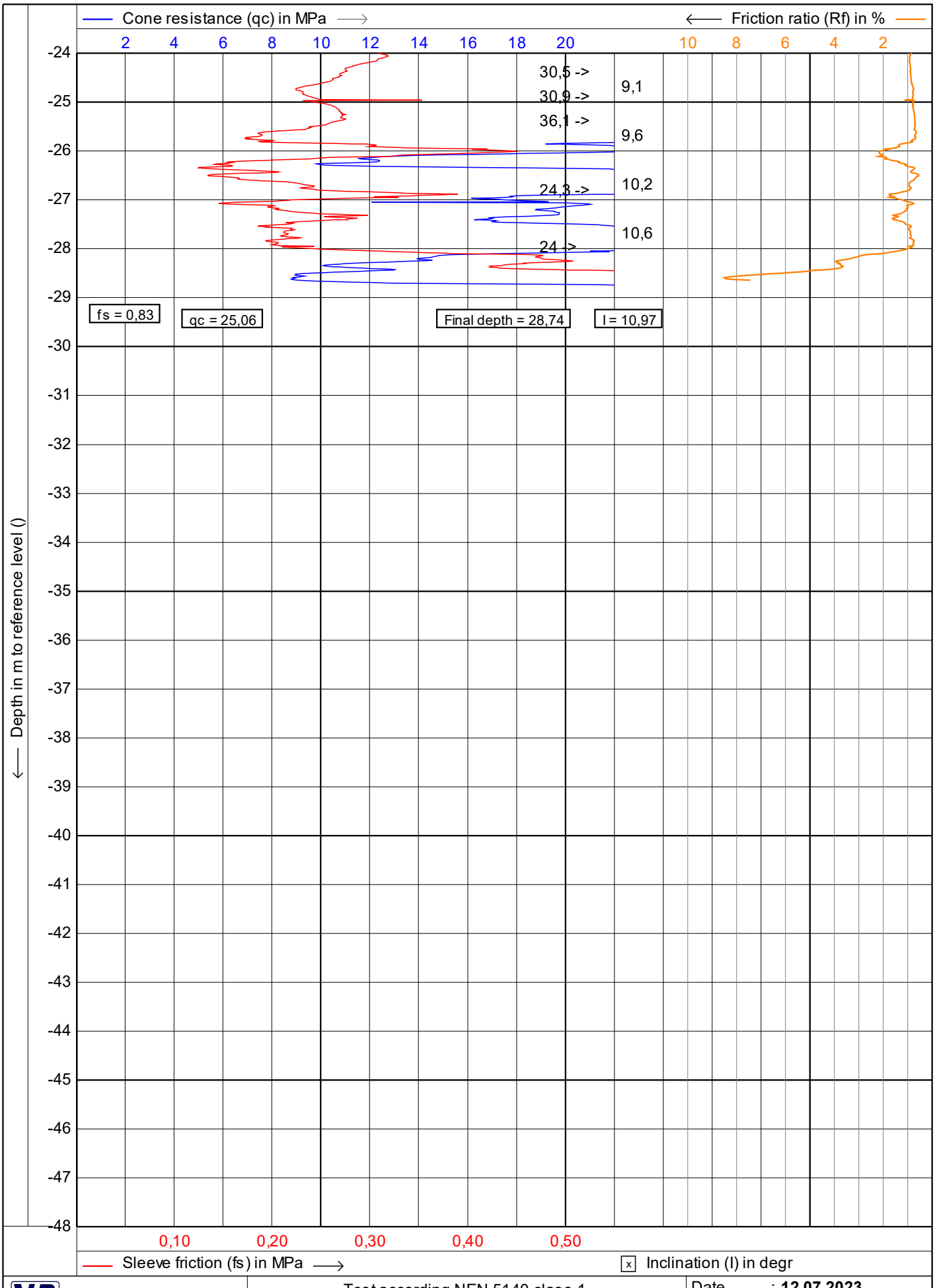



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**
Location: **WEA 01 Verweyen**
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **12.07.2023**
Cone no. : **S15CFIIP.S22494**
Project no. : **234364a**
CPT no. : **9m n. Norden** **1/4**

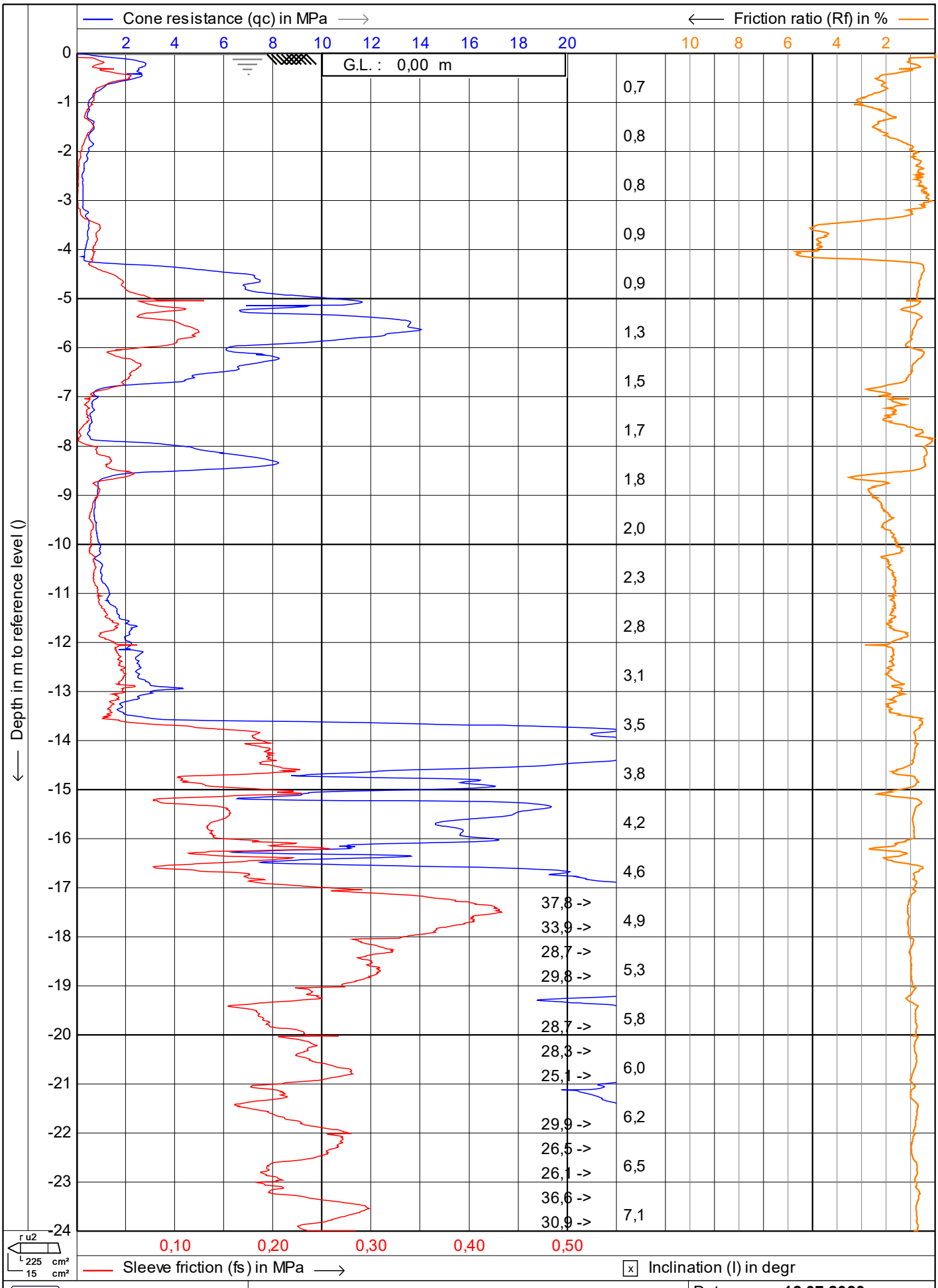



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**
Location: **WEA 01 Verweyen**
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **12.07.2023**
Cone no. : **S15CFIIP.S22494**
Project no. : **234364a**
CPT no. : **9m n. Norden** **2/4**

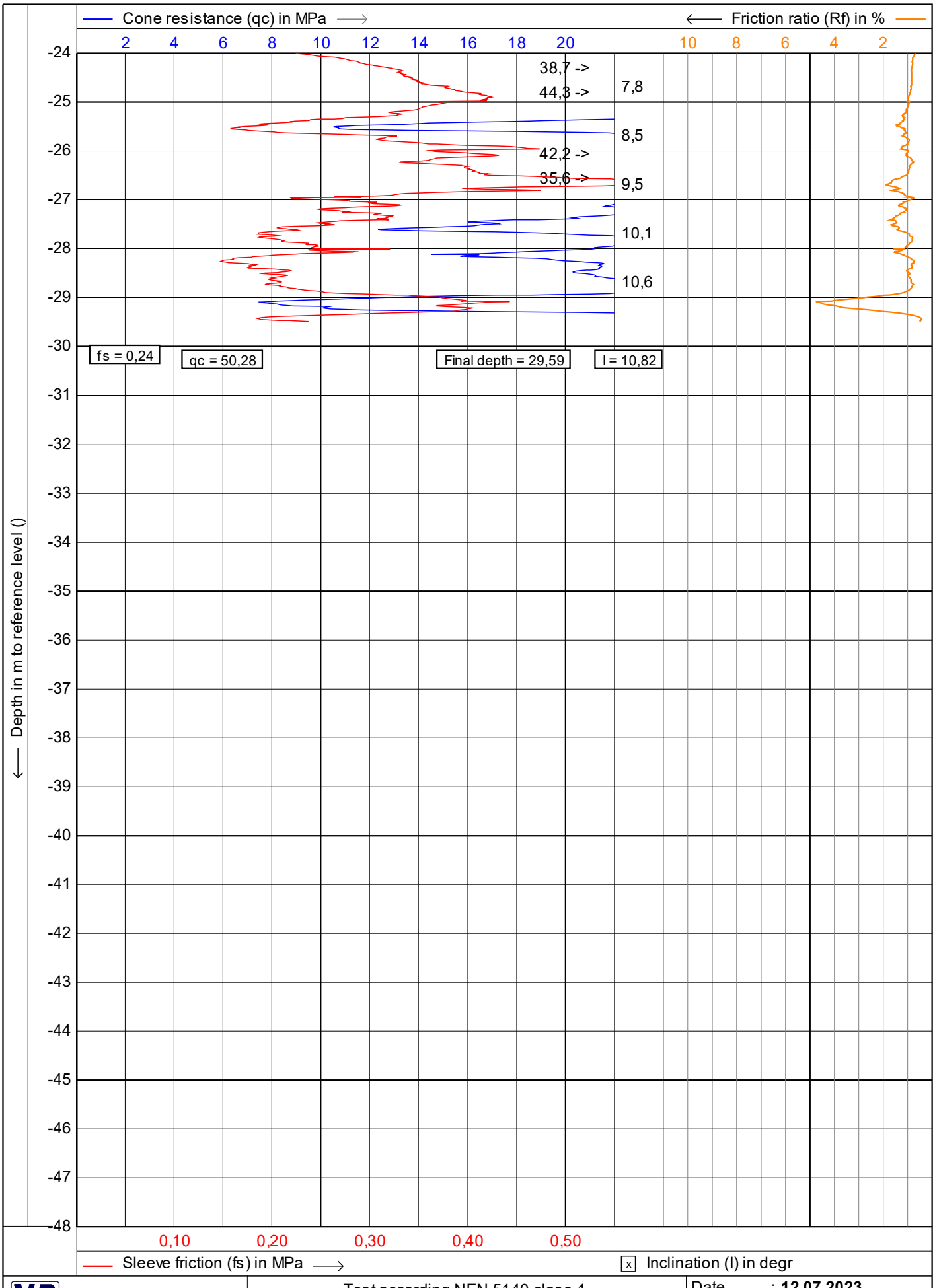



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**
Location: **WEA 01 Verweyen**
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **12.07.2023**
Cone no. : **S15CFIIP.S22494**
Project no. : **234364a**
CPT no. : **9m n. Osten** **1/4**

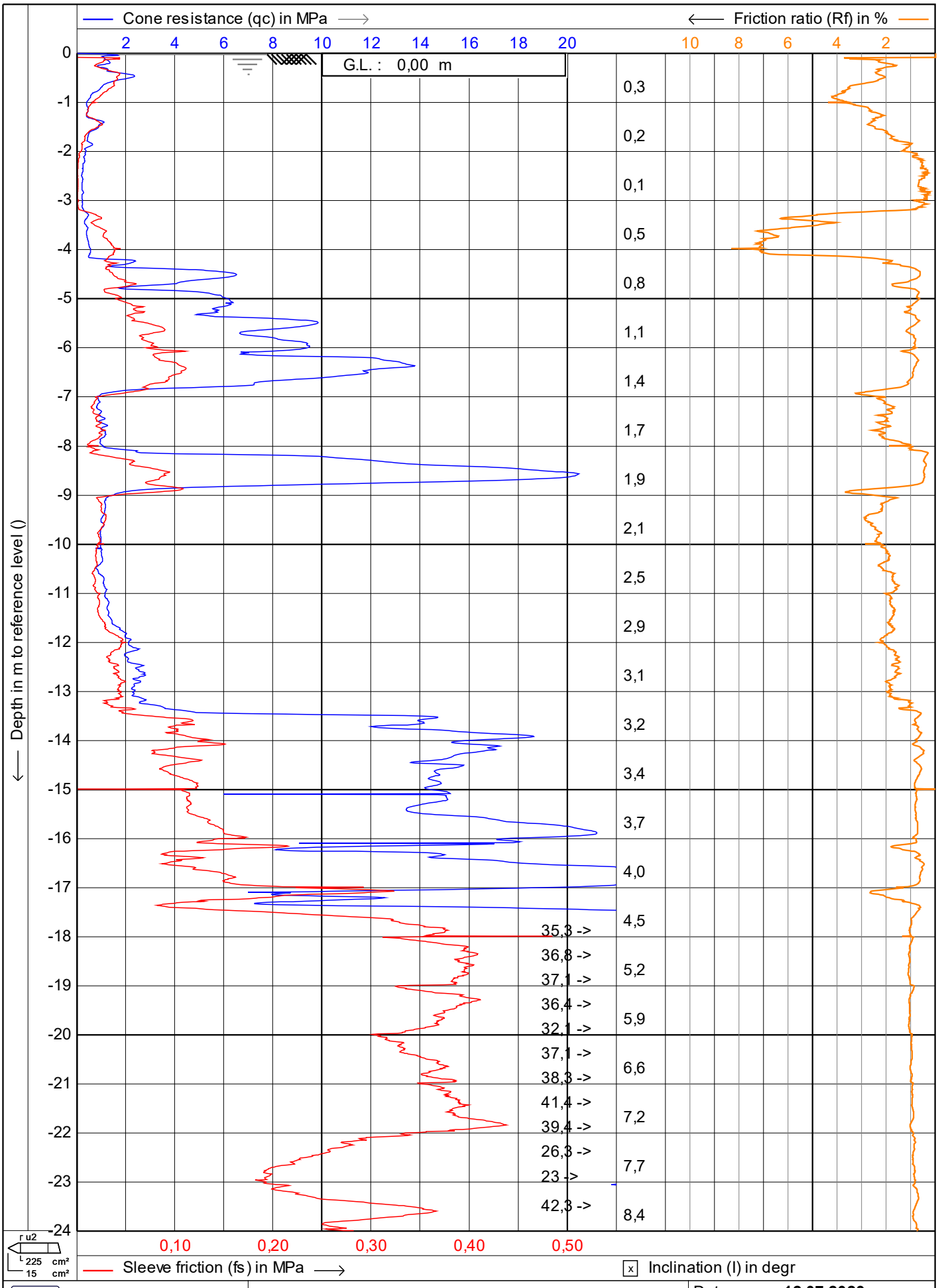



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**
Location: **WEA 01 Verweyen**
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **12.07.2023**
Cone no. : **S15CFIIP.S22494**
Project no. : **234364a**
CPT no. : **9m n. Osten** **2/4**

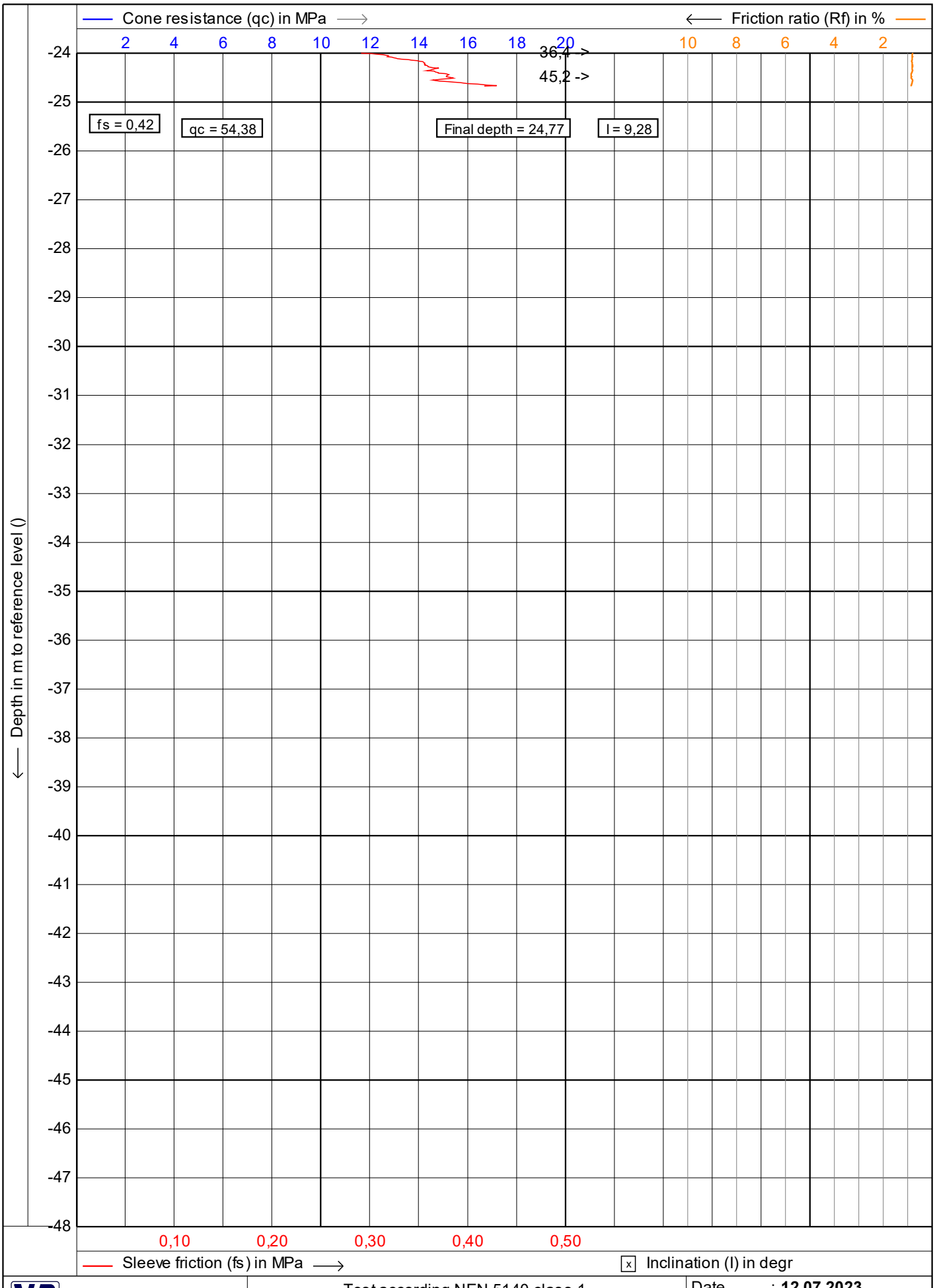



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**
Location: **WEA 01 Verweyen**
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **12.07.2023**
Cone no. : **S15CFIIP.S22494**
Project no. : **234364a**
CPT no. : **9m n. Süden** **1/4**




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

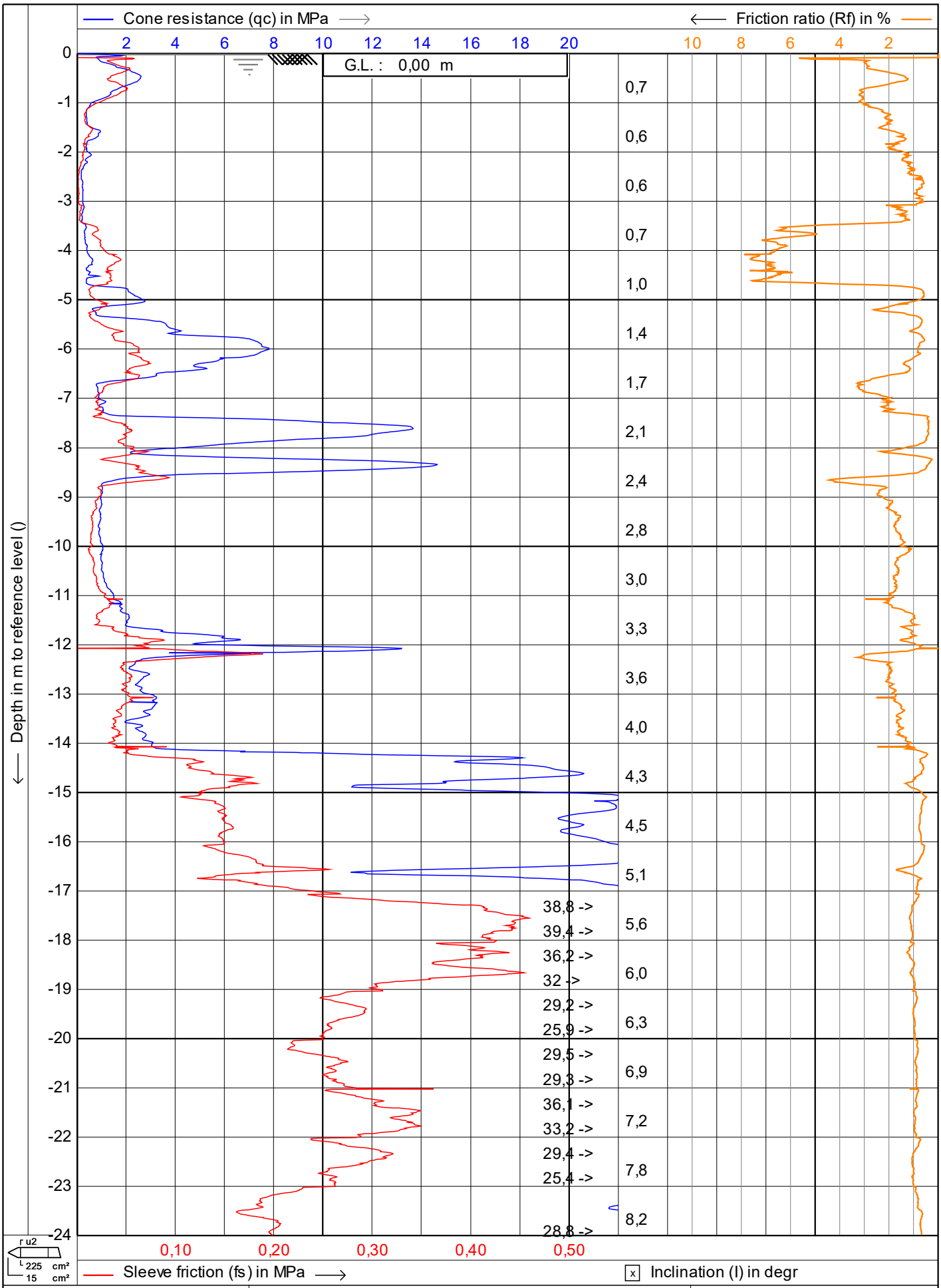
Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**

Location: **WEA 01 Verweyen**

Position: **0, 0 UTM3N**

| | |
|---|---|
| Date | : **12.07.2023** |
| Cone no. | : **S15CFIIP.S22494** |
| Project no. | : **234364a** |
| CPT no. | : **9m n. Süden** **2/4** |

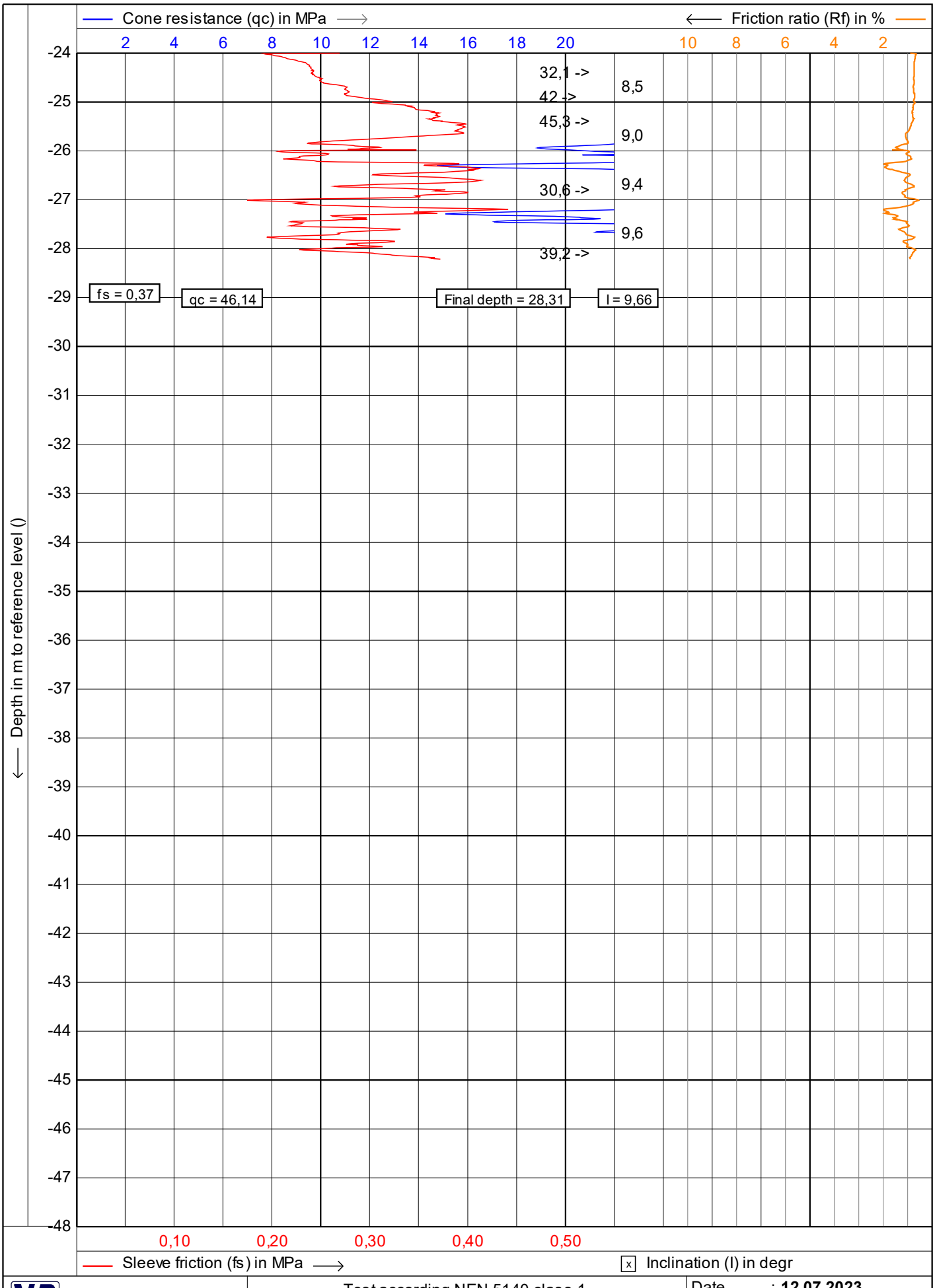



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**
Location: **WEA 01 Verweyen**
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **12.07.2023**
Cone no. : **S15CFIIP.S22494**
Project no. : **234364a**
CPT no. : **9m n. Westen** **1/4**



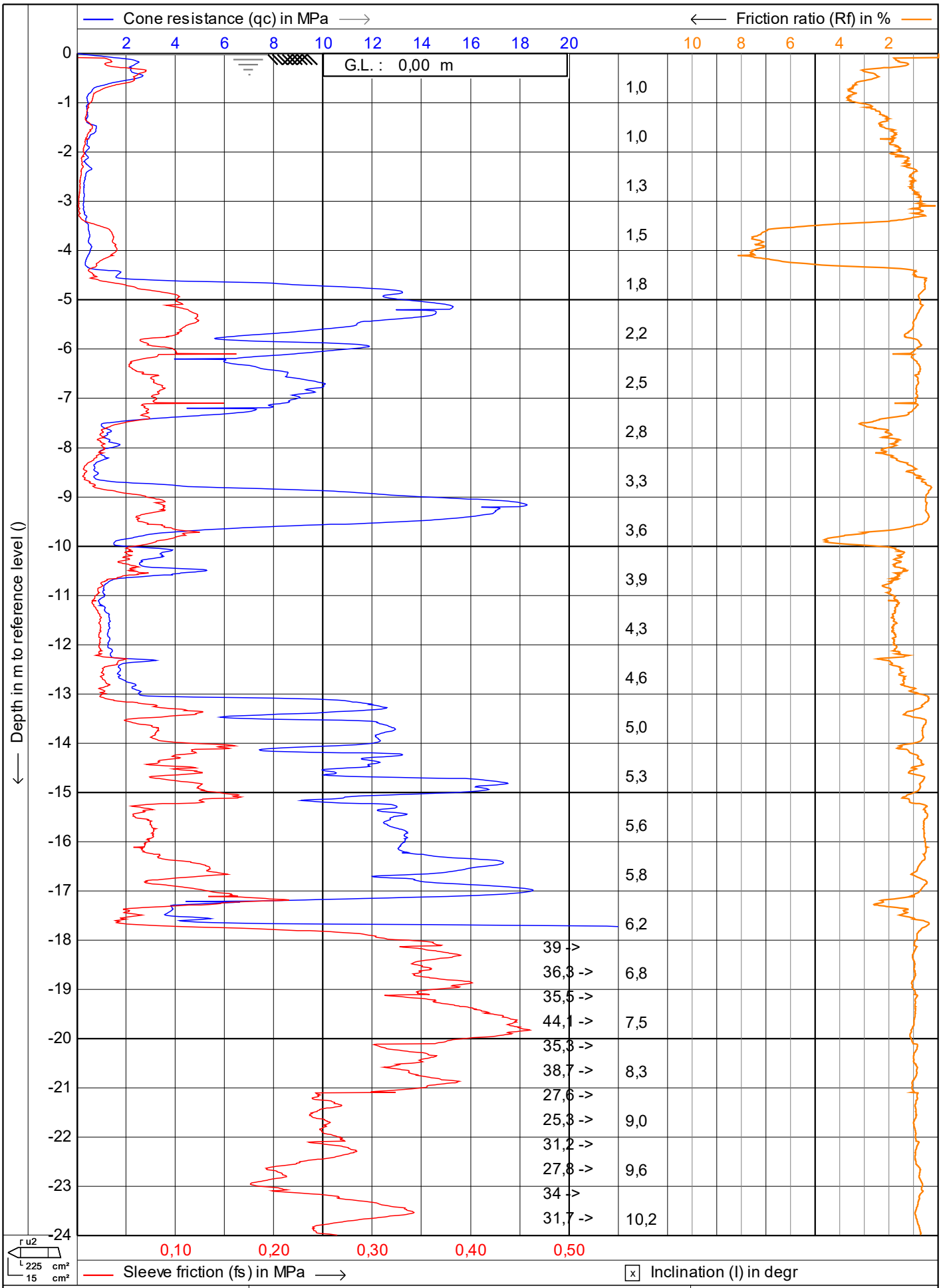

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**
Location: **WEA 01 Verweyen**
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **12.07.2023**
Cone no. : **S15CFIIP.S22494**
Project no. : **234364a**
CPT no. : **9m n. Westen** **2/4**

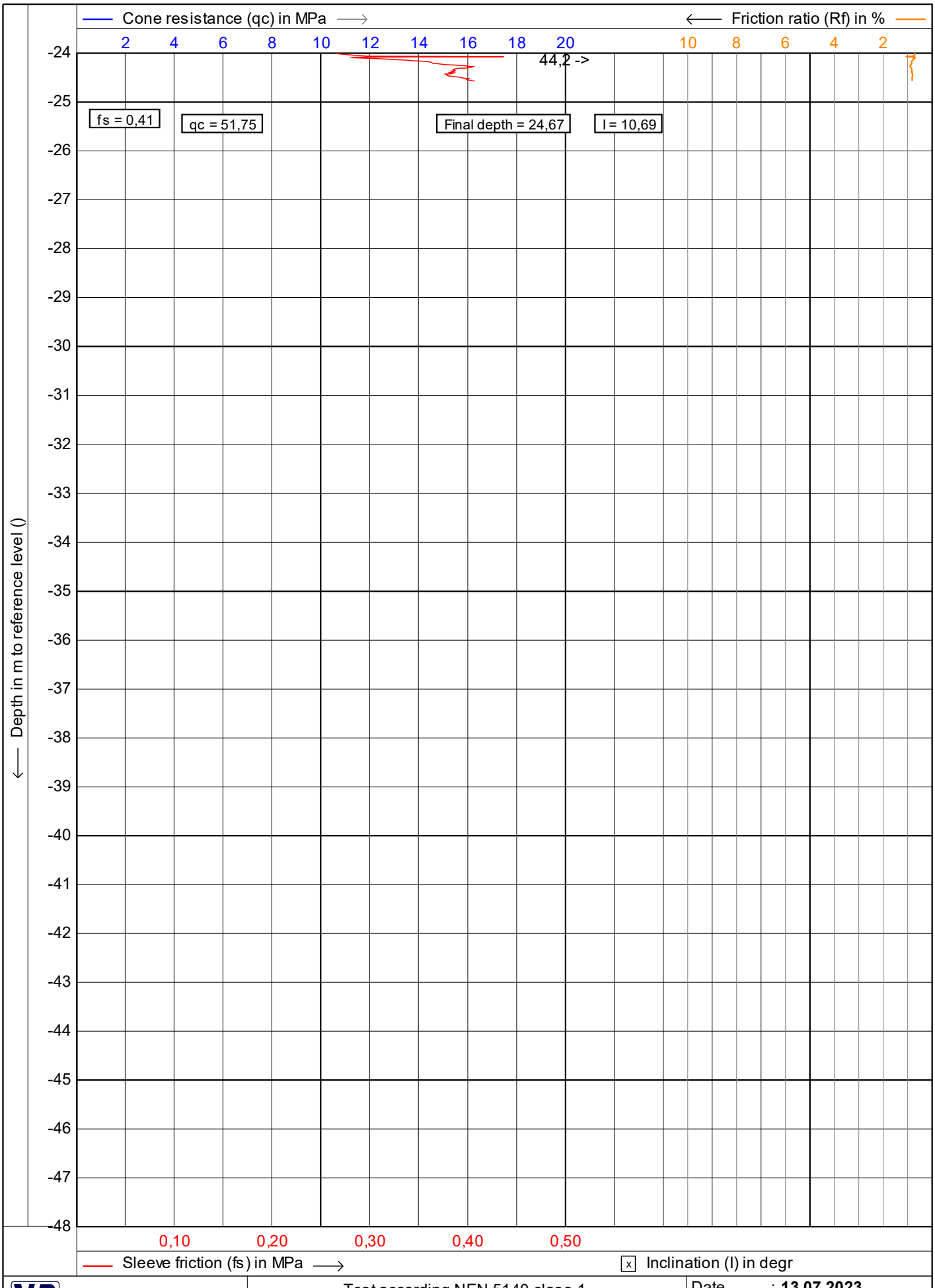



Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**
Location: **WEA 01 Verweyen**
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **13.07.2023**
Cone no. : **S15CFIIP.S22494**
Project no. : **234364a**
CPT no. : **KSF 1** **1/4**




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**

Location: **WEA 01 Verweyen**

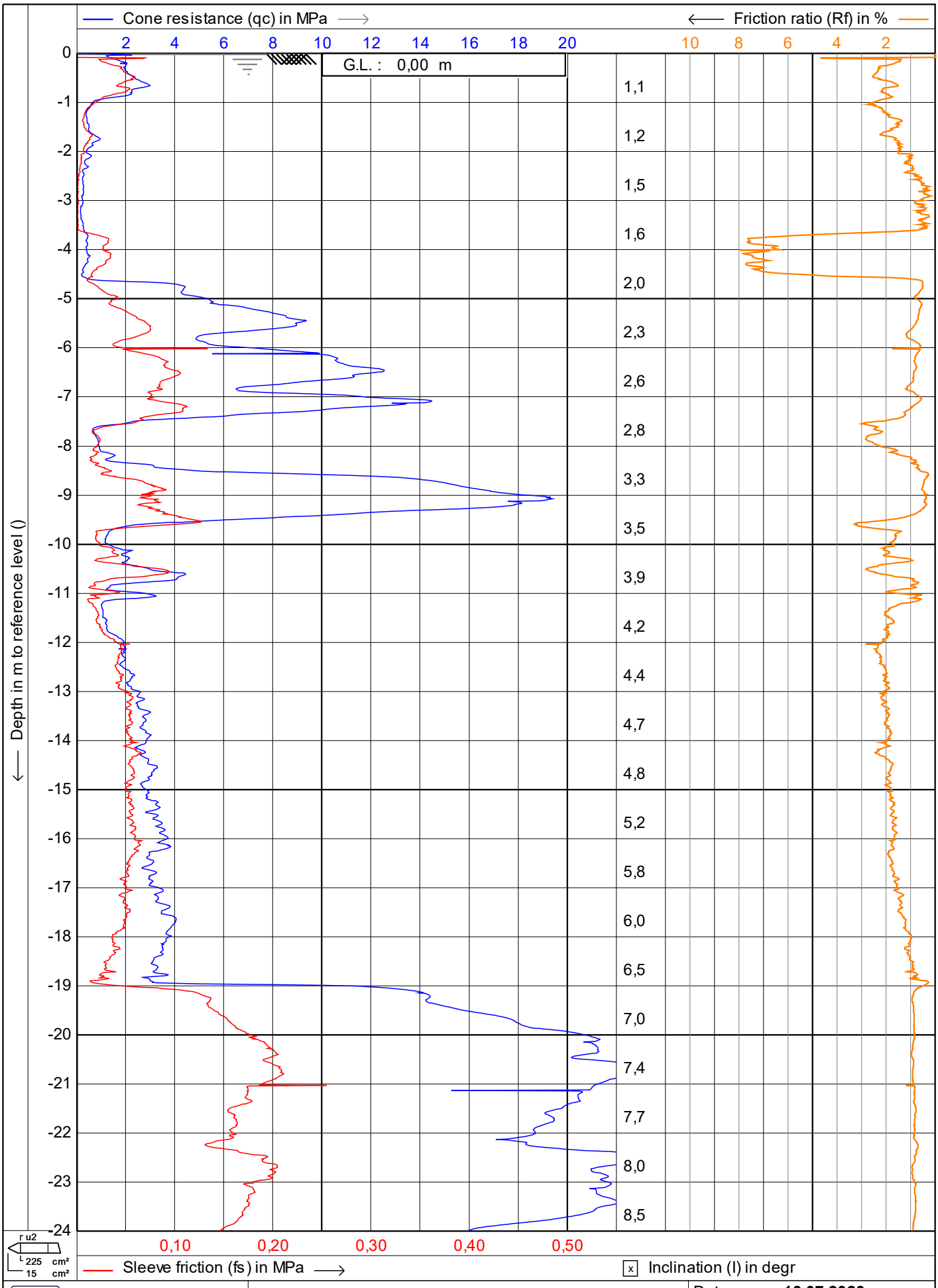
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **13.07.2023**

Cone no. : **S15CFIIP.S22494**

Project no. : **234364a**

CPT no. : **KSF 1** **2/4**



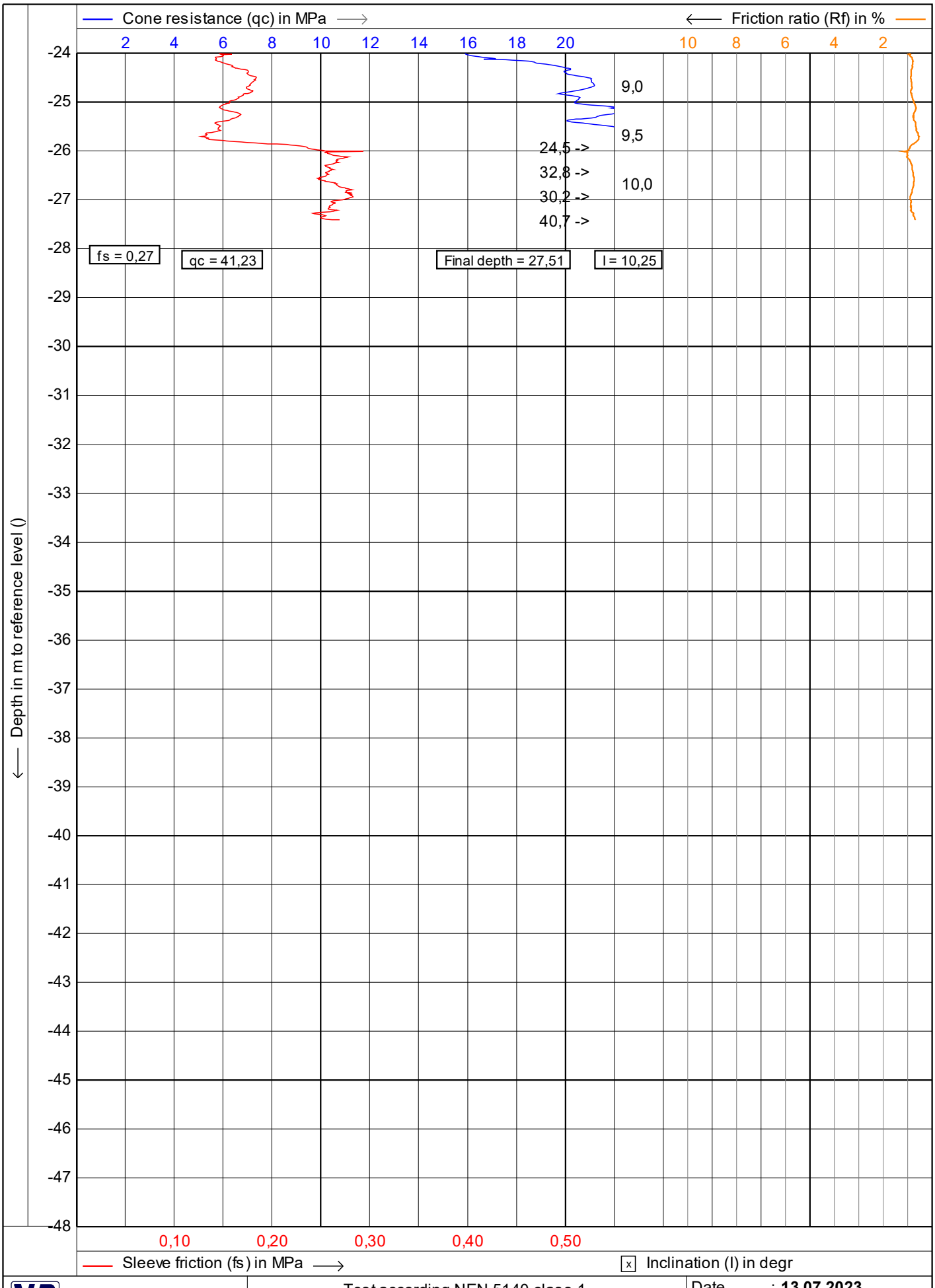

Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**
Location: **WEA 01 Verweyen**
Position: **0, 0 UTM3N**

Date : **13.07.2023**
Cone no. : **S15CFIIP.S22494**
Project no. : **234364a**
CPT no. : **KSF 2** **1/4**

1.48




Vulhop+Becker GmbH & Co. KG
26180 Rastede
Tannenkrugstraße 42
Telefon: +49 (441) 99 90 99-0
Telefax: +49 (441) 99 90 99-29
www.vulhop-becker.de
Brunnenbau, Drucksondierungen, Baugrunderkundung

1.48

Test according NEN 5140 class 1

Project : **WP Dornum**

Location: **WEA 01 Verweyen**

Position: **0, 0 UTM3N**

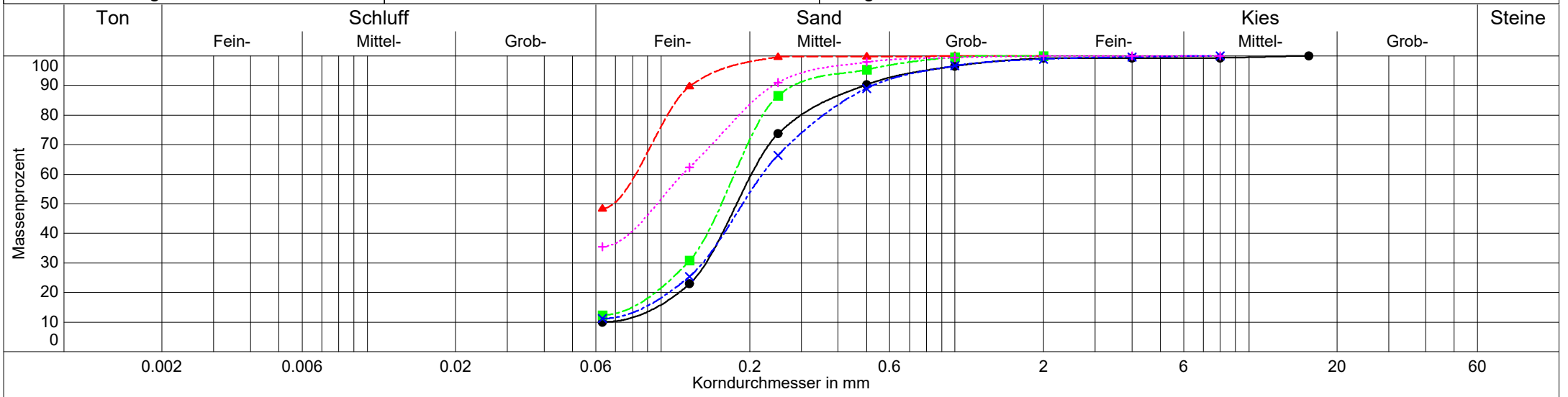
Date : **13.07.2023**

Cone no. : **S15CFIIP.S22494**

Project no. : **234364a**

CPT no. : **KSF 2** **2/4**

| | | |
|---|---|---|
| Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH | **Kornverteilung** | Projekt : Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen |
| Bodenmechanik, Erd- und Grundbau | DIN EN ISO 17892-4 | Projektnr.: 23.1098 |
| Cloppenburger Straße 4 a | | Datum : 23.08.2023 |
| 26135 Oldenburg | | Anlage : 5.1 |




| **Entnahmestelle** | W1 Verweyen | W2 | W3 | W3 | W4 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Bezeichnung** | W1 Verweyen/L3 | W2/L3 | W3/B5 | W3/B20 | W4/B23 |
| **Ungleichförm. Cu** | 3.1 | - | - | - | - |
| **Krümmungszahl Cc** | 1.5 | - | - | - | - |
| **Bodenart** | fS,$\overline{ms}$,u',gs' | U+fS | fS,ms,u' | fS,$\overline{ms}$,u',gs' | fS,$\overline{u}$,ms |
| **Bodengruppe** | SU | U | SU | SU | S$\overline{U}$ |
| **Anteil < 0.063 mm** | 10.0 % | 48.4 % | 12.4 % | 11.2 % | 35.5 % |
| **Frostempfindl.klasse** | F1 | F3 | - | - | F3 |
| **kf nach Hazen** | 4.8E-05 m/s | - | - | - | - |
| **kf nach Kaubisch** | - (0.063 <= 10%) | 5.9E-09 m/s | 1.0E-05 m/s | 1.4E-05 m/s | 6.0E-08 m/s |
| **kf nach Seiler** | - | - | - | - | - |
| **kf nach USBR** | - (d10 > 0.02) | - | 1.6E-05 m/s | 2.1E-05 m/s | - |
| **kf nach Seelheim** | 1.2E-04 m/s | - | - | - | - |
| **Kornfrakt. T/U/S/G** | 0.0/10.0/89.3/0.8 % | 0.0/48.4/51.6/0.0 % | 0.0/12.4/87.6/0.0 % | 0.0/11.2/87.8/1.0 % | 0.0/35.5/64.4/0.1 % |
| **Keine Angabe der Nebengemengteile unter 5 % Kornfraktion** | | - | - | - | - |
| **Entnahmetiefe** | 16,00 - 17,00 m | 27,6 | 5,00 - 6,00 m | 23,00 - 24,00 m | 23,00 - 24,00 m |
| **Wassergehalt** | 15.6 % | 25.6 % | 27.1 % | 17.2 % | 22.0 % |
| **Die Unterscheidung zwischen Schluff und Ton ist von den plastischen Eigenschaften abhängig (Fließ- und Ausrollgrenze)** | | | | - | - |



DC

| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | |
|---|---|---|---|
| **Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen** | **Thade Gerdes GmbH Gewerbestraße 23a 26506 Norden** | **23.1098** | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
| Art: | | Bearbeiter/Datum: | Anlage: |
| **Laborflügelsondierung DIN EN ISO 22476-9:2021-01** | | **FS / 22.08.2023** | **6.1** |

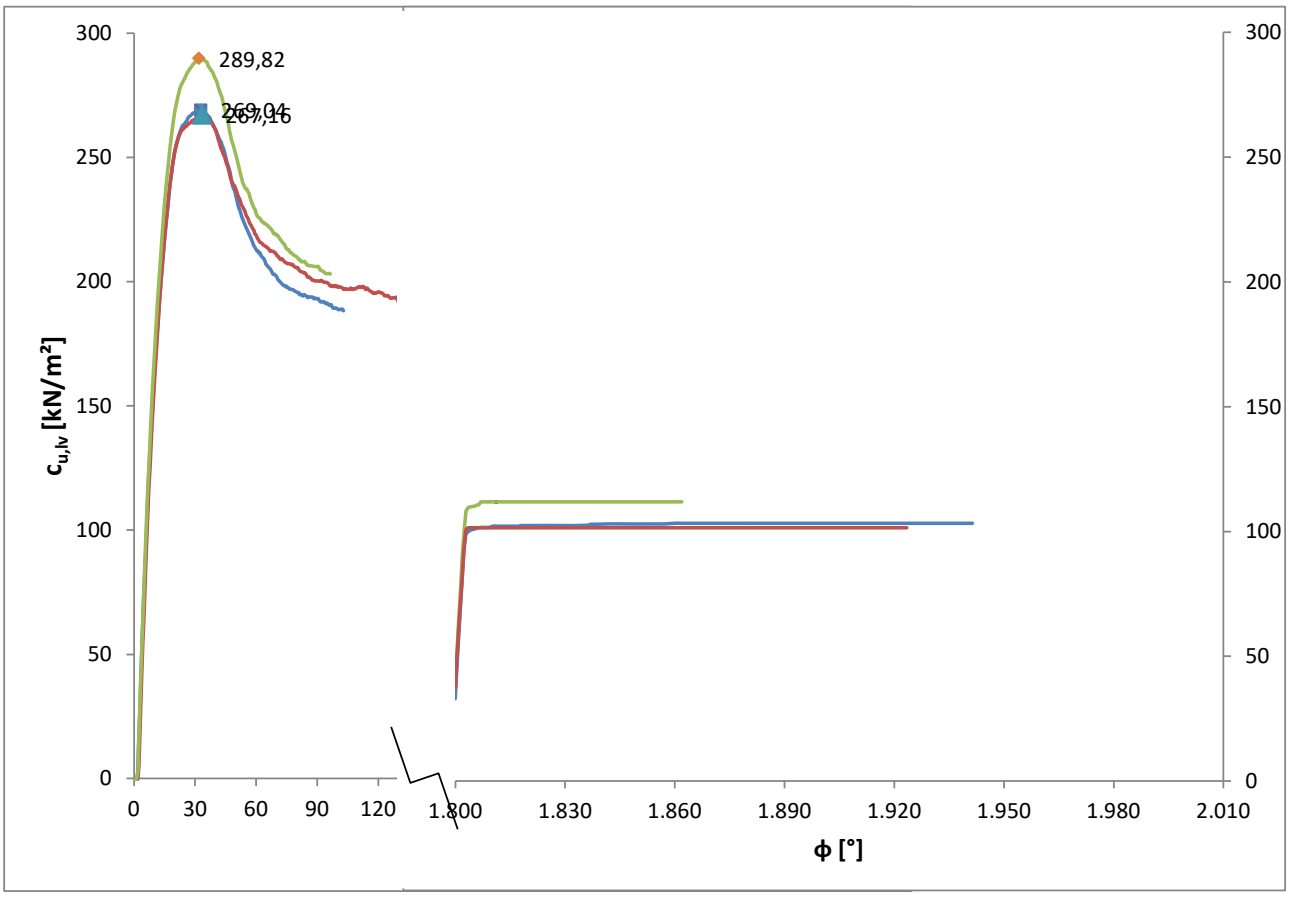
## Allgemeine Angaben

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Entnahmestelle:** | B WEA1 - UP2 | **Ausführungsdatum:** | 22.08.2023 |
| **Entnahmetiefe:** | 19,75 - 20,00 m | **Bodenart:** | toniger Schluff |
| **Entnahmedatum:** | 04.08.2023 | **Probenart:** | ungestört |

## Angaben zum Probenkörper

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Wassergehalt:** | **w =** | 16,03 % | **Schergeschwindigkeit:** | **ω =** | 0,10 °/s |
| **Feuchtdichte:** | **ρ =** | 2,21 g/cm³ | **Flügelabmessungen:** | **H/D =** | 25,4 / 12,7 mm |
| **Trockendichte:** | **$\rho_d$ =** | 1,91 g/cm³ | | | |

## Versuchsergebnisse




## Ergebnisse:

| | | |
|---|---|---|
| Mittelwert ungestörte Scherfestigkeit $c_{fv}$ (gemessen) | = | 275,34 kN/m² |
| Mittelwert gestörte Scherfestigkeit $c_{rv}$ (gemessen) | = | 105,50 kN/m² |
| Korrekturbeiwert μ | = | 1,23 |
| ungestörte Scherfestigkeit $c_u$ (korrigiert) | = | 338,36 kN/m² |
| gestörte Scherfestigkeit $c_{u,rem}$ (korrigiert) | = | 129,65 kN/m² |
| Flügelempfindlichkeit/Sensitivität $S_{fv}$ | = | 2,61 |

| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | |
|---|---|---|---|
| **Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen** | **Thade Gerdes GmbH Gewerbestraße 23a 26506 Norden** | **23.1098** | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
| Art: | | Bearbeiter/Datum: | Anlage: |
| **Laborflügelsondierung DIN EN ISO 22476-9:2021-01** | | **FS / 22.08.2023** | **6.2** |

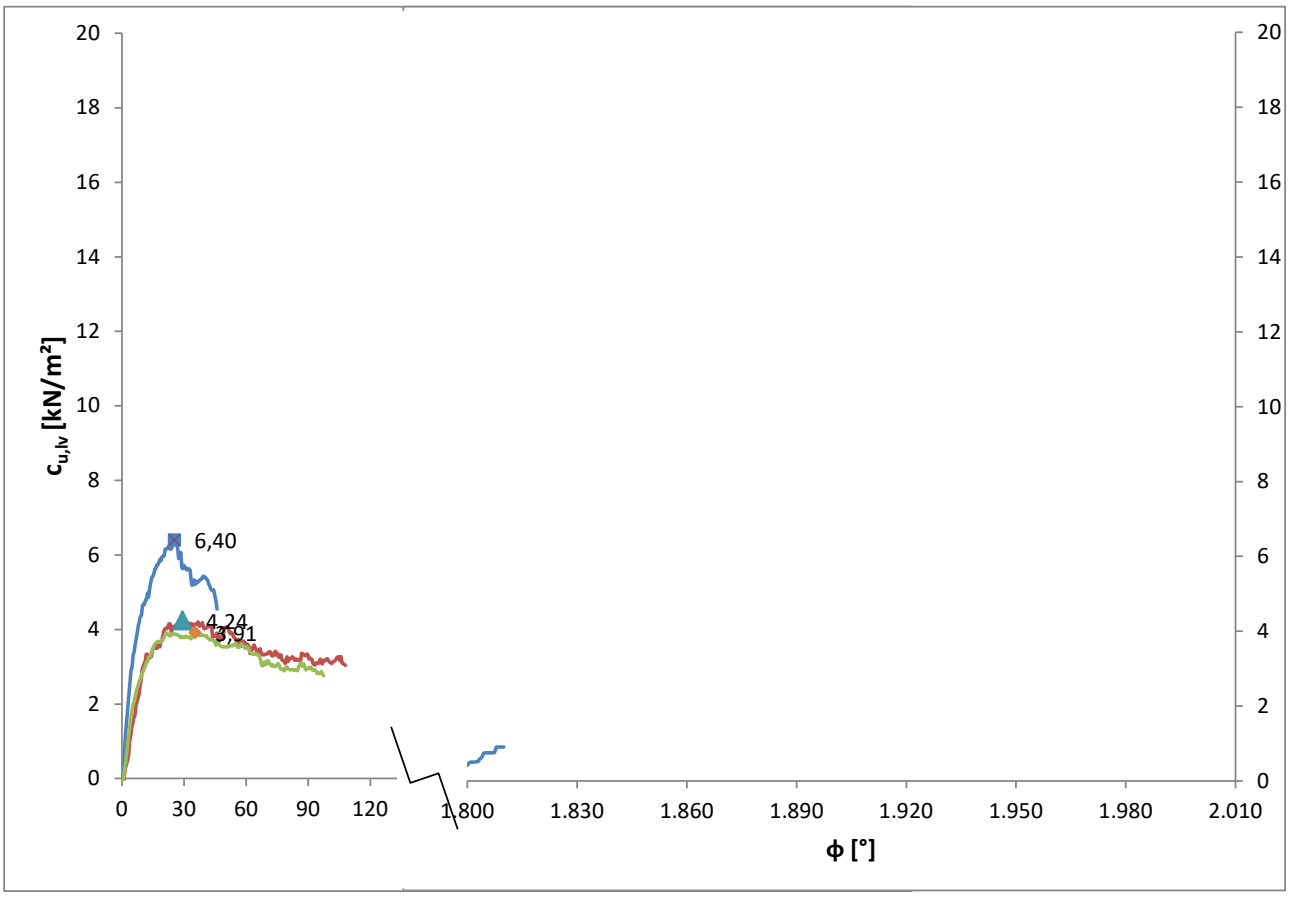
## Allgemeine Angaben

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Entnahmestelle:** | B WEA2 - UP1 | **Ausführungsdatum:** | 22.08.2023 |
| **Entnahmetiefe:** | 3,75 - 4,00 m | **Bodenart:** | Mischwatt |
| **Entnahmedatum:** | 01.08.2023 | **Probenart:** | ungestört |

## Angaben zum Probenkörper

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Wassergehalt:** | **w =** | 59,39 % | **Schergeschwindigkeit:** | **ω =** | 0,10 °/s |
| **Feuchtdichte:** | **ρ =** | 1,73 g/cm³ | **Flügelabmessungen:** | **H/D =** | 25,4 / 12,7 mm |
| **Trockendichte:** | **$\rho_d$ =** | 1,08 g/cm³ | | | |

## Versuchsergebnisse




## Ergebnisse:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mittelwert ungestörte Scherfestigkeit $c_{fv}$ (gemessen) | = | 4,85 | kN/m² |
| Mittelwert gestörte Scherfestigkeit $c_{rv}$ (gemessen) | = | 0,90 | kN/m² |
| Korrekturbeiwert μ | = | 1,01 | |
| ungestörte Scherfestigkeit $c_u$ (korrigiert) | = | 4,90 | kN/m² |
| gestörte Scherfestigkeit $c_{u,rem}$ (korrigiert) | = | 0,91 | kN/m² |
| Flügelempfindlichkeit/Sensitivität $S_{fv}$ | = | 5,39 | |

| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | |
|---|---|---|---|
| **Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen** | **Thade Gerdes GmbH Gewerbestraße 23a 26506 Norden** | **23.1098** | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
| Art: | | Bearbeiter/Datum: | Anlage: |
| **Laborflügelsondierung DIN EN ISO 22476-9:2021-01** | | **FS / 17.08.2023** | **6.3** |

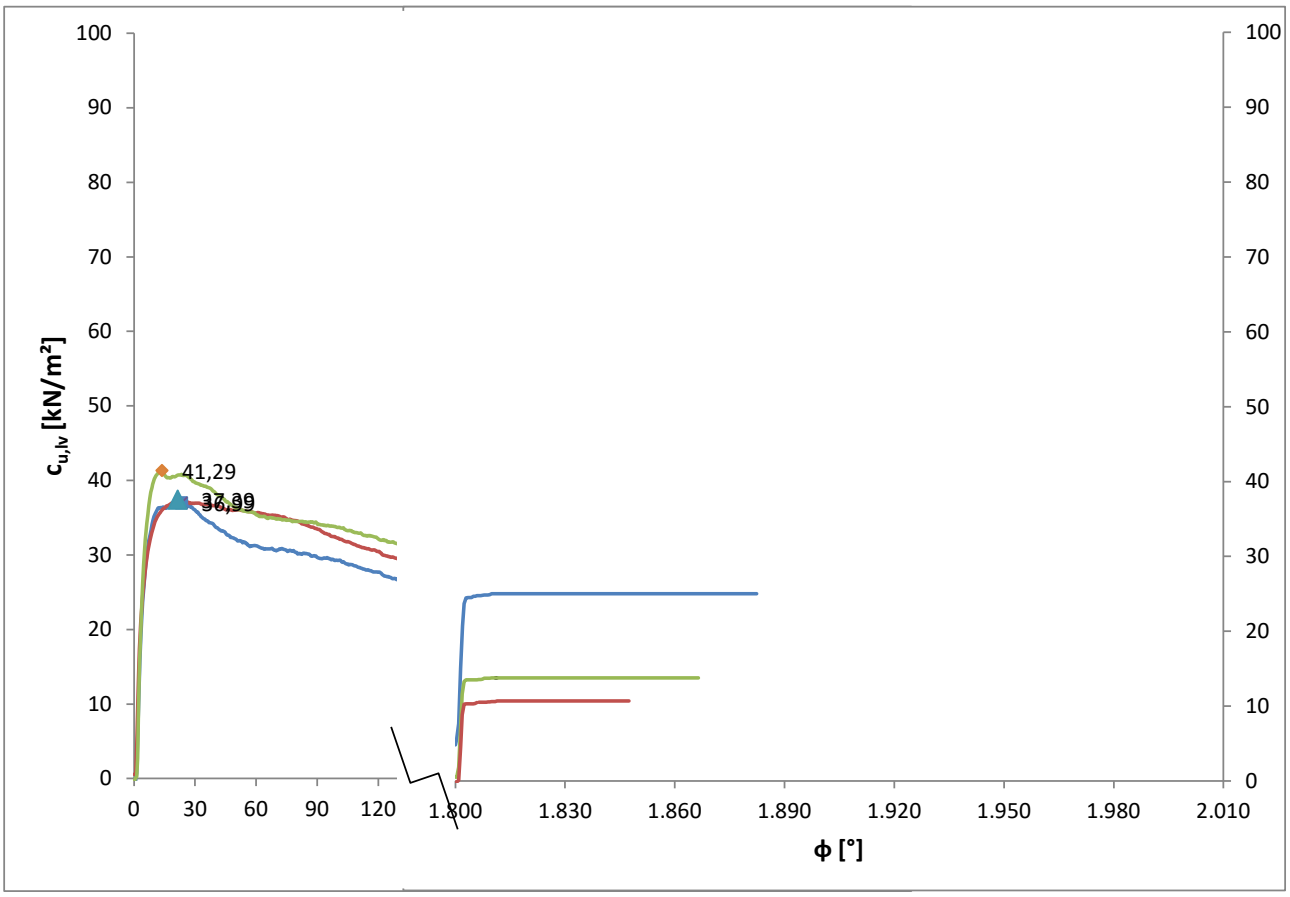
## Allgemeine Angaben

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Entnahmestelle:** | B WEA2 - UP2 | **Ausführungsdatum:** | 17.08.2023 |
| **Entnahmetiefe:** | 9,75 - 10,00 m | **Bodenart:** | toniger Schluff |
| **Entnahmedatum:** | 01.08.2023 | **Probenart:** | ungestört |

## Angaben zum Probenkörper

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Wassergehalt:** | **w =** | 37,25 % | **Schergeschwindigkeit:** | **ω =** | 0,10 °/s |
| **Feuchtdichte:** | **ρ =** | 1,87 g/cm³ | **Flügelabmessungen:** | **H/D =** | 25,4 / 12,7 mm |
| **Trockendichte:** | **$\rho_d$ =** | 1,37 g/cm³ | | | |

## Versuchsergebnisse




## Ergebnisse:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mittelwert ungestörte Scherfestigkeit $c_{fv}$ (gemessen) | = | 38,56 | kN/m² |
| Mittelwert gestörte Scherfestigkeit $c_{rv}$ (gemessen) | = | 16,49 | kN/m² |
| Korrekturbeiwert μ | = | 0,97 | |
| ungestörte Scherfestigkeit $c_u$ (korrigiert) | = | 37,44 | kN/m² |
| gestörte Scherfestigkeit $c_{u,rem}$ (korrigiert) | = | 16,01 | kN/m² |
| Flügelempfindlichkeit/Sensitivität $S_{fv}$ | = | 2,34 | |

| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | |
|---|---|---|---|
| **Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen** | **Thade Gerdes GmbH Gewerbestraße 23a 26506 Norden** | **23.1098** | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
| Art: **Laborflügelsondierung DIN EN ISO 22476-9:2021-01** | | Bearbeiter/Datum: **FS / 18.08.2023** | Anlage: **6.4** |

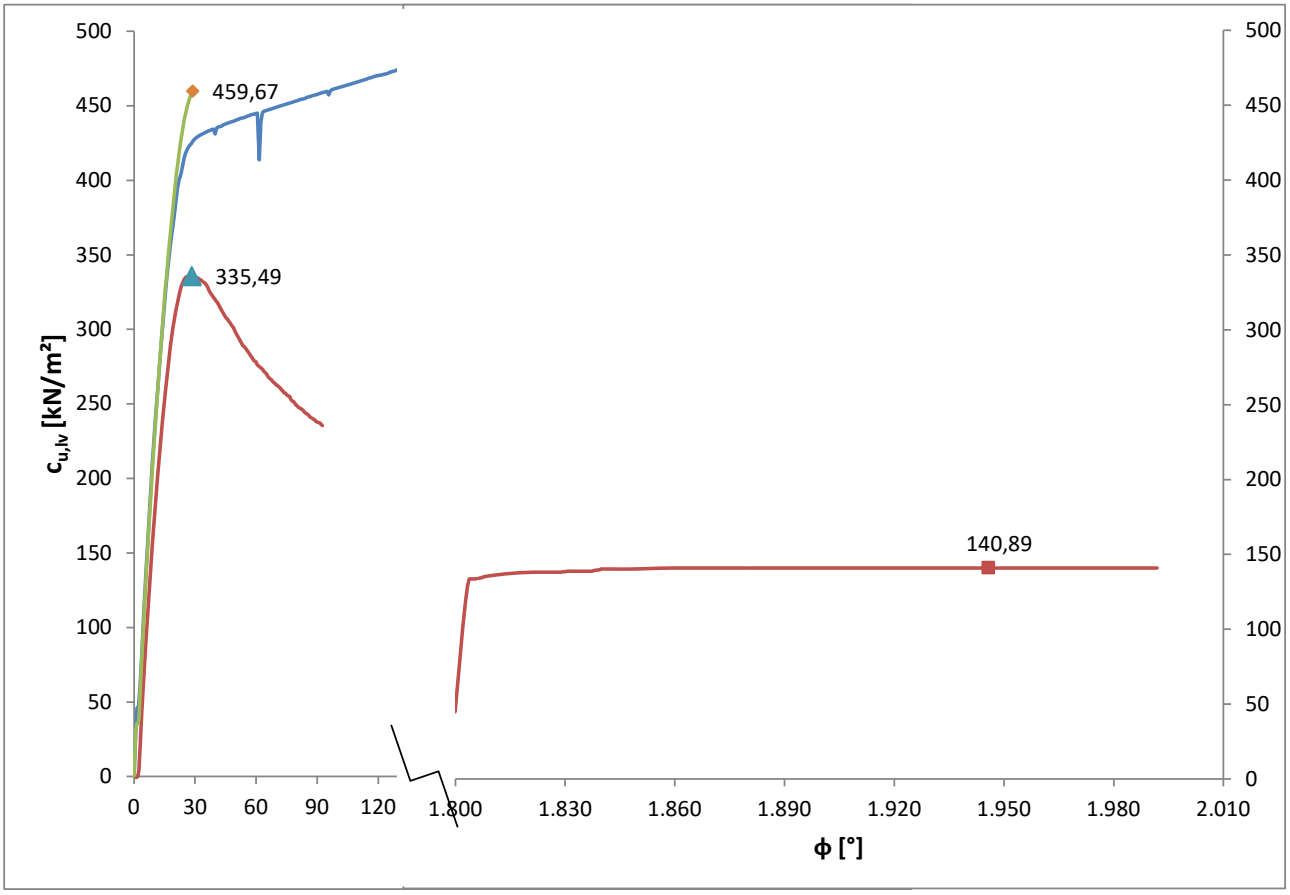
## Allgemeine Angaben

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Entnahmestelle:** | B WEA3 - UP3 | **Ausführungsdatum:** | 18.08.2023 |
| **Entnahmetiefe:** | 17,75 - 18,00 m | **Bodenart:** | Geschiebemergel |
| **Entnahmedatum:** | 03.07.2023 | **Probenart:** | ungestört |

## Angaben zum Probenkörper

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Wassergehalt:** | **w =** | 12,88 % | **Schergeschwindigkeit:** | **ω =** | 0,10 °/s |
| **Feuchtdichte:** | **ρ =** | 2,22 g/cm³ | **Flügelabmessungen:** | **H/D =** | 25,4 / 12,7 mm |
| **Trockendichte:** | **$\rho_d$ =** | 1,96 g/cm³ | | | |

## Versuchsergebnisse




## Ergebnisse:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mittelwert ungestörte Scherfestigkeit $c_{fv}$ (gemessen) | = | 423,79 | kN/m² |
| Mittelwert gestörte Scherfestigkeit $c_{rv}$ (gemessen) | = | 140,89 | kN/m² |
| Korrekturbeiwert μ | = | 1,21 | |
| ungestörte Scherfestigkeit $c_u$ (korrigiert) | = | 510,76 | kN/m² |
| gestörte Scherfestigkeit $c_{u,rem}$ (korrigiert) | = | 169,80 | kN/m² |
| Flügelempfindlichkeit/Sensitivität $S_{fv}$ | = | 3,01 | |

| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | |
|---|---|---|---|
| **Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen** | **Thade Gerdes GmbH Gewerbestraße 23a 26506 Norden** | **23.1098** | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
| Art: **Laborflügelsondierung DIN EN ISO 22476-9:2021-01** | | Bearbeiter/Datum: **FS / 17.08.2023** | Anlage: **6.5** |

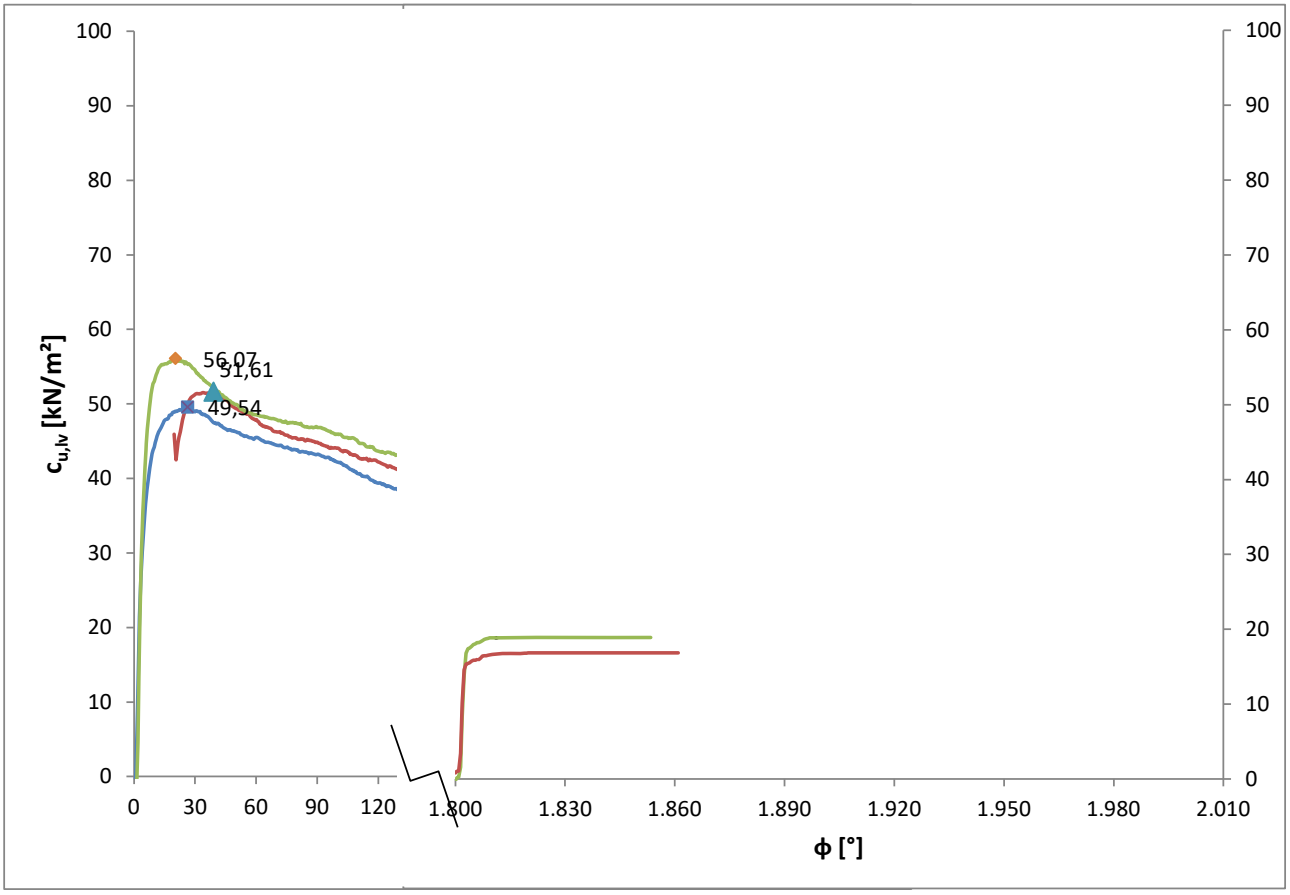
## Allgemeine Angaben

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Entnahmestelle:** | B WEA5 Verw. - UP2 | **Ausführungsdatum:** | 17.08.2023 |
| **Entnahmetiefe:** | 9,75 - 10,00 m | **Bodenart:** | toniger Schluff |
| **Entnahmedatum:** | 08.08.2023 | **Probenart:** | ungestört |

## Angaben zum Probenkörper

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Wassergehalt:** | **w =** | 25,04 % | **Schergeschwindigkeit:** | **ω =** | 0,10 °/s |
| **Feuchtdichte:** | **ρ =** | 2,02 g/cm³ | **Flügelabmessungen:** | **H/D =** | 25,4 / 12,7 mm |
| **Trockendichte:** | **$\rho_d$ =** | 1,62 g/cm³ | | | |

## Versuchsergebnisse




## Ergebnisse:

| | | | |
|---|---|---|---|
| Mittelwert ungestörte Scherfestigkeit $c_{fv}$ (gemessen) | = | 52,41 | kN/m² |
| Mittelwert gestörte Scherfestigkeit $c_{rv}$ (gemessen) | = | 17,88 | kN/m² |
| Korrekturbeiwert μ | = | 1,09 | |
| ungestörte Scherfestigkeit $c_u$ (korrigiert) | = | 56,98 | kN/m² |
| gestörte Scherfestigkeit $c_{u,rem}$ (korrigiert) | = | 19,44 | kN/m² |
| Flügelempfindlichkeit/Sensitivität $S_{fv}$ | = | 2,93 | |

Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH
Bodenmechanik, Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg

Anlage: 7.1

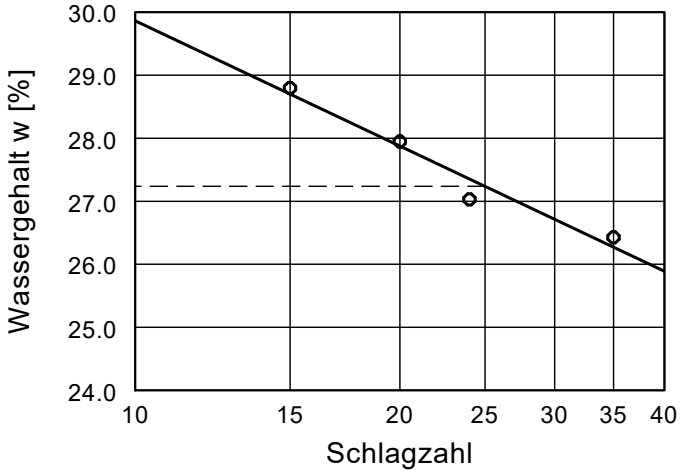
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

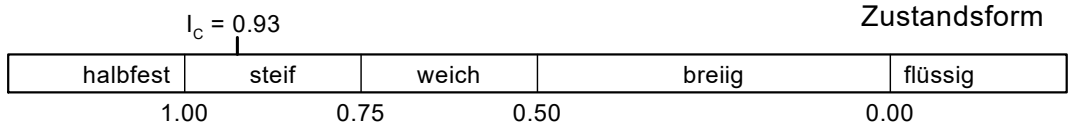
Bearbeiter: Schellig

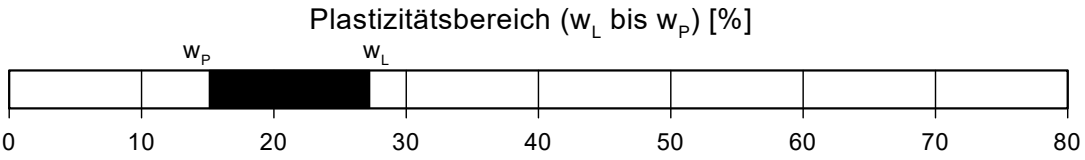
Datum: 23.08.2023

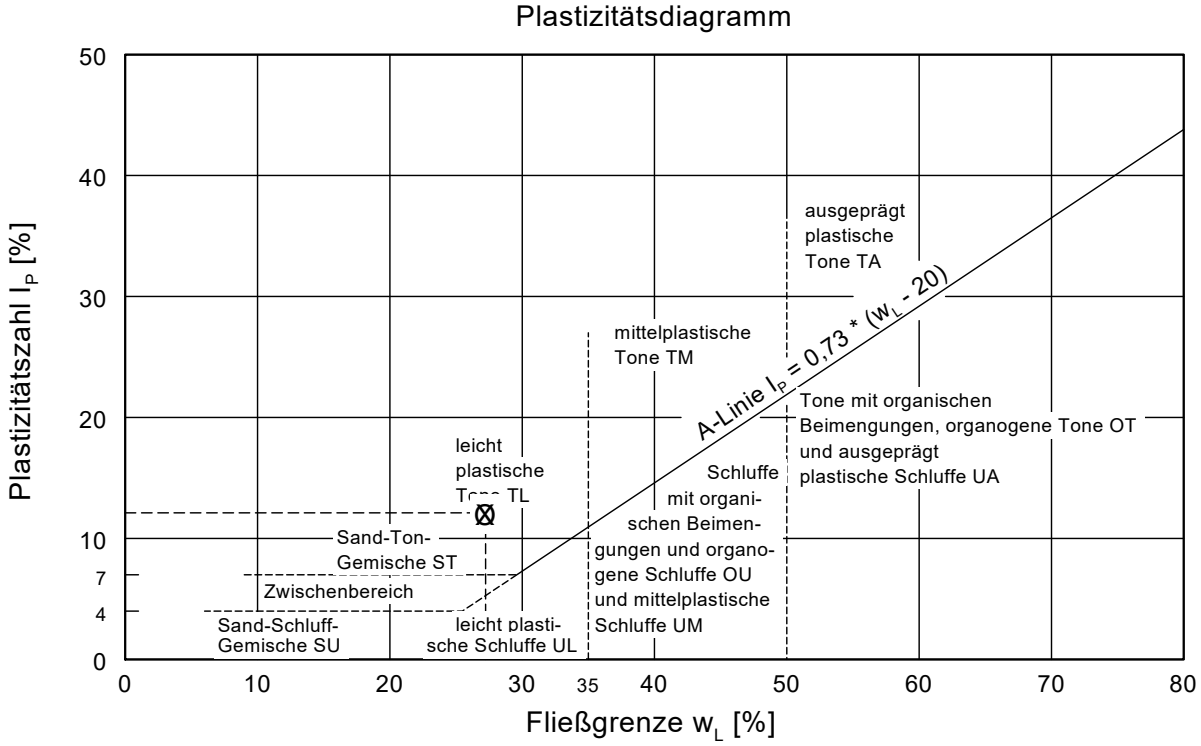
Prüfungsnummer: 23.1098
Entnahmestelle: WEA1 - UP2
Tiefe: 19.75 - 20.00 m
Art der Entnahme: ungestört
Bodenart: toniger Schluff
Probe entnommen am: 03.08.2023




| | |
|---|---|
| Wassergehalt w = | 16.0 % |
| Fließgrenze $w_L$ = | 27.2 % |
| Ausrollgrenze $w_P$ = | 15.1 % |
| Plastizitätszahl $I_P$ = | 12.1 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ = | 0.93 |



Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH
Bodenmechanik, Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg

Anlage: 7.2

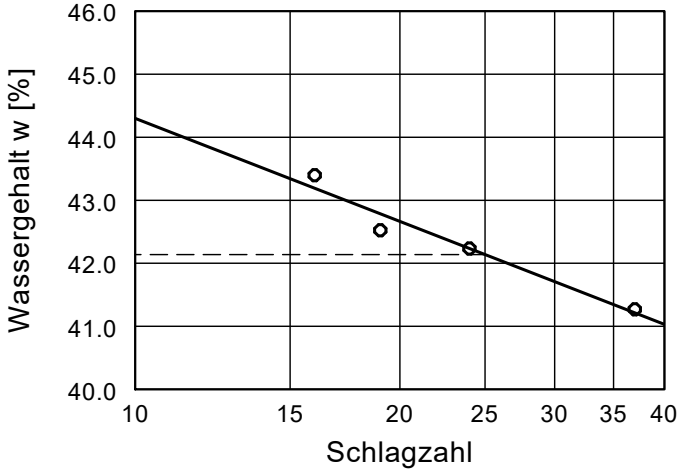
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

Bearbeiter: Schellig

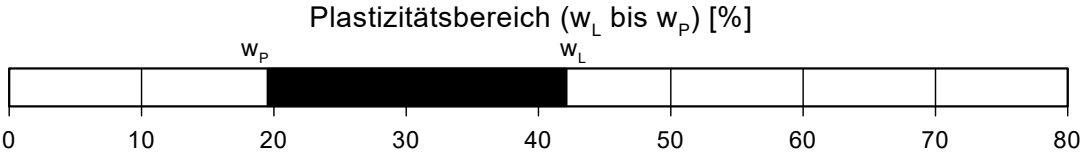
Datum: 22.08.2023

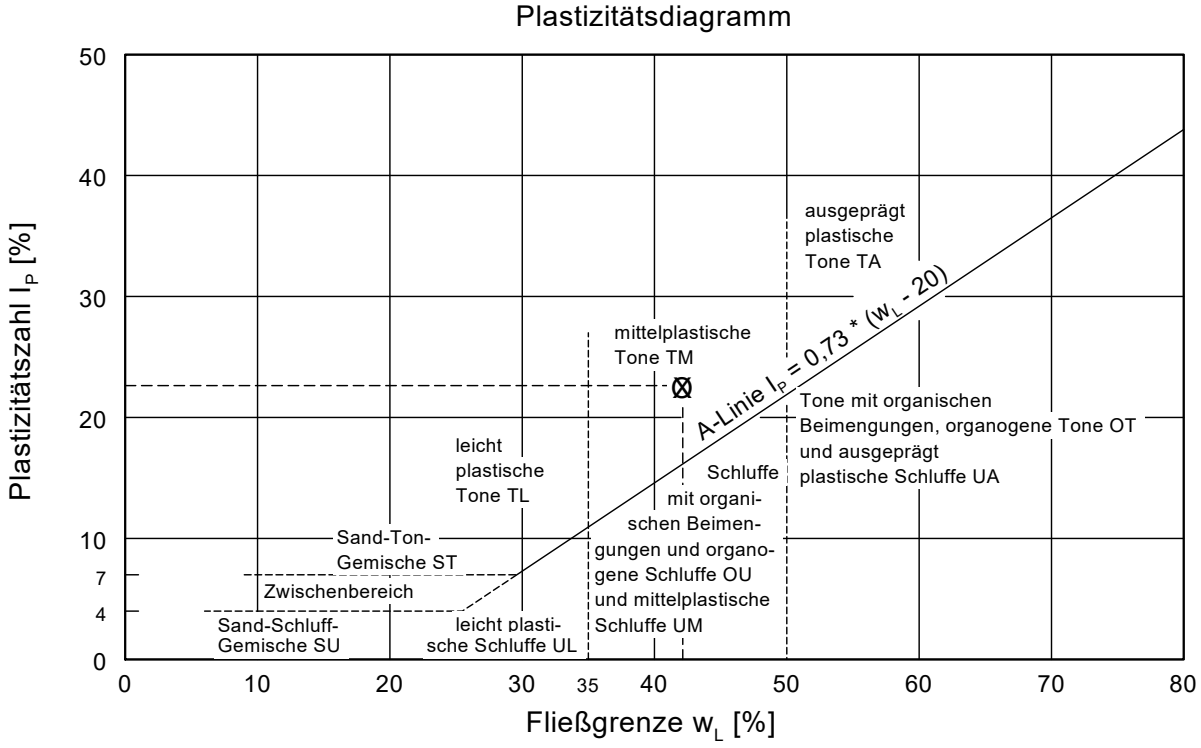
Prüfungsnummer: 23.1098
Entnahmestelle: WEA2 - UP1
Tiefe: 3.75 - 4.00 m
Art der Entnahme: ungestört
Bodenart: Mischwatt
Probe entnommen am: 01.08.2023




| | |
|---|---|
| Wassergehalt w = | 59.4 % |
| Fließgrenze $w_L$ = | 42.1 % |
| Ausrollgrenze $w_P$ = | 19.5 % |
| Plastizitätszahl $I_P$ = | 22.6 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ = | -0.76 |



Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH
Bodenmechanik, Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg

Anlage: 7.3

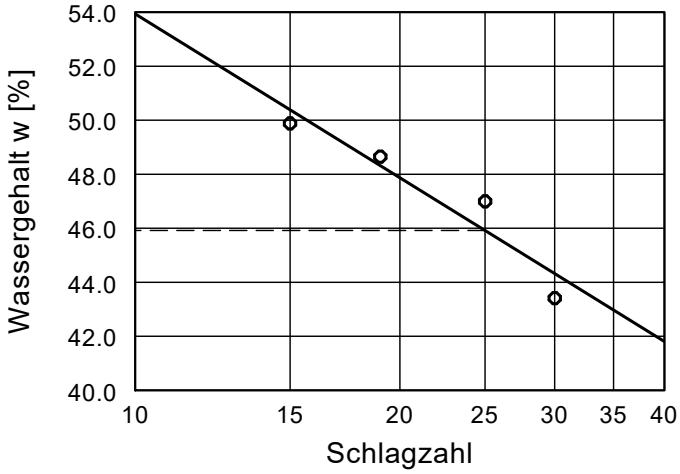
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

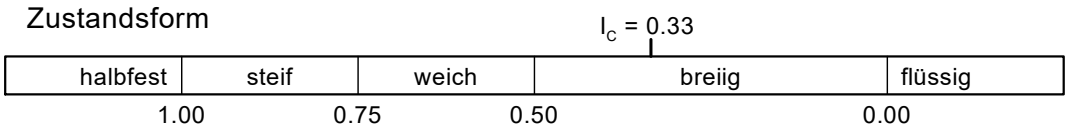
Bearbeiter: Schellig

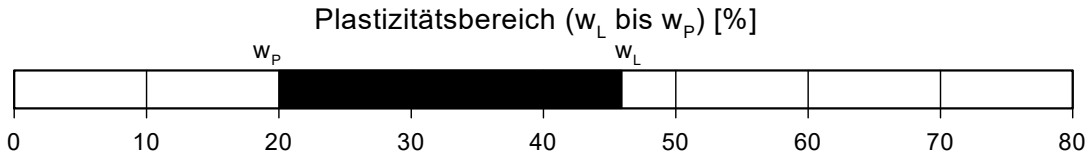
Datum: 22.08.2023

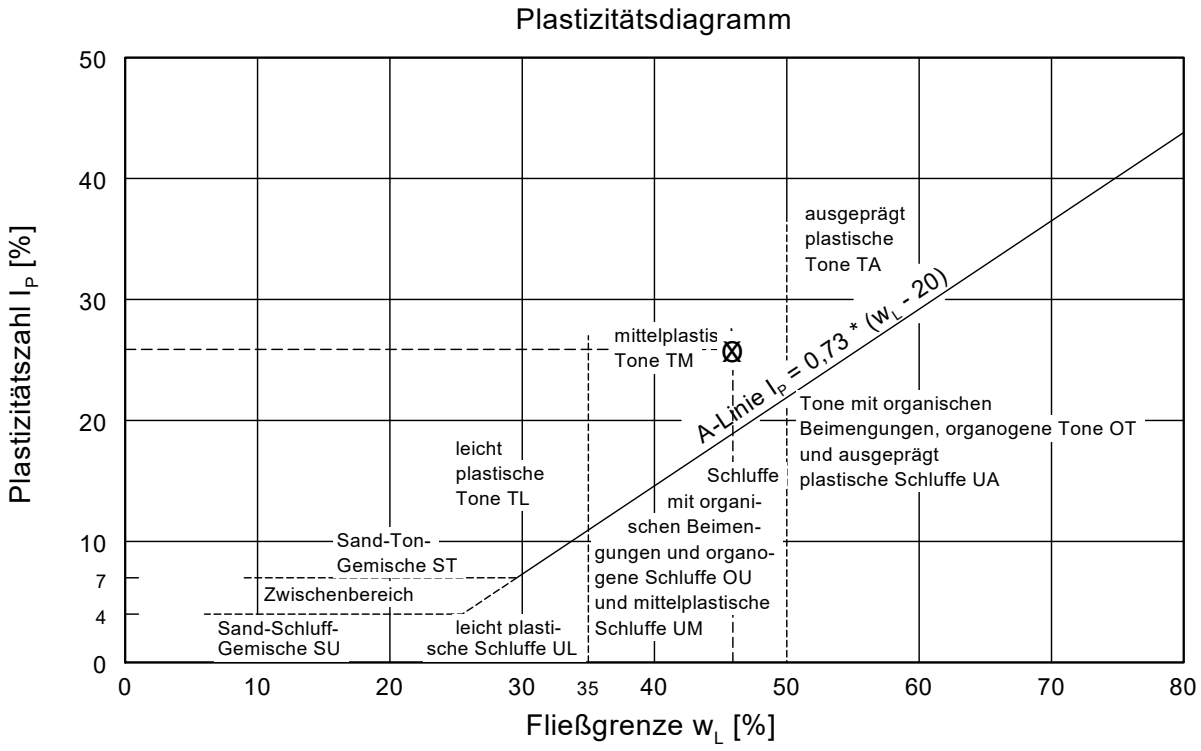
Prüfungsnummer: 23.1098
Entnahmestelle: WEA2 - UP2
Tiefe: 9.75 - 10.00 m
Art der Entnahme: ungestört
Bodenart: toniger Schluff
Probe entnommen am: 01.08.2023




| | |
|---|---|
| Wassergehalt w = | 37.3 % |
| Fließgrenze $w_L$ = | 45.9 % |
| Ausrollgrenze $w_P$ = | 20.0 % |
| Plastizitätszahl $I_P$ = | 25.9 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ = | 0.33 |



Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH
Bodenmechanik, Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg

Anlage: 7.4

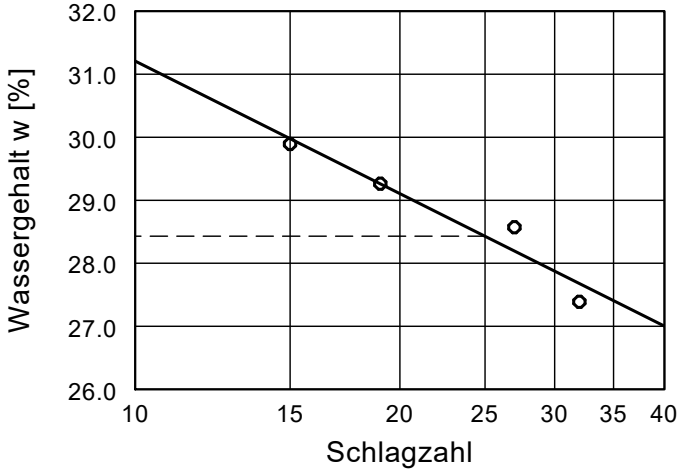
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

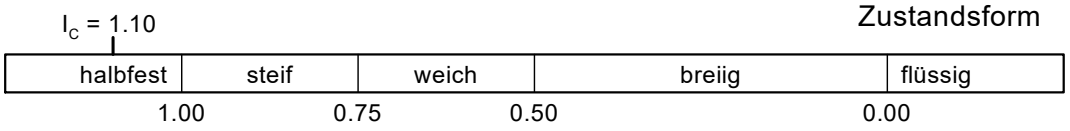
Bearbeiter: Schellig

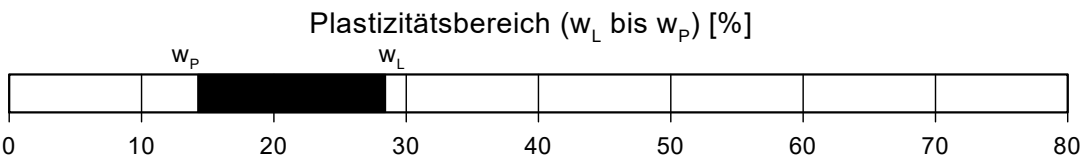
Datum: 22.08.2023

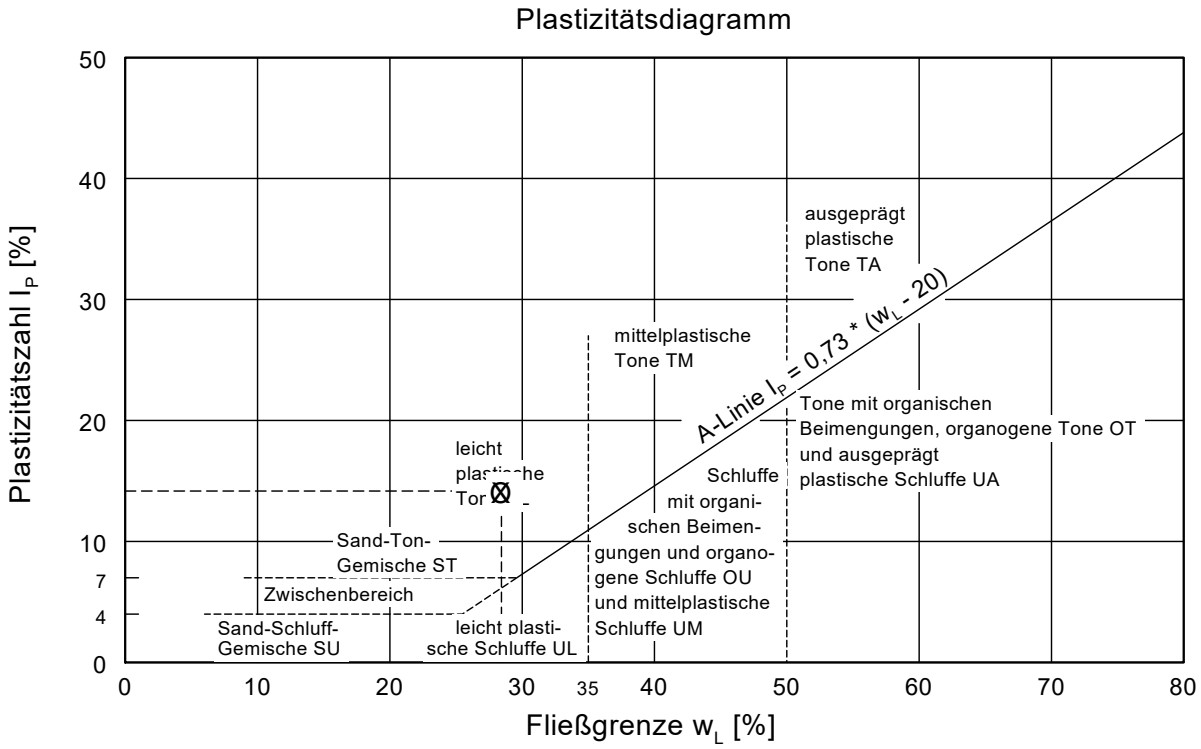
Prüfungsnummer: 23.1098
Entnahmestelle: WEA3 - UP3
Tiefe: 17.75 - 18.00 m
Art der Entnahme: ungestört
Bodenart: Geschiebemergel
Probe entnommen am: 03.07.2023




| | |
|---|---|
| Wassergehalt w = | 12.9 % |
| Fließgrenze $w_L$ = | 28.4 % |
| Ausrollgrenze $w_P$ = | 14.3 % |
| Plastizitätszahl $I_P$ = | 14.1 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ = | 1.10 |



Schmitz + Beilke Ingenieure GmbH
Bodenmechanik, Erd- und Grundbau
Cloppenburger Straße 4a
26135 Oldenburg

Anlage: 7.5

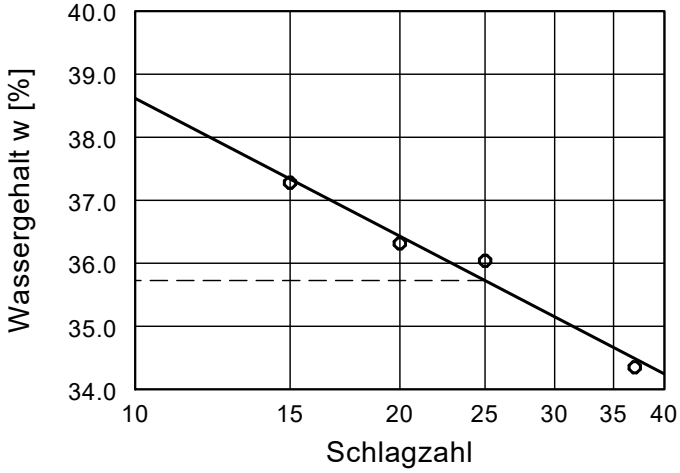
# Zustandsgrenzen nach DIN 18 122

## Repowering WP. Georgshof und Repowering WEA Verweyen

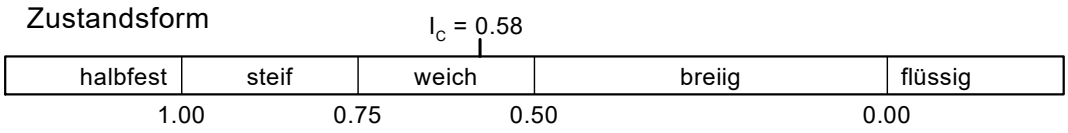
Bearbeiter: Schellig

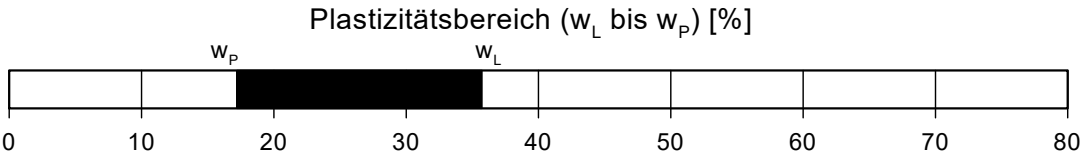
Datum: 22.08.2023

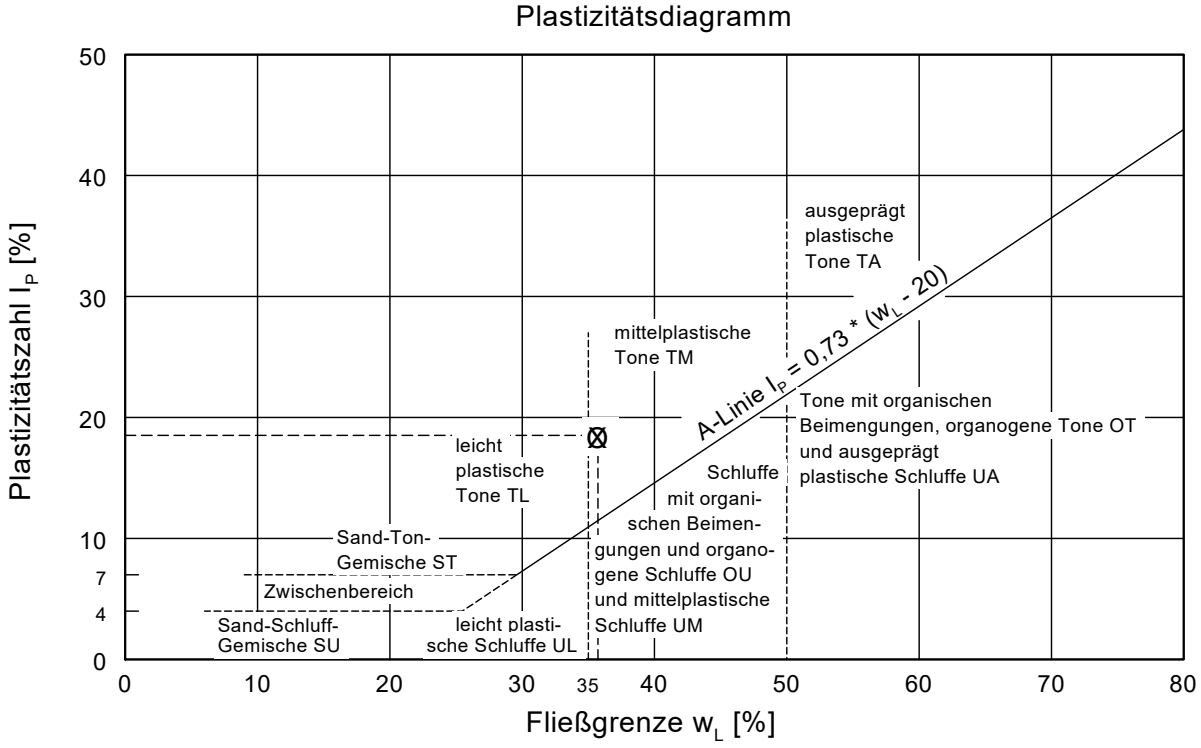
Prüfungsnummer: 23.1098
Entnahmestelle: WEA5 Verweyen - UP2
Tiefe: 9.75 - 10.00 m
Art der Entnahme: ungestört
Bodenart: Mischwatt
Probe entnommen am: 08.08.2023




| | |
|---|---|
| Wassergehalt w = | 25.0 % |
| Fließgrenze $w_L$ = | 35.7 % |
| Ausrollgrenze $w_P$ = | 17.2 % |
| Plastizitätszahl $I_P$ = | 18.5 % |
| Konsistenzzahl $I_C$ = | 0.58 |



CUA

CUA Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH · Zum Nordkai 16 · 26725 Emden

HPC AG
Blinke 6

26789 LEER

06. September 2023

# PRÜFBERICHT 010923809

| | |
|---|---|
| Auftragsnr. Auftraggeber: | 2301989 |
| Projektbezeichnung: | WP Georgshof, WWA Verweyen |
| Probenahme: | durch Auftraggeber am 01.09.2023 |
| Probentransport: | durch Auftraggeber |
| Probeneingang: | 01.09.2023 |
| Prüfzeitraum: | 01.09. – 06.09.2023 |
| Probennummer: | 21173 – 21176 / 23 |
| Probenmaterial: | Wasser |
| Verpackung: | PE-Flasche (500 mL; 500 mL + $CaCO_3$) |
| Bemerkungen: | - |
| Sonstiges: | Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Regelungen zur Unterauftragvergabe und zu Messunsicherheiten auf Seite 2. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die CUA Emden GmbH. Eventuell ausgewiesene Summen einzelner Parameter werden automatisch berechnet. Die Bildung der Summen erfolgt rein numerisch. Die angegebenen Stellen widerspiegeln keine Signifikanz. Die Bestimmungsgrenzen können matrix- / einwaagebedingt variieren. |
| Analysenbefunde: | Seite 3 – 6 |
| Messverfahren: | Seite 2 |
| Qualitätskontrolle: | |

Name: M. Ed. Greta Brose
Grund: Geprüft und freigegeben.
Datum: 06.09.2023 12:10:23 (UTC+02:00:00)

M. Ed. Greta Brose
(Projektleiterin)

Name: Laura Bernd
Grund: Geprüft und freigegeben.
Datum: 06.09.2023 12:14:42 (UTC+02:00:00)

Laura Bernd
(stellv. Projektleiterin)



CUA Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH
Zum Nordkai 16 | 26725 Emden
Geschäftsführer Dr. Joachim Döring
Telefon 0 49 21 87 - 23 50
Telefax 0 49 21 87 - 23 56
cua@cua-emden.com
Sparkasse Emden
BIC BRLA DE 21EMD
IBAN DE35284500000021003090
Ust-IdNr. DE274636155
St.-Nr. 58/200/11267
Handelsregister Aurich HR B Nr. 201749

| Methode | Norm | Messunsicherheit [%] |
|---|---|---|
| pH-Wert (W,E) | DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04[1)] | 0,10 abs. |
| Sulfat | DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07[1)] | 7,6 |
| kalklös. Kohlensäure | DIN 38404-C10 [1)*)] | - |
| Ammonium | DIN EN ISO 11732 (E 23): 1997-09 [1)] | 13,1 |
| Calcium | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 [2)] | 12,9 |
| Magnesium | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 [2)] | 11,8 |

[1)] Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH akkreditiert durch die DAkkS gemäß D-PL-17612-01
[2)] Laboratorien Dr. Döring GmbH akkreditiert durch die DAkkS gemäß D-PL-13462-01-00
[*)] nicht akkreditiertes Verfahren


**CUA** Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH
Zum Nordkai 16 | 26725 Emden
Geschäftsführer Dr. Joachim Döring
Telefon 0 49 21 87 - 23 50
Telefax 0 49 21 87 - 23 56
cua@cua-emden.com
Sparkasse Emden
BIC BRLA DE 21EMD
IBAN DE35284500000021003090
Ust-IdNr. DE274636155
St.-Nr. 58/200/11267
Handelsregister Aurich HR B Nr. 201749

| Labornummer | 21173 | Angriffsgrad | | |
|---|---|---|---|---|
| Analysennummer | 155796 | | | |
| Probenbezeichnung | **Probe 06 (WEA 01)** | | | |
| | | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |
| Dimension | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] |
| pH-Wert (20°C) | 6,7 | 6,5 – 5,5 | < 5,5 – 4,5 | < 4,5 |
| kalklösende Kohlensäure | 9,4 | 15 – 40 | > 40 – 100 | > 100 |
| Ammonium | 0,4 | 15 – 30 | > 30 – 60 | > 60 |
| Sulfat | 37 | 200 – 600 | > 600 – 3.000 | > 3.000 |
| Magnesium | 20 | 300 – 1.000 | > 1.000 – 3.000 | > 3.000 |
| Calcium | 110 | | | |
| Angriffsgrad n. DIN 4030 | * | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |

* die Analysenwerte liegen jeweils unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad: XA1 schwach angreifend

## Beurteilung nach DIN 4030 - Betonaggressivität

In Bezug auf die untersuchten Parameter liegen die Analysenwerte der Wasserprobe **Probe 06 (WEA 01)** (Labornummer 21173) unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad XA1, schwach angreifend nach der DIN 4030-1.

Hinweis:
Die Beurteilung des untersuchten Materials erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z.B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Klassenzuordnung ersetzt keine geologische Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.


**CUA** Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH
Zum Nordkai 16 | 26725 Emden
Geschäftsführer Dr. Joachim Döring
Telefon 0 49 21 87 - 23 50
Telefax 0 49 21 87 - 23 56
cua@cua-emden.com
Sparkasse Emden
BIC BRLA DE 21EMD
IBAN DE35284500000021003090
Ust-IdNr. DE274636155
St.-Nr. 58/200/11267
Handelsregister Aurich HR B Nr. 201749

| Labornummer | 21174 | Angriffsgrad | | |
|---|---|---|---|---|
| Analysennummer | 155797 | | | |
| Probenbezeichnung | **Probe 07 (WEA 02)** | | | |
| | | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |
| Dimension | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] |
| pH-Wert (20°C) | 6,7 | 6,5 – 5,5 | < 5,5 – 4,5 | < 4,5 |
| kalklösende Kohlensäure | < 1,0 | 15 – 40 | > 40 – 100 | > 100 |
| Ammonium | 0,4 | 15 – 30 | > 30 – 60 | > 60 |
| Sulfat | 53 | 200 – 600 | > 600 – 3.000 | > 3.000 |
| Magnesium | 24 | 300 – 1.000 | > 1.000 – 3.000 | > 3.000 |
| Calcium | 7,8 | | | |
| Angriffsgrad n. DIN 4030 | * | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |

* die Analysenwerte liegen jeweils unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad: XA1 schwach angreifend

## Beurteilung nach DIN 4030 - Betonaggressivität

In Bezug auf die untersuchten Parameter liegen die Analysenwerte der Wasserprobe **Probe 07 (WEA 02)** (Labornummer 21174) unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad XA1, schwach angreifend nach der DIN 4030-1.

Hinweis:
Die Beurteilung des untersuchten Materials erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z.B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Klassenzuordnung ersetzt keine geologische Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.


**CUA** Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH
Zum Nordkai 16 | 26725 Emden
Geschäftsführer Dr. Joachim Döring
Telefon 0 49 21 87 - 23 50
Telefax 0 49 21 87 - 23 56
cua@cua-emden.com
Sparkasse Emden
BIC BRLA DE 21EMD
IBAN DE35284500000021003090
Ust-IdNr. DE274636155
St.-Nr. 58/200/11267
Handelsregister Aurich HR B Nr. 201749

| Labornummer | 21175 | Angriffsgrad | | |
|---|---|---|---|---|
| Analysennummer | 155798 | | | |
| Probenbezeichnung | **Probe 09 (WEA 04)** | | | |
| | | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |
| Dimension | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] |
| pH-Wert (20°C) | 6,7 | 6,5 – 5,5 | < 5,5 – 4,5 | < 4,5 |
| kalklösende Kohlensäure | 8,4 | 15 – 40 | > 40 – 100 | > 100 |
| Ammonium | 0,1 | 15 – 30 | > 30 – 60 | > 60 |
| Sulfat | 6,8 | 200 – 600 | > 600 – 3.000 | > 3.000 |
| Magnesium | 24 | 300 – 1.000 | > 1.000 – 3.000 | > 3.000 |
| Calcium | 3,3 | | | |
| Angriffsgrad n. DIN 4030 | * | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |

* die Analysenwerte liegen jeweils unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad: XA1 schwach angreifend

**Beurteilung nach DIN 4030 - Betonaggressivität**

In Bezug auf die untersuchten Parameter liegen die Analysenwerte der Wasserprobe **Probe 09 (WEA 04)** (Labornummer 21175) unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad XA1, schwach angreifend nach der DIN 4030-1.

Hinweis:
Die Beurteilung des untersuchten Materials erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z.B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Klassenzuordnung ersetzt keine geologische Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.


**CUA** Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH
Zum Nordkai 16 | 26725 Emden
Geschäftsführer Dr. Joachim Döring
Telefon 0 49 21 87 - 23 50
Telefax 0 49 21 87 - 23 56
cua@cua-emden.com
Sparkasse Emden
BIC BRLA DE 21EMD
IBAN DE35284500000021003090
Ust-IdNr. DE274636155
St.-Nr. 58/200/11267
Handelsregister Aurich HR B Nr. 201749

| Labornummer | 21176 | Angriffsgrad | | |
|---|---|---|---|---|
| Analysennummer | 155799 | | | |
| Probenbezeichnung | **Probe 10 (WEA Verweyen)** | | | |
| | | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |
| Dimension | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] |
| pH-Wert (20°C) | 7,1 | 6,5 – 5,5 | < 5,5 – 4,5 | < 4,5 |
| kalklösende Kohlensäure | < 1,0 | 15 – 40 | > 40 – 100 | > 100 |
| Ammonium | < 0,1 | 15 – 30 | > 30 – 60 | > 60 |
| Sulfat | 21 | 200 – 600 | > 600 – 3.000 | > 3.000 |
| Magnesium | 7,9 | 300 – 1.000 | > 1.000 – 3.000 | > 3.000 |
| Calcium | 7,4 | | | |
| Angriffsgrad n. DIN 4030 | * | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |

* die Analysenwerte liegen jeweils unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad: XA1 schwach angreifend

**Beurteilung nach DIN 4030 - Betonaggressivität**

In Bezug auf die untersuchten Parameter liegen die Analysenwerte der Wasserprobe **Probe 10 (WEA Verweyen)** (Labornummer 21176) unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad XA1, schwach angreifend nach der DIN 4030-1.

Hinweis:
Die Beurteilung des untersuchten Materials erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z.B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Klassenzuordnung ersetzt keine geologische Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.


**CUA** Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH
Zum Nordkai 16 | 26725 Emden
Geschäftsführer Dr. Joachim Döring
Telefon 0 49 21 87 - 23 50
Telefax 0 49 21 87 - 23 56
cua@cua-emden.com
Sparkasse Emden
BIC BRLA DE 21EMD
IBAN DE35284500000021003090
Ust-IdNr. DE274636155
St.-Nr. 58/200/11267
Handelsregister Aurich HR B Nr. 201749

CUA

CUA Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH · Zum Nordkai 16 · 26725 Emden

HPC AG
Blinke 6

26789 LEER

29. August 2023

# PRÜFBERICHT 240823802

| | |
|---|---|
| Auftragsnr. Auftraggeber: | Kst: 3711; 2301989 |
| Projektbezeichnung: | WP Georgshof, WWA Verweyen |
| Probenahme: | durch Auftraggeber am 23.08.2023 |
| Probentransport: | durch Auftraggeber |
| Probeneingang: | 24.08.2023 |
| Prüfzeitraum: | 24.08. – 29.08.2023 |
| Probennummer: | 20605 / 23 |
| Probenmaterial: | Wasser |
| Verpackung: | PE-Flasche (250 mL, 250 mL + $CaCO_3$) |
| Bemerkungen: | - |
| Sonstiges: | Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Regelungen zur Unterauftragvergabe und zu Messunsicherheiten auf Seite 2. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die CUA Emden GmbH. Eventuell ausgewiesene Summen einzelner Parameter werden automatisch berechnet. Die Bildung der Summen erfolgt rein numerisch. Die angegebenen Stellen widerspiegeln keine Signifikanz. Die Bestimmungsgrenzen können matrix- / einwaagebedingt variieren. |
| Analysenbefunde: | Seite 3 |
| Messverfahren: | Seite 2 |
| Qualitätskontrolle: | |

Name: M. Ed. Greta Brose
Grund: Geprüft und freigegeben.
Datum: 29.08.2023 11:22:19 (UTC+02:00:00)

M. Ed. Greta Brose
(Projektleiterin)

Name: Laura Bernd
Grund: Geprüft und freigegeben.
Datum: 29.08.2023 11:24:01 (UTC+02:00:00)

Laura Bernd
(stellv. Projektleiterin)



**CUA** Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH
Zum Nordkai 16 | 26725 Emden
Geschäftsführer Dr. Joachim Döring
Telefon 0 49 21 87 - 23 50
Telefax 0 49 21 87 - 23 56
cua@cua-emden.com
Sparkasse Emden
BIC BRLA DE 21EMD
IBAN DE35284500000021003090
Ust-IdNr. DE274636155
St.-Nr. 58/200/11267
Handelsregister Aurich HR B Nr. 201749

| Methode | Norm | Messunsicherheit [%] |
|---|---|---|
| pH-Wert (W,E) | DIN EN ISO 10523 (C5): 2012-04[1)] | 0,10 abs. |
| Sulfat | DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07[1)] | 7,6 |
| kalklös. Kohlensäure | DIN 38404-C10 [1)*)] | - |
| Ammonium | DIN EN ISO 11732 (E 23): 1997-09 [1)] | 13,1 |
| Calcium | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 [2)] | 12,9 |
| Magnesium | DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09 [2)] | 11,8 |

[1)] Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH akkreditiert durch die DAkkS gemäß D-PL-17612-01
[2)] Laboratorien Dr. Döring GmbH akkreditiert durch die DAkkS gemäß D-PL-13462-01-00
[*)] nicht akkreditiertes Verfahren


**CUA** Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH
Zum Nordkai 16 | 26725 Emden
Geschäftsführer Dr. Joachim Döring
Telefon 0 49 21 87 - 23 50
Telefax 0 49 21 87 - 23 56
cua@cua-emden.com
Sparkasse Emden
BIC BRLA DE 21EMD
IBAN DE35284500000021003090
Ust-IdNr. DE274636155
St.-Nr. 58/200/11267
Handelsregister Aurich HR B Nr. 201749

| Labornummer | 20605 | Angriffsgrad | | |
|---|---|---|---|---|
| Analysennummer | 152276 | | | |
| Probenbezeichnung | **Probe 08 (WEA 03)** | | | |
| | | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |
| Dimension | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] | [mg/L] |
| pH-Wert (20°C) | 6,9 | 6,5 – 5,5 | < 5,5 – 4,5 | < 4,5 |
| kalklösende Kohlensäure | 16 | 15 – 40 | > 40 – 100 | > 100 |
| Ammonium | 0,6 | 15 – 30 | > 30 – 60 | > 60 |
| Sulfat | 31 | 200 – 600 | > 600 – 3.000 | > 3.000 |
| Magnesium | 13 | 300 – 1.000 | > 1.000 – 3.000 | > 3.000 |
| Calcium | 110 | | | |
| Angriffsgrad n. DIN 4030 | schwach angreifend | schwach angreifend | mäßig angreifend | stark angreifend |

**Beurteilung nach DIN 4030 - Betonaggressivität**

In Bezug auf die untersuchten Parameter ist die Wasserprobe **Probe 08 (WEA 03)** (Labornummer 20605) beurteilt nach den Grenzwerten der DIN 4030-1 aufgrund der kalklösenden Kohlensäure als schwach betonangreifend einzustufen.

Hinweis:
Die Beurteilung des untersuchten Materials erfolgt ausschließlich auf formaler Grundlage und ist nicht Gegenstand der akkreditierten Leistung. Einzel- und Sonderfallregelungen (z.B. durch Fußnoten) sind nicht berücksichtigt. Diese Klassenzuordnung ersetzt keine geologische Gutachterleistung unter Berücksichtigung aller Rahmenbedingungen.


**CUA** Chemisches Untersuchungsamt Emden GmbH
Zum Nordkai 16 | 26725 Emden
Geschäftsführer Dr. Joachim Döring
Telefon 0 49 21 87 - 23 50
Telefax 0 49 21 87 - 23 56
cua@cua-emden.com
Sparkasse Emden
BIC BRLA DE 21EMD
IBAN DE35284500000021003090
Ust-IdNr. DE274636155
St.-Nr. 58/200/11267
Handelsregister Aurich HR B Nr. 201749

**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,3 | 5,3 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,3 | - | 7,0 | 1,7 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 3 | 7,0 | - | 9,4 | 2,4 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 9,4 | - | 10,0 | 0,6 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 5 | 10,0 | - | 11,5 | 1,5 | 19,00 | 0 | 0,150 | 6,650 | Sand |
| 6 | 11,5 | - | 13,0 | 1,5 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 13,0 | - | 14,0 | 1,0 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 8 | 14,0 | - | 18,4 | 4,4 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 18,4 | - | 27,4 | 9,0 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 27,4 | - | 29,1 | 1,7 | 9,00 | 0 | 0,090 | 3,150 | Sandiger Schluff |
| 11 | 29,1 | - | 35,0 | 5,9 | 9,00 | 0 | 0,090 | 3,150 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 29,0 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 30,0 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

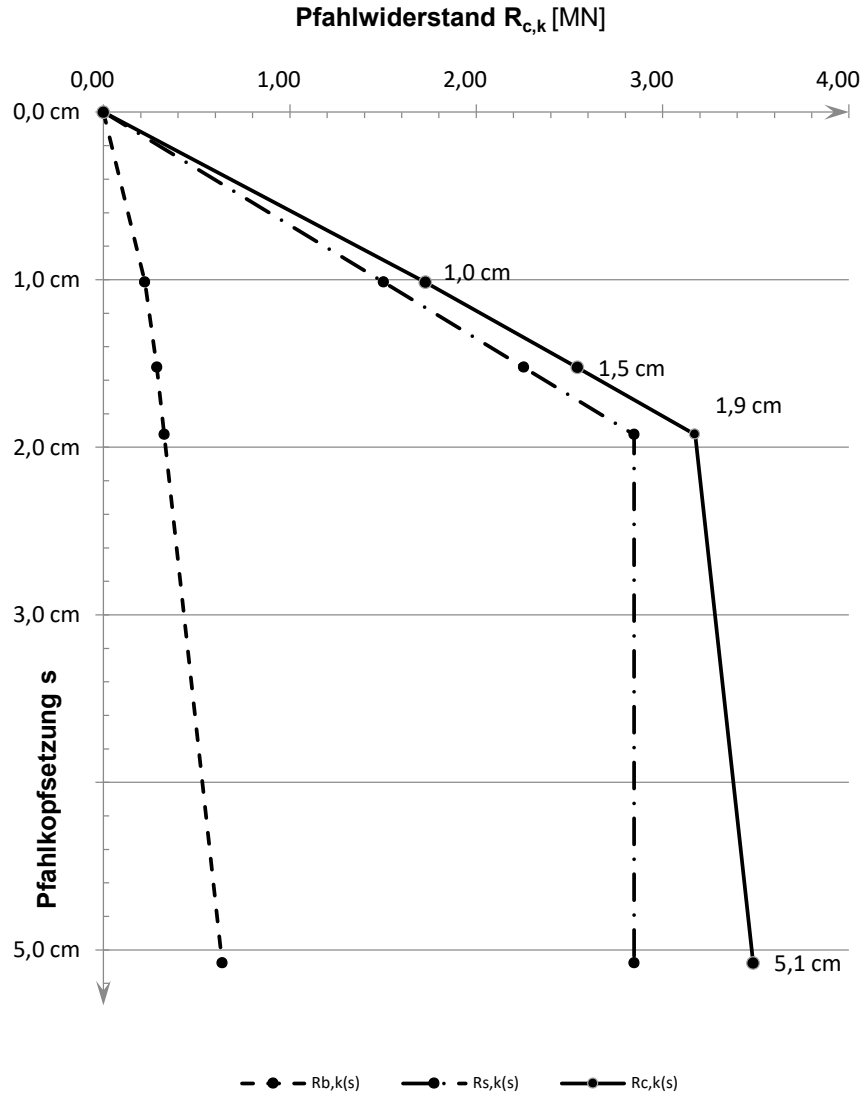
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 29,0 | 3,404 | 2,767 | 0,638 |
| **29,5** | **3,485** | 2,848 | 0,638 |
| 30,0 | 3,566 | 2,929 | 0,638 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 29,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,503 | 0,223 | 1,726 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,255 | 0,287 | 2,542 |
| $s_{sg}$ | 1,9 cm | 2,848 | 0,327 | 3,174 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 2,848 | 0,638 | 3,485 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,3 | 5,3 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,3 | - | 7,0 | 1,7 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 3 | 7,0 | - | 9,4 | 2,4 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 9,4 | - | 10,0 | 0,6 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 5 | 10,0 | - | 11,5 | 1,5 | 19,00 | 0 | 0,150 | 6,650 | Sand |
| 6 | 11,5 | - | 13,0 | 1,5 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 13,0 | - | 14,0 | 1,0 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 8 | 14,0 | - | 18,4 | 4,4 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 18,4 | - | 27,4 | 9,0 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 27,4 | - | 29,1 | 1,7 | 9,00 | 0 | 0,090 | 3,150 | Sandiger Schluff |
| 11 | 29,1 | - | 35,0 | 5,9 | 9,00 | 0 | 0,090 | 3,150 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 29,0 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 30,0 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

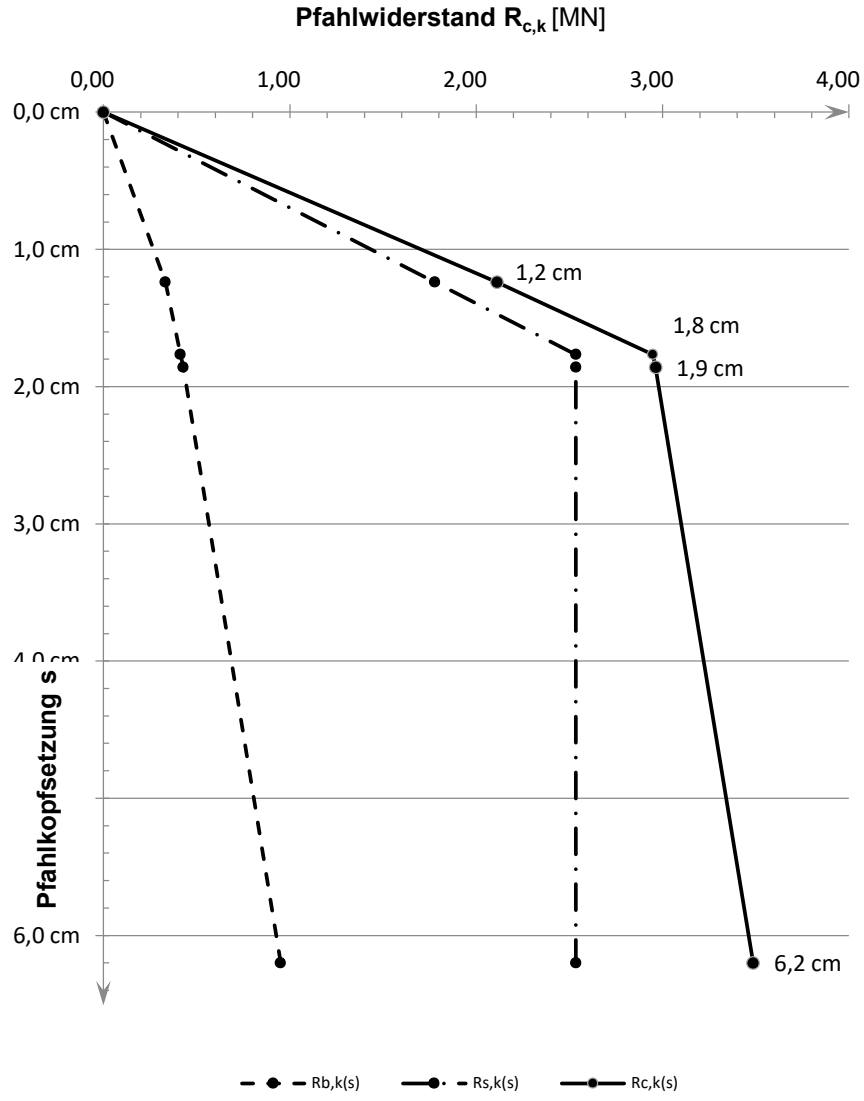
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 29,0 | 3,414 | 2,463 | 0,951 |
| **29,5** | **3,486** | 2,535 | 0,951 |
| 30,0 | 3,558 | 2,607 | 0,951 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 29,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,778 | 0,333 | 2,111 |
| $s_{sg}$ | 1,8 cm | 2,535 | 0,414 | 2,948 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,535 | 0,428 | 2,963 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,535 | 0,951 | 3,486 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,3 | 5,3 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,3 | - | 7,0 | 1,7 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand |
| 3 | 7,0 | - | 9,4 | 2,4 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 4 | 9,4 | - | 10,0 | 0,6 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand |
| 5 | 10,0 | - | 11,5 | 1,5 | 19,00 | 0 | 0,120 | 3,400 | Sand |
| 6 | 11,5 | - | 13,0 | 1,5 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 13,0 | - | 14,0 | 1,0 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 8 | 14,0 | - | 18,4 | 4,4 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 18,4 | - | 27,4 | 9,0 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 27,4 | - | 29,1 | 1,7 | 9,00 | 0 | 0,072 | 1,800 | Sandiger Schluff |
| 11 | 29,1 | - | 38,0 | 8,9 | 9,00 | 0 | 0,072 | 1,800 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 34,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 35,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

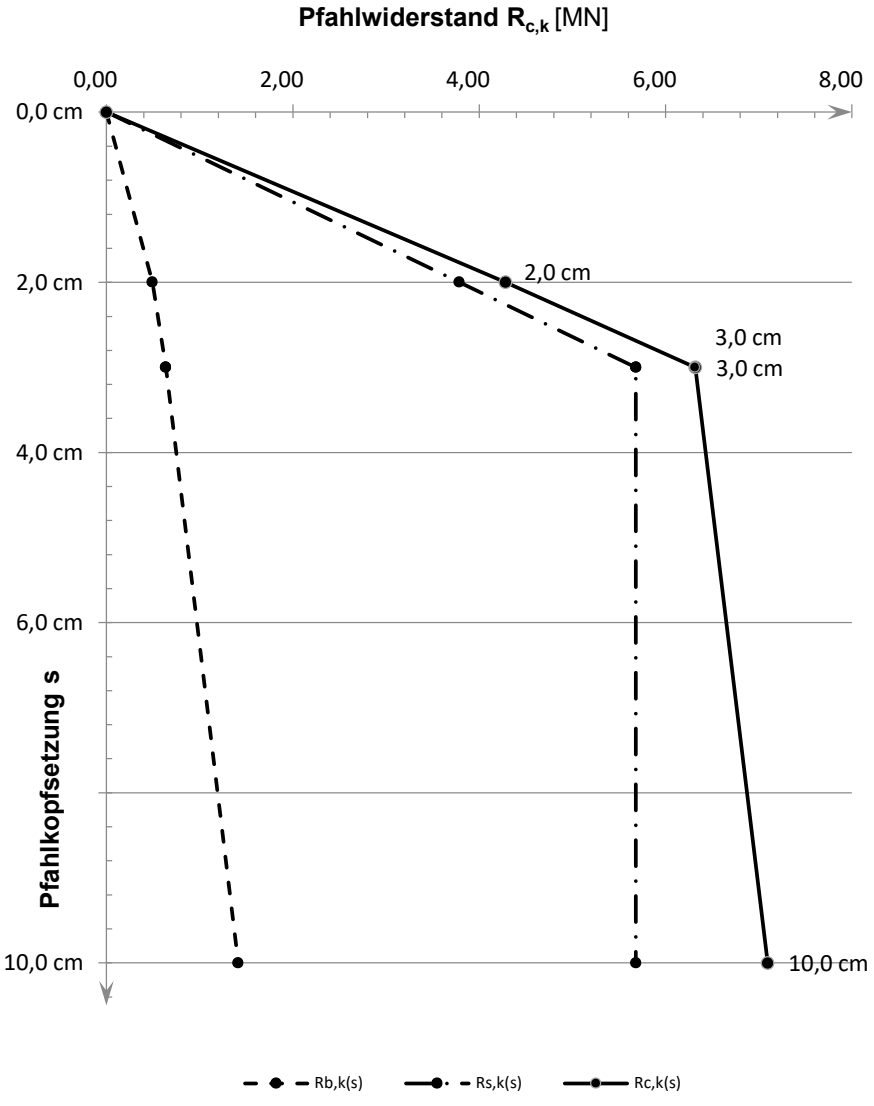
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 34,0 | 6,982 | 5,568 | 1,414 |
| **34,5** | **7,095** | 5,681 | 1,414 |
| 35,0 | 7,208 | 5,794 | 1,414 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 34,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,788 | 0,495 | 4,282 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 5,681 | 0,636 | 6,317 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 5,681 | 0,636 | 6,317 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 5,681 | 1,414 | 7,095 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 5,4 | 5,4 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,4 - 6,2 | 0,8 | 2,00 | 0 | 0,020 | 0,700 | Sand |
| 3 | 6,2 - 7,0 | 0,8 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand |
| 4 | 7,0 - 7,5 | 0,5 | 3,00 | 0 | 0,030 | 1,050 | Sand |
| 5 | 7,5 - 9,3 | 1,8 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 9,3 - 11,4 | 2,1 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | Sand |
| 7 | 11,4 - 12,6 | 1,2 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 8 | 12,6 - 16,0 | 3,4 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 9 | 16,0 - 20,4 | 4,4 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 20,4 - 27,7 | 7,3 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 11 | 27,7 - 29,4 | 1,7 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand/Schluff |
| 12 | 29,4 - 35,0 | 5,6 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 29,0 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 30,0 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

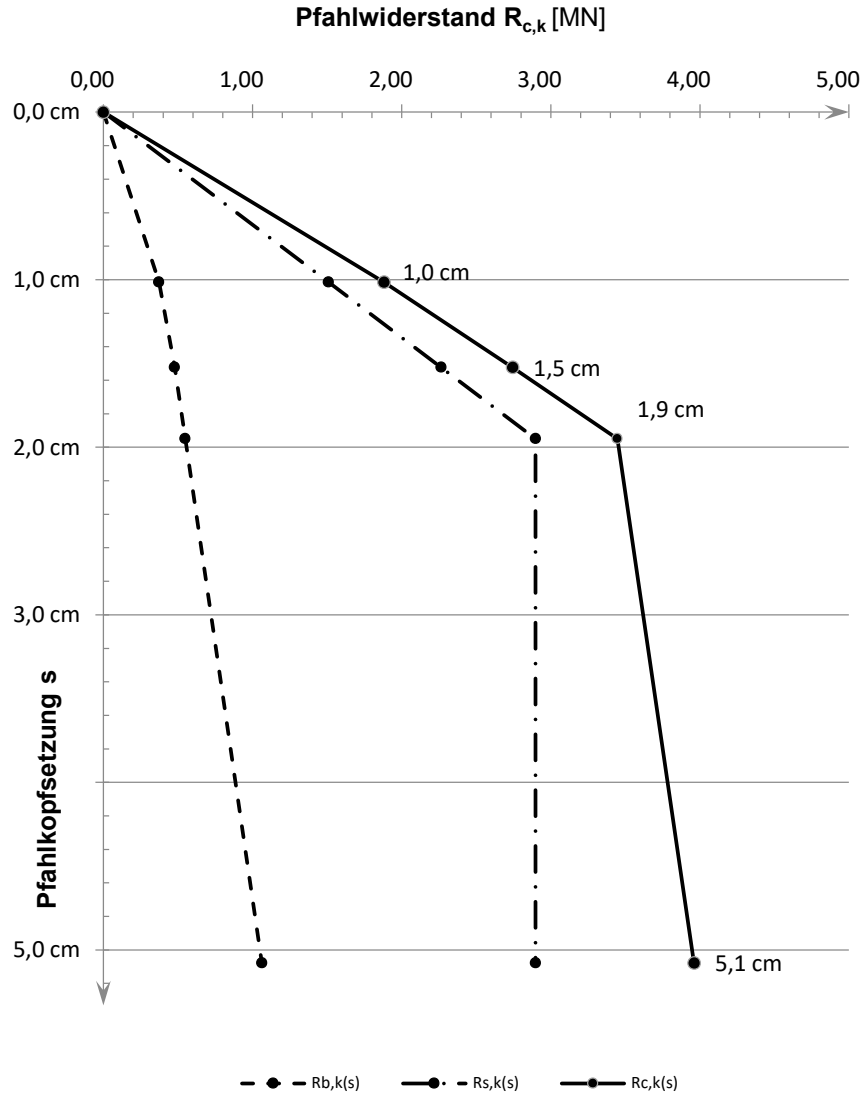
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 29,0 | 3,826 | 2,763 | 1,063 |
| **29,5** | **3,961** | 2,898 | 1,063 |
| 30,0 | 4,096 | 3,033 | 1,063 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 29,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,510 | 0,372 | 1,882 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,265 | 0,478 | 2,743 |
| $s_{sg}$ | 1,9 cm | 2,898 | 0,548 | 3,446 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 2,898 | 1,063 | 3,961 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,4 | 5,4 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,4 | - | 6,2 | 0,8 | 2,00 | 0 | 0,020 | 0,700 | Sand |
| 3 | 6,2 | - | 7,0 | 0,8 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand |
| 4 | 7,0 | - | 7,5 | 0,5 | 3,00 | 0 | 0,030 | 1,050 | Sand |
| 5 | 7,5 | - | 9,3 | 1,8 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 9,3 | - | 11,4 | 2,1 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | Sand |
| 7 | 11,4 | - | 12,6 | 1,2 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 8 | 12,6 | - | 16,0 | 3,4 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 9 | 16,0 | - | 20,4 | 4,4 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 20,4 | - | 27,7 | 7,3 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 11 | 27,7 | - | 29,4 | 1,7 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand/Schluff |
| 12 | 29,4 | - | 35,0 | 5,6 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 29,0 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 30,0 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

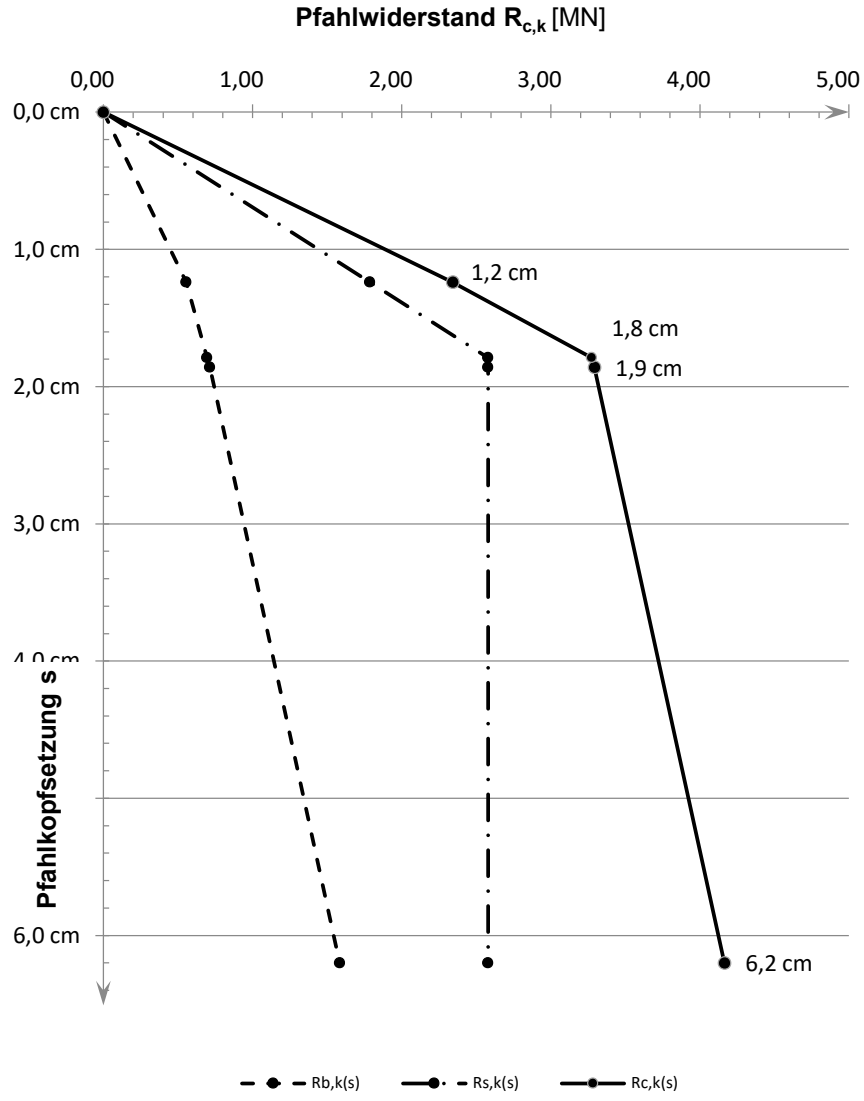
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 29,0 | 4,044 | 2,459 | 1,585 |
| **29,5** | **4,165** | 2,580 | 1,585 |
| 30,0 | 4,285 | 2,700 | 1,585 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 29,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,787 | 0,555 | 2,342 |
| $s_{sg}$ | 1,8 cm | 2,580 | 0,695 | 3,275 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,580 | 0,713 | 3,293 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,580 | 1,585 | 4,165 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,4 | 5,4 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,4 | - | 6,2 | 0,8 | 2,00 | 0 | 0,016 | 0,400 | Sand |
| 3 | 6,2 | - | 7,0 | 0,8 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand |
| 4 | 7,0 | - | 7,5 | 0,5 | 3,00 | 0 | 0,024 | 0,600 | Sand |
| 5 | 7,5 | - | 9,3 | 1,8 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 6 | 9,3 | - | 11,4 | 2,1 | 14,00 | 0 | 0,112 | 2,800 | Sand |
| 7 | 11,4 | - | 12,6 | 1,2 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 8 | 12,6 | - | 16,0 | 3,4 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 9 | 16,0 | - | 20,4 | 4,4 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 20,4 | - | 27,7 | 7,3 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 11 | 27,7 | - | 29,4 | 1,7 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Sand/Schluff |
| 12 | 29,4 | - | 38,0 | 8,6 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 34,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 35,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

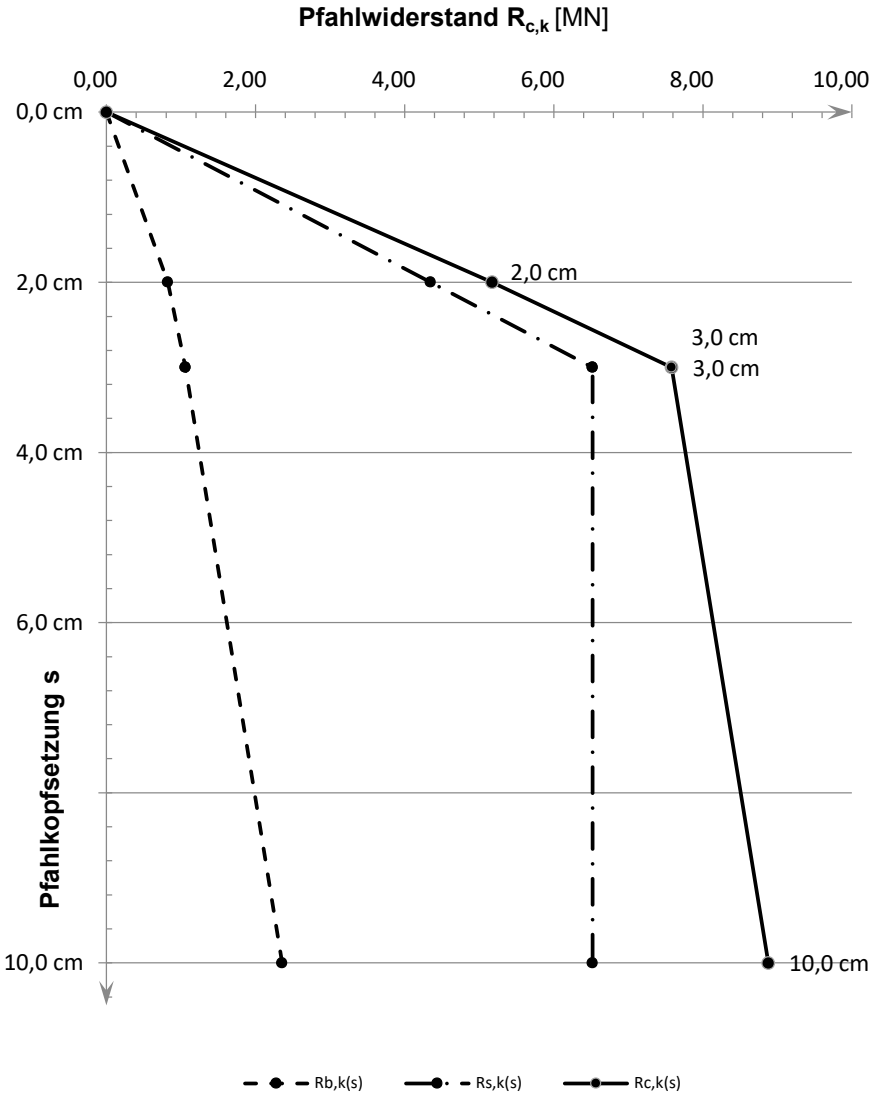
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 34,0 | 8,688 | 6,332 | 2,356 |
| **34,5** | **8,876** | 6,520 | 2,356 |
| 35,0 | 9,065 | 6,709 | 2,356 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 34,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 4,347 | 0,825 | 5,171 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 6,520 | 1,060 | 7,580 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 6,520 | 1,060 | 7,580 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 6,520 | 2,356 | 8,876 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,2 | 5,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,2 | - | 7,0 | 1,8 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand |
| 3 | 7,0 | - | 7,6 | 0,6 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand/Schluff |
| 4 | 7,6 | - | 9,5 | 1,9 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 5 | 9,5 | - | 12,0 | 2,5 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand |
| 6 | 12,0 | - | 12,6 | 0,6 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 12,6 | - | 17,5 | 4,9 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 8 | 17,5 | - | 20,0 | 2,5 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 20,0 | - | 28,5 | 8,5 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 28,5 | - | 29,4 | 0,9 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand/Schluff |
| 11 | 29,4 | - | 35,0 | 5,6 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 29,0 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 30,0 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

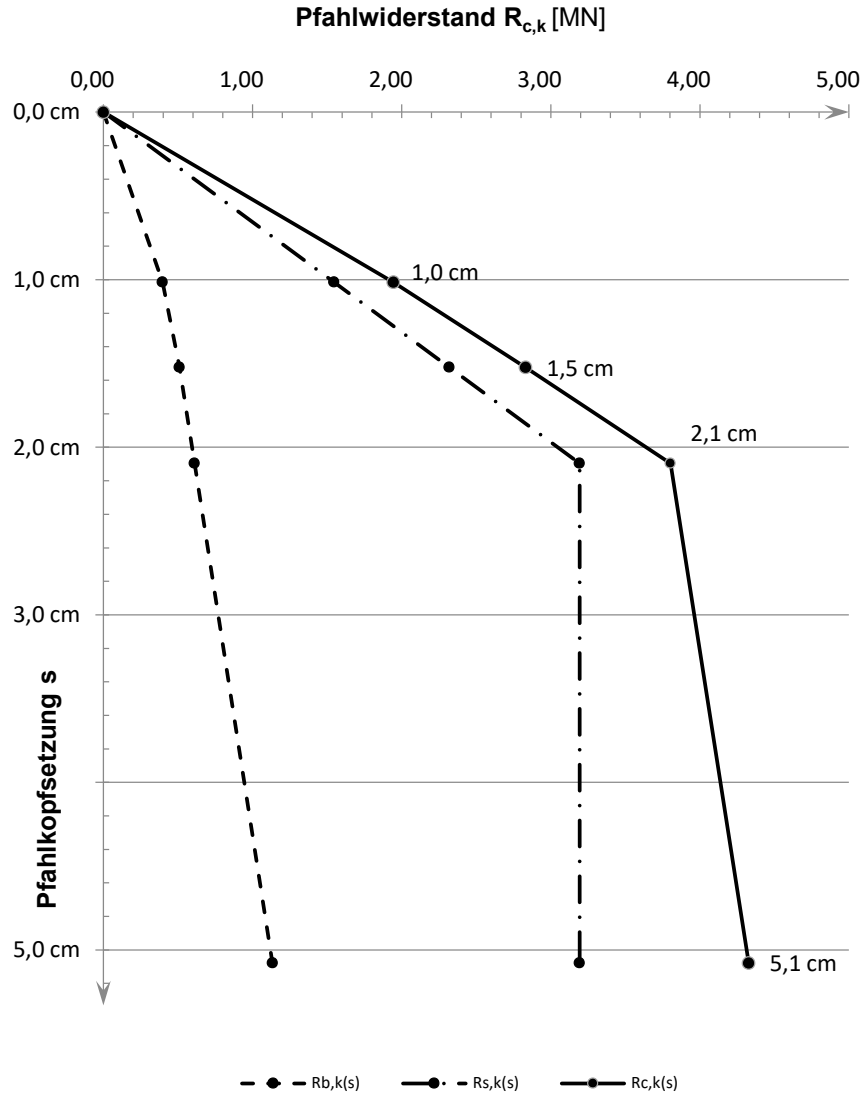
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 29,0 | 4,192 | 3,058 | 1,134 |
| **29,5** | **4,327** | 3,193 | 1,134 |
| 30,0 | 4,462 | 3,328 | 1,134 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 29,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,547 | 0,397 | 1,944 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,320 | 0,510 | 2,830 |
| $s_{sg}$ | 2,1 cm | 3,193 | 0,611 | 3,804 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 3,193 | 1,134 | 4,327 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,2 | 5,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,2 | - | 7,0 | 1,8 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand |
| 3 | 7,0 | - | 7,6 | 0,6 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand/Schluff |
| 4 | 7,6 | - | 9,5 | 1,9 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 5 | 9,5 | - | 12,0 | 2,5 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand |
| 6 | 12,0 | - | 12,6 | 0,6 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 12,6 | - | 17,5 | 4,9 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 8 | 17,5 | - | 20,0 | 2,5 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 20,0 | - | 28,5 | 8,5 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 28,5 | - | 29,4 | 0,9 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand/Schluff |
| 11 | 29,4 | - | 35,0 | 5,6 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 29,0 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 30,0 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

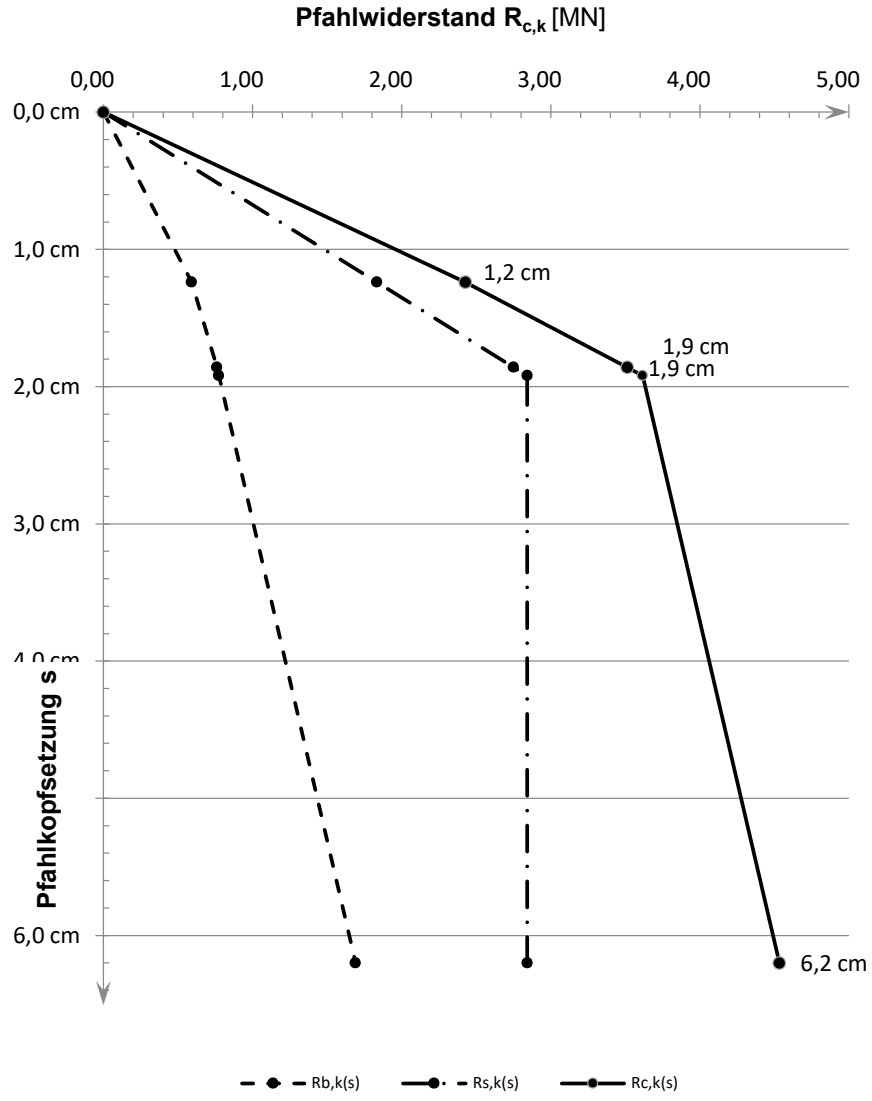
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 29,0 | 4,413 | 2,722 | 1,691 |
| **29,5** | **4,533** | 2,842 | 1,691 |
| 30,0 | 4,653 | 2,962 | 1,691 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 29,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,835 | 0,592 | 2,426 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,752 | 0,761 | 3,513 |
| $s_{sg}$ | 1,9 cm | 2,842 | 0,774 | 3,616 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,842 | 1,691 | 4,533 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,2 | 5,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,2 | - | 7,0 | 1,8 | 12,00 | 0 | 0,096 | 2,400 | Sand |
| 3 | 7,0 | - | 7,6 | 0,6 | 6,00 | 0 | 0,048 | 1,200 | Sand/Schluff |
| 4 | 7,6 | - | 9,5 | 1,9 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 5 | 9,5 | - | 12,0 | 2,5 | 18,00 | 0 | 0,120 | 3,300 | Sand |
| 6 | 12,0 | - | 12,6 | 0,6 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 12,6 | - | 17,5 | 4,9 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 8 | 17,5 | - | 20,0 | 2,5 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 20,0 | - | 28,5 | 8,5 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 28,5 | - | 29,4 | 0,9 | 16,00 | 0 | 0,120 | 3,100 | Sand/Schluff |
| 11 | 29,4 | - | 38,0 | 8,6 | 16,00 | 0 | 0,120 | 3,100 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 34,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 35,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

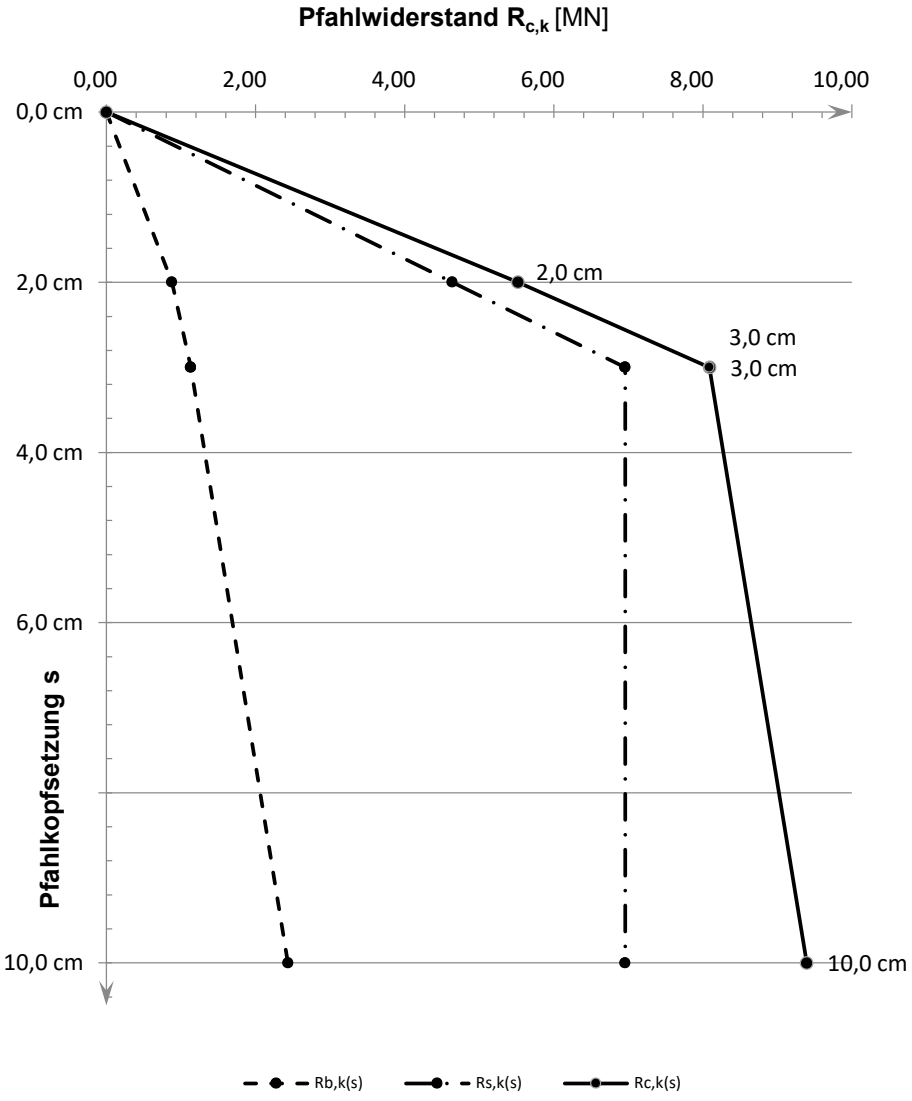
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 34,0 | 9,204 | 6,770 | 2,435 |
| **34,5** | **9,393** | 6,958 | 2,435 |
| 35,0 | 9,581 | 7,146 | 2,435 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 34,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 4,639 | 0,880 | 5,518 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 6,958 | 1,131 | 8,089 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 6,958 | 1,131 | 8,089 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 6,958 | 2,435 | 9,393 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 5,2 | 5,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,2 - 7,0 | 1,8 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 3 | 7,0 - 7,6 | 0,6 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand/Schluff |
| 4 | 7,6 - 9,6 | 2,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 5 | 9,6 - 11,8 | 2,2 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand |
| 6 | 11,8 - 12,6 | 0,8 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 12,6 - 15,7 | 3,1 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 8 | 15,7 - 20,0 | 4,3 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 20,0 - 24,0 | 4,0 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 24,0 - 28,3 | 4,3 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 11 | 28,3 - 29,1 | 0,8 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand/Schluff |
| 12 | 29,1 - 35,0 | 5,9 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 29,0 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 30,0 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

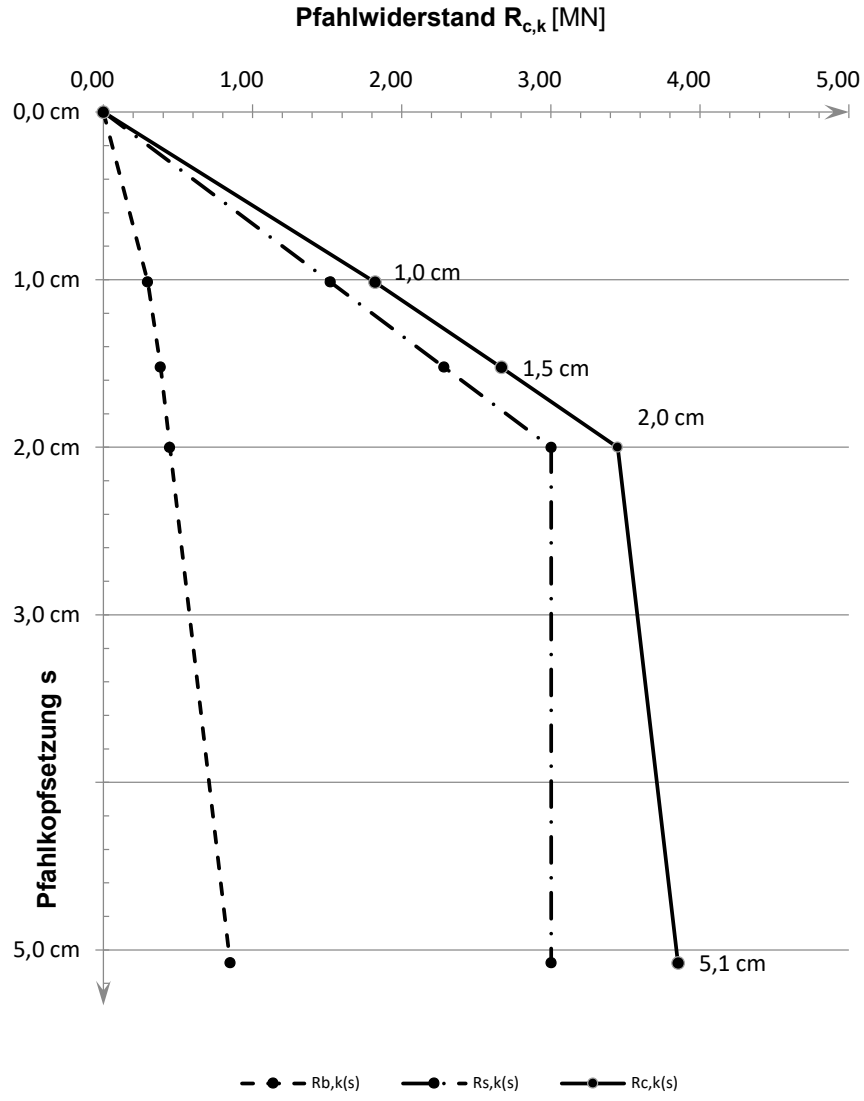
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 29,0 | 3,746 | 2,895 | 0,851 |
| **29,5** | **3,854** | 3,003 | 0,851 |
| 30,0 | 3,962 | 3,111 | 0,851 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 29,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,524 | 0,298 | 1,821 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,286 | 0,383 | 2,668 |
| $s_{sg}$ | 2,0 cm | 3,003 | 0,446 | 3,449 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 3,003 | 0,851 | 3,854 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,2 | 5,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,2 | - | 7,0 | 1,8 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 3 | 7,0 | - | 7,6 | 0,6 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand/Schluff |
| 4 | 7,6 | - | 9,6 | 2,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 5 | 9,6 | - | 11,8 | 2,2 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand |
| 6 | 11,8 | - | 12,6 | 0,8 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 12,6 | - | 15,7 | 3,1 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 8 | 15,7 | - | 20,0 | 4,3 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 20,0 | - | 24,0 | 4,0 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 24,0 | - | 28,3 | 4,3 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 11 | 28,3 | - | 29,1 | 0,8 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand/Schluff |
| 12 | 29,1 | - | 35,0 | 5,9 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 29,0 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 30,0 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

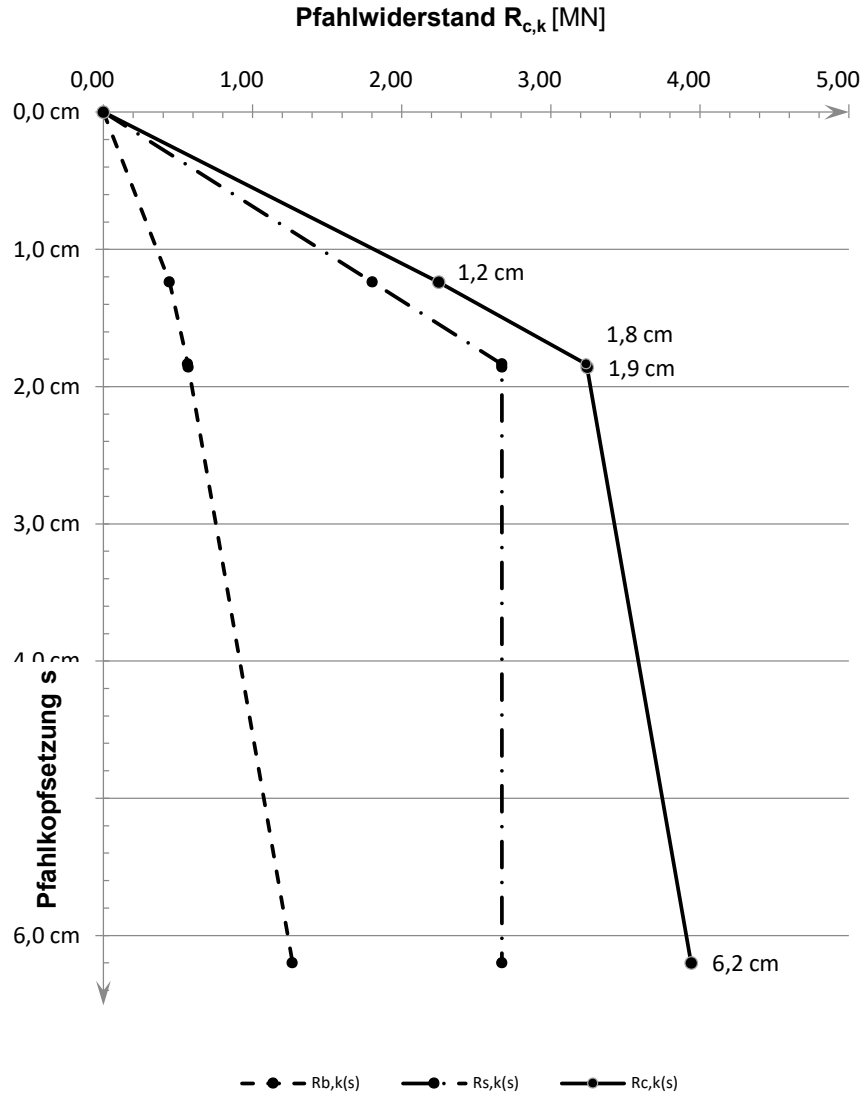
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 29,0 | 3,845 | 2,577 | 1,268 |
| **29,5** | **3,941** | 2,673 | 1,268 |
| 30,0 | 4,037 | 2,769 | 1,268 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 29,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,805 | 0,444 | 2,249 |
| $s_{sg}$ | 1,8 cm | 2,673 | 0,566 | 3,239 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,673 | 0,571 | 3,244 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,673 | 1,268 | 3,941 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 1 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 5,2 | 5,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 5,2 | - | 7,0 | 1,8 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand |
| 3 | 7,0 | - | 7,6 | 0,6 | 6,00 | 0 | 0,048 | 1,200 | Sand/Schluff |
| 4 | 7,6 | - | 9,6 | 2,0 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 5 | 9,6 | - | 11,8 | 2,2 | 20,00 | 0 | 0,120 | 3,500 | Sand |
| 6 | 11,8 | - | 12,6 | 0,8 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 12,6 | - | 15,7 | 3,1 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 8 | 15,7 | - | 20,0 | 4,3 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 20,0 | - | 24,0 | 4,0 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 24,0 | - | 28,3 | 4,3 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 11 | 28,3 | - | 29,1 | 0,8 | 12,00 | 0 | 0,096 | 2,400 | Sand/Schluff |
| 12 | 29,1 | - | 38,0 | 8,9 | 12,00 | 0 | 0,096 | 2,400 | Annahme |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 34,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 35,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

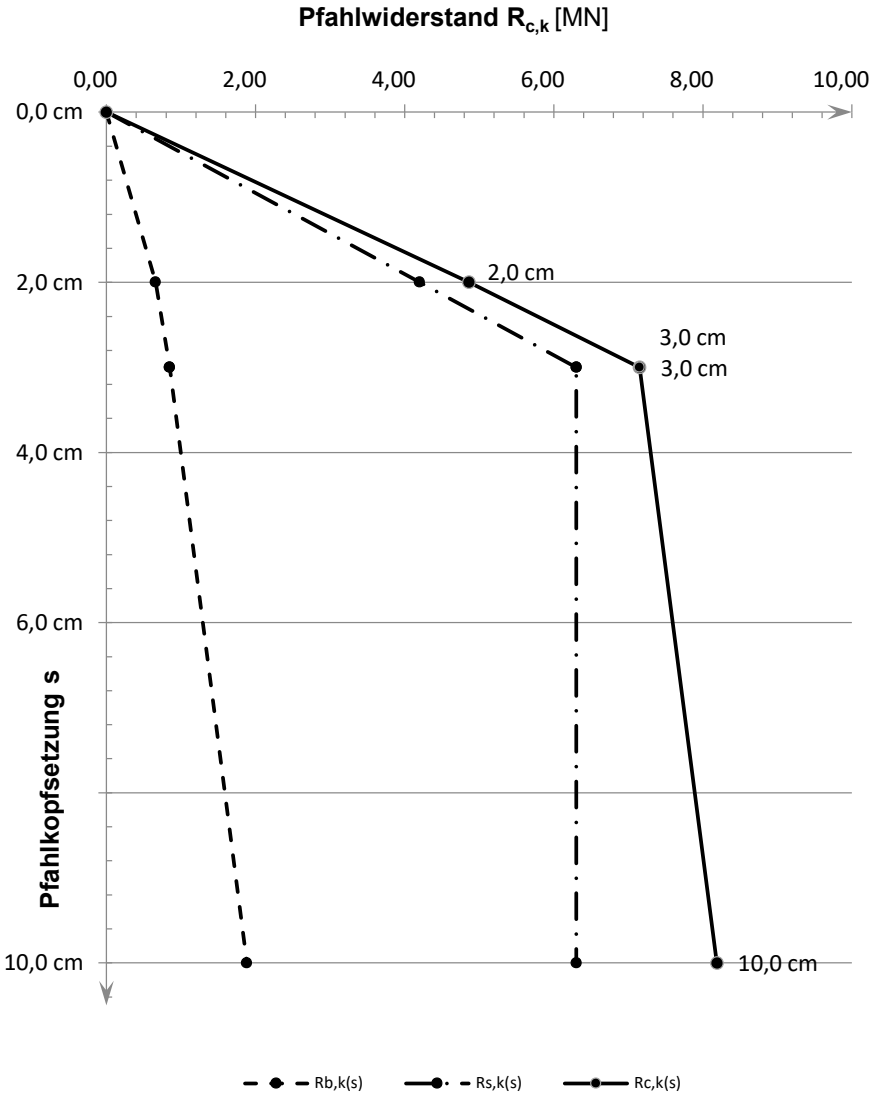
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 34,0 | 8,038 | 6,153 | 1,885 |
| **34,5** | **8,189** | 6,304 | 1,885 |
| 35,0 | 8,339 | 6,454 | 1,885 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 34,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 4,202 | 0,660 | 4,862 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 6,304 | 0,848 | 7,152 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 6,304 | 0,848 | 7,152 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 6,304 | 1,885 | 8,189 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 4,7 | 4,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,7 - 6,0 | 1,3 | 5,00 | 0 | 0,050 | 1,750 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,0 - 7,0 | 1,0 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 4 | 7,0 - 8,2 | 1,2 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |
| 5 | 8,2 - 11,2 | 3,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,2 - 13,3 | 2,1 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 7 | 13,3 - 15,5 | 2,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 8 | 15,5 - 16,5 | 1,0 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 9 | 16,5 - 18,3 | 1,8 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 10 | 18,3 - 23,0 | 4,7 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 11 | 23,0 - 26,2 | 3,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | bindig |
| 12 | 26,2 - 29,5 | 3,3 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | bindig |
| 13 | 29,5 - 30,8 | 1,3 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |
| 14 | 30,8 - 31,5 | 0,7 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 15 | 31,5 - 32,7 | 1,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 16 | 32,7 - 35,1 | 2,4 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 27,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 28,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

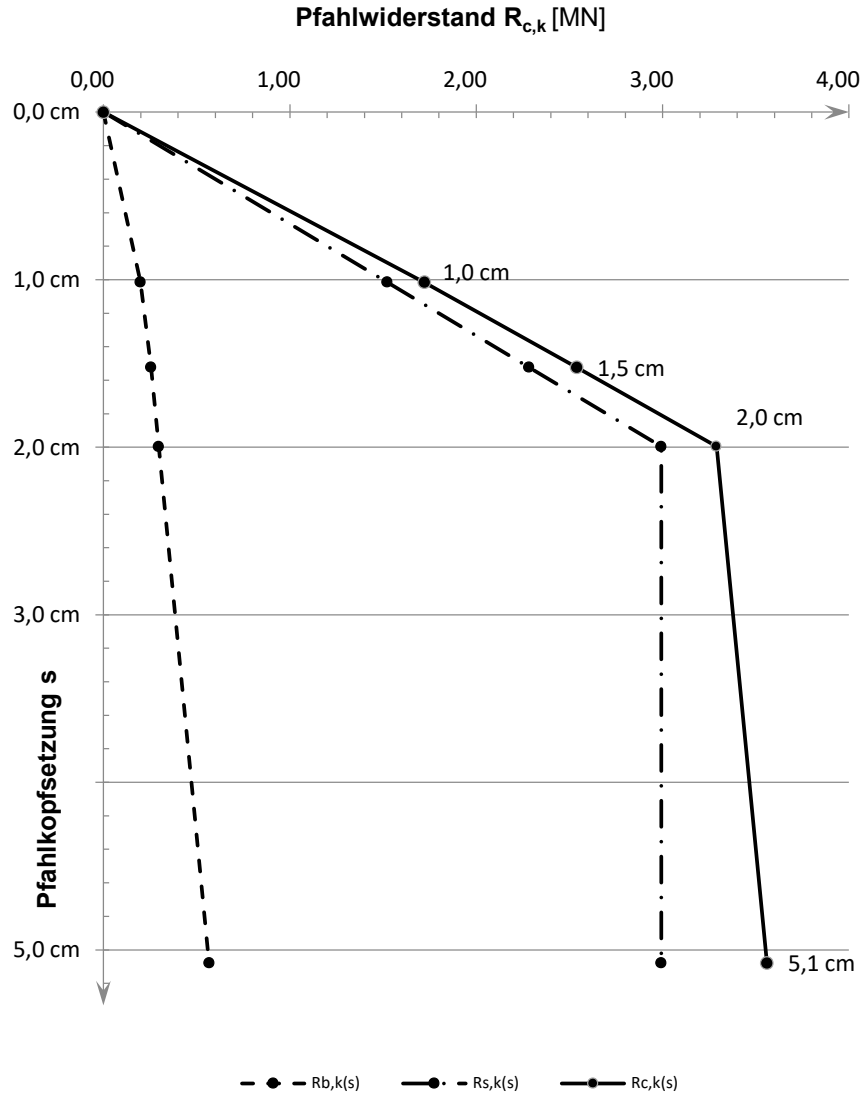
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 27,5 | 3,488 | 2,921 | 0,567 |
| **28,0** | **3,560** | 2,993 | 0,567 |
| 28,5 | 3,632 | 3,065 | 0,567 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 28,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,522 | 0,198 | 1,721 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,284 | 0,255 | 2,539 |
| $s_{sg}$ | 2,0 cm | 2,993 | 0,297 | 3,289 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 2,993 | 0,567 | 3,560 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 4,7 | 4,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,7 - 6,0 | 1,3 | 5,00 | 0 | 0,050 | 1,750 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,0 - 7,0 | 1,0 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 4 | 7,0 - 8,2 | 1,2 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |
| 5 | 8,2 - 11,2 | 3,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,2 - 13,3 | 2,1 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 7 | 13,3 - 15,5 | 2,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 8 | 15,5 - 16,5 | 1,0 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 9 | 16,5 - 18,3 | 1,8 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 10 | 18,3 - 23,0 | 4,7 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 11 | 23,0 - 26,2 | 3,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | bindig |
| 12 | 26,2 - 29,5 | 3,3 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | bindig |
| 13 | 29,5 - 30,8 | 1,3 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |
| 14 | 30,8 - 31,5 | 0,7 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 15 | 31,5 - 32,7 | 1,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 16 | 32,7 - 35,1 | 2,4 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 27,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 28,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

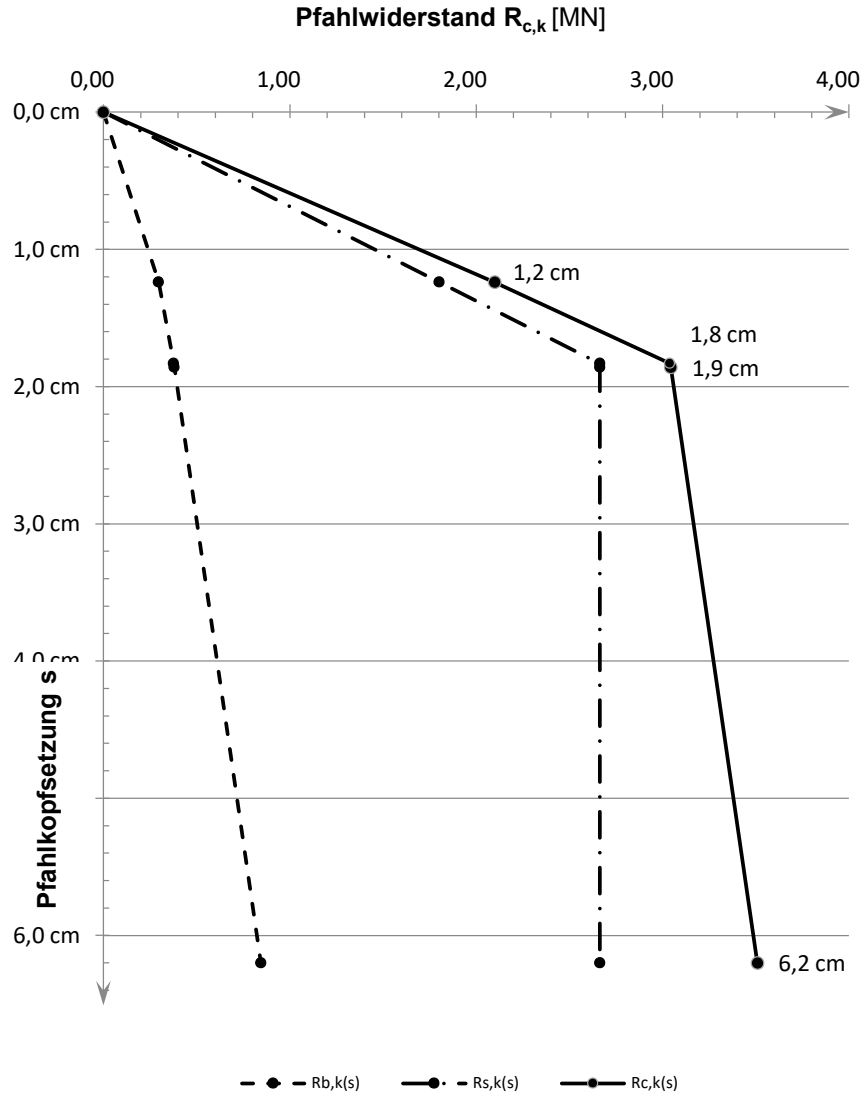
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 27,5 | 3,445 | 2,600 | 0,845 |
| **28,0** | **3,509** | 2,664 | 0,845 |
| 28,5 | 3,573 | 2,728 | 0,845 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 28,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,803 | 0,296 | 2,099 |
| $s_{sg}$ | 1,8 cm | 2,664 | 0,377 | 3,040 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,664 | 0,380 | 3,044 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,664 | 0,845 | 3,509 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,7 | 4,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,7 | - | 6,0 | 1,3 | 5,00 | 0 | 0,040 | 1,000 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,0 | - | 7,0 | 1,0 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Sand |
| 4 | 7,0 | - | 8,2 | 1,2 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand/Schluff |
| 5 | 8,2 | - | 11,2 | 3,0 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 6 | 11,2 | - | 13,3 | 2,1 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Sand |
| 7 | 13,3 | - | 15,5 | 2,2 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 8 | 15,5 | - | 16,5 | 1,0 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 9 | 16,5 | - | 18,3 | 1,8 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 10 | 18,3 | - | 23,0 | 4,7 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 11 | 23,0 | - | 26,2 | 3,2 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 12 | 26,2 | - | 29,5 | 3,3 | 8,00 | 0 | 0,064 | 1,600 | bindig |
| 13 | 29,5 | - | 30,8 | 1,3 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand/Schluff |
| 14 | 30,8 | - | 31,5 | 0,7 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 15 | 31,5 | - | 32,7 | 1,2 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 16 | 32,7 | - | 35,1 | 2,4 | 11,00 | 0 | 0,088 | 2,200 | Sand |
| 17 | 35,1 | - | 38,0 | 2,9 | 11,00 | 0 | 0,088 | 2,200 | Annahme: Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 34,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 35,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

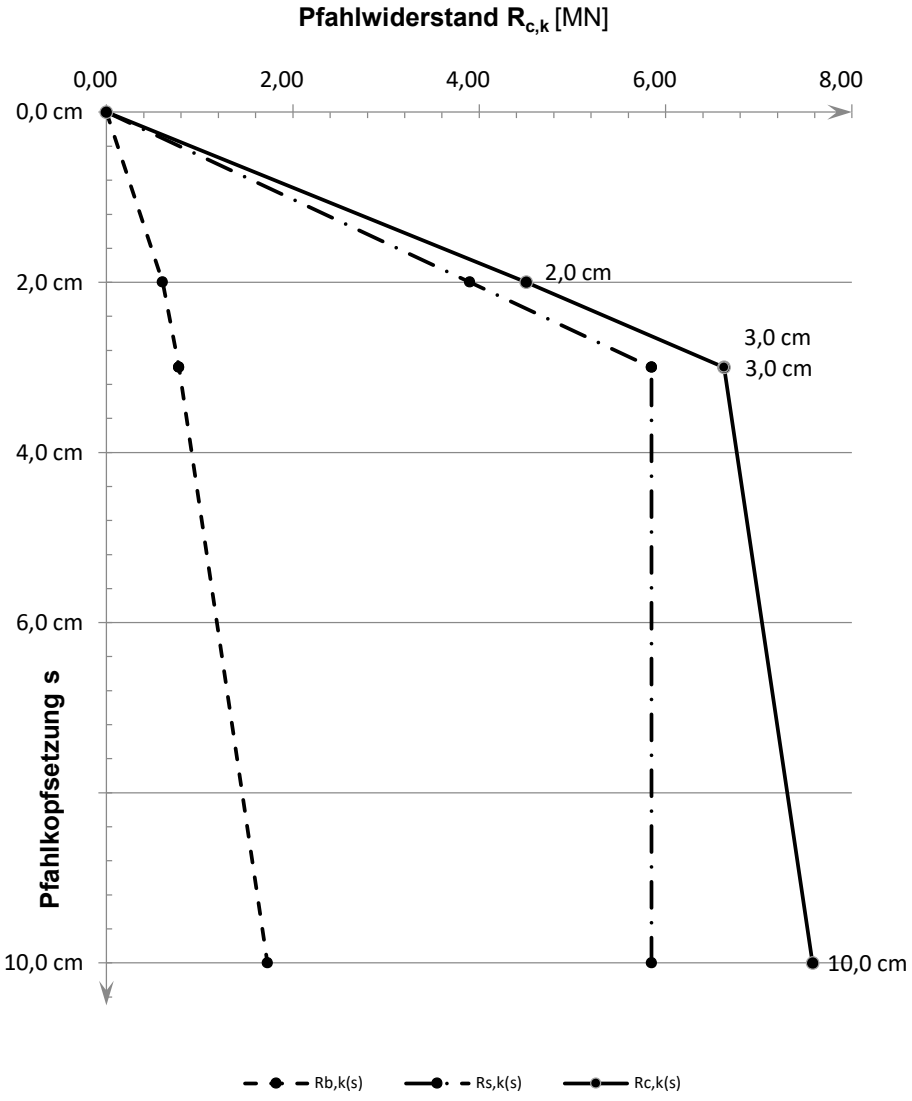
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 34,0 | 7,440 | 5,712 | 1,728 |
| **34,5** | **7,578** | 5,850 | 1,728 |
| 35,0 | 7,716 | 5,988 | 1,728 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 34,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,900 | 0,605 | 4,505 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 5,850 | 0,778 | 6,628 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 5,850 | 0,778 | 6,628 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 5,850 | 1,728 | 7,578 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 4,8 | 4,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,8 - 6,0 | 1,2 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,0 - 7,0 | 1,0 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | Sand |
| 4 | 7,0 - 8,2 | 1,2 | 5,00 | 0 | 0,050 | 1,750 | Sand/Schluff |
| 5 | 8,2 - 9,0 | 0,8 | 2,00 | 0 | 0,020 | 0,700 | bindig |
| 6 | 9,0 - 11,2 | 2,2 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 7 | 11,2 - 12,5 | 1,3 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 8 | 12,5 - 13,3 | 0,8 | 5,00 | 0 | 0,050 | 1,750 | Sand/Schluff |
| 9 | 13,3 - 14,0 | 0,7 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand |
| 10 | 14,0 - 16,8 | 2,8 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 11 | 16,8 - 18,7 | 1,9 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | bindig |
| 12 | 18,7 - 20,0 | 1,3 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 13 | 20,0 - 21,0 | 1,0 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 14 | 21,0 - 22,5 | 1,5 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 15 | 22,5 - 26,2 | 3,7 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 16 | 26,2 - 35,1 | 8,9 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 27,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 28,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

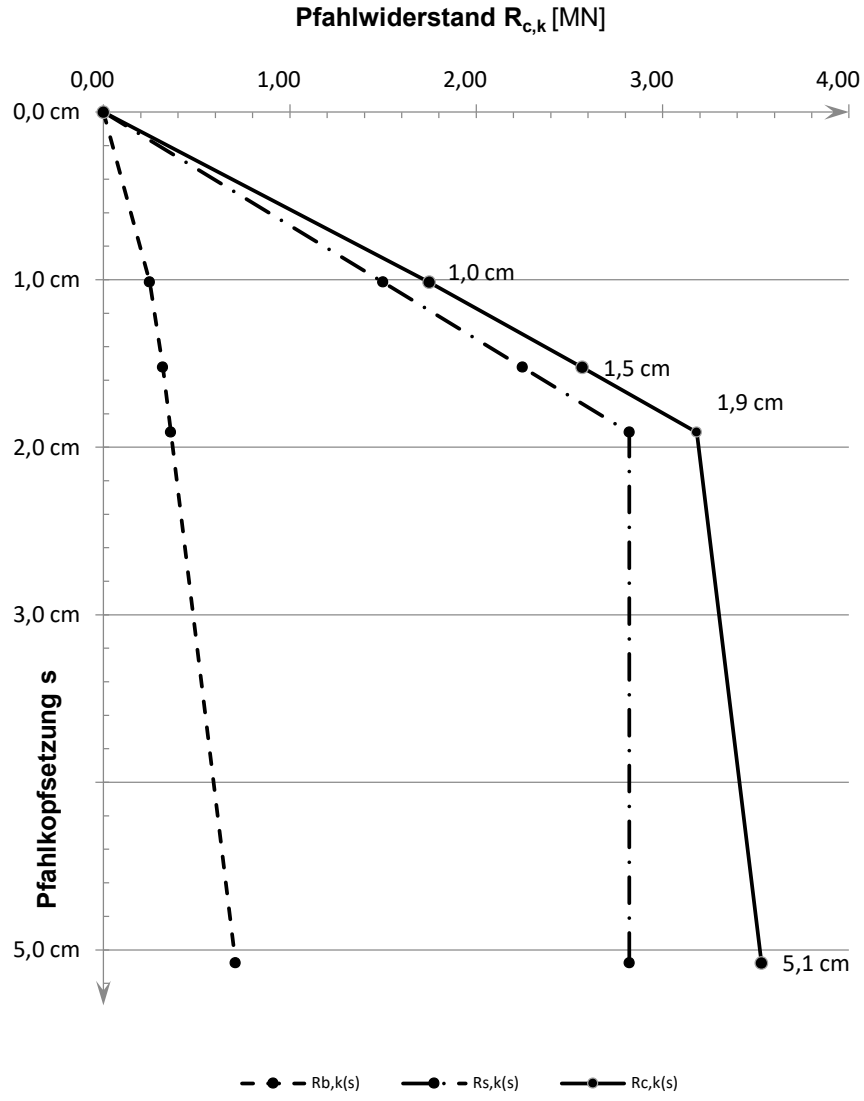
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 27,5 | 3,440 | 2,732 | 0,709 |
| **28,0** | **3,530** | 2,822 | 0,709 |
| 28,5 | 3,620 | 2,912 | 0,709 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 28,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,500 | 0,248 | 1,748 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,249 | 0,319 | 2,568 |
| $s_{sg}$ | 1,9 cm | 2,822 | 0,361 | 3,183 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 2,822 | 0,709 | 3,530 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,8 | 4,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,8 | - | 6,0 | 1,2 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,0 | - | 7,0 | 1,0 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | Sand |
| 4 | 7,0 | - | 8,2 | 1,2 | 5,00 | 0 | 0,050 | 1,750 | Sand/Schluff |
| 5 | 8,2 | - | 9,0 | 0,8 | 2,00 | 0 | 0,020 | 0,700 | bindig |
| 6 | 9,0 | - | 11,2 | 2,2 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 7 | 11,2 | - | 12,5 | 1,3 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 8 | 12,5 | - | 13,3 | 0,8 | 5,00 | 0 | 0,050 | 1,750 | Sand/Schluff |
| 9 | 13,3 | - | 14,0 | 0,7 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand |
| 10 | 14,0 | - | 16,8 | 2,8 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 11 | 16,8 | - | 18,7 | 1,9 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | bindig |
| 12 | 18,7 | - | 20,0 | 1,3 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 13 | 20,0 | - | 21,0 | 1,0 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 14 | 21,0 | - | 22,5 | 1,5 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 15 | 22,5 | - | 26,2 | 3,7 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 16 | 26,2 | - | 35,1 | 8,9 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 27,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 28,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

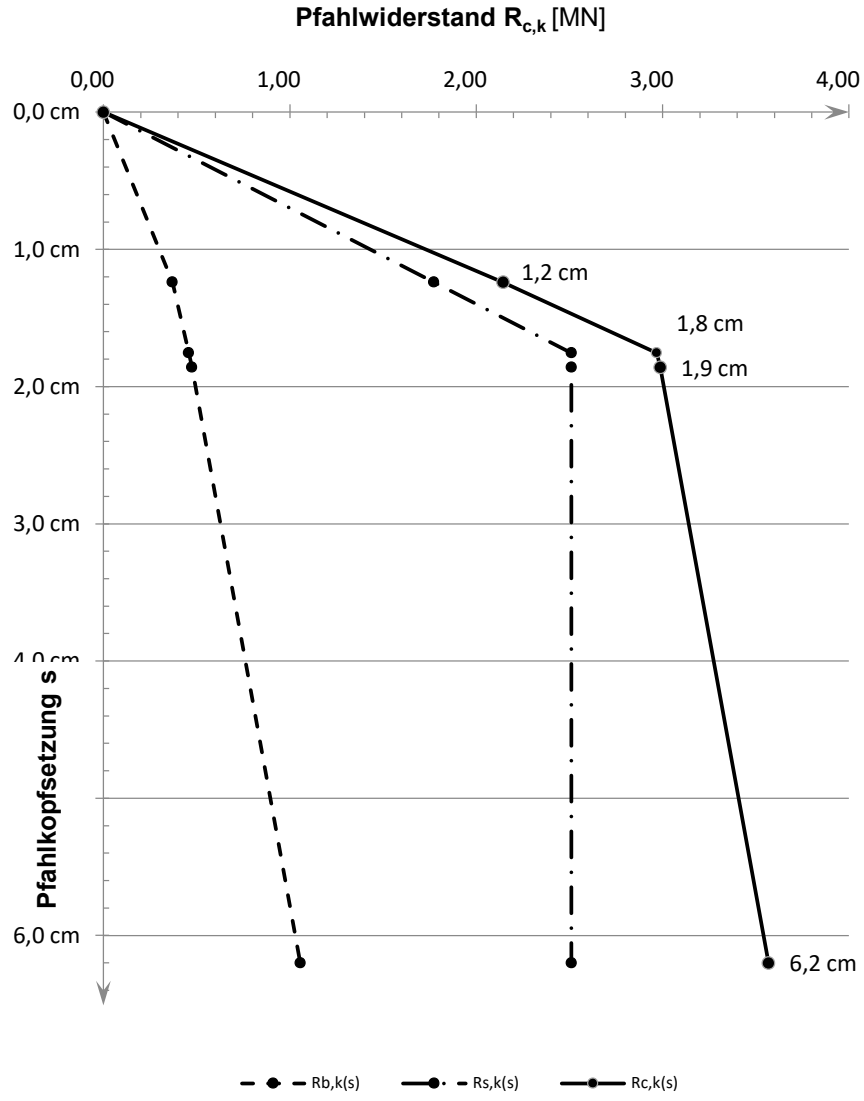
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 27,5 | 3,488 | 2,431 | 1,057 |
| **28,0** | **3,568** | 2,511 | 1,057 |
| 28,5 | 3,648 | 2,592 | 1,057 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 28,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,774 | 0,370 | 2,144 |
| $s_{sg}$ | 1,8 cm | 2,511 | 0,458 | 2,969 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,511 | 0,476 | 2,987 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,511 | 1,057 | 3,568 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 4,8 | 4,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,8 - 6,0 | 1,2 | 4,00 | 0 | 0,032 | 0,800 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,0 - 7,0 | 1,0 | 14,00 | 0 | 0,112 | 2,800 | Sand |
| 4 | 7,0 - 8,2 | 1,2 | 5,00 | 0 | 0,040 | 1,000 | Sand/Schluff |
| 5 | 8,2 - 9,0 | 0,8 | 2,00 | 0 | 0,016 | 0,400 | bindig |
| 6 | 9,0 - 11,2 | 2,2 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 7 | 11,2 - 12,5 | 1,3 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Sand |
| 8 | 12,5 - 13,3 | 0,8 | 5,00 | 0 | 0,040 | 1,000 | Sand/Schluff |
| 9 | 13,3 - 14,0 | 0,7 | 18,00 | 0 | 0,120 | 3,300 | Sand |
| 10 | 14,0 - 16,8 | 2,8 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 11 | 16,8 - 18,7 | 1,9 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 12 | 18,7 - 20,0 | 1,3 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 13 | 20,0 - 21,0 | 1,0 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 14 | 21,0 - 22,5 | 1,5 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 15 | 22,5 - 26,2 | 3,7 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 16 | 26,2 - 35,1 | 8,9 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand/Schluff |
| 17 | 35,1 - 38,0 | 2,9 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Annahme: Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 34,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 35,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

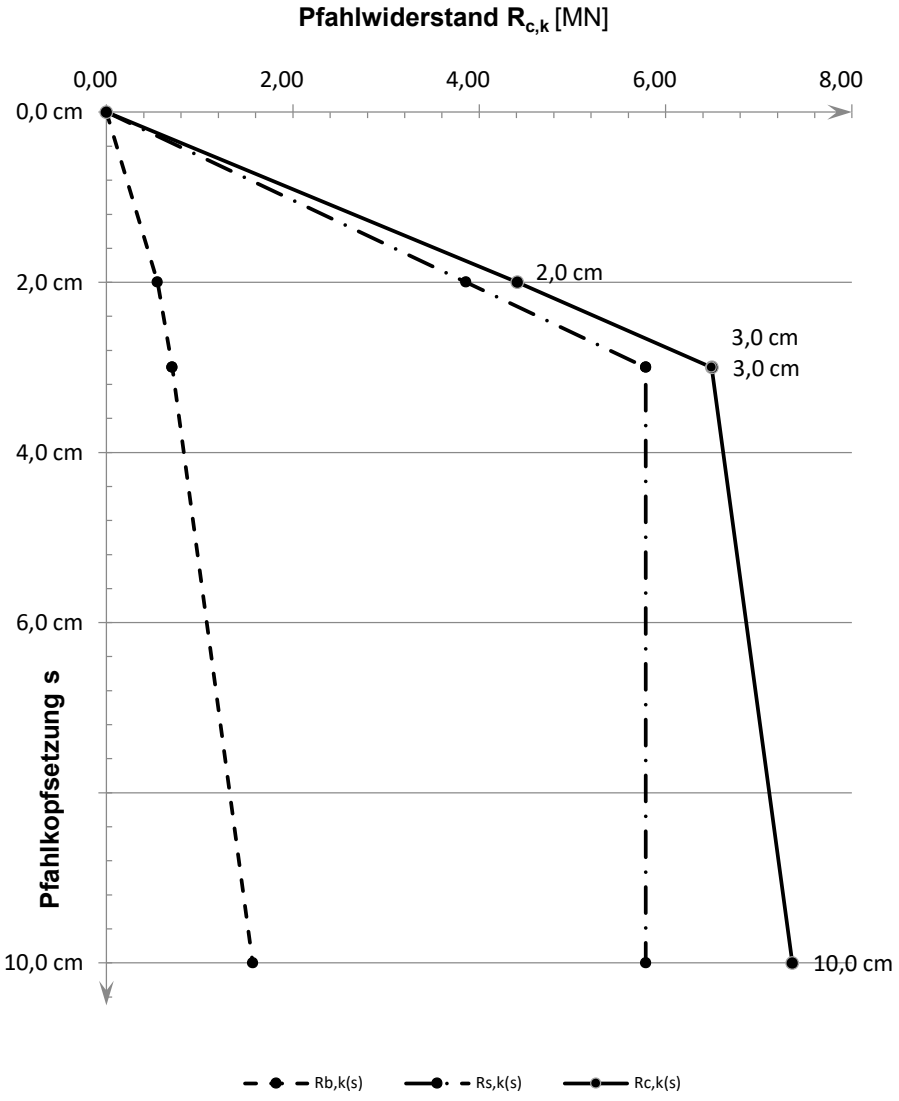
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 34,0 | 7,233 | 5,662 | 1,571 |
| **34,5** | **7,359** | 5,788 | 1,571 |
| 35,0 | 7,484 | 5,913 | 1,571 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 34,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,859 | 0,550 | 4,408 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 5,788 | 0,707 | 6,495 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 5,788 | 0,707 | 6,495 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 5,788 | 1,571 | 7,359 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 4,8 | 4,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,8 - 5,8 | 1,0 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 3 | 5,8 - 7,8 | 2,0 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 4 | 7,8 - 8,8 | 1,0 | 2,00 | 0 | 0,020 | 0,700 | bindig |
| 5 | 8,8 - 11,0 | 2,2 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,0 - 18,0 | 7,0 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |
| 7 | 18,0 - 20,5 | 2,5 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 8 | 20,5 - 22,0 | 1,5 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 9 | 22,0 - 25,3 | 3,3 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 10 | 25,3 - 26,2 | 0,9 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand/Schluff |
| 11 | 26,2 - 30,1 | 3,9 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Sand/Schluff |
| 12 | 30,1 - 32,0 | 1,9 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Annahme: Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 27,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 28,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

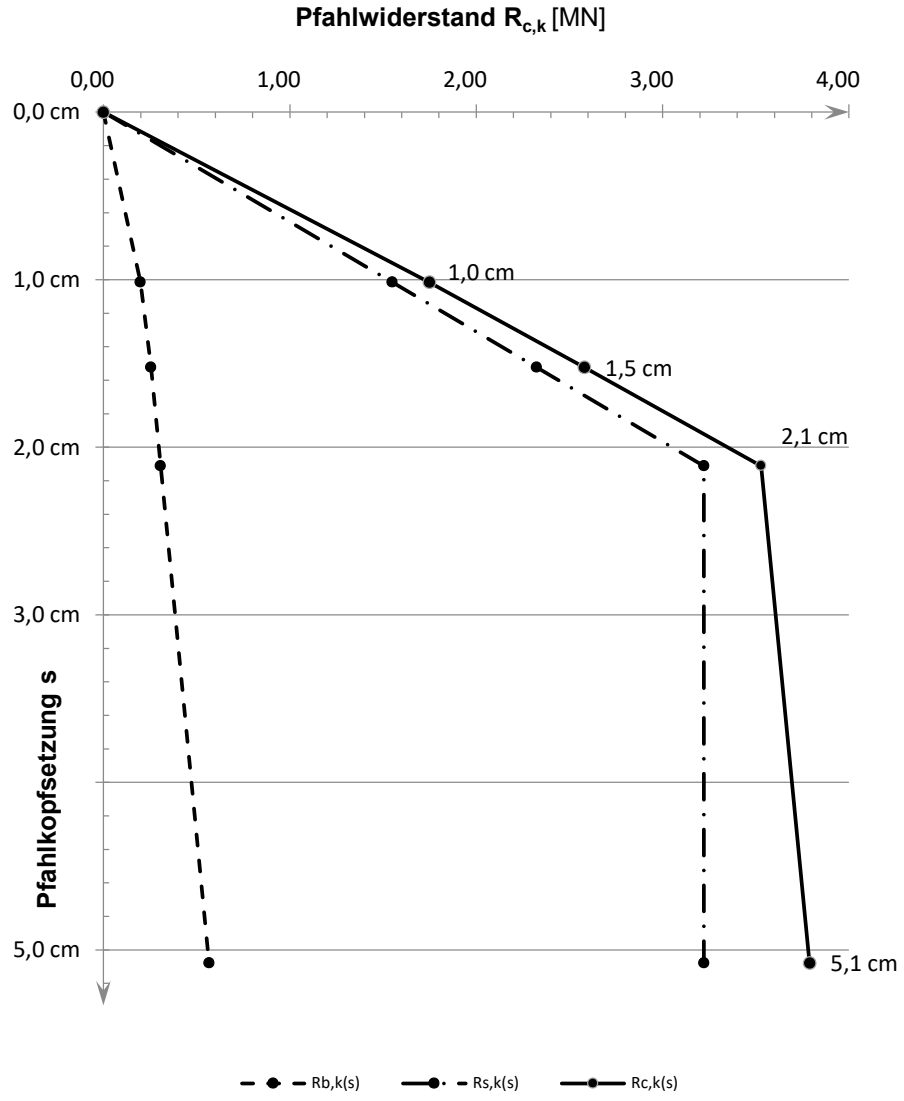
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 27,5 | 3,717 | 3,150 | 0,567 |
| **28,0** | **3,789** | 3,222 | 0,567 |
| 28,5 | 3,861 | 3,294 | 0,567 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 28,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,550 | 0,198 | 1,748 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,325 | 0,255 | 2,580 |
| $s_{sg}$ | 2,1 cm | 3,222 | 0,307 | 3,529 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 3,222 | 0,567 | 3,789 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,8 | 4,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,8 | - | 5,8 | 1,0 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 3 | 5,8 | - | 7,8 | 2,0 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 4 | 7,8 | - | 8,8 | 1,0 | 2,00 | 0 | 0,020 | 0,700 | bindig |
| 5 | 8,8 | - | 11,0 | 2,2 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,0 | - | 18,0 | 7,0 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |
| 7 | 18,0 | - | 20,5 | 2,5 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 8 | 20,5 | - | 22,0 | 1,5 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 9 | 22,0 | - | 25,3 | 3,3 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 10 | 25,3 | - | 26,2 | 0,9 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand/Schluff |
| 11 | 26,2 | - | 30,1 | 3,9 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Sand/Schluff |
| 12 | 30,1 | - | 32,0 | 1,9 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Annahme: Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 27,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 28,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

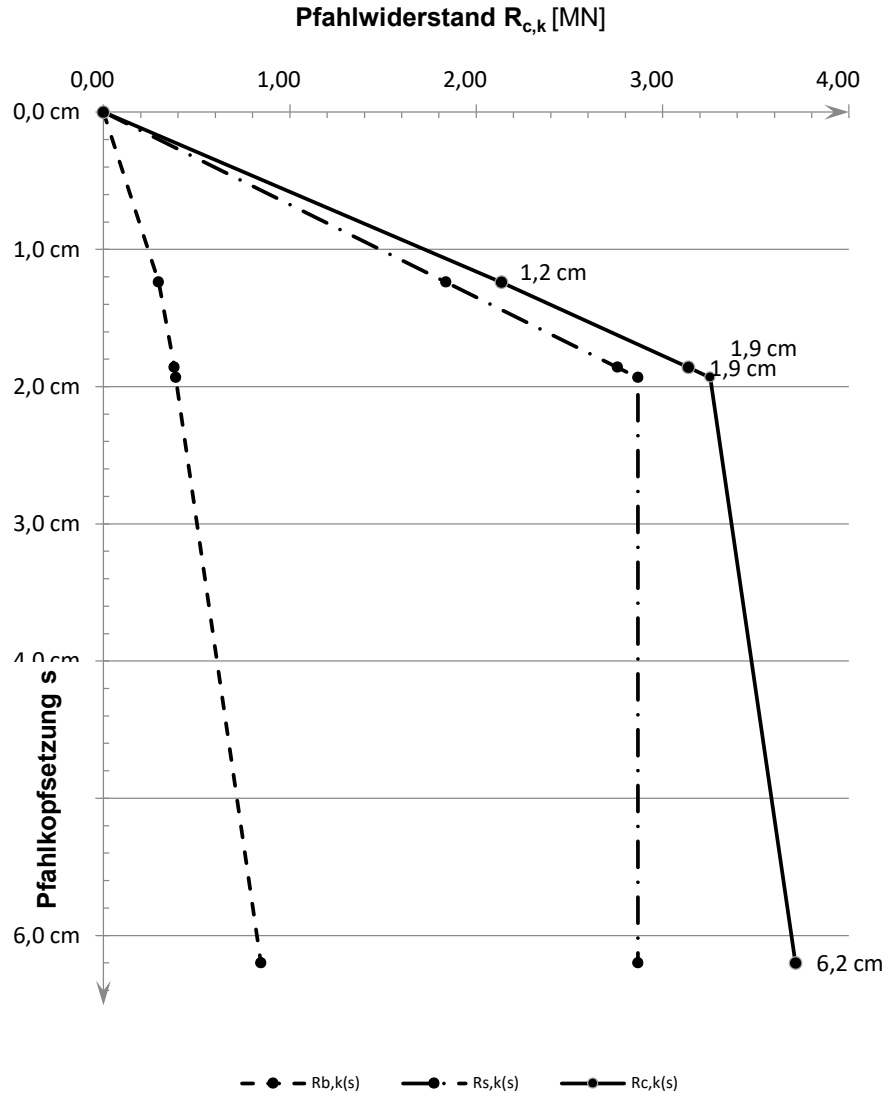
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 27,5 | 3,649 | 2,804 | 0,845 |
| **28,0** | **3,713** | 2,868 | 0,845 |
| 28,5 | 3,777 | 2,932 | 0,845 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 28,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,839 | 0,296 | 2,135 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,758 | 0,380 | 3,139 |
| $s_{sg}$ | 1,9 cm | 2,868 | 0,388 | 3,256 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,868 | 0,845 | 3,713 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,8 | 4,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,8 | - | 5,8 | 1,0 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 3 | 5,8 | - | 7,8 | 2,0 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Sand |
| 4 | 7,8 | - | 8,8 | 1,0 | 2,00 | 0 | 0,016 | 0,400 | bindig |
| 5 | 8,8 | - | 11,0 | 2,2 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 6 | 11,0 | - | 18,0 | 7,0 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand/Schluff |
| 7 | 18,0 | - | 20,5 | 2,5 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 8 | 20,5 | - | 22,0 | 1,5 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 9 | 22,0 | - | 25,3 | 3,3 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 10 | 25,3 | - | 26,2 | 0,9 | 11,00 | 0 | 0,088 | 2,200 | Sand/Schluff |
| 11 | 26,2 | - | 30,1 | 3,9 | 8,00 | 0 | 0,064 | 1,600 | Sand/Schluff |
| 12 | 30,1 | - | 38,0 | 7,9 | 8,00 | 0 | 0,064 | 1,600 | Annahme: Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 34,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 35,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

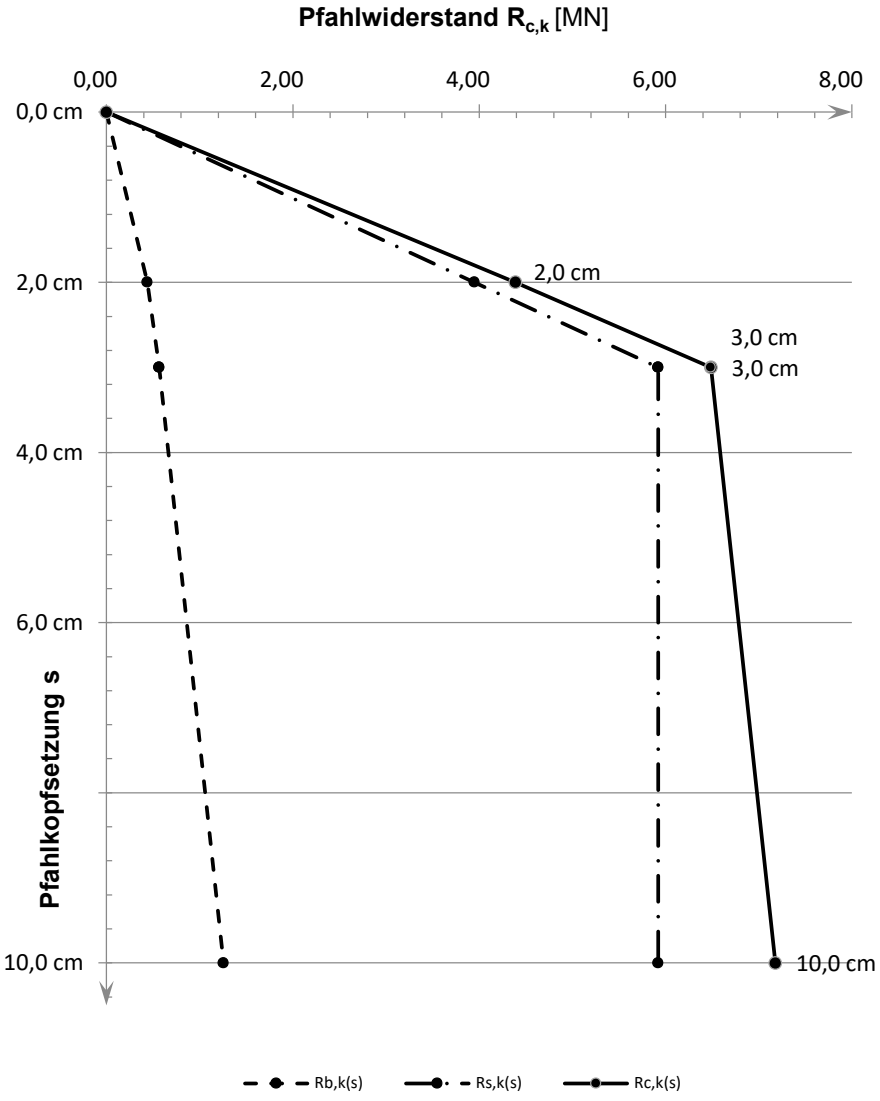
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 34,0 | 7,076 | 5,820 | 1,257 |
| **34,5** | **7,177** | 5,920 | 1,257 |
| 35,0 | 7,277 | 6,021 | 1,257 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 34,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,947 | 0,440 | 4,387 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 5,920 | 0,565 | 6,486 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 5,920 | 0,565 | 6,486 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 5,920 | 1,257 | 7,177 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,7 | 4,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,7 | - | 6,0 | 1,3 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,0 | - | 7,4 | 1,4 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand |
| 4 | 7,4 | - | 9,0 | 1,6 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | bindig |
| 5 | 9,0 | - | 11,0 | 2,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,0 | - | 15,0 | 4,0 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand/Schluff |
| 7 | 15,0 | - | 16,3 | 1,3 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 8 | 16,3 | - | 18,0 | 1,7 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |
| 9 | 18,0 | - | 21,3 | 3,3 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 10 | 21,3 | - | 22,0 | 0,7 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 11 | 22,0 | - | 24,0 | 2,0 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 12 | 24,0 | - | 29,0 | 5,0 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Sand/Schluff |
| 13 | 29,0 | - | 34,1 | 5,1 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 27,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 28,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

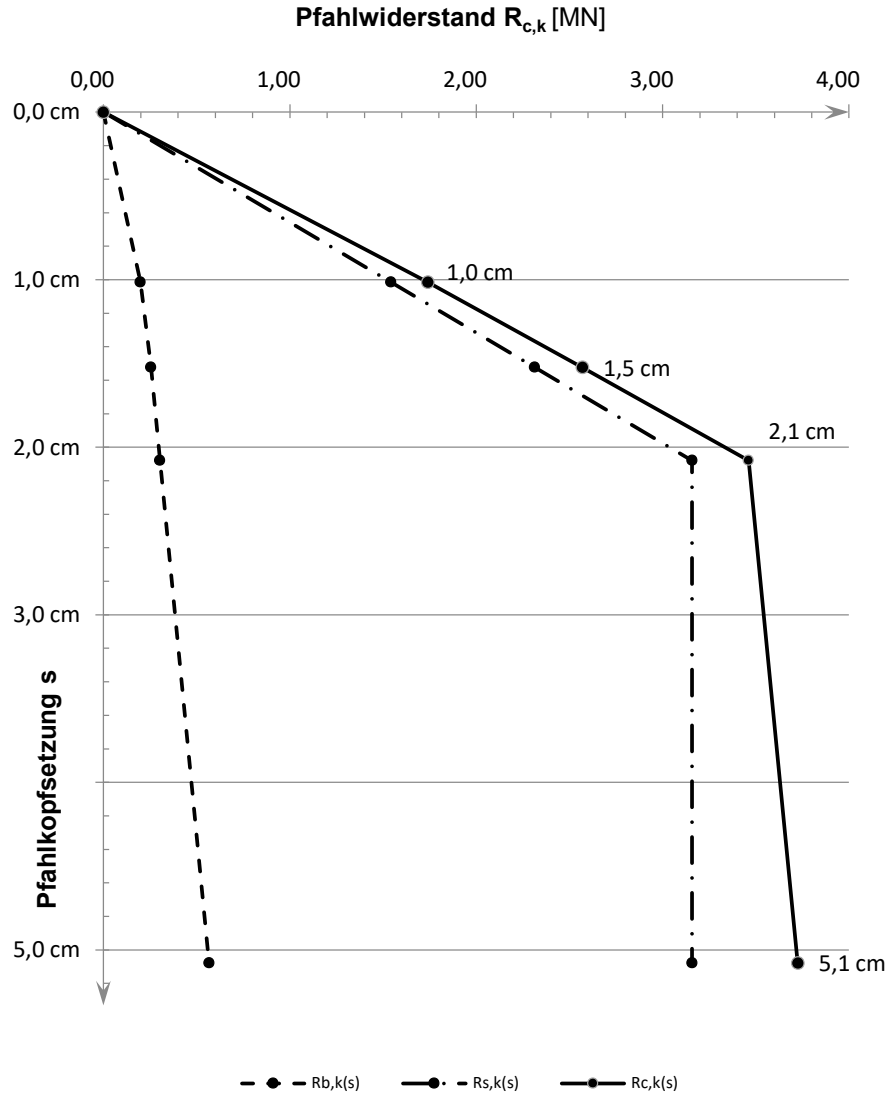
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 27,5 | 3,653 | 3,086 | 0,567 |
| **28,0** | **3,725** | 3,158 | 0,567 |
| 28,5 | 3,797 | 3,230 | 0,567 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 28,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,543 | 0,198 | 1,741 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,314 | 0,255 | 2,569 |
| $s_{sg}$ | 2,1 cm | 3,158 | 0,304 | 3,462 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 3,158 | 0,567 | 3,725 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,7 | 4,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,7 | - | 6,0 | 1,3 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,0 | - | 7,4 | 1,4 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand |
| 4 | 7,4 | - | 9,0 | 1,6 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | bindig |
| 5 | 9,0 | - | 11,0 | 2,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,0 | - | 15,0 | 4,0 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand/Schluff |
| 7 | 15,0 | - | 16,3 | 1,3 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 8 | 16,3 | - | 18,0 | 1,7 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand/Schluff |
| 9 | 18,0 | - | 21,3 | 3,3 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 10 | 21,3 | - | 22,0 | 0,7 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 11 | 22,0 | - | 24,0 | 2,0 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 12 | 24,0 | - | 29,0 | 5,0 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Sand/Schluff |
| 13 | 29,0 | - | 34,1 | 5,1 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 27,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 28,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

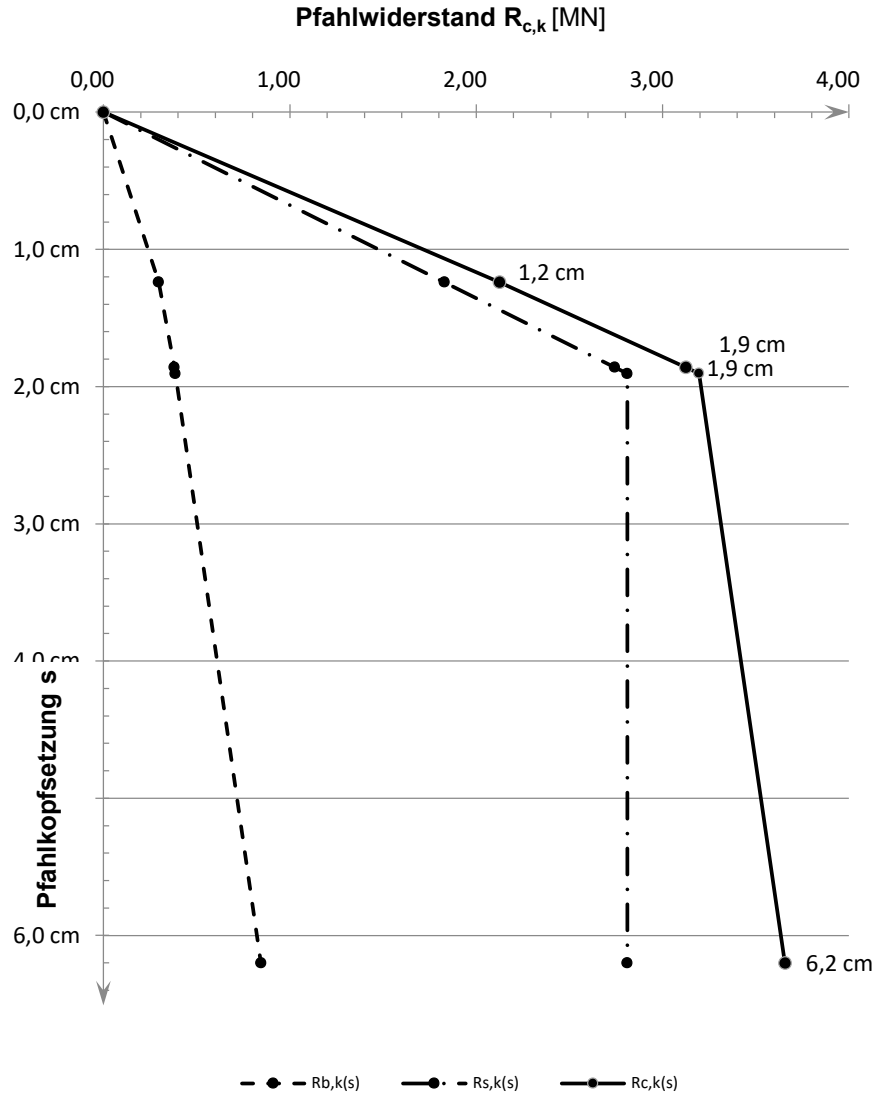
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 27,5 | 3,592 | 2,747 | 0,845 |
| **28,0** | **3,656** | 2,811 | 0,845 |
| 28,5 | 3,721 | 2,875 | 0,845 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 28,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,829 | 0,296 | 2,125 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,744 | 0,380 | 3,124 |
| $s_{sg}$ | 1,9 cm | 2,811 | 0,385 | 3,196 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,811 | 0,845 | 3,656 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 2 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,7 | 4,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,7 | - | 6,0 | 1,3 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,0 | - | 7,4 | 1,4 | 12,00 | 0 | 0,096 | 2,400 | Sand |
| 4 | 7,4 | - | 9,0 | 1,6 | 4,00 | 0 | 0,032 | 0,800 | bindig |
| 5 | 9,0 | - | 11,0 | 2,0 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 6 | 11,0 | - | 15,0 | 4,0 | 12,00 | 0 | 0,096 | 2,400 | Sand/Schluff |
| 7 | 15,0 | - | 16,3 | 1,3 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 8 | 16,3 | - | 18,0 | 1,7 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand/Schluff |
| 9 | 18,0 | - | 21,3 | 3,3 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 10 | 21,3 | - | 22,0 | 0,7 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 11 | 22,0 | - | 24,0 | 2,0 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 12 | 24,0 | - | 29,0 | 5,0 | 8,00 | 0 | 0,064 | 1,600 | Sand/Schluff |
| 13 | 29,0 | - | 34,1 | 5,1 | 11,00 | 0 | 0,088 | 2,200 | Sand/Schluff |
| 14 | 34,1 | - | 38,0 | 3,9 | 11,00 | 0 | 0,088 | 2,200 | Annahme: Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 34,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 35,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

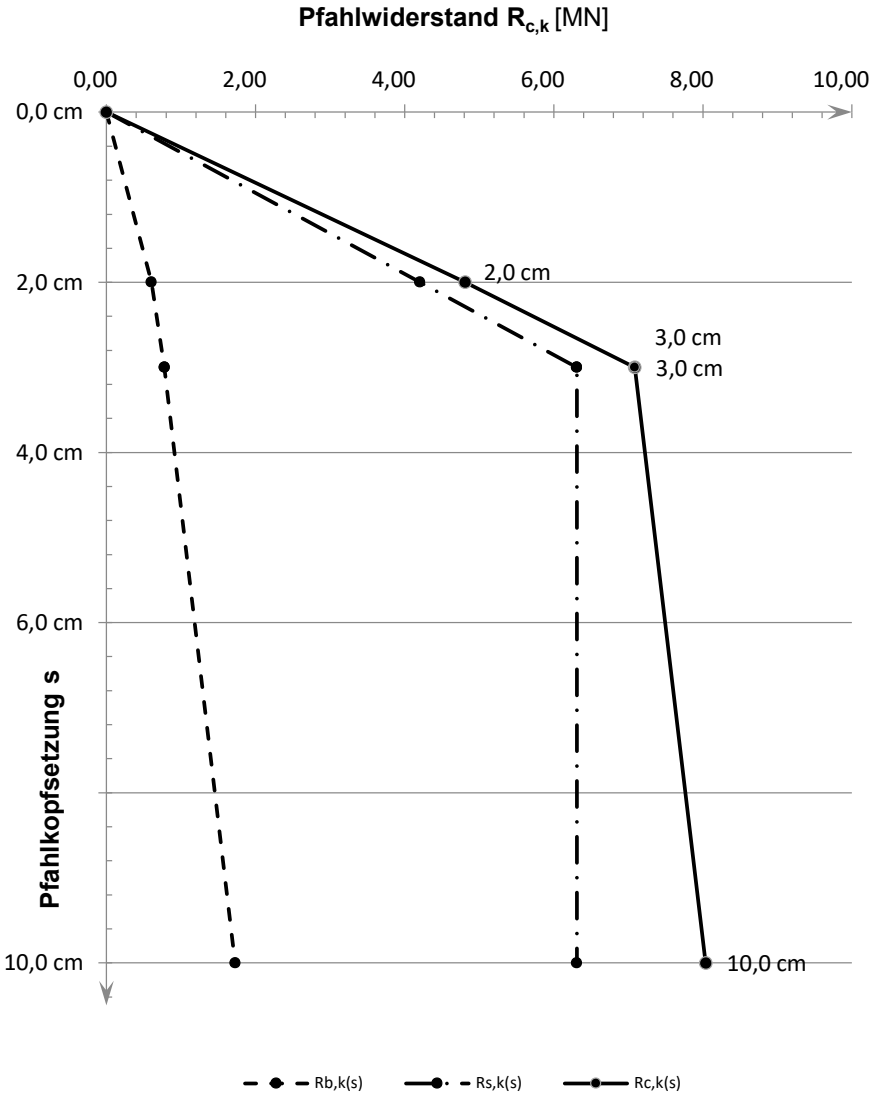
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 34,0 | 7,900 | 6,172 | 1,728 |
| **34,5** | **8,038** | 6,310 | 1,728 |
| 35,0 | 8,176 | 6,448 | 1,728 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 34,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 4,207 | 0,605 | 4,812 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 6,310 | 0,778 | 7,088 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 6,310 | 0,778 | 7,088 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 6,310 | 1,728 | 8,038 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,8 | 3,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,8 | - | 5,8 | 2,0 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand |
| 3 | 5,8 | - | 9,2 | 3,4 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 9,2 | - | 16,0 | 6,8 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 5 | 16,0 | - | 18,3 | 2,3 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 6 | 18,3 | - | 19,3 | 1,0 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand/Schluff |
| 7 | 19,3 | - | 21,0 | 1,7 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 8 | 21,0 | - | 30,2 | 9,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

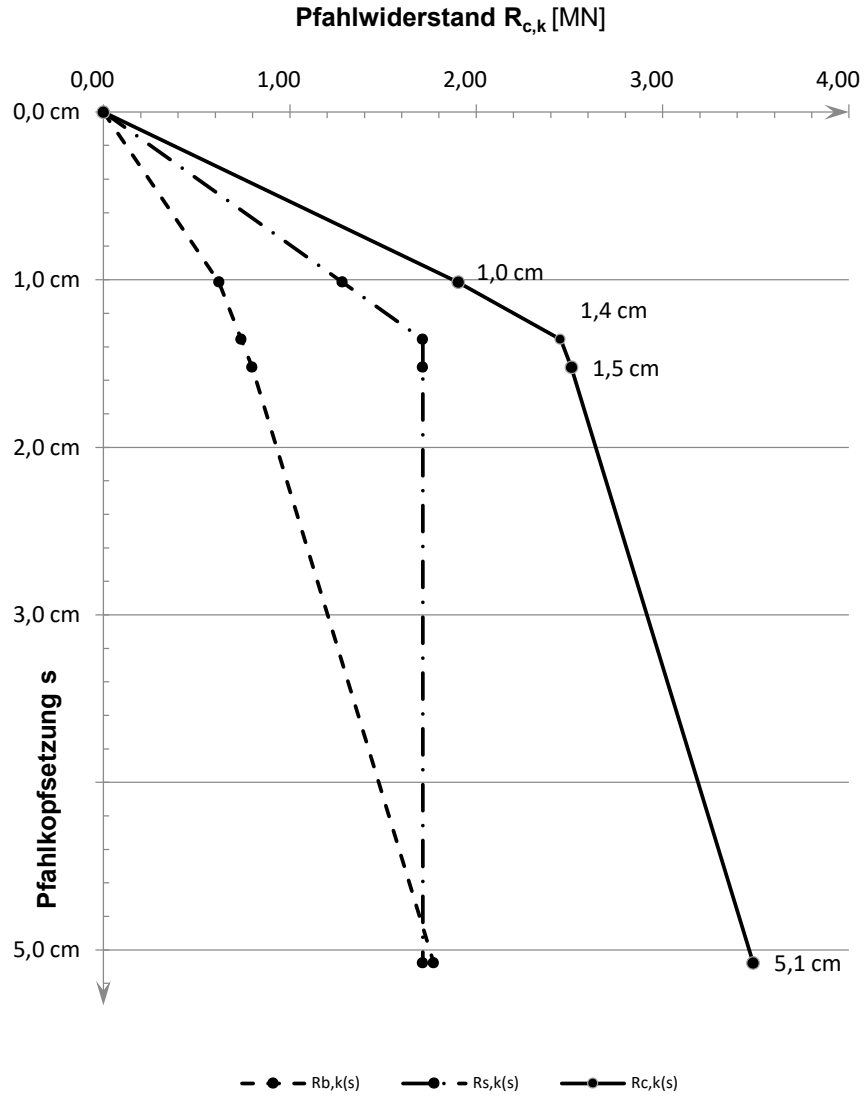
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,5 | 1,963 | 1,660 | 0,304 |
| **21,0** | **3,485** | 1,714 | 1,772 |
| 21,5 | 3,620 | 1,849 | 1,772 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 21,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,283 | 0,620 | 1,903 |
| $s_{sg}$ | 1,4 cm | 1,714 | 0,739 | 2,453 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 1,714 | 0,797 | 2,511 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 1,714 | 1,772 | 3,485 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,8 | 3,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,8 | - | 5,8 | 2,0 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand |
| 3 | 5,8 | - | 9,2 | 3,4 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 9,2 | - | 16,0 | 6,8 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 5 | 16,0 | - | 18,3 | 2,3 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 6 | 18,3 | - | 19,3 | 1,0 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand/Schluff |
| 7 | 19,3 | - | 21,0 | 1,7 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 8 | 21,0 | - | 30,2 | 9,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

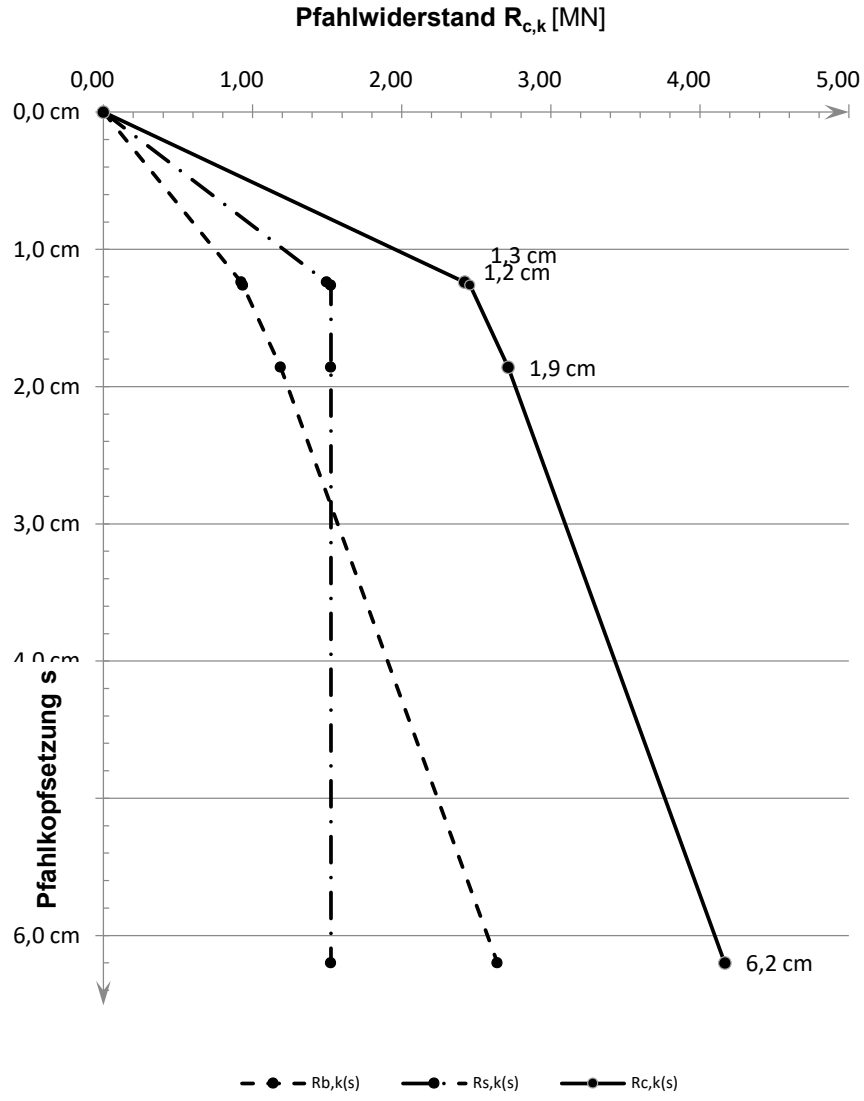
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,5 | 1,930 | 1,477 | 0,453 |
| **21,0** | **4,167** | 1,525 | 2,642 |
| 21,5 | 4,287 | 1,645 | 2,642 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 21,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,498 | 0,925 | 2,423 |
| $s_{sg}$ | 1,3 cm | 1,525 | 0,934 | 2,460 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 1,525 | 1,189 | 2,714 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 1,525 | 2,642 | 4,167 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,8 | 3,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,8 | - | 5,8 | 2,0 | 6,00 | 0 | 0,048 | 1,200 | Sand |
| 3 | 5,8 | - | 9,2 | 3,4 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 4 | 9,2 | - | 16,0 | 6,8 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 5 | 16,0 | - | 18,3 | 2,3 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 6 | 18,3 | - | 19,3 | 1,0 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Sand/Schluff |
| 7 | 19,3 | - | 21,0 | 1,7 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 8 | 21,0 | - | 30,2 | 9,2 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 24,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 25,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

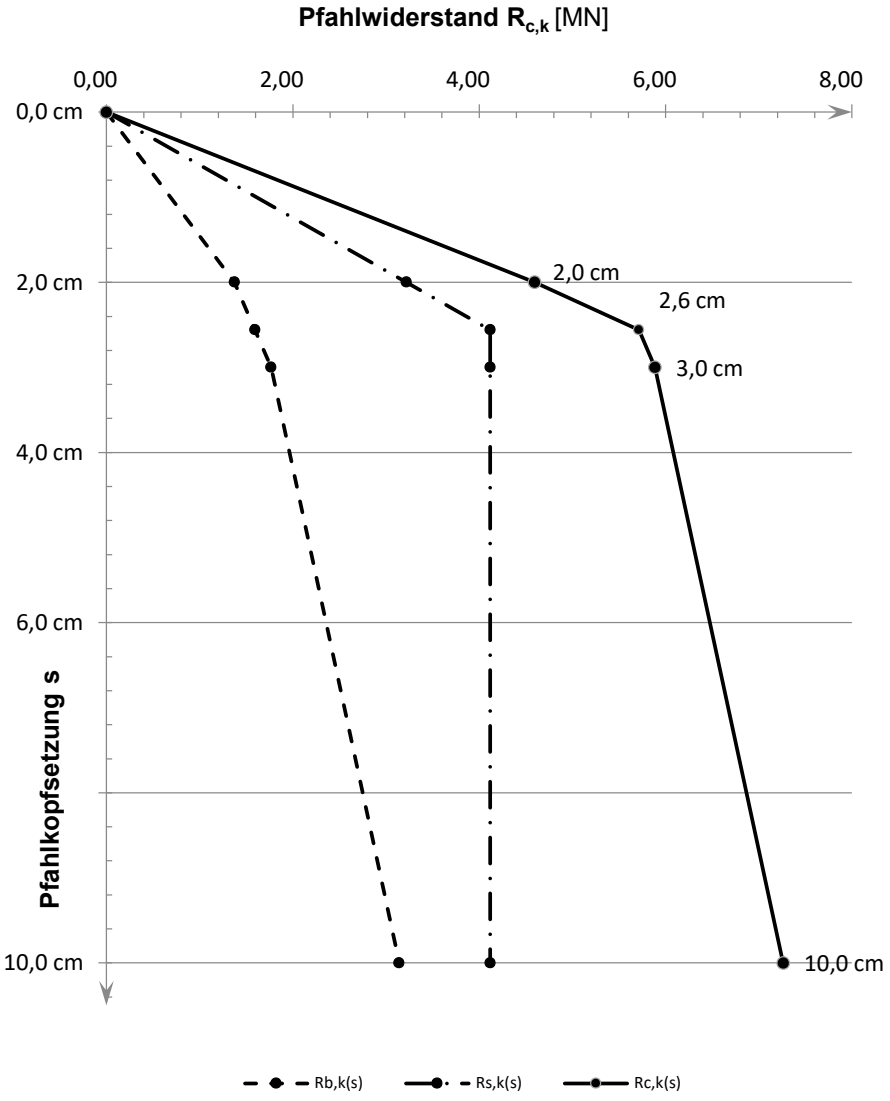
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 24,0 | 7,072 | 3,931 | 3,142 |
| **24,5** | **7,261** | 4,119 | 3,142 |
| 25,0 | 7,449 | 4,308 | 3,142 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 24,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,219 | 1,374 | 4,593 |
| $s_{sg}$ | 2,6 cm | 4,119 | 1,594 | 5,713 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 4,119 | 1,767 | 5,886 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 4,119 | 3,142 | 7,261 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,8 | 3,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,8 | - | 5,3 | 1,5 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand |
| 3 | 5,3 | - | 6,1 | 0,8 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 4 | 6,1 | - | 8,8 | 2,7 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 8,8 | - | 15,4 | 6,6 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 6 | 15,4 | - | 16,6 | 1,2 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 7 | 16,6 | - | 20,2 | 3,6 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand/Schluff |
| 8 | 20,2 | - | 25,2 | 5,0 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 9 | 25,2 | - | 27,2 | 2,0 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand/Schluff |
| 10 | 27,2 | - | 30,1 | 2,9 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

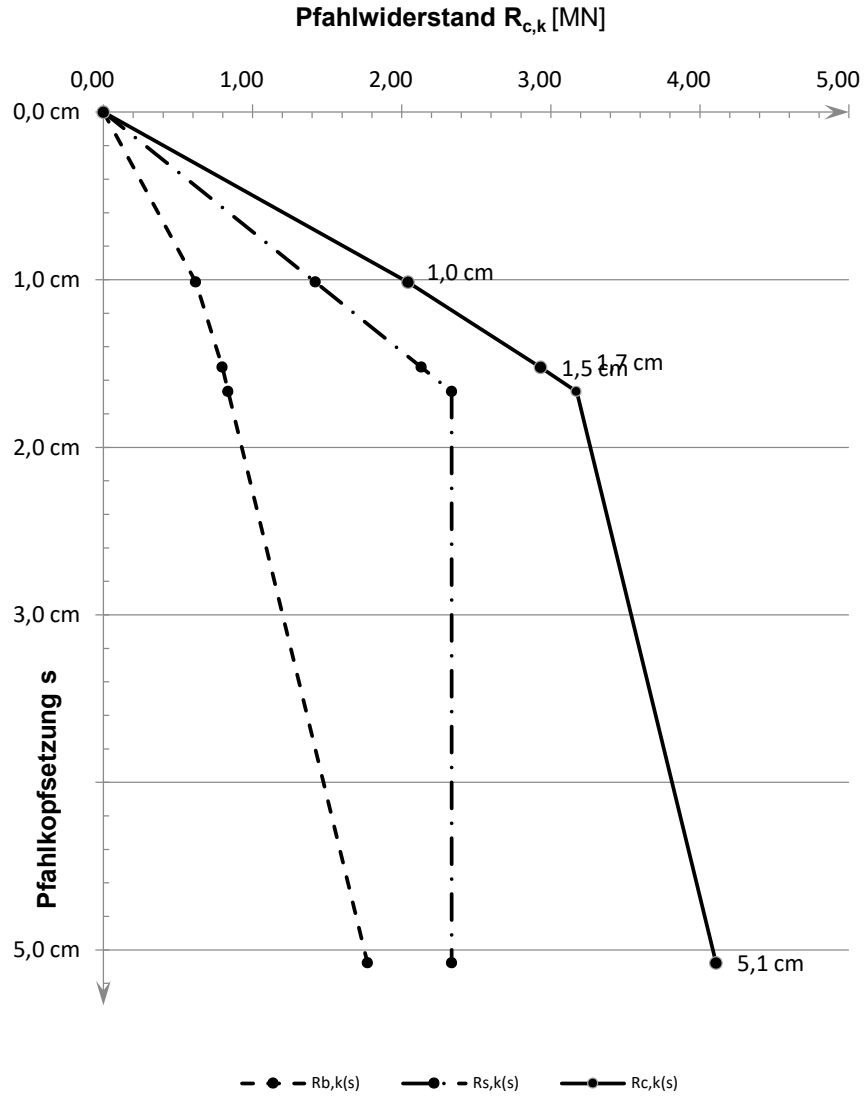
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,5 | 3,973 | 2,201 | 1,772 |
| **21,0** | **4,108** | 2,336 | 1,772 |
| 21,5 | 4,243 | 2,471 | 1,772 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 21,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,422 | 0,620 | 2,042 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,133 | 0,797 | 2,931 |
| $s_{sg}$ | 1,7 cm | 2,336 | 0,837 | 3,173 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 2,336 | 1,772 | 4,108 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,8 | 3,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,8 | - | 5,3 | 1,5 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand |
| 3 | 5,3 | - | 6,1 | 0,8 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 4 | 6,1 | - | 8,8 | 2,7 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 8,8 | - | 15,4 | 6,6 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 6 | 15,4 | - | 16,6 | 1,2 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 7 | 16,6 | - | 20,2 | 3,6 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand/Schluff |
| 8 | 20,2 | - | 25,2 | 5,0 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 9 | 25,2 | - | 27,2 | 2,0 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand/Schluff |
| 10 | 27,2 | - | 30,1 | 2,9 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

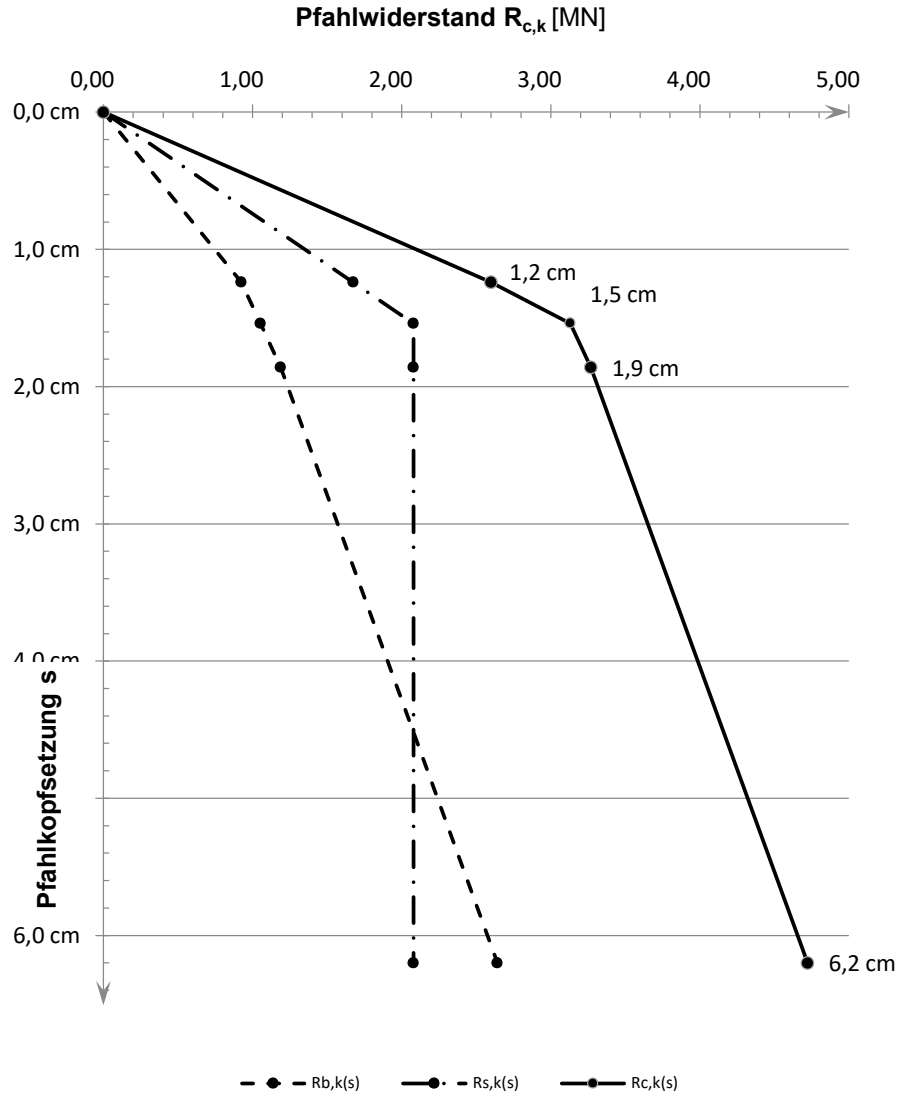
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,5 | 4,601 | 1,960 | 2,642 |
| **21,0** | **4,721** | 2,080 | 2,642 |
| 21,5 | 4,842 | 2,200 | 2,642 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 21,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,675 | 0,925 | 2,599 |
| $s_{sg}$ | 1,5 cm | 2,080 | 1,052 | 3,132 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,080 | 1,189 | 3,268 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,080 | 2,642 | 4,721 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,8 | 3,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,8 | - | 5,3 | 1,5 | 6,00 | 0 | 0,048 | 1,200 | Sand |
| 3 | 5,3 | - | 6,1 | 0,8 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand |
| 4 | 6,1 | - | 8,8 | 2,7 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 8,8 | - | 15,4 | 6,6 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 6 | 15,4 | - | 16,6 | 1,2 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 7 | 16,6 | - | 20,2 | 3,6 | 12,00 | 0 | 0,096 | 2,400 | Sand/Schluff |
| 8 | 20,2 | - | 25,2 | 5,0 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 9 | 25,2 | - | 27,2 | 2,0 | 16,00 | 0 | 0,120 | 3,100 | Sand/Schluff |
| 10 | 27,2 | - | 30,1 | 2,9 | 14,00 | 0 | 0,112 | 2,800 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 24,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 25,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

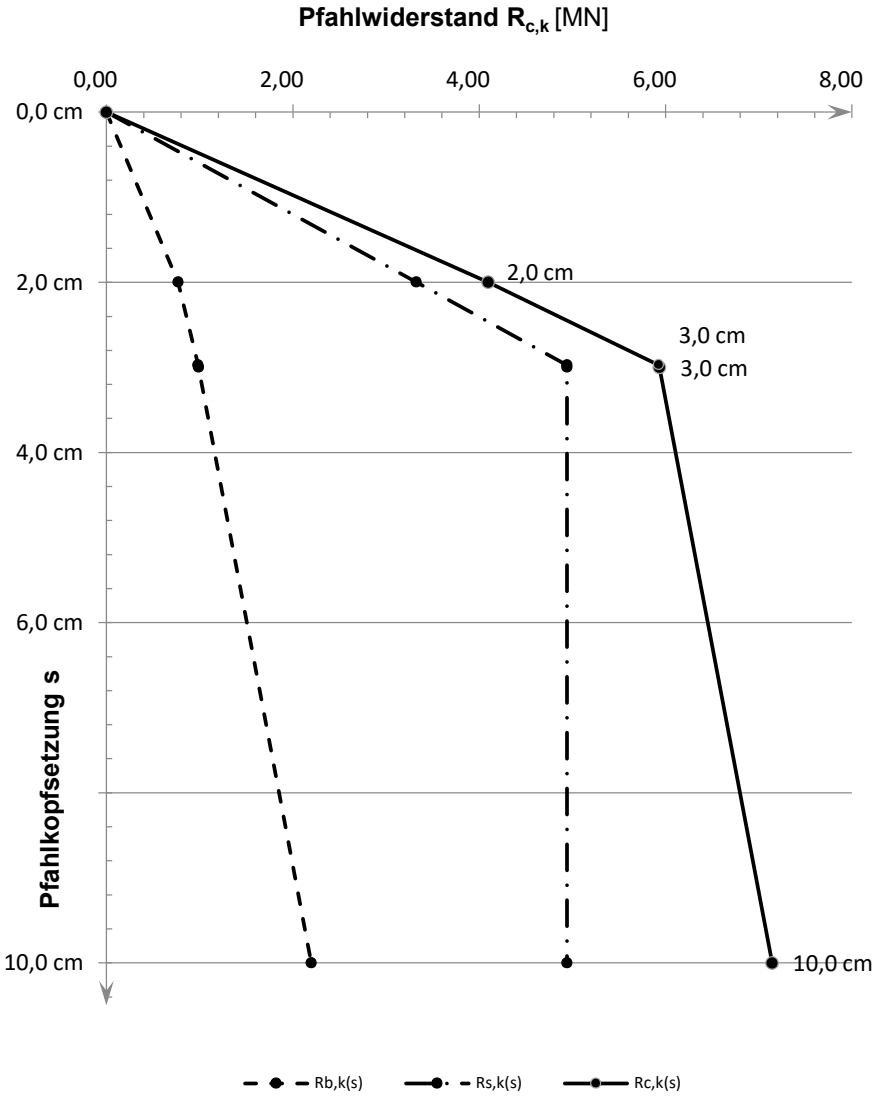
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 24,0 | 7,190 | 4,755 | 2,435 |
| **24,5** | **7,143** | 4,944 | 2,199 |
| 25,0 | 7,331 | 5,132 | 2,199 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 24,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,327 | 0,770 | 4,097 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 4,944 | 0,983 | 5,927 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 4,944 | 0,990 | 5,933 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 4,944 | 2,199 | 7,143 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,7 | 3,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,7 | - | 5,0 | 1,3 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 3 | 5,0 | - | 6,2 | 1,2 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand/Schluff |
| 4 | 6,2 | - | 7,0 | 0,8 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 5 | 7,0 | - | 12,0 | 5,0 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 6 | 12,0 | - | 15,5 | 3,5 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 7 | 15,5 | - | 18,3 | 2,8 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 8 | 18,3 | - | 19,2 | 0,9 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand/Schluff |
| 9 | 19,2 | - | 25,5 | 6,3 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

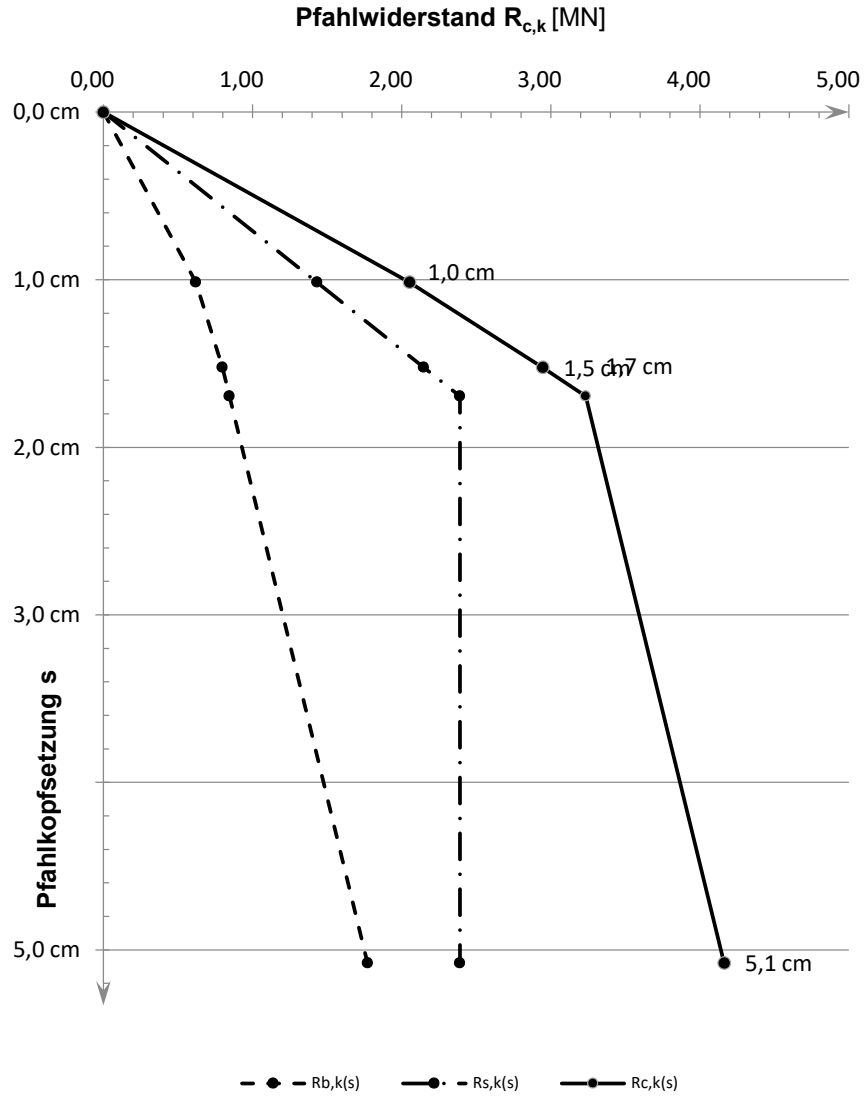
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,5 | 4,027 | 2,255 | 1,772 |
| **21,0** | **4,162** | 2,390 | 1,772 |
| 21,5 | 4,297 | 2,525 | 1,772 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 21,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,432 | 0,620 | 2,052 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,148 | 0,797 | 2,945 |
| $s_{sg}$ | 1,7 cm | 2,390 | 0,844 | 3,235 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 2,390 | 1,772 | 4,162 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,7 | 3,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,7 | - | 5,0 | 1,3 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 3 | 5,0 | - | 6,2 | 1,2 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand/Schluff |
| 4 | 6,2 | - | 7,0 | 0,8 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 5 | 7,0 | - | 12,0 | 5,0 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 6 | 12,0 | - | 15,5 | 3,5 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 7 | 15,5 | - | 18,3 | 2,8 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 8 | 18,3 | - | 19,2 | 0,9 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand/Schluff |
| 9 | 19,2 | - | 25,5 | 6,3 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

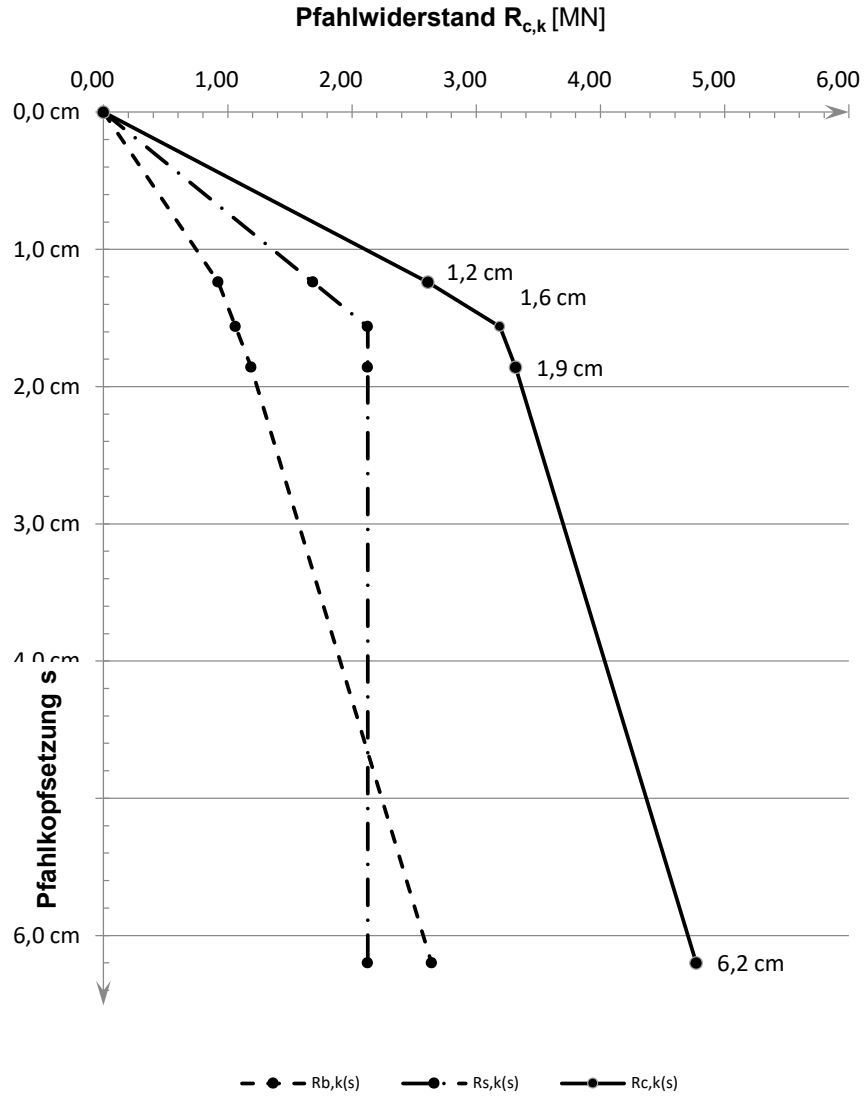
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,5 | 4,649 | 2,008 | 2,642 |
| **21,0** | **4,769** | 2,128 | 2,642 |
| 21,5 | 4,890 | 2,248 | 2,642 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 21,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,687 | 0,925 | 2,612 |
| $s_{sg}$ | 1,6 cm | 2,128 | 1,063 | 3,190 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,128 | 1,189 | 3,316 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,128 | 2,642 | 4,769 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,7 | 3,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,7 | - | 5,0 | 1,3 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand |
| 3 | 5,0 | - | 6,2 | 1,2 | 6,00 | 0 | 0,048 | 1,200 | Sand/Schluff |
| 4 | 6,2 | - | 7,0 | 0,8 | 16,00 | 0 | 0,120 | 3,100 | Sand |
| 5 | 7,0 | - | 12,0 | 5,0 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 6 | 12,0 | - | 15,5 | 3,5 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 7 | 15,5 | - | 18,3 | 2,8 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 8 | 18,3 | - | 19,2 | 0,9 | 12,00 | 0 | 0,096 | 2,400 | Sand/Schluff |
| 9 | 19,2 | - | 25,5 | 6,3 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 10 | 25,5 | - | 30,0 | 4,5 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Annahme: Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 24,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 25,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

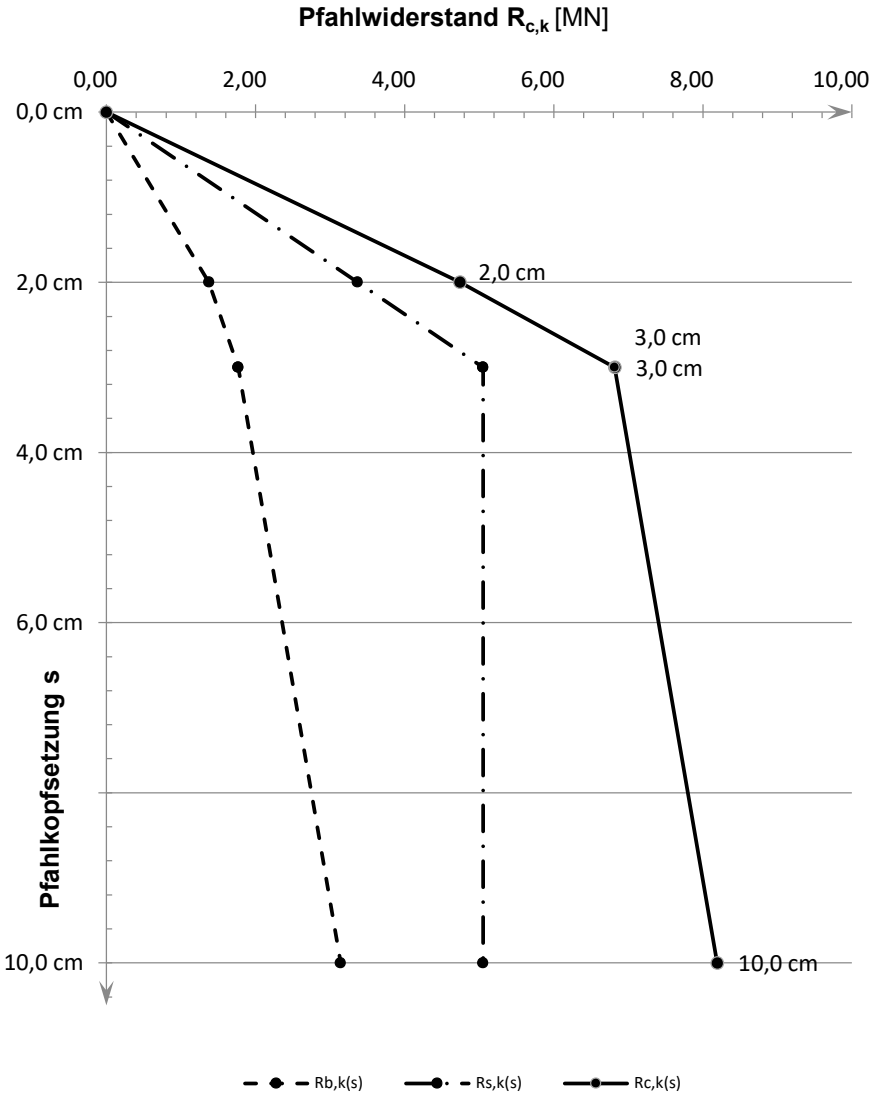
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 24,0 | 8,005 | 4,863 | 3,142 |
| **24,5** | **8,193** | 5,052 | 3,142 |
| 25,0 | 8,382 | 5,240 | 3,142 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 24,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,368 | 1,374 | 4,742 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 5,052 | 1,767 | 6,819 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 5,052 | 1,767 | 6,819 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 5,052 | 3,142 | 8,193 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,8 | 3,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,8 | - | 6,2 | 2,4 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 3 | 6,2 | - | 6,5 | 0,3 | 3,00 | 0 | 0,030 | 1,050 | Sand/Schluff |
| 4 | 6,5 | - | 7,2 | 0,7 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand |
| 5 | 7,2 | - | 10,5 | 3,3 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 6 | 10,5 | - | 11,4 | 0,9 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand/Schluff |
| 7 | 11,4 | - | 13,0 | 1,6 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 8 | 13,0 | - | 16,3 | 3,3 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 16,3 | - | 18,3 | 2,0 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 18,3 | - | 30,1 | 11,8 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

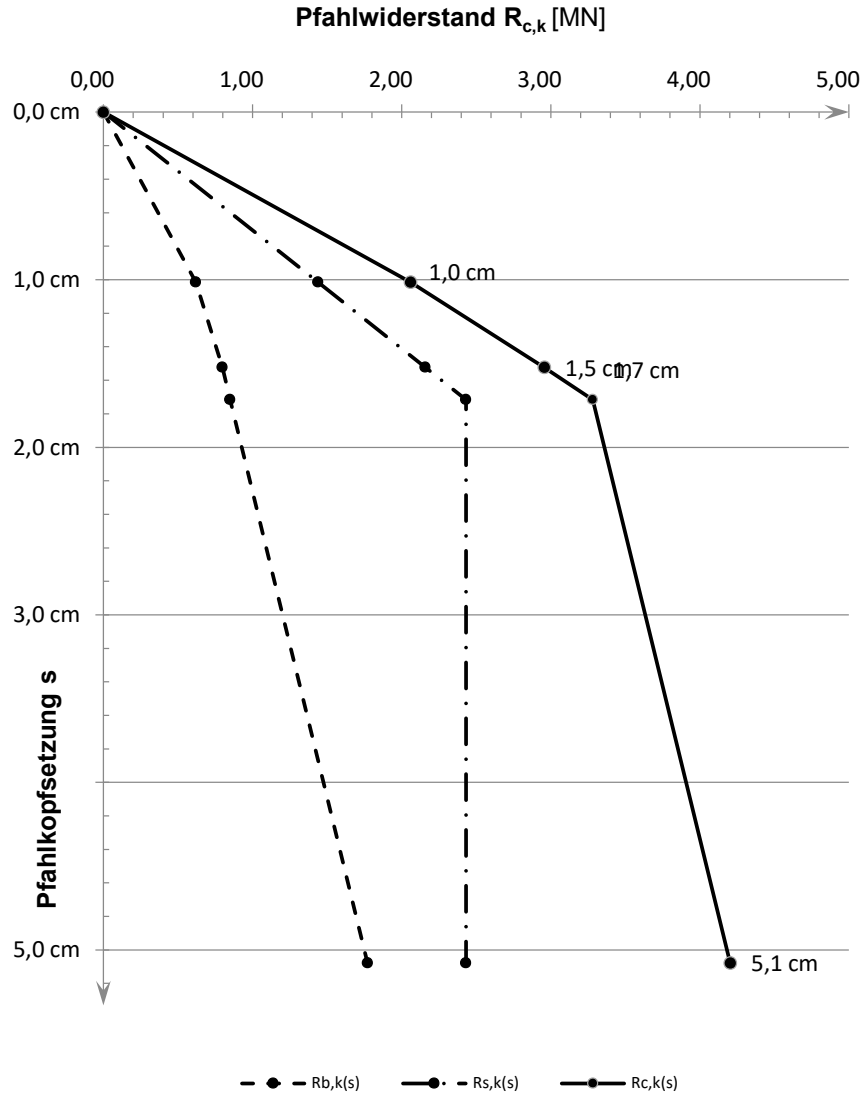
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,5 | 4,069 | 2,297 | 1,772 |
| **21,0** | **4,204** | 2,432 | 1,772 |
| 21,5 | 4,339 | 2,567 | 1,772 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 21,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,439 | 0,620 | 2,059 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,159 | 0,797 | 2,956 |
| $s_{sg}$ | 1,7 cm | 2,432 | 0,850 | 3,282 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 2,432 | 1,772 | 4,204 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 3,8 | 3,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,8 - 6,2 | 2,4 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | Sand |
| 3 | 6,2 - 6,5 | 0,3 | 3,00 | 0 | 0,030 | 1,050 | Sand/Schluff |
| 4 | 6,5 - 7,2 | 0,7 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand |
| 5 | 7,2 - 10,5 | 3,3 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 6 | 10,5 - 11,4 | 0,9 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand/Schluff |
| 7 | 11,4 - 13,0 | 1,6 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 8 | 13,0 - 16,3 | 3,3 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 16,3 - 18,3 | 2,0 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 18,3 - 30,1 | 11,8 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

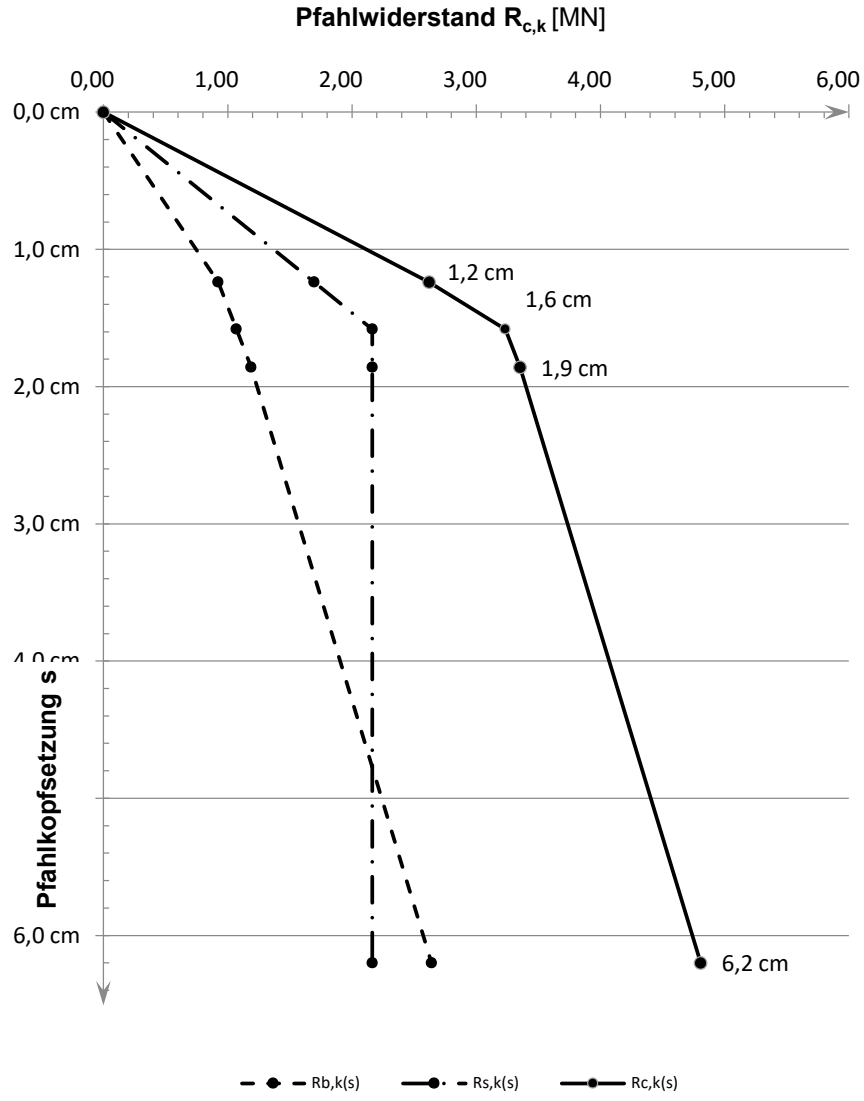
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,5 | 4,686 | 2,044 | 2,642 |
| **21,0** | **4,806** | 2,165 | 2,642 |
| 21,5 | 4,926 | 2,285 | 2,642 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 21,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,696 | 0,925 | 2,621 |
| $s_{sg}$ | 1,6 cm | 2,165 | 1,070 | 3,235 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,165 | 1,189 | 3,353 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,165 | 2,642 | 4,806 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 3 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 3,8 | 3,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 3,8 | - | 6,2 | 2,4 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | Sand |
| 3 | 6,2 | - | 6,5 | 0,3 | 3,00 | 0 | 0,024 | 0,600 | Sand/Schluff |
| 4 | 6,5 | - | 7,2 | 0,7 | 20,00 | 0 | 0,120 | 3,500 | Sand |
| 5 | 7,2 | - | 10,5 | 3,3 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 6 | 10,5 | - | 11,4 | 0,9 | 6,00 | 0 | 0,048 | 1,200 | Sand/Schluff |
| 7 | 11,4 | - | 13,0 | 1,6 | 0,00 | 175 | 0,055 | 1,325 | bindig |
| 8 | 13,0 | - | 16,3 | 3,3 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 9 | 16,3 | - | 18,3 | 2,0 | 0,00 | 250 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 10 | 18,3 | - | 30,1 | 11,8 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 24,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 25,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

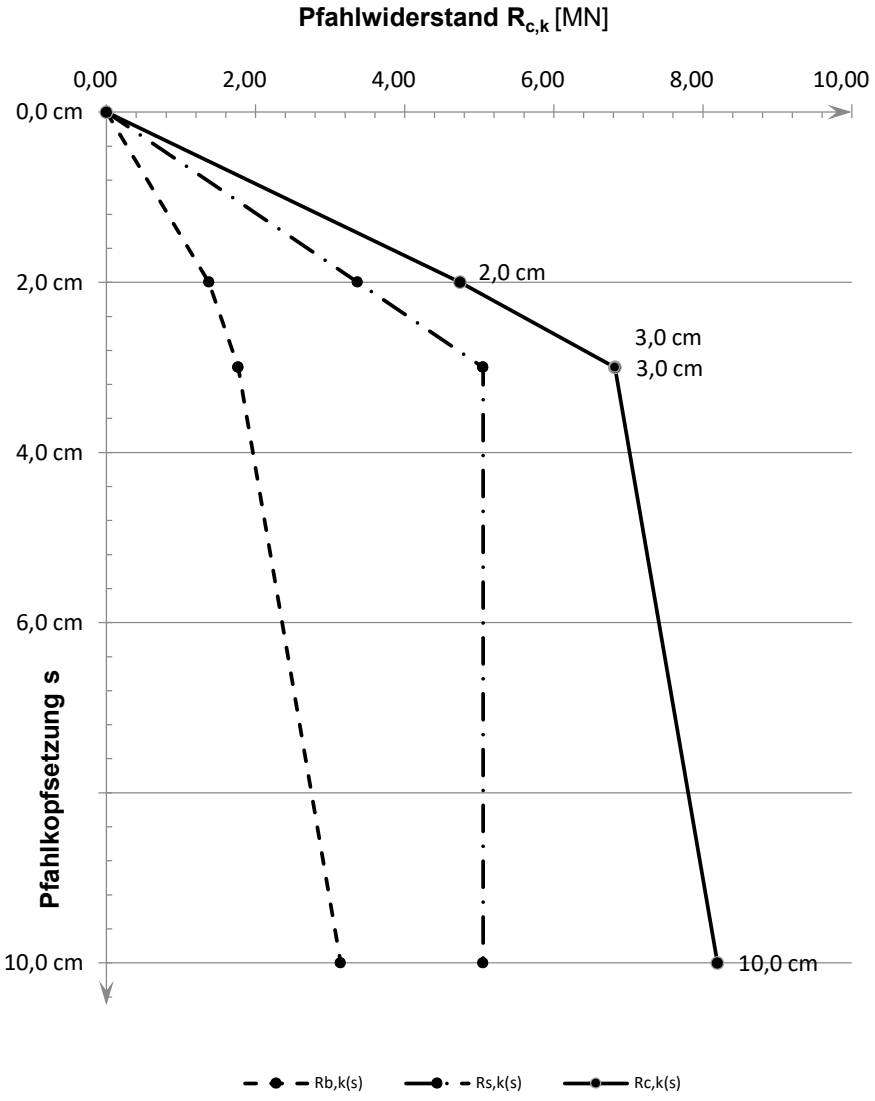
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 24,0 | 8,006 | 4,864 | 3,142 |
| **24,5** | **8,195** | 5,053 | 3,142 |
| 25,0 | 8,383 | 5,241 | 3,142 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 24,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,369 | 1,374 | 4,743 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 5,053 | 1,767 | 6,820 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 5,053 | 1,767 | 6,820 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 5,053 | 3,142 | 8,195 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 2,2 | 2,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,2 - 4,2 | 2,0 | 3,00 | 0 | 0,030 | 1,050 | Sand/Schluff |
| 3 | 4,2 - 6,2 | 2,0 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand |
| 4 | 6,2 - 7,3 | 1,1 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 7,3 - 7,7 | 0,4 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand |
| 6 | 7,7 - 9,0 | 1,3 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 7 | 9,0 - 11,5 | 2,5 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand |
| 8 | 11,5 - 15,2 | 3,7 | 22,00 | 0 | 0,150 | 7,700 | Sand |
| 9 | 15,2 - 16,0 | 0,8 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 10 | 16,0 - 19,4 | 3,4 | 13,00 | 0 | 0,130 | 4,550 | Sand/Schluff |
| 11 | 19,4 - 21,2 | 1,8 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 12 | 21,2 - 22,8 | 1,6 | 17,00 | 0 | 0,150 | 5,950 | Sand |
| 13 | 22,8 - 27,5 | 4,7 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 14 | 27,5 - 28,2 | 0,7 | 9,00 | 0 | 0,090 | 3,150 | bindig |
| 15 | 28,2 - 29,2 | 1,0 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,0 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,0 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

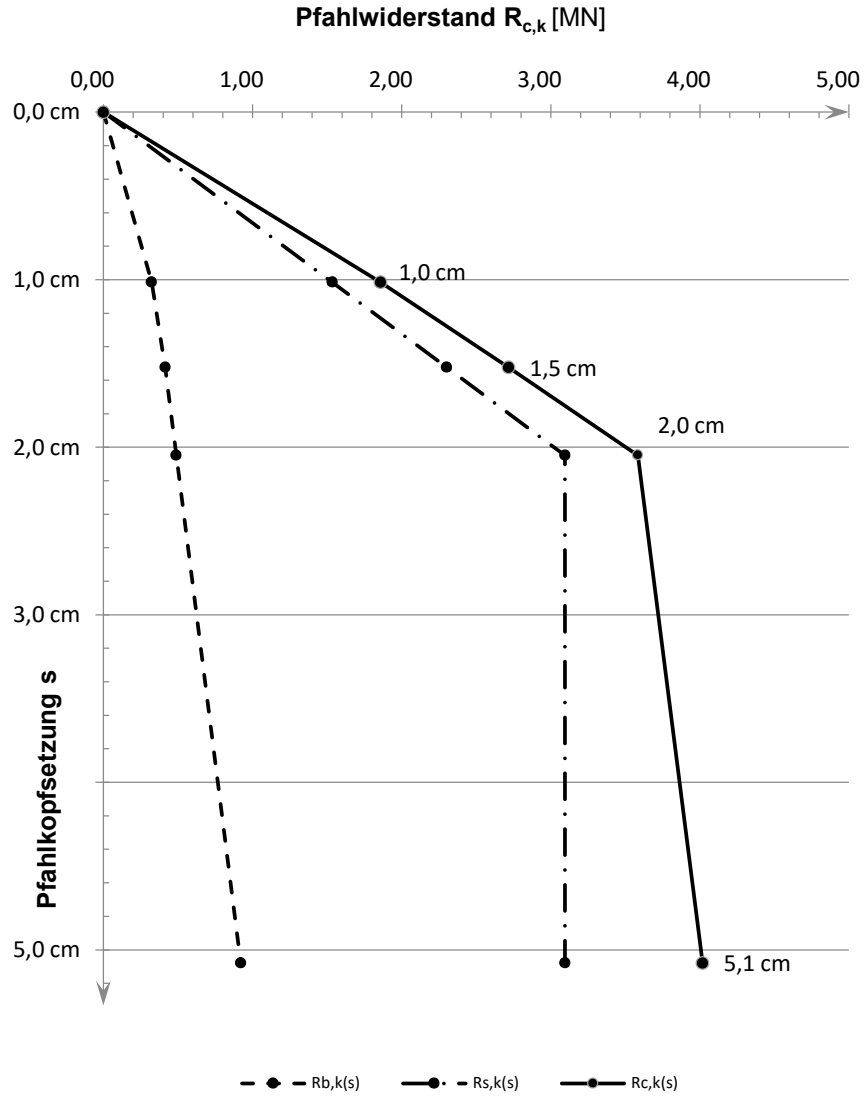
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,0 | 3,900 | 2,979 | 0,921 |
| **17,5** | **4,017** | 3,096 | 0,921 |
| 18,0 | 4,134 | 3,213 | 0,921 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 17,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,535 | 0,322 | 1,858 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,303 | 0,415 | 2,717 |
| $s_{sg}$ | 2,0 cm | 3,096 | 0,489 | 3,585 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 3,096 | 0,921 | 4,017 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 2,2 | 2,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,2 | - | 4,2 | 2,0 | 3,00 | 0 | 0,030 | 1,050 | Sand/Schluff |
| 3 | 4,2 | - | 6,2 | 2,0 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand |
| 4 | 6,2 | - | 7,3 | 1,1 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 7,3 | - | 7,7 | 0,4 | 11,00 | 0 | 0,110 | 3,850 | Sand |
| 6 | 7,7 | - | 9,0 | 1,3 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 7 | 9,0 | - | 11,5 | 2,5 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand |
| 8 | 11,5 | - | 15,2 | 3,7 | 22,00 | 0 | 0,150 | 7,700 | Sand |
| 9 | 15,2 | - | 16,0 | 0,8 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 10 | 16,0 | - | 19,4 | 3,4 | 13,00 | 0 | 0,130 | 4,550 | Sand/Schluff |
| 11 | 19,4 | - | 21,2 | 1,8 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 12 | 21,2 | - | 22,8 | 1,6 | 17,00 | 0 | 0,150 | 5,950 | Sand |
| 13 | 22,8 | - | 27,5 | 4,7 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 14 | 27,5 | - | 28,2 | 0,7 | 9,00 | 0 | 0,090 | 3,150 | bindig |
| 15 | 28,2 | - | 29,2 | 1,0 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,0 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,0 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

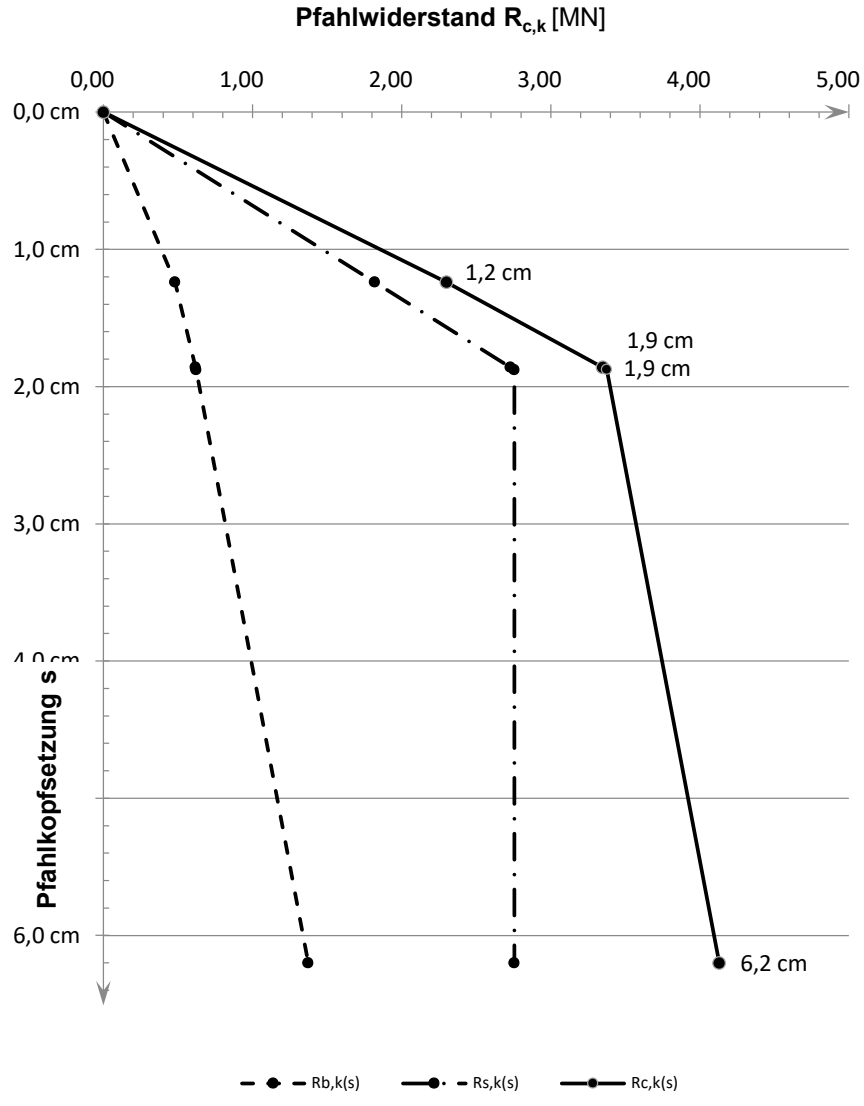
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,0 | 4,025 | 2,652 | 1,374 |
| **17,5** | **4,129** | 2,756 | 1,374 |
| 18,0 | 4,234 | 2,860 | 1,374 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 17,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,820 | 0,481 | 2,300 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,730 | 0,618 | 3,348 |
| $s_{sg}$ | 1,9 cm | 2,756 | 0,621 | 3,377 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,756 | 1,374 | 4,129 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 2,2 | 2,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,2 - 4,2 | 2,0 | 3,00 | 0 | 0,024 | 0,600 | Sand/Schluff |
| 3 | 4,2 - 6,2 | 2,0 | 11,00 | 0 | 0,088 | 2,200 | Sand |
| 4 | 6,2 - 7,3 | 1,1 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 7,3 - 7,7 | 0,4 | 11,00 | 0 | 0,088 | 2,200 | Sand |
| 6 | 7,7 - 9,0 | 1,3 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Sand |
| 7 | 9,0 - 11,5 | 2,5 | 18,00 | 0 | 0,120 | 3,300 | Sand |
| 8 | 11,5 - 15,2 | 3,7 | 22,00 | 0 | 0,120 | 3,700 | Sand |
| 9 | 15,2 - 16,0 | 0,8 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 10 | 16,0 - 19,4 | 3,4 | 13,00 | 0 | 0,104 | 2,600 | Sand/Schluff |
| 11 | 19,4 - 21,2 | 1,8 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 12 | 21,2 - 22,8 | 1,6 | 17,00 | 0 | 0,120 | 3,200 | Sand |
| 13 | 22,8 - 27,5 | 4,7 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 14 | 27,5 - 28,2 | 0,7 | 9,00 | 0 | 0,072 | 1,800 | bindig |
| 15 | 28,2 - 29,2 | 1,0 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

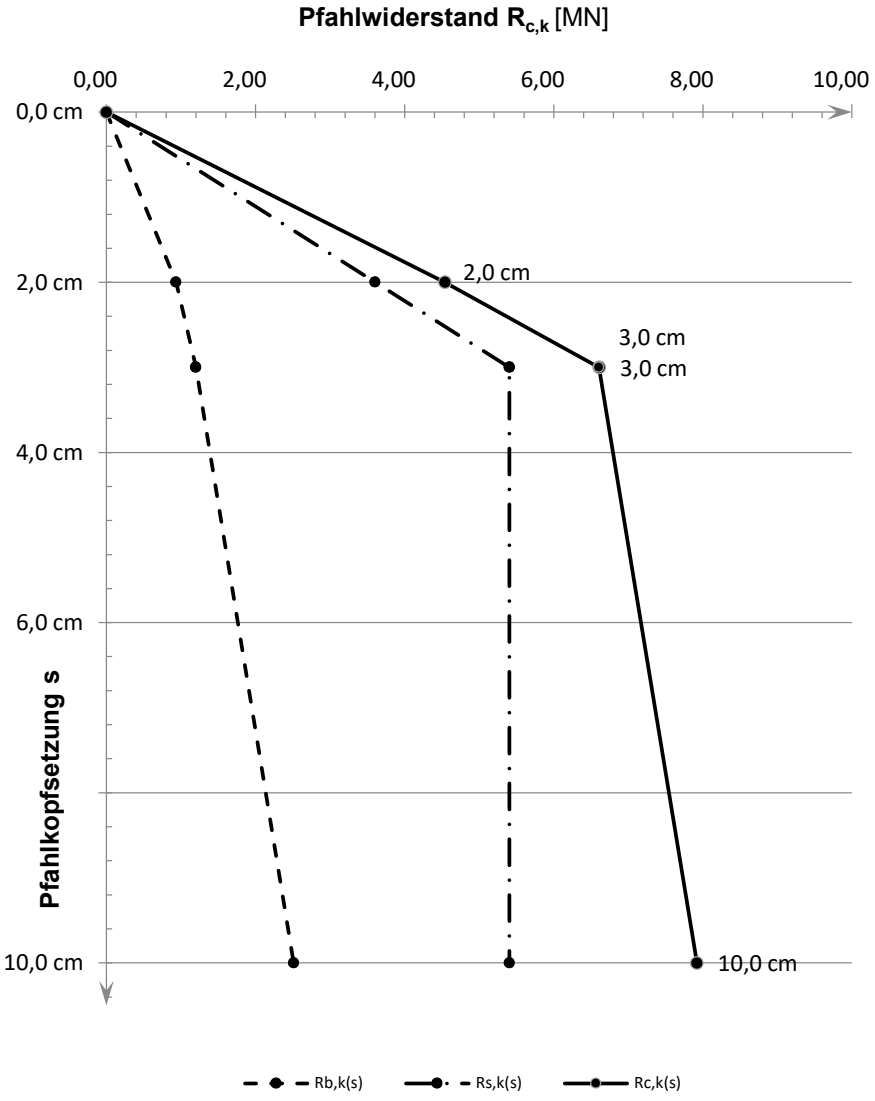
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,0 | 7,731 | 5,218 | 2,513 |
| **20,5** | **7,919** | 5,406 | 2,513 |
| 21,0 | 8,108 | 5,595 | 2,513 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 20,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,604 | 0,935 | 4,539 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 5,406 | 1,202 | 6,608 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 5,406 | 1,202 | 6,608 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 5,406 | 2,513 | 7,919 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 2,3 | 2,3 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,3 | - | 3,8 | 1,5 | 2,00 | 0 | 0,020 | 0,700 | Sand/Schluff |
| 3 | 3,8 | - | 7,0 | 3,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand |
| 4 | 7,0 | - | 11,8 | 4,8 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 5 | 11,8 | - | 24,2 | 12,4 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 6 | 24,2 | - | 25,2 | 1,0 | 13,00 | 0 | 0,130 | 4,550 | bindig |
| 7 | 25,2 | - | 28,5 | 3,3 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand/Schluff |
| 8 | 28,5 | - | 28,9 | 0,4 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,0 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,0 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

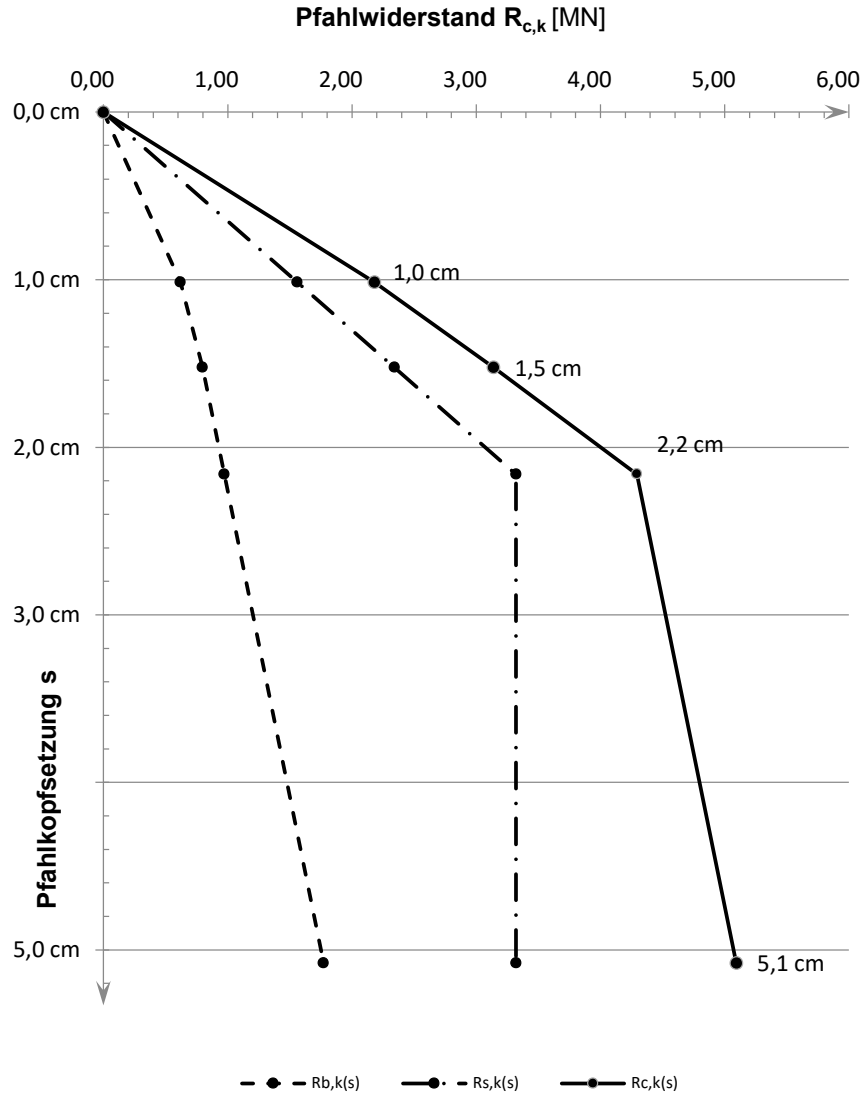
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,0 | 4,958 | 3,186 | 1,772 |
| **17,5** | **5,093** | 3,321 | 1,772 |
| 18,0 | 5,228 | 3,456 | 1,772 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 17,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,561 | 0,620 | 2,181 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,342 | 0,797 | 3,139 |
| $s_{sg}$ | 2,2 cm | 3,321 | 0,972 | 4,293 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 3,321 | 1,772 | 5,093 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 2,3 | 2,3 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,3 | - | 3,8 | 1,5 | 2,00 | 0 | 0,020 | 0,700 | Sand/Schluff |
| 3 | 3,8 | - | 7,0 | 3,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand |
| 4 | 7,0 | - | 11,8 | 4,8 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 5 | 11,8 | - | 24,2 | 12,4 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 6 | 24,2 | - | 25,2 | 1,0 | 13,00 | 0 | 0,130 | 4,550 | bindig |
| 7 | 25,2 | - | 28,5 | 3,3 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand/Schluff |
| 8 | 28,5 | - | 28,9 | 0,4 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,0 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,0 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

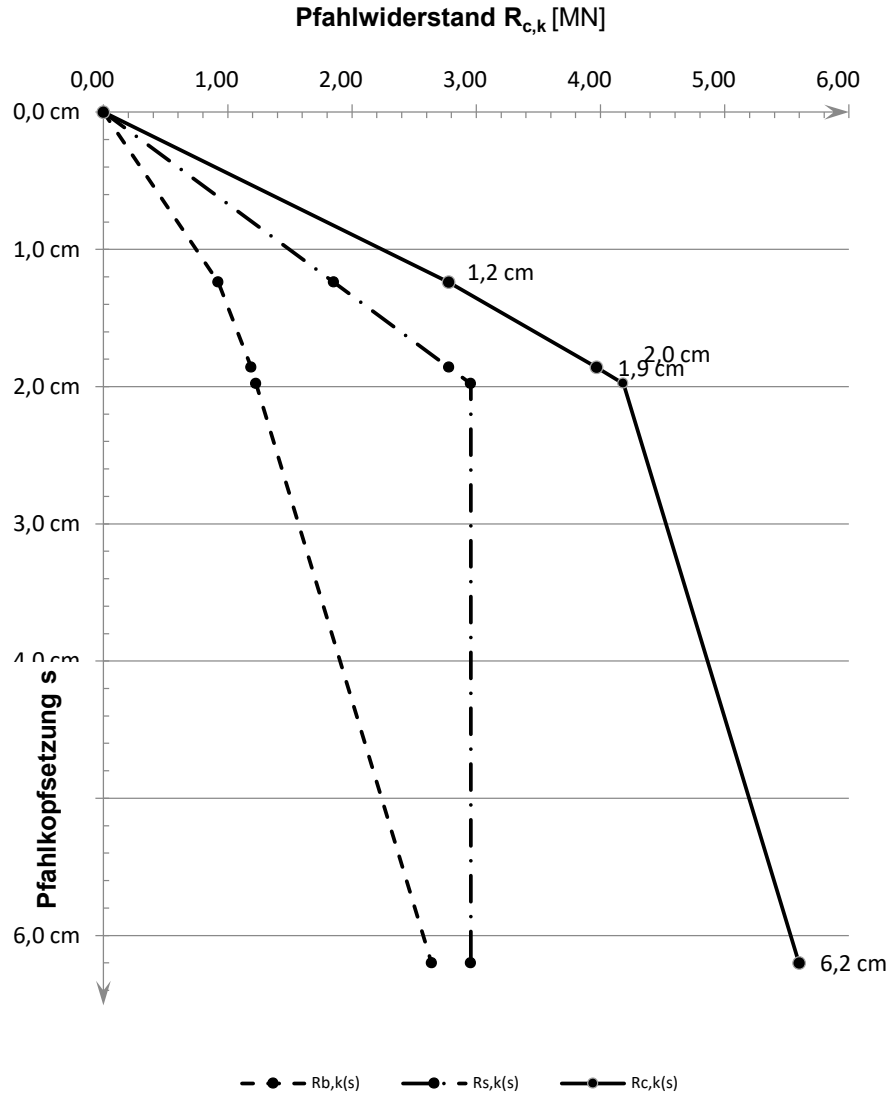
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,0 | 5,478 | 2,836 | 2,642 |
| **17,5** | **5,598** | 2,956 | 2,642 |
| 18,0 | 5,718 | 3,076 | 2,642 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 17,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,853 | 0,925 | 2,778 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,780 | 1,189 | 3,968 |
| $s_{sg}$ | 2,0 cm | 2,956 | 1,228 | 4,184 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,956 | 2,642 | 5,598 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 2,3 | 2,3 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,3 | - | 3,8 | 1,5 | 2,00 | 0 | 0,016 | 0,400 | Sand/Schluff |
| 3 | 3,8 | - | 7,0 | 3,2 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand |
| 4 | 7,0 | - | 11,8 | 4,8 | 16,00 | 0 | 0,120 | 3,100 | Sand |
| 5 | 11,8 | - | 24,2 | 12,4 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 6 | 24,2 | - | 25,2 | 1,0 | 13,00 | 0 | 0,104 | 2,600 | bindig |
| 7 | 25,2 | - | 28,5 | 3,3 | 20,00 | 0 | 0,120 | 3,500 | Sand/Schluff |
| 8 | 28,5 | - | 28,9 | 0,4 | 14,00 | 0 | 0,112 | 2,800 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

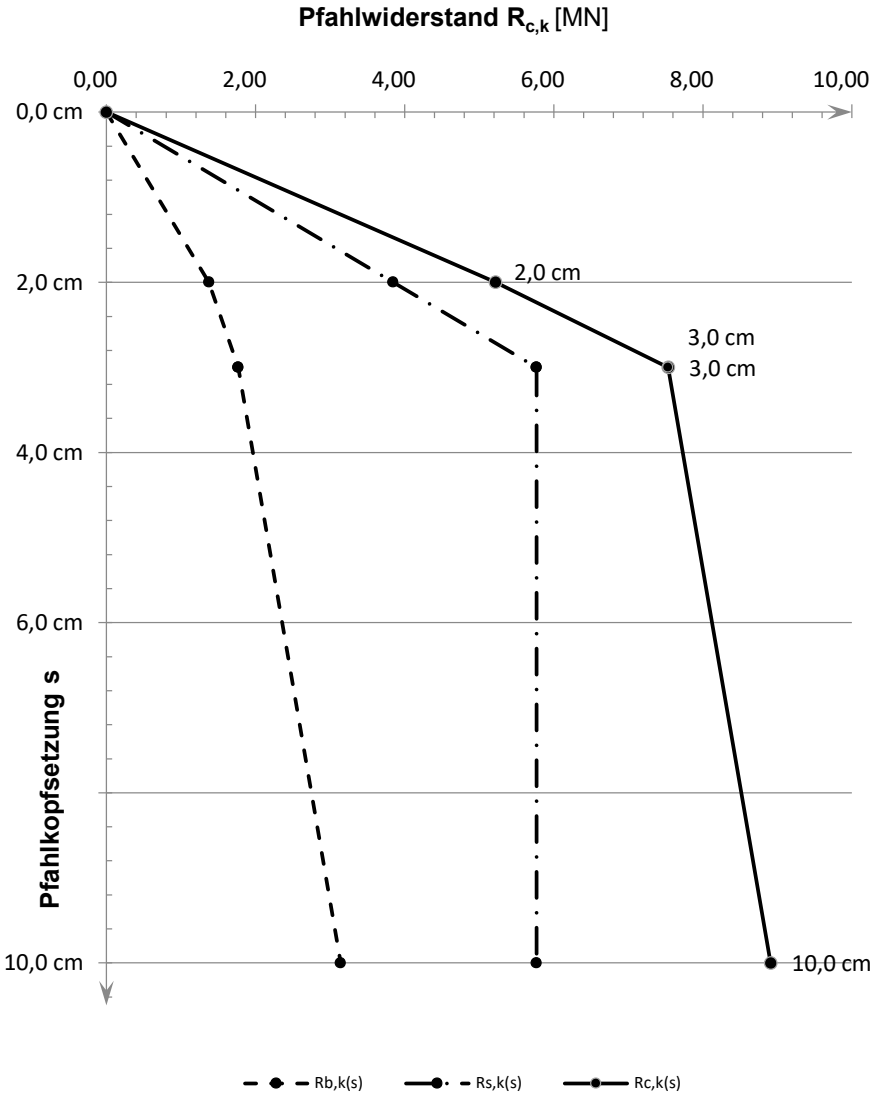
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,0 | 8,721 | 5,579 | 3,142 |
| **20,5** | **8,910** | 5,768 | 3,142 |
| 21,0 | 9,098 | 5,956 | 3,142 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 20,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,845 | 1,374 | 5,220 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 5,768 | 1,767 | 7,535 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 5,768 | 1,767 | 7,535 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 5,768 | 3,142 | 8,910 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 2,5 | 2,5 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,5 | - | 4,5 | 2,0 | 3,00 | 0 | 0,030 | 1,050 | Sand/Schluff |
| 3 | 4,5 | - | 5,5 | 1,0 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Sand |
| 4 | 5,5 | - | 7,2 | 1,7 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | bindig |
| 5 | 7,2 | - | 9,0 | 1,8 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 6 | 9,0 | - | 10,7 | 1,7 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 7 | 10,7 | - | 12,2 | 1,5 | 13,00 | 0 | 0,130 | 4,550 | Sand |
| 8 | 12,2 | - | 14,0 | 1,8 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 9 | 14,0 | - | 14,2 | 0,2 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Sand |
| 10 | 14,2 | - | 15,2 | 1,0 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | bindig |
| 11 | 15,2 | - | 18,5 | 3,3 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 12 | 18,5 | - | 20,5 | 2,0 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | bindig |
| 13 | 20,5 | - | 24,3 | 3,8 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 14 | 24,3 | - | 28,5 | 4,2 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 15 | 28,5 | - | 29,8 | 1,3 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,0 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,0 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

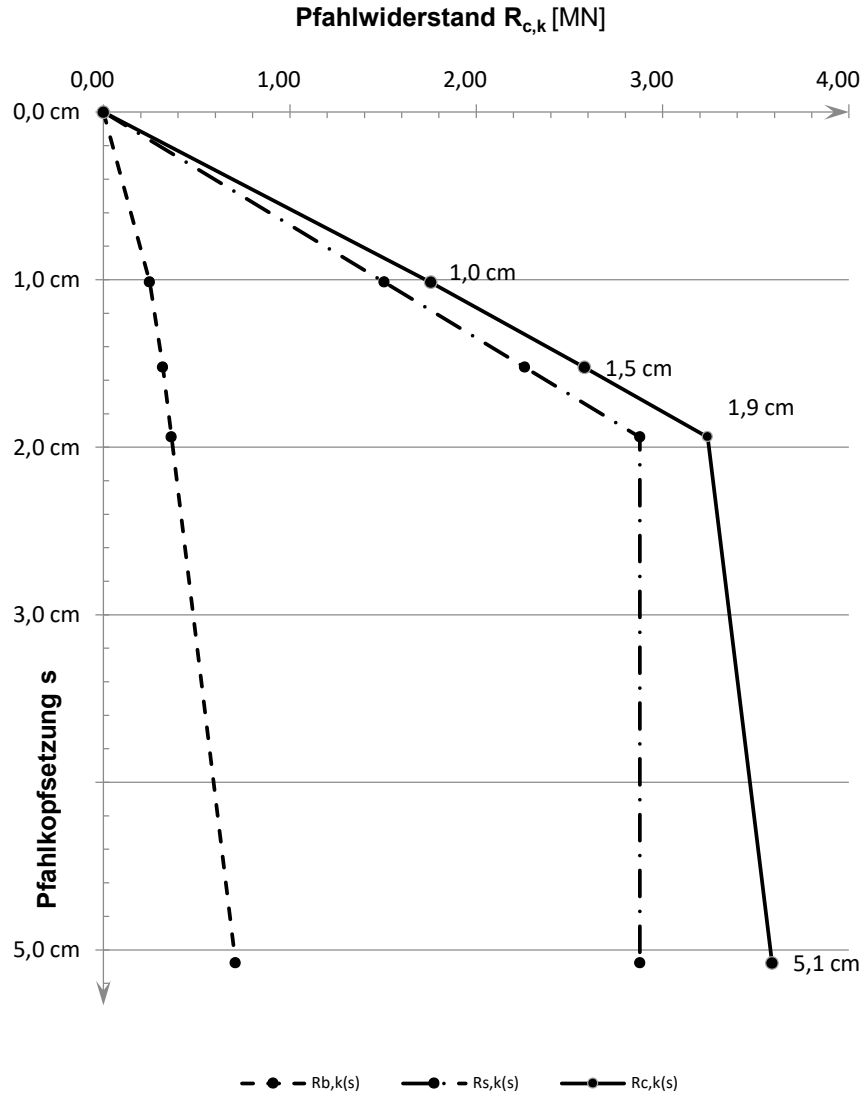
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,0 | 3,452 | 2,743 | 0,709 |
| **17,5** | **3,587** | 2,878 | 0,709 |
| 18,0 | 3,722 | 3,013 | 0,709 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 17,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,507 | 0,248 | 1,755 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,261 | 0,319 | 2,580 |
| $s_{sg}$ | 1,9 cm | 2,878 | 0,365 | 3,243 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 2,878 | 0,709 | 3,587 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 2,5 | 2,5 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,5 - 4,5 | 2,0 | 3,00 | 0 | 0,030 | 1,050 | Sand/Schluff |
| 3 | 4,5 - 5,5 | 1,0 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Sand |
| 4 | 5,5 - 7,2 | 1,7 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | bindig |
| 5 | 7,2 - 9,0 | 1,8 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 6 | 9,0 - 10,7 | 1,7 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 7 | 10,7 - 12,2 | 1,5 | 13,00 | 0 | 0,130 | 4,550 | Sand |
| 8 | 12,2 - 14,0 | 1,8 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 9 | 14,0 - 14,2 | 0,2 | 8,00 | 0 | 0,080 | 2,800 | Sand |
| 10 | 14,2 - 15,2 | 1,0 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | bindig |
| 11 | 15,2 - 18,5 | 3,3 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 12 | 18,5 - 20,5 | 2,0 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | bindig |
| 13 | 20,5 - 24,3 | 3,8 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 14 | 24,3 - 28,5 | 4,2 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 15 | 28,5 - 29,8 | 1,3 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,0 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,0 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

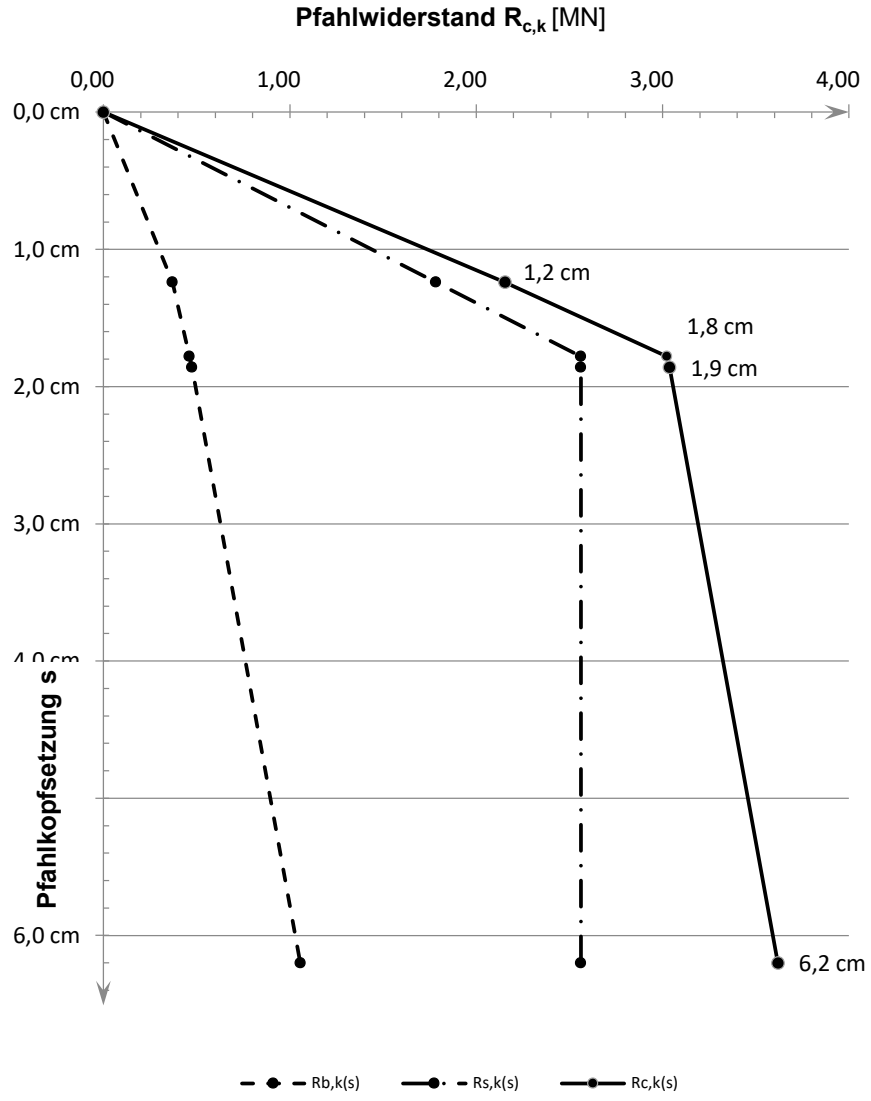
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,0 | 3,498 | 2,442 | 1,057 |
| **17,5** | **3,619** | 2,562 | 1,057 |
| 18,0 | 3,739 | 2,682 | 1,057 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 17,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,784 | 0,370 | 2,154 |
| $s_{sg}$ | 1,8 cm | 2,562 | 0,462 | 3,024 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,562 | 0,476 | 3,037 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,562 | 1,057 | 3,619 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 2,5 | 2,5 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,5 - 4,5 | 2,0 | 3,00 | 0 | 0,024 | 0,600 | Sand/Schluff |
| 3 | 4,5 - 5,5 | 1,0 | 8,00 | 0 | 0,064 | 1,600 | Sand |
| 4 | 5,5 - 7,2 | 1,7 | 4,00 | 0 | 0,032 | 0,800 | bindig |
| 5 | 7,2 - 9,0 | 1,8 | 16,00 | 0 | 0,120 | 3,100 | Sand |
| 6 | 9,0 - 10,7 | 1,7 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 7 | 10,7 - 12,2 | 1,5 | 13,00 | 0 | 0,104 | 2,600 | Sand |
| 8 | 12,2 - 14,0 | 1,8 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 9 | 14,0 - 14,2 | 0,2 | 8,00 | 0 | 0,064 | 1,600 | Sand |
| 10 | 14,2 - 15,2 | 1,0 | 4,00 | 0 | 0,032 | 0,800 | bindig |
| 11 | 15,2 - 18,5 | 3,3 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 12 | 18,5 - 20,5 | 2,0 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | bindig |
| 13 | 20,5 - 24,3 | 3,8 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 14 | 24,3 - 28,5 | 4,2 | 0,00 | 200 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 15 | 28,5 - 29,8 | 1,3 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

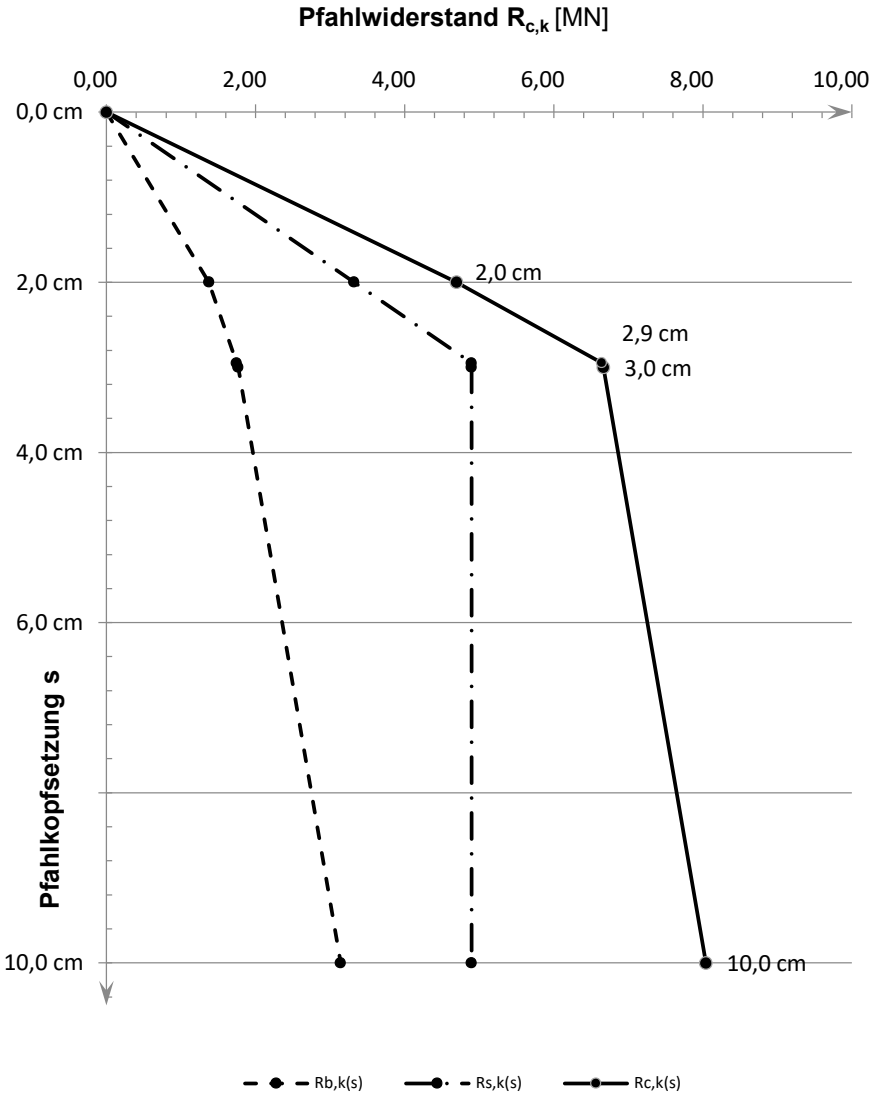
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,0 | 6,344 | 4,773 | 1,571 |
| **20,5** | **8,040** | 4,898 | 3,142 |
| 21,0 | 8,228 | 5,087 | 3,142 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 20,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,322 | 1,374 | 4,696 |
| $s_{sg}$ | 2,9 cm | 4,898 | 1,747 | 6,646 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 4,898 | 1,767 | 6,666 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 4,898 | 3,142 | 8,040 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 2,6 | 2,6 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,6 - 5,0 | 2,4 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | Sand/Schluff |
| 3 | 5,0 - 6,3 | 1,3 | 13,00 | 0 | 0,130 | 4,550 | Sand |
| 4 | 6,3 - 8,0 | 1,7 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 8,0 - 11,6 | 3,6 | 17,00 | 0 | 0,150 | 5,950 | Sand |
| 6 | 11,6 - 13,8 | 2,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 7 | 13,8 - 16,4 | 2,6 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand |
| 8 | 16,4 - 17,0 | 0,6 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 9 | 17,0 - 21,4 | 4,4 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand |
| 10 | 21,4 - 24,6 | 3,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 11 | 24,6 - 25,6 | 1,0 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | bindig |
| 12 | 25,6 - 27,0 | 1,4 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 13 | 27,0 - 28,2 | 1,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | bindig |
| 14 | 28,2 - 29,4 | 1,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,0 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,0 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

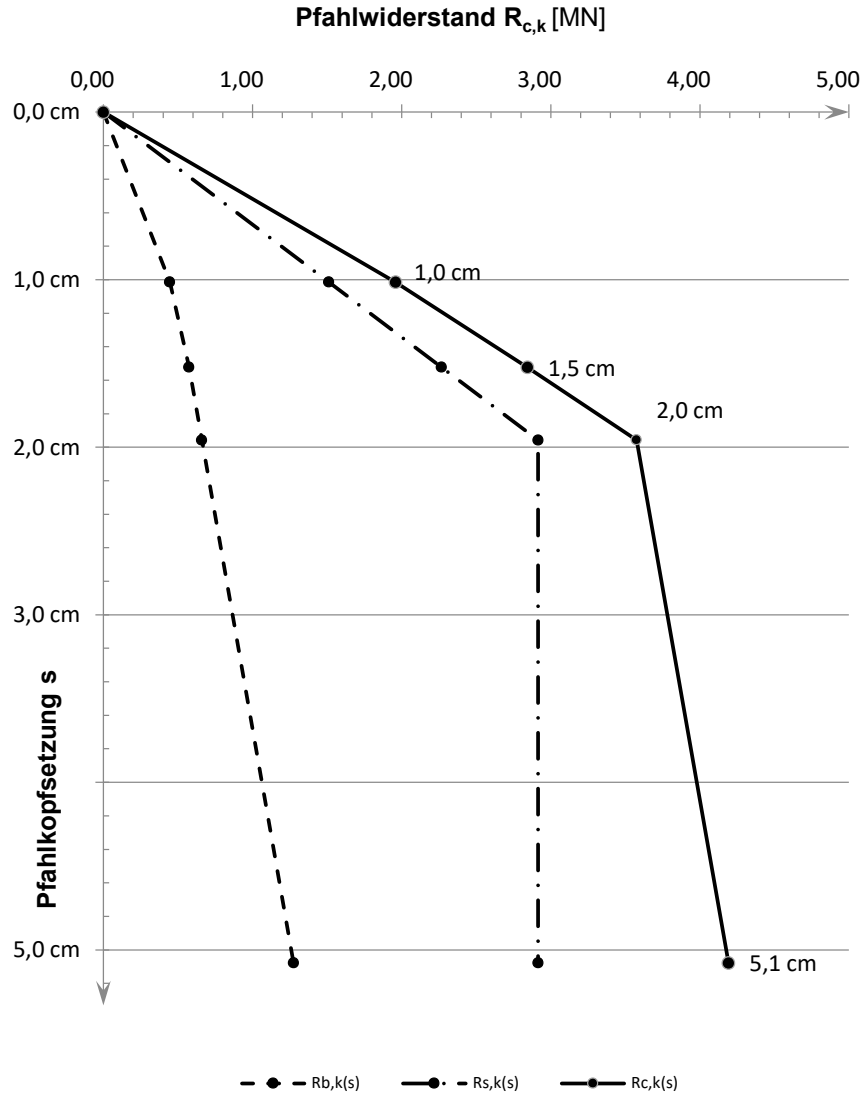
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,0 | 4,057 | 2,781 | 1,276 |
| **17,5** | **4,192** | 2,916 | 1,276 |
| 18,0 | 4,327 | 3,051 | 1,276 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 17,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,512 | 0,447 | 1,959 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 2,269 | 0,574 | 2,843 |
| $s_{sg}$ | 2,0 cm | 2,916 | 0,660 | 3,576 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 2,916 | 1,276 | 4,192 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 2,6 | 2,6 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,6 - 5,0 | 2,4 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | Sand/Schluff |
| 3 | 5,0 - 6,3 | 1,3 | 13,00 | 0 | 0,130 | 4,550 | Sand |
| 4 | 6,3 - 8,0 | 1,7 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 8,0 - 11,6 | 3,6 | 17,00 | 0 | 0,150 | 5,950 | Sand |
| 6 | 11,6 - 13,8 | 2,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 7 | 13,8 - 16,4 | 2,6 | 12,00 | 0 | 0,120 | 4,200 | Sand |
| 8 | 16,4 - 17,0 | 0,6 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 9 | 17,0 - 21,4 | 4,4 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand |
| 10 | 21,4 - 24,6 | 3,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 11 | 24,6 - 25,6 | 1,0 | 10,00 | 0 | 0,100 | 3,500 | bindig |
| 12 | 25,6 - 27,0 | 1,4 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 13 | 27,0 - 28,2 | 1,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | bindig |
| 14 | 28,2 - 29,4 | 1,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,0 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,0 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

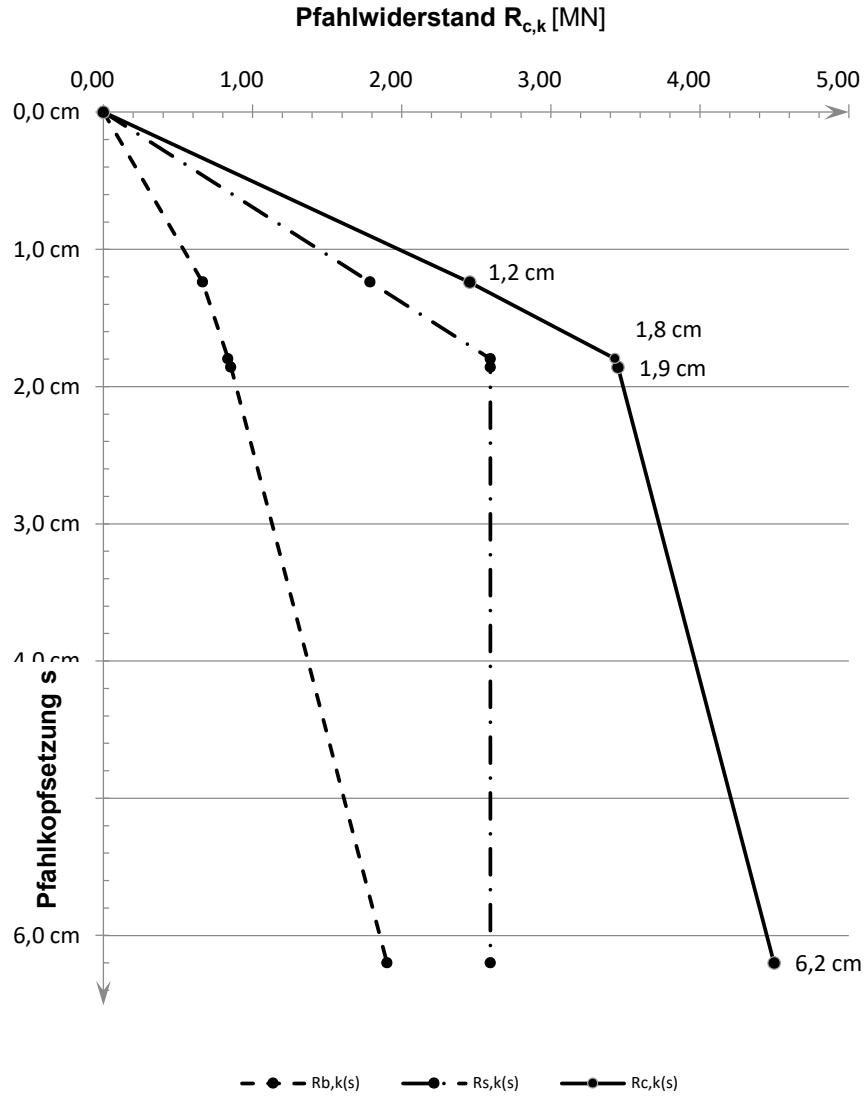
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,0 | 4,377 | 2,475 | 1,902 |
| **17,5** | **4,498** | 2,596 | 1,902 |
| 18,0 | 4,618 | 2,716 | 1,902 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 17,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,790 | 0,666 | 2,456 |
| $s_{sg}$ | 1,8 cm | 2,596 | 0,837 | 3,432 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 2,596 | 0,856 | 3,451 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 2,596 | 1,902 | 4,498 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark Georgshof / 23.1098 CPT WEA 4 West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 - 2,6 | 2,6 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 2,6 - 5,0 | 2,4 | 4,00 | 0 | 0,032 | 0,800 | Sand/Schluff |
| 3 | 5,0 - 6,3 | 1,3 | 13,00 | 0 | 0,104 | 2,600 | Sand |
| 4 | 6,3 - 8,0 | 1,7 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 8,0 - 11,6 | 3,6 | 17,00 | 0 | 0,120 | 3,200 | Sand |
| 6 | 11,6 - 13,8 | 2,2 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 7 | 13,8 - 16,4 | 2,6 | 12,00 | 0 | 0,096 | 2,400 | Sand |
| 8 | 16,4 - 17,0 | 0,6 | 0,00 | 150 | 0,050 | 1,150 | bindig |
| 9 | 17,0 - 21,4 | 4,4 | 18,00 | 0 | 0,120 | 3,300 | Sand |
| 10 | 21,4 - 24,6 | 3,2 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 11 | 24,6 - 25,6 | 1,0 | 10,00 | 0 | 0,080 | 2,000 | bindig |
| 12 | 25,6 - 27,0 | 1,4 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 13 | 27,0 - 28,2 | 1,2 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | bindig |
| 14 | 28,2 - 29,4 | 1,2 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 20,0 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 21,0 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

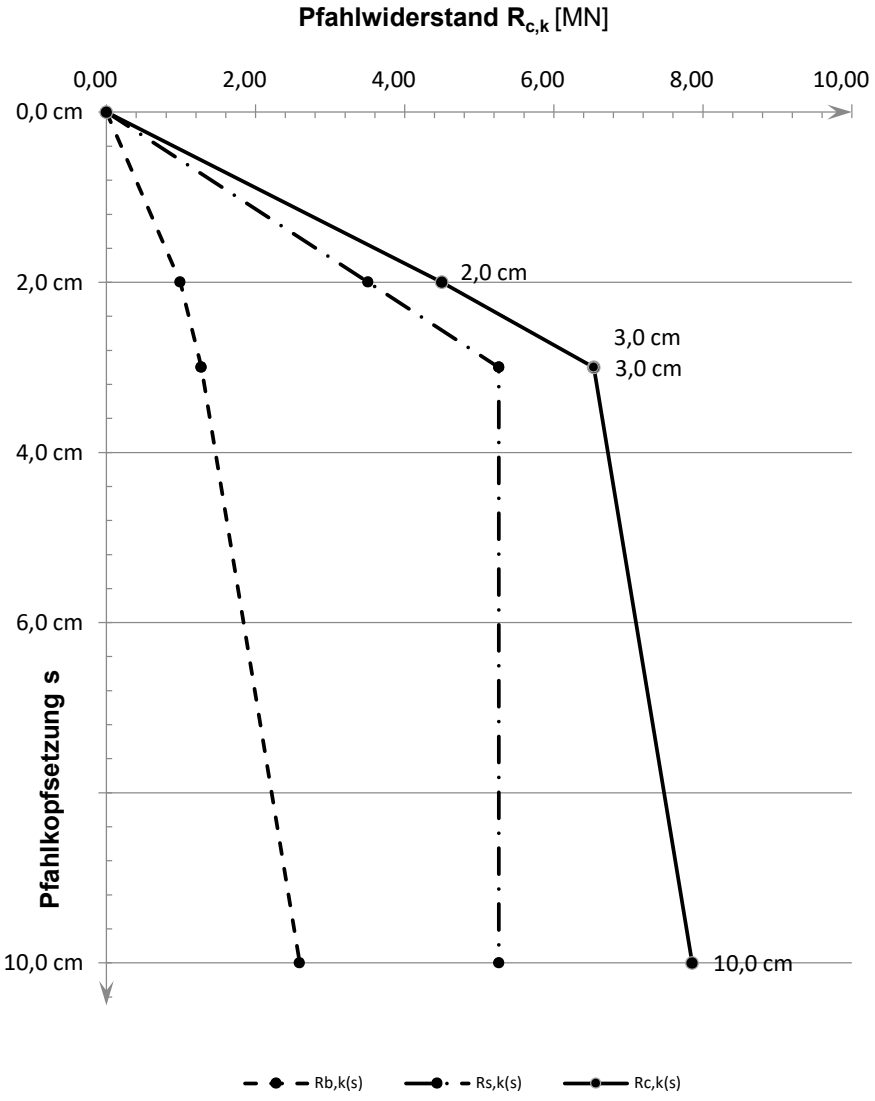
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 20,0 | 7,667 | 5,076 | 2,592 |
| **20,5** | **7,856** | 5,264 | 2,592 |
| 21,0 | 8,044 | 5,453 | 2,592 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 20,5 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,509 | 0,990 | 4,499 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 5,264 | 1,272 | 6,536 |
| $s_{sg}$ | 3,0 cm | 5,264 | 1,272 | 6,536 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 5,264 | 2,592 | 7,856 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,7 | 4,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,7 | - | 8,4 | 3,7 | 7,00 | 0 | 0,070 | 2,450 | Sand/Schluff |
| 3 | 8,4 | - | 11,4 | 3,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 11,4 | - | 13,6 | 2,2 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 13,6 | - | 16,6 | 3,0 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | bindig |
| 6 | 16,6 | - | 26,0 | 9,4 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 7 | 26,0 | - | 28,7 | 2,7 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

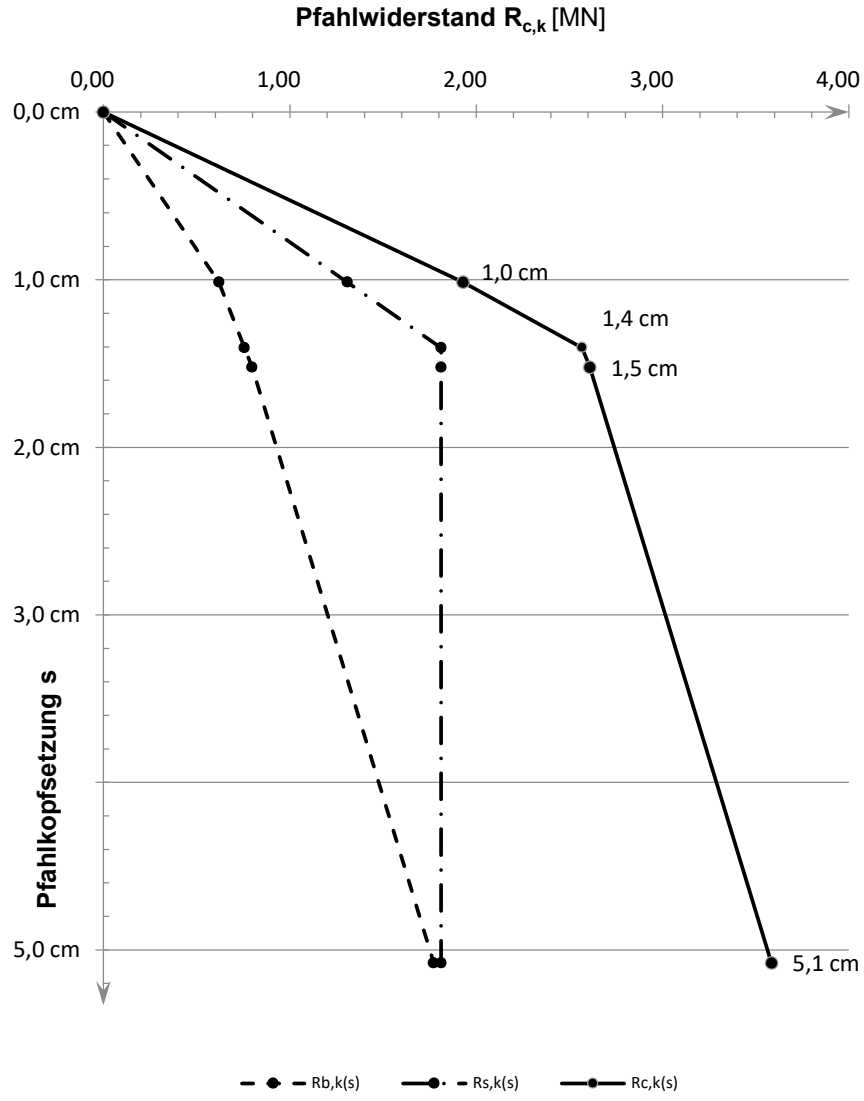
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,5 | 3,449 | 1,678 | 1,772 |
| **18,0** | **3,584** | 1,813 | 1,772 |
| 18,5 | 3,719 | 1,948 | 1,772 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 18,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,309 | 0,620 | 1,929 |
| $s_{sg}$ | 1,4 cm | 1,813 | 0,757 | 2,569 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 1,813 | 0,797 | 2,610 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 1,813 | 1,772 | 3,584 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,7 | 4,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,7 | - | 8,4 | 3,7 | 7,00 | 0 | 0,070 | 2,450 | Sand/Schluff |
| 3 | 8,4 | - | 11,4 | 3,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 11,4 | - | 13,6 | 2,2 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 13,6 | - | 16,6 | 3,0 | 14,00 | 0 | 0,140 | 4,900 | bindig |
| 6 | 16,6 | - | 26,0 | 9,4 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 7 | 26,0 | - | 28,7 | 2,7 | 18,00 | 0 | 0,150 | 6,300 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

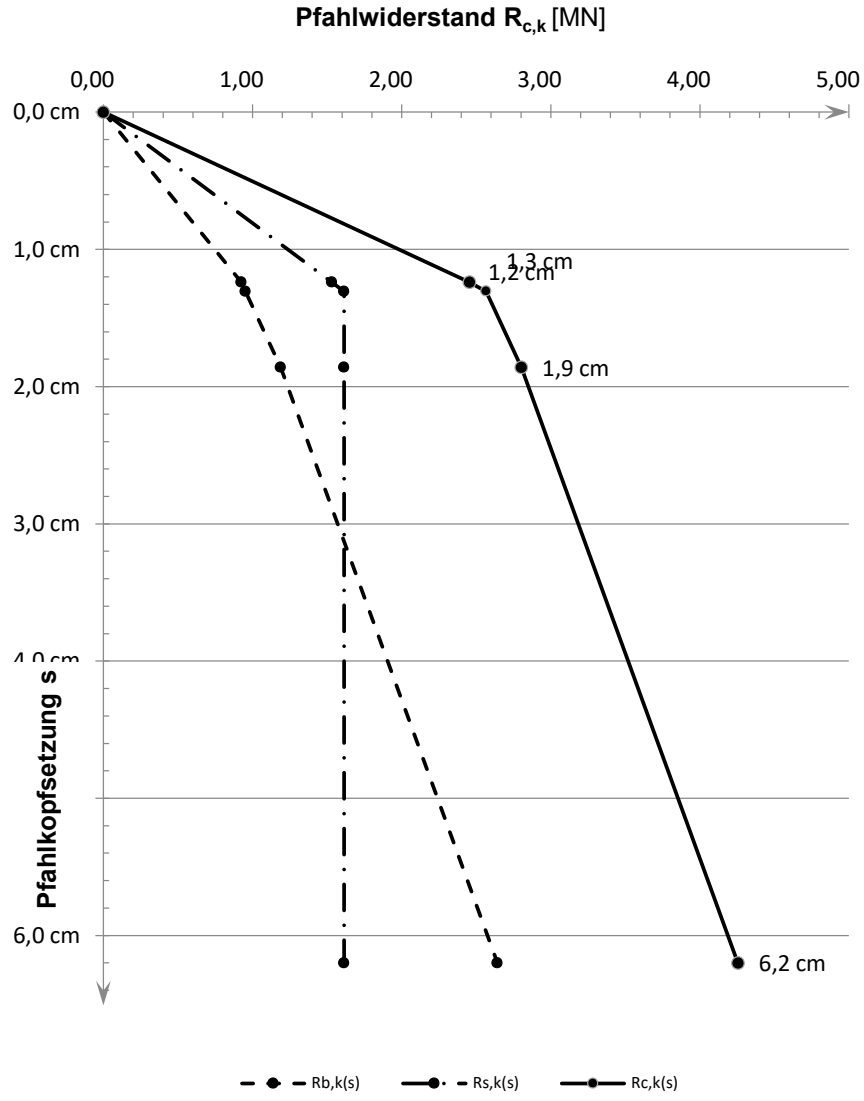
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,5 | 4,135 | 1,493 | 2,642 |
| **18,0** | **4,255** | 1,613 | 2,642 |
| 18,5 | 4,375 | 1,734 | 2,642 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 18,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,531 | 0,925 | 2,456 |
| $s_{sg}$ | 1,3 cm | 1,613 | 0,953 | 2,566 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 1,613 | 1,189 | 2,802 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 1,613 | 2,642 | 4,255 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen Nord

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,7 | 4,7 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,7 | - | 8,4 | 3,7 | 7,00 | 0 | 0,056 | 1,400 | Sand/Schluff |
| 3 | 8,4 | - | 11,4 | 3,0 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 4 | 11,4 | - | 13,6 | 2,2 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 5 | 13,6 | - | 16,6 | 3,0 | 14,00 | 0 | 0,112 | 2,800 | bindig |
| 6 | 16,6 | - | 26,0 | 9,4 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 7 | 26,0 | - | 28,7 | 2,7 | 18,00 | 0 | 0,120 | 3,300 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 22,5 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 23,5 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

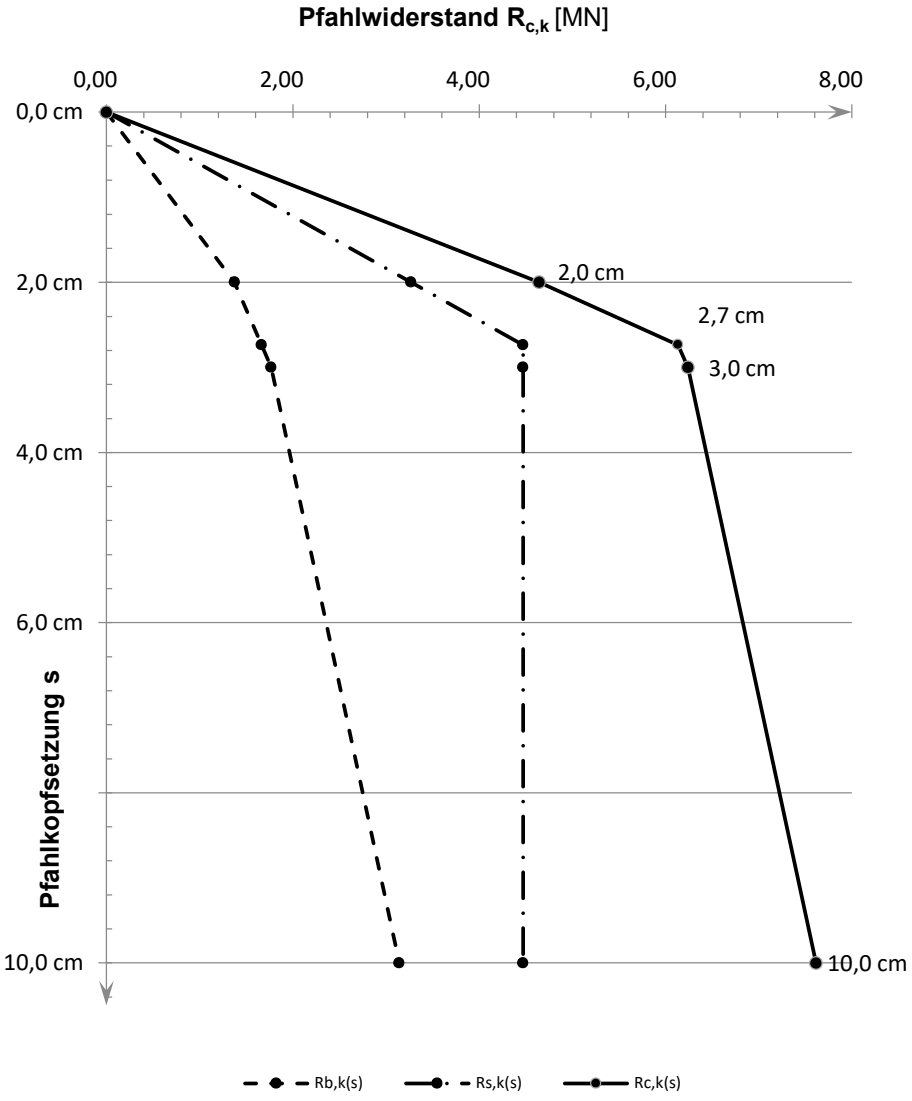
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 22,5 | 7,424 | 4,283 | 3,142 |
| **23,0** | **7,613** | 4,471 | 3,142 |
| 23,5 | 7,251 | 4,660 | 2,592 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 23,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,269 | 1,374 | 4,643 |
| $s_{sg}$ | 2,7 cm | 4,471 | 1,663 | 6,134 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 4,471 | 1,767 | 6,238 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 4,471 | 3,142 | 7,613 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,3 | 4,3 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,3 | - | 6,7 | 2,4 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,7 | - | 8,0 | 1,3 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 8,0 | - | 8,5 | 0,5 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand |
| 5 | 8,5 | - | 11,5 | 3,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,5 | - | 13,5 | 2,0 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 13,5 | - | 16,8 | 3,3 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand/Schluff |
| 8 | 16,8 | - | 25,3 | 8,5 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 9 | 25,3 | - | 29,6 | 4,3 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

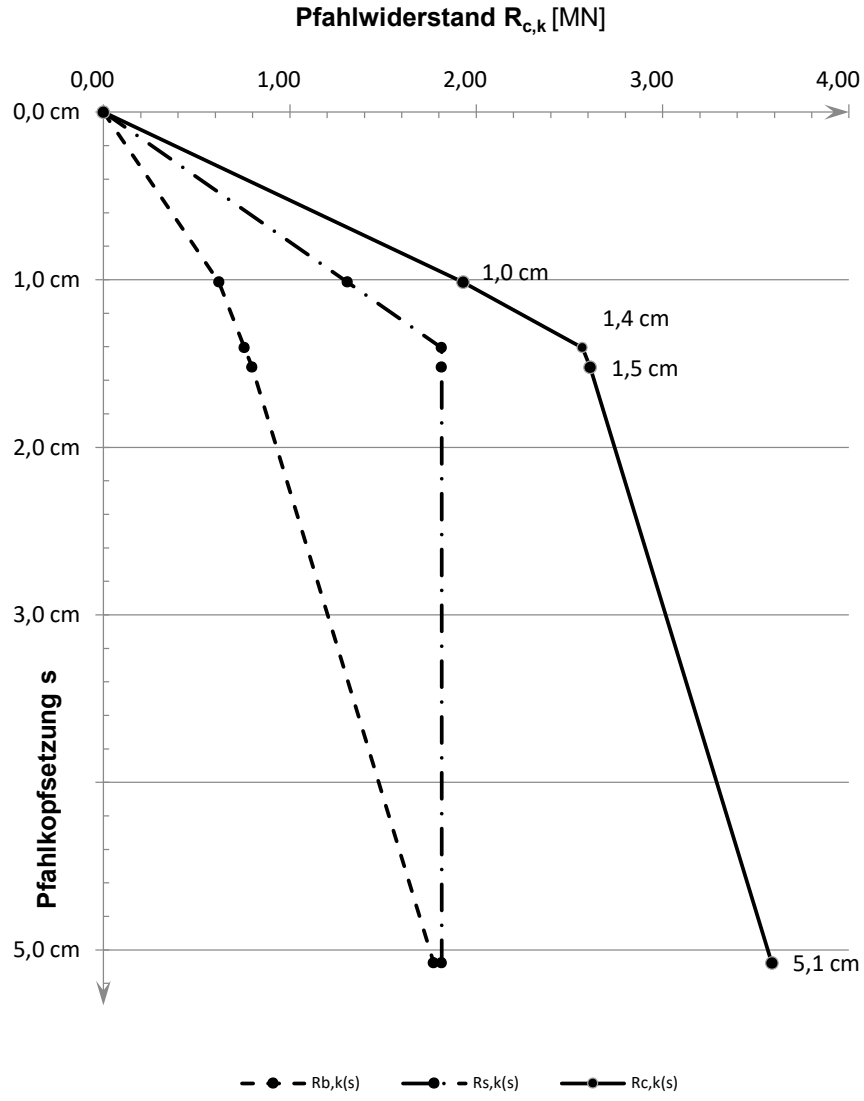
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,5 | 3,451 | 1,679 | 1,772 |
| **18,0** | **3,586** | 1,814 | 1,772 |
| 18,5 | 3,721 | 1,949 | 1,772 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 18,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,309 | 0,620 | 1,930 |
| $s_{sg}$ | 1,4 cm | 1,814 | 0,757 | 2,571 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 1,814 | 0,797 | 2,612 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 1,814 | 1,772 | 3,586 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,3 | 4,3 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,3 | - | 6,7 | 2,4 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,7 | - | 8,0 | 1,3 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 8,0 | - | 8,5 | 0,5 | 6,00 | 0 | 0,060 | 2,100 | Sand |
| 5 | 8,5 | - | 11,5 | 3,0 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,5 | - | 13,5 | 2,0 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 13,5 | - | 16,8 | 3,3 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand/Schluff |
| 8 | 16,8 | - | 25,3 | 8,5 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 9 | 25,3 | - | 29,6 | 4,3 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

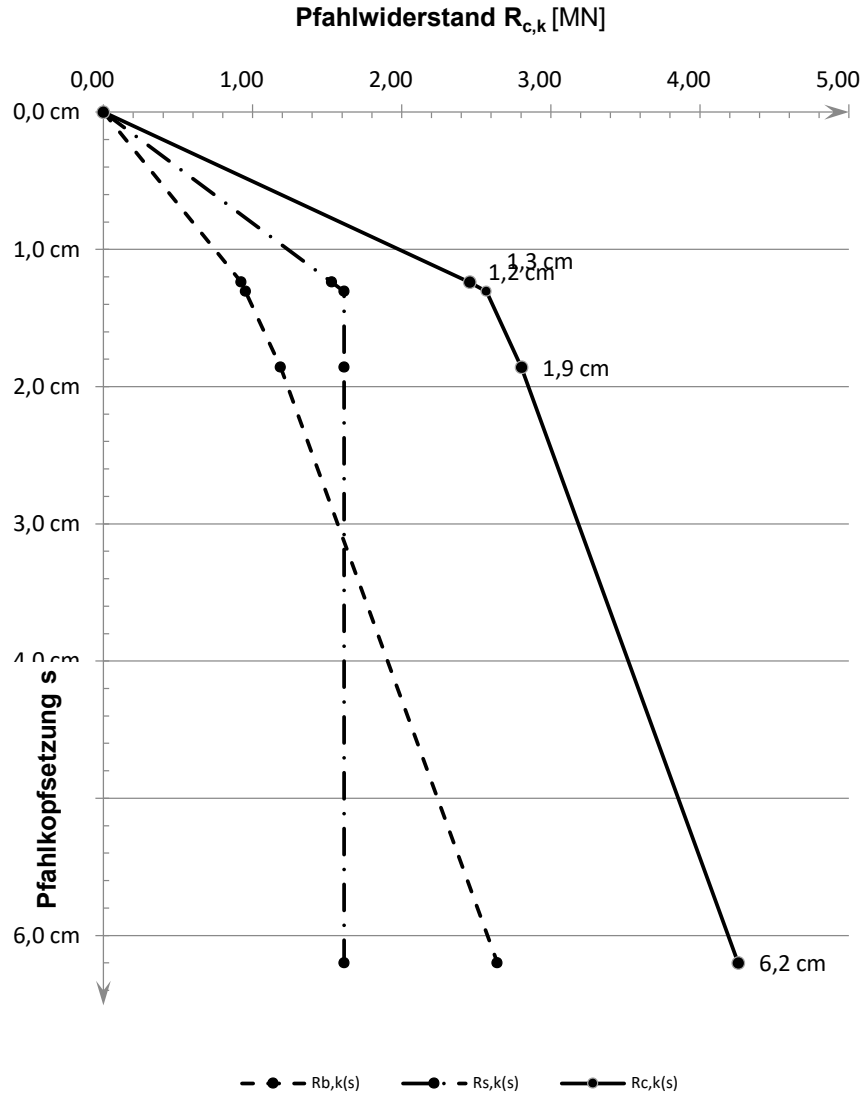
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,5 | 4,137 | 1,495 | 2,642 |
| **18,0** | **4,257** | 1,615 | 2,642 |
| 18,5 | 4,377 | 1,735 | 2,642 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 18,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,532 | 0,925 | 2,456 |
| $s_{sg}$ | 1,3 cm | 1,615 | 0,953 | 2,568 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 1,615 | 1,189 | 2,804 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 1,615 | 2,642 | 4,257 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen Ost

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,3 | 4,3 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,3 | - | 6,7 | 2,4 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,7 | - | 8,0 | 1,3 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 4 | 8,0 | - | 8,5 | 0,5 | 6,00 | 0 | 0,048 | 1,200 | Sand |
| 5 | 8,5 | - | 11,5 | 3,0 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 6 | 11,5 | - | 13,5 | 2,0 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 13,5 | - | 16,8 | 3,3 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Sand/Schluff |
| 8 | 16,8 | - | 25,3 | 8,5 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 9 | 25,3 | - | 29,6 | 4,3 | 20,00 | 0 | 0,120 | 3,500 | Sand/Schluff |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 22,5 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 23,5 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

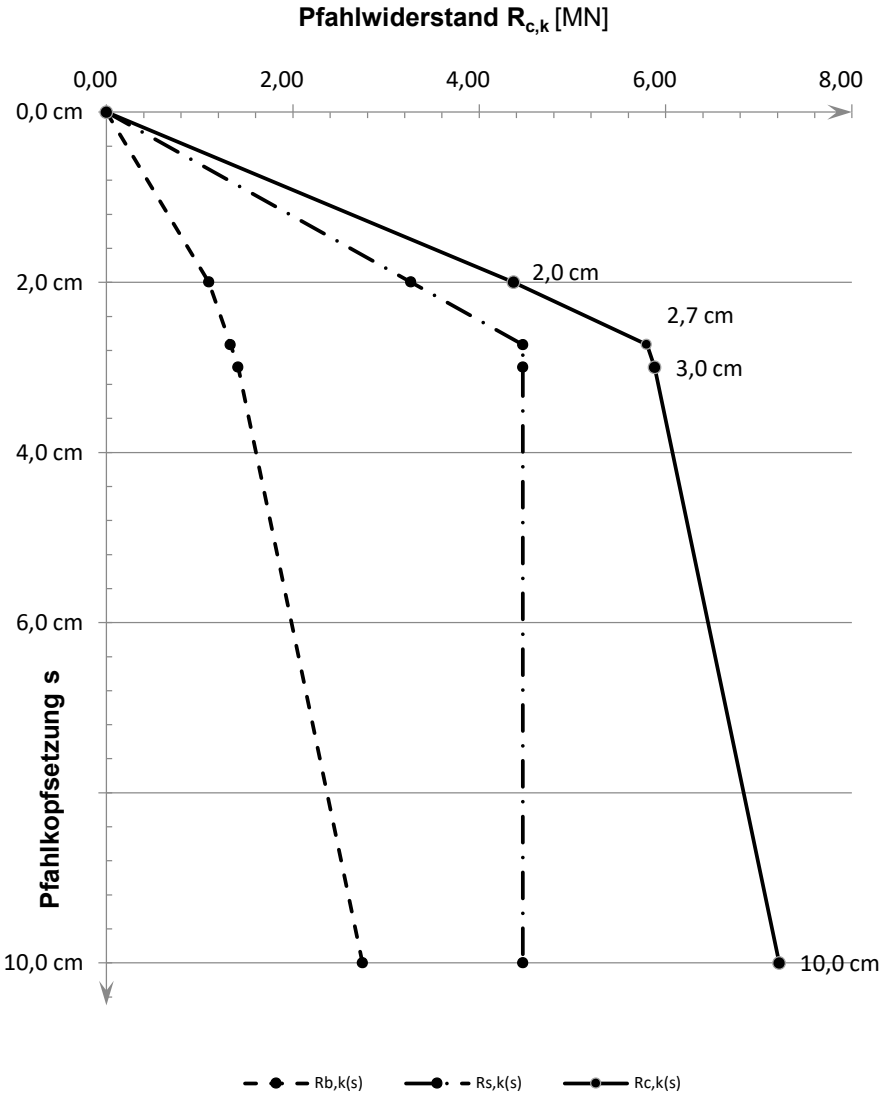
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 22,5 | 7,029 | 4,280 | 2,749 |
| **23,0** | **7,217** | 4,469 | 2,749 |
| 23,5 | 7,406 | 4,657 | 2,749 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 23,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,269 | 1,100 | 4,368 |
| $s_{sg}$ | 2,7 cm | 4,469 | 1,330 | 5,799 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 4,469 | 1,414 | 5,882 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 4,469 | 2,749 | 7,217 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,2 | 4,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,2 | - | 6,8 | 2,6 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,8 | - | 8,2 | 1,4 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 8,2 | - | 8,8 | 0,6 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 5 | 8,8 | - | 12,0 | 3,2 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 12,0 | - | 13,3 | 1,3 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 13,3 | - | 15,4 | 2,1 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 8 | 15,4 | - | 17,3 | 1,9 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 9 | 17,3 | - | 24,8 | 7,5 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 10 | 24,8 | - | 28,0 | 3,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Annahme: Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

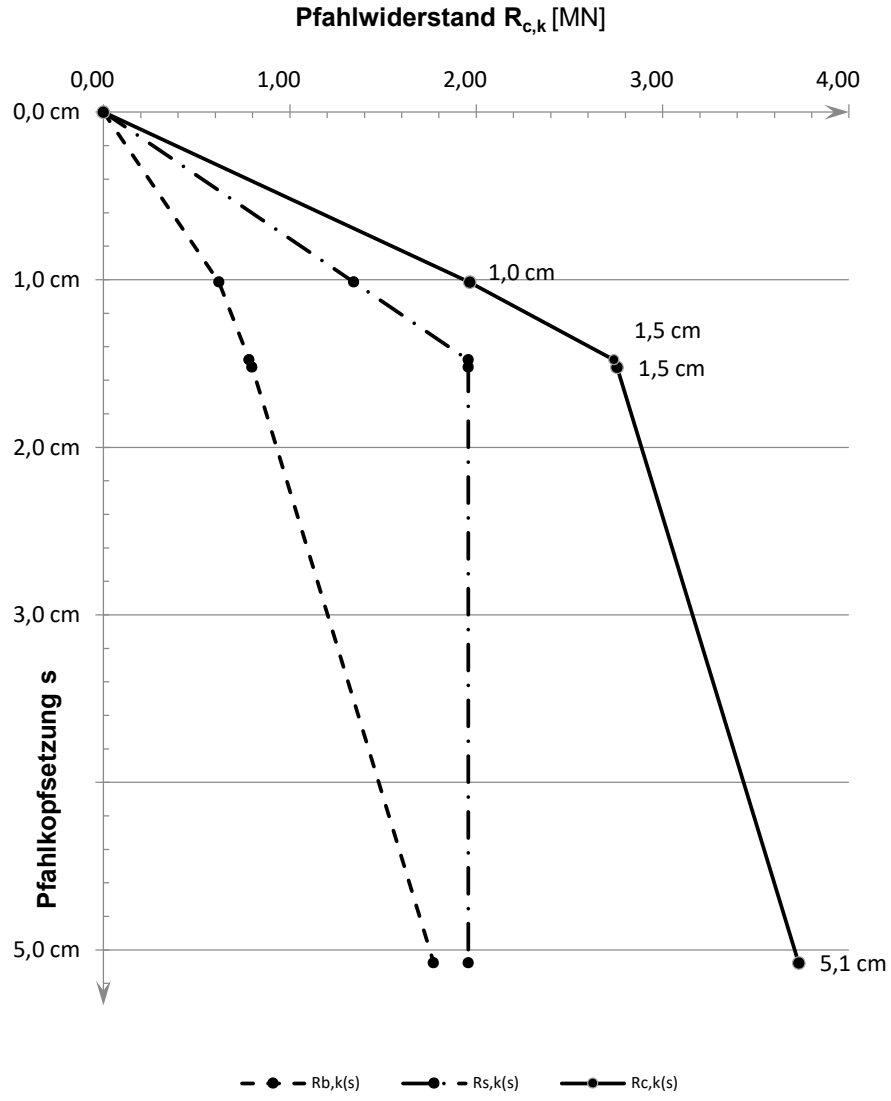
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,5 | 3,595 | 1,823 | 1,772 |
| **18,0** | **3,730** | 1,958 | 1,772 |
| 18,5 | 3,865 | 2,093 | 1,772 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 18,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,345 | 0,620 | 1,965 |
| $s_{sg}$ | 1,5 cm | 1,958 | 0,782 | 2,740 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 1,958 | 0,797 | 2,756 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 1,958 | 1,772 | 3,730 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,2 | 4,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,2 | - | 6,8 | 2,6 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,8 | - | 8,2 | 1,4 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 8,2 | - | 8,8 | 0,6 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 5 | 8,8 | - | 12,0 | 3,2 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 12,0 | - | 13,3 | 1,3 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 13,3 | - | 15,4 | 2,1 | 15,00 | 0 | 0,150 | 5,250 | Sand |
| 8 | 15,4 | - | 17,3 | 1,9 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 9 | 17,3 | - | 24,8 | 7,5 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Sand |
| 10 | 24,8 | - | 28,0 | 3,2 | 25,00 | 0 | 0,150 | 8,750 | Annahme: Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

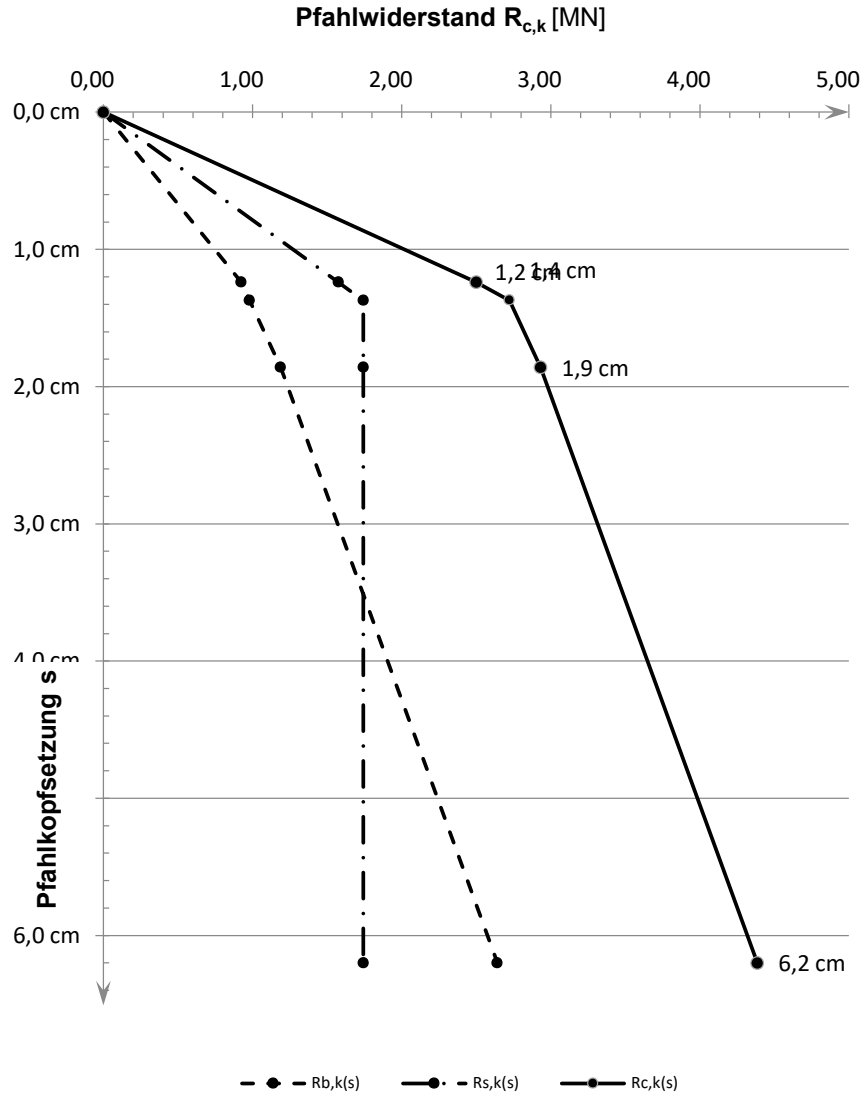
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,5 | 4,265 | 1,623 | 2,642 |
| **18,0** | **4,385** | 1,743 | 2,642 |
| 18,5 | 4,505 | 1,863 | 2,642 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 18,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,576 | 0,925 | 2,501 |
| $s_{sg}$ | 1,4 cm | 1,743 | 0,981 | 2,724 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 1,743 | 1,189 | 2,932 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 1,743 | 2,642 | 4,385 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen Süd

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,2 | 4,2 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,2 | - | 6,8 | 2,6 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,8 | - | 8,2 | 1,4 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 4 | 8,2 | - | 8,8 | 0,6 | 16,00 | 0 | 0,120 | 3,100 | Sand |
| 5 | 8,8 | - | 12,0 | 3,2 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 6 | 12,0 | - | 13,3 | 1,3 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 13,3 | - | 15,4 | 2,1 | 15,00 | 0 | 0,120 | 3,000 | Sand |
| 8 | 15,4 | - | 17,3 | 1,9 | 16,00 | 0 | 0,120 | 3,100 | Sand |
| 9 | 17,3 | - | 24,8 | 7,5 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |
| 10 | 24,8 | - | 28,0 | 3,2 | 25,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Annahme: Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 22,5 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 23,5 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

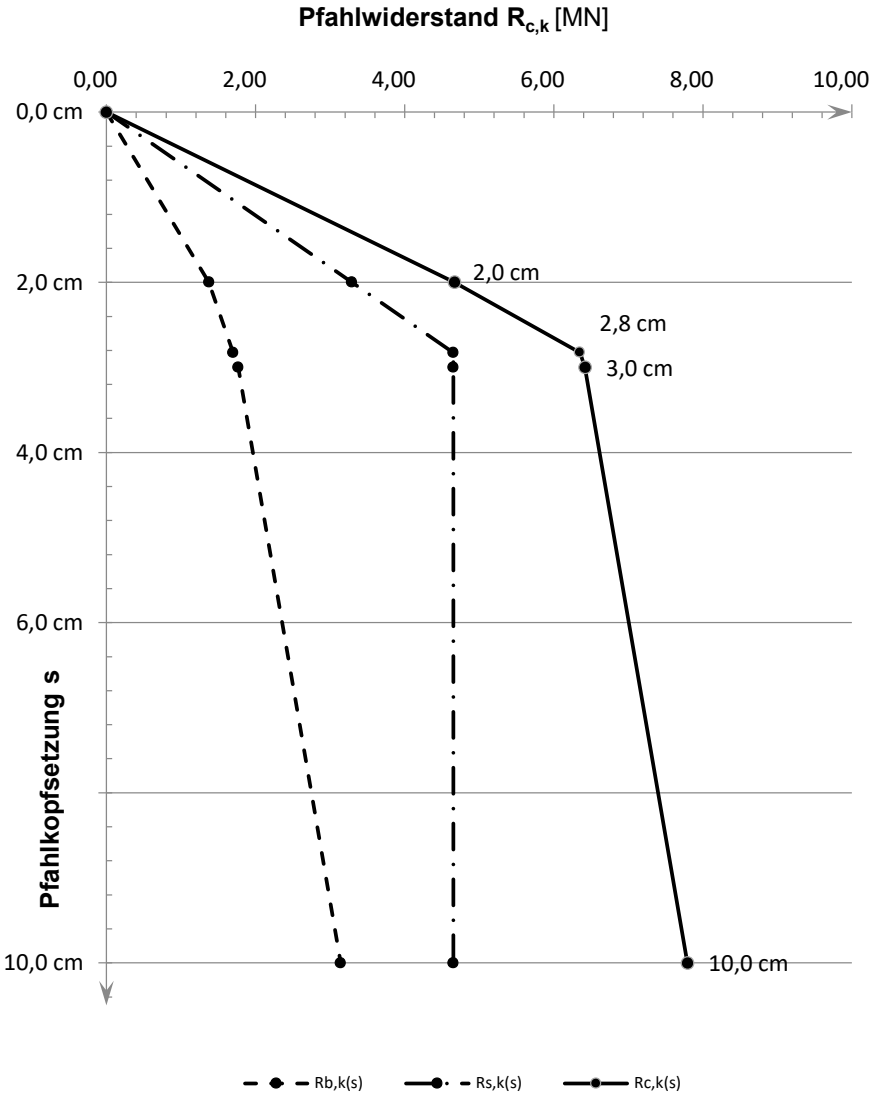
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 22,5 | 7,605 | 4,464 | 3,142 |
| **23,0** | **7,794** | 4,652 | 3,142 |
| 23,5 | 7,982 | 4,841 | 3,142 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 23,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,292 | 1,374 | 4,667 |
| $s_{sg}$ | 2,8 cm | 4,652 | 1,699 | 6,351 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 4,652 | 1,767 | 6,419 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 4,652 | 3,142 | 7,794 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,8 | 4,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,8 | - | 6,4 | 1,6 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,4 | - | 7,3 | 0,9 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 7,3 | - | 8,5 | 1,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 5 | 8,5 | - | 11,6 | 3,1 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,6 | - | 14,2 | 2,6 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 14,2 | - | 15,0 | 0,8 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 8 | 15,0 | - | 16,8 | 1,8 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand |
| 9 | 16,8 | - | 28,3 | 11,5 | 28,00 | 0 | 0,150 | 9,800 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Stahlbetonrammpfahl | | |
| Pfahlbreite: | 45 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,5 m | Schaftumfang: | 1,80 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,5 m | Fußfläche: | 0,20 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

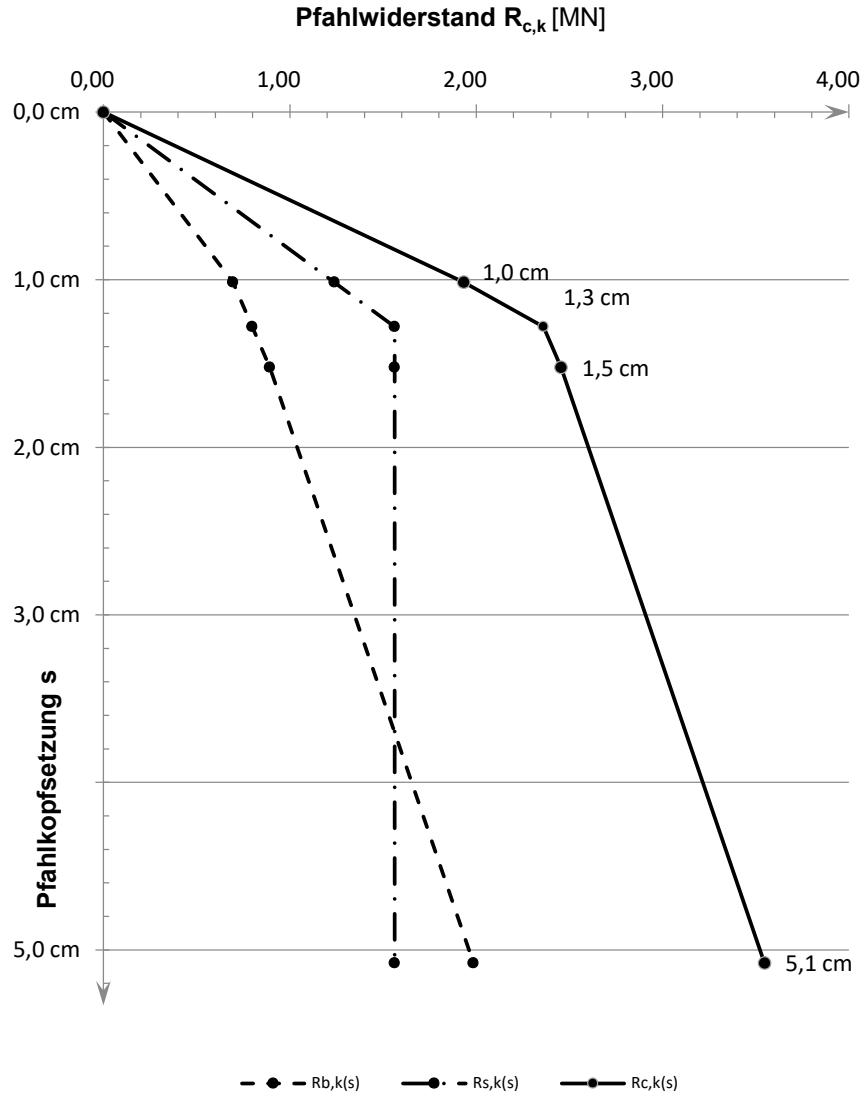
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,5 | 3,412 | 1,427 | 1,985 |
| **18,0** | **3,547** | 1,562 | 1,985 |
| 18,5 | 3,682 | 1,697 | 1,985 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 18,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 1,0 cm | 1,238 | 0,695 | 1,933 |
| $s_{sg}$ | 1,3 cm | 1,562 | 0,798 | 2,361 |
| s/D = 0,03 | 1,5 cm | 1,562 | 0,893 | 2,455 |
| s/D = 0,10 | 5,1 cm | 1,562 | 1,985 | 3,547 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,8 | 4,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,8 | - | 6,4 | 1,6 | 4,00 | 0 | 0,040 | 1,400 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,4 | - | 7,3 | 0,9 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 4 | 7,3 | - | 8,5 | 1,2 | 7,50 | 0 | 0,075 | 2,625 | Sand/Schluff |
| 5 | 8,5 | - | 11,6 | 3,1 | 1,00 | 0 | 0,010 | 0,350 | bindig |
| 6 | 11,6 | - | 14,2 | 2,6 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 14,2 | - | 15,0 | 0,8 | 16,00 | 0 | 0,150 | 5,600 | Sand |
| 8 | 15,0 | - | 16,8 | 1,8 | 20,00 | 0 | 0,150 | 7,000 | Sand |
| 9 | 16,8 | - | 28,3 | 11,5 | 28,00 | 0 | 0,150 | 9,800 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Ortbetonrammpfahl VI | | |
| Schaftdurchmesser: | 51 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 62 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 17,5 m | Schaftumfang: | 1,60 m |
| Maximale Pfahllänge: | 18,5 m | Fußfläche: | 0,30 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

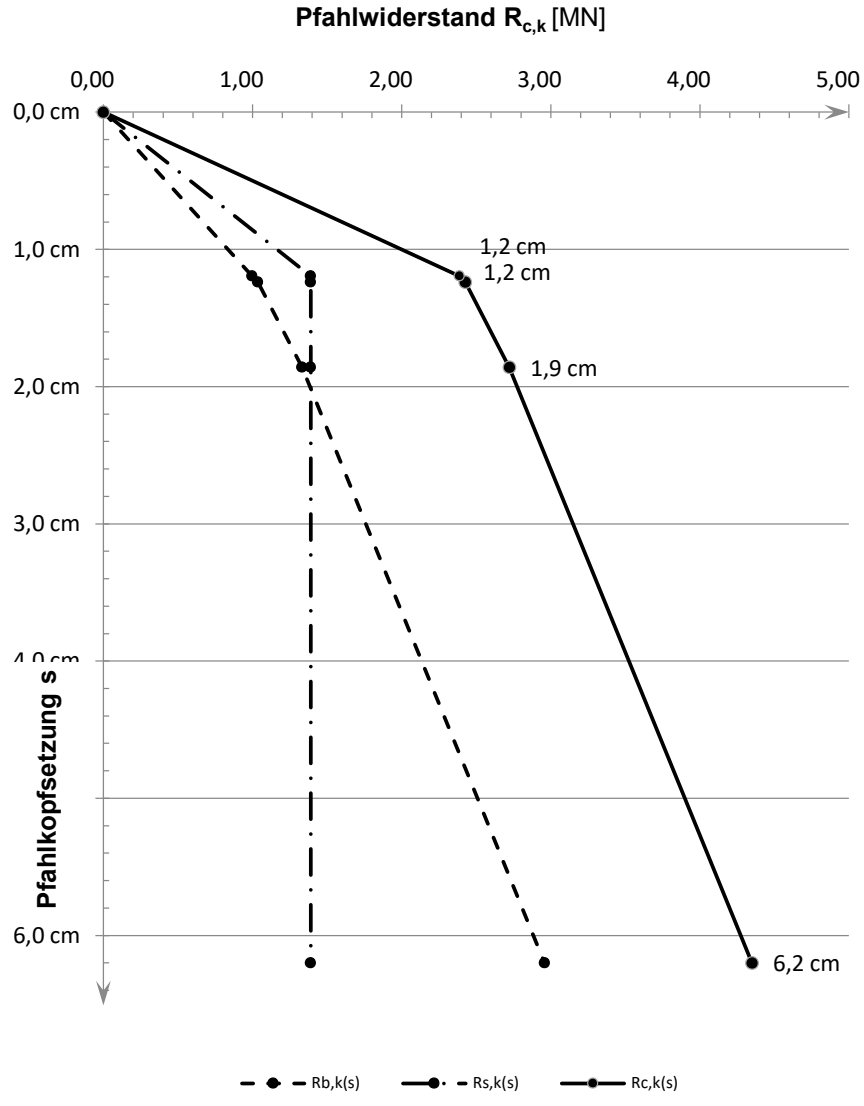
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 17,5 | 4,229 | 1,271 | 2,959 |
| **18,0** | **4,349** | 1,391 | 2,959 |
| 18,5 | 4,470 | 1,511 | 2,959 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 18,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| $s_{sg}$ | 1,2 cm | 1,391 | 0,998 | 2,389 |
| s/D = 0,02 | 1,2 cm | 1,391 | 1,036 | 2,426 |
| s/D = 0,03 | 1,9 cm | 1,391 | 1,331 | 2,722 |
| s/D = 0,10 | 6,2 cm | 1,391 | 2,959 | 4,349 |

**Widerstandsetzungslinie**



**Projekt:** Windpark WEA Verweyen / 23.1098 CPT WEA 5 Verweyen West

## Baugrund

| S-Nr. Schicht | Tiefe [m] | | | Dicke [m] | $q_c$ [MN/m²] | $c_{u,k}$ [kN/m²] | $q_{s,k}$ [MN/m²] | $q_{b,k\ (0,1)}$ [MN/m²] | Bezeichnung |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0,0 | - | 4,8 | 4,8 | 0,00 | 0 | 0,000 | 0,000 | nicht tragfähig |
| 2 | 4,8 | - | 6,4 | 1,6 | 4,00 | 0 | 0,032 | 0,800 | Sand/Schluff |
| 3 | 6,4 | - | 7,3 | 0,9 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 4 | 7,3 | - | 8,5 | 1,2 | 7,50 | 0 | 0,060 | 1,500 | Sand/Schluff |
| 5 | 8,5 | - | 11,6 | 3,1 | 1,00 | 0 | 0,008 | 0,200 | bindig |
| 6 | 11,6 | - | 14,2 | 2,6 | 0,00 | 100 | 0,040 | 0,800 | bindig |
| 7 | 14,2 | - | 15,0 | 0,8 | 16,00 | 0 | 0,120 | 3,100 | Sand |
| 8 | 15,0 | - | 16,8 | 1,8 | 20,00 | 0 | 0,120 | 3,500 | Sand |
| 9 | 16,8 | - | 28,3 | 11,5 | 28,00 | 0 | 0,120 | 4,000 | Sand |

## Pfahlgeometrie

| | | | |
|---|---|---|---|
| Pfahlbezeichnung: | Bohrpfahl (klassisch) | | |
| Schaftdurchmesser: | 100 cm | | |
| Spitzendurchmesser: | 100 cm | | |
| Minimale Pfahllänge: | 22,5 m | Schaftumfang: | 3,14 m |
| Maximale Pfahllänge: | 23,5 m | Fußfläche: | 0,79 m² |

## Pfahlwiderstände $R_{1k}$ (längenabhängig)

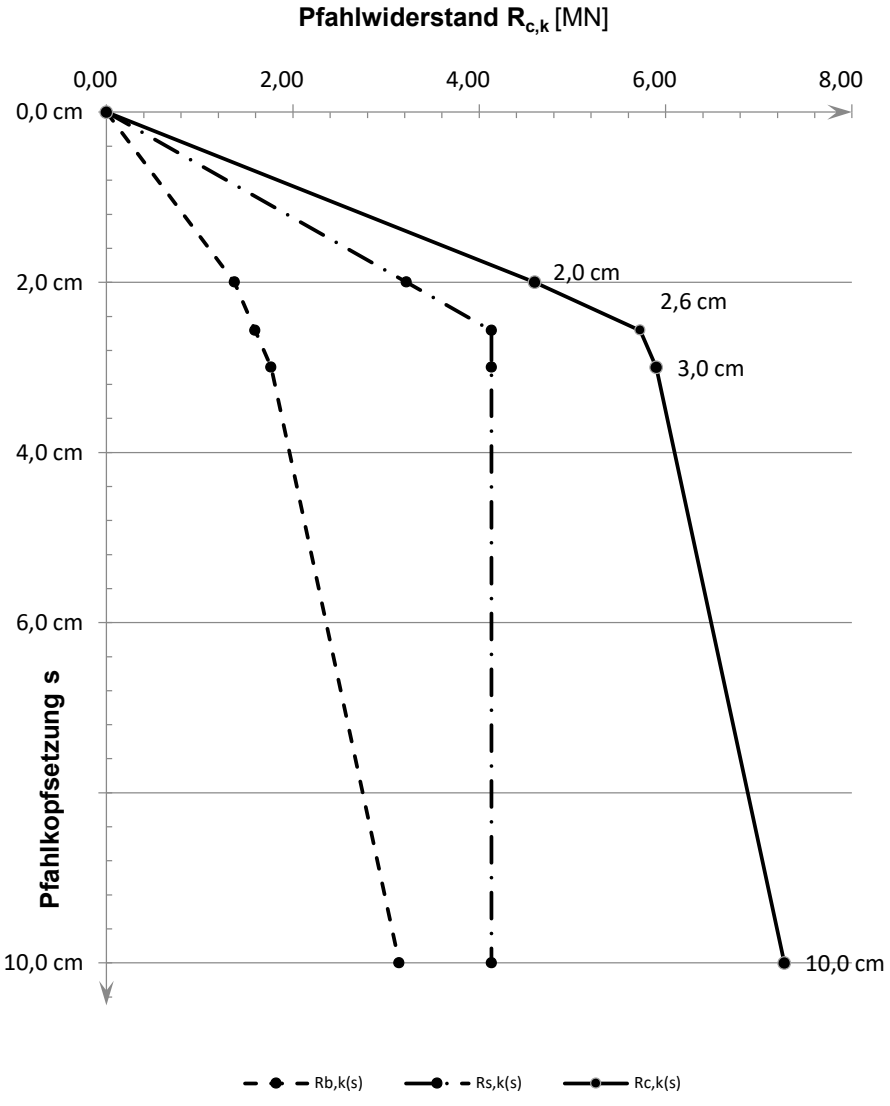
| Pfahllänge [m] | $R_{c,k}$ [MN] | $R_{s,k}$ [MN] | $R_{b,k}$ [MN] |
|---|---|---|---|
| 22,5 | 7,085 | 3,943 | 3,142 |
| **23,0** | **7,273** | 4,132 | 3,142 |
| 23,5 | 7,462 | 4,320 | 3,142 |

**Pfahlwiderstände (setzungsabhängig)**

Die Berechnung erfolgt für eine Pfahllänge von 23,0 m

| Bezogene Setzung | Pfahlkopfsetzung [cm] | $R_{s,k(s)}$ [MN] | $R_{b,k(s)}$ [MN] | $R_{c,k(s)}$ [MN] |
|---|---|---|---|---|
| s/D = 0,02 | 2,0 cm | 3,221 | 1,374 | 4,595 |
| $s_{sg}$ | 2,6 cm | 4,132 | 1,597 | 5,729 |
| s/D = 0,03 | 3,0 cm | 4,132 | 1,767 | 5,899 |
| s/D = 0,10 | 10,0 cm | 4,132 | 3,142 | 7,273 |

**Widerstandsetzungslinie**



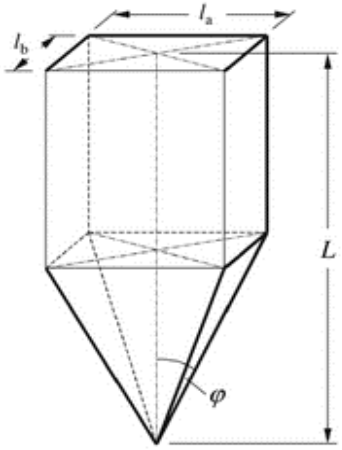
| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
|---|---|---|---|
| **Repowering Windpark Georgshof** | **Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede** | **_23/1098** | |
| Art: | | Datum: | **Anlage 10.3.1** |
| **Nachweis Abheben des Bodenblockes für Zugpfahlgruppen (Var. C)** | | **23.10.2023** | Blatt 1 |

**Bedingung für den Grenzzustand UPL:**

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,rep} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} + G_{E,k} \cdot \gamma_{G,stb}$$

**Eingabewerte:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Länge der Zugpfähle (Startwert) | L = | 20,5 | in m | |
| größere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_a$ = | 8,96 | in m | (3 x 1,8 m) |
| kleinere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_b$ = | 3,37 | in m | *) |
| Anzahl der Zugpfähle | $n_z$ = | 3 | | |
| gemittelte Wichte | γ = | 10 | in kN/m³ | |
| Anpassungsfaktor | ηz = | 0,80 | | |
| Reibungswinkel | φ = | 32,5 | in ° | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bemessungssituation | | P | |
| Sicherheitsbeiwerte | $\gamma_{G,stb}$ = | 0,95 | |
| | $\gamma_{G,dst}$ = | 1,05 | |
| | $\gamma_{Q,dst}$ = | 1,50 | |
| | $G_{stb,k}$ = | 0 | in kN |

***) = $d_{Fuß}$ + t x tan φ**

**t = Dicke der gut tragfähigen Schicht**

Anmerkung: wird im Regelfall nicht angesetzt

| | |
|---|---|
| nach $G_{dst,k}$ auflösen? | Nein |
| nach $Q_{dst,k}$ auflösen? | Ja |

**Aufnehmbare Lasten (bezogen auf die Zugpfahlgruppe):**

| Länge L [m] | $G_{stb,k}$ [kN] | $G_{E,k}$ [kN] | $G_{dst,k}$ [kN] | $Q_{dst,k}$ [kN] | für Einzelpfahl: $Q_{dst,k,Einzel}$ [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 20,5 | 0 | 11226 | 0 | 7110 | 2370 |
| 21,0 | 0 | 11589 | 0 | 7339 | 2446 |
| 21,5 | 0 | 11951 | 0 | 7569 | 2523 |
| 22,0 | 0 | 12313 | 0 | 7798 | 2599 |
| 22,5 | 0 | 12676 | 0 | 8028 | 2676 |
| 23,0 | 0 | 13038 | 0 | 8257 | 2752 |
| 23,5 | 0 | 13400 | 0 | 8487 | 2829 |
| 24,0 | 0 | 13763 | 0 | 8716 | 2905 |
| 24,5 | 0 | 14125 | 0 | 8946 | 2982 |
| 25,0 | 0 | 14487 | 0 | 9175 | 3058 |
| 25,5 | 0 | 14850 | 0 | 9405 | 3135 |

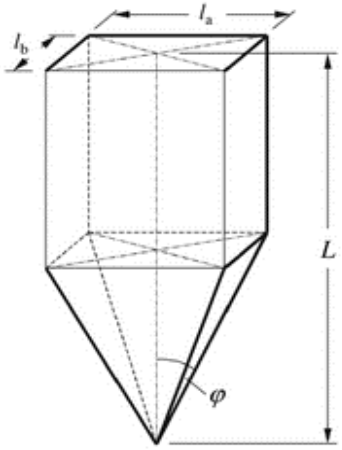
| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
|---|---|---|---|
| **Repowering Windpark Georgshof** | **Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede** | **_23/1098** | |
| Art: | | Datum: | **Anlage 10.1.1** |
| **Nachweis Abheben des Bodenblockes für Zugpfahlgruppen (Var. A)** | | **23.10.2023** | Blatt 1 |

**Bedingung für den Grenzzustand UPL:**

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,rep} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} + G_{E,k} \cdot \gamma_{G,stb}$$

**Eingabewerte:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Länge der Zugpfähle (Startwert) | L = | 17,5 | in m | |
| größere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_a$ = | 6,55 | in m | (3 x 1,8 m) |
| kleinere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_b$ = | 1,61 | in m | *) |
| Anzahl der Zugpfähle | $n_z$ = | 3 | | |
| gemittelte Wichte | $\gamma$ = | 10 | in kN/m³ | |
| Anpassungsfaktor | $\eta z$ = | 0,80 | | |
| Reibungswinkel | $\varphi$ = | 32,5 | in ° | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bemessungssituation | | P | |
| Sicherheitsbeiwerte | $\gamma_{G,stb}$ = | 0,95 | |
| | $\gamma_{G,dst}$ = | 1,05 | |
| | $\gamma_{Q,dst}$ = | 1,50 | |
| | $G_{stb,k}$ = | 0 | in kN |
| nach $G_{dst,k}$ auflösen? | | Nein | |
| nach $Q_{dst,k}$ auflösen? | | Ja | |

***) = $d_{Fuß}$ + t x tan φ**

**t = Dicke der gut tragfähigen Schicht**

Anmerkung: wird im Regelfall nicht angesetzt

**Aufnehmbare Lasten (bezogen auf die Zugpfahlgruppe):**

| Länge L [m] | $G_{stb,k}$ [kN] | $G_{E,k}$ [kN] | $G_{dst,k}$ [kN] | $Q_{dst,k}$ [kN] | für Einzelpfahl: $Q_{dst,k,Einzel}$ [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 17,5 | 0 | 3536 | 0 | 2239 | 746 |
| 18,0 | 0 | 3662 | 0 | 2320 | 773 |
| 18,5 | 0 | 3789 | 0 | 2400 | 800 |
| 19,0 | 0 | 3916 | 0 | 2480 | 827 |
| 19,5 | 0 | 4042 | 0 | 2560 | 853 |
| 20,0 | 0 | 4169 | 0 | 2640 | 880 |
| 20,5 | 0 | 4295 | 0 | 2720 | 907 |
| 21,0 | 0 | 4422 | 0 | 2800 | 933 |
| 21,5 | 0 | 4548 | 0 | 2881 | 960 |
| 22,0 | 0 | 4675 | 0 | 2961 | 987 |
| 22,5 | 0 | 4801 | 0 | 3041 | 1014 |

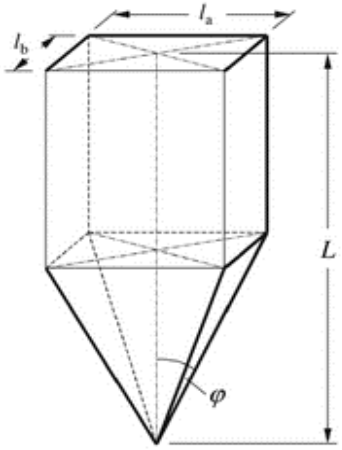
| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
|---|---|---|---|
| **Repowering Windpark Georgshof** | **Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede** | **_23/1098** | |
| Art: | | Datum: | **Anlage 10.2.1** |
| **Nachweis Abheben des Bodenblockes für Zugpfahlgruppen (Var. B)** | | **23.10.2023** | Blatt 1 |

**Bedingung für den Grenzzustand UPL:**

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,rep} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} + G_{E,k} \cdot \gamma_{G,stb}$$

**Eingabewerte:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Länge der Zugpfähle (Startwert) | L = | 10 | in m | |
| größere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_a$ = | 2,33 | in m | (3 x 1,8 m) |
| kleinere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_b$ = | 2,02 | in m | *) |
| Anzahl der Zugpfähle | $n_z$ = | 3 | | |
| gemittelte Wichte | $\gamma$ = | 9 | in kN/m³ | |
| Anpassungsfaktor | $\eta z$ = | 0,80 | | |
| Reibungswinkel | $\varphi$ = | 37,5 | in ° | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bemessungssituation | | P | |
| Sicherheitsbeiwerte | $\gamma_{G,stb}$ = | 0,95 | |
| | $\gamma_{G,dst}$ = | 1,05 | |
| | $\gamma_{Q,dst}$ = | 1,50 | |
| | $G_{stb,k}$ = | 0 | in kN |

***) = $d_{Fuß}$ + t x tan φ**

**t = Dicke der gut tragfähigen Schicht**

Anmerkung: wird im Regelfall nicht angesetzt

| | |
|---|---|
| nach $G_{dst,k}$ auflösen? | Nein |
| nach $Q_{dst,k}$ auflösen? | Ja |

**Aufnehmbare Lasten (bezogen auf die Zugpfahlgruppe):**

| Länge L [m] | $G_{stb,k}$ [kN] | $G_{E,k}$ [kN] | $G_{dst,k}$ [kN] | $Q_{dst,k}$ [kN] | für Einzelpfahl: $Q_{dst,k,Einzel}$ [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 10,0 | 0 | 880 | 0 | 558 | 186 |
| 10,5 | 0 | 931 | 0 | 590 | 197 |
| 11,0 | 0 | 982 | 0 | 622 | 207 |
| 11,5 | 0 | 1033 | 0 | 654 | 218 |
| 12,0 | 0 | 1084 | 0 | 686 | 229 |
| 12,5 | 0 | 1135 | 0 | 719 | 240 |
| 13,0 | 0 | 1185 | 0 | 751 | 250 |
| 13,5 | 0 | 1236 | 0 | 783 | 261 |
| 14,0 | 0 | 1287 | 0 | 815 | 272 |
| 14,5 | 0 | 1338 | 0 | 847 | 282 |
| 15,0 | 0 | 1389 | 0 | 880 | 293 |

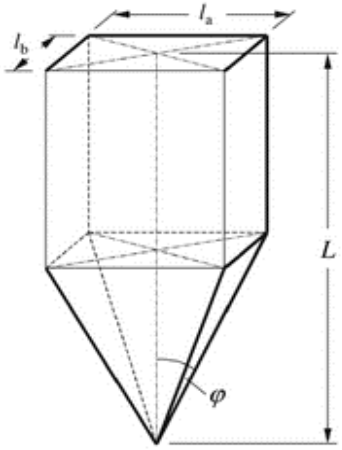
| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
|---|---|---|---|
| **Repowering Windpark Georgshof** | **Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede** | **_23/1098** | |
| Art: | | Datum: | **Anlage 10.2.2** |
| **Nachweis Abheben des Bodenblockes für Zugpfahlgruppen (Var. B)** | | **23.10.2023** | Blatt 1 |

**Bedingung für den Grenzzustand UPL:**

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,rep} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} + G_{E,k} \cdot \gamma_{G,stb}$$

**Eingabewerte:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Länge der Zugpfähle (Startwert) | L = | 13 | in m | |
| größere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_a$ = | 4,64 | in m | (3 x 1,8 m) |
| kleinere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_b$ = | 2,07 | in m | *) |
| Anzahl der Zugpfähle | $n_z$ = | 3 | | |
| gemittelte Wichte | $\gamma$ = | 9 | in kN/m³ | |
| Anpassungsfaktor | $\eta z$ = | 0,80 | | |
| Reibungswinkel | $\varphi$ = | 37,5 | in ° | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bemessungssituation | | P | |
| Sicherheitsbeiwerte | $\gamma_{G,stb}$ = | 0,95 | |
| | $\gamma_{G,dst}$ = | 1,05 | |
| | $\gamma_{Q,dst}$ = | 1,50 | |
| | $G_{stb,k}$ = | 0 | in kN |

***) = $d_{Fuß}$ + t x tan φ**

**t = Dicke der gut tragfähigen Schicht**

Anmerkung: wird im Regelfall nicht angesetzt

| | |
|---|---|
| nach $G_{dst,k}$ auflösen? | Nein |
| nach $Q_{dst,k}$ auflösen? | Ja |

**Aufnehmbare Lasten (bezogen auf die Zugpfahlgruppe):**

| Länge L [m] | $G_{stb,k}$ [kN] | $G_{E,k}$ [kN] | $G_{dst,k}$ [kN] | $Q_{dst,k}$ [kN] | für Einzelpfahl: $Q_{dst,k,Einzel}$ [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 13,0 | 0 | 2239 | 0 | 1418 | 473 |
| 13,5 | 0 | 2343 | 0 | 1484 | 495 |
| 14,0 | 0 | 2447 | 0 | 1550 | 517 |
| 14,5 | 0 | 2550 | 0 | 1615 | 538 |
| 15,0 | 0 | 2654 | 0 | 1681 | 560 |
| 15,5 | 0 | 2758 | 0 | 1747 | 582 |
| 16,0 | 0 | 2862 | 0 | 1812 | 604 |
| 16,5 | 0 | 2965 | 0 | 1878 | 626 |
| 17,0 | 0 | 3069 | 0 | 1944 | 648 |
| 17,5 | 0 | 3173 | 0 | 2009 | 670 |
| 18,0 | 0 | 3276 | 0 | 2075 | 692 |

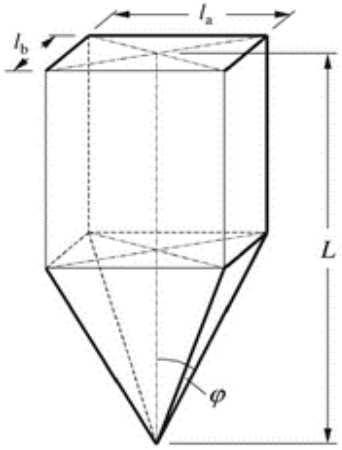
| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
|---|---|---|---|
| **Repowering Windpark Georgshof** | **Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede** | **_23/1098** | |
| Art: | | Datum: | **Anlage 10.2.3** |
| **Nachweis Abheben des Bodenblockes für Zugpfahlgruppen (Var. B)** | | **23.10.2023** | Blatt 1 |

**Bedingung für den Grenzzustand UPL:**

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,rep} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} + G_{E,k} \cdot \gamma_{G,stb}$$

**Eingabewerte:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Länge der Zugpfähle (Startwert) | L = | 13,5 | in m | |
| größere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_a$ = | 5,02 | in m | (3 x 1,8 m) |
| kleinere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_b$ = | 2,07 | in m | *) |
| Anzahl der Zugpfähle | $n_z$ = | 3 | | |
| gemittelte Wichte | $\gamma$ = | 9 | in kN/m³ | |
| Anpassungsfaktor | $\eta z$ = | 0,80 | | |
| Reibungswinkel | $\varphi$ = | 37,5 | in ° | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bemessungssituation | | P | |
| Sicherheitsbeiwerte | $\gamma_{G,stb}$ = | 0,95 | |
| | $\gamma_{G,dst}$ = | 1,05 | |
| | $\gamma_{Q,dst}$ = | 1,50 | |
| | $G_{stb,k}$ = | 0 | in kN |

***) = $d_{Fuß}$ + t x tan φ**

**t = Dicke der gut tragfähigen Schicht**

Anmerkung: wird im Regelfall nicht angesetzt

| | |
|---|---|
| nach $G_{dst,k}$ auflösen? | Nein |
| nach $Q_{dst,k}$ auflösen? | Ja |

**Aufnehmbare Lasten (bezogen auf die Zugpfahlgruppe):**

| Länge L [m] | $G_{stb,k}$ [kN] | $G_{E,k}$ [kN] | $G_{dst,k}$ [kN] | $Q_{dst,k}$ [kN] | für Einzelpfahl: $Q_{dst,k,Einzel}$ [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 13,5 | 0 | 2501 | 0 | 1584 | 528 |
| 14,0 | 0 | 2613 | 0 | 1655 | 552 |
| 14,5 | 0 | 2725 | 0 | 1726 | 575 |
| 15,0 | 0 | 2837 | 0 | 1797 | 599 |
| 15,5 | 0 | 2950 | 0 | 1868 | 623 |
| 16,0 | 0 | 3062 | 0 | 1939 | 646 |
| 16,5 | 0 | 3174 | 0 | 2010 | 670 |
| 17,0 | 0 | 3286 | 0 | 2081 | 694 |
| 17,5 | 0 | 3398 | 0 | 2152 | 717 |
| 18,0 | 0 | 3511 | 0 | 2223 | 741 |
| 18,5 | 0 | 3623 | 0 | 2295 | 765 |

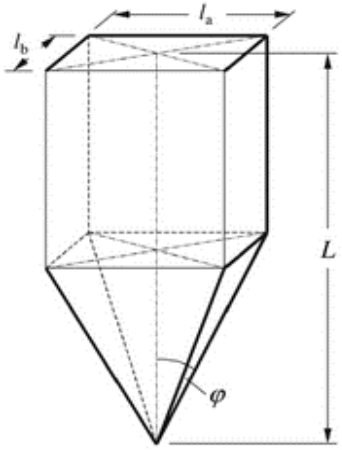
| Projekt: | Auftraggeber: | Projektnummer: | SBI SCHMITZ + BEILKE INGENIEURE GMBH |
|---|---|---|---|
| **Repowering Windpark Georgshof** | **Vulhop + Becker GmbH & Co. KG, Rastede** | **_23/1098** | |
| Art: | | Datum: | **Anlage 10.3.1** |
| **Nachweis Abheben des Bodenblockes für Zugpfahlgruppen (Var. C)** | | **23.10.2023** | Blatt 1 |

**Bedingung für den Grenzzustand UPL:**

$$G_{dst,k} \cdot \gamma_{G,dst} + Q_{dst,rep} \cdot \gamma_{Q,dst} \leq G_{stb,k} + G_{E,k} \cdot \gamma_{G,stb}$$

**Eingabewerte:**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Länge der Zugpfähle (Startwert) | L = | 20,5 | in m | |
| größere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_a$ = | 8,96 | in m | (3 x 1,8 m) |
| kleinere Rastermaß einer Pfahlgruppe | $l_b$ = | 3,37 | in m | *) |
| Anzahl der Zugpfähle | $n_z$ = | 3 | | |
| gemittelte Wichte | $\gamma$ = | 10 | in kN/m³ | |
| Anpassungsfaktor | $\eta z$ = | 0,80 | | |
| Reibungswinkel | $\varphi$ = | 32,5 | in ° | |




| | | | |
|---|---|---|---|
| Bemessungssituation | | P | |
| Sicherheitsbeiwerte | $\gamma_{G,stb}$ = | 0,95 | |
| | $\gamma_{G,dst}$ = | 1,05 | |
| | $\gamma_{Q,dst}$ = | 1,50 | |
| | $G_{stb,k}$ = | 0 | in kN |

***) = $d_{Fuß}$ + t x tan φ**

**t = Dicke der gut tragfähigen Schicht**

Anmerkung: wird im Regelfall nicht angesetzt

| | |
|---|---|
| nach $G_{dst,k}$ auflösen? | Nein |
| nach $Q_{dst,k}$ auflösen? | Ja |

**Aufnehmbare Lasten (bezogen auf die Zugpfahlgruppe):**

| Länge L [m] | $G_{stb,k}$ [kN] | $G_{E,k}$ [kN] | $G_{dst,k}$ [kN] | $Q_{dst,k}$ [kN] | für Einzelpfahl: $Q_{dst,k,Einzel}$ [kN] |
|---|---|---|---|---|---|
| 20,5 | 0 | 11226 | 0 | 7110 | 2370 |
| 21,0 | 0 | 11589 | 0 | 7339 | 2446 |
| 21,5 | 0 | 11951 | 0 | 7569 | 2523 |
| 22,0 | 0 | 12313 | 0 | 7798 | 2599 |
| 22,5 | 0 | 12676 | 0 | 8028 | 2676 |
| 23,0 | 0 | 13038 | 0 | 8257 | 2752 |
| 23,5 | 0 | 13400 | 0 | 8487 | 2829 |
| 24,0 | 0 | 13763 | 0 | 8716 | 2905 |
| 24,5 | 0 | 14125 | 0 | 8946 | 2982 |
| 25,0 | 0 | 14487 | 0 | 9175 | 3058 |
| 25,5 | 0 | 14850 | 0 | 9405 | 3135 |

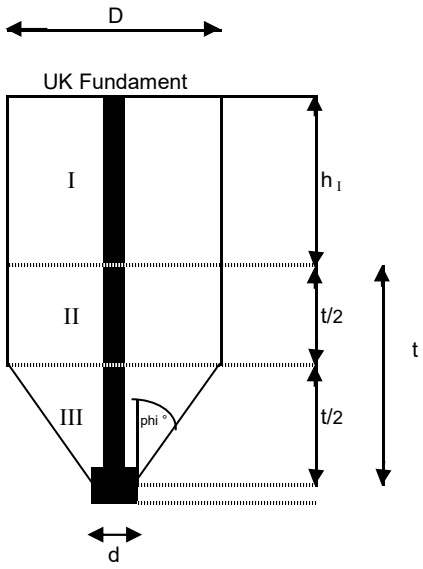
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : 45/45 cm




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 17,0 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 17,0 |

***mäßig tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 32,5 |
| t [m] = | 9,0 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,50 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 6,23 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 1953 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 1511 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 547 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 4011 [kN]

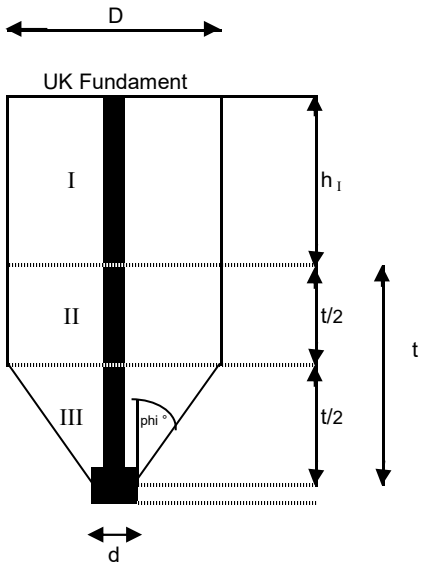
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : 45/45 cm




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 17,5 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 17,5 |

***mäßig tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 32,5 |
| t [m] = | 9,5 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,50 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 6,55 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 2158 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 1762 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 635 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 4555 [kN]

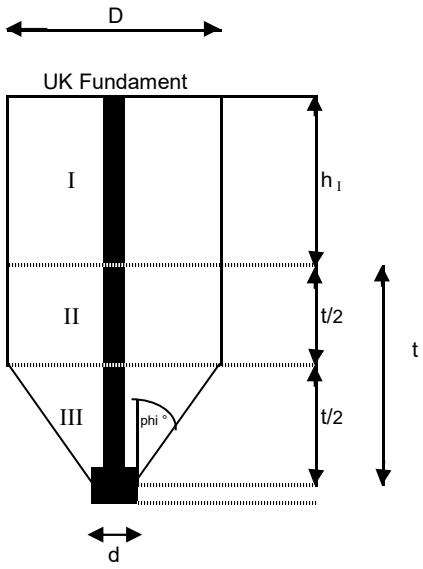
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : 45/45 cm




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 18,0 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 18,0 |

***mäßig tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 32,5 |
| t [m] = | 10,0 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,50 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 6,87 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 2373 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 2039 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 733 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 5145 [kN]

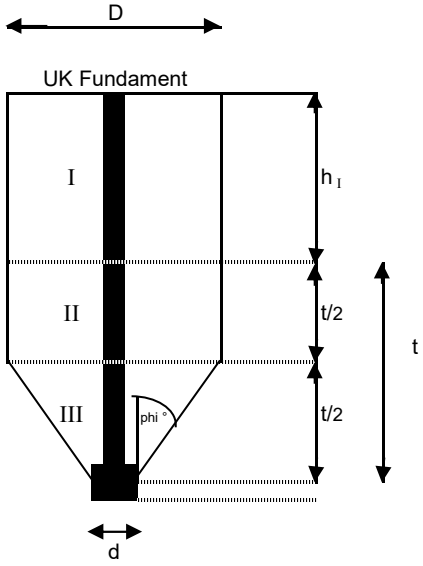
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Vibrex 51er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 17,0 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 17,0 |

| ***gering tragf. Schicht*** | Eingabe: |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

| ***tragfähige Schicht*** | Eingabe: |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 32,5 |
| t [m] = | 9,0 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,62 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 6,35 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 2029 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 1569 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 579 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 4178 [kN]

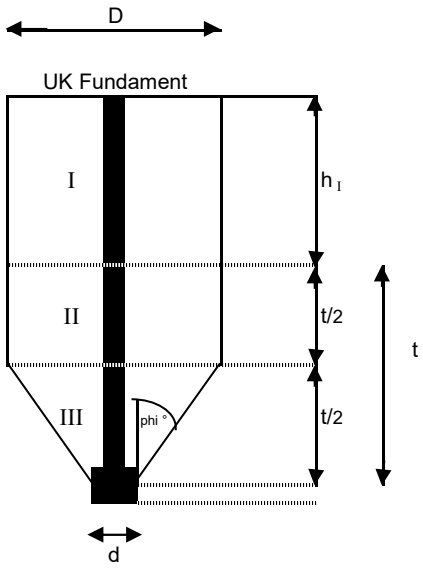
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Vibrex 51er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 17,5 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 17,5 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 32,5 |
| t [m] = | 9,5 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,62 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 6,67 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 2238 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 1827 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 671 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 4735 [kN]

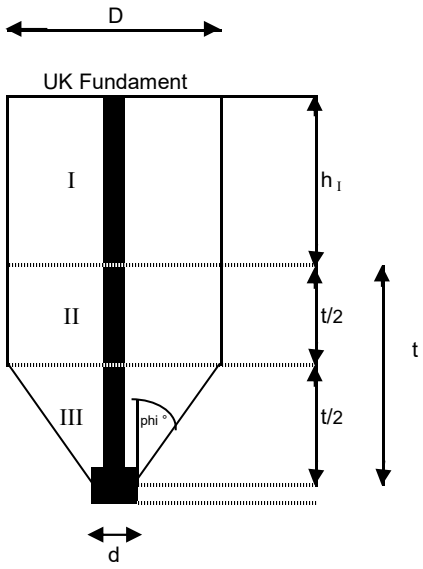
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Vibrex 51er




| | | Eingabe: |
|---|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] | = | 18,0 |
| Fundamenttiefe [m] | = | 0,0 |
| | | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] | = | 18,0 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | | |
|---|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] | = | 8,0 |
| $h_I$ [m] | = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | | |
|---|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] | = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° | = | 32,5 |
| t [m] | = | 10,0 |

| | | Eingabe: |
|---|---|---|
| Fußdurchmesser [m] | = | 0,62 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 6,99 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 2456 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 2111 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 772 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 5339 [kN]

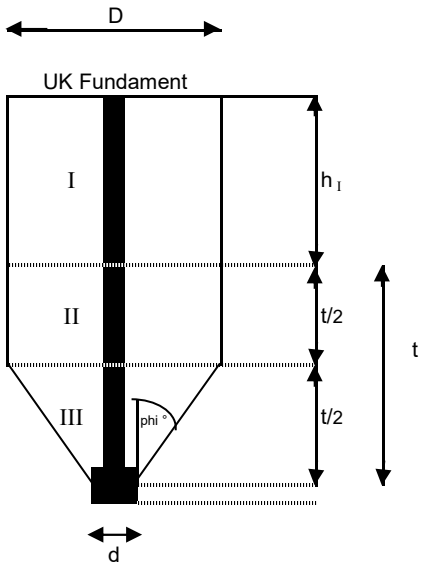
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Franki 56er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 10,0 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 10,0 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 37,5 |
| t [m] = | 2,0 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,80 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 2,33 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 274 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 47 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 23 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 344 [kN]

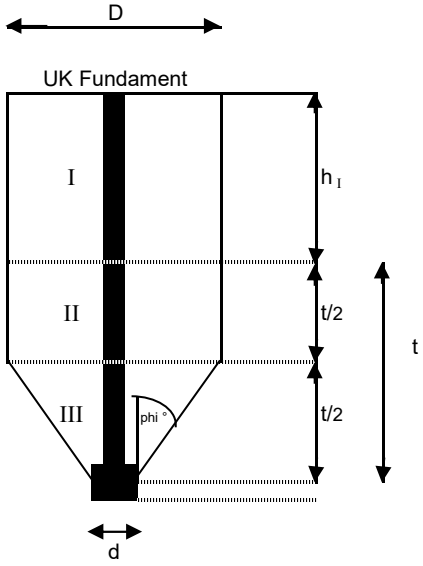
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Franki 56er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 10,5 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 10,5 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 37,5 |
| t [m] = | 2,5 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,80 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 2,72 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 371 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 80 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 37 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 488 [kN]

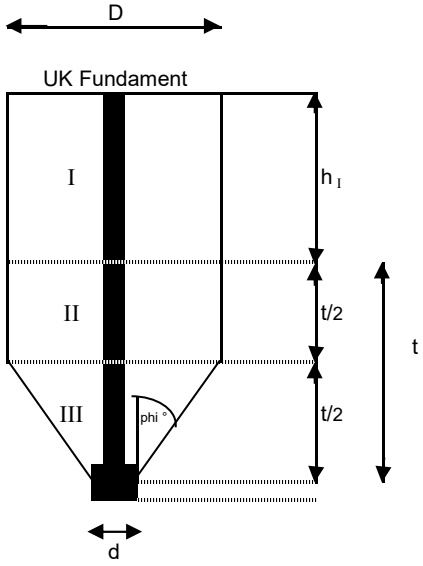
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Franki 56er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 11,0 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 11,0 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 37,5 |
| t [m] = | 3,0 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,80 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 3,10 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 484 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 125 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 55 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 663 [kN]

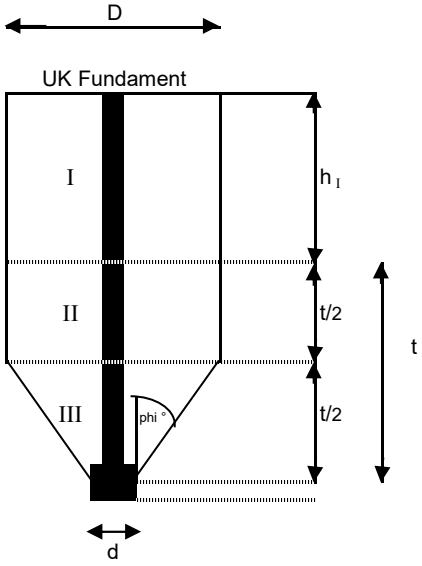
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

## Reaktionsgewicht des Erdkegels

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Franki 56er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 11,5 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 11,5 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 37,5 |
| t [m] = | 3,5 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,80 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 3,49 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 611 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 184 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 79 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 873 [kN]

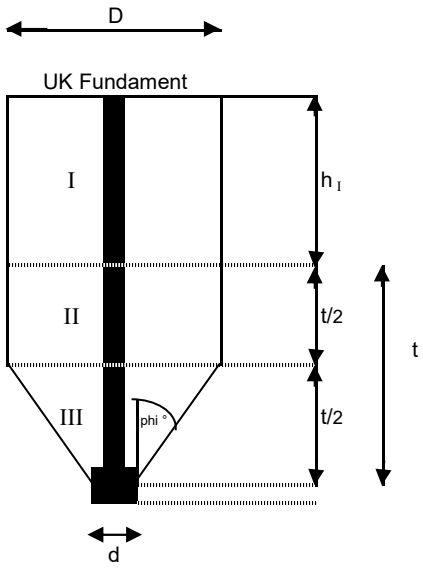
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Franki 56er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 12,0 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 12,0 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 37,5 |
| t [m] = | 4,0 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,80 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 3,87 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 753 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 259 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 108 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 1119 [kN]

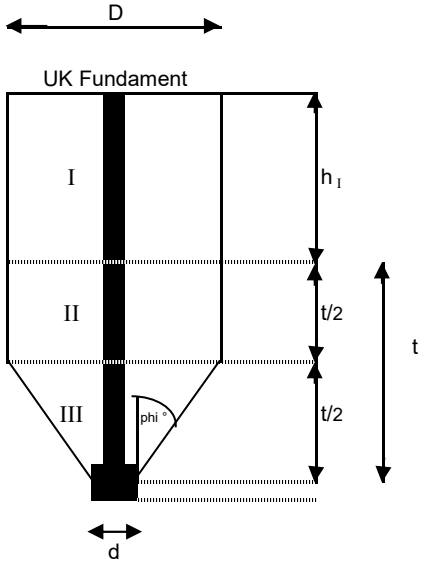
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Franki 56er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 12,5 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 12,5 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 37,5 |
| t [m] = | 4,5 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,80 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 4,25 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 909 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 352 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 143 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 1404 [kN]

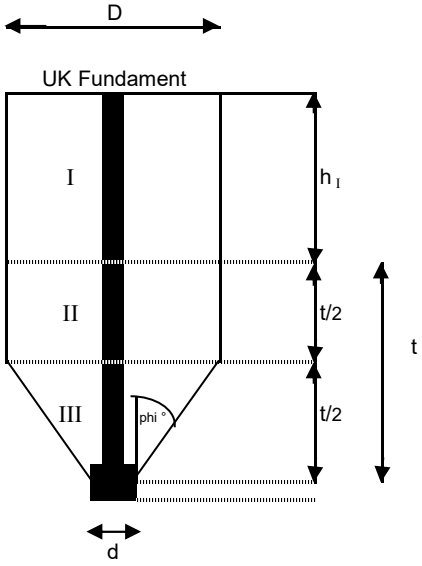
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Franki 56er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 13,0 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 13,0 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 37,5 |
| t [m] = | 5,0 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,80 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 4,64 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 1081 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 464 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 186 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 1731 [kN]

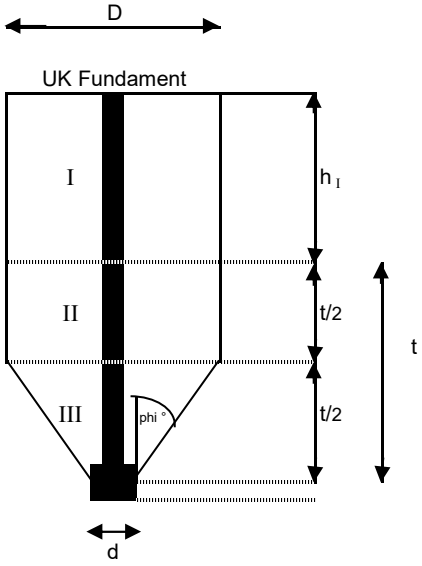
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

## Reaktionsgewicht des Erdkegels

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Franki 56er




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 13,5 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 13,5 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 37,5 |
| t [m] = | 5,5 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 0,80 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 5,02 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 1267 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 599 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 236 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 2102 [kN]

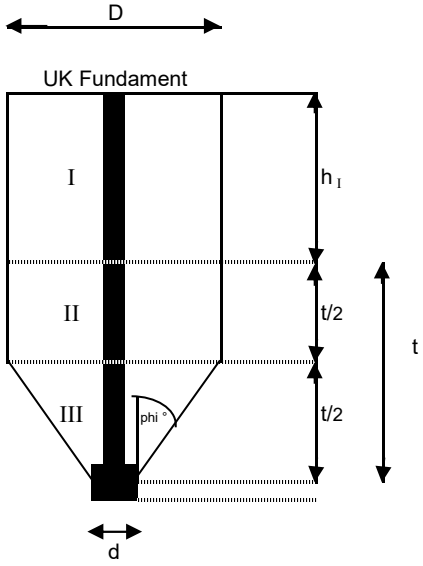
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

**Reaktionsgewicht des Erdkegels**

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Großbohrpfahl




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 20,0 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 20,0 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 32,5 |
| t [m] = | 12,0 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 1,00 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 8,64 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 3757 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

$G_{II}$ = 3874 [kN]

$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

$G_{III}$ = 1458 [kN]

$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 9088 [kN]

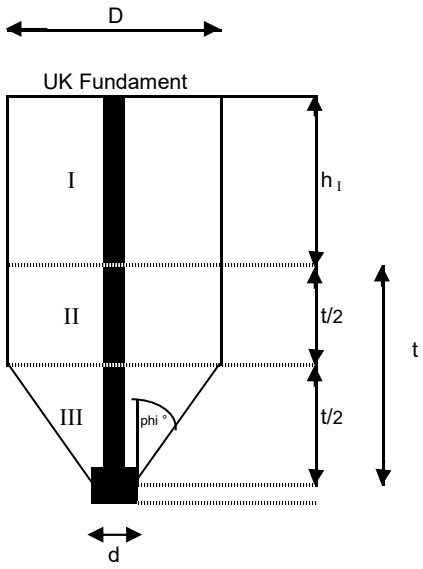
# Standsicherheitsuntersuchung nach Franke

## Reaktionsgewicht des Erdkegels

Einzelpfahl

Standort : WEA 4

Pfahlart : Franki




| | Eingabe: |
|---|---|
| Pfahllänge ab OK DS [m] = | 20,5 |
| Fundamenttiefe [m] = | 0,0 |
| | Ausgabe: |
| Wirksame Länge [m] = | 20,5 |

***gering tragf. Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_I$ [kN/m³] = | 8,0 |
| $h_I$ [m] = | 8,0 |

***tragfähige Schicht*** Eingabe:

| | |
|---|---|
| Wichte $\gamma_{II}$ [kN/m³] = | 11,0 |
| Reibungswinkel $\varphi$ ° = | 32,5 |
| t [m] = | 12,5 |

| | Eingabe: |
|---|---|
| Fußdurchmesser [m] = | 1,00 |

$D = d + t * \tan \varphi$ °

D= 8,96 [m] nur für Ermittlung der Kubaturbreite

$G_I = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_I * \gamma_I$

$G_I$ = 4038 [kN]

$G_{II} = 0{,}25 * D^2 * \pi * h_{II} * \gamma_{II}$

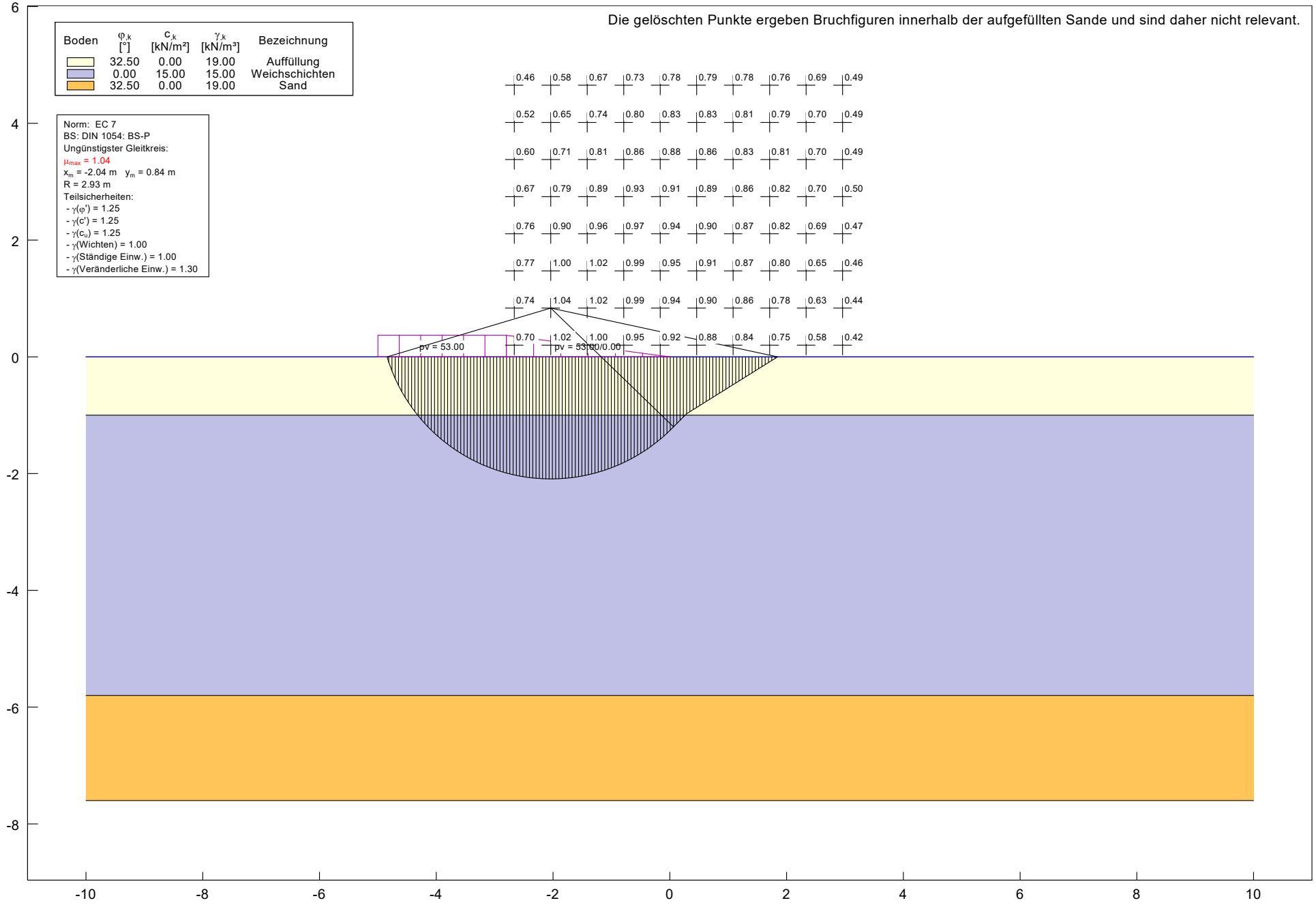
$G_{II}$ = 4338 [kN]

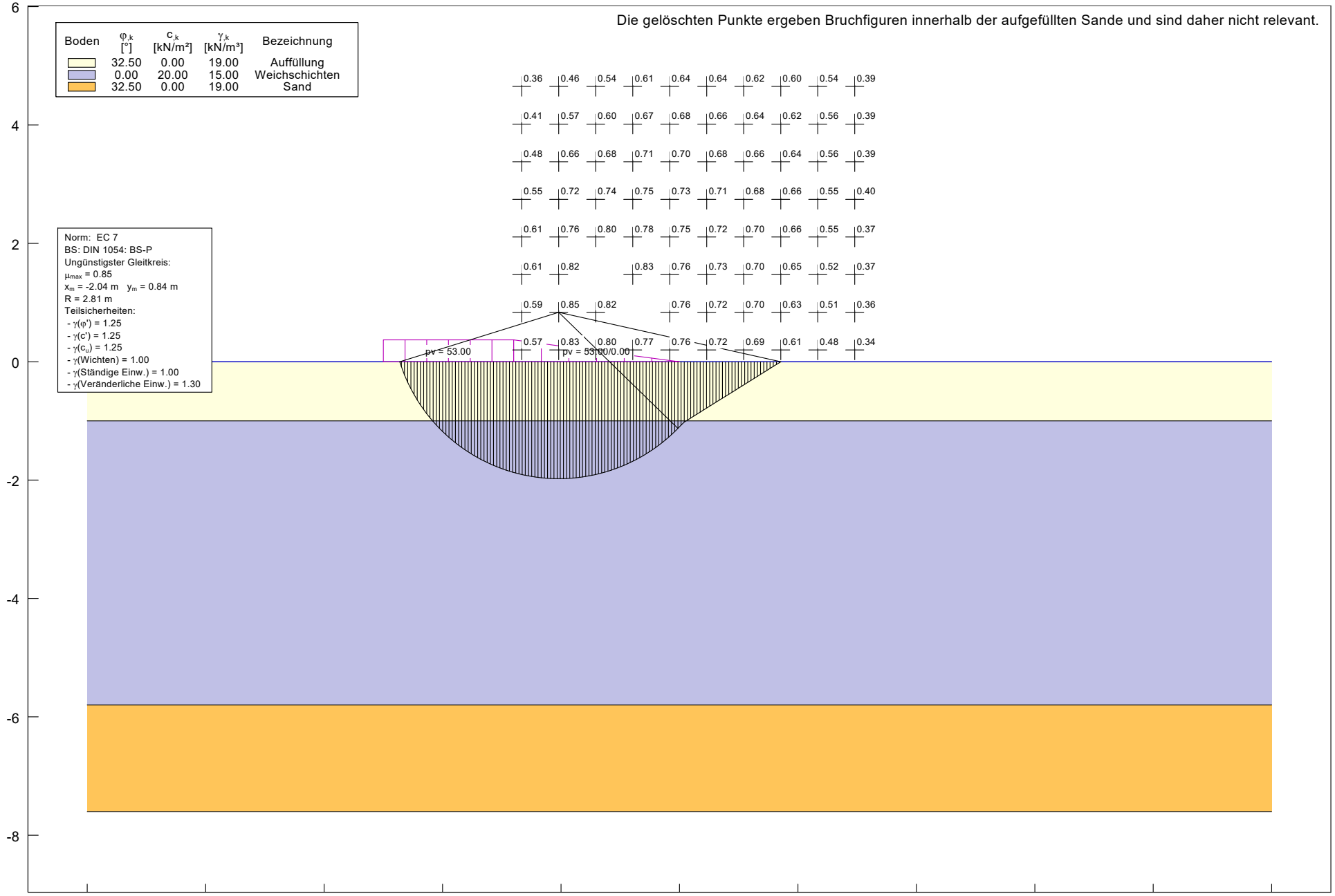
$G_{III} = 1/3 * \pi * h_{III} * [R^2 + R * r + r^2] * \gamma_{II}$

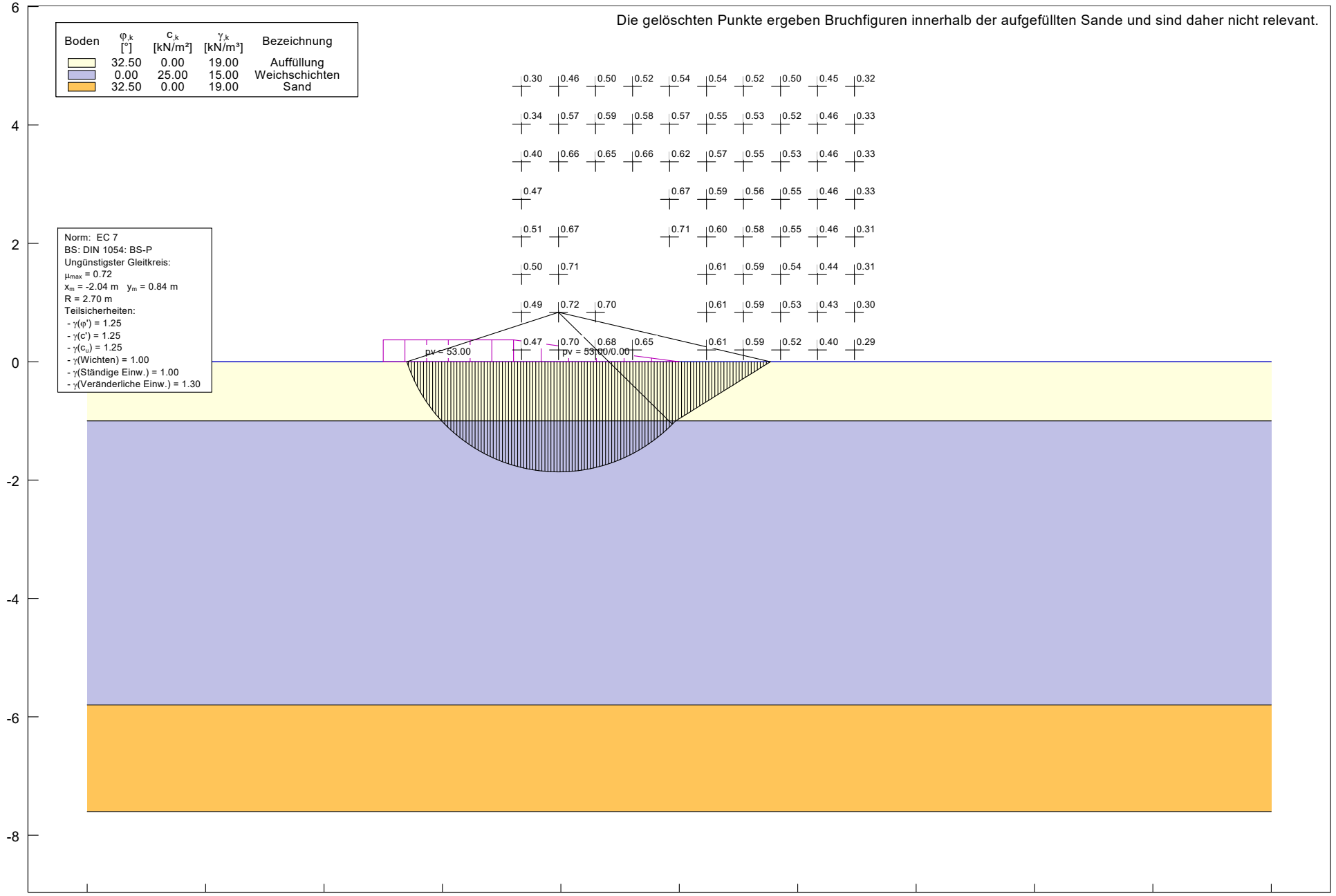
$G_{III}$ = 1625 [kN]

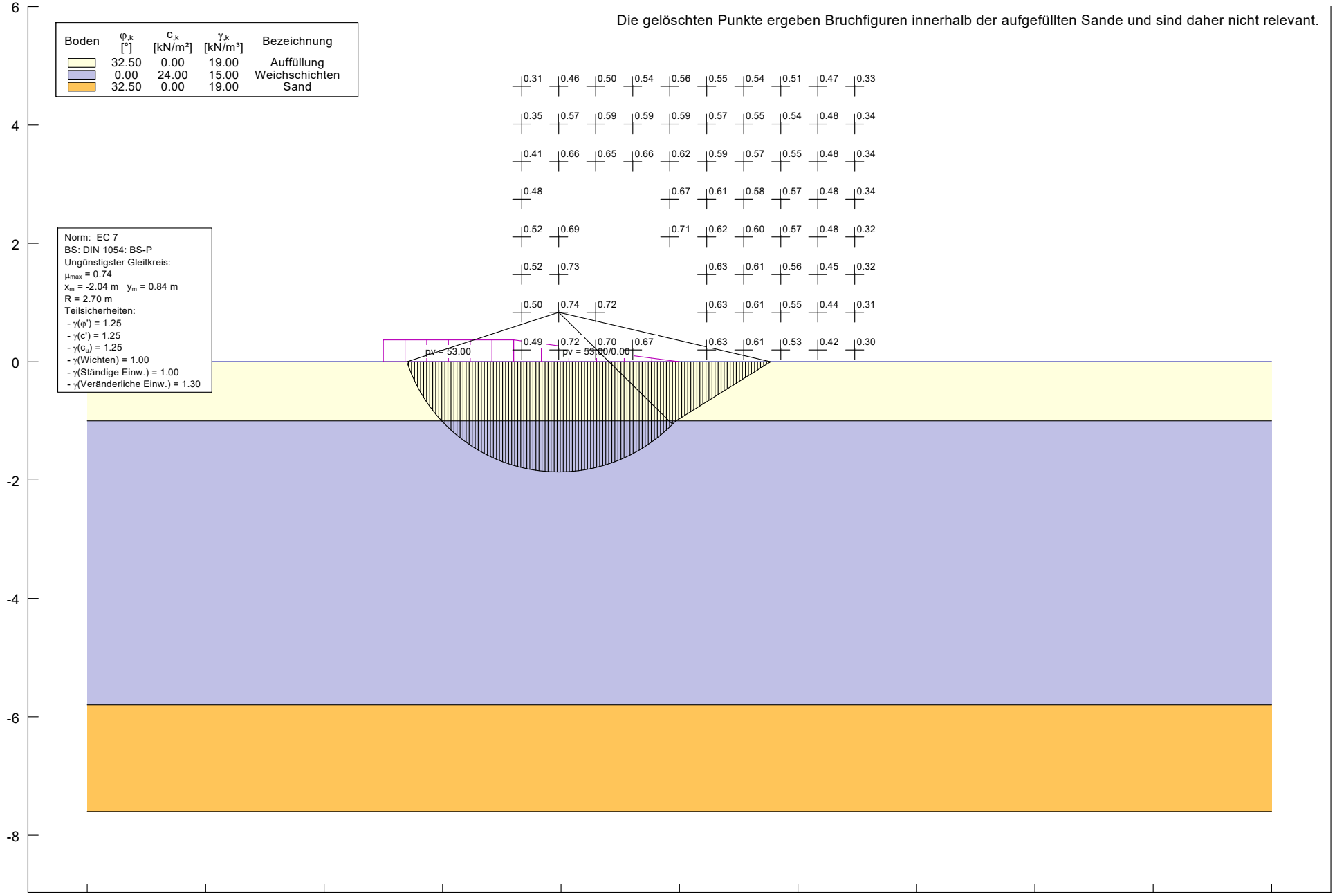
$G_{ges} = G_I + G_{II} + G_{III}$

$G_{ges}$ = 10002 [kN]


Die gelöschten Punkte ergeben Bruchfiguren innerhalb der aufgefüllten Sande und sind daher nicht relevant.
Boden | φ,k [°] | c,k [kN/m²] | γ,k [kN/m³] | Bezeichnung
32.50 | 0.00 | 19.00 | Auffüllung
0.00 | 15.00 | 15.00 | Weichschichten
32.50 | 0.00 | 19.00 | Sand
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
μmax = 1.04
xm = -2.04 m ym = 0.84 m
R = 2.93 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.25
- γ(c') = 1.25
- γ(cu) = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30
0.46 0.58 0.67 0.73 0.78 0.79 0.78 0.76 0.69 0.49
0.52 0.65 0.74 0.80 0.83 0.83 0.81 0.79 0.70 0.49
0.60 0.71 0.81 0.86 0.88 0.86 0.83 0.81 0.70 0.49
0.67 0.79 0.89 0.93 0.91 0.89 0.86 0.82 0.70 0.50
0.76 0.90 0.96 0.97 0.94 0.90 0.87 0.82 0.69 0.47
0.77 1.00 1.02 0.99 0.95 0.91 0.87 0.80 0.65 0.46
0.74 1.04 1.02 0.99 0.94 0.90 0.86 0.78 0.63 0.44
0.70 1.02 1.00 0.95 0.92 0.88 0.84 0.75 0.58 0.42
pv = 53.00
pv = 53.00/0.00
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10


Die gelöschten Punkte ergeben Bruchfiguren innerhalb der aufgefüllten Sande und sind daher nicht relevant.
Boden | φ,k [°] | c,k [kN/m²] | γ,k [kN/m³] | Bezeichnung
32.50 | 0.00 | 19.00 | Auffüllung
0.00 | 20.00 | 15.00 | Weichschichten
32.50 | 0.00 | 19.00 | Sand
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
μmax = 0.85
xm = -2.04 m ym = 0.84 m
R = 2.81 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.25
- γ(c') = 1.25
- γ(cu) = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30
pv = 53.00
pv = 53.00/0.00
0.36 0.46 0.54 0.61 0.64 0.64 0.62 0.60 0.54 0.39
0.41 0.57 0.60 0.67 0.68 0.66 0.64 0.62 0.56 0.39
0.48 0.66 0.68 0.71 0.70 0.68 0.66 0.64 0.56 0.39
0.55 0.72 0.74 0.75 0.73 0.71 0.68 0.66 0.55 0.40
0.61 0.76 0.80 0.78 0.75 0.72 0.70 0.66 0.55 0.37
0.61 0.82 0.83 0.76 0.73 0.70 0.65 0.52 0.37
0.59 0.85 0.82 0.76 0.72 0.70 0.63 0.51 0.36
0.57 0.83 0.80 0.77 0.76 0.72 0.69 0.61 0.48 0.34
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10


Die gelöschten Punkte ergeben Bruchfiguren innerhalb der aufgefüllten Sande und sind daher nicht relevant.
Boden | φ,k [°] | c,k [kN/m²] | γ,k [kN/m³] | Bezeichnung
32.50 | 0.00 | 19.00 | Auffüllung
0.00 | 25.00 | 15.00 | Weichschichten
32.50 | 0.00 | 19.00 | Sand
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
μmax = 0.72
xm = -2.04 m ym = 0.84 m
R = 2.70 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.25
- γ(c') = 1.25
- γ(cu) = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30
pv = 53.00
pv = 53.00/0.00
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10
-8
-6
-4
-2
0
2
4
6
8
10


Die gelöschten Punkte ergeben Bruchfiguren innerhalb der aufgefüllten Sande und sind daher nicht relevant.
Boden | φ,k [°] | c,k [kN/m²] | γ,k [kN/m³] | Bezeichnung
32.50 | 0.00 | 19.00 | Auffüllung
0.00 | 24.00 | 15.00 | Weichschichten
32.50 | 0.00 | 19.00 | Sand
Norm: EC 7
BS: DIN 1054: BS-P
Ungünstigster Gleitkreis:
μmax = 0.74
xm = -2.04 m ym = 0.84 m
R = 2.70 m
Teilsicherheiten:
- γ(φ') = 1.25
- γ(c') = 1.25
- γ(cu) = 1.25
- γ(Wichten) = 1.00
- γ(Ständige Einw.) = 1.00
- γ(Veränderliche Einw.) = 1.30
pv = 53.00
pv = 53.00/0.00
0.31 0.46 0.50 0.54 0.56 0.55 0.54 0.51 0.47 0.33
0.35 0.57 0.59 0.59 0.59 0.57 0.55 0.54 0.48 0.34
0.41 0.66 0.65 0.66 0.62 0.59 0.57 0.55 0.48 0.34
0.48 0.67 0.61 0.58 0.57 0.48 0.34
0.52 0.69 0.71 0.62 0.60 0.57 0.48 0.32
0.52 0.73 0.63 0.61 0.56 0.45 0.32
0.50 0.74 0.72 0.63 0.61 0.55 0.44 0.31
0.49 0.72 0.70 0.67 0.63 0.61 0.53 0.42 0.30
6
4
2
0
-2
-4
-6
-8
-10 -8 -6 -4 -2 0 2 4 6 8 10

# Zusammenstellung der typengeprüften Dokumentationen

# ENERCON

## E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
D - 26605 Aurich
Telefon: 0 49 41 – 927–0
Telefax: 0 49 41 – 927–109

**Rev. 0**

ENERCON GmbH
Dreekamp 5 • 26605 Aurich
Telefon: +49 4941 927-0
Telefax: +49 4941 927-109

## 1. Prüfbescheid zur Typenprüfung T-7005/22-1 Rev. 0 vom 18.11.2022
## Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

**1.1. Zusammenstellung Turm Statik D02437752-6**

## 2. Flachgründung Ø 19,80m T-7005/22-4 Rev. 0 vom 18.11.2022

**2.1. Schalplan D02458327-0**
**2.2. Bewehrungsplan 1 D02458328-1**
**2.3. Bewehrungsplan 2 D02458329-1**
**2.4. Fundamentdatenblatt D02457817-2**

## 3. Flachgründung Ø 20,10m T-7005/22-2 Rev. 0 vom 18.11.2022

**3.1. Schalplan D02458324-2**
**3.2. Bewehrungsplan 1 D02421770-2**
**3.3. Bewehrungsplan 2 D02421771-2**
**3.4. Fundamentdatenblatt D02393170-4**

## 4. Tiefgründung Ø 16,60m T-7005/22-3 Rev. 0 vom 18.11.2022

**4.1. Schalplan Variante A D02421795-1**
**4.2. Schalplan Variante B D02421796-1**
**4.3. Schalplan Variante C D02421797-1**
**4.4. Bewehrungsplan 1 D02421805-1**
**4.5. Bewehrungsplan 2 D02421806-1**
**4.6. Fundamentdatenblatt D02411880-3**

ENERCON GmbH
Dreekamp 5 • 26605 Aurich
Telefon: +49 4941 927-0
Telefax: +49 4941 927-109

# 5. Gutachterliche Stellungnahmen

## 5.1. Lastannahmen für Turm und Fundament
**81189224863-1 D I Rev.0 vom 06.09.2022**

## 5.2. Turmkopfflansch
**8119224863-11 D Rev.0 vom 07.02.2022**

## 5.3. Diverse Komponenten
**8119616205-100 D II Rev.0 vom 14.11.2022**

# 6. Revisionstabelle

| Datum | Änderung |
|---|---|
| 02.12.2021 Rev. 0 | **Dokument erstellt**<br>**1. Prüfbescheid zur Typenprüfung T-7005/22-1 Rev. 0 vom 18.11.2022**<br>**Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01**<br>1.1. Zusammenstellung Turm Statik D02437752-6<br><br>**2. Flachgründung Ø 19,80m T-7005/22-4 Rev. 0 vom 18.11.2022**<br>2.1. Schalplan D02458327-0<br>2.2. Bewehrungsplan 1 D02458328-1<br>2.3. Bewehrungsplan 2 D02458329-1<br>2.4. Fundamentdatenblatt D02457817-2<br><br>**3. Flachgründung Ø 20,10m T-7005/22-2 Rev. 0 vom 18.11.2022**<br>3.1. Schalplan D02458324-2<br>3.2. Bewehrungsplan 1 D02421770-2<br>3.3. Bewehrungsplan 2 D02421771-2<br>3.4. Fundamentdatenblatt D02393170-4<br><br>**4. Tiefgründung Ø 16,60m T-7005/22-3 Rev. 0 vom 18.11.2022**<br>4.1. Schalplan Variante A D02421795-1<br>4.2. Schalplan Variante B D02421796-1<br>4.3. Schalplan Variante C D02421797-1<br>4.4. Bewehrungsplan 1 D02421805-1<br>4.5. Bewehrungsplan 2 D02421806-1<br>4.6. Fundamentdatenblatt D02411880-3<br><br>**5. Gutachterliche Stellungnahmen**<br>5.1. Lastannahmen für Turm und Fundament 81189224863-1 D I Rev.0 vom 06.09.2022<br>5.2. Turmkopfflansch 8119224863-11 D Rev.0 vom 07.02.2022<br>5.3. Diverse Komponenten 8119616205-100 D II Rev.0 vom 14.11.2022 |
| | |

**TÜV NORD CERT GmbH**
Prüfamt für Baustatik von Windenergieanlagen
gem. RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Verkehr v. 23.1.2006 - VI A 2 - 111 -

# Prüfbescheid zur Typenprüfung

## Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

## - Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 -

| | |
|---|---|
| **Prüfbescheid Nr.:** | T-7005/22-1 Rev. 0 |
| **Gegenstand der Prüfung:** | Standsicherheit des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3 HST-111-FB-C-01 für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) |
| **Anlagenhersteller (Antragsteller):** | ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |
| **Dokumentation:** | H+P Ingenieure GmbH<br>Kackertstraße 10<br>52072 Aachen<br>Deutschland<br><br>ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |
| **Geltungsdauer bis:** | 30.11.2027 |

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet.

Der Prüfbescheid umfasst 17 Seiten und 13 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

| Revision | Datum | Änderungen |
|---|---|---|
| 0 | 18.11.2022 | Erstausgabe |

# Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen ....3
1 Dokumente ....4
1.1 Geprüfte Dokumente ....4
1.2 Dazugehörige Dokumente ....5
2 Prüfgrundlagen ....8
3 Einleitung ....9
4 Beschreibung ....9
4.1 Turm ....9
4.2 Lastannahmen ....10
4.3 Baustoffe ....10
5 Prüfung ....11
5.1 Methodik ....11
5.2 Anmerkungen zur Prüfung ....12
5.3 Ergebnisse ....13
5.4 Schnittstellen ....13
6 Auflagen ....16
7 Zusammenfassung ....16

# 0 Allgemeine Bestimmungen

Diese Typenprüfung entbindet die Bauaufsichtsbehörde zwar von der Verpflichtung zur nochmaligen Prüfung in statischer Hinsicht, nicht jedoch von der Verpflichtung zu überwachen, ob die Bauausführung mit diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung und seinen unter 1.1 aufgeführten Anlagen übereinstimmt.

Bei Abweichungen von diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung oder seinen Anlagen ist die Standsicherheit im Einzelfall nachzuweisen und zu prüfen.

Der Prüfbescheid ersetzt nicht die Bestätigung des Auflagenvollzugs. Des Weiteren ersetzt er keine für die Durchführung von Bauvorhaben erforderlichen Genehmigungen.

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung darf nur vollständig - nicht auszugsweise - und seine Anlagen (siehe 1.1) dürfen nur zusammen mit diesem Prüfbescheid zur Typenprüfung verwendet oder veröffentlicht werden.

Zur Verlängerung der Geltungsdauer dieses Prüfbescheids zur Typenprüfung ist ein Antrag erforderlich.

Das Recht auf vorzeitigen Widerruf bleibt dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH vorbehalten.

# 1 Dokumente

## 1.1 Geprüfte Dokumente

### Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„STATISCHE BERECHNUNG TURMSTATIK E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Stahlturm (HST) Projekt: E21-019“,
Dokument-Nr.: D02453860, Rev. 2.0, Datum: 15.06.2022

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„ERGÄNZUNGSSTATIK TURMSTATIK E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Stahlturm (HST) Projekt: E21-019.1“,
Dokument-Nr.: D02490515, Rev. 2.0, Datum: 15.06.2022

### Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Anforderungen an das Fundament

[1.1.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D02378600, Rev. 2.2, Datum: 29.07.2021

[1.1.4] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02402550, Rev. 2.1, Datum: 29.07.2021

Zeichnungen - Basisturm

[1.1.5] ENERCON GmbH:
„Stahlturm“,
Zeichnungs-Nr.: D02437752, Rev. 6.0, Datum: 05.04.2022

[1.1.6] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S3 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02436897, Rev. 4.0, Datum: 05.04.2022

Zeichnungen - Turmvariante

[1.1.7] ENERCON GmbH:
„Stahlturm Modell der zusammenfassenden Struktur des Turms“,
Zeichnungs-Nr.: D02498466, Rev. 3.0, Datum: 19.04.2022

[1.1.8] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S3 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02497242, Rev. 2.0, Datum: 14.04.2022

Zeichnungen - Beide Turmvarianten

[1.1.9] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S1 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02433658, Rev. 2.0, Datum: 29.11.2021

[1.1.10] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S2 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02433923, Rev. 1.0, Datum: 19.08.2021

[1.1.11] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S4 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02435885, Rev. 1.0, Datum: 05.04.2022

[1.1.12] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S5 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02433793, Rev. 3.0, Datum: 19.01.2022

[1.1.13] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01-S6 Stahlsektion“,
Zeichnungs-Nr.: D02429092, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

[1.1.14] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentkorb“,
Zeichnungs-Nr.: D02434516, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

Spannanweisung

[1.1.15] H+P Ingenieure GmbH:
„Spannanweisung Fundamentkorb ENERCON E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Fundamentkorb“,
Dokument-Nr.: D02437082, Rev. 1.1, Datum: 30.05.2022

## 1.2 Dazugehörige Dokumente

Lastannahmen

[1.2.1] ENERCON GmbH:
„Lastenbericht Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Abdeckende Betriebs- und Extremlasten für den Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 der WEA E-138 EP3 E3 mit dem Rotorblatt E-138 EP3-RB-02 nach DIBt und IEC“,
Dokument-Nr.: D02397553, Rev. 0.4, Datum: 30.09.2021

[1.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01), DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Turm und Fundament -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D I Rev.0, Datum: 06.09.2022

Kopfflansch

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Turmflansch Spezifikation-D3868-150xM30“,
Zeichnungs-Nr.: D02133917, Rev. 0.1, Datum: 05.02.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„Verification for Certification ENERCON Wind Energy Converter E-138 EP3 E3 Bolted Connection - Yaw Bearing and Tower Head Flange Statics und Fatigue Strength for Loads according to: IEC ed. 4, WC IIA, Normal Climate DIBt 2012, WZ S“,
Dokument-Nr.: D02524598, Rev. 2.0, Datum: 14.01.2022

[1.2.5] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, verschiedene Konfigurationen, WZ S, GK S
- Turmkopfflanschbaugruppe -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-11 D Rev. 0, Datum: 07.02.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Temporäre Teilvorspannung bei Fundamentkörben bzw. Verbindungsflanschen“,
Dokument-Nr.: D0193587, Rev. 2, Datum: 07.08.2014

[1.2.7] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Abstände zwischen Kerbdetails“,
Dokument-Nr.: D0985961, Rev. 1.2, Datum: 16.04.2021

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Anbauteile an Turmwänden in Kerbfallklasse 100 für Stahlrohrtürme“,
Dokument-Nr.: D0935173, Rev. 3, Datum: 25.03.2021

[1.2.9] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Stumpfnähte bei ENERCON Stahlrohrtürmen“,
Dokument-Nr.: D0973115, Rev. 2, Datum: 16.04.2021

[1.2.10] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Verschrauben von Ringflanschen“,
Dokument-Nr.: D0215476, Rev. 2, Datum: 05.01.2017

[1.2.11] ENERCON GmbH:
„Spezifikation Oberflächenbehandlung Stahlturm“,
Dokument-Nr.: D1005701, Rev. 9, Datum: 05.10.2021

[1.2.12] ENERCON GmbH:
„Minimum Bolting Specification HST“,
Dokument-Nr.: D02454031, Rev. 0.0, Datum: 04.03.2022

Allgemeine Bauartgenehmigung

[1.2.13] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
„Allgemeine Bauartgenehmigung; Nummer: Z-30.6-78; Gegenstand dieses Bescheides: Schweißdetails mit spezifischen Kerbfallkategorien in Stahlrohrtürmen“, gültig vom 10.10.2022 bis 21.12.2026

Reibkoeffizienten und Setzungen von gleitfesten Schraubverbindungen

[1.2.14] Fraunhofer IGP:
„Ermittlung der Haftreibungszahl beschichteter Oberflächen in Anlehnung an EN 1090-2, Anhang G“,
Dokument-Nr.: D02596625, Rev. 0, Datum: 31.01.2022

[1.2.15] Stranghöner Ingenieure GmbH:
„Untersuchungen zur Erlangung einer aBG für gleitfeste Verbindungen mit HRC-Schrauben M27 in Turmbauteilen“,
Dokument-Nr.: D02733567, Rev. 0.0, Datum: 24.03.2022

Anlagenbeschreibung

[1.2.16] ENERCON GmbH:
„Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlage E-138 EP3 E3“,
Dokument-Nr.: D1018637, Rev. 4.0, Datum: 07.07.2022

Übersichtszeichnung

[1.2.17] ENERCON GmbH:
„Ansichtszeichnung Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Zeichnungs-Nr.: EP3.00.247 - 4, Rev. 4, Datum: 17.02.2022

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.18] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.19] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D II Rev. 0, Datum: 14.11.2022

## 2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung, 03.2015

[2.2] DIN EN 61400-1:2011-08:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.3] DIN EN 1991-1-4:2010-12 + DIN EN 1991-1-4/NA:2010-12:
„Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten“

[2.4] DIN EN 1992-1-1:2011-01 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau"

[2.5] DIN EN 1993-1-1:2010-12 + DIN EN 1993-1-1/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.6] DIN EN 1993-1-6:2010-12 + DIN EN 1993-1-6/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-6: Festigkeit und Stabilität von Schalen“

[2.7] DIN EN 1993-1-8:2010-12 + DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen“

[2.8] DIN EN 1993-1-9:2010-12 + DIN EN 1993-1-9/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung“

[2.9] DIN EN 1993-1-10:2010-12 + DIN EN 1993-1-10/NA:2016-04:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung“

[2.10] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

[2.11] DIN EN 1998-6:2006-03:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 6: Türme, Maste und Schornsteine; Deutsche Fassung EN 1998-6:2005“

[2.12] Verein Deutscher Ingenieure:
„Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Zylindrische Einschraubenverbindungen“, VDI 2230 Blatt 1, 11.2015

[2.13] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIB Model Code 1990“, DAfStb Heft 439, 1994

[2.14] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, DAfStb Heft 600, 2012

# 3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 und des zugehörigen Ankerkorbs, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) ausgelegt wurden.

# 4 Beschreibung

## 4.1 Turm

Der Turm hat eine Höhe von 105,268 m (OK Fundament bis OK Kopfflansch). Er besteht aus drei annähernd zylindrischen Sektionen, zwei polygonalen Sektionen und einer kurzen unteren Sektion, die in einem T-Flansch endet. Bei den zylindrischen Sektionen handelt es sich um werksseitig geschweißte Stahlblechkonstruktionen. Die Sektionen werden mittels vorgespannter, innenliegender L-Ringflanschverbindungen auf der Baustelle zusammengeschraubt.

Die polygonalen Sektionen bestehen aus mehreren gekanteten Blechen, die mit axial verlaufenden Verbindungsblechen verschraubt werden. Benachbarte Polygonsektionen werden über horizontal angeordnete, zweischnittige Verbindungsbleche miteinander verschraubt. Die untere Sektion besteht aus mehreren Teilen, die durch Überlappungsbleche verbunden sind.

Die Prüfung umfasst zwei Varianten, den in [1.1.5] dargestellten Basisturm und die in [1.1.7] dargestellte Turmvariante. Der Unterschied zwischen den beiden Varianten liegt in der Stahlsektion 3, wo sich der Übergang vom zylindrischen zum polygonalen Querschnitt befindet. Beim Basisturm wird der Übergang durch ein Anschweißen des polygonalen Querschnitts an das T-förmige, untere Ende der zylindrischen Sektion realisiert, während bei der Turmvariante der polygonale Querschnitt mit dem deutlich verdickten, zylindrischen Mantel verschweißt wird.

Der Turmanschluss an das Fundament erfolgt durch den unteren T-Flansch mit 2 x 88 vorgespannten Ankerbolzen M36 - 10.9.

Weitere Details können den geprüften Zeichnungen (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Turms berücksichtigt:

| Nr. | WEA Bezeichnung | Max. Nenn-leistung | Rotorblatt | Windzone (DIBt 2012) | Gelände-kategorie | Turmnach-weise |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E-138 EP3 E3 | 4260 kW | E-138 EP3-RB-02 | WZ S | GK S | [1.1.1], [1.1.2] |

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfiguration für Turmnachweise

Die betrachtete Windenergieanlage hat folgende technische Basisdaten:

| | |
|---|---|
| Nabenhöhe: | 110,396 m |
| Gondelmasse (inkl. Rotor): | 289,8 t |
| Rotordurchmesser: | 138,59 m |

In [1.1.1] wurde die erste Turmeigenfrequenz bei elastischer und bei starrer Fundamenteinspannung ermittelt:

$f_0$ = 0,201 Hz bei elastischer Einspannung ($k_{\varphi,dyn}$ = 150 000 MNm/rad)
$f_0$ = 0,206 Hz bei starrer Einspannung

## 4.2 Lastannahmen

Die Lastannahmen wurden mit einem gesamtdynamischen Modell der Anlage unter Berücksichtigung der Elastizität von Turm und Rotorblättern bestimmt.

Die folgenden Lastannahmen liegen der Turmberechnung zugrunde:

| Nr. | WEA Bezeichnung | Naben-höhe | Max. Nenn-leistung | Rotor-blatt | Windzone (DIBt 2012) | Gelände-kategorie | spezifi-ziert in | geprüft in |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E-138 EP3 E3 | 110,396 m | 4260 kW | E-138 EP3-RB-02 | WZ S | GK S | [1.2.1] | [1.2.2] |

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Lastannahmen sind für die in [1.2.1] angegebenen Turmeigenfrequenzen mit einem zulässigen Intervall von ± 5 %gültig.

Das in der Lastberechnung verwendete Modell hat eine ungekoppelte erste Eigenfrequenz von 0,199 Hz (Schwingungen in Schubrichtungen, elastische Einspannung).

Die Auslegungslebensdauer beträgt 25 Jahre.

## 4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Zeichnung [1.2.3] (Turmkopfflansch) entnommen werden.

Turm

| | | |
|---|---|---|
| Baustahl: | S355<br>S460 | DIN EN 10025-2 bis -3<br>DIN EN 10025-3 |
| L-Flanschschrauben: | HV-Garnituren<br>Festigkeitsklasse 10.9 | DIN EN 14399 / DASt-RiLi 021<br>DIN EN ISO 898-1 |
| Gleitfeste Verbindungen: | HRC-Garnituren M27<br>Festigkeitsklasse 10.9 | DIN EN 14399<br>DIN EN ISO 898-1 |

Darüber hinaus basiert die Auslegung des Turms auf folgenden Annahmen:

Die Ringflansche werden nahtlos geschmiedet. Für die Ringflansche werden in [1.1.1] und [1.2.4] die folgenden Streckgrenzen angenommen:

- Kopfflansch: $R_{eH}$ = 265 MPa
- übrige L-Flansche: t ≤ 120 mm: $R_{eH}$ = 325 MPa
  120 mm < t ≤ 130 mm: $R_{eH}$ = 322 MPa
  t ≤ 165 mm: $R_{eH}$ = 314 MPa

Ankerkorb

| | | |
|---|---|---|
| Ankerring: | S235J0 | DIN EN 10025-2 |
| Ankerbolzen: | Festigkeitsklasse 10.9 | DIN EN ISO 898-1 |
| Gewinde, Muttern und Unterlegscheiben: | M36 | DIN EN 1993-1-8, Bezugsnormengruppe 4 |
| Fundamentbeton: | C35/45 | DIN EN 206-1, DIN 1045-2 |

# 5 Prüfung

## 5.1 Methodik

Die Standsicherheitsnachweise (Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit) wurden in den eingereichten statischen Berechnungen geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Der Turm und die Windenergieanlage wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.19] kann für die dort unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst den Hybrid-Stahlturm, den Ankerkorb, die Spannkraftverluste der Ankerbolzen und den mit den Stahlteilen in Verbindung stehenden Beton. Die Turmkopfflanschbaugruppe (Kopfflansch und Schrauben der Flanschverbindung zwischen dem Turmkopf und der Turbine) wurde separat in [1.2.5] geprüft.

Wirbelerregte Querschwingungen wurden gemäß DIBt-Richtlinie, Abschnitt 9.4, für den betriebsbereiten Endzustand und für verschiedene Montagezustände berücksichtigt (s. [1.1.1]). Weitere Montagezustände sowie Zustände während des Transports sind nicht Bestandteil der Prüfung.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden in [1.1.1] berücksichtigt. Die Berechnung erfolgte für die Erdbebenzone 3, Baugrundklasse C, Untergrundklasse T, gemäß DIN EN 1998-1/NA.

Darüber hinaus wurde die Konformität mit dem Turmmodell aus der Lastrechnung hinsichtlich folgender Punkte überprüft:

- zulässiger Turmeigenfrequenzbereich gemäß Abschnitt 4.2
- Turmaußenabmessungen hinsichtlich des verbleibenden Freigangs bei durchgebogenen Rotorblättern

Der Abstand zwischen dem Turm und den ausgelenkten Rotorblättern wurde in [1.2.2] geprüft.

Turmeinbauten (z.B. Arbeitsbühnen, Leitern oder Befahreinrichtungen) sowie zugehörige Schweißanschlüsse oder Verankerungen sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Lageplan und Baugrundgutachten (s. [2.1], Kapitel 3, Buchstaben B und H) sind nicht Bestandteil der Prüfung, Transportzustände ebenfalls nicht.

Die angesetzten Lasten aus der Windturbine werden in den gutachtlichen Stellungnahmen [1.2.2] und [1.2.19] bestätigt.

Die Bewertung des Sicherheitssystems und der Handbücher, des Rotorblatts, der maschinenbaulichen Komponenten, der Maschinenhausverkleidung sowie der elektrischen Komponenten und des Blitzschutzes erfolgt in den in [1.2.19] unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3.

Die Bewertung verbleibender Restsicherheiten ist nicht Bestandteil der Prüfung.

## 5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) berücksichtigt.

Der Materialteilsicherheitsbeiwert für die Ermüdung der Schweiß- und Schraubverbindungen wurde mit $\gamma_{Mf} = 1{,}15$ angesetzt.

Zur Erfassung von Herstellungs- und Montageungenauigkeiten, Einflüssen aus einseitiger Sonneneinstrahlung und ungleichmäßiger Fundamentsetzung wurde eine Schiefstellung der Turmachse von 8 mm/m angenommen.

Eine Erhöhung der Turmfußmomente durch den Einfluss der statischen Bodendrehfeder $k_{\varphi,stat}$ = 18 750 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Das Auftreten wirbelerregter Querschwingungen bei wartungsbedingten Stillstandszeiten (Turm inklusive Gondel und Rotor) wurde für einen Zeitraum von 1,25 Jahren berücksichtigt.

Der Nachweis der gleitfesten Schraubenverbindungen berücksichtigt 90 % der nominalen Vorspannung der HRC- Schrauben. Dies ist, verglichen mit den Anforderungen der DIN EN 1993-1-8, eine konservative Annahme, die zu einem effektiven Reibbeiwert führt, welcher unterhalb des gemäß DIN EN 1993-1-8 erlaubten Koeffizienten liegt.

Der Haftreibungskoeffizient μ = 0,52 für thermisch gespritztes Aluminium mit Ethylzinksilikat-Versiegelung wird in [1.2.14] experimentell bestätigt.

Beim Nachweis der vertikalen Schraubverbindungen innerhalb einer modularen Sektion wurde auf der Einwirkungsseite ein Lasterhöhungsfaktor von 1,1 angesetzt. Zusätzlich wurde beim Nachweis des Nettoquerschnitts ein Schraubenkraftabminderungsfaktor von 0,88 berücksichtigt.

Die in [1.1.9] dargestellte Kopfflanschgeometrie stimmt mit den Angaben in [1.2.3] überein. Die strukturelle Integrität des Kopfflansches und seiner Schrauben wurde in [1.2.4] nachgewiesen und in [1.2.5] geprüft. Die beim Kopfflanschnachweis angesetzten Maschinenlasten wurden mit den Turmlasten [1.2.1] verglichen.

Die unter 1.1 aufgeführten Unterlagen sind mit einem TÜV NORD Stempel versehen.

## 5.3 Ergebnisse

Die geprüften Standsicherheitsnachweise sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

## 5.4 Schnittstellen

Maschinenbauliche Komponenten

5.4.1 Die in der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.5] aufgeführten Schnittstellen 5.4.1 bis 5.4.3 wurden berücksichtigt und sind erfüllt.

Einbauten

5.4.2 Für den Ermüdungsnachweis der Turmwand wurden die Kerbfallklassen 100 und 71 entsprechend der Tabelle 5.1 angesetzt. In den folgenden Bereichen dürfen keine Einbauten geschweißt werden:
- Bis zu einer Turmhöhe von 24,158 m ab UK Turm
- Turmoberkante bis 600 mm unterhalb der Kopfflanschoberkante

| Kerbfall [MPa] | Turmvariante | Minimal zulässiger Abstand ab UK Turm [m] | Maximal zulässiger Abstand ab UK Turm [m] |
|---|---|---|---|
| 100 | Basisturm | 25,750 | 102,268 |
| | Turmvariante | | |
| 71 | Basisturm | 102,268 | 104,668 |
| | Turmvariante | | |

Tabelle 5.1: Angesetzte Kerbfälle und ihre Grenzabstände

5.4.3 Schweißnähte an Buchsen mit einem Außendurchmesser ≤ 50 mm, wie in [1.2.8] definiert, die für Einbauten verwendet werden sowie die umlaufenden Stumpfnähte der Turmschale wurden mit der Kerbfallklasse 100 geprüft. Die Anwendbarkeit dieser Kerbfallklasse bei einer spezifischen Schweißnahtvorbereitung bzw. -nachbehandlung wurde in [1.2.13] bewertet. Für die Durchführung der Schweißarbeiten sind die Anforderungen der allgemeinen Bauartgenehmigung [1.2.13] einzuhalten.

Fundament

5.4.4 Die Anforderungen an das Fundament sind in [1.1.3] und [1.1.4] spezifiziert. Das in [1.1.3] definierte Kollektiv für ΔMXY deckt die Einwirkung, die sich sowohl aus den in Querrichtung wirkenden als auch aus Querschwingungen resultierenden Lasten zusammensetzt, ab.

5.4.5 Um die Funktionsfähigkeit der Anlage nicht zu beeinträchtigen, darf durch Setzungsunterschiede eine Fundamentneigung (Schiefstellung der Turmachse) von 3 mm/m innerhalb der Auslegungsdauer nicht überschritten werden.

5.4.6 Der Nachweis des T-Flansches am Turmfuß basiert auf den Annahmen in [1.1.14] und [1.1.15].

Montage & Inbetriebnahme

5.4.7 Bei der Montage und Inbetriebnahme des Turms sind die Anforderungen der Spezifikation [1.2.12] einzuhalten.

5.4.8 Das Auftreten wirbelerregter Querschwingungen während der Errichtung wurde für die folgenden Zeiträume berücksichtigt:

| | |
|---|---|
| Turm ohne Gondel und Rotor: | 36 Tage |
| Turm mit Gondel, ohne Rotor: | 182 Tage |
| Turm mit Gondel und Rotor: | 456 Tage |

Bei dem unten genannten Bauzustand darf die am oberen Turmende gemessene Windgeschwindigkeit einen Wert von 0,8 x $v_{crit}$ nicht überschreiten. Die maximal zulässig Windgeschwindigkeit beträgt somit:

| | |
|---|---|
| Turm ohne Topsektion: | 17,4 m/s |

Falls diese Bedingungen nicht erfüllt werden, sind geeignete Maßnahmen zur Sicherung gegen wirbelerregte Querschwingungen zu treffen. Bei Bauzuständen, die oben nicht aufgeführt sind, gibt es keine Einschränkungen.

5.4.9 Die in [1.1.15] definierten Anforderungen an das Vorspannen der Ankerstangen sind einzuhalten.

5.4.10 Die Vorspannkraft der Ankerbolzen darf erst aufgebracht werden, wenn der Beton seine Nenndruckfestigkeit erreicht hat.

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

5.4.11 Innerhalb des 1. Halbjahres nach der Montage (jedoch nicht unmittelbar nach Inbetriebnahme) ist die planmäßige Vorspannung der Schrauben in den L-Flanschverbindungen durch Nachspannen sicherzustellen.

5.4.12 Der Korrosionsschutz ist regelmäßig zu überprüfen und bei Bedarf zu erneuern.

5.4.13 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

5.4.14 Etwaige Schäden an den in Betrieb genommenen Windenergieanlagen, wie z.B. unzulässige Risse, und daraus abgeleitete Reparatur- bzw. Sanierungsmaßnahmen sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen.

Weiterbetrieb

5.4.15 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

# 6 Auflagen

Allgemeines

6.1 Für jeden geplanten WEA-Standort ist ein Nachweis der Standorteignung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen, Abschnitt 16.2 vorzulegen, dem die in [1.2.2] aufgeführten Auslegungsparameter für die Windzone S zu Grunde liegen.

6.2 Die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen (s. [1.2.2], [1.2.5] und [1.2.19]) sind zu beachten. Die gutachtlichen Stellungnahmen sind zur Bauakte zu nehmen.

6.3 Der Anlagenhersteller hat mittels Erklärung zu bescheinigen, dass die Auflagen in den gutachtlichen Stellungnahmen erfüllt sind und dass die Windenergieanlage gemäß den geprüften Anlagen in dem Prüfbescheid zur Typenprüfung errichtet worden ist. Diese Herstellererklärung ist der Bauaufsichtsbehörde vorzulegen und zur Bauakte zu nehmen.

6.4 Alle Bescheinigungen und Protokolle sind vom Betreiber aufzubewahren und müssen auf Verlangen der zuständigen Baubehörde vorgelegt werden.

6.5 Die Anforderungen der in dem jeweiligen Bundesland geltenden Landesbauordnung sind zu beachten.

Stahlteil

6.6 Für die Ausführung der Stahlsektionen gilt DIN EN 1090. Als Mindestanforderung für Windenergieanlagen gilt die Ausführungsklasse EXC3.

6.7 Die Spezifikationen [1.2.6] bis [1.2.12] sowie die Spannanweisung [1.1.15] sind zu beachten.

6.8 Die Streckgrenze des für die Flansche verwendeten Materials muss mindestens den in Kapitel 4.3 genannten Werten entsprechen.

6.9 Die in der allgemeinen Bauartgenehmigung [1.2.13] aufgeführten Anforderungen an die Fertigung sind zu erfüllen.

# 7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllen der hier geprüfte Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 und der zugehörige Ankerkorb die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Der Prüfbescheid zur Typenprüfung gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführte Windenergieanlagenkonfiguration.

Die in diesem Prüfbescheid aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sind hinsichtlich der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015), Kapitel 3, Abschnitt I, vollständig und können für diese Windenergieanlagen verwendet werden.

Alle relevanten Schnittstellen (Maschine/Turm) wurden überprüft.

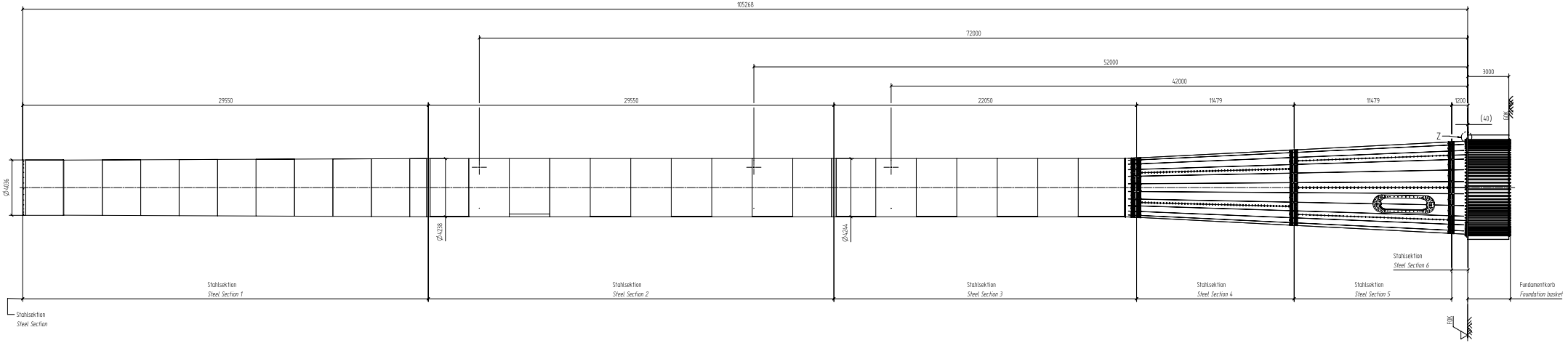
Statisch relevante, konstruktive Änderungen am Turm oder am Ankerkorb sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert dieser Prüfbescheid seine Gültigkeit.

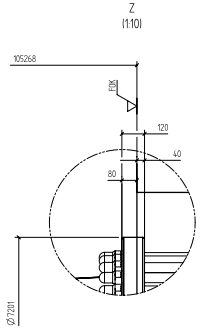
Der Leiter

Dipl.-Ing. T. Krause

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

An der Prüfung beteiligt:
M.Sc. E. Grove
B.Eng. / M.Sc. P. Roycroft




Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-1 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

FOK: Fundamentoberkante / *TOP Foundation*
GOK: Geländeoberkante / *TOP ground*

Kanten/edges ISO 13715

Allgemeintoleranz nach / General tolerances acc. to DIN ISO 2768vL
Oberfläche nach / *surface acc. to* DIN EN ISO 1302

| Stahlsektion<br>Steel Section | Zeichnungs-Nr.<br>Drawing-No. | Rev. | |
|---|---|---|---|
| 1 | D02433658 | 2.0 | |
| 2 | D02433923 | 1.0 | |
| 3 | D02436897 | 4.0 | (K) |
| 4 | D02435885 | 1.0 | (K) |
| 5 | D02433793 | 3.0 | |
| 6 | D02429092 | 0.0 | |
| Fundamentkorb<br>Foundation Basket | D02434516 | 0.0 | |

| | |
|---|---|
| Turmhoehe über OK Fundament<br>tower height over TOP foundation | 105,268 m |
| Nabenhoehe über OK Fundament<br>hub height over TOP foundation | 103,244 m |
| Nabenhoehe über OK Gelände<br>Hub height over TOP ground | 110,244 m |

| Rev. | Change | Date | Name |
|---|---|---|---|
| 6.0 | Revision changed | 05.04.2022 | VN DK |
| 5.0 | Revision changed | 19.01.2022 | DM CI |
| 4.0 | Revision changed | 04.01.2022 | MR CI |
| 3.0 | Revision changed | 29.11.2021 | MR CI |
| 2.0 | Revision changed | 18.10.2021 | DA CI |
| 1.0 | Revision changed | 01.10.2021 | DK CI |

2022-04-11 07:21,
WF000188919

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

1100

337259,455 kg

Structural drawing
Stahlzeichnung

steeltower
tower E-126 EP4 E2 hybrid model

10220115

D02437752/6.0-de/en

V1

This drawing is owned by ENERCON GmbH, Dreekamp 5, 26605 Aurich, Germany. It is only valid within the meaning of § 11 UrhG. ENERCON kindly ▶ thanks ◀ for the consideration of the environment. Please do not print this drawing unnecessarily!

Erstelldatum: 07.02.2025 Version: 3 07.06.2024 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

**TÜV NORD CERT GmbH**
Prüfamt für Baustatik von Windenergieanlagen
gem. RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Verkehr v. 23.1.2006 - VI A 2 - 111 -

# Prüfbescheid zur Typenprüfung

## Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

## - Flachgründung, D=19,80 m -

| | |
|---|---|
| **Prüfbescheid Nr.:** | T-7005/22-4 Rev. 0 |
| **Gegenstand der Prüfung:** | Standsicherheit der Flachgründung für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) |
| **Anlagenhersteller (Antragsteller):** | ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |
| **Dokumentation:** | H+P Ingenieure GmbH<br>Kackertstraße 10<br>52072 Aachen<br>Deutschland<br><br>ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |
| **Geltungsdauer bis:** | 30.11.2027 |

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet. Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Prüfbescheid umfasst 10 Seiten und 4 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

| Revision | Datum | Änderungen |
|---|---|---|
| 0 | 18.11.2022 | Erstausgabe |

## Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen ....3
1 Dokumente ....3
1.1 Geprüfte Dokumente ....3
1.2 Dazugehörige Dokumente ....4
2 Prüfgrundlagen ....5
3 Einleitung ....6
4 Beschreibung ....6
4.1 Fundament ....6
4.2 Lastannahmen ....6
4.3 Baustoffe ....7
5 Prüfung ....7
5.1 Umfang und Methodik ....7
5.2 Anmerkungen zur Prüfung ....8
5.3 Ergebnisse ....8
5.4 Schnittstellen ....8
6 Auflagen ....9
7 Zusammenfassung ....10

# 0 Allgemeine Bestimmungen

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung beinhaltet als Ergänzung zum Prüfbescheid [1.2.1] die zweite Flachgründung des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01.

Es gelten die Allgemeinen Bestimmungen des Prüfbescheids [1.2.1].

# 1 Dokumente

## 1.1 Geprüfte Dokumente

### Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„STATISCHE BERECHNUNG FLACHGRÜNDUNG E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Projekt: E21-037 (B500B, B400B)“,
Dokument-Nr.: D02457816, Rev. 1.0, Datum: 15.06.2022

### Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-037 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02458327, Rev. 0.0, Datum: 09.02.2022

[1.1.3] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-037 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02458328, Rev. 1.0, Datum: 15.06.2022

[1.1.4] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-037 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02458329, Rev. 1.0, Datum: 15.06.2022

Spezifikationen

[1.1.5] ENERCON GmbH:
„Technisches Datenblatt E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Flachgründung WZ S GK II (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D02457817, Rev. 2.0, Datum: 24.06.2022

## 1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbescheid zur Typenprüfung Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, DIBt Windzone S, Geländekategorie S - Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 -“,
Prüfbescheid Nr.: T-7005/22-1 Rev. 0, Datum: 18.11.2022

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D02378600, Rev. 2.2, Datum: 29.07.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02402550, Rev. 2.1, Datum: 29.07.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentkorb“,
Zeichnungs-Nr.: D02434516, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

[1.2.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Spannanweisung Fundamentkorb ENERCON E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Fundamentkorb“,
Dokument-Nr.: D02437082, Rev. 1.1, Datum: 30.05.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Hinweise zur Bauausführung Turmtypen: E-XX EX/XX/XX/XX/XX & E-XX EX/XX/XX/XX/XX Für alle Fundamenttypen“,
Dokument-Nr.: D0748193, Rev. 0a, Datum: 12.09.2018

[1.2.7] ENERCON GmbH:
„Materialspezifikation Betonstahl“,
Dokument-Nr.: D0181818, Rev. 2, Datum: 22.05.2017

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D II Rev. 0, Datum: 14.11.2022

## 2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung, 03.2015

[2.2] DIN EN 61400-1:2011-08:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.3] DIN EN 1992-1-1:2011-01 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2009-09 + DIN EN 1997-1/NA:2010-12:
„Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“

[2.5] DIN 1054:2010-12 + A1:2012-08 + A2:2015-11:
„Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“

[2.6] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

[2.7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIB Model Code 1990“, DAfStb Heft 439, 1994

[2.8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, DAfStb Heft 600, 2012

[2.9] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Massige Bauteile aus Beton“, 2010-04

# 3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung einer Flachgründung, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) ausgelegt wurde.

# 4 Beschreibung

## 4.1 Fundament

Das Fundament dient zur Aufnahme des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 19,80 m auf.

Unterhalb des Sockels befindet sich eine 50 cm dicke Fundamentvertiefung. Die Gesamthöhe des Sockels inkl. der Vertiefung beträgt 3,40 m. Die Fundamentsohle, bzw. die Oberkante der Fundamentvertiefung, liegt wegen der Sauberkeitsschicht 10 cm über der Oberkante des umgebenden Geländes.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Weitere Details können dem Schalplan [1.1.2] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.5] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

| Nr. | WEA Bezeichnung | Nabenhöhe | Max. Nennleistung | Rotorblatt | Windzone (DIBt 2012) | Geländekategorie | Fundamentnachweise |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E-138 EP3 E3 | 110,396 m | 4260 kW | E-138 EP3-RB-02 | WZ S | GK S | [1.1.1] |

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfiguration für Fundamentnachweise

## 4.2 Lastannahmen

Die angesetzten Turmfußlasten decken folgende Konfiguration ab und sind in den aufgelisteten Dokumenten spezifiziert und geprüft worden:

| Nr. | WEA Bezeichnung | Nabenhöhe | Max. Nennleistung | Rotorblatt | Windzone (DIBt 2012) | Geländekategorie | spezifiziert in | geprüft in |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E-138 EP3 E3 | 110,396 m | 4260 kW | E-138 EP3-RB-02 | WZ S | GK S | [1.2.2] | [1.2.1] |

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslebensdauer beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden berücksichtigt (s. [1.2.1]).

Zur Erfassung von Herstellungs- und Montageungenauigkeiten, Einflüssen aus einseitiger Sonneneinstrahlung und ungleichmäßiger Fundamentsetzung wurde eine Schiefstellung der Turmachse von 8 mm/m angenommen.

Eine Erhöhung der Turmfußmomente durch den Einfluss der statischen Bodendrehfeder $k_{\varphi,stat}$ = 18 750 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die dynamische Bodendrehfeder wurde mit $k_{\varphi,dyn}$ = 150 000 MNm/rad angesetzt.

Verkehrslasten im Bereich der Erdaufschüttung auf der Fundamentplatte wurden nicht berücksichtigt.

Das Fundament wurde mit und ohne Belastung aus Auftrieb berechnet. In der statischen Berechnung wurde angenommen, dass der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser 3,00 m unter der Oberkante des Fundamentsockels und somit auf Höhe des umgebenden Geländes liegt.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.3] bis [1.2.5] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

### 4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Spezifikation [1.2.7] entnommen werden.

| | | |
|---|---|---|
| Fundamentplatte: | C35/45 | DIN EN 206-1, DIN 1045-2 |
| Betonstahl: | B500 | DIN 488 |

## 5 Prüfung

### 5.1 Umfang und Methodik

Die Standsicherheitsnachweise (Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit) wurden in der eingereichten statischen Berechnung geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Windenergieanlage, der Turm und die Fundamente und wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.9] kann für die dort unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst das Fundament sowie die Beton- und Bewehrungsnachweise im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, die Stahlbauteile des Ankerkorbs und die geotechnischen Nachweise sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Der Hybrid-Stahlturm und die Stahlbauteile des Ankerkorbs wurden in [1.2.1] geprüft.

Die Bewertung verbleibender Restsicherheiten ist nicht Bestandteil der Prüfung.

## 5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Allgemeines

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) berücksichtigt.

Die unter 1.1 aufgeführten Unterlagen sind mit einem TÜV NORD Stempel versehen.

Fundament

Eine Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens wurde nicht berücksichtigt. Es wird vorausgesetzt, dass ein duktiles Bauteilverhalten durch Umlagerung des Sohldrucks bzw. des Erddrucks sichergestellt werden kann.

## 5.3 Ergebnisse

Die geprüften Standsicherheitsnachweise sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

## 5.4 Schnittstellen

Turm

5.4.1 Es wurde überprüft, ob das Fundament die im Prüfbescheid [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

5.4.2 Es wurde geprüft, ob die für die Beton- und Bewehrungsnachweise im Lasteinleitungsbereich angesetzten Geometrien mit den in [1.2.4] dargestellten Ankerkorb-Geometrien übereinstimmen.

Geotechnische Nachweise

5.4.3 Alle geotechnischen Nachweise inklusive der nachfolgend aufgeführten Anforderungen an den Baugrund sind durch einen Gutachter für Geotechnik für den jeweiligen Gründungsbereich nachzuweisen.

5.4.4 Der Baugrund muss die in [1.1.5] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.5 Hinsichtlich der Vorspannung der Ankerbolzen gelten die Anforderungen des Prüfbescheids [1.2.1].

5.4.6 Zusätzlich zum Endzustand wurde der Montagezustand des Turms (Lastfall-Gruppe DLC 8.1/8.2/8.3) mit Gondel und Rotor vor der Aufbringung der verdichteten Bodenaufschüttung nachgewiesen (s. [1.1.2]).Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

5.4.7 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.Etwaige Schäden an den in Betrieb genommenen Windenergieanlagen, wie z.B. unzulässige Risse, und daraus abgeleitete Reparatur- bzw. Sanierungsmaßnahmen sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen.

Weiterbetrieb

5.4.9 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

# 6 Auflagen

Allgemeines

6.1 Die Anforderungen der in dem jeweiligen Bundesland geltenden Landesbauordnung sind zu beachten.

6.2 Alle Bescheinigungen und Protokolle sind vom Betreiber aufzubewahren und müssen auf Verlangen bei der zuständigen Baubehörde vorgelegt werden.

Fundament

6.3 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670, der DIN 1045-3 und der Spezifikation [1.2.6] zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.4 Wegen der großen Abmessungen des Fundaments ist zur Vermeidung schädlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindwirkungen ein Betontechnologe hinzuzuziehen. Die Betongüten sind durch Betonprüfzeugnisse der Lieferfirmen nachzuweisen. Auf die Einhaltung der geforderten Betondeckung sowie auf die fachgerechte Verlegung der Bewehrung ist zu achten. Bei Bauteilen des Gründungskörpers, die höchstens einen halben Meter in das Erdreich hineinreichen, wurde die rechnerische Rissbreite auf 0,2 mm begrenzt, bei allen übrigen Bauteilen des Gründungskörpers auf 0,3 mm. Sollten nach dem Aushärten des Betons unzulässig breite Risse festgestellt werden, sind diese fachgerecht zu sanieren.

Anforderungen an den Baugrund

6.5 Die Drehfedersteifigkeit des Fundaments hängt von den Bodenkennwerten ab und ist für jeden Standort zu bestätigen.

# 7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllt die hier geprüfte Flachgründung die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Der Prüfbescheid zur Typenprüfung gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführte Windenergieanlagenkonfiguration.

Alle relevanten Schnittstellen (Turm/Fundament) wurden überprüft.

Statisch relevante, konstruktive Änderungen am Fundament sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert dieser Prüfbescheid seine Gültigkeit.

Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

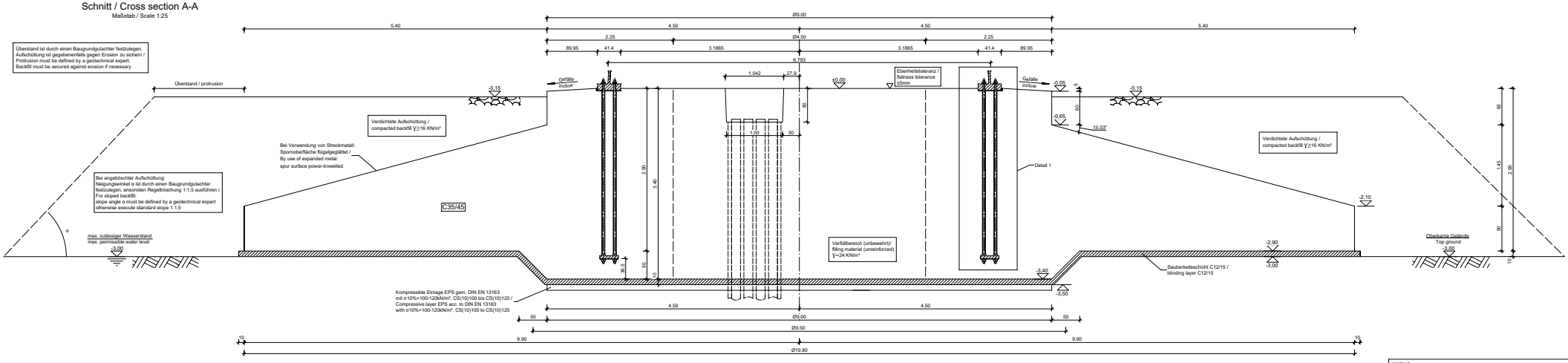
Der Leiter

Dipl.-Ing. T. Krause

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN TÜV NORD CERT

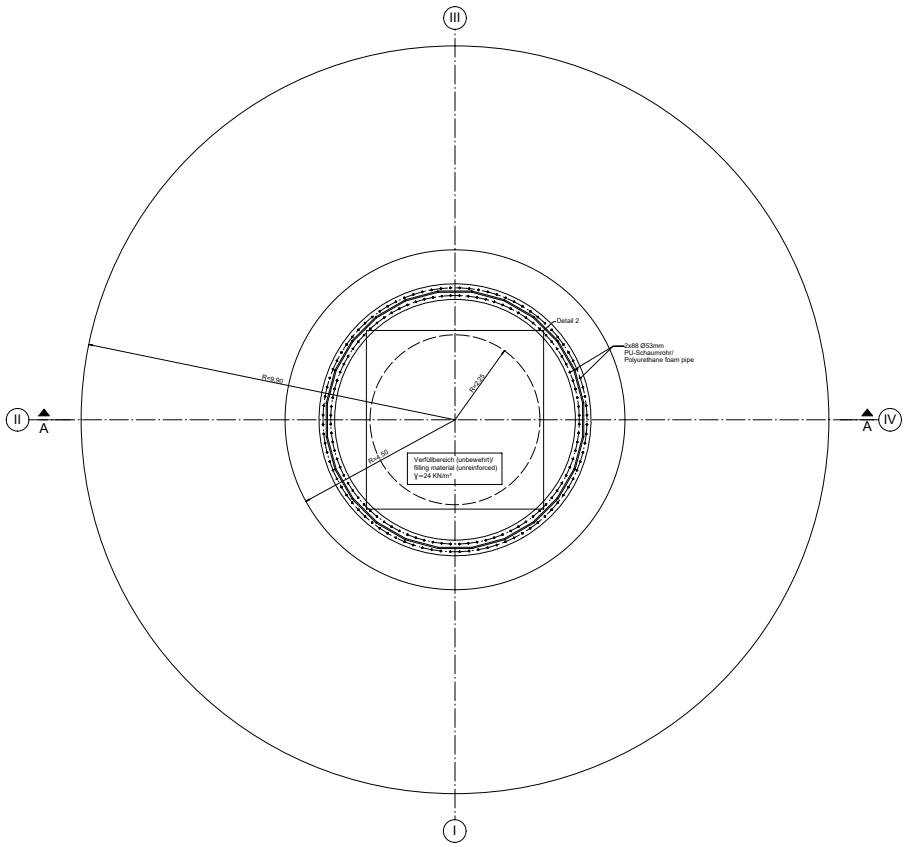
## Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25




## Draufsicht Fundament / Top view foundation

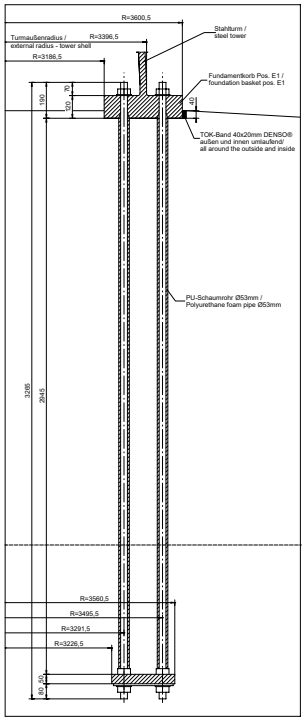
Maßstab / Scale 1:50




## Detail 1

Maßstab / Scale 1:10

Angaben in [mm]



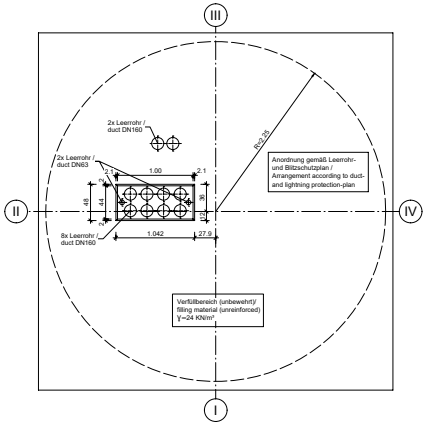

Der Beton unterhalb des T-Flansches ist nur von einer Seite einzufüllen und zu verdichten, um Fehlstellen und Lufteinschlüsse unterhalb des T-Flansches zu verhindern. In der Fuge T-Flansch zu Fundamentbeton ist ein vollflächiger und kraftschlüssiger Kontakt herzustellen. Die Betonoberfläche ist außen bis zur Oberseite des TOK-Bandes hochzuführen. /

The concrete underneath the T-flange must be filled and compacted from one side only to prevent defects and air pockets underneath the T-flange.In the joint T-flange to foundation concrete a full-surface and force fit contact must be established. The concrete surface must be elevated on the outside to the top of the TOK-Band.

## Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

Angaben in [cm/m]




**ACHTUNG:**
Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind Betonierfugen im Fundament nicht zulässig. Falls eine Betonierfuge erforderlich ist, so ist hierfür rechtzeitig vor Baubeginn ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen, und eine Anpassung der Fundamentbewehrung ist zwingend erforderlich. In diesem Fall ist WRD umgehend zu informieren.

**ATTENTION:**
If the foundation is executed according to the present formwork drawing, including the corresponding reinforcement drawings, no construction joints are permitted inside the foundation. If an construction joint is required, an additional verification must be provided timely before start of work, and a modification of the foundation reinforcement is mandatory. In this case, WRD must be informed immediately.

**Baugrundanforderungen:**
- Die zulässige charakteristische Bodenpressung muss mindestens 280 kN/m² betragen.
- Zwischen Baugrund und Unterbeton (Sauberkeitsschicht) muss ein Reibungsbeiwert von mindestens 20° vorhanden sein.
- Die Baugrundanforderungen sind von einem ortskundigen Baugrundgutachter standortbezogen zu bestätigen.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.

**Soil requirements:**
- The permissible characteristic soil pressure has be at least 280 kN/m².
- In between subsoil and subconcrete (subbase) has to be a friction angle of at least 20°.
- The requirements of the subsoil are to be verified by a geotechnical expert on every location.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.

**Allgemeines:**
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Die Oberfläche der Sauberkeitsschicht ist gemäß den Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentsiebenkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten. Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Das zyklische Einbeiseitenspaltzeiler des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
- Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentkorbstatik sind zu beachten.
- Die Fundamentoberfläche muss waagerecht ausgeführt werden und vorzüllerig.
- Ex-ord ausreichend Betonier- und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbauruhren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0181818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert fct,eff = 0,7*fctm für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.
- In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65mm) zu verwenden.

**General:**
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- The requirements of the subsoil are to be verified by a geotechnical expert.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficent gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- The joints of the T-flange have to be filled completely by concrete.
- The properties of the used concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0181818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack with evidence, a reduced value fct,eff=0,7*fctm for an early constraint was used.
This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.
- In areas with small bar spacing, use a small diameter concrete vibrator (approx. 35-65mm).

**Einbauteile / Cast-in Elements**

| Pos | Stück / Quantity | Bezeichnung / Description | Hersteller / Manufacturer |
|---|---|---|---|
| E1 | 1 | Fundamentkorb / foundation basket | nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (ZNr. D02402550) |

**Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:**
Die statisch erforderliche dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodensteife im erdfeuchten Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

**Zugehörige Zeichnungen / respective drawings**
**Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation**

| | |
|---|---|
| Detailplan/Typ / drafting drawing no. | D02458327 |
| Bewehrungszeichnung No. (BS/SK) / Reinforcement drawing no. (BS/SK) | D02458328, D02458329 |
| Bewehrungszeichnung No. (BS/SK) / Reinforcement drawing no. (BS/SK) | D02458331, D02458332 |
| separate Fußzeichnung (BS/SK) / separate sheet type 3x (BS/SK) | D02458330 |
| separate Fußzeichnung (BS/SK) / separate sheet type 3x (BS/SK) | D02458333 |
| Specification / specification | |
| Statische Berechnung / design calculation | E21-037 (BS/SK: 84958); D02457816 |

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Hegger + Partner
IHP Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

| Index/ Index | Änderungen/ Changes | Datum/ Date | Ges./ Proj. | Ges./ Rev. |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |

Prüfsiegel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-4 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type
E-138 EP3 E3+HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content
Schalplan Ortbetonfundament
Shuttering drawing cast-in-place-foundation

Flächgründung (Fg) / Flat foundation (Ff)

| Gezeichnet / Prepared: | Geprüft / Checked: | Freigegeben / Approved: |
|---|---|---|
| 09.02.2022 VV | 09.02.2022 PB | 09.02.2022 CG |

| Maßstab / scale: | Plan-Nr. / plan no.: | Blattgröße/Schreibmaß size | Projekt-Nr. / project number: |
|---|---|---|---|
| wie angezeigt / as shown | D02458327/0.0 | DIN A0 | E21-037 FT |

525/718

Erstelldatum: 07.02.2025 Version: 3 - 07.06.2024 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

# Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25

**Legende/ legend:**

- Exemplarische Betoneinstiftungen/ exemplary concrete openings
  Die Bewehrung im Bereich der Betoneinstiftung ist ggfs. örtlich zu versetzen; Betoneinstiftungen sind gemäß Vorgabe ENERCON umlaufend auszuweben und aufgrund der standortspezifischen Randbedingungen durch den Bauleiter festzulegen./
  The reinforcement in the areas of the concreting opening has to be relocated if necessary; Concreting openings have to be provided circumferential in accordance with ENERCON specifications and determined by the site manager on the basis of the site-specific boundary conditions.
- umlaufendes Streckmetall (Details s. separates Textfeld)/ circumferential expanded metal (details see separtad text)
- Leerrohrführung nach Vorgabe ENERCON (s. separater Plan)/ ducts acc. prewritings ENERCON (s. separate drawing)

Ringbewehrung / ring reinforcement 1. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 3.+5. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 7. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 1. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 3. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 2.+4. Lage / layer
Streckmetall / expanded metal h=30cm
Ringbewehrung / ring reinforcement 2. Lage / layer
Verteilung Ringbewehrung / bottom grd ring reinforcement
Ringbewehrung / ring reinforcement 2. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 4. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 6. Lage / layer

Radialbewehrung im Bereich der Leerrohre örtlich einkürzen / Radial reinforcement is to be cut locally in the vicinity of the pipes

Verfüllbereich (unbewehrt)/ filling material (unreinforced) γ=24 kN/m³

Gefälle / incline

Ring- und Radialbewehrung: In getrennten horizontalen Lagen sind die Stäbe jeder einzelnen Lage vertikal übereinander anzuordnen.
Dies betrifft auch die Ausrichtung der unteren und oberen Hauptbewehrung sowie die Bewehrung der Verteilung zueinander zur Sicherstellung der Betonier - und Verdichtbarkeit. /

Ring and radial reinforcement: In different horizontal layers, the bars of each layer have to be arranged vertically above each other.
This also concerns the alignment of the bottom and top main reinforcement as well as the reinforcement of the bottom pit to each other to ensure concreting and compactability.

Die Abstandhalter Pos. 32, 33 sind durch die Steckbügel Pos. 20 in der oberen Bewehrungslage zu verankern. Die Steckbügel sind möglichst nah an den vertikalen Steckbügeln der Abstandhalter anzuordnen (max. Achsabstand der Schenkel 35 cm). /

The spacer rebars Pos 32, 33 have to be enclosed by insert-stirrups Pos. 20 in order to ensure sufficient anchorage within uppermost rebar layer. The insert-stirrups should be arranged asclose to spacer rebarsas possible (max. axial spacing 35 cm).

## Detail
## Schutzkappe / protection cap

Schutzkappe temporär auf die Enden aller aufrecht stehenden Betonstahlstäbe aufstecken.
Vor dem Betonieren sind alle Schutzkappen wieder zu entfernen. /
A safety cap must be set temporarily onto the endings of all upright steel bars.
Before pouring the concrete, all protection caps must be removed.

Betonstahlstahl / Steal bar

Schutzkappe / Protection cap

Schutzlage / shear reinforcement

| Pos. | Anzahl / Pie. | Ø [mm] | a [cm] | b [cm] | c [cm] | Einzellänge length [cm] | Gesamtlänge total length [m] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 30 | 22 | 16 | 35,0 | 49,0 | 30,0 | 193,0 | 42,46 |
| 31 | 22 | 25 | 35,0 | 307,0 | 30,0 | 709,0 | 155,98 |
| 32 | 44 | 25 | 35,0 | 187,0 | 30,0 | 469,0 | 206,36 |
| 33 | 44 | 25 | 35,0 | 164,0 | 30,0 | 423,0 | 186,12 |
| 34 | 44 | 25 | 35,0 | 141,0 | 30,0 | 377,0 | 165,88 |
| 35 | 44 | 20 | 35,0 | 125,0 | 30,0 | 345,0 | 151,80 |
| 36 | 44 | 20 | 35,0 | 112,0 | 30,0 | 319,0 | 140,36 |
| 37 | 44 | 20 | 35,0 | 95,0 | 30,0 | 285,0 | 125,40 |
| 38 | 44 | 20 | 35,0 | 82,0 | 30,0 | 259,0 | 113,96 |
| 39 | 44 | 16 | 35,0 | 68,0 | 30,0 | 231,0 | 101,64 |

Pos. 30 - 39

Pos.40 Ø12 - s=22cm - lo=60cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 40.1 | 5,75 | 2,450 | 3 | 3 | 17,25 |
| 40.2 | 6,20 | 2,670 | 3 | 3 | 18,60 |
| 40.3 | 6,70 | 2,890 | 3 | 3 | 20,10 |
| 40.4 | 7,15 | 3,110 | 3 | 3 | 21,45 |
| 40.5 | 8,50 | 3,760 | 3 | 3 | 25,50 |
| 40.6 | 6,90 | 3,980 | 4 | 4 | 27,60 |
| 40.7 | 7,20 | 4,200 | 4 | 4 | 28,80 |
| 40.8 | 7,50 | 4,380 | 4 | 4 | 30,00 |
| Summe L / current meter = | | | | | 189,3 |

Pos.50 Ø16 - s=15cm - lo=75cm

| Nr. | Einzellänge length | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 50 | 5,90 | 2,450 | 3 | 42 | 248,10 |
| 50.1 | 8,10 | 4,380 | 4 | 4 | 64,80 |
| Summe L / current meter = | | | | | 516,0 |

Pos.60 Ø25 - s=14cm - lo=120cm

| Nr. | Einzellänge length | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 60.1 | 8,05 | 4,360 | 4 | 16 | 128,8 |
| 60.2 | 8,15 | 4,410 | 4 | 16 | 130,4 |
| Summe L / current meter = | | | | | 259,2 |

Pos.70 Ø16 - s=20cm - lo=75cm

| Nr. | Einzellänge length | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 70 | 11,05 | 9,820 | 6 | 18 | 198,9 |
| Summe L / current meter = | | | | | 198,9 |

Pos.80 Ø25 - s=22cm - lo=120cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 80.1 | 6,35 | 2,450 | 3 | 6 | 38,10 |
| 80.2 | 6,80 | 2,670 | 3 | 6 | 40,80 |
| 80.3 | 7,30 | 2,890 | 3 | 6 | 43,80 |
| 80.4 | 7,75 | 3,110 | 3 | 6 | 46,50 |
| 80.5 | 8,00 | 3,230 | 3 | 6 | 48,00 |
| 80.6 | 6,80 | 3,560 | 4 | 8 | 54,40 |
| 80.7 | 7,15 | 3,760 | 4 | 8 | 57,20 |
| 80.8 | 7,50 | 3,980 | 4 | 8 | 60,00 |
| 80.9 | 8,10 | 4,380 | 4 | 8 | 64,80 |
| Summe L / current meter = | | | | | 516,0 |

Pos.90 Ø25 - s=44cm - lo=120cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 90.1 | 6,35 | 2,450 | 3 | 3 | 19,05 |
| 90.2 | 7,30 | 2,890 | 3 | 3 | 21,90 |
| 90.3 | 8,00 | 3,230 | 3 | 3 | 24,00 |
| 90.4 | 6,80 | 3,560 | 4 | 4 | 27,20 |
| 90.5 | 7,50 | 3,980 | 4 | 4 | 30,00 |
| 90.6 | 7,95 | 4,280 | 4 | 4 | 31,80 |
| Summe L / current meter = | | | | | 154,0 |

Pos.100 Ø16 - s=22cm - lo=75cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 100.1 | 7,85 | 4,510 | 4 | 4 | 31,40 |
| 100.2 | 8,20 | 4,722 | 4 | 4 | 32,80 |
| 100.3 | 8,55 | 4,935 | 4 | 4 | 34,20 |
| 100.4 | 8,85 | 5,147 | 4 | 4 | 35,40 |
| 100.5 | 9,20 | 5,359 | 4 | 4 | 36,80 |
| 100.6 | 9,55 | 5,572 | 4 | 4 | 38,20 |
| 100.7 | 9,85 | 5,784 | 4 | 4 | 39,40 |
| 100.8 | 10,20 | 5,996 | 4 | 4 | 40,80 |
| 100.9 | 10,55 | 6,208 | 4 | 4 | 42,20 |
| 100.10 | 10,85 | 6,421 | 4 | 4 | 43,40 |
| 100.11 | 11,20 | 6,633 | 4 | 4 | 44,80 |
| 100.12 | 11,55 | 6,845 | 4 | 4 | 46,20 |
| 100.13 | 9,65 | 7,058 | 5 | 5 | 48,25 |
| Summe L / current meter = | | | | | 515,4 |

Pos.200 Ø12 - s=22cm - lo=60cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 200.1 | 9,75 | 7,280 | 5 | 5 | 48,75 |
| 200.2 | 10,05 | 7,492 | 5 | 5 | 50,25 |
| 200.3 | 10,30 | 7,705 | 5 | 5 | 51,50 |
| 200.4 | 10,55 | 7,917 | 5 | 5 | 52,75 |
| 200.5 | 10,85 | 8,129 | 5 | 5 | 54,25 |
| 200.6 | 11,10 | 8,342 | 5 | 5 | 55,50 |
| 200.7 | 11,35 | 8,554 | 5 | 5 | 56,75 |
| 200.8 | 11,65 | 8,766 | 5 | 5 | 58,25 |
| 200.9 | 11,90 | 8,978 | 5 | 5 | 59,50 |
| 200.10 | 10,25 | 9,191 | 6 | 6 | 61,50 |
| 200.11 | 10,45 | 9,403 | 6 | 6 | 62,70 |
| 200.12 | 10,70 | 9,615 | 6 | 6 | 64,20 |
| 200.13 | 10,90 | 9,828 | 6 | 6 | 65,40 |
| Summe L / current meter = | | | | | 741,3 |

Pos.300 Ø25 - s=88cm - lo=120cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 300.1 | 8,30 | 4,510 | 4 | 4 | 33,20 |
| 300.2 | 9,65 | 5,360 | 4 | 4 | 38,60 |
| 300.3 | 9,05 | 6,210 | 5 | 5 | 45,25 |
| 300.4 | 10,10 | 7,060 | 5 | 5 | 50,50 |
| 300.5 | 11,15 | 7,910 | 5 | 5 | 55,75 |
| 300.6 | 10,40 | 8,760 | 6 | 6 | 62,40 |
| 300.7 | 11,30 | 9,610 | 6 | 6 | 67,80 |
| Summe L / current meter = | | | | | 353,5 |

Pos.400 Ø25 - s=22cm - lo=85cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 400.1 | 10,10 | 7,340 | 5 | 5 | 50,50 |
| 400.2 | 10,40 | 7,560 | 5 | 5 | 52,00 |
| 400.3 | 10,65 | 7,780 | 5 | 5 | 53,25 |
| 400.4 | 10,95 | 8,000 | 5 | 5 | 54,75 |
| 400.5 | 11,20 | 8,220 | 5 | 5 | 56,00 |
| 400.6 | 11,50 | 8,440 | 5 | 5 | 57,50 |
| 400.7 | 11,75 | 8,660 | 5 | 5 | 58,75 |
| 400.8 | 10,15 | 8,880 | 6 | 6 | 60,90 |
| 400.9 | 10,40 | 9,100 | 6 | 6 | 62,40 |
| 400.10 | 10,75 | 9,410 | 6 | 6 | 64,50 |
| 400.11 | 10,90 | 9,580 | 6 | 6 | 65,40 |
| 400.12 | 11,10 | 9,750 | 6 | 6 | 66,60 |
| Summe L / current meter = | | | | | 702,6 |

Pos.500 Ø25 - s=22cm - lo=85cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 500.1 | 8,25 | 4,700 | 4 | 8 | 66,00 |
| 500.2 | 8,65 | 4,940 | 4 | 8 | 69,20 |
| 500.3 | 8,95 | 5,140 | 4 | 8 | 71,60 |
| 500.4 | 9,30 | 5,360 | 4 | 8 | 74,40 |
| 500.5 | 9,65 | 5,580 | 4 | 8 | 77,20 |
| 500.6 | 10,00 | 5,800 | 4 | 8 | 80,00 |
| 500.7 | 10,35 | 6,020 | 4 | 8 | 82,80 |
| 500.8 | 10,70 | 6,240 | 4 | 8 | 85,60 |
| 500.9 | 9,00 | 6,460 | 5 | 10 | 90,00 |
| 500.10 | 9,25 | 6,680 | 5 | 10 | 92,50 |
| 500.11 | 9,45 | 6,840 | 5 | 10 | 94,50 |
| 500.12 | 9,80 | 7,120 | 5 | 10 | 98,00 |
| Summe L / current meter = | | | | | 981,8 |

Pos.600 Ø25 - s=22cm - lo=85cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 600.1 | 5,85 | 2,380 | 3 | 6 | 35,10 |
| 600.2 | 6,15 | 2,510 | 3 | 6 | 36,90 |
| 600.3 | 6,45 | 2,660 | 3 | 6 | 38,70 |
| 600.4 | 7,05 | 2,950 | 3 | 6 | 42,30 |
| 600.5 | 7,35 | 3,100 | 3 | 6 | 44,10 |
| 600.6 | 7,65 | 3,230 | 3 | 6 | 45,90 |
| 600.7 | 8,40 | 3,590 | 3 | 6 | 50,40 |
| 600.8 | 6,80 | 3,760 | 4 | 8 | 54,40 |
| 600.9 | 7,20 | 4,030 | 4 | 8 | 57,60 |
| 600.10 | 7,55 | 4,250 | 4 | 8 | 60,40 |
| 600.11 | 7,90 | 4,470 | 4 | 8 | 63,20 |
| Summe L / current meter = | | | | | 529,0 |

Pos.700 Ø25 - s=88cm - lo=85cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 700.1 | 10,95 | 8,000 | 5 | 5 | 54,75 |
| 700.2 | 10,15 | 8,880 | 6 | 6 | 60,90 |
| 700.3 | 9,65 | 9,760 | 7 | 7 | 67,55 |
| Summe L / current meter = | | | | | 183,2 |

Pos.800 Ø25 - s=44cm - lo=85cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 800.1 | 5,85 | 2,380 | 3 | 3 | 17,55 |
| 800.2 | 6,45 | 2,660 | 3 | 3 | 19,35 |
| 800.3 | 7,65 | 3,230 | 3 | 3 | 22,95 |
| 800.4 | 8,40 | 3,590 | 3 | 3 | 25,20 |
| 800.5 | 7,20 | 4,030 | 4 | 4 | 28,80 |
| 800.6 | 7,90 | 4,470 | 4 | 4 | 31,60 |
| Summe L / current meter = | | | | | 145,5 |

Pos.900 Ø16 - s=22cm - lo=60cm

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 900.1 | 5,60 | 2,380 | 3 | 3 | 16,80 |
| 900.2 | 5,90 | 2,510 | 3 | 3 | 17,70 |
| 900.3 | 6,20 | 2,660 | 3 | 3 | 18,60 |
| 900.4 | 6,80 | 2,950 | 3 | 3 | 20,40 |
| 900.5 | 7,25 | 3,160 | 3 | 3 | 21,75 |
| 900.6 | 7,70 | 3,380 | 3 | 3 | 23,10 |
| 900.7 | 8,15 | 3,590 | 3 | 3 | 24,45 |
| 900.8 | 6,55 | 3,760 | 4 | 4 | 26,20 |
| 900.9 | 6,95 | 4,030 | 4 | 4 | 27,80 |
| 900.10 | 7,30 | 4,250 | 4 | 4 | 29,20 |
| 900.11 | 7,65 | 4,470 | 4 | 4 | 30,60 |
| 900.12 | 7,85 | 4,590 | 4 | 4 | 31,40 |
| 900.13 | 8,05 | 4,720 | 4 | 4 | 32,20 |
| Summe L / current meter = | | | | | 320,2 |

Pos.910 Ø16 - s=25cm - lo=75cm

| Nr. | Einzellänge length | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 910 | 5,60 | 2,300 | 3 | 15 | 84,0 |
| Summe L / current meter = | | | | | 84,0 |

Pos.940 Ø10 - lo=60cm - Montage

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 940.1 | 8,45 | 4,980 | 4 | 4 | 33,80 |
| 940.2 | 9,80 | 5,830 | 4 | 4 | 39,20 |
| 940.3 | 11,10 | 6,680 | 4 | 4 | 44,40 |
| 940.4 | 9,75 | 7,280 | 5 | 5 | 48,75 |
| 940.5 | 10,40 | 7,780 | 5 | 5 | 52,00 |
| 940.6 | 11,15 | 8,380 | 5 | 5 | 55,75 |
| 940.7 | 11,80 | 8,880 | 5 | 5 | 59,00 |
| 940.8 | 10,45 | 8,380 | 6 | 6 | 62,70 |
| Summe L / current meter = | | | | | 395,6 |

Pos.950 Ø10 - lo=60cm - Montage

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 950.1 | 6,90 | 4,000 | 4 | 16 | 110,40 |
| 950.2 | 7,35 | 4,270 | 4 | 4 | 29,40 |
| 950.3 | 7,40 | 4,320 | 4 | 4 | 29,60 |
| Summe L / current meter = | | | | | 169,4 |

Pos.960 Ø10 - lo=60cm - Montage

| Nr. | Einzellänge A length A | Radius Radius | Stückzahl Number of items | | Gesamtlänge total length |
|---|---|---|---|---|---|
| | (m) | (m) | pro Ring | ges. | (m) |
| 960.1 | 5,85 | 2,500 | 3 | 3 | 17,55 |
| 960.2 | 6,65 | 2,880 | 3 | 6 | 39,96 |
| Summe L / current meter = | | | | | 57,5 |

M.M. = Montagebewehrung / erection reinforcement

Stöße sind umlaufend örtlich zu versetzen >1.3 ls/ change arrangements circumferentially > 1.3 ls

Anteil der versetzten Stöße ≤33% nach DIN EN 1992-1-1, Tabll.3DE / percentage of displaced arrangements ≤33% acc. to DIN EN 1992-1-1, Tabll.3DE

Übergreifungsstoß ($l_0$) siehe Positionstabelle / overlappings length ($l_0$) see table position

Rippenstreckmetall / ribbed expanded metal 035 oder gleichwertiges Material / or equivalent material:

| | |
|---|---|
| Leistungserklärung / declaration of performance: | Catnic GmbH: 035 P935 |
| Materialstärke / material thickness: | 0.25 - 0.30 mm |
| Werkstoff / material: | verzinktes Stahlblech / galvanized steel sheet |
| Tafelgröße / board size: | 2500 x 600 mm |

Alternativ oder gleichwertig / alternative or equivalent:

| | |
|---|---|
| Leistungserklärung / declaration of performance: | rectotel Streckmetallfalte / Expanded metal board |
| Materialstärke / material thickness: | 0.7 - 1.5 mm |
| Werkstoff / material: | Feinstmaschiges gewelztes Steckmetall / Fine-mesh rolled expanded metal |
| Tafelgröße / board size: | 2250 x 1500 mm |

Der Fundamentboden ist zwischen den Streckmetallbahnen in Abschnitten mit maximal 20 cm Rißbr.gleichmäßig zu betonieren. Nur so ist gewährleistet, dass keine vertikale Fuge durch das Streckmetall entsteht. /

The foundation body is to be concreted evenly between the ribbed expanded metal sows in sections with a maximum height of 20 cm. This is the only way to ensure that no vertical joint is crated by the ribbed expanded metal.

(Catnic GmbH: 035 P935)

(rectel: EH40/4 rectotal)

Übergreifungsstoßlänge / overlapping length

Stahlliste / Steel schedule

| Pos. | Anzahl/ Number gesamt/ total | Ø | Länge/ Lenght (m) | Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Ø10 | Ø12 | Ø16 | Ø20 | Ø25 |
| 1 | 176 | 16 | 2.70 | | | 475.20 | | |
| 2 | 220 | 25 | 7.50 | | | | | 1650.00 |
| 3 | 44 | 25 | 6.30 | | | | | 277.20 |
| 4 | 88 | 25 | 3.85 | | | | | 338.80 |
| 5 | 88 | 25 | 3.05 | | | | | 268.40 |
| 6 | 88 | 25 | 2.20 | | | | | 193.60 |
| 7 | 88 | 12 | 6.30 | | 554.40 | | | |
| 8 | 88 | 25 | 5.20 | | | | | 457.60 |
| 9 | 88 | 20 | 5.40 | | | | 475.20 | |
| 10 | 110 | 25 | 7.15 | | | | | 786.50 |
| 11 | 154 | 12 | 6.50 | | 1001.00 | | | |
| 12 | 11 | 25 | 2.25 | | | | | 24.75 |
| 13 | 66 | 25 | 2.90 | | | | | 191.40 |
| 14 | 88 | 25 | 4.15 | | | | | 365.20 |
| 15 | 88 | 25 | 4.25 | | | | | 374.00 |
| 16 | 88 | 25 | 3.00 | | | | | 264.00 |
| 17 | 88 | 25 | 1.80 | | | | | 158.40 |
| 18 | 176 | 12 | 1.50 | | 264.00 | | | |
| 20 | 88 | 12 | 1.55 | | 136.40 | | | |
| 30 | 22 | 16 | 1.93 | | | 42.46 | | |
| 31 | 22 | 25 | 7.09 | | | | | 155.98 |
| 32 | 44 | 25 | 4.69 | | | | | 206.36 |
| 33 | 44 | 25 | 4.23 | | | | | 186.12 |
| 34 | 44 | 25 | 3.77 | | | | | 165.88 |
| 35 | 44 | 20 | 3.45 | | | | 151.80 | |
| 36 | 44 | 20 | 3.19 | | | | 140.36 | |
| 37 | 44 | 20 | 2.85 | | | | 125.40 | |
| 38 | 44 | 20 | 2.59 | | | | 113.96 | |
| 39 | 44 | 16 | 2.31 | | | 101.64 | | |
| 40 | 8 | 12 | ltdM | | 189.30 | | | |
| 50 | 14 | 16 | ltdM | | | 235.20 | | |
| 60 | 8 | 25 | ltdM | | | | | 259.20 |
| 70 | 3 | 16 | ltdM | | | 198.90 | | |
| 80 | 20 | 25 | ltdM | | | | | 516.00 |
| 90 | 6 | 25 | ltdM | | | | | 154.00 |
| 100 | 13 | 16 | ltdM | | | 515.40 | | |
| 200 | 13 | 12 | ltdM | | 741.30 | | | |
| 300 | 7 | 25 | ltdM | | | | | 353.50 |
| 400 | 12 | 25 | ltdM | | | | | 702.60 |
| 500 | 24 | 25 | ltdM | | | | | 981.80 |
| 600 | 22 | 25 | ltdM | | | | | 529.00 |
| 700 | 3 | 25 | ltdM | | | | | 183.20 |
| 800 | 6 | 25 | ltdM | | | | | 145.50 |
| 900 | 13 | 16 | ltdM | | | 320.20 | | |
| 910 | 5 | 16 | ltdM | | | 84.00 | | |
| 940 | 8 | 10 | ltdM | 395.60 | | | | |
| 950 | 6 | 10 | ltdM | 169.40 | | | | |
| 960 | 3 | 10 | ltdM | 57.50 | | | | |
| Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m) | | | | 622.50 | 2886.40 | 1973.00 | 1006.72 | 9888.99 |
| Gewicht/ Mass (kg/m) | | | | 0.617 | 0.888 | 1.580 | 2.470 | 3.850 |
| Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg) | | | | 384.08 | 2563.12 | 3117.34 | 2486.60 | 38072.61 |
| Total (kg) | | | | | | 46623.75 | | |

Stückliste / Steel schedule

Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1 specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

Kreisfundament / circle foundation

| Bauteil/ element | Beton/ concrete | Betonstahlsorte/ reinforcement steel | Überwachungsklasse/ monitoring class | Feuchtigkeitsklasse/ humidity class | Betonmenge/ concrete quantity (m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Fundament / Foundation | C35/45 | B 500B | ÜK2 | WF | 569.11 |
| Expositionsklasse/ exposure class | außen / external: XC4,XF1,XA1 | | innen / internal: XC3 | | --- |

Betondeckung / concrete cover

| | | | |
|---|---|---|---|
| Vorhaltemaß / allowance | | Δ cdev | 15 mm |
| Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage / nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer | c... | innen / internal | 40 mm |
| | | außen / outside | 50 mm |
| | | seitlich / sideways | 50 mm |

Besondere Anforderungen / special requirements

| | |
|---|---|
| Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs / nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the foundation basket | 16 mm |
| Größtkorn im mittleren Fundamentbereich / nominal value of maximum grain size aggregates in the other parts. | 32 mm |
| Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung / value of cement with low hydration heat | NW / (LH) |
| Konsistenzklasse im Bereich der Sicherstellung und des unteren Ankerrings/ Consistency class in the area of the bottom pit and the lower anchor ring | F4 / S4 |
| Konsistenzklasse im übrigen Fundament/ Consistency class in the rest of the foundation | F3 / S3 |
| Es ist langsam erhärtender Beton zu verwenden/ Slow hardening concrete is to be used | ntü3 |

Die DBV-Merkblätter "Betonüberdeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheets "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

Sauberkeitsschicht / blinding layer

| Bauteil/ element | Beton/ concrete | Betonstahlsorte/ reinforcement steel | Überwachungsklasse/ monitoring class | Feuchtigkeitsklasse/ humidity class | Betonmenge/ concrete quantity (m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| | C12/15 | --- | --- | --- | 31.92 |
| Expositionsklasse/ exposure class | außen / external: X0 | | innen / internal: X0 | | --- |

Besondere Anforderungen / special requirements

| | |
|---|---|
| --- | --- |
| --- | --- |

ENERCON-Spezifikationen / – Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen. ENERCON-specifications / – work instructions must be considered

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

| | |
|---|---|
| Detailplan/ Detailing drawing no.: | D0248337 |
| Bauteilzeichnung-No. (BSB) / Reinforcement drawing no. (BSB): | D0248328, D0248329 |
| Bauteilzeichnung-No. (BaBW) / Reinforcement drawing no. (BaBW): | D0248331, D0248332 |
| separate Stabstahlliste (BSB) / separate steel bar list BSB: | D0248330 |
| separate Stabstahlliste (BaBW) / separate steel bar list BaBW: | D0248333 |
| Typenblatt / Specification: | --- |
| Weitere Bemessung / design calculation: | E31-037 (BSB/BB, BW/BE) D0367816 |

| Nr. | Änderung/ Changes | Datum/ Date | Ges./ Freig. | Ges./ Bez. |
|---|---|---|---|---|
| 1.0 | Einarbeitung Anmerkungen TÜV Nord | 15.06.2022 | VV | PB |

Ersteller/ Author: 15.06.2022 VV PB

Prüfdatum/ Certification Date: Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung Nr.: T-7005/22-4 Rev. 0 vom 18. Nov. 2022

Turmtyp / Tower type: E-138 EP3 E3+HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content: Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament / Reinforcement drawing 1 cast-in-place foundation

Übergreifungsstoß / Flat foundation (ø):

Gezeichnet / Prepared: 09.02.2022 VV

Geprüft / Checked: 09.02.2022 PB

Freigaben /Approved: 09.02.2022 CG

Maßstab / scale: wie angezeigt / as shown

Plan-Nr. / plan no.: D0248328/1.0

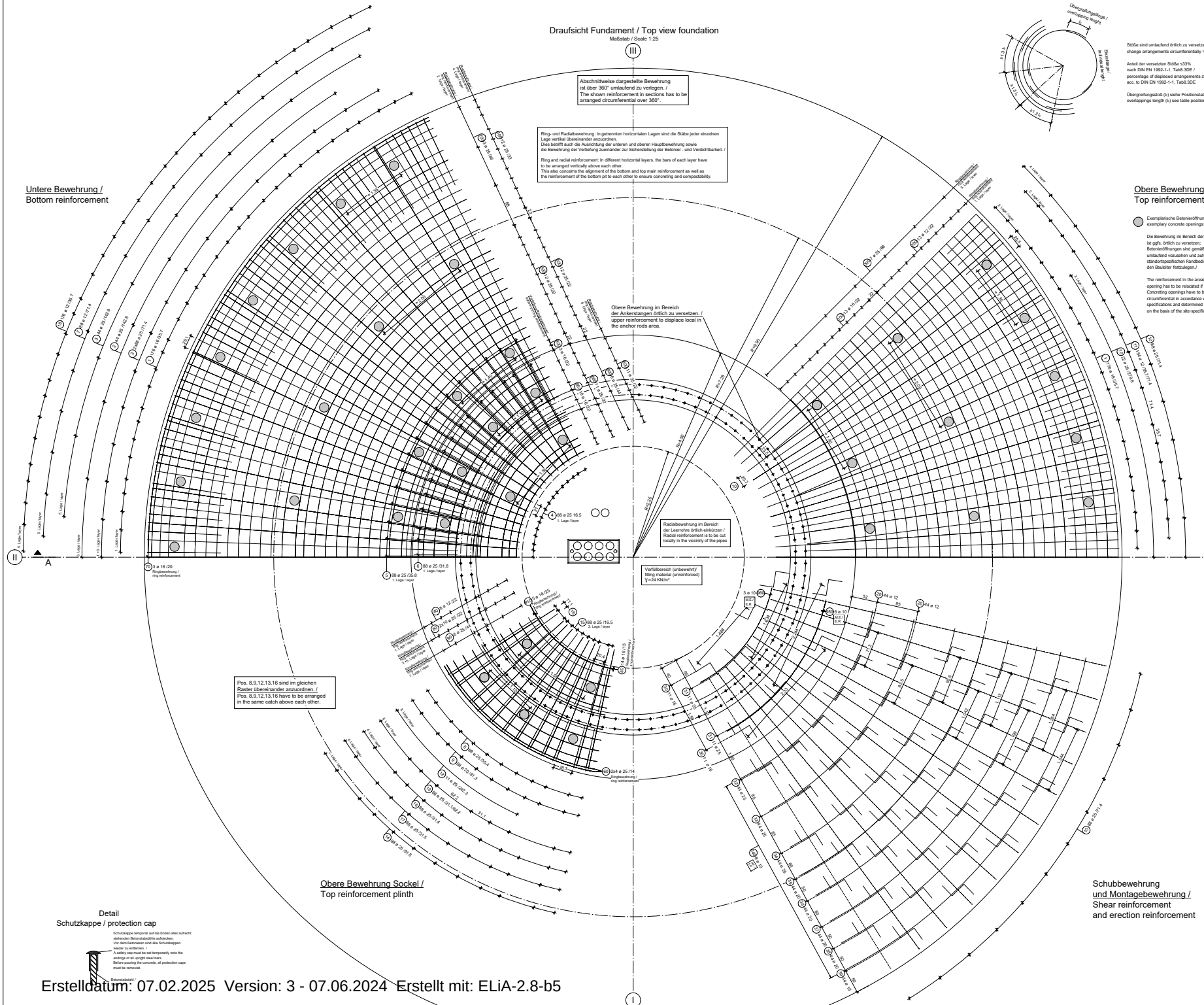
Blattgröße/Schriftfeld size: DIN A0

Projekt-Nr. / project number: E21-037 FT

Erstelldatum: 07.02.2025 Version: 3 - 07.06.2024 Erstellt mit: ELA 2.8-b5

# Draufsicht Fundament / Top view foundation

Maßstab / Scale 1:25




Übergreifungslänge / overlapping length

Einzelstab / individual bar

Stöße sind umlaufend örtlich zu versetzen >1.3 lo/ change arrangements circumferentially > 1.3 lo

Anteil der versetzten Stöße ≤33% nach DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE / percentage of displaced arrangements ≤33% acc. to DIN EN 1992-1-1, Tab8.3DE

Übergreifungsstoß (lo) siehe Positionstabelle / overlappings length (lo) see table position

Obere Bewehrung / Top reinforcement

Exemplarische Betonieröffnungen/ exemplary concrete openings:

Die Bewehrung im Bereich der Betonieröffnung ist ggfs. örtlich zu versetzen; Betonieröffnungen sind gemäß Vorgabe ENERCON umlaufend vorzusehen und aufgrund der standortspezifischen Randbedingungen durch den Bauleiter festzulegen./

The reinforcement in the areas of the concreting opening has to be relocated if necessary; Concreting openings have to be provided circumferential in accordance with ENERCON specifications and determined by the site manager on the basis of the site-specific boundary conditions.

Detail
Schutzkappe / protection cap

Schutzkappe temporär auf die Enden aller aufrecht stehenden Betonstabstähle aufstecken. Vor dem Betonieren sind alle Schutzkappen wieder zu entfernen. / A safety cap must be set temporarily onto the endings of all upright steel bars. Before pouring the concrete, all protection caps must be removed.

Betonstahlstab / reinforcement steel bar

Abkürzungen:
- Planungsgrundgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestbreite der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Gründung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betonbruchfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Die statischen Endbelastungsgrade des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
- Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentkonstruktik sind zu beachten.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier- und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen ist nur nach Freigabe durch den Tragwerksplaner zulässig.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonarbeit (D0161818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert fct,eff = 0,7*fctm für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.
- In Bereichen mit geringen Stababständen ist ein Rüttler mit kleinem Durchmesser (ca. 35-65mm) zu verwenden.

General:
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient concreting and vibrator openings must be provided.
- The concrete has to be placed by using inclination tubes or hoses (maximum drop height < 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
- The properties of the unset concrete, based on local conditions, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0161818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value fct,eff=0,7*fctm for an early constraint was used. This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.
- In areas with small bar spacing, use a small diameter concrete vibrator (approx. 35-65mm).

**Mindestwerte der Biegerollendurchmesser Dorn gemäß DIN EN 1992-1-1**
**minimum mandrel diameter Dorn according to DIN EN 1992-1-1**

| Winkelhaken (beidseitig) bent — | Kopf, Schlaufen (offenes Ende) bent, loop | Aufbiegung, Krümmungen bent-up, curvature | |
|---|---|---|---|
| Mittel (beidseitig) bent | Dorn/ bent: ≤ 16 Ø: ≥ 4 Ø; > 16 Ø: ≥ 7 Ø | | |
| | > 100 mm: unv. (und) ≥ 7 Ø; bei/at ≥ 10ø | ≤ 50 mm: unv. (und) ≥ 5 Ø; bei/at ≥ 15ø | ≤30 mm: unv. (ø) ≤ 5 Ø; bei/at ≥ 20ø |

Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1
specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

Kreisfundament
circle foundation

| Bauteil element | Beton concrete | Betonstahlsorte reinforcement steel | Überwachungsklasse monitoring class | Feuchtigkeitsklasse humidity class | Betonmenge concrete quantity (m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Fundament Foundation | C35/45 | B 500B | ÜK2 | WF | 569.11 |
| Expositionsklasse exposure class | außen / external: XC4,XF1,XA1 | | innen / internal: XC3 | | --- |

Betondeckung / concrete cover

| | | | |
|---|---|---|---|
| Vorhaltemaß / allowance | Δ cdev | | 15 mm |
| Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage / nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer | cmin | innen / internal | 40 mm |
| | | außen / outside | 50 mm |
| | | seitlich / sideways | 50 mm |

Besondere Anforderungen / special requirements

| | |
|---|---|
| Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs / nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the foundation basket | 16 mm |
| Größtkorn im mittleren Fundamentbereich / nominal value of maximum grain size aggregates in the other parts | 32 mm |
| Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung / value af cement with low hydration heat | NW / (LH) |
| Konsistenzklasse im Bereich der Schlverlellung und des unteren Ankerrings/ Consistency class in the area of the bottom pit and the lower anchor ring | F4 / S4 |
| Konsistenzklasse im übrigen Fundament/ Consistency class in the rest of the foundation | F3 / S3 |
| Es ist langsam erhärtender Beton zu verwenden/ Slow hardening concrete is to be used | ntb3 |

Die DBV-Merkblätter "Betonaufstellung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheets "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

Sauberkeitsschicht
blinding layer

| Bauteil element | Beton concrete | Betonstahlsorte reinforcement steel | Überwachungsklasse monitoring class | Feuchtigkeitsklasse humidity class | Betonmenge concrete quantity (m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| | C12/15 | --- | --- | --- | 31.92 |
| Expositionsklasse exposure class | außen / external: X0 | | innen / internal: X0 | | --- |

Besondere Anforderungen / special requirements

| | |
|---|---|
| --- | --- |
| --- | |
| --- | |

ENERCON-Spezifikationen / - Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen. ENERCON-specifications / - work instructions must be considered

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings
Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

| | |
|---|---|
| Detailplan Nr. / Detailing drawing no. | D0248327 |
| Bewehrungsplan Nr. (BOM) / Reinforcement drawing no. (BOM) | D0248328, D0248329 |
| Bewehrungsplan Nr. (BBS) / Reinforcement drawing no. (BBS) | D0248331, D0248332 |
| separat/ Gründ/Sock-BOM / separate steel list Gründ/Sock-BOM | D0248330 |
| separat/ Gründ/Sock-BBS / separate steel list Gründ/Sock-BBS | D0248333 |
| Leistbeton / Specification | |
| Statische Berechnung / design calculation | E31-037 (66098; 66099); D0067816 |

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Hegger + Partner

| Index | Änderung/ Changes | Datum/ Date | Ges./ Dwg. | Ges./ Rev. |
|---|---|---|---|---|
| 1.0 | Einarbeitung Anmerkungen TÜV Nord | 15.06.2022 | VV | PB |

Visto/ Note

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-4 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type
E-138 EP3 E3+HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content
Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament /
Reinforcement drawing 2 cast-in-place-foundation

| Fundamentfläche (Fgr) / Pad foundation (m²) | Gezeichnet / Prepared: | Geprüft / Checked: | Freigegeben / Approved: |
|---|---|---|---|
| | 09.02.2022 VV | 09.02.2022 PB | 09.02.2022 CG |
| Maßstab / scale: wie angezeigt / as shown | Plan-Nr. / plan no.: D0245832/9/1.0 | Blattgröße/Schreibmaß / size: DIN A0 | Projekt-Nr. / project number: E21-037 FF |

# Technisches Datenblatt
# Technical Data Sheet

## E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

## Flachgründung
## Flat Foundation

**WZ S GK II (DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012)**
**WK SA Normal Climate (IEC 61400-1, 4th Edition, 2019)**

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-4 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

ENERCON

Released: 2022-06-27 10:06

**Herausgeber**

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis**

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken**

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt**

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

**Publisher**

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany
Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109
E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Managing Directors: Dr. Jürgen Zeschky, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411
VAT ID no.: DE 181 977 360

**Copyright notice**

The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.

ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.

The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.

If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.

**Registered trademarks**

Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.

**Reservation of right of modification**

ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2022-06-27 10:06

### Dokumentinformation / Document details

| | |
|---|---|
| **Dokument-ID**<br>Document ID | D02457817-2.0 |
| **Vermerk**<br>Note | Originaldokument<br>Original document |

| **Datum**<br>Date | **Sprache**<br>Language | **DCC** | **Werk / Abteilung**<br>Plant / Department |
|---|---|---|---|
| 2022-03-01 | de;en | DA | WRD / Türme und Fundamente<br>WRD / Towers and Foundations |

### Ergänzende Angaben / Additional notes

| **Angaben zum Original (ger;eng)**<br>**Original document details** | | **Angaben zur Übersetzung (--)**<br>**Translation details** | |
|---|---|---|---|
| Erstellt/Datum:<br>Created/Date: | Büttgenbach (H+P Ingenieure GmbH) /<br>2022-03-01 | Übersetzt/Datum:<br>Translated/Date: | |
| Geprüft/Datum:<br>Checked/Date: | Axmacher (H+P Ingenieure GmbH) /<br>2022-03-01 | Geprüft/Datum:<br>Checked/Date: | |

### Revisionen / Revisions

| Rev. | Datum/Date | Änderung/Change | Erstellt/Created |
|---|---|---|---|
| 0.0 | 2022-03-01 | Dokument erstellt (Vorabzug)<br>Document created (preliminary) | H+P |
| 1.0 | 2022-06-15 | Stahlgewicht nach TÜV-Prüfung angepasst | H+P |
| 2.0 | 2022-06-24 | Allgemeine Anpassungen / General adjustments | H+P |
| | | | |

Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert.
Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.

This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered.
The recipient will not be automatically notified about any amendments.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

# 1 Allgemeine Angaben / General information

| | | |
|---|---|---|
| Statische Berechnung | H+P Ingenieure GmbH | *Structural analysis* |
| Flachgründung | Ø 19,80 m | *Flat foundation* |
| Dokument ID | D02457816 | *Document ID* |

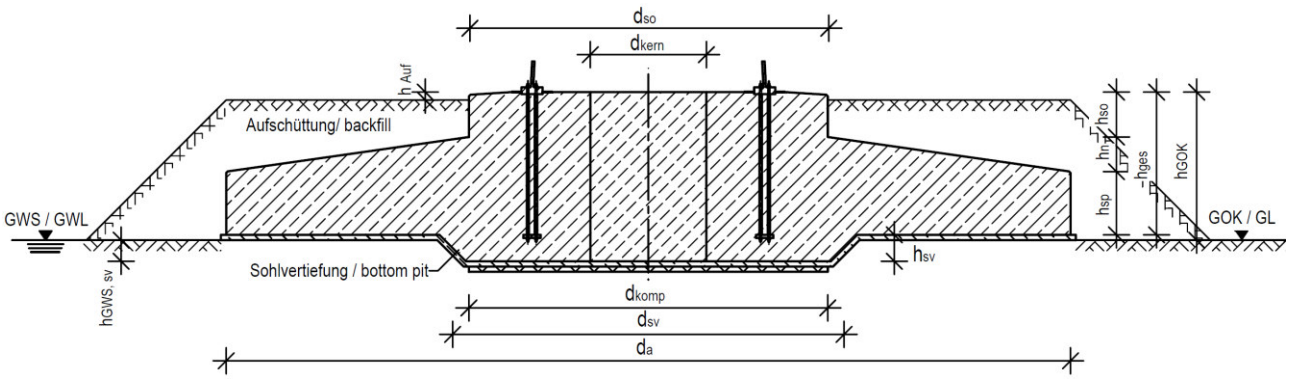
PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT



Released: 2022-06-27 10:06

## 2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Außendurchmesser** | $d_a$ | 19,80 | m | ***Outer diameter*** |
| **Sockeldurchmesser** | $d_{so}$ | 9,00 | m | ***Base diameter*** |
| **Durchmesser Fundamentkern** | $d_{kern}$ | 4,50 | m | ***Diameter of foundation core*** |
| **Durchmesser kompressible Einlage** | $d_{komp}$ | 9,00 | m | ***Compressible layer diameter*** |
| **Fundamenthöhe** | $h_{ges}$ | 2,90 | m | ***Foundation height*** |
| **Sockelhöhe** | $h_{so}$ | 0,65 | m | ***Base height*** |
| **Höhe Spornneigung** | $h_n$ | 1,45 | m | ***Spur incline height*** |
| **Spornhöhe** | $h_{sp}$ | 0,80 | m | ***Spur height*** |
| **Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung** | $d_{sv}$ | 9,50 | m | ***Average diameter of bottom pit*** |
| **Höhe Sohlvertiefung** | $h_{sv}$ | 0,50 | m | ***Height of bottom pit*** |
| **Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung** | $h_{Auf}$ | 0,15 | m | ***Height from top of foundation to top of backfill*** |
| **Höhe OK Fundament bis OK Gelände** | $h_{GOK}$ | 3,00 | m | ***Height from top of foundation to ground level*** |
| **Einbindetiefe** | $h_{eb}$ | 0,00 | m | ***Embedment depth*** |
| **Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über Sohlvertiefung** | $h_{GWS,sv}$ | 0,40 | m | ***Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit*** |
| **Fundamentvariante DIBt: Betongüte und Volumen** | C 35/45 | 569,1 | m³ | ***Foundation option DIBt: Concrete quality and volume*** |
| **Stahlgewicht** | B 500B | 46,6 | t | ***Steel weight*** |
| **Fundamentvariante IEC: Betongüte und Volumen** | C 35/45 | 569,1 | m³ | ***Foundation option IEC: Concrete quality and volume*** |
| **Stahlgewicht** | B 400B | 48,5 | t | ***Steel weight*** |




© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2022-06-27 10:06

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

# 3 Baugrund-Mindestdrehfedersteifigkeit Subsoil minimum rotational spring stiffness

Die folgenden Mindestwerte für die Drehfedersteifigkeit müssen vom Baugrund eingehalten werden:

*The following minimum values for the rotational spring stiffness must be satisfied by the subsoil:*

| | | |
|---|---|---|
| **Statische Drehfeder** | **$k_{\varphi,stat,subsoil}$ = 18750 MNm/rad** | ***Static rotational spring*** |
| **Dynamische Drehfeder** | **$k_{\varphi,dyn,subsoil}$ = 150000 MNm/rad** | ***Dynamic rotational spring*** |

Die angegebene Werte sind durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified values must be confirmed by a geotechnical expert.*

# 4 Zulässige Setzungen / Permissible settlements

Maximal zulässige Differenzsetzung und Gesamtsetzung in 25 Jahren, bezogen auf den Außendurchmesser:

*Maximum permissible differential settlement and total settlement within 25 years, related to the outer foundation diameter:*

| | | |
|---|---|---|
| **Differenzsetzung (Schiefstellung)** | **$\Delta s \leq 3$ mm/m** | ***Differential settlement (misalignment)*** |
| **Gesamtsetzung** | **$s_{ges.} \leq 3$ mm/m** | ***Total settlement*** |

# 5 Bodenpressung / Soil bearing pressure

Der anstehende Baugrund muss mindestens folgende Bodenpressung aufnehmen können:

*The in-situ subsoil must be able to bear at least the following soil pressure:*

| | | |
|---|---|---|
| **Kantenpressung** | **max $\sigma_k$ = 280 kN/m²** | ***Edge pressure*** |

Der angegebene Wert ist durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified value must be confirmed by a geotechnical expert.*

# 6 Sohlreibungswinkel / Angle of internal friction

Mindestreibungswinkel des Baugrundes unterhalb des Gründungskörpers:

*Minimum friction angle of the subsoil below the foundation body:*

**$\phi$ = 20°**

Der angegebene Wert ist durch einen Baugrundgutachter zu bestätigen.

*The specified value must be confirmed by a geotechnical expert.*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2022-06-27 10:06

# 7 Lasten an Fundamentunterkante / Loads at foundation bottom edge

Die hier angegebenen $F_Z$-Lasten enthalten ein Fundamentwichte $\gamma$ = 25 kN/m³ sowie eine Bodenwichte $\gamma$ = 16 kN/m³ für die Aufschüttung.

*The $F_Z$ loads specified here include a dead unit weight of foundation $\gamma$ = 25 kN/m³ and a soil unit weight $\gamma$ = 16 kN/m³ for the backfill.*

## Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

| **Lastfall** *Load case* | **($\gamma_{G,min}$/$\gamma_{G,max}$)** | **$F_{XY}$ in kN** | **$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$M_{XY}$ in kNm** | **$M_Z$ in kNm** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **NTM DLC D.3** | (1.00/1.00) | 690 | -25527 | -24502 | 71201 | 3400 |
| **N / T / DLC 8.2** | (1.00/1.00) | 940 | -25527 | -24502 | 99676 | -9150 |
| **N / A / T** | (1.00/1.00) | 1130 | -25527 | -24502 | 116477 | -9950 |
| **DLC 8.1/8.2/8.3** | (1.00/1.00) | 730 | -20484 | -19490 | 77717 | 4900 |

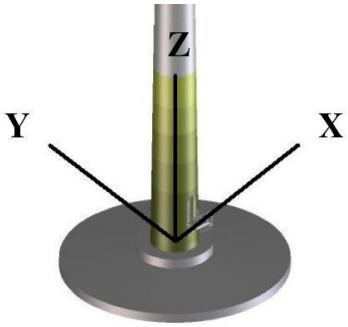
alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_F$ = 1,00)

*Loads do not include partial safety factors ($\gamma_F$ = 1.00)*

$F_Z$ ständige Lasten
$F_{XY}/M_{XY}/M_Z$ veränderliche Lasten

*$F_Z$ permanent loads*
*$F_{XY}/M_{XY}/M_Z$ variable loads*

# 8 Koordinatensystem / Coordinate system




© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Released: 2022-06-27 10:06

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

**TÜV NORD CERT GmbH**
Prüfamt für Baustatik von Windenergieanlagen
gem. RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Verkehr v. 23.1.2006 - VI A 2 - 111 -

# Prüfbescheid zur Typenprüfung

## Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

## - Flachgründung, D=20,10 m -

| | |
|---|---|
| **Prüfbescheid Nr.:** | T-7005/22-2 Rev. 0 |
| **Gegenstand der Prüfung:** | Standsicherheit der Flachgründung für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) |
| **Anlagenhersteller (Antragsteller):** | ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |
| **Dokumentation:** | H+P Ingenieure GmbH<br>Kackertstraße 10<br>52072 Aachen<br>Deutschland<br><br>ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |
| **Geltungsdauer bis:** | 30.11.2027 |

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet. Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Prüfbescheid umfasst 10 Seiten und 4 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

| Revision | Datum | Änderungen |
|---|---|---|
| 0 | 18.11.2022 | Erstausgabe |

## Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen ....3
1 Dokumente ....3
1.1 Geprüfte Dokumente ....3
1.2 Dazugehörige Dokumente ....4
2 Prüfgrundlagen ....5
3 Einleitung ....6
4 Beschreibung ....6
4.1 Fundament ....6
4.2 Lastannahmen ....6
4.3 Baustoffe ....7
5 Prüfung ....7
5.1 Umfang und Methodik ....7
5.2 Anmerkungen zur Prüfung ....8
5.3 Ergebnisse ....8
5.4 Schnittstellen ....8
6 Auflagen ....9
7 Zusammenfassung ....10

# 0 Allgemeine Bestimmungen

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung beinhaltet als Ergänzung zum Prüfbescheid [1.2.1] die Flachgründung des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01.

Es gelten die Allgemeinen Bestimmungen des Prüfbescheids [1.2.1].

# 1 Dokumente

## 1.1 Geprüfte Dokumente

### Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„STATISCHE BERECHNUNG FLACHGRÜNDUNG E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Projekt: E21-026“,
Dokument-Nr.: D02190566, Rev. 1.0, Datum: 22.11.2021

### Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-026 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02458324, Rev. 2.0, Datum: 17.01.2022

[1.1.3] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-026 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02421770, Rev. 2.0, Datum: 17.01.2022

[1.1.4] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament Flachgründung (Fg) Projekt-Nr.: E21-026 Ff“,
Zeichnungs-Nr.: D02421771, Rev. 2.0, Datum: 17.01.2022

Spezifikationen

[1.1.5] ENERCON GmbH:
„Technisches Datenblatt E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Flachgründung WZ S GKII (DIBt, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D02393170, Rev. 4, Datum: 27.01.2022

## 1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbescheid zur Typenprüfung Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, DIBt Windzone S, Geländekategorie S - Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 -“,
Prüfbescheid Nr.: T-7005/22-1 Rev. 0, Datum: 18.11.2022

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D02378600, Rev. 2.2, Datum: 29.07.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02402550, Rev. 2.1, Datum: 29.07.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentkorb“,
Zeichnungs-Nr.: D02434516, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

[1.2.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Spannanweisung Fundamentkorb ENERCON E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Fundamentkorb“,
Dokument-Nr.: D02437082, Rev. 1.1, Datum: 30.05.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Hinweise zur Bauausführung Turmtypen: E-XX EX/XX/XX/XX/XX & E-XX EX/XX/XX/XX/XX Für alle Fundamenttypen“,
Dokument-Nr.: D0748193, Rev. 0a, Datum: 12.09.2018

[1.2.7] ENERCON GmbH:
„Materialspezifikation Betonstahl“,
Dokument-Nr.: D0181818, Rev. 2, Datum: 22.05.2017

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D II Rev. 0, Datum: 14.11.2022

## 2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung, 03.2015

[2.2] DIN EN 61400-1:2011-08:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.3] DIN EN 1992-1-1:2011-01 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2009-09 + DIN EN 1997-1/NA:2010-12:
„Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“

[2.5] DIN 1054:2010-12 + A1:2012-08 + A2:2015-11:
„Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“

[2.6] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

[2.7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIB Model Code 1990“, DAfStb Heft 439, 1994

[2.8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, DAfStb Heft 600, 2012

[2.9] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Massige Bauteile aus Beton“, 2010-04

# 3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung einer Flachgründung, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) ausgelegt wurde.

# 4 Beschreibung

## 4.1 Fundament

Das Fundament dient zur Aufnahme des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 20,10 m auf.

Unterhalb des Sockels befindet sich eine 50 cm dicke Fundamentvertiefung. Die Gesamthöhe des Sockels inkl. der Vertiefung beträgt 3,40 m. Die Fundamentsohle, bzw. die Oberkante der Fundamentvertiefung, liegt wegen der Sauberkeitsschicht 10 cm über der Oberkante des umgebenden Geländes.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Weitere Details können dem Schalplan [1.1.2] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.5] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

| Nr. | WEA Bezeichnung | Nabenhöhe | Max. Nennleistung | Rotorblatt | Windzone (DIBt 2012) | Geländekategorie | Fundamentnachweise |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E-138 EP3 E3 | 110,396 m | 4260 kW | E-138 EP3-RB-02 | WZ S | GK S | [1.1.1] |

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfiguration für Fundamentnachweise

## 4.2 Lastannahmen

Die angesetzten Turmfußlasten decken folgende Konfiguration ab und sind in den aufgelisteten Dokumenten spezifiziert und geprüft worden:

| Nr. | WEA Bezeichnung | Nabenhöhe | Max. Nennleistung | Rotorblatt | Windzone (DIBt 2012) | Geländekategorie | spezifiziert in | geprüft in |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E-138 EP3 E3 | 110,396 m | 4260 kW | E-138 EP3-RB-02 | WZ S | GK S | [1.2.2] | [1.2.1] |

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslebensdauer beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden berücksichtigt (s. [1.2.1]).

Zur Erfassung von Herstellungs- und Montageungenauigkeiten, Einflüssen aus einseitiger Sonneneinstrahlung und ungleichmäßiger Fundamentsetzung wurde eine Schiefstellung der Turmachse von 8 mm/m angenommen.

Eine Erhöhung der Turmfußmomente durch den Einfluss der statischen Bodendrehfeder $k_{\varphi,stat}$ = 18 750 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die dynamische Bodendrehfeder wurde mit $k_{\varphi,dyn}$ = 150 000 MNm/rad angesetzt.

Verkehrslasten im Bereich der Erdaufschüttung auf der Fundamentplatte wurden nicht berücksichtigt.

Das Fundament wurde mit und ohne Belastung aus Auftrieb berechnet. In der statischen Berechnung wurde angenommen, dass der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser 3,00 m unter der Oberkante des Fundamentsockels und somit auf Höhe des umgebenden Geländes liegt.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.3] bis [1.2.5] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

### 4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Spezifikation [1.2.7] entnommen werden.

| | | |
|---|---|---|
| Fundamentplatte: | C35/45 | DIN EN 206-1, DIN 1045-2 |
| Betonstahl: | B500 | DIN 488 |

## 5 Prüfung

### 5.1 Umfang und Methodik

Die Standsicherheitsnachweise (Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit) wurden in der eingereichten statischen Berechnung geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Windenergieanlage, der Turm und die Fundamente und wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.9] kann für die dort unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst das Fundament sowie die Beton- und Bewehrungsnachweise im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, die Stahlbauteile des Ankerkorbs und die geotechnischen Nachweise sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Der Hybrid-Stahlturm und die Stahlbauteile des Ankerkorbs wurden in [1.2.1] geprüft.

Bei der Berechnung des Fundaments wurde die im Schalplan [1.1.2] dargestellte, optionale Arbeitsfuge berücksichtigt.

Die Bewertung verbleibender Restsicherheiten ist nicht Bestandteil der Prüfung.

## 5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Allgemeines

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) berücksichtigt.

Die unter 1.1 aufgeführten Unterlagen sind mit einem TÜV NORD Stempel versehen.

Fundament

Eine Mindestbewehrung zur Sicherstellung eines duktilen Bauteilverhaltens wurde nicht berücksichtigt. Es wird vorausgesetzt, dass ein duktiles Bauteilverhalten durch Umlagerung des Sohldrucks bzw. des Erddrucks sichergestellt werden kann.

## 5.3 Ergebnisse

Die geprüften Standsicherheitsnachweise sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

## 5.4 Schnittstellen

Turm

5.4.1 Es wurde überprüft, ob das Fundament die im Prüfbescheid [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

5.4.2 Es wurde geprüft, ob die für die Beton- und Bewehrungsnachweise im Lasteinleitungsbereich angesetzten Geometrien mit den in [1.2.4] dargestellten Ankerkorb-Geometrien übereinstimmen.

Geotechnische Nachweise

5.4.3 Alle geotechnischen Nachweise inklusive der nachfolgend aufgeführten Anforderungen an den Baugrund sind durch einen Gutachter für Geotechnik für den jeweiligen Gründungsbereich nachzuweisen.

5.4.4 Der Baugrund muss die in [1.1.5] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.5 Hinsichtlich der Vorspannung der Ankerbolzen gelten die Anforderungen des Prüfbescheids [1.2.1].

5.4.6 Zusätzlich zum Endzustand wurde der Montagezustand des Turms (Lastfall-Gruppe DLC 8.1/8.2/8.3) mit Gondel und Rotor vor der Aufbringung der verdichteten Bodenaufschüttung nachgewiesen (s. [1.1.2]).Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

5.4.7 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.Etwaige Schäden an den in Betrieb genommenen Windenergieanlagen, wie z.B. unzulässige Risse, und daraus abgeleitete Reparatur- bzw. Sanierungsmaßnahmen sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen.

Weiterbetrieb

5.4.9 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

# 6 Auflagen

Allgemeines

6.1 Die Anforderungen der in dem jeweiligen Bundesland geltenden Landesbauordnung sind zu beachten.

6.2 Alle Bescheinigungen und Protokolle sind vom Betreiber aufzubewahren und müssen auf Verlangen bei der zuständigen Baubehörde vorgelegt werden.

Fundament

6.3 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670, der DIN 1045-3 und der Spezifikation [1.2.6] zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.4 Wegen der großen Abmessungen des Fundaments ist zur Vermeidung schädlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindwirkungen ein Betontechnologe hinzuzuziehen. Die Betongüten sind durch Betonprüfzeugnisse der Lieferfirmen nachzuweisen. Auf die Einhaltung der geforderten Betondeckung sowie auf die fachgerechte Verlegung der Bewehrung ist zu achten. Bei Bauteilen des Gründungskörpers, die höchstens einen halben Meter in das Erdreich hineinreichen, wurde die rechnerische Rissbreite auf 0,2 mm begrenzt, bei allen übrigen Bauteilen des Gründungskörpers auf 0,3 mm. Sollten nach dem Aushärten des Betons unzulässig breite Risse festgestellt werden, sind diese fachgerecht zu sanieren.

Anforderungen an den Baugrund

6.5 Die Drehfedersteifigkeit des Fundaments hängt von den Bodenkennwerten ab und ist für jeden Standort zu bestätigen.

# 7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllt die hier geprüfte Flachgründung die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Der Prüfbescheid zur Typenprüfung gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführte Windenergieanlagenkonfiguration.

Alle relevanten Schnittstellen (Turm/Fundament) wurden überprüft.

Statisch relevante, konstruktive Änderungen am Fundament sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert dieser Prüfbescheid seine Gültigkeit.

Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Leiter

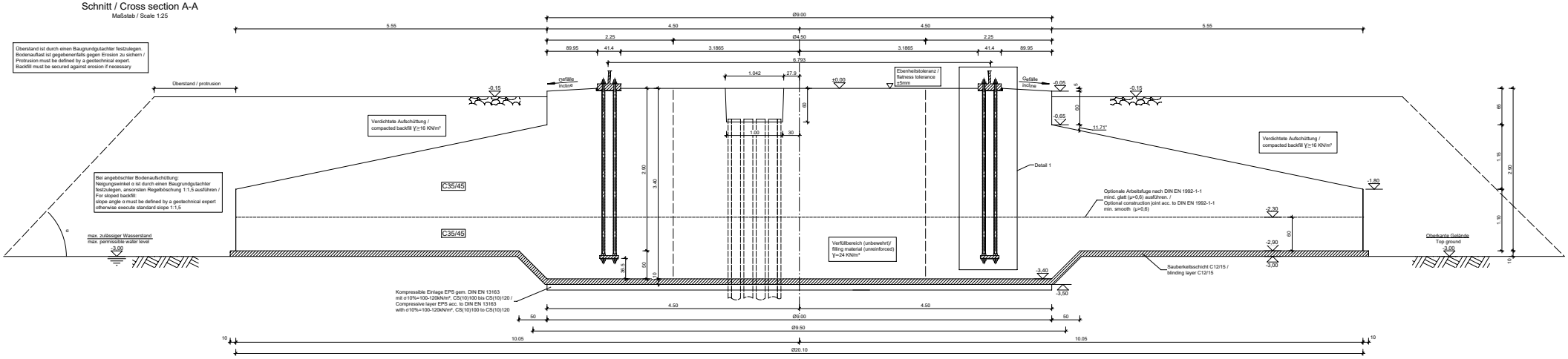
Dipl.-Ing. T. Krause

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN TÜV NORD CERT

An der Prüfung beteiligt:
B.Eng. / M.Sc. P. Roycroft
Dipl.-Ing. (FH) / M.Sc. U. Lingslebe

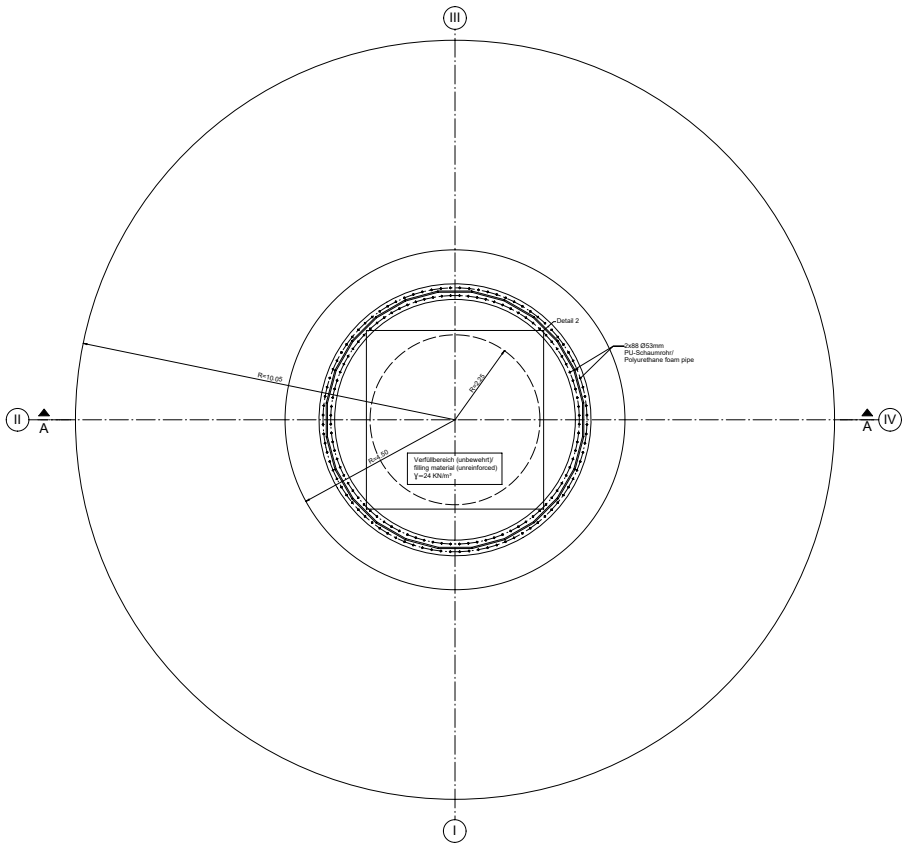
## Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25




## Draufsicht Fundament / Top view foundation

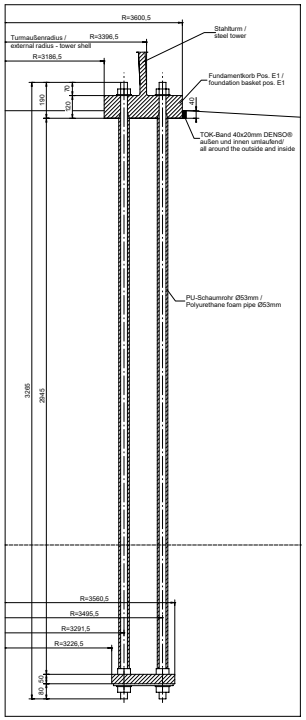
Maßstab / Scale 1:50




## Detail 1

Maßstab / Scale 1:10

Angaben in [mm]



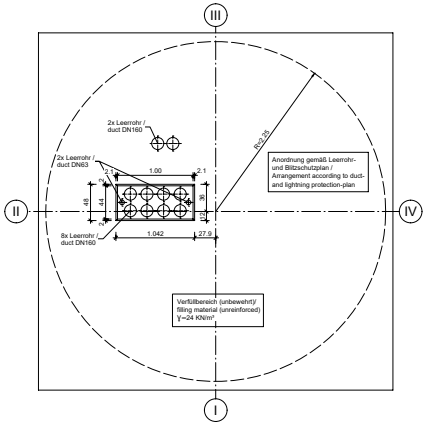

Der Beton unterhalb des T-Flansches ist nur von einer Seite einzufüllen und zu verdichten, um Fehlstellen und Lufteinschlüsse unterhalb des T-Flansches zu verhindern. In der Fuge T-Flansch zu Fundamentbeton ist ein vollflächiger und kraftschlüssiger Kontakt herzustellen. Die Betonoberfläche ist außen bis zur Oberseite des TOK-Bandes hochzuführen. /

The concrete underneath the T-flange must be filled and compacted from one side only to prevent defects and air pockets underneath the T-flange.In the joint T-flange to foundation concrete a full-surface and force fit contact must be established. The concrete surface must be elevated on the outside to the top of the TOK-Band.

## Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

Angaben in [cm/m]




**ACHTUNG:**

Bei Ausführung des Fundamentes gemäß das vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind zusätzliche Betonierfugen, neben der auf dem vorliegenden Schalplan angegebenen optionalen Betonierfuge, im Fundament nicht zulässig. Falls eine zusätzliche Betonierfuge erforderlich ist, so ist hier für nachträglich von Bauleitern ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen, und eine Anpassung der Fundamentbewehrung ist zwingend erforderlich. In diesem Fall ist WRD umgehend zu informieren.

**ATTENTION:**

If the foundation is executed according to the present formwork drawing, including the corresponding reinforcement drawings, no additional construction joints, beside the optional construction joint in this present formwork drawing, are permitted inside the foundation. If an additional construction joint is required, an additional verification must be provided timely before start of work, and a modification of the foundation reinforcement is mandatory. In this case, WRD must be informed immediately.

**Baugrundanforderungen:**

- Die zulässige charakteristische Bodenpressung muss mindestens 260 kN/m² betragen.
- Zwischen Baugrund und Unterbeton (Sauberkeitsschicht) muss ein Reibungswinkel von mindestens 20° vorhanden sein.
- Die Baugrundanforderungen sind von einem örtlekundigen Baugrundgutachter standortbezogen zu bestätigen.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.

**Soil requirements:**

- The permissible characteristic soil pressure has be at least 260 kN/m².
- In between subsoil and subconcrete (subbase) has to be a friction angle of at least 20°.
- The requirements of the subsoil are to be verified by a geotechnical expert on every location.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.

**Allgemeines:**

- Planungsgrundlage ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten. Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Das zyklische Endbelastungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier- und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ=0,6) auszuführen.
- Die Betonausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0161818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert fct,eff = 0,7*fctm für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

**General:**

- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The dead load of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
- The fresh concrete properties are to be set on location by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ=0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0161818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value fct,eff=0,7*fctm for an early constraint was used.
- This has to be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

| Zugehörige Zeichnungen / respective drawings<br>Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation | |
|---|---|
| Hauptplan / Working drawing no. | D0248324 |
| Bewehrungszeichnung No. (BS/SK) / Reinforcement drawing no. (BS/SK) | D0243770, D0243771 |
| Bewehrungszeichnung No. (BS/SK) / Reinforcement drawing no. (BS/SK) | D0243776, D0243777 |
| separate Turbulenzliste (BS/SK) / separate check list (for BS/SK) | D0243772 |
| separate Turbulenzliste (BS/SK) / separate check list (for BS/SK) | D0243778 |
| Spezifikation / specification | |
| Statische Berechnung / design calculation | E21-026 (BS/SK: 0449/96), D0219/0566 |

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Hegger + Partner

| Index | Änderungen / Changes | Datum / Date | Ges. / Prog. | Ges. / Rev. |
|---|---|---|---|---|
| -2.0 | Konstruktive Anpassungen | 17.01.2022 | VV | PB |
| -1.0 | Anpassungen ENERCON | 15.11.2021 | VV | PB |

Prüfstempel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-2 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type
E-138 EP3 E3+HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content
Schalplan Ortbetonfundament
Shuttering drawing cast-in-place-foundation

Fliesgründung (Fg) / Flat foundation (Ff)

| Gezeichnet / Prepared: | Geprüft / Checked: | Freigegeben / Approved: |
|---|---|---|
| 30.09.2021 VV | 30.09.2021 PB | 30.09.2021 CG |

| Maßstab / scale: | Plan-Nr. / plan no.: | Blattgröße/Schreibgröße / size | Projekt-Nr. / project number: |
|---|---|---|---|
| wie angezeigt / as shown | D0245832/2.0 | DIN A0 | E21-026 FF |

## Einbauteile / Cast-in Elements

| Pos | Stück / Quantity | Bezeichnung / Description | Hersteller / Manufacturer |
|---|---|---|---|
| E1 | 1 | Fundamentkorb / foundation basket | nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (ZNr. D0240255) |

**Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:**

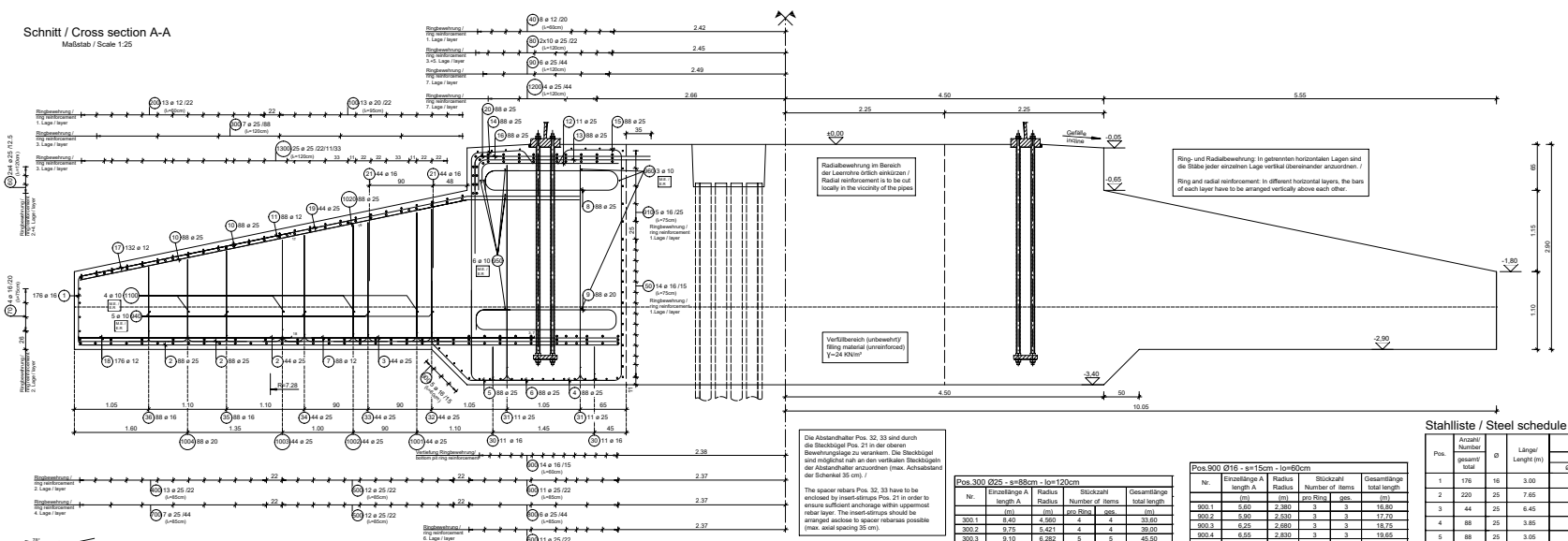
Die statisch erforderliche dauerhafte Auflastschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodensteife im erdfeuchten Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Auflastschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

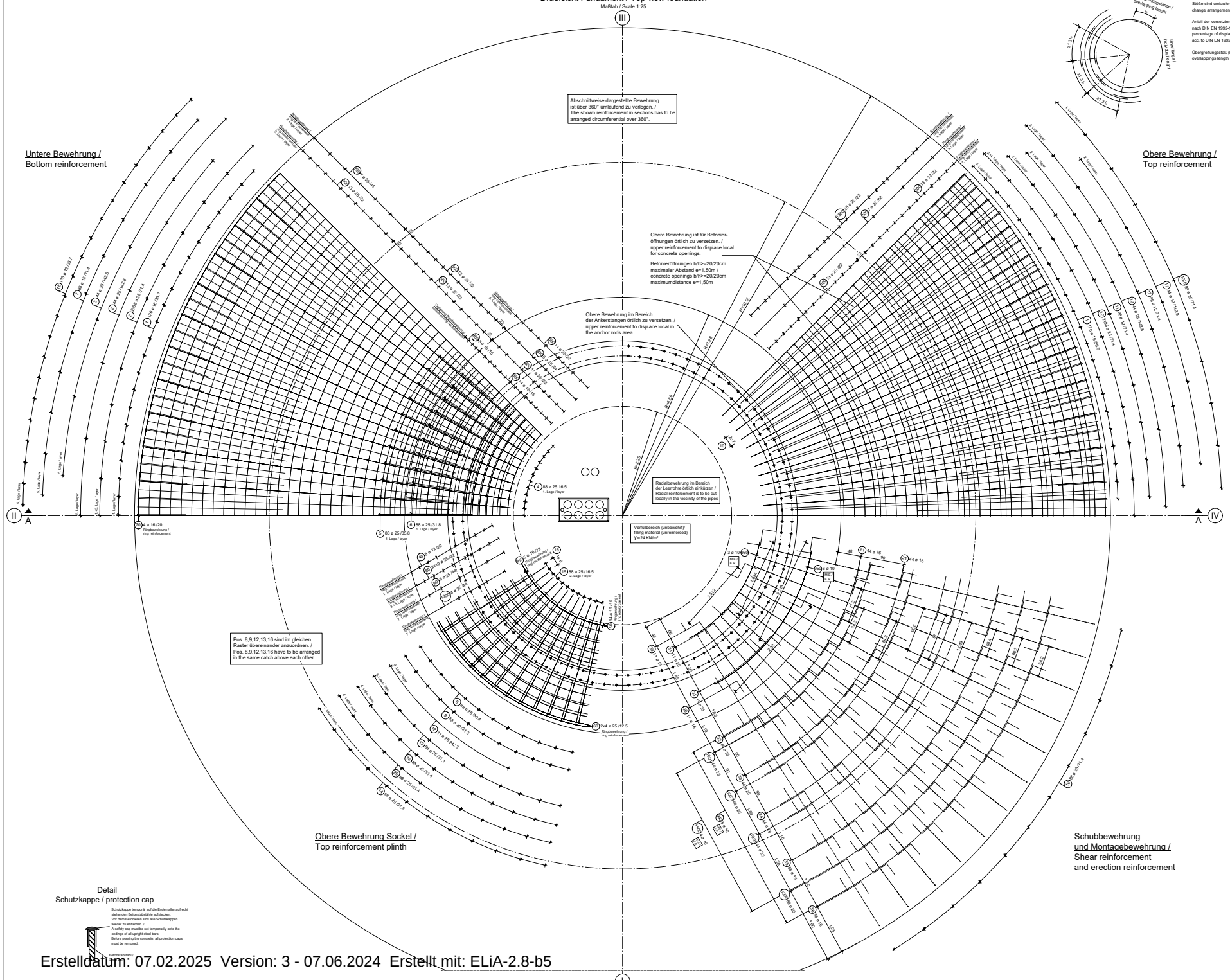
The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

Erstelldatum: 07.02.2025 Version: 3 - 07.06.2024 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

## Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25


Ringbewehrung / ring reinforcement 1. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 3.+5. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 7. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 2. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 4. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 6. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 1. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 2. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 3. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 4. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 5. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 6. Lage / layer
Ringbewehrung / ring reinforcement 7




Abkürzungen:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Oberkante des Gelände muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auftrag des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterial müssen erfüllt.
- Die Gründung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten, Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C20/25 entsprechen.
- Das zyklische Einbelastungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier- und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbauschnten oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentboden sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ=0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0183183) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert fct,eff = 0,7*fctm für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

Normen:
Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON
- in the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C25/30.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be of least 28 days.
- Welding of the reinforcing steel bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ=0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- The reinforcing steel material specification (D0183183) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value fct,eff=0,7*fctm for an early constraint was used.
This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

**Mindestwerte der Biegerollendurchmesser Dorn gemäß DIN EN 1992-1-1 minimum mandrel diameter Dmin according to DIN EN 1992-1-1**

| Winkelhaken (senkr.) bent | Kopf, Schlaufen (schräge, bogig) bent | Aufbiegung, Krümmungen bent, opt. verankert bent | |
|---|---|---|---|
| Haken (liegend) bent | Dmin≥ =4 Ø; Ø ≤ 20mm<br>Dmin≥ =7 Ø; Ø > 20mm | > 100 mm und (und) ≥ 7 Ø<br>Dmin≥ 10ø | ≤ 50 mm und (und) ≥ 3Ø<br>Dmin≥ 15ø |

Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1
specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

**Kreisfundament / circle foundation**

| Bauteil element | Beton concrete | Betonstahlsorte reinforcement steel | Überwachungsklasse monitoring class | Feuchtigkeitsklasse humidity class | Betonmenge concrete quantity (m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Fundament Foundation | C35/45 | B 500B | ÜK2 | WF | 625.12 |
| Expositionsklasse exposure class | außen / external: XC4,XF1,XA1 | | innen / internal: XC3 | | --- |

**Betondeckung / concrete cover**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Vorhaltemaß / allowance | Δ cdev | | 15 mm |
| Mindestwert Verlegemaß der 1. Bewehrungslage | Cmin | innen / internal | 40 mm |
| | | außen / outside | 50 mm |
| nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer | | seitlich / sideways | 50 mm |

**Besondere Anforderungen / special requirements**

| | |
|---|---|
| Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the foundation basket | 16 mm |
| Größtkorn im mittleren Fundamentbereich nominal value of maximum grain size aggregates in the other parts | 32 mm |
| Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung value of cement with low hydration heat | NW / (LH) |
| Konsistenzklasse im Bereich der Sohlverteilung und des unteren Ankerrings/ Consistency class in the area of the bottom pit and the lower anchor ring | F4 / S4 |
| Konsistenzklasse im übrigen Fundament/ Consistency class in the rest of the foundation | F3 / S3 |
| Es ist langsam erhärtender Beton zu verwenden/ Slow hardening concrete is to be used | ntb3 |

Die DBV-Merkblätter "Betonüberdeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheets "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

**Sauberkeitsschicht / blinding layer**

| Bauteil element | Beton concrete | Betonstahlsorte reinforcement steel | Überwachungsklasse monitoring class | Feuchtigkeitsklasse humidity class | Betonmenge concrete quantity (m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| | C12/15 | --- | --- | --- | 32.87 |
| Expositionsklasse exposure class | außen / external: X0 | | innen / internal: X0 | | --- |

**Besondere Anforderungen / special requirements**

| | |
|---|---|
| --- | --- |
| --- | |

ENERCON-Spezifikationen / - Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen, ENERCON-specifications / - work instructions must be considered

**Zugehörige Zeichnungen / respective drawings**
**Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation**

| | |
|---|---|
| Detailplan W. / Building drawing no. | D0249334 |
| Bewehrungszeichnung Nr. (W206) / Reinforcement drawing no. (W206) | D0243770, D0243771 |
| Bewehrungszeichnung Nr. (W206) / Reinforcement drawing no. (W206) | D0243776, D0243777 |
| separate Gutachtlichen W206 / separate check bar for W206 | D0243772 |
| separate Gutachtlichen W206 / separate check bar for W206 | D0243778 |
| Typenfreigabe / Type Approval | --- |
| Statische Berechnung / design calculation | E21-026 (W206), W206) D0219366 |

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

Hegger + Partner

| Index | Änderungen/ Changes | Datum/ Date | Gez./ Proj. | Gepr./ Rev. |
|---|---|---|---|---|
| -2.0 | Konstruktive Anpassungen | 17.01.2022 | VV | PB |
| -1.0 | Anpassungen ENERCON | 15.11.2021 | VV | PB |

Prüfsiegel / Certification Stamp: Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung Nr.: T-7005/22-2 Rev. 0 vom 18. Nov. 2022 — TÜV NORD CERT — Geprüft für Deutschland

Turmtyp / Tower type: E-138 EP3 E3+HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content: Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament / Reinforcement drawing 2 cast-in-place-foundation

| Fertigfundament (FF) / Fast foundation (FF) | | | |
|---|---|---|---|
| Gezeichnet / Prepared: 27.09.2021 VV | Geprüft / Checked: 27.09.2021 PB | Freigegeben / Approved: 27.09.2021 CG | |
| Maßstab / scale: wie angezeigt / as shown | Plan-Nr. / plan no.: D0242177\2.0 | Blattgröße/Schreibmaß / size: DIN A0 | Projekt-Nr. / project number: E21-026 FF |

# Technisches Datenblatt
# Technical data sheet

## E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

## Flachgründung
## Flat Foundation

**WZ S GKII (DIBt, Fassung Oktober 2012)**
**WK SA (IEC 61400-1, 4rd Edition, 2019)**

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-2 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Freigabe: 2022-02-01 12:09

**Herausgeber**

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis**

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken**

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt**

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

**Publisher**

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany
Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109
E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Managing Directors: Momme Janssen, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411
VAT ID no.: DE 181 977 360

**Copyright notice**

The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.
ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.
The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.
If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

**Registered trademarks**

Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.

**Reservation of right of modification**

ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.



© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Freigabe: 2022-02-01 12:09

### Dokumentinformation / Document details

| | |
|---|---|
| **Dokument-ID**<br>Document ID | D02393170/4.0 |
| **Vermerk**<br>Note | Originaldokument<br>Original document |

| **Datum**<br>Date | **Sprache**<br>Language | **DCC** | **Werk / Abteilung**<br>Plant / Department |
|---|---|---|---|
| 2020-10-067 | de;en | DA | WRD / Türme und Fundamente<br>WRD / Towers and Foundations |

### Ergänzende Angaben / Additional notes

| **Angaben zum Original (ger;eng)**<br>**Original document details** | | **Angaben zur Übersetzung (--)**<br>**Translation details** | |
|---|---|---|---|
| Erstellt/Datum:<br>Created/Date: | Behrns, M./ 2021-06-07 | Übersetzt/Datum:<br>Translated/Date: | |
| Geprüft/Datum:<br>Checked/Date: | Villada Gonzalez, J./ 2021-06-07 | Geprüft/Datum:<br>Checked/Date: | |

### Revisionen / Revisions

| Rev. | Datum/Date | Änderung/Change | Erstellt/Created |
|---|---|---|---|
| 0 | 2021-06-07 | Dokument erstellt<br>Document created | MAB |
| 1 | 2021-06-22 | Lasten, Bodenkennwerte und die Windzone angepasst / Loads, Ground parameters and the Wind zone adjusted | JAV |
| 2 | 2021-08-04 | Entwurf entfernt / remove preliminary | MAB |
| 3 | 2021-10-21 | Stahlgewicht / Steel weight | EKA |
| 4 | 2022-01-27 | Stahlgewicht / Steel weight | EKA |

Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert.
Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.

This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered.
The recipient will not be automatically notified about any amendments.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

# 1 Allgemeine Angaben / General information

| | | |
|---|---|---|
| Statische Berechnung | H+P Ingenieure GmbH | *Structural analysis* |
| Flachgründung | Ø 20,10 m | *Flat foundation* |
| Dokument ID | D02190566 | *Document ID* |

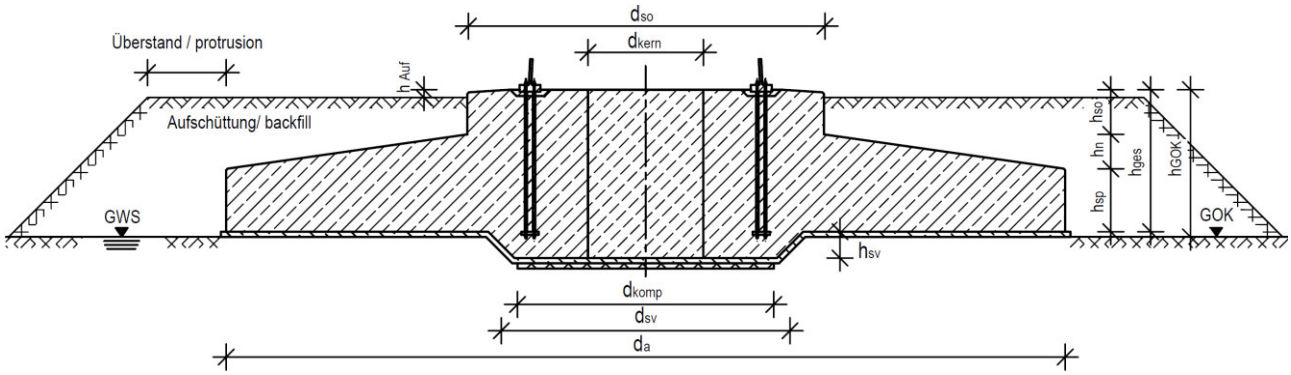
PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN



Freigabe: 2022-02-01 12:09

## 2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Außendurchmesser** | $d_a$ | 20,10 | m | ***Outer diameter*** |
| **Sockeldurchmesser** | $d_{so}$ | 9,00 | m | ***Base diameter*** |
| **Durchmesser Fundamentkern** | $d_{kern}$ | 4,50 | m | ***Diameter of foundation core*** |
| **Durchmesser kompressible Einlage** | $d_{komp}$ | 9,00 | m | ***Compressible layer diameter*** |
| **Fundamenthöhe** | $h_{ges}$ | 2,90 | m | ***Foundation height*** |
| **Sockelhöhe** | $h_{so}$ | 0,65 | m | ***Base height*** |
| **Höhe Spornneigung** | $h_n$ | 1,15 | m | ***Spur incline height*** |
| **Spornhöhe** | $h_{sp}$ | 1,10 | m | ***Spur height*** |
| **Höhe OK Fundament bis OK Aufschüttung** | $h_{Auf}$ | 0,15 | m | ***Height from top of foundation to top of backfill*** |
| **Höhe OK Fundament bis OK Gelände** | $h_{GOK}$ | 3,00 | m | ***Height from top of foundation to ground level*** |
| **Mittlerer Durchmesser Sohlvertiefung** | $d_{sv}$ | 9,50 | m | ***Average diameter of bottom pit*** |
| **Höhe Sohlvertiefung** | $h_{sv}$ | 0,50 | m | ***Height of bottom pit*** |
| **Betongüte und Volumen** | C 35/45 | 626 | m³ | ***Concrete quality and volume*** |
| **Stahlgewicht, ohne Arbeitsfuge** | B 500B | 51.5 | t | ***Steel weight, without construction joint*** |
| **Stahlgewicht, mit Arbeitsfuge** | B 500B | 62.2 | t | ***Steel weight, with construction joint*** |
| **Stahlgewicht, ohne Arbeitsfuge** | B 400B | 51.2 | t | ***Steel weight, without construction joint*** |
| **Stahlgewicht, mit Arbeitsfuge** | B 400B | 62.0 | t | ***Steel weight, with construction joint*** |




Maximal zulässiger Grundwasserstand (GWS) bis zur Geländeoberkante (GOK).

*The maximum permissible groundwater level (GWS) is up to ground level (GOK).*

Der erforderliche Überstand der Aufschüttung über die Fundamentaußenkanten ist durch den verantwortlichen Baugrundgutachter festzulegen.

*The required protrusion of the backfill beyond the outer foundation edges must be defined by the responsible geotechnical expert.*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Freigabe: 2022-02-01 12:09

# 3 Mindestdrehfedersteifigkeiten / Minimum rotational spring stiffness

Für die elastische Fundamenteinspannung zwischen Fundament und Baugrund sind folgende Mindestwerte einzuhalten:

*Observe the following minimum values with regard to elastic clamping between foundation and subsoil:*

| | |
|---|---|
| **Min. Bodendrehfederkonstante / Min. value of rotational spring** | **$k_{\varphi,stat}$ = 18750 MNm/rad** |
| | **$k_{\varphi,dyn}$ = 150000 MNm/rad** |

Die erforderlichen dynamischen Steifemodule $E_{oed,dyn}$ ergeben sich für Kreisfundamente wie folgt:

*The required dynamic stiffness moduli $E_{oed,dyn}$ result for circular foundations as follows:*

$$E_{oed,dyn} = k_{\varphi} \cdot \frac{3}{4} \cdot \frac{1}{r^3} \cdot \frac{(1+\nu)\cdot(1-\nu)^2}{1-\nu-2\cdot\nu^2}$$

Unter Berücksichtigung von:

*Under consideration of:*

$$k_{\varphi} = \frac{8 \cdot G \cdot r^3}{3 \cdot (1-\nu)}$$

G = Schubmodul / *Shear modulus* in MN/m²
r = Radius / *Radius* in m
ν = Querdehnzahl / *Poisson's ratio*

# 4 Zulässige Schiefstellung / Allowed misalignment

Maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung in 25 Jahren, bezogen auf den Außendurchmesser:

*Maximum allowed misalignment due to subsoil settlement within 25 years, related to the outer foundation diameter:*

**$\Delta s \leq 3$ mm/m**

# 5 Bodenpressung / Soil bearing pressure

Der anstehende Baugrund muss mindestens folgende Bodenpressung aufnehmen können:

*The in-situ subsoil must be able to bear the following minimum pressure:*

**max $\sigma_k$ = 265 kN/m²**

# 6 Sohlreibungswinkel / Angle of internal friction

Mindestreibungswinkel zwischen Baugrund und Fundament:

*Minimum angle of internal friction between subsoil and foundation:*

**$\phi$ = 20°**

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Freigabe: 2022-02-01 12:09

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

# 7 Lasten an der Fundamentunterkante / Loads at the bottom edge of the foundation

Die hier angegebenen $F_Z$-Lasten enthalten ein Fundamenteigengewicht $\gamma$ = 25 kN/m³ sowie eine Aufschüttung $\gamma$ = 16 kN/m³ (Boden) im erdfeuchten Zustand.

*The $F_Z$ loads specified here include a dead weight of foundation $\gamma$ = 25 kN/m³ and a backfill weight $\gamma$ = 16 kN/m³ (soil) in earth-moist condition.*

## 7.1 Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

| **Lastfall** *Load case* | **($\gamma_{G,min}$/$\gamma_{G,max}$)** | **$F_{XY}$ in kN** | **$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$M_{XY}$ in kNm** | **$M_Z$ in kNm** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **NTM DLC D.3** | (1.00/1.00) | 690 | -26444 | -25491 | 71201 | - |
| **N / T / DLC 8.2** | (1.00/1.00) | 940 | -26444 | -25491 | 99676 | -9150 |
| **N / A / T** | (1.00/1.00) | 1130 | -26444 | -25491 | 116477 | -9950 |

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_F$ = 1,00)

*Loads do not include partial safety factors ($\gamma_F$ = 1.00)*

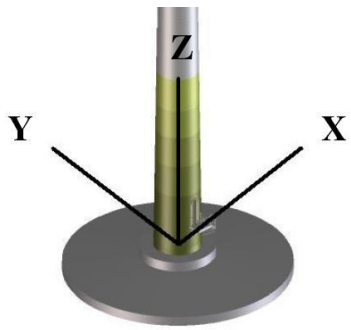
## 7.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

| **Lastfall** *Load case* | **($\gamma_{G,min}$/$\gamma_{G,max}$)** | **$F_{XY}$ in kN** | **$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$M_{XY}$ in kNm** | **$M_Z$ in kNm** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **N / A / T** | (1.35/0.90) | 1330 | -34156 | -22885 | 132857 | -12350 |

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

*All loads include partial safety factors ($\gamma_{Buoyancy}$ = 1.10)*

# 8 Koordinatensystem / Coordinate system




PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved.

Freigabe: 2022-02-01 12:09

**TÜV NORD CERT GmbH**
Prüfamt für Baustatik von Windenergieanlagen
gem. RdErl. d. Ministeriums für Bauen und Verkehr v. 23.1.2006 - VI A 2 - 111 -

# Prüfbescheid zur Typenprüfung

## Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, DIBt Windzone S, Geländekategorie S

## - Tiefgründung, D=16,60 m -

| | |
|---|---|
| **Prüfbescheid Nr.:** | T-7005/22-3 Rev. 0 |
| **Gegenstand der Prüfung:** | Standsicherheit der Tiefgründung für die oben genannte Windenergieanlage gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) |
| **Anlagenhersteller (Antragsteller):** | ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |
| **Dokumentation:** | H+P Ingenieure GmbH<br>Kackertstraße 10<br>52072 Aachen<br>Deutschland<br><br>ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |
| **Geltungsdauer bis:** | 30.11.2027 |

Dieser Prüfbescheid wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Prüfbescheids ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Anlagenherstellers bzw. Antragstellers gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet. Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Prüfbescheid umfasst 11 Seiten und 6 Anlagen, die Bestandteil dieses Prüfbescheides sind.

| Revision | Datum | Änderungen |
|---|---|---|
| 0 | 18.11.2022 | Erstausgabe |

## Inhaltsverzeichnis

0 Allgemeine Bestimmungen ....3
1 Dokumente ....3
1.1 Geprüfte Dokumente ....3
1.2 Dazugehörige Dokumente ....4
2 Prüfgrundlagen ....5
3 Einleitung ....6
4 Beschreibung ....6
4.1 Fundament ....6
4.2 Lastannahmen ....7
4.3 Baustoffe ....7
5 Prüfung ....8
5.1 Umfang und Methodik ....8
5.2 Anmerkungen zur Prüfung ....8
5.3 Ergebnisse ....8
5.4 Schnittstellen ....8
6 Auflagen ....10
7 Zusammenfassung ....10

# 0 Allgemeine Bestimmungen

Dieser Prüfbescheid zur Typenprüfung beinhaltet als Ergänzung zum Prüfbescheid [1.2.1] die Tiefgründung des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01.

Es gelten die Allgemeinen Bestimmungen des Prüfbescheids [1.2.1].

# 1 Dokumente

## 1.1 Geprüfte Dokumente

### Berechnungen

[1.1.1] H+P Ingenieure GmbH:
„STATISCHE BERECHNUNG TIEFGRÜNDUNG E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Projekt: E21-027“,
Dokument-Nr.: D02190552, Rev. 1.0, Datum: 02.02.2022

### Anlagen zum Prüfbescheid zur Typenprüfung

Zeichnungen

[1.1.2] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Übersicht Variante A: 30-x Ortbetonrammpfähle mit Ø51cm Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421795, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

[1.1.3] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Übersicht Variante B: 24x Ortbetonrammpfähle mit Ø=56cm Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421796, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

[1.1.4] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Schalplan Übersicht Variante C: 14x Bohrpfähle mit Ø=100cm Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421797, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

[1.1.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 1 Ortbetonfundament Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421805, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

[1.1.6] H+P Ingenieure GmbH:
„Turmtyp: E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Planinhalt: Bewehrungsplan 2 Ort-betonfundament Tiefgründung (Tg) Projekt-Nr.: E21-027 Df“,
Zeichnungs-Nr.: D02421806, Rev. 1.0, Datum: 04.02.2022

Spezifikationen

[1.1.7] ENERCON GmbH:
„Technisches Datenblatt E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Tiefgründung WZ S GKII (DiBt, Fassung Oktober 2012)“,
Dokument-Nr.: D02411880, Rev. 3, Datum: 10.02.2022

## 1.2 Dazugehörige Dokumente

Turm

[1.2.1] TÜV NORD CERT GmbH:
„Prüfbescheid zur Typenprüfung Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, DIBt Windzone S, Geländekategorie S
- Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 -“,
Prüfbescheid Nr.: T-7005/22-1 Rev. 0, Datum: 18.11.2022

[1.2.2] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentlasten“,
Dokument-Nr.: D02378600, Rev. 2.2, Datum: 29.07.2021

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Bauvorlage Fundamentkorb E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01“,
Dokument-Nr.: D02402550, Rev. 2.1, Datum: 29.07.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Fundamentkorb“,
Zeichnungs-Nr.: D02434516, Rev. 0.0, Datum: 05.08.2021

[1.2.5] H+P Ingenieure GmbH:
„Spannanweisung Fundamentkorb ENERCON E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 Bauteil: Fundamentkorb“,
Dokument-Nr.: D02437082, Rev. 1.1, Datum: 30.05.2022

Spezifikationen

[1.2.6] ENERCON GmbH:
„Hinweise zur Bauausführung Turmtypen: E-XX EX/XX/XX/XX/XX &
E-XX EX/XX/XX/XX/XX Für alle Fundamenttypen“,
Dokument-Nr.: D0748193, Rev. 0a, Datum: 12.09.2018

[1.2.7] ENERCON GmbH:
„Materialspezifikation Betonstahl“,
Dokument-Nr.: D0181818, Rev. 2, Datum: 22.05.2017

Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08

[1.2.8] ENERCON GmbH:
„Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA“,
Dokument-Nr.: D02759428, Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3 IEC 61400-1 Ed. 3 - Diverse Komponenten -“,
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119616205-100 D II Rev. 0, Datum: 14.11.2022

## 2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung, 03.2015

[2.2] DIN EN 61400-1:2011-08:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.3] DIN EN 1992-1-1:2011-01 + A1:2015-03 + DIN EN 1992-1-1/NA:2013-04 + NA/A1:2015-12: „Eurocode 2: Bemessung und Konstruktion von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.4] DIN EN 1997-1:2009-09 + DIN EN 1997-1/NA:2010-12:
„Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik – Teil 1: Allgemeine Regeln“

[2.5] DIN 1054:2010-12 + A1:2012-08 + A2:2015-11:
„Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“

[2.6] DIN EN 1998-1:2010-12 + DIN EN 1998-1/NA:2011-01:
„Eurocode 8: Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1: Grundlagen, Erdbebeneinwirkungen und Regeln für Hochbauten“

[2.7] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Ermüdungsfestigkeit von Stahlbeton- und Spannbetonbauteilen mit Erläuterungen zu den Nachweisen gemäß CEB-FIB Model Code 1990“, DAfStb Heft 439, 1994

[2.8] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Erläuterungen zu DIN EN 1992-1-1 und DIN EN 1992-1-1/NA (Eurocode 2)“, DAfStb Heft 600, 2012

[2.9] Deutscher Ausschuss für Stahlbeton:
„Massige Bauteile aus Beton“, 2010-04

# 3 Einleitung

Gegenstand dieses Prüfbescheids ist die Typenprüfung einer Tiefgründung, welche nach der DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) ausgelegt wurde.

# 4 Beschreibung

## 4.1 Fundament

Das Fundament dient zur Aufnahme des Hybrid-Stahlturms E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, welcher in [1.2.1] geprüft wurde.

Das Kreisfundament weist einen Außendurchmesser von 16,60 m auf und ist für die folgenden Pfahlvarianten ausgelegt:

Variante A: 30 Ortbetonrammpfähle mit Ø 51 cm
Variante B: 24 Ortbetonrammpfähle mit Ø 56 cm
Variante C: 14 Bohrpfähle mit Ø 100 cm

Unterhalb des Sockels befindet sich eine 50 cm dicke Fundamentvertiefung. Die Gesamthöhe des Sockels inkl. der Vertiefung beträgt 3,40 m. Die Fundamentsohle, bzw. die Oberkante der Fundamentvertiefung, liegt wegen der Sauberkeitsschicht 10 cm über der Oberkante des umgebenden Geländes.

Der Turm ist über einen Ankerkorb mit dem Fundament verbunden.

Weitere Details können den Schalplänen [1.1.2] bis [1.1.4] und dem Fundamentdatenblatt [1.1.7] (siehe Abschnitt 1.1) entnommen werden.

Die folgende Anlagenkonfiguration wurde bei der Prüfung des Fundaments berücksichtigt:

| Nr. | WEA Bezeichnung | Nabenhöhe | Max. Nennleistung | Rotorblatt | Windzone (DIBt 2012) | Geländekategorie | Fundamentnachweise |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E-138 EP3 E3 | 110,396 m | 4260 kW | E-138 EP3-RB-02 | WZ S | GK S | [1.1.1] |

Tabelle 4.1: Geprüfte Konfiguration für Fundamentnachweise

## 4.2 Lastannahmen

Die angesetzten Turmfußlasten decken folgende Konfiguration ab und sind in den aufgelisteten Dokumenten spezifiziert und geprüft worden:

| Nr. | WEA Bezeichnung | Naben-höhe | Max. Nenn-leistung | Rotor-blatt | Windzone (DIBt 2012) | Gelände-kategorie | spezifi-ziert in | geprüft in |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E-138 EP3 E3 | 110,396 m | 4260 kW | E-138 EP3-RB-02 | WZ S | GK S | [1.2.2] | [1.2.1] |

Tabelle 4.2: Lastannahmen

Die Auslegungslebensdauer beträgt 25 Jahre.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden berücksichtigt (s. [1.2.1]).

Zur Erfassung von Herstellungs- und Montageungenauigkeiten, Einflüssen aus einseitiger Sonneneinstrahlung und ungleichmäßiger Fundamentsetzung wurde eine Schiefstellung der Turmachse von 8 mm/m angenommen.

Eine Erhöhung der Turmfußmomente durch den Einfluss der statischen Bodendrehfeder $k_{\varphi,stat}$ = 18 750 MNm/rad wurde ebenfalls berücksichtigt.

Die dynamische Bodendrehfeder wurde mit $k_{\varphi,dyn}$ = 150 000 MNm/rad angesetzt.

Verkehrslasten im Bereich der Erdaufschüttung auf der Fundamentplatte wurden nicht berücksichtigt.

Das Fundament wurde mit und ohne Belastung aus Auftrieb berechnet. In der statischen Berechnung wurde angenommen, dass der maximale Wasserstand aus Schichten- und Oberflächenwasser oder Grundwasser 3,00 m unter der Oberkante des Fundamentsockels und somit auf Höhe des umgebenden Geländes liegt.

Die Werte der Vorspannung wurden [1.2.3] bis [1.2.5] entnommen und in [1.2.1] geprüft.

Zusätzlich zum Endzustand wurde ein Bauzustand mit Belastung aus Frischbetoneigengewicht nachgewiesen (s. [1.1.1]).

## 4.3 Baustoffe

In diesem Abschnitt werden die Hauptbaustoffe und -produkte der tragenden Bauteile aufgeführt. Weitere Details können den geprüften Anlagen (siehe Abschnitt 1.1) bzw. der Spezifikation [1.2.7] entnommen werden.

| | | |
|---|---|---|
| Fundamentplatte: | C35/45 | DIN EN 206-1, DIN 1045-2 |
| Betonstahl: | B500 | DIN 488 |

# 5 Prüfung

## 5.1 Umfang und Methodik

Die Standsicherheitsnachweise (Grenzzustände der Tragfähigkeit und der Gebrauchstauglichkeit) wurden in der eingereichten statischen Berechnung geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Windenergieanlage, der Turm und die Fundamente und wurden zunächst mit Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 ausgelegt und geprüft. Gemäß der gutachtlichen Stellungnahme [1.2.9] kann für die dort unter 1.2 aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.2] ebenfalls bestätigt werden.

Die Prüfung umfasst das Fundament sowie die Beton- und Bewehrungsnachweise im Bereich der Lasteinleitung.

Der Turm, die Stahlbauteile des Ankerkorbs, die innere Tragfähigkeit der Pfähle und die geotechnischen Nachweise (inklusive der äußeren Tragfähigkeit der Pfähle) sind nicht Gegenstand dieser Prüfung.

Der Hybrid-Stahlturm und die Stahlbauteile des Ankerkorbs wurden in [1.2.1] geprüft.

Bei der Berechnung des Fundaments wurde die in den Schalplänen [1.1.2] bis [1.1.4] dargestellte, optionale Arbeitsfuge berücksichtigt.

Die Bewertung verbleibender Restsicherheiten ist nicht Bestandteil der Prüfung.

## 5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Allgemeines

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) berücksichtigt.

Die unter 1.1 aufgeführten Unterlagen sind mit einem TÜV NORD Stempel versehen.

## 5.3 Ergebnisse

Die geprüften Standsicherheitsnachweise sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

## 5.4 Schnittstellen

Turm

5.4.1 Es wurde überprüft, ob das Fundament die im Prüfbescheid [1.2.1] spezifizierten Anforderungen erfüllt.

5.4.2 Es wurde geprüft, ob die für die Beton- und Bewehrungsnachweise im Lasteinleitungsbereich angesetzten Geometrien mit den in [1.2.4] dargestellten Ankerkorb-Geometrien übereinstimmen.

Geotechnische Nachweise und Pfähle

5.4.3 Alle geotechnischen Nachweise inklusive der nachfolgend aufgeführten Anforderungen an den Baugrund sind durch einen Gutachter für Geotechnik für den jeweiligen Gründungsbereich nachzuweisen.

5.4.4 Der Baugrund und das Pfahlsystem müssen die in [1.1.7] spezifizierten Anforderungen erfüllen.

5.4.5 Das Pfahlsystem wurde für eine Absetztiefe von 20 m berechnet, bezogen auf die Unterkante der Fundamentplatte. Die Pfahllänge kann je nach Baugrundbeurteilung und nach den örtlichen Bohr- bzw. Rammbedingungen variieren.

5.4.6 Für den Nachweis der äußeren Tragfähigkeit der Pfähle sind die in [1.1.7] angegebenen Bemessungslasten zu verwenden.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.7 Hinsichtlich der Vorspannung der Ankerbolzen gelten die Anforderungen des Prüfbescheids [1.2.1].

5.4.8 Zusätzlich zum Endzustand wurde der Montagezustand des Turms (Lastfall-Gruppe DLC 8.1/8.2/8.3) mit Gondel und Rotor vor der Aufbringung der verdichteten Bodenaufschüttung nachgewiesen (s. [1.1.2] bis [1.1.4]).

Wiederkehrende Prüfungen / Wartungen

5.4.9 Bei wiederkehrenden Prüfungen ist Kapitel 15 der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

5.4.10 Etwaige Schäden an den in Betrieb genommenen Windenergieanlagen, wie z.B. unzulässige Risse, und daraus abgeleitete Reparatur- bzw. Sanierungsmaßnahmen sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen.

Weiterbetrieb

5.4.11 Ist nach Ablauf der Auslegungslebensdauer ein Weiterbetrieb der Windenergieanlage geplant, so ist hierzu Kapitel 17 der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen zu beachten.

# 6 Auflagen

Allgemeines

6.1 Die Anforderungen der in dem jeweiligen Bundesland geltenden Landesbauordnung sind zu beachten.

6.2 Alle Bescheinigungen und Protokolle sind vom Betreiber aufzubewahren und müssen auf Verlangen bei der zuständigen Baubehörde vorgelegt werden.

Fundament und Pfähle

6.3 Bei der Herstellung und Ausführung des Fundaments sind die Bestimmungen der DIN EN 13670, der DIN 1045-3 und der Spezifikation [1.2.6] zu beachten. Für den Beton sind Eignungs- und Güteprüfungen gemäß DIN 1045-2 in Verbindung mit DIN EN 206-1 durchzuführen.

6.4 Wegen der großen Abmessungen des Fundaments ist zur Vermeidung schädlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindwirkungen ein Betontechnologe hinzuzuziehen. Die Betongüten sind durch Betonprüfzeugnisse der Lieferfirmen nachzuweisen. Auf die Einhaltung der geforderten Betondeckung sowie auf die fachgerechte Verlegung der Bewehrung ist zu achten. Bei Bauteilen des Gründungskörpers, die höchstens einen halben Meter in das Erdreich hineinreichen, wurde die rechnerische Rissbreite auf 0,2 mm begrenzt, bei allen übrigen Bauteilen des Gründungskörpers auf 0,3 mm. Sollten nach dem Aushärten des Betons unzulässig breite Risse festgestellt werden, sind diese fachgerecht zu sanieren.

Anforderungen an den Baugrund

6.5 Die innere Tragfähigkeit der Pfähle muss für jeden Standort nachgewiesen werden. Die in [1.1.1] ermittelten und in [1.1.7] aufgeführten Pfahlbiegemomente und -querkräfte dienen lediglich der Vorbemessung und dürfen nicht für die Auslegung von Pfahlgründungen verwendet werden.

6.6 Die Drehfedersteifigkeit des Fundaments hängt von den Bodenkennwerten und dem Pfahlsystem ab und ist für jeden Standort zu bestätigen.

# 7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllt die hier geprüfte Tiefgründung die Anforderungen der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Der Prüfbescheid zur Typenprüfung gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführte Windenergieanlagenkonfiguration.

Alle relevanten Schnittstellen (Turm/Fundament) wurden überprüft.

Statisch relevante, konstruktive Änderungen am Fundament sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert dieser Prüfbescheid seine Gültigkeit.

Dieser Prüfbescheid gilt nur zusammen mit dem Prüfbescheid zur Typenprüfung [1.2.1].

Der Leiter

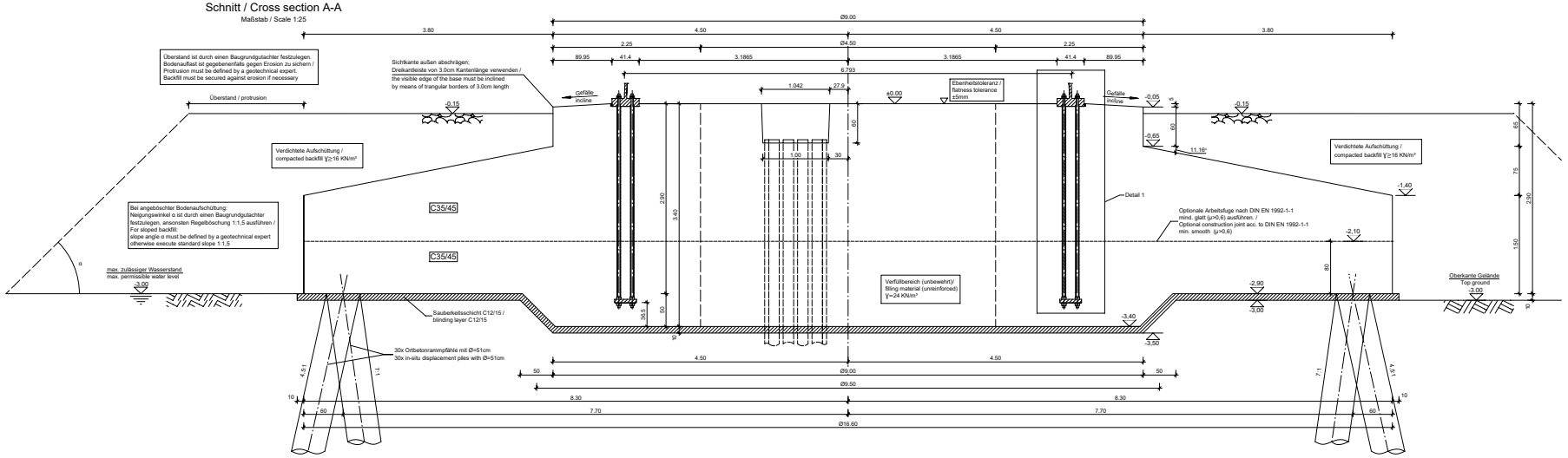
Dipl.-Ing. T. Krause

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

An der Prüfung beteiligt:
B.Eng. / M.Sc. P. Roycroft

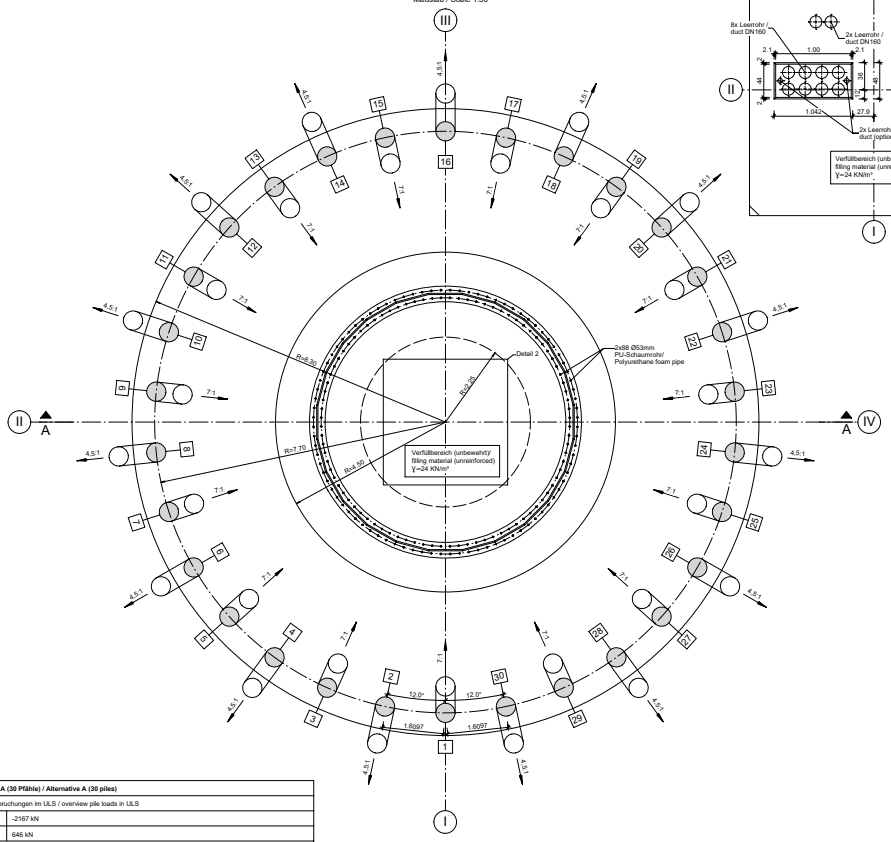
## Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25




## Draufsicht Fundament / Top view foundation
## Variante / option A
## 30x Ortbetonrammpfähle mit Ø=51cm / 30x in-situ displacement piles with Ø=51cm

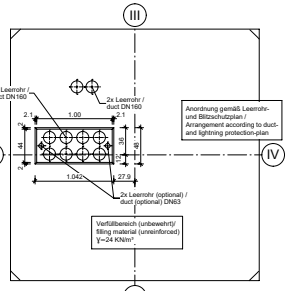
Maßstab / Scale 1:50




## Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

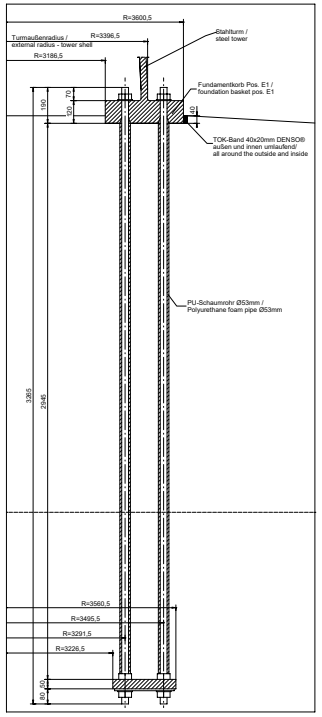
Angaben in [cm/m]




## Detail 1

Maßstab / Scale 1:10

Angaben in [mm]

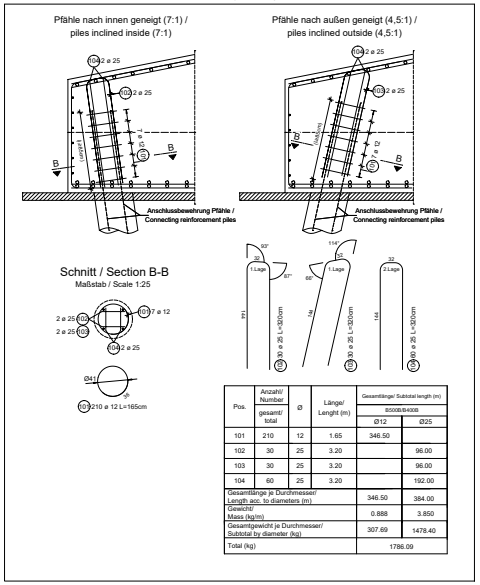



Der Beton unterhalb des T-Flansches ist nur von einer Seite einzufüllen und zu verdichten, um Fehlstellen und Lufteinschlüsse unterhalb des T-Flansches zu verhindern. In der Fuge T-Flansch zu Fundamentboton ist ein vollflächiger und kraftschlüssiger Kontakt herzustellen. Die Betonoberfläche ist außen bis zur Oberseite des TOK-Bandes hochzuführen. /

The concrete underneath the T-flange must be filled and compacted from one side only to prevent defects and air pockets underneath the T-flange.In the joint T-flange to foundation concrete a full-surface and force fit contact must be established. The concrete surface must be elevated on the outside to the top of the TOK-Band.

## Exemplarische Anschlussbewehrung Pfähle / Exemplary connecting reinforcement piles

Maßstab / Scale 1:25




## Schnitt / Section B-B

Maßstab / Scale 1:25



| Pos. | Anzahl/ Number gesamt/ total | Ø | Länge/ Lenght (m) | Gesamtlänge/ Subtotal length (m) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | B500B/B450B | |
| | | | | Ø12 | Ø25 |
| 101 | 210 | 12 | 1.65 | 346.50 | |
| 102 | 30 | 25 | 3.20 | | 96.00 |
| 103 | 30 | 25 | 3.20 | | 96.00 |
| 104 | 60 | 25 | 3.20 | | 192.00 |
| Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m) | | | | 346.50 | 384.00 |
| Gewicht/ Mass (kg/m) | | | | 0.888 | 3.850 |
| Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg) | | | | 307.69 | 1478.40 |
| Total (kg) | | | | 1786.09 | |

## Detail
## Schutzkappe / protection cap




| VARIANTE A (30 Pfähle) / Alternative A (30 piles) | | |
|---|---|---|
| Pfahlbeanspruchungen im ULS / overview pile loads in ULS | | |
| min N = | -2167 kN | |
| max N = | 646 kN | |
| Pfahlbeanspruchungen Gruppe N/A/T, γ=1,0 / overview pile loads group N/A/T, γ=1,0 | | |
| min N = | -1812 kN | |
| max N = | 419 kN | |

### Einbauteile / Cast-in Elements

| Pos | Stück / Quantity | Bezeichnung / Description | Hersteller / Manufacturer |
|---|---|---|---|
| E1 | 1 | Fundamentkorb / foundation basket | nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (ZNr. D02402535) |

Optionale Arbeitsfuge bei h>0,80m:
Für den 1. Betonierabschnitt h=0,80m gilt, dass der 2. Betonierabschnitt erst bei Erreichen der Betonfestigkeitsklasse C25/30 zulässig ist.
Die optionale Arbeitsfuge ist nach DIN EN 1992-1-1 mind. glatt (μ=>0,6) auszuführen.
Eine entsprechende Tragfähigkeit des Baugrunds ist standortbezogen von einem verantwortlichen Baugrundsachverständigen zu bestätigen.

Optional construction joint at h>0,80m:
For the first concrete section at h=0,80m has to be considered that the further concrete section is permitted only on reaching the concrete strenght class C25/30.
Optional construction joint has to be carried out min. smooth (μ=>0,6) acc. to DIN EN 1992-1-1
A load-bearing capacity of the subsoil has to be confirmed site-specific by a responsible soil expert.

Rammebene:
- Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80m auszuführen.
- Die Anforderungen und Anmerkungen im Fundamentsteckbrief sind zu beachten.

Pile-driving platform:
- The pile-driving platform must be executed on top ground level and with a height h=0,8m.
- The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:
Die statisch erforderliche dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodensteife im endfertigen Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 9) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 9) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

ACHTUNG:
Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind zusätzliche Betonierfugen, neben der auf dem vorliegenden Schalplan angegebenen optionalen Betonierfuge, im Fundament nicht zulässig. Falls eine zusätzliche Betonierfuge erforderlich ist, so ist hierfür rechtzeitig vor Baubeginn ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen, und eine Anpassung der Fundamentbewehrung ist zwingend erforderlich. In diesem Fall ist WIRD umgehend zu informieren.

ATTENTION:
If the foundation is executed according to the present formwork drawing, including the corresponding reinforcement drawings, no additional construction joints, beside the optional construction joint in the present formwork drawing, are permitted inside the foundation. If an additional construction joint is required, an additional verification must be provided timely before start of work, and a modification of the foundation reinforcement is mandatory. In this case, WIRD must be informed immediately.

Baugrundanforderungen:
- Die Baugrundparameter sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit dem in der Statischen Berechnung angesetzten Parametern abzugleichen. H+P Ingenieure geht davon aus, dass eine standortbezogene Pfahlbemessung/Optimierung durchgeführt wird.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.
- Es ist standortbezogen durch den Bodengutachter zu prüfen und zu bestätigen, dass der Baugrund die Lasten aus dem 1. Betonierabschnitt sowie die Lasten aus dem Ankerkorb aufnehmen kann.
- Die Pfahlbemessung inklusive der Bemessung der Anschlussbewehrung ist auf Grundlage der standortspezifischen Baugrundparameter durchzuführen.

Soil requirements:
- The subsoil parameter have to be defined by a geotechnical expert for every location and have to be checked with parameters considered in the statical calculation. H+P Ingenieure assumes that on every location a pile designcalculation is performed.
- The maximum permissible soil water level is at highest of the ground level.
- It has to be checked and confirmed by the local geotechnical expert that loads of the first concrete step and the dead load of the anchor basket can be carried by the soil.
- The pile design including the design of the connecting reinforcement has to be carried out on the basis of the site-specific subsoil parameters.

Allgemeines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Sofern Fundamentmaterialien aus optischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Dicke des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten. Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Das zyklische Ermüdungsmoment des Fundamentbettes muss mindestens 28 Tage betragen.
- Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentkorbstatik sind zu beachten.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausschließ Betonier- und Rüttelfugen anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Rüttler mit niedriger Hybridisationsfrequenzeinstellung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind objektabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für den Einbau des Betons sind die Angaben des Betontechnologen hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ=0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Es ist zwischen den Beteiligten und dem Bodengutachter abzustimmen, ob im konkreten Fall eine Fundamentbetonage ohne Arbeitsfuge erfolgen kann. Sollen eine Ausführung ohne Arbeitsfuge erfolgt, ist der Einbau der Position und Positionsnummer 71000 nicht erforderlich. Im Falle einer Anordnung der im Schalplan dargestellten Arbeitsfuge ist die Positionsnummer 71000 zwingend einzubauen.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0161810) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert für $t_{eff}$=2,75cm für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

Genehmigungsplanung:
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- In the area of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- For the placing of the concrete, the specialist concrete engineer is to consult.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ=>0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- It has to clarified between the geotechnical expert and involved parties if an execution without a construction joint is possible. In case of concreting without a construction joint reinforcement with numbers >1000 is not required. In case that the construction joint shown in the schuttering drawing is arranged the reinforcement with numbers >1000 is required.
- The reinforcing steel material specification (D0161810) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value for $t_{eff}$=2,75cm for an early constraint was used. This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

### Zugehörige Zeichnungen / respective drawings

| Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation | |
|---|---|
| Schalplan Nr. / shuttering drawing no. | D0242796, D0242796, D0242797 |
| Bewehrungszeichnung Nr. (BSOB) / Reinforcement drawing no. (BSOB) | D0242805, D0241806 |
| Bewehrungszeichnung Nr. (BSOB) / Reinforcement drawing no. (BSOB) | D0242791, D0242812 |
| separate Stabzeichnung BSOB / separate steel bar list BSOB | D0242807 |
| separate Stabzeichnung B450B / separate steel bar list B450B | D0249307 |
| Typenprüfung Pfahlkopfausbildung / Template E-Test / Typecertification Pile head design / Template E-Test | D0242-1800, D0242-1801, D0242-1802 |
| Geo-Parkino / Geo-Parkino | |
| Statische Berechnung / Design calculation | E3-027, D0219052 (B500B/B450B) |

| Index | Änderungen/ Changes | Datum/ Date | Ges./ Proj. | Gez./ Bez. |
|---|---|---|---|---|
| 1.0 | Allgemeine und konstruktive Anpassungen | 04.02.2022 | VV | PM |

ENERCON GmbH, Dreekamp 5, 26605 Aurich, Germany

H+P Ingenieure GmbH (Hegger + Partner), Kackertstraße 10, 52072 Aachen

Prüfdampf / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type: E-138 EP3 E3+HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content: Schalplan Übersicht Variante A: 30-x Ortbetonrammpfähle mit Ø51cm / Shuttering drawing overview option A: 30x in-situ concrete displacement piles with Ø51cm

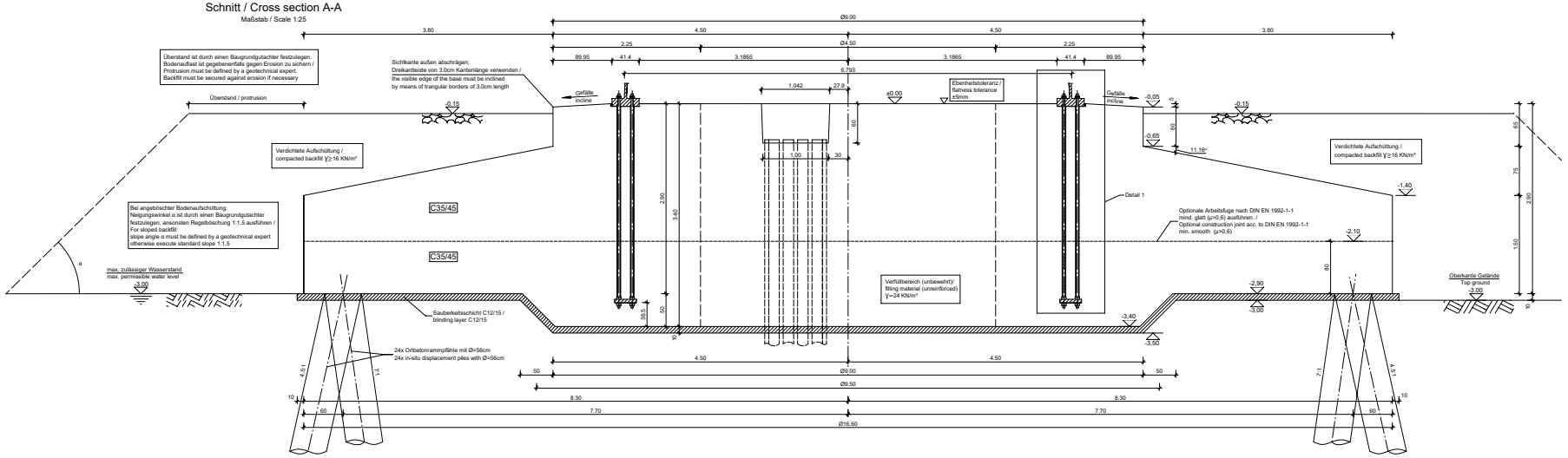
Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (DF)

| Gezeichnet / Prepared: | Geprüft / Checked: | Freigegeben / Approved: |
|---|---|---|
| 05.11.2021 VV | 05.11.2021 JL | 05.11.2021 CG |

| Maßstab / scale: | Plan-Nr. / plan no.: | Blattgröße/Schriftfeld size | Projekt-Nr. / project number: |
|---|---|---|---|
| wie angezeigt / as shown | D0242179/5/1.0 | DIN A0 | E21-027 Df |

## Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25

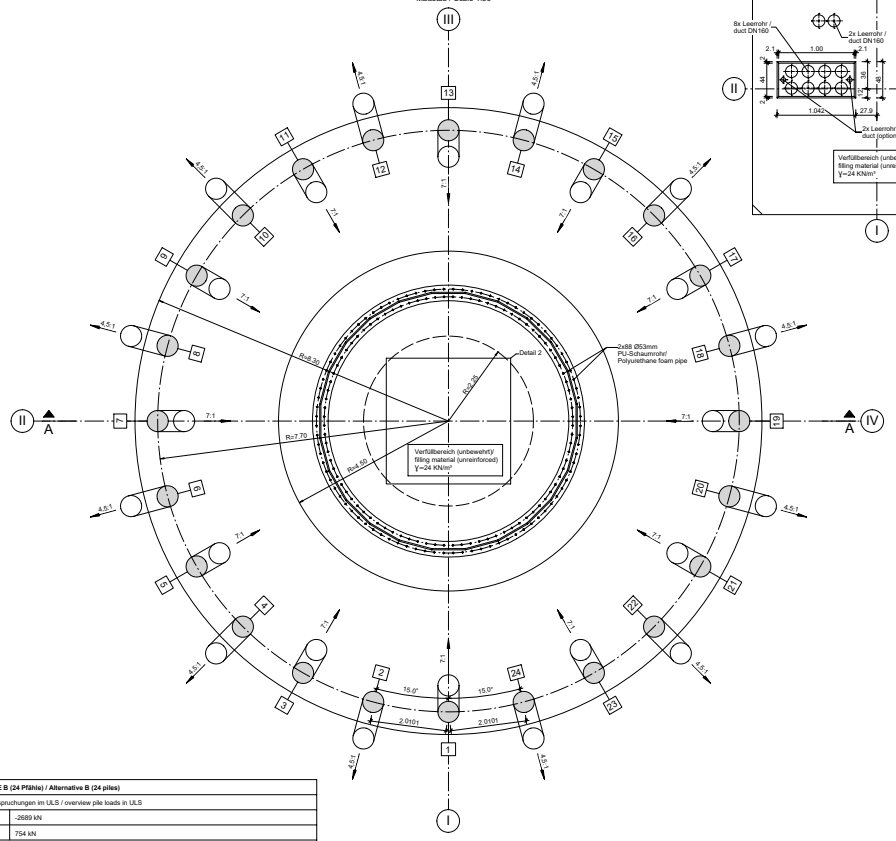



## Draufsicht Fundament / Top view foundation

Variante / option B

24x Ortbetonrammpfähle mit Ø=56cm / 24x in-situ displacement piles with Ø=56cm

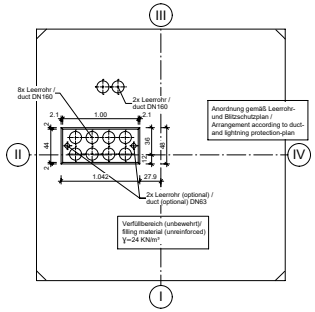
Maßstab / Scale 1:50




## Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

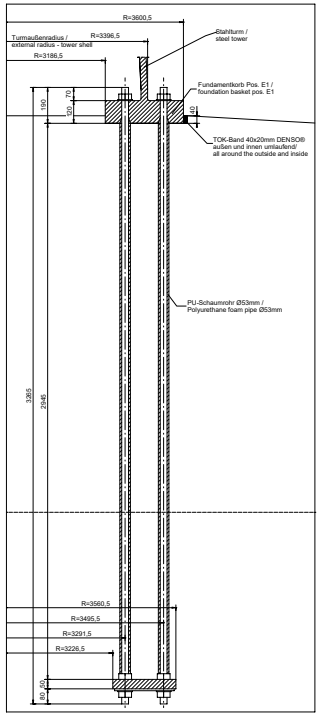
Angaben in [cm/m]




## Detail 1

Maßstab / Scale 1:10

Angaben in [mm]

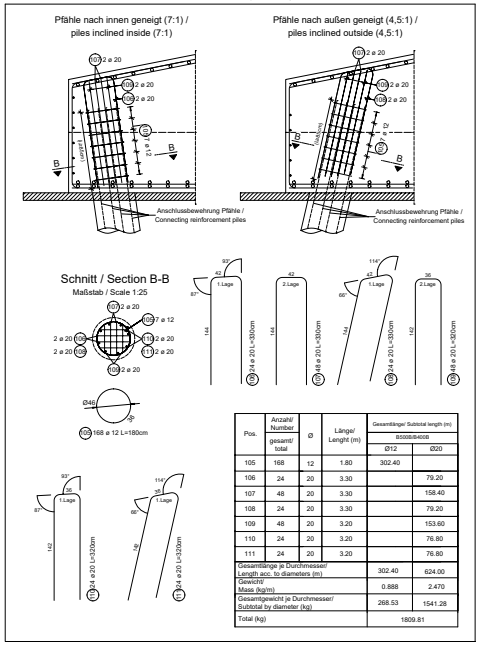



Der Beton unterhalb des T-Flansches ist nur von einer Seite einzufüllen und zu verdichten, um Fehlstellen und Lufteinschlüsse unterhalb des T-Flansches zu verhindern. In der Fuge T-Flansch zu Fundamentbeton ist ein vollflächiger und kraftschlüssiger Kontakt herzustellen. Die Betonoberfläche ist außen bis zur Oberseite des TOK-Bandes hochzuführen. /

The concrete underneath the T-flange must be filled and compacted from one side only to prevent defects and air pockets underneath the T-flange.In the joint T-flange to foundation concrete a full-surface and force fit contact must be established. The concrete surface must be elevated on the outside to the top of the TOK-Band.

## Exemplarische Anschlussbewehrung Pfähle / Exemplary connecting reinforcement piles

Maßstab / Scale 1:25




## Schnitt / Section B-B

Maßstab / Scale 1:25




| Pos. | Anzahl/ Number gesamt/ total | Ø | Länge/ Lenght (m) | Gesamtlänge/ Subtotal length (m) B500B/B4400B Ø12 | Ø20 |
|---|---|---|---|---|---|
| 105 | 168 | 12 | 1.80 | 302.40 | |
| 106 | 24 | 20 | 3.30 | | 79.20 |
| 107 | 48 | 20 | 3.30 | | 158.40 |
| 108 | 24 | 20 | 3.30 | | 79.20 |
| 109 | 48 | 20 | 3.20 | | 153.60 |
| 110 | 24 | 20 | 3.20 | | 76.80 |
| 111 | 24 | 20 | 3.20 | | 76.80 |
| Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m) | | | | 302.40 | 624.00 |
| Gewicht/ Mass (kg/m) | | | | 0.888 | 2.470 |
| Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg) | | | | 268.53 | 1541.28 |
| Total (kg) | | | | 1809.81 | |

## Detail

Schutzkappe / protection cap




| VARIANTE B (24 Pfähle) / Alternative B (24 piles) | | |
|---|---|---|
| Pfahlbeanspruchungen im ULS / overview pile loads in ULS | | |
| min N = | -2689 kN | |
| max N = | 754 kN | |
| Pfahlbeanspruchungen Gruppe N/A/T, γ=1,0 / overview pile loads group N/A/T, γ=1,0 | | |
| min N = | -2246 kN | |
| max N = | 480 kN | |

## Einbauteile / Cast-in Elements

| Pos | Stück / Quantity | Bezeichnung / Description | Hersteller / Manufacturer |
|---|---|---|---|
| E1 | 1 | Fundamentkorb / foundation basket | nach Angabe ENERCON, acc. to ENERCON (ZNr. D02402535) |

**Optionale Arbeitsfuge bei h>0,80m:**
Für den 1. Betonierabschnitt h=0,80m gilt, dass der 2. Betonierabschnitt erst bei Erreichen der Betonfestigkeitsklasse C25/30 zulässig ist.
Die optionale Arbeitsfuge ist nach DIN EN 1992-1-1 mind. glatt (μ=>0,6) auszuführen.
Eine entsprechende Tragfähigkeit des Baugrunds ist standortbezogen von einem verantwortlichen Baugrundsachverständigen zu bestätigen.

**Optional construction joint at h>0,80m:**
For the first concrete section at h=0,80m has to be considered that the further concrete section is permitted only on reaching the concrete strenght class C25/30.
Optional construction joint has to be carried out min. smooth (μ=>0,6) acc. to DIN EN 1992-1-1
A load-bearing capacity of the subsoil has to be confirmed site-specific by a responsible soil expert.

**Rammebene:**
- Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80m auszuführen.
- Die Anforderungen und Anmerkungen im Fundamentsteckbrief sind zu beachten.

**Pile-driving platform:**
- The pile-driving platform must be executed on top ground level and with a height h=0,8m.
- The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

**Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:**
Die statisch erforderliche dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodenwichte im endfertigen Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Windbedingungen ≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

**ACHTUNG:**
Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind zusätzliche Betonierfugen, neben der auf dem vorliegenden Schalplan angegebenen optionalen Betonierfuge, im Fundament nicht zulässig. Falls eine zusätzliche Betonierfuge erforderlich ist, so ist hierfür rechtzeitig vor Baubeginn ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen, und eine Anpassung der Fundamentbewehrung ist zwingend erforderlich. In diesem Fall ist WIRD umgehend zu informieren.

**ATTENTION:**
If the foundation is executed according to the present formwork drawing, including the corresponding reinforcement drawings, no additional construction joints, beside the optional construction joint in the present formwork drawing, are permitted inside the foundation. If an additional construction joint is required, an additional verification must be provided timely before start of work, and a modification of the foundation reinforcement is mandatory. In this case, WIRD must be informed immediately.

**Baugrundanforderungen:**
- Die Baugrundparameter sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit den in der Statischen Berechnung angesetzten Parametern abzugleichen. H+P Ingenieure geht davon aus, dass eine standortbezogene Pfahlbemessung/Optimierung durchgeführt wird.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.
- Es ist standortbezogen durch den Bodengutachter zu prüfen und zu bestätigen, dass der Baugrund die Lasten aus dem 1. Betonierabschnitt sowie die Lasten aus dem Ankerkorb aufnehmen kann.
- Die Pfahlbemessung inklusive der Bemessung der Anschlussbewehrung ist auf Grundlage der standortspezifischen Baugrundparameter durchzuführen.

**Soil requirements:**
- The subsoil parameter have to be defined by a geotechnical expert for every location and have to be checked with parameters considered in the statical calculation. H+P Ingenieure assumes that on every location a pile designcalculation is performed.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.
- It has to be checked and confirmed by the local geotechnical expert that loads of the first concrete step and the dead load of the anchor basket can be carried by the soil.
- The pile design including the design of the connecting reinforcement has to be carried out on the basis of the site-specific subsoil parameters.

**Allgemeines:**
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Für das Fundamentmaterial ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials und -aufschüttung.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten. Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Das zyklische Erstbelastungsalter des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
- Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentstatik sind zu beachten.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier- und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind entsprechend zeitig vor einem Betoniervorgang festzulegen.
- Für den Fall, dass Fugenbänder eingebaut werden, sind diese in die Bewehrungspläne hinzuzuzeichnen.
- Für den Fundamentbeton und die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ=>0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Es ist zwischen den Beteiligten und dem Bodengutachter abzustimmen, ob im konkreten Fall eine Fundamentbetonage ohne Arbeitsfuge erfolgen kann. Sollen eine Ausführung ohne Arbeitsfuge erfolgt, ist der Einbau der Positionen mit Positionsnummer >1000 nicht erforderlich. Im Falle einer Anordnung der im Schalplan dargestellten Arbeitsfuge ist eine Verzahnung der Betonierabschnitte nicht erforderlich.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0161810) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert für $f_{ct,eff}$ = 2,75 N/mm² für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

**Zement:**
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- For the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- For the case that a joint ribbon is installed, this must be drawn in.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ=>0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- It has to clarified between the geotechnical expert and involved parties if an execution without a construction joint is possible. In case of concreting without a construction joint reinforcement with numbers >1000 is not required.
- In case that the construction joint shown in the schuttering drawing is arranged the reinforcement with numbers >1000 is not required.
- The reinforcing steel material specification (D0161810) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value for $f_{ct,eff}$=2,75N/mm for an early constraint was used. This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

**Zugehörige Zeichnungen / respective drawings**

**Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation**

| | |
|---|---|
| Schalplan Nr. / shuttering drawing no. | D0242796, D0242796, D0242797 |
| Bewehrungszeichnung Nr. 3500R / Reinforcement drawing no. 3500R | D0241805, D0241806 |
| Bewehrungszeichnung Nr. 3600R / Reinforcement drawing no. 3600R | D0241811, D0241812 |
| Auszeichnung Pfahlkörbe 4000R / separate steel bar list 4000R | D0241807 |
| Auszeichnung Pfahlkörbe 4000R / separate steel bar list 4000R | D0249307 |
| Lagerzeichnung Pfahlkorb/Bewehrung Variante 2 bis 7 / drawing of foundation basket/reinforcement variant 2 to 7 | D0241802, D0241801, D0241803 |
| Stahlbauplan / steel plan | |
| Statische Berechnung / design calculation | E21-027, D0216052 (B5008/B4008) |

ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

H+P Ingenieure GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen

| Index/ Index | Änderungen/ Changes | Datum/ Date | Ges./ Proj. | Ges./ Rev. |
|---|---|---|---|---|
| 1.0 | Allgemeine und konstruktive Anpassungen | 04.02.2022 | VV | PM |

Prüfumfang / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type
E-138 EP3 E3+HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

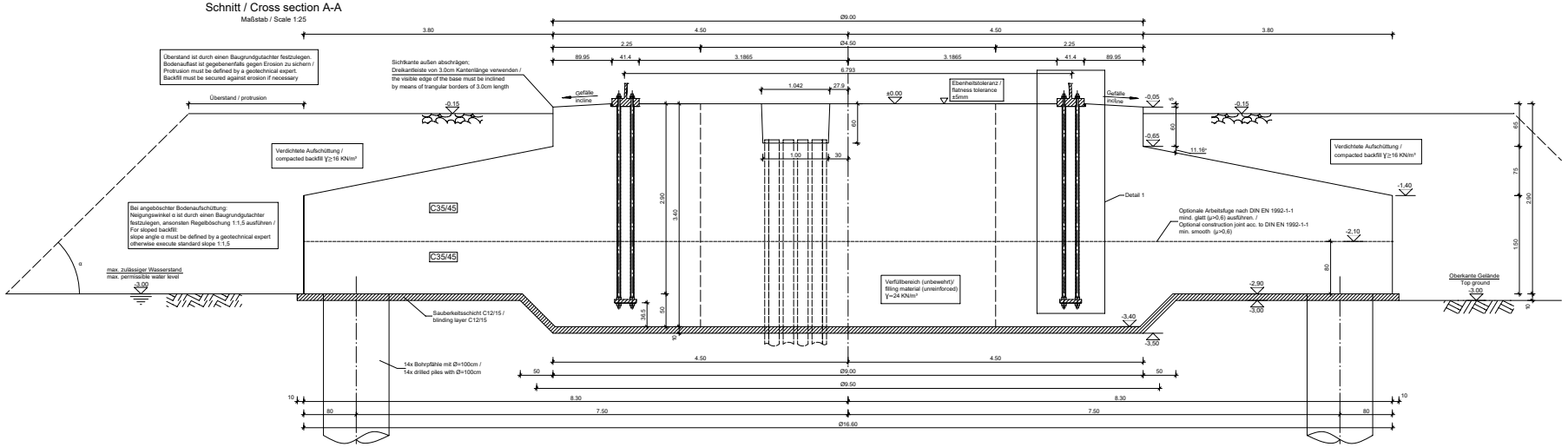
Planinhalt / content
Schalplan Übersicht Variante B: 24x Ortbetonrammpfähle mit Ø=56cm / Shuttering drawing overview option B: 24x in-situ concrete displacement piles with Ø=56cm

| Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (Df) | | | |
|---|---|---|---|
| Gezeichnet / Prepared: | Geprüft / Checked: | Freigegeben / Approved: | |
| 05.11.2021 VV | 05.11.2021 JL | 05.11.2021 CG | |
| Maßstab / scale: | Plan-Nr. / plan no.: | Blattgröße/Schriftgröße / sheet size | Projekt-Nr. / project number |
| wie angezeigt / as shown | D0242179/1.0 | DIN A0 | E21-027 Df |

Erstelldatum: 07.02.2025 Version: 3 - 07.06.2024 Erstellt mit: ELiA-2.8-b5

## Schnitt / Cross section A-A

Maßstab / Scale 1:25



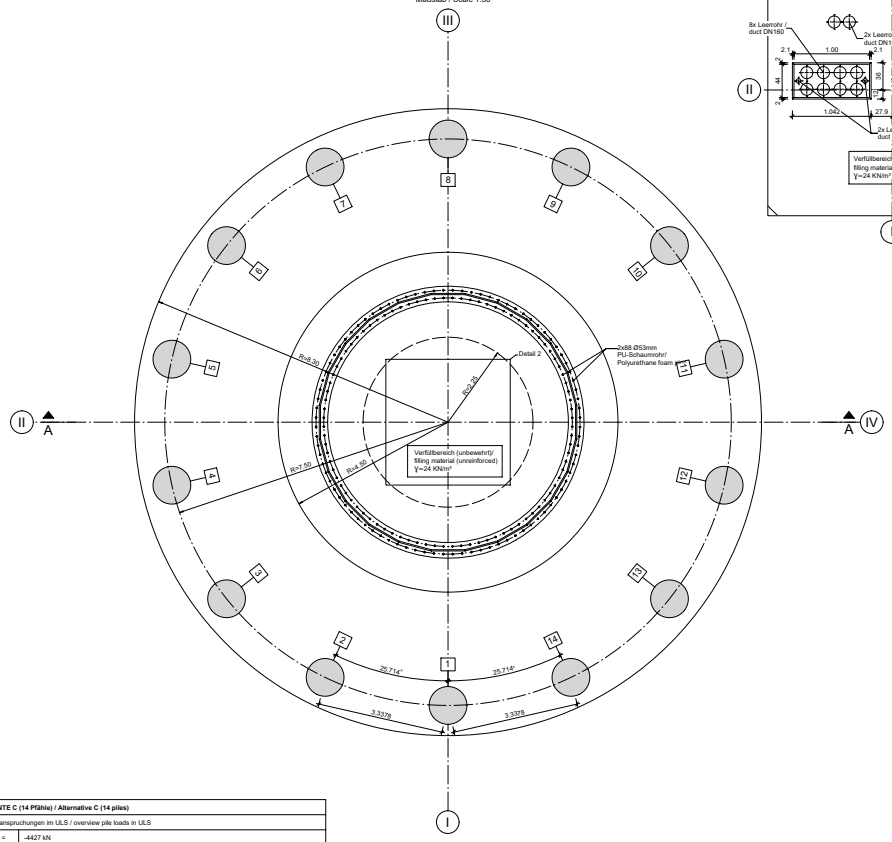

## Draufsicht Fundament / Top view foundation

Variante / option C

14x Bohrpfähle mit Ø=100cm /

14x drilled piles with Ø=100cm

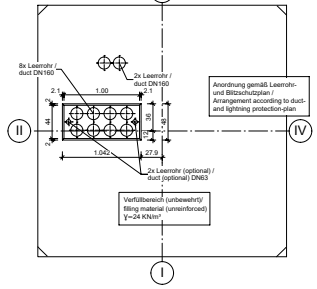
Maßstab / Scale 1:50




## Detail 2

Maßstab / Scale 1:25

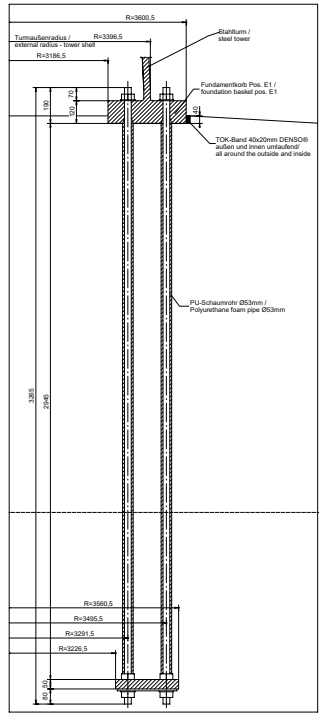
Angaben in [cm/m]




## Detail 1

Maßstab / Scale 1:10

Angaben in [mm]

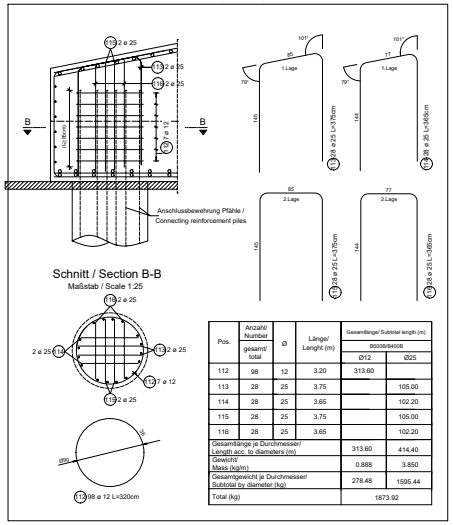



Der Beton unterhalb des T-Flansches ist nur von einer Seite einzufüllen und zu verdichten, um Fehlstellen und Lufteinschlüsse unterhalb des T-Flansches zu verhindern. In der Fuge T-Flansch zu Fundamentbeton ist ein vollflächiger und kraftschlüssiger Kontakt herzustellen. Die Betonoberfläche ist außen bis zur Oberseite des TOK-Bandes hochzuführen. /

The concrete underneath the T-flange must be filled and compacted from one side only to prevent defects and air pockets underneath the T-flange.In the joint T-flange to foundation concrete a full-surface and force fit contact must be established. The concrete surface must be elevated on the outside to the top of the TOK-Band.

## Exemplarische Anschlussbewehrung Pfähle / Exemplary connecting reinforcement piles

Maßstab / Scale 1:25




## Schnitt / Section B-B

Maßstab / Scale 1:25




| Pos. | Anzahl/ Number gesamt/ total | | Ø | Länge/ Lenght (m) | Gesamtlänge/ Subtotal length (m) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | B500B/B450B | |
| | | | | | Ø12 | Ø25 |
| 112 | 98 | 12 | 3.20 | 313.60 | | |
| 113 | 28 | 25 | 3.75 | | | 105.00 |
| 114 | 28 | 25 | 3.65 | | | 102.20 |
| 115 | 28 | 25 | 3.75 | | | 105.00 |
| 116 | 28 | 25 | 3.65 | | | 102.20 |
| Gesamtlänge je Durchmesser/ Length acc. to diameters (m) | | | | | 313.60 | 414.40 |
| Gewicht/ Mass (kg/m) | | | | | 0.888 | 3.850 |
| Gesamtgewicht je Durchmesser/ Subtotal by diameter (kg) | | | | | 278.48 | 1595.44 |
| Total (kg) | | | | | 1873.92 | |

## Detail

Schutzkappe / protection cap



Schutzkappe temporär auf die Enden aller aufrecht stehenden Betonstabstähle aufstecken. Vor dem Betonieren sind alle Schutzkappen wieder zu entfernen. /

A safety cap must be set temporarily onto the endings of all upright steel bars. Before pouring the concrete, all protection caps must be removed.

Betonstabstahl / Steel bar

| VARIANTE C (14 Pfähle) / Alternative C (14 piles) | | |
|---|---|---|
| Pfahlbeanspruchungen im ULS / overview pile loads in ULS | | |
| min N = | -4427 kN | |
| max N = | 1218 kN | |
| | | |
| Pfahlbeanspruchungen Gruppe N/A/T, γ=1,0 / overview pile loads group N/A/T, γ=1,0 | | |
| min N = | -3702 kN | |
| max N = | 770 kN | |

| Einbauteile / Cast-in Elements | | | |
|---|---|---|---|
| Pos | Stück / Quantity | Bezeichnung / Description | Hersteller / Manufacturer |
| E1 | 1 | Fundamentkorb / foundation basket | nach Angabe ENERCON acc. to ENERCON (ZNr. D02337740) |

Optionale Arbeitsfuge bei h>0,80m:
Für den 1. Betonierabschnitt h=0,80m gilt, dass der 2. Betonierabschnitt erst bei Erreichen der Betonfestigkeitsklasse C25/30 zulässig ist.
Die optionale Arbeitsfuge ist nach DIN EN 1992-1-1 mind. glatt (μ=>0,6) auszuführen.
Eine entsprechende Tragfähigkeit des Baugrunds ist standortbezogen von einem verantwortlichen Baugrundsachverständigen zu bestätigen.

Optional construction joint at h>0,80m:
For the first concrete section at h=0,80m has to be considered that the further concrete section is permitted only on reaching the concrete strenght class C25/30.
Optional construction joint has to be carried out min. smooth (μ=>0,6) acc. to DIN EN 1992-1-1
A load-bearing capacity of the subsoil has to be confirmed site-specific by a responsible soil expert.

Rammebene:
- Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante und mit einer Höhe h=0,80m auszuführen.
- Die Anforderungen und Anmerkungen im Fundamententwurf sind zu beachten.

Pile-driving platform:
- The pile-driving platform must be executed on top ground level and with a height h=0,8m.
- The requirements and annotations in the foundation data sheet must be observed.

Verdichtete Aufschüttung / Compacted backfill:
Die statisch erforderliche dauerhafte Aufschüttung ist zum frühestmöglichen Zeitpunkt auf das Fundament aufzubringen und mit geeigneten Verfahren zu verdichten, um die angegebene Mindest-Bodensteife im endfertigen Zustand zu erreichen. Nach Beendigung des Turmaufbaus, spätestens jedoch nach vollendeter Montage der Windenergieanlage, muss die verdichtete Aufschüttung auf dem Fundament vorhanden sein. Mit dem Aufbringen der Aufschüttung darf nicht bis zur Inbetriebnahme der Windenergieanlage gewartet werden. Bei prognostizierten extremen Witterungslagen (≥ 21 m/s (Beaufort 8) sind vorzeitig entsprechende Maßnahmen zu treffen.

The permanent backfill required for structural reasons must be applied to the foundation at the earliest possible time, and must be compacted by appropriate methods to attain the specified minimum soil unit weight in earth-moist condition. After finishing the tower erection, but at the latest after the completed installation of the wind turbine, the compacted backfill must be available on the foundation. It is not permitted to apply the compacted backfill just before putting the wind turbine into operation. If extreme wind conditions ≥ 21 m/s (Beaufort 8) are predicted, appropriate measures must be taken in advance.

ACHTUNG:
Bei Ausführung des Fundamentes gemäß des vorliegenden Schalplans, einschließlich der zugehörigen Bewehrungspläne, sind zusätzliche Betonierfugen, neben der auf dem vorliegenden Schalplan angegebenen optionalen Betonierfuge, im Fundament nicht zulässig. Falls eine zusätzliche Betonierfuge erforderlich ist, so ist hierfür rechtzeitig vor Baubeginn ein zusätzlicher Nachweis zu erbringen, und eine Anpassung der Fundamentbewehrung ist zwingend erforderlich. In diesem Fall ist WRD umgehend zu informieren.

ATTENTION:
If the foundation is executed according to the present formwork drawing, including the corresponding reinforcement drawings, no additional construction joints, beside the optional construction joint in the present formwork drawing, are permitted inside the foundation. If an additional construction joint is required, an additional verification must be provided timely before start of work, and a modification of the foundation reinforcement is mandatory. In this case, WRD must be informed immediately.

Baugrundanforderungen:
- Die Baugrundparameter sind durch einen ortskundigen Baugrundgutachter festzulegen und mit den in der Statischen Berechnung angesetzten Parametern abzugleichen. H+P Ingenieure geht davon aus, dass eine standortbezogene Pfahlbemessung/Optimierung durchgeführt wird.
- Der maximale Grundwasserspiegel liegt auf Höhe der Geländeoberkante.
- Es ist standortbezogen durch den Bodengutachter zu prüfen und zu bestätigen, dass der Baugrund die Lasten aus dem 1. Betonierabschnitt sowie die Lasten aus dem Ankerkorb aufnehmen kann.
- Die Pfahlbemessung inklusive der Bemessung der Anschlussbewehrung ist auf Grundlage der standortspezifischen Baugrundparameter durchzuführen.

Soil requirements:
- The subsoil parameter have to be defined by a geotechnical expert for every location and have to be checked with parameters considered in the statical calculation. H+P Ingenieure assumes that on every location a pile designoptimization is performed.
- The maximum permissible soil water level is at height of the ground level.
- It has to be checked and confirmed by the local geotechnical expert that loads of the first concrete step and the dead load of the anchor basket can be carried by the soil.
- The pile design including the design of the connecting reinforcement has to be carried out on the basis of the site-specific subsoil parameters.

Allgemeines:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Für den Unterbeton (Sauberkeitsschicht) sind die Anforderungen nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten. Ausführung Unterbeton (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Oberkante des Geländes muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Für das Fundamentmaterial ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials und -schalung.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten. Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Das zyklische Ermüdungsnachweis des Fundamentbettes muss mindestens 28 Tage betragen.
- Ggf. erhöhte Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentstatik sind zu beachten.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Haftschweißungen sind unzulässig.
- Es sind ausreichend Betonier- und Rüttellücken anzuordnen.
- Der Beton ist mit Hilfe von Einbaurohren oder -schläuchen einzubringen (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Die Betonage ist durch einen Betontechnologen zu überwachen und protokollarisch festzuhalten.
- Für den Fundamentbeton und die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ=0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Es ist zwischen den Beteiligten und dem Bodengutachter abzustimmen, ob im konkreten Fall eine Fundamentbetonage ohne Arbeitsfugen erfolgen kann. Sofern eine Ausführung ohne Arbeitsfuge erfolgt, ist der Einbau der Positionen mit Positionsnummer >1000 nicht erforderlich. Im Falle einer Anordnung der im Schalplan dargestellten Arbeitsfuge ist eine Rüttelgasse für die Einbauposition der Pos. >1000 vorzusehen.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D2161810) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Rissbreite wurde ein reduzierter Wert für $t_0$ = 0,7*d/m für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

Genauigkeit:
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Design basis: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The data of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- A welding of the reinforcement bars, including tack welds are not allowed.
- Sufficient gaps for concrete infill and compaction have to be arranged.
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- The base has to be concreted by a concrete technologist.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ=0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- For the construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- It has to clarified between the geotechnical expert and involved parties if an execution without a construction joint is possible. In case of concreting without a construction joint reinforcement with numbers >1000 is not required. In case that the construction joint shown in the schuttering drawing is arranged the reinforcement with numbers >1000 is required.
- The reinforcing steel material specification (D2161810) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value $t_0$=0,7*d/m for an early constraint was used. This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

Zugehörige Zeichnungen / respective drawings

| Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation | |
|---|---|
| Schalplan Nr. / shuttering drawing no. | D02421796, D02421796, D02421797 |
| Bewehrungszeichnung Nr. (B500B) / Reinforcement drawing no. (B500B) | D02421805, D02421806 |
| Bewehrungszeichnung Nr. (B450B) / Reinforcement drawing no. (B450B) | D02421811, D02421812 |
| separate Stahlzeichnung B500B / separate steel bar list B500B | D02421807 |
| separate Stahlzeichnung B450B / separate steel bar list B450B | D02499307 |
| Typenblatt bzw. Pfahlprobebelastung / type sheet or Type of verification Pile probe loading test | D02421802, D02421801, D02421802 |
| Geo-Parameter / Geo-values | |
| Statische Berechnung / Design calculation | E21-027, D02116052 (B500B/B450B) |

| Index | Änderungen / Changes | Datum / Date | Ges. / Prep. | Ges. / Rev. |
|---|---|---|---|---|
| 1.0 | Allgemeine und konstruktive Anpassungen | 04.02.2022 | VV | PM |

Prüfdampel / Certification Stamp

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type: E-138 EP3 E3+HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content: Schalplan Übersicht Variante C: 14x Bohrpfähle mit Ø=100cm / Shuttering drawing overview option C: 14x drilled piles with Ø=100cm

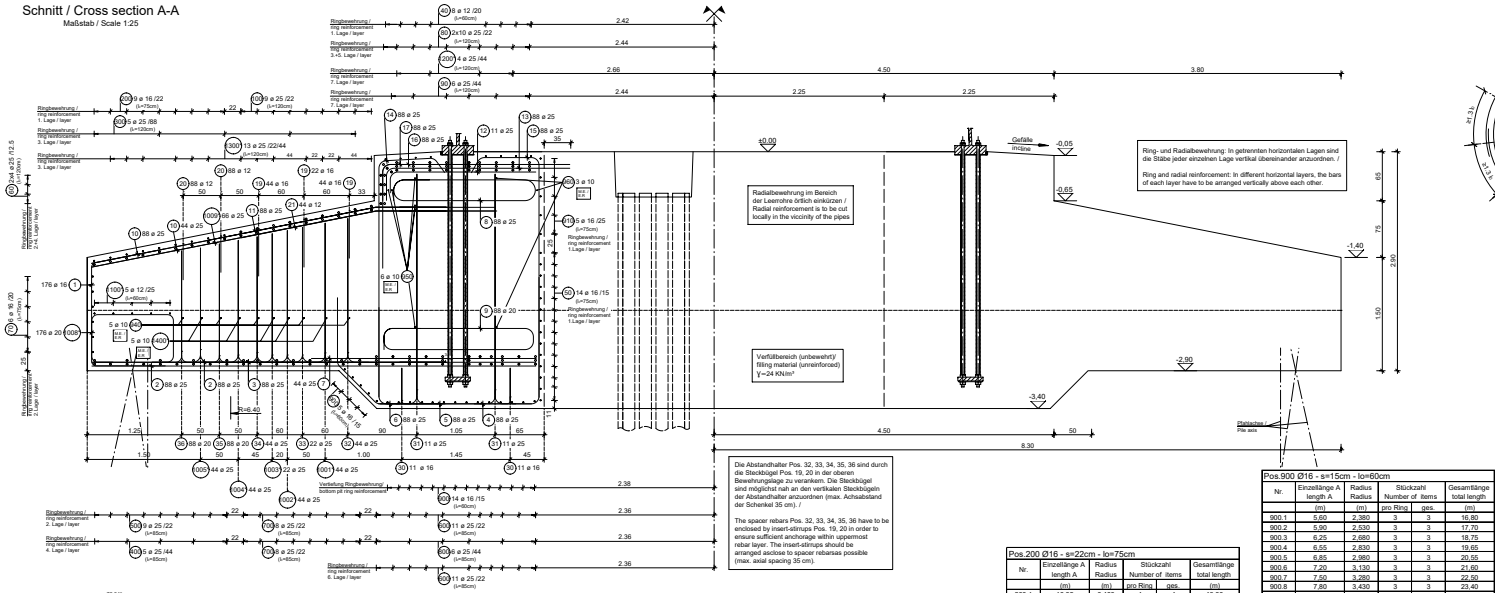
Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (Df)

| Gezeichnet / Prepared: | Geprüft / Checked: | Freigegeben / Approved: |
|---|---|---|
| 05.11.2021 VV | 05.11.2021 JL | 05.11.2021 CG |

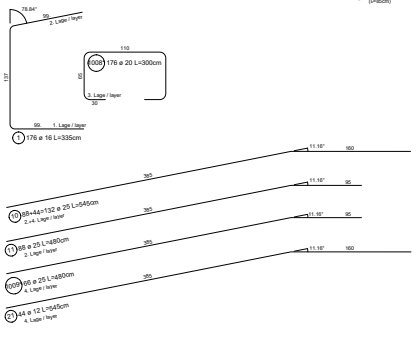
| Maßstab / scale: | Plan-Nr. / plan no.: | Blattgröße/Schriftfeld size | Projekt-Nr. / project number: |
|---|---|---|---|
| wie angezeigt / as shown | D02421797/1.0 | DIN A0 | E21-027 Df |

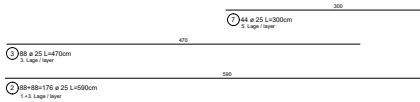
## Schnitt / Cross section A-A

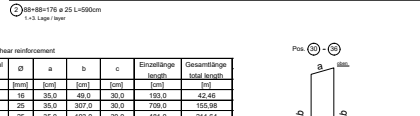
Maßstab / Scale 1:25

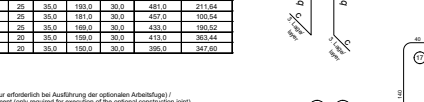



Ring- und Radialbewehrung: In getrennten horizontalen Lagen sind die Stäbe jeder einzelnen Lage vertikal übereinander anzuordnen. /
Ring and radial reinforcement: In different horizontal layers, the bars of each layer have to be arranged vertically above each other.



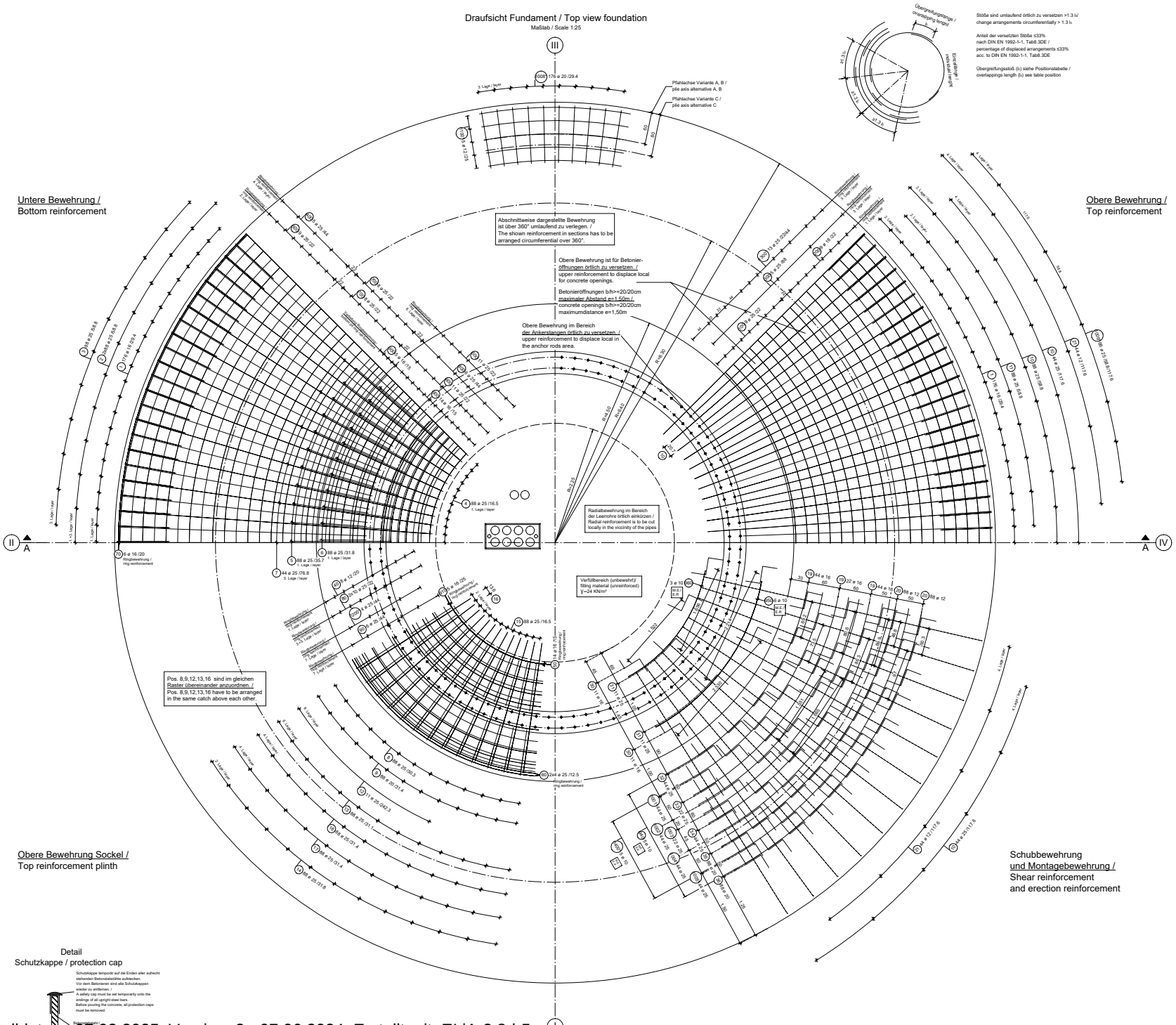





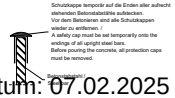


## Draufsicht Fundament / Top view foundation

Maßstab / Scale 1:25



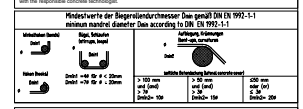

### Detail
Schutzkappe / protection cap




Abbreviations:
- Planungsvorgabe ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- Richtlinie 2012/2015.
- Bemessungsgrundlage: DIN EN 1992-1-1/ NA Deutschland.
- Zwischen Baugrund und Fundament ist eine Sauberkeitsschicht C12/15 anzuordnen.
- Fundamentoberfläche und Arbeitsfugen sind entsprechend nach DIN 18202 bezüglich der Ebenheit einzuhalten.
- Anordnung Unterlagen (Sauberkeitsschicht) nach Spezifikation ENERCON.
- Die Oberkante des Gelände muss 3,00m unterhalb der Fundamentoberkante liegen.
- Die Auflast des Verfüllmaterials ist aus statischer Sicht erforderlich, die Mindestwerte der Wichte des Verfüllmaterials sind einzuhalten.
- Die Erdung des Fundamentes sowie der Verlauf der Leitungskanäle nach Angabe ENERCON.
- Im Bereich der Einbauteile (Ankerkorb) ist der Beton sorgfältig zu verdichten. Lufteinschlüsse sind zu vermeiden.
- Die Mindestbetondruckfestigkeit zum Zeitpunkt der Vorspannung muss der Betondruckfestigkeitsklasse C35/45 entsprechen.
- Das zyklische Ermüdungsnachweis des Fundamentbetons muss mindestens 28 Tage betragen.
- Ggf. örtliche Anforderungen gemäß Turm- bzw. Fundamentbaustatik sind zu beachten.
- Ein Schweißen der Bewehrungsstäbe, auch Heftschweißungen sind unzulässig.
- Der Beton ist mit Trinkwasser oder gleichwertigem Wasser herzustellen.
- Der Beton ist mit 100% von Einbauorten oder -schächten umgebungsfeuchten (maximale Fallhöhe=50cm)
- Es ist ein Beton mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung zu verwenden.
- Die Frischbetoneigenschaften sind standortabhängig von einem Betontechnologen festzulegen.
- Für eine Betonage bei niedrigen Temperaturen ist in jedem Fall ein Betontechnologe hinzuzuziehen.
- Für den Fundamentbeton sind die Anforderungen an die Nachbehandlung gemäß DIN EN 13670 mit den zusätzlichen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Bei Anordnung einer zusätzlichen Arbeitsfuge ist eine erweiterte statische Bewertung erforderlich. Die Anordnung von Arbeitsfugen führt zu einer größeren Menge an Schub- und Biegebewehrung.
- Die optionale Arbeitsfuge in der Fundamentplatte ist nach DIN EN 1992-1-1 mindestens glatt (μ=0,6) auszuführen.
- Bei der Bauausführung ist DIN EN 13670 in Kombination mit den zugehörigen nationalen Anwendungsregeln zu beachten.
- Sie ist zwischen den Betonlagen und dem Betonquerschnitt abzudichten, ob im konkreten Fall eine Fundamentbetonage mit Arbeitsfuge erfolgen kann. Sofern eine Ausführung ohne Arbeitsfuge erfolgt, ist der Einbau der Positionen mit Positionsnummer > 1000 nicht erforderlich. Im Falle einer Anordnung der im Schalplan dargestellten Arbeitsfuge ist die Bewehrung mit Positionsnummer >1000 zwingend erforderlich.
- Die Materialspezifikation Betonstahl (D0161818) von der ENERCON GmbH ist zu beachten.
- Die ENERCON-Spezifikationen und Technischen Anweisungen zur Herstellung von Fundamenten sind zu beachten.
- In den statischen Nachweisen zur Risikreife wurde ein reduzierter Wert fct.eff =0,7*fctm für frühen Zwang angesetzt. Dies ist in der Festlegung des Betons, der Betonage und der Nachbehandlung zu berücksichtigen und mit dem verantwortlichen Betontechnologen abzustimmen.

General:
- Design data ENERCON: DIN EN 61400-1 (IEC 61400-1:2005+A1:2010), DIBt- guideline 2012/2015.
- Design ground: DIN EN 1992-1-1/NA Germany.
- Between subsoil and base a blinding course C12/15 is required.
- For the subconcrete (blinding course) the requirements of DIN 18202 regarding the levelness have to be observed.
- Design of subconcrete (blinding course) according to specifications ENERCON.
- The top ground surface must be 3,00m below the top of the foundation.
- The weight of the filling material is statically necessary, the minimum values of the unit weight of the filling material must be met.
- The earthing of the base and the gradient of the ducts according to ENERCON.
- In the area of the mounting parts (foundation basket) the concrete is to compact carefully, avoid air inclusions.
- The minimum concrete compressive strength at the time of prestressing must be equal to concrete compressive strength class C35/45.
- The initial cyclic loading age of the foundation concrete must be at least 28 days. If necessary, increased requirements according to tower or foundation basket structural analysis must be observed.
- A welding of the reinforcement bars, including back welds are not allowed.
- The joint has to be sealed between the concrete layers, if or not
- The concrete has to be placed by using installation tubes or hoses (maximum drop height = 50cm).
- There is to apply a concrete with low hydration development.
- The properties of the unset concrete, based on location, have to be determined by a concrete technologist.
- For concreting at low temperatures, a concrete technologist is to consult, in each case.
- For the foundation concrete the curing requirements according to DIN EN 13670 in addition with the national application rules have to be considered.
- When arranging an additional construction joint, an extended static assessment is required. The arrangement of construction joints leads to a greater amount of shear and bending reinforcement.
- The optional construction joint within the foundation has to be carried out at least smooth (μ=0,6) according to DIN EN 1992-1-1.
- During construction DIN EN 13670 in combination with the associated national application rules has to be observed.
- It has to clarified between the geotechnical expert and involved parties if an execution without a construction joint is possible. In case of concreting without a construction joint reinforcement with numbers >1000 is not required. In case that the construction joint shown in the schuttering drawing is arranged the reinforcement with numbers >1000 is required.
- The reinforcing steel material specification (D0161818) from ENERCON GmbH has to be considered.
- The ENERCON foundation specifications and technical instructions for manufacturing of foundations have to be considered.
- In the static crack width evidence, a reduced value fct.eff=0,7*fctm for an early constraint was used. This must be taken into account in the specification of the concrete, the concreting and the aftertreatment and agreed with the responsible concrete technologist.

**Mindestwerte der Biegerollendurchmesser (Dorn gemäß EN EN 1992-1-1 minimum mandrel diameter (Dm according to DIN EN 1992-1-1**




Angaben entsprechen DIN EN 206-1 und DIN EN 1992-1-1
specification according to DIN EN 206-1 and DIN EN 1992-1-1

**Kreisfundament / circle foundation**

| Bauteil / element | Beton / concrete | Betonstahlsorte / reinforcement steel | Überwachungsklasse / monitoring class | Feuchtigkeitsklasse / humidity class | Betonmenge / concrete quantity (m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| Fundament / Foundation | C35/45 | B500B | ÜK2 | WF | 499.09 |
| Expositionsklasse / exposure class | außen / external: XC4,XF1,XA1 | | innen / internal: XC3 | | --- |

**Betondeckung / concrete cover**

| | | | |
|---|---|---|---|
| Vorhaltemaß / allowance | Δ cdev | | 15 mm |
| Mindestwert Vorlagemaß der Bewehrungslage / nominal dimension of concrete cover for the 1. reinforcement layer | cmin | innen / internal | 40 mm |
| | | außen / outside | 50 mm |
| | | seitlich / sideways | 50 mm |

**Besondere Anforderungen / special requirements**

| | |
|---|---|
| Größtkorn im Bereich der unteren und oberen Bewehrungslage und im Bereich des Ankerkorbs / nominal value of maximum grain size aggregates by bottom and upper reinforcement layer and in the foundation basket | 16 mm |
| Größtkorn im mittleren Fundamentbereich / nominal value of maximum grain size aggregates in the other parte | 32 mm |
| Zement mit niedriger Hydratationswärmeentwicklung / value of cement with low hydration heat | NW / (LH) |
| Konsistenzklasse im Bereich der Sohlverteilung und des unteren Ankerrings / Consistency class in the area of the bottom pit and the lower anchor ring | F4 / S4 |
| Konsistenzklasse im übrigen Fundament / Consistency class in the rest of the foundation | F3 / S3 |
| Es ist langsam erhärtender Beton zu verwenden / Slow hardening concrete is to be used | ≥t0.3 |

Die DBV-Merkblätter "Betondeckung und Bewehrung" und "Abstandhalter" sind zu berücksichtigen
The DBV data sheets "concrete cover and concrete reinforcement" and "spacer" have to be considered

**Sauberkeitsschicht / blinding layer**

| Bauteil / element | Beton / concrete | Betonstahlsorte / reinforcement steel | Überwachungsklasse / monitoring class | Feuchtigkeitsklasse / humidity class | Betonmenge / concrete quantity (m³) |
|---|---|---|---|---|---|
| | C12/15 | --- | --- | --- | 22.67 |
| Expositionsklasse / exposure class | außen / external: X0 | | innen / internal: X0 | | --- |

**Besondere Anforderungen / special requirements**

| | |
|---|---|
| --- | --- |
| --- | |

ENERCON-Spezifikationen / - Arbeitsanweisungen sind zusätzlich zu berücksichtigen
ENERCON-specifications / - work instructions must be considered

**Zugehörige Zeichnungen / respective drawings**

Zugehörige statische Berechnungen / respective design calculation

| | |
|---|---|
| Fundament / Foundation drawing no.: | D0242796, D0242796, D0242797 |
| Bewehrungszeichnung für 3920E / Reinforcement drawing no.:3920E | D0242180S, D0242180S |
| Bewehrungszeichnung für 4420E / Reinforcement drawing no.:4420E | D0242181I, D0242181Z |
| separate Stahlstückliste 4420E / separate steel bar list 4420E | D0242180T |
| separate Stahlstückliste 4420E / separate steel bar list 4420E | D0245820T |
| separate Stahlstückliste 4420E / separate steel bar list 4420E | D0242180E, D0242180E1, D0242180Z |
| Typenblatt / Type Certificate: | --- |
| Statische Berechnung / design calculation: | E21-027, D0219055Z (B0005/B4005) |


ENERCON GmbH
Dreekamp 5
26605 Aurich
Germany

IHP Ingenieurbüro GmbH (Hegger + Partner)
Kackertstraße 10
52072 Aachen


| Index / Index | Änderungen / Changes | Datum / Date | Ges. / Proj. | Ges. / Rev. |
|---|---|---|---|---|
| 1.0 | Allgemeine und konstruktive Anpassungen | 04.02.2022 | VV | PM |

Prüfstempel / Certification Stamp:

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

TÜV NORD CERT

Turmtyp / Tower type:
E-138 EP3 E3+HST-111-FB-C-01

Standort / Location:

Planinhalt / content:
Bewehrungsplan 2 Ortbetonfundament / Reinforcement drawing 2 cast-in-place-foundation

Tiefgründung (Tg) / Deep foundation (Df)

| Gezeichnet / Prepared: | Geprüft / Checked: | Freigegeben / Approved: |
|---|---|---|
| 16.11.2021 VV | 16.11.2021 JL | 16.11.2021 CG |

| Maßstab / scale: | Plan-Nr. / plan no.: | Blattgröße/Schriftfeld size: | Projekt-Nr. / project number: |
|---|---|---|---|
| wie angezeigt / as shown | D0242180/1.0 | DIN A0 | E21-027 Df |

# Technisches Datenblatt
# Technical data sheet

## E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01

## Tiefgründung
## Deep Foundation

**WZ S GKII (DiBt, Fassung Oktober 2012)**
**WK SA (IEC 61400-1, 4rd Edition, 2019)**

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Anlage zum Prüfbescheid zur Typenprüfung
Nr.: T-7005/22-3 Rev. 0
vom 18. Nov. 2022

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

ENERCON
ENERGY FOR THE WORLD

Freigabe: 2022-02-10 13:18

**Herausgeber**

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Dr. Jürgen Zeschky, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis**

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken**

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt**

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

**Publisher**

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Germany
Phone: +49 4941 927-0 ▪ Fax: +49 4941 927-109
E-mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Managing Directors: Dr. Jürgen Zeschky, Jost Backhaus, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Local court: Aurich ▪ Company registration number: HRB 411
VAT ID no.: DE 181 977 360

**Copyright notice**

The entire content of this document is protected by copyright and – with regard to other intellectual property rights – international laws and treaties. ENERCON GmbH holds the rights in the content of this document unless another rights holder is expressly identified or obviously recognisable.
ENERCON GmbH grants the user the right to make copies and duplicates of this document for informational purposes for its own intra-corporate use; making this document available does not grant the user any further right of use. Any other duplication, modification, dissemination, publication, circulation, surrender to third parties and/or utilisation of the contents of this document – also in part – shall require the express prior written consent of ENERCON GmbH unless any of the above is permitted by mandatory legislation.The user is prohibited from registering any industrial property rights in the know-how reproduced in this document, or for parts thereof.
If and to the extent that ENERCON GmbH does not hold the rights in the content of this document, the user shall adhere to the relevant rights holder's terms of use.

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD
CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

**Registered trademarks**

Any trademarks mentioned in this document are intellectual property of the respective registered trademark holders; the stipulations of the applicable trademark law are valid without restriction.

**Reservation of right of modification**

ENERCON GmbH reserves the right to change, improve and expand this document and the subject matter described herein at any time without prior notice, unless contractual agreements or legal requirements provide otherwise.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

### Dokumentinformation / Document details

| | |
|---|---|
| **Dokument-ID**<br>Document ID | D02411880/3.0 |
| **Vermerk**<br>Note | Originaldokument.<br>Original document |

| **Datum**<br>Date | **Sprache**<br>Language | **DCC** | **Werk / Abteilung**<br>Plant / Department |
|---|---|---|---|
| 2021-07-01 | de;en/en | DA | WRD / Türme und Fundamente<br>WRD / Towers and Foundations |

### Ergänzende Angaben / Additional notes

| **Angaben zum Original (de;en)**<br>**Original document details** | | **Angaben zur Übersetzung (--)**<br>**Translation details** | |
|---|---|---|---|
| Erstellt/Datum:<br>Created/Date: | Behrns, M. / 2021-07-01 | Übersetzt/Datum:<br>Translated/Date: | |
| Geprüft/Datum:<br>Checked/Date: | Villada, J. / 2021-07-01 | Geprüft/Datum:<br>Checked/Date: | |

### Revisionen / Revisions

| Rev. | Datum/Date | Änderung/Change | Erstellt/Created |
|---|---|---|---|
| 0 | 2021-07-01 | Dokument erstellt als Entwurf<br>Document created as draft | MAB |
| 1 | 2021-08-04 | Entwurf entfernt / remove preliminary | MAB |
| 2 | 2021-11-26 | Stahlgewicht / Steel weight | EKA |
| 3 | 2022-02-10 | Stahlgewicht / Steel weight | EKA |

Dieses Dokument wurde auf Anfrage bzw. für einen bestimmten Auftrag verschickt. Der Empfänger wurde nicht registriert.
Der Empfänger wird bei Änderung nicht automatisch informiert.

This document has been forwarded upon request or with regard to a specific order. The recipient has not been registered.
The recipient will not be automatically notified about any amendments.

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

# 1 Allgemeine Angaben / General information

| | | |
|---|---|---|
| Typenstatik | H+P Ingenieure GmbH | *Design-specific structural analysis* |
| Tiefgründung | Ø 16,60 m | *Pile Foundation* |
| Auftrag / Datum | D02190552 / 19.11.2021 | *Order no./ date* |

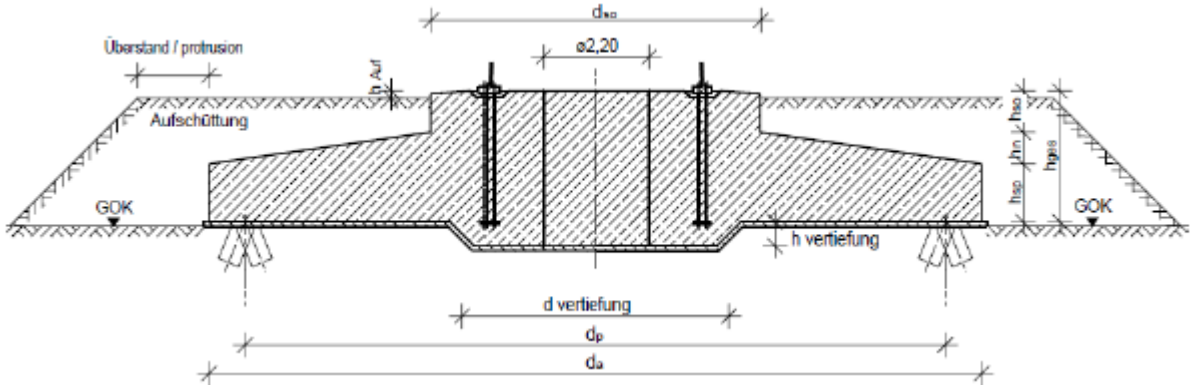
PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT



Freigabe: 2022-02-10 13:18

## 2 Fundamentgeometrie / Foundation dimensions

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Außendurchmesser** | $d_a$ | 16,60 | m | ***Outer diameter*** |
| **Sockeldurchmesser** | $d_{so}$ | 9,00 | m | ***Base diameter*** |
| **Mittelblockdurchmesser (unbewehrt)** | $d_i$ | 4,50 | m | ***Inner diameter (unreinforced)*** |
| **Pfahlkreisdurchmesser Var. A, B** | $d_p$ | 15,40 | m | ***Pile ring diameter Var. A, B*** |
| **Pfahlkreisdurchmesser Var. C** | $d_p$ | 15,00 | m | ***Pile ring diameter Var. C*** |
| **Fundamenthöhe** | $h_{ges}$ | 2,90 | m | ***Foundation height*** |
| **Sockelhöhe** | $h_{so}$ | 0,65 | m | ***Base height*** |
| **Höhe Spornneigung** | $h_n$ | 0,75 | m | ***Spur incline height*** |
| **Spornhöhe** | $h_{sp}$ | 1,50 | m | ***Spur height*** |
| **Differenz Fundamentoberkante - GOK** | $h_{GOK}$ | 3,00 | m | ***Difference between foundation top edge and ground level*** |
| **Differenz Fundamentoberkante – Oberkante Aufschüttung** | $h_{Auf}$ | 0,15 | m | ***Difference between foundation top edge and backfill*** |
| **Durmesser Fundamentvertiefung (gemittelt)** | $d_{Vertiefung}$ | 9,50 | m | ***Diameter of foundation recess (averaged)*** |
| **Vertiefungshöhe** | $h_{Vertiefung}$ | 0,50 | m | ***Recess height*** |
| **Höhe maximal zulässiger Grundwasserstand GWS über UK Sohlvertiefung** | $h_{GWS}$ | 0,40 | m | ***Height of maximum permissible groundwater level GWL above bottom pit*** |
| **Betongüte und Volumen** | C 35/45 | 501 | m³ | ***Concrete quality and volume*** |
| **Stahlgewicht, ohne Arbeitsfuge** | B 500B | 46,4 | t | ***Steel weight, without construction joint*** |
| **Stahlgewicht, mit Arbeitsfuge** | B 500B | 55,3 | t | ***Steel weight, with construction joint*** |
| **Stahlgewicht, ohne Arbeitsfuge** | B 400B | 47,3 | t | ***Steel weight, without construction joint*** |
| **Stahlgewicht, mit Arbeitsfuge** | B 400B | 57,3 | t | ***Steel weight, with construction joint*** |




Der erforderliche Überstand der Aufschüttung über die Fundamentaußenkanten ist durch den verantwortlichen Baugrundgutachter festzulegen.

*The required protrusion of the backfill beyond the outer foundation edges must be defined by the responsible geotechnical expert.*

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

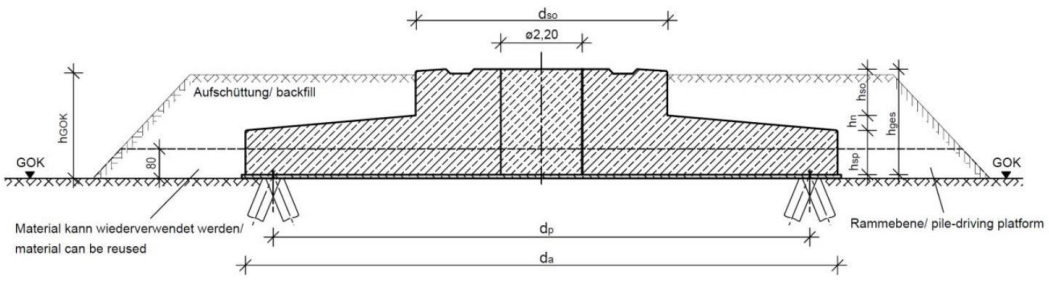
| **Pfähle /Piles:** | | | |
|---|---|---|---|
| **Variante A / Variant A:** | **30 Fertigteilrammpfähle nach innen und nach außen geneigt<br>30 pre-cast driven piles inclined inwards and outwards** | a / b | 45/45 cm |
| **Variante A / Variant A:** | **30 Ortbetonrammpfähle nach innen und nach außen geneigt<br>30 rammed in-situ concrete piles inclined inwards and outwards** | Ø | 51 cm |
| **Variante B / Variant B:** | **24 Ortbetonrammpfähle nach innen und nach außen geneigt<br>24 rammed in-situ concrete piles inclined inwards and outwards** | Ø | 56 cm |
| **Variante C / Variant C:** | **14 Bohrpfähle vertikal<br>14 bored piles vertical** | Ø | 100 cm |

## 2.1 Ergänzende Anforderungen für Tiefgründungen / Additional requirements for deep foundations

Bei allen Tiefgründungen mit Fertigteil- oder Ortbetonpfählen ist vor Beginn der Pfahlarbeiten eine Rammebene gemäß der folgenden Abbildungen vorzubereiten.
Die Rammebene ist auf der Geländeoberkante mit einer Höhe h=0,8 m herzustellen. Etwaige Änderungen an Höhe oder Ausführungsebene sind vor der Ausführung mit ENERCON abzusprechen, und von ENERCON freizugeben.
Die Planung der Rammebene obliegt dem verantwortlichen Baugrundgutachter. Dieser hat eine Aussage über das zu verwendende Material sowie über alle auf die Pfähle einwirkenden Zusatzbelastungen, z. B. durch Seitendruck oder Schrägauflast, zu treffen.

*For all deep foundations with pre-cast or cast-in-situ concrete piles, a pile-driving plat-form according to the following illustrations must be prepared before piling works.*
*The pile-driving platform must be executed with a height h=0.80 m on top ground level. Possible changes of the height or the level of execution must be agreed with ENERCON before execution, and must be approved by ENERCON.*
*The geotechnical expert is responsible for planning the pile-driving platform. A statement about the material to be used for the platform, and also about additional loadings onto the piles, e. g. lateral pressure or sloped backfill, must be made by the geotechnical expert.*

Tiefgründung mit Bodenaufschüttung / *deep foundation with backfill*




© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

# 3 Mindestdreh- und -wegfedersteifigkeiten Minimum rotational and translational spring stiffness

Folgende Mindestwerte sind einzuhalten: *Observe the following minimum values:*

| | |
|---|---|
| **Min. Bodendrehfederkonstanten / Min. value of rotational spring** | **kφ,stat 18750 MNm/rad** |
| | **kφ,dyn 150000 MNm/rad** |
| **Min. Bodenwegfederkonstante / Min. value of translational spring** | **kF,dyn 200 MN/m** |

Es gelten folgende Beziehungen: *The following relations apply:*

$$\frac{1}{k_{\phi,Gesamt}} = \frac{1}{k_{\phi,Fundament}} + \frac{1}{k_{\phi,Pfahlsystem}}$$

$$\frac{1}{k_{\phi,Total}} = \frac{1}{k_{\phi,Foundation}} + \frac{1}{k_{\phi,Pilesystem}}$$

# 4 Zulässige Schiefstellung / Allowed misalignment

Maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung in 25 Jahren bezogen auf den Pfahlkreisdurchmesser.

*Maximum allowed misalignment due to subsoil settlement within 25 years, related to the pile ring diameter.*

**$\Delta s \leq 3$ mm/m**

# 5 Pfahlkräfte / Pile loads

Für den Nachweis der Pfahltragsicherheit sind sowohl Tragfähigkeitsnachweise wie auch Gebrauchstauglichkeitsnachweise zu führen.
Die Pfähle sollten aufgrund der Zugbeanspruchung mindestens 5,0 m in den tragfähigen Baugrund ($q_c$ > 7,5 MN/m²) einbinden.
Durch einen Sachverständigen der Geotechnik kann diese Einbindetiefe reduziert werden.

*Documented evidence of the structural safety of piles requires load-carrying analyses and proof of serviceability.*
*Due to tensile loads, the piles should bond with the load-bearing subsoil for a minimum of 5.0 m ($q_c$ > 7.5 MN/m²).*
*This anchoring depth can be reduced by means of geotechnical expertise.*

Es werden **nur die axialen Pfahllasten** für die ungünstigste Lastfallkombination angegeben. Die Lasten beziehen sich auf Oberkante Pfahl ohne Pfahleigengewicht.

***Only axial pile loads** for the worst load case combination are indicated. Loads refer to the top edge the pile without considering the pile's dead load.*

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

## 5.1 Variante A: Fertigteilrammpfähle oder Ortbetonrammpfähle / Variant A: pre-cast driven piles or cast in-situ concrete piles

| | | | |
|---|---|---|---|
| Querschnitt Breite/Breite oder | 45/45 cm | | *Cross section width/width or* |
| Querschnitt Durchmesser | 51 cm | | *Cross section diameter* |
| Anzahl | 30 | | *Quantity* |
| Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung) | 20,0 m | | *Pile length (proof length in static calculation)* |
| Anzahl Neigung nach außen | 15 | 4,5:1 | *Quantity outward inclination* |
| Anzahl Neigung nach innen | 15 | 7,0:1 | *Quantity inward inclination* |

### Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

| **Lastfall / *Load case* N/A/T** | **($\gamma_F$ / $\gamma_F$)** | **$F_{Gk}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Gk}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$F_{Qk}$ in kN** | **$\Sigma F_k$ in kN** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Druck / *Compression*** | (1.00/1.00) | -717 | - | -1095 | **-1812** |
| **Zug / *Tension*** | (1.00/1.00) | - | -646 | 1065 | **419** |

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_F$ = 1,0)

*Loads do not include partial safety factors ($\gamma_F$ = 1.0)*

### Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

| **Lastfall / *Load case* N/A/T** | **($\gamma_F$ / $\gamma_F$)** | **$F_{Gd}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Gd}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$F_{Qd}$ in kN** | **$\Sigma F_d$ in kN** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Druck / *Compression*** | (1.35/0.90) | -867 | - | -1300 | **-2167** |
| **Zug / *Tension*** | (1.35/0.90) | - | -614 | 1260 | **646** |

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

*All loads include partial safety factors ($\gamma_{buoyancy}$ = 1.10)*

### Erläuterungen / Explanations:

| | | |
|---|---|---|
| Anteil infolge ständiger Lasten | $F_G$ | *portion due to permanent loads* |
| Anteil infolge veränderlicher Lasten | $F_Q$ | *portion due to varying loads* |
| Charakteristische Lasten | $F_K$ | *characteristic loads* |
| Bemessungswerte der Lasten | $F_d$ | *load design values* |
| Summe aus ständigen und veränderlichen Lasten | $\Sigma F$ | *sum of permanent and varying loads* |

PRÜFAMT FÜR STATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

## 5.2 Variante B: Ortbetonrammpfähle / Variant B: Rammed in-situ concrete piles

| | | | |
|---|---|---|---|
| Querschnitt Durchmesser | 56 cm | | *Cross section diameter* |
| Anzahl | 24 | | *Quantity* |
| Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung) | 20,0 m | | *Pile length (proof length in static calculation)* |
| Anzahl Neigung nach außen | 12 | 4,5:1 | *Quantity outward inclination* |
| Anzahl Neigung nach innen | 12 | 7,0:1 | *Quantity inward inclination* |

### Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

| **Lastfall / *Load case* N/A/T** | **($\gamma_F$ / $\gamma_F$)** | **$F_{Gk}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Gk}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$F_{Qk}$ in kN** | **$\Sigma F_k$ in kN** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Druck / *Compression*** | (1.00/1.00) | -896 | - | -1351 | **-2246** |
| **Zug / *Tension*** | (1.00/1.00) | - | -807 | 1287 | **480** |

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_F$ = 1,0) — *Loads do not include partial safety factors ($\gamma_F$ = 1.0)*

### Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

| **Lastfall / *Load case* N/A/T** | **($\gamma_F$ / $\gamma_F$)** | **$F_{Gd}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Gd}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$F_{Qd}$ in kN** | **$\Sigma F_d$ in kN** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Druck / *Compression*** | (1.35/0.90) | -1084 | - | -1605 | **-2689** |
| **Zug / *Tension*** | (1.35/0.90) | - | -768 | 1522 | **754** |

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10) — *All loads include partial safety factors ($\gamma_{buoyancy}$ = 1.10)*

### Erläuterungen / Explanations:

| | | |
|---|---|---|
| Anteil infolge ständiger Lasten | $F_G$ | *portion due to permanent loads* |
| Anteil infolge veränderlicher Lasten | $F_Q$ | *portion due to varying loads* |
| Charakteristische Lasten | $F_K$ | *characteristic loads* |
| Bemessungswerte der Lasten | $F_d$ | *load design values* |
| Summe aus ständigen und veränderlichen Lasten | $\Sigma F$ | *sum of permanent and varying loads* |

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

## 5.3 Variante C: Bohrpfähle / Variant C: Bored piles

| | | |
|---|---|---|
| Querschnitt Durchmesser | 100 cm | *Cross section diameter* |
| Anzahl | 14 | *Quantity* |
| Pfahllänge (Nachweislänge in statischer Berechnung) | 20,0 m | *Pile length (proof length in static calculation)* |
| Anzahl vertikal | 14 | *Quantity vertical* |

### Charakteristische axiale Pfahllasten / Characteristic axial pile loads

| **Lastfall / *Load case* N/A/T** | **($\gamma_F$ / $\gamma_F$)** | **$F_{Gk}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Gk}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$F_{Qk}$ in kN** | **$\Sigma F_k$ in kN** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Druck / *Compression*** | (1.00/1.00) | -1535 | - | -2167 | **-3702** |
| **Zug / *Tension*** | (1.00/1.00) | - | -1384 | 2153 | **770** |

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_F$ = 1,0)

*Loads do not include partial safety factors ($\gamma_F$ = 1.0)*

### Bemessungswerte der axialen Pfahllasten / Axial Pile load design values

| **Lastfall / *Load case* N/A/T** | **($\gamma_F$ / $\gamma_F$)** | **$F_{Gd}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Gd}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$F_{Qd}$ in kN** | **$\Sigma F_d$ in kN** |
|---|---|---|---|---|---|
| **Druck / *Compression*** | (1.35/0.90) | -1858 | - | -2569 | **-4427** |
| **Zug / *Tension*** | (1.35/0.90) | - | -1316 | 2534 | **1219** |

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

*All loads include partial safety factors ($\gamma_{buoyancy}$ = 1.10)*

**Erläuterungen / Explanations:**

| | | |
|---|---|---|
| Anteil infolge ständiger Lasten | $F_G$ | *portion due to permanent loads* |
| Anteil infolge veränderlicher Lasten | $F_Q$ | *portion due to varying loads* |
| Charakteristische Lasten | $F_K$ | *characteristic loads* |
| Bemessungswerte der Lasten | $F_d$ | *load design values* |
| Summe aus ständigen und veränderlichen Lasten | $\Sigma F$ | *sum of permanent and varying loads* |

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT

## 5.4 Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen/ Pile stress resultant design values

| **Anzahl Pfähle / number of piles** | | **A** | **B** | **C** |
|---|---|---|---|---|
| Horizontalkraft (Pfahloberkante) / *Horizontal force (top edge of pile)* | **Hd** | **67,8 kN** | **84,1 kN** | **206,3 kN** |
| Einspannmoment in der Platte / *Fixed-end moment in plate* | **Md** | **132,1 kNm*** | **174,4 kNm*** | **613,0 kNm*** |
| Max. Moment in Pfahlmitte / *Max. moment at centre of pile* | **Md** | **124,0 kNm*** | **162,7 kNm*** | **619,2 kNm*** |

* in Abhängigkeit von der anstehenden Bettung

Die Bemessungswerte der Pfahlschnittgrößen dürfen für eine Vorbemessung verwendet werden und sind mit den Bemessungswerten der Pfahlkräfte ungünstig zu kombinieren.

*Pile stress resultant design values may be used for pre-analyses and must be unfavourably combined with pile force design values.*

Der Nachweis der inneren Tragfähigkeit ist standortabhängig unter Berücksichtigung des ENERCON-Pflichtenheftes „Nachweisführung der inneren Tragfähigkeit von Pfahlsystemen“ zu führen.

*The inner bearing capacity must be verified depending on the location, taking ENERCON's specifications document "Verification of internal pile capacity" into account.*

## 5.5 Baugrundaufbau / Subsoil structure

Die Berechnung der zuvor angegebenen Pfahlkräfte und Pfahlschnittgrößen basiert auf den folgenden angenommenen Bodenparametern.

Diese Parameter sind für jeden Standort durch einen Baugrundgutachter zu überprüfen.

*The calculation of the previously listed pile loads and pile stress resultants is based on the following assumed subsoil parameters. These parameters must be checked for each site by a geotechnical expert.*

| Tiefe ab Fundamentunterkante / *Depth starting at foundation bottom edge* | **Pfahlvariante / *Pile option*** | | | |
|---|---|---|---|---|
| | **A – B** | | **C** | |
| | **Es,stat** | **Es,dyn** | **Es,stat** | **Es,dyn** |
| 0 m – 1 m | **0 MN/m²** | **0 MN/m²** | **0 MN/m²** | **0 MN/m²** |
| 1 m – 15 m | **3 MN/m²** | **30 MN/m²** | **3 MN/m²** | **30 MN/m²** |
| 15 m – 20 m | **30 MN/m²** | **144 MN/m²** | **30 MN/m²** | **144 MN/m²** |

PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK VON WINDENERGIEANLAGEN
TÜV NORD CERT



© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

# 6 Lasten an der Fundamentunterkante / Loads at the bottom edge of the foundation

Die angegebenen $F_Z$-Lasten schließen das Fundamenteigengewicht $\gamma$ = 25 kN/m³ und die Bodenauflast im Trockenzustand ein. Die Bodenauflast auf das Fundament wird mit $\gamma_{Tr}$ = 16 kN/m³ angesetzt.

*The $F_Z$ loads indicated include the dead weight of the foundation $\gamma$ = 25 kN/m³ and the soil weight in dry condition. Soil weight on the foundation is considered with $\gamma_{dr}$ = 16 kN/m³.*

## 6.1 Charakteristische Lastfälle / Characteristic load cases

| **Lastfall** ***Load case*** | **($\gamma_F$ / $\gamma_F$)** | **$F_{XY}$ in kN** | **$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$M_{XY}$ in kNm** | **$M_Z$ in kNm** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **NTM DLC D.3** | (1.00/1.00) | 690 | -20875 | -19922 | 71201 | 3400 |
| **N / T / DLC 8.2** | (1.00/1.00) | 940 | -20875 | -19922 | 99676 | -9150 |
| **N / A / T** | (1.00/1.00) | 1130 | -20875 | -19922 | 116477 | -9950 |

alle Lasten ohne Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_F$ = 1,00)

*Loads do not include partial safety factors ($\gamma_F$ = 1.00)*

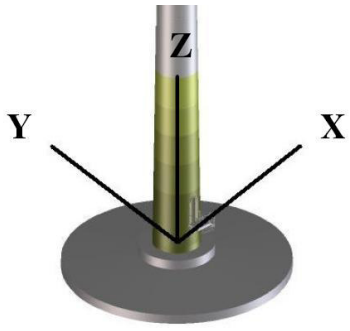
## 6.2 Bemessungswerte der Lastfälle / Load case design values

| **Lastfall** ***Load case*** | **($\gamma_F$ / $\gamma_F$)** | **$F_{XY}$ in kN** | **$F_{Z,min}$ in kN** ohne Auftrieb *without buoyancy* | **$F_{Z,max}$ in kN** mit Auftrieb *with buoyancy* | **$M_{XY}$ in kNm** | **$M_Z$ in kNm** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **N / A / T** | (1.35/0.90) | 1330 | -26639 | -17874 | 132857 | -12350 |

alle Lasten inklusive Teilsicherheitsbeiwerte ($\gamma_{Auftrieb}$ = 1,10)

*All loads include partial safety factors ($\gamma_{Buoyancy}$ = 1.10)*

# 7 Koordinatensystem / Coordinate system




PRÜFAMT FÜR BAUSTATIK
TÜV NORD
CERT
VON WINDENERGIEANLAGEN

© ENERCON GmbH. Alle Rechte vorbehalten. / All rights reserved..

Freigabe: 2022-02-10 13:18

# Gutachtliche Stellungnahme

## Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01), DIBt WZ S, GK S

## - Lastannahmen für Turm und Fundament -

| | |
|---|---|
| **TÜV NORD Bericht Nr.:** | 8119224863-1 D I Rev.0 |
| **Gegenstand der Prüfung:** | Lastannahmen für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, Nabenhöhe 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01) bezüglich der DIBt (2012) Windzone S, Geländekategorie S |
| **Anlagenhersteller:** | ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 11 Seiten.

| Revision | Datum | Änderungen | Sachverständiger |
|---|---|---|---|
| 0 | 06.09.2022 | Erste Fassung | Simon Wiedemann |

# Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente ..... 3
1.1 Geprüfte Dokumente ..... 3
1.2 Dazugehörige Dokumente ..... 3
2 Prüfgrundlagen ..... 4
3 Einleitung ..... 4
4 Beschreibung der Windenergieanlage ..... 5
4.1 Umgebungsbedingungen ..... 5
4.2 Sicherheitsklasse ..... 7
4.3 Beschreibung des Anlagenmodells ..... 7
5 Durchgeführte Prüfungen ..... 9
5.1 Prüfmethode ..... 9
5.2 Anmerkungen ..... 9
5.3 Prüfergebnis ..... 10
5.4 Schnittstellen ..... 10
6 Auflagen ..... 11
7 Schlussfolgerung ..... 11

# 1 Dokumente

## 1.1 Geprüfte Dokumente

[1.1.1] ENERCON GmbH:
Zertifizierungslastbericht Turm
“Lastenbericht, Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01, Abdeckende Betriebs- und Extremlasten für den Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 der WEA E-138 EP3 E3 mit dem Rotorblatt E-138 EP3-RB-02 nach DIBt und IEC”
Dokument-Nr.: D02397553/0.4
Rev. 0.4, Datum: 30.09.2021

[1.1.2] ENERCON GmbH:
Stellungnahme zur Überdrehzahl
“Stellungnahme Abteilung Lastensimulation, Überdrehzahl DLC 2.1”
Dokument-Nr.: D02578345/1.0
Rev. 1.0, Datum: 02.02.2022

## 1.2 Dazugehörige Dokumente

Design Basis

[1.2.1] ENERCON GmbH:
Design Basis
“Design Base, E-138 EP3 E3”
Dokument-Nr: D02294156
Rev. 3.2, Datum: 21.01.2022

Begleitende Dokumentation zur Lastsimulation

[1.2.2] ENERCON GmbH:
Zeitreihen, Windfelder, Controller (elektronisch erhalten)
Dateiname: E-138_EP3_E3-HST-111-FB-C-01.zip
(MD5-Prüfsumme: 66b6584140b86e3e10a3ab1e0b00d7b9)
Dateiname: E-138_EP3_E3-HST-111-FB-C-01_WKII.zip
(MD5-Prüfsumme: 37f5758e5940ebe63e25baea1478dfc0)
Dateiname: E-138_EP3_E3-HST-111-FB-C-01__DLC_1.2c.zip
(MD5-Prüfsumme: 230353668e55148d6ee7d63919d38faa)
Dateiname: E-138_EP3_E3-HST-111-FB-C-0_overspeed_DLC2.1.zip
(MD5-Prüfsumme: ad9dee128d6f2218341d43378151f608)
Eingangsdatum: 28.01.2022

[1.2.3] ENERCON GmbH:
Betriebsführungs- und Sicherheitssystem
“Reglerbeschreibung, E-138 EP3 E3”
Dokument-Nr.: D02398709
Rev. 0.0, Datum: 18.06.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
Bladed Projektdatei
Dateiname: powprod.$PJ (1.1_s20102) and powprod.$PJ (1.1_w20102)
(MD5-Prüfsumme: 146dd2d3973d8040b33150082679947c and
5ca321e230d77b2451a024b7ee3a626d)

## 2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik – DIBt: Richtlinie für Windenergieanlagen Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung, Stand: Oktober 2012 – Korrigierte Fassung März 2015

[2.2] DIN EN 1991-1-4/NA: Nationaler Anhang – National festgelegte Parameter – Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen – Windlasten: 2010-12

[2.3] International Standard IEC 61400 1:
"Wind energy generation systems - Part 1: Design requirements", Edition 4.0, 2019-02

## 3 Einleitung

Dieser Bericht beschreibt die Vorgehensweise und die Ergebnisse der Prüfung der typenspezifischen Lastberechnung der Windenergieanlage (WEA) E-138 EP3 E3, welche im folgenden Kapitel genauer beschrieben ist.

Die Berechnung der Lasten wurde anhand von DIBt (2012) [2.1] - [2.2] in Kombination mit IEC 61400-1 Ed. 4 [2.3] durchgeführt.

Für Abweichungen von den Prüfgrundlagen siehe Anmerkungen 5.2.2.

Die Prüfung der Lastberechnung umfasst die Prüfung der Lastfall- und Modelldefinition, eine unabhängige Analyse der Lasten sowie den Vergleich der eingereichten und parallel berechneten Lasten.

Zusätzlich zu der durch die unabhängige Analyse der Lasten betrachteten Anlagen-konfiguration deckt diese Gutachtliche Stellungnahme auch folgende Änderungen an der WEA gegenüber dem Berechnungsmodell ab:

- Geringere Leistung.
- Geringere Solldrehzahl bei geringerem oder gleichem Drehmoment, wenn die aus der Solldrehzahl berechnete Blattdurchgangsfrequenz oberhalb der 1. Turmeigenfrequenz liegt und keine Resonanzbereiche stimuliert werden.

- Änderungen an Turm- und Gondelmassen, Änderungen der Turmkonstruktion (z.B. Variation der Wanddicken, Bodendrehfeder, horizontale Wegfeder, E-Modul) sowie Abweichungen der Turmhöhe, sofern sämtliche folgende Bedingungen eingehalten werden:

    - Abweichung der Anlagenmasse um bis zu ±5 %.
    - Abweichung der Turmhöhe um bis zu ±5 %.
    - Die erste Turmeigenfrequenz im Ausgangszustand und die erste Turmeigenfrequenz im modifizierten Zustand liegen oberhalb 105 % der 1P Anregung bei Solldrehzahl.
    - Alle weiteren Turmeigenfrequenzen im Ausgangszustand und im modifizierten Zustand liegen außerhalb des Intervalls [90 % - 105 %] der 3P Anregung der Solldrehzahl.
    - Abweichung der 1. Turmeigenfrequenz sind unter folgenden Bedingungen zulässig:
        - Die erste Turmeigenfrequenz „Weich“[1] (linksseitiger Eintritt ins 3P-Sensitivitätsband) darf sich bis auf den Wert der ersten Turmeigenfrequenz „Starr“[1] (rechtsseitiger Austritt aus 3P-Sensitivitätsband) anheben, wenn sich dabei gleichzeitig der Wert der ersten Turmeigenfrequenz „Starr“[1] um nicht mehr als 5 % erhöht. Die 2. Turmeigenfrequenz darf eine höhere Abweichung aufweisen.
        - Die erste Turmeigenfrequenz „Starr“[1] darf sich bis auf den Wert der ersten Turmeigenfrequenz „Weich“[1] absenken, wenn sich dabei gleichzeitig der Wert der ersten Turmeigenfrequenz „Weich“[1] um nicht mehr als 5 % absenkt. Die 2. Turmeigenfrequenz darf eine höhere Abweichung aufweisen.

- Änderungen sowie Abweichungen an der Auslegung des Rotorblattes, sofern folgende Bedingungen eingehalten werden:

    - Abweichungen der ersten Rotorblatteigenfrequenz um bis zu ±5 %.
    - Abweichungen des Massenmoments um bis zu ±3 %.

# 4 Beschreibung der Windenergieanlage

## 4.1 Umgebungsbedingungen

Die folgenden Tabellen fassen alle relevanten klimatischen sowie weitere zum Design der Anlage relevanten Umgebungsbedingungen zusammen:

[1] Ausgehend von den ausgewiesenen Werten der hier vorliegenden Lastannahmen

| | DIBt WZ S GK S | IEC 61400-1 Ed. 4 |
|---|---|---|
| Mittlere Jahreswindgeschwindigkeit $V_{ave}$ | 7.8 m/s | |
| Formparameter der Weibull-Funktion $k$ | 2 | |
| Extreme 1-Jahres-Windgeschwindigkeit $V_1$ (10 Minuten Mittelwert) | 30.00 m/s | |
| Extreme 50-Jahres-Windgeschwindigkeit $V_{50}$ (10 Minuten Mittelwert) | 37.50 m/s | |
| Erwartungswert der longitudinalen Turbulenzintensität bei 15 m/s $I_{ref}$ | 16 % | |
| Angenommener c-Faktor zur Bestimmung des extremen Turbulenzmodells (ETM) | 2 m/s | |
| Höhenexponent $\alpha$ (für EWM) | 0.2 (0.11) | |
| Zusätzlicher Höhenexponent $\alpha$ für DLC 1.1, 1.3 und 1.5 | 0.05 | |
| Upflow | 8° | |

Tabelle 4.1: Windbedingungen auf Nabenhöhe 110.396 m

In der Lastberechnung wurde eine Weibullverteilung der Turbulenzintensität pro Windgeschwindigkeit angenommen, siehe [1.2.1].

Die Lasten sind bis zu einer mittleren Jahresluftdichte sowie bis zu einer zeitweise auftretenden maximalen Luftdichte im Produktionsbetrieb bzw. im Trudeln oder geparkten Zustand der Windenergieanlage wie in Tabelle 4.3 angegeben gültig.

| | Luftdichte [kg/m³] |
|---|---|
| Mittlere Jahresluftdichte | ≤ 1.225 |
| Maximale Luftdichte im Produktionsbetrieb | ≤ 1.341 |
| Maximale Luftdichte beim Trudeln oder im geparkten Zustand | ≤ 1.394 |

Tabelle 4.2: Bedingungen an die Luftdichte

Darüber hinaus werden dem Design der Anlage folgende Umgebungsbedingungen zu Grunde gelegt:

| | |
|---|---|
| Umweltbedingungen | normales Klima |
| Temperaturbereich im Produktionsbetrieb | -10 °C bis +40 °C |
| Extremer Temperaturbereich | -20 °C bis +50 °C |
| Netzausfälle | 20 Ausfälle/Jahr |
| Betrieb mit vereisten Blättern | nicht berücksichtigt |
| Annahmen zur Netzstützung bei Spannungseinbruch: Spannungsabfall und Dauer | nicht berücksichtigt, siehe Schnittstelle 5.4.10 |
| Auslegungslebensdauer | 25 Jahre |

Tabelle 4.3: Klimatische und weitere Umgebungsbedingungen

Alle weiteren Umgebungsbedingungen werden mit den in [2.1] - [2.3] angegebenen Standardwerten angenommen.

## 4.2 Sicherheitsklasse

Die WEA ist entsprechend der in [2.3] definierten Normal-Sicherheitsklasse ausgelegt.

## 4.3 Beschreibung des Anlagenmodells

Bei der WEA E-138 EP3 E3 handelt es sich um eine WEA mit aktiver Windrichtungsnachführung und einem luvseitig angeordneten Dreiblatt-Rotor. Die Rotordrehzahl ist variabel. Die Leistungsbegrenzung erfolgt durch Blattwinkelverstellung aller drei Rotorblätter.

Die technischen Hauptdaten der Anlage, auf denen das in Kapitel 5 beschriebene Berechnungsmodell basiert, sind den folgenden Tabellen zu entnehmen.

| | |
|---|---|
| Elektrische Nennleistung | 4260 kW |
| Turmtyp | E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 (Stahlrohrturm) |
| Turmhöhe (inkl. 2.86 m Fundamenthöhe) | 108.420 m |
| Nabenhöhe | 110.396 m |
| Rotorblatt | E-138 EP3-RB-02 |
| Rotorblattlänge (entlang der Pitch-Achse) | 69.295 m |
| Rotorblattmasse (inkl. Bolzen) | 20213 kg |
| Massenmoment des Rotorblatts (gemessen vom Blattanschluss, inkl. Bolzen) | 387935 kgm |
| Blattanbauteile | Gurney Flaps (GF)<br>Vortex-Generatoren (VG)<br>Serrations (TES)<br>Blattspitzen |
| Nominaler Rotordurchmesser | 138.59 m |
| Rotordurchmesser (inkl. Konuswinkel) | 138.458 m |
| Rotorachsneigung | 7.0° |
| Rotor-Konuswinkel | 2.5° upwind |
| Rotoreinschaltdrehzahl $n_1$ | 4.4 U/min |
| Rotornenndrehzahl $n_r$ | 10.8 U/min |
| Rotorsolldrehzahl $n_s$[2] | 11.1 U/min |
| Getriebeübersetzung | direktgetrieben |
| Netzfrequenz | irrelevant |
| Windgeschwindigkeitsbereich im Produktionsbetrieb $V_{in}$ – $V_{out}$[3] | 2.5 - 28.0 m/s |
| Nennwindgeschwindigkeit $v_r$ | 12.1 m/s |
| Reglerfunktionen | Sturmregelung<br>Eiserkennungssystem |
| Identifikationsnummer: Anlage / Lastrechnung | E-138_EP3_E3_HST-111-FB-C-01 |

[2] Drehzahl auf die im Volllastbetrieb geregelt wird
[3] Beginn der Sturmregelung bei 22 m/s

Tabelle 4.4: Technische Hauptdaten der WEA E-138 EP3 E3, Windgeschwindigkeiten bezogen auf Nabenhöhe

| | **Dateiname** |
|---|---|
| Rotorblattstruktur | Siehe [1.2.4] |
| Aerodynamische Profile | Siehe [1.2.4] |
| Turmstruktur | Siehe [1.2.4] |
| Controller | E-138_EP3_E3.Daten<br>MD5-Prüfsumme: 53dd021e6d228a8b13284b1835524611<br>E-138_EP3_E3_n4.Daten (nur für DLC 2.1 mit Überdrehzahl)<br>MD5-Prüfsumme: 85764cc7701e01cf73766f0b09a523b2<br>Regler.dll<br>MD5-Prüfsumme: 8b2fd92747fac91b1f460c30d901c452 |

Tabelle 4.5: Relevante Eingabedaten des Lastrechnungsmodells

Zur adäquaten Berücksichtigung von Fertigungs- und Montagetoleranzen wird eine aerodynamische Asymmetrie des Rotors durch Abweichung des Blattanstellwinkels sowie eine Massenexzentrizität des Rotors durch Blattmassenabweichungen entsprechend der in Tabelle 4.7 angegebenen Werte angenommen.

| | |
|---|---|
| Massenexzentrizität des Rotors | 1000 kgm |
| Fehler des Blattanstellwinkels (Blatt 1; Blatt 2; Blatt 3) | 0°; +0.3°; -0.3° |

Tabelle 4.6: Angenommene Asymmetrien

Zur adäquaten Berücksichtigung der elastischen Einspannung des Turmfußes am Aufstellort wird eine repräsentative Bodenfederung entsprechend der in Tabelle 4.8 angegebenen Werte angenommen.

| | |
|---|---|
| Translationsfeder: $k_{x,dyn}$ | starr |
| Horizontale Drehfeder: $k_{\varphi,dyn}$ | 100000 MNm/rad<br>(zusätzlich statt: DLC 1.1, 1.2, 1.3, 1.5) |

Tabelle 4.7: Angenommene elastische Einspannung des Turmfußes und des Fundaments

Die aus den oben genannten Angaben und Annahmen resultierenden, berechneten Bauteileigenfrequenzen sind in Tabelle 4.9 angegeben. Diese Eigenfrequenzen stellen die ungekoppelten Bauteilfrequenzen dar. Sie beziehen sich jeweils auf das isolierte Bauteil, das heißt, es findet bei der Berechnung der ungekoppelten Bauteileigenfrequenzen keine Interaktion mit weiteren im System befindlichen, schwingungsfähigen Komponenten statt. Die angegebenen Eigenfrequenzen des Turmes berücksichtigen eine elastische (Tabelle 4.8) und eine starre Bodenfeder sowie die Masse des Turmkopfes.

| **Komponente** | | **Randbedingungen** | **Frequenz** |
|---|---|---|---|
| Blatt, Biegung flapwise | 1. EF | fest eingespannt - frei | 0.515 Hz |
| Blatt, Biegung flapwise | 2. EF | fest eingespannt - frei | 1.233 Hz |
| Blatt, Biegung edgewise | 1. EF | fest eingespannt - frei | 0.824 Hz |

| Komponente | | Randbedingungen | Frequenz |
|---|---|---|---|
| Blatt, Biegung edgewise | 2. EF | fest eingespannt - frei | 2.530 Hz |
| Turm, Biegung fore-aft | 1. EF | flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse | 0.199 Hz |
| Turm, Biegung fore-aft | 2. EF | flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse | 1.308 Hz |
| Turm, Biegung side-side | 1. EF | flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse | 0.198 Hz |
| Turm, Biegung side-side | 2. EF | flexibel - frei, inkl. Turmkopfmasse | 1.159 Hz |
| Turm, Biegung fore-aft | 1. EF | fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse | 0.206 Hz |
| Turm, Biegung fore-aft | 2. EF | fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse | 1.361 Hz |
| Turm, Biegung side-side | 1. EF | fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse | 0.204 Hz |
| Turm, Biegung side-side | 2. EF | fest eingespannt - frei, inkl. Turmkopfmasse | 1.198 Hz |

Tabelle 4.8: Komponenten-Eigenfrequenzen der WEA E-138 EP3 E3, E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01)

Die gekoppelten Eigenfrequenzen sind grafisch im Campbell-Diagramm in [1.1.1] dargestellt.

# 5 Durchgeführte Prüfungen

## 5.1 Prüfmethode

Die in dieser Lastrechnung angewandte Vorgehensweise, die Methodik sowie die angesetzten Grundparameter wurden auf Übereinstimmung mit den in [2.1] - [2.3] angegebenen Anforderungen überprüft.

Die der Lastberechnung zu Grunde gelegten Modelldaten wurden auf Plausibilität geprüft und im Übrigen als richtig vorausgesetzt.

Die Definition der Designlastfälle wurde unter Berücksichtigung des Betriebs- und Sicherheitssystems [1.2.3] und der Design Basis [1.2.1] auf Vollständigkeit sowie auf Konformität mit den Richtlinien [2.1] - [2.3] überprüft.

Darauf basierend wurde unter Berücksichtigung der in Kapitel 4 aufgelisteten und unter Kapitel 1 dokumentierten Parameter ein unabhängiges Simulationsmodell aufgebaut sowie eine unabhängige Analyse der Lasten durchgeführt. Die Übereinstimmung des Anlagenverhaltens während der Simulation mit dem in [1.1.1] dokumentierten Regelungskonzept der Anlage wurde überprüft.

Die Ergebnisse der unabhängigen Berechnungen wurden mit den unter 1.1 angegebenen Ergebnissen verglichen.

## 5.2 Anmerkungen

5.2.1. Im Fall von signifikanten, lastrelevanten Änderungen der zur Lastrechnung verwendeten Eingangsparameter wie z.B. strukturelle Modelldaten, Annahmen bzgl. der Aerodynamik, Reglerparameter kann eine Neuberechnung der Lasten erforderlich sein.

5.2.2. Abweichend von den in der DIBt (2012) [2.1] genannten technischen Anforderungen IEC 61400-1 Ed. 2 oder 3, wurde hier IEC 61400-1 Ed. 4 [2.3] verwendet.

## 5.3 Prüfergebnis

Die in 1.1 und Kapitel 3 beschriebene Vorgehensweise ist zur Bestimmung der Lasten geeignet.

Die in 1.1 dargestellten Lasten konnten durch eine unabhängige Lastberechnung bestätigt werden.

## 5.4 Schnittstellen

5.4.1. Relevante Parameter und Schnittstellenwerte, die über die in Kapitel 4 aufgeführten hinausgehen, sind den Dokumenten 1.1 zu entnehmen.

5.4.2. Die Lasten sind in den in [1.1.1] beschriebenen Berechnungskoordinatensystemen ausgewertet worden.

5.4.3. Lastrelevante Einflüsse aus Erdbeben wurden nicht berücksichtigt.

5.4.4. Lastrelevante Einflüsse aus Eis am Rotorblatt wurden nicht berücksichtigt.

5.4.5. Eine Temperaturabhängigkeit der Materialkennwerte wurde nicht in der Lastberechnung berücksichtigt.

5.4.6. Diese Prüfung beinhaltet die Überprüfung des Turmfreigangs nach [2.3].

5.4.7. Die Gierbewegung der Anlage wurde in der Lastsimulation nicht berücksichtigt.

5.4.8. Die Lasten am Turm beinhalten die Einflüsse aus den vorhandenen Massenexzentrizitäten und den Verformungen des Turms (Effekte aus Theorie 2. Ordnung). Die Einflüsse aus Schiefstellung des Turmes, Setzungen sowie aus einer statischen Drehfeder wurden nicht berücksichtigt.

5.4.9. In Übereinstimmung mit der Design Basis [1.2.1] wurde diese Lastrechnung unter Berücksichtigung der Blattanbauteile in Tabelle 4.5 durchgeführt. Eine Berechnung ohne diese Anbauten ist nicht Teil dieses Berichtes.

5.4.10. Bei Verwendung der Lastannahmen 1.1 für eine modifizierte Turmhöhe, wie in Kapitel 3 beschrieben, müssen Turm- und Fundamentlasten extrapoliert werden.

5.4.11. Die Lastrechnung wurde unter der Annahme durchgeführt, dass die Anlage mit einem elektrischen Widerstand (Chopper) ausgestattet ist. Dieser muss bei der Prüfung elektrischen Komponenten berücksichtigt werden.

5.4.12. Es ist gesondert nachzuweisen, dass die gerechneten Fehlerzustände der Lastfälle DLC 2.1 - DLC 2.5 [1.2.1] den identifizierten Szenarien der anlagenspezifischen FMEA entsprechen.

# 6 Auflagen

6.1 Es sind geeignete Maßnahmen zu ergreifen, um den Betrieb mit vereisten Rotorblättern auszuschließen.

6.2 Bei Abweichungen von mehr als ±5 % von der 1. Turmeigenfrequenz (siehe Tabelle 4.9 zum Abgleich ungekoppelter Eigenfrequenzen bzw. [1.1.1] zum Abgleich gekoppelter Eigenfrequenzen) des in der Lastberechnung verwendeten Modells sind zusätzliche Untersuchungen unter Berücksichtigung der tatsächlichen Turmeigenfrequenzen erforderlich.

# 7 Schlussfolgerung

Die in [1.1.1] - [1.1.2] aufgeführten Lastannahmen für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01) sind unter Berücksichtigung der Auflagen in Punkt 6 konform zur Richtlinie [2.1] berechnet worden.

Sachverständiger:

i.A. Thomas

M.Sc. Simon Wiedemann

Freigegeben:

Dipl.-Ing. (FH) Gunnar Ewald

Dieser Bericht wird ausschließlich dem oben genannten Antragsteller bzw. Kunden zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Berichts ist nur durch vorherige schriftliche Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Antragstellers oder Kunden gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet.

# Gutachtliche Stellungnahme

## für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, verschiedene Konfigurationen, WZ S, GK S

## - Turmkopfflanschbaugruppe -

| | |
|---|---|
| **TÜV NORD Bericht-Nr.:** | 8119224863-11 D Rev. 0 |
| **Gegenstand der Stellungnahme:** | Turmkopfflanschbaugruppe gemäß DIBt Richtlinie Fassung Oktober 2012 (korrigierte Fassung März 2015) |
| **Anlagenhersteller:** | ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |

Die Gutachtliche Stellungnahme umfasst 8 Seiten.

| Revision | Datum | Änderungen | Prüfer |
|---|---|---|---|
| 0 | 07.02.2022 | Erstausgabe | C. Fischer |

# Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente ..... 3
1.1 Geprüfte Dokumente ..... 3
1.2 Dazugehörige Dokumente ..... 3
2 Prüfgrundlagen ..... 4
3 Einleitung ..... 4
4 Beschreibung ..... 4
4.1 Turmkopfflansch ..... 4
4.2 Lastannahmen ..... 5
4.3 Baustoffe ..... 5
5 Prüfung ..... 6
5.1 Umfang und Methodik ..... 6
5.2 Anmerkungen zur Prüfung ..... 6
5.3 Ergebnis ..... 7
5.4 Schnittstellen ..... 7
6 Auflagen ..... 7
7 Zusammenfassung ..... 8

# 1 Dokumente

## 1.1 Geprüfte Dokumente

Statische Berechnungen

[1.1.1] ENERCON GmbH:
„Verification for Certification ENERCON Wind Energy Converter E-138 EP3 E3 Bolted Connection - Yaw Bearing and Tower Head Flange Statics und Fatigue Strength”
Dokument Nr.: D02524598, Rev. 2.0, Datum: 24.01.2022

Anlagen

[1.1.2] ENERCON GmbH:
Zeichnung „Turmflansch Spezifikation-D3868-150xM30”,
Zeichnungs-Nr.: D02133917/0.1, Rev. 0.1, Datum: 05.02.2021

## 1.2 Dazugehörige Dokumente

Lastannahmen

[1.2.1] ENERCON GmbH:
„Lastenbericht Maschinenbau E-138 EP3 E3 Abdeckende Betriebs- und Extremlasten für den Maschinenbau E-138 EP3 E3 mit dem Rotorblatt E-138 EP3-RB-02 nach DIBt und IEC”
Dokument Nr.: D02397614, Rev. 0.3, Datum: 20.01.2022

[1.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, Diverse NH, DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau -”
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D III Rev. 0, Datum: 03.02.2022

Zeichnungen zur Turmkopfbaugruppe

[1.2.3] ENERCON GmbH:
„Azimutlager 2KD-m22-z168i-b210”
Zeichnungs-Nr.: D02134927/0.0, Rev. 0.0, Datum: 20.01.2021

[1.2.4] ENERCON GmbH:
„Maschinenträger EP3-MC-08”
Zeichnungs-Nr.:D02250932/0.0, Rev. 0.0, Datum: 02.07.2021

Spezifikation

[1.2.5] ENERCON GmbH:
„Installation specifications for bolt connections in mechanical engineering”
Dokument Nr.: D0977320-0, Rev.6, Datum: 11.05.2020

# 2 Prüfgrundlagen

[2.1] Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt (Fassung 10.2012):
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“

[2.2] DIN EN 1993-1-1 (12.2010) mit DIN EN 1993-1-1/NA (08.2015):
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-1: Allgemeine Bemessungsregeln und Regeln für den Hochbau“

[2.3] DIN EN 1993-1-8:2010-12 + DIN EN 1993-1-8/NA:2010-12:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-8: Bemessung von Anschlüssen“

[2.4] DIN EN 1993-1-9 (12.2010) mit DIN EN 1993-1-9/NA (12.2010):
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-9: Ermüdung“

[2.5] DIN EN 1993-1-10:2010-12 + DIN EN 1993-1-10/NA:2016-04:
„Eurocode 3: Bemessung und Konstruktion von Stahlbauten - Teil 1-10: Stahlsortenauswahl im Hinblick auf Bruchzähigkeit und Eigenschaften in Dickenrichtung“

[2.6] VDI 2230 Blatt 1 (11.2015):
„Systematische Berechnung hochbeanspruchter Schraubenverbindungen - Zylindrische Einschraubenverbindungen“

# 3 Einleitung

Gegenstand dieser Stellungnahme ist die Prüfung der Turmkopfflanschbaugruppe – bestehend aus dem Kopfflansch, der Schweißnaht zwischen Flansch und Turmwand sowie der Schraubverbindungen zwischen Flansch und Azimutlager und zwischen Azimutlager und Maschinenträger – hinsichtlich struktureller Integrität im Sinne der DIBt-Richtlinie [2.1].

# 4 Beschreibung

## 4.1 Turmkopfflansch

Der Turmkopfflansch ist ein L-Flansch mit einem Innendurchmesser von 3777 mm und einem Außendurchmesser von 4036 mm. Die Gesamthöhe beträgt 225 mm und der Flanschhals ist 35 mm dick. Weitere Informationen können der Zeichnung [1.1.2] entnommen werden.

Der Flansch wird mit dem Azimutlager mittels 150 Gewindestangen M30 verbunden. Die Verbindung zwischen dem Azimutlager und dem Maschinenträger wird durch 178 Gewindestangen M30 hergestellt. Die Geometrie des Azimutlagers und des Maschinenträgers ist in [1.2.3] und [1.2.4] dargestellt.

## 4.2 Lastannahmen

Die Turmkopfflanschbaugruppe wurde für die in Tabelle 4.1 aufgeführten Konfigurationen nachgewiesen. Die verwendeten Auslegungslasten ([1.2.1]) bilden die relevanten einhüllenden Lasten an den jeweiligen Turmköpfen. Die Ermüdungslasten basieren auf einer Lebensdauer von 25 Jahren.

Die Windenergieanlage erbringt eine maximale Leistung von 4260 kW und verwendet das Rotorblatt E-138 EP3-RB-02.

| Nr. | WEA Bezeichnung | Nabenhöhe | Turmkonfiguration | Windzone (DIBt 2012) | Geländekategorie | Lasten spezifiziert in | Lasten geprüft in |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | E-138 EP3 E3 | 81 m | E-138 EP3 E3-ST-81-FB-C-01 | S | S | [1.2.1] | [1.2.2] |
| 2 | | 111 m | E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 | | | | |
| 3 | | 131 m | E-138 EP3 E3-HST-131-FB-C-01 | | | | |
| 4 | | 160 m | E-138 EP3 E3-HST-160-FB-C-01 | | | | |

Tabelle 4.1: Lastannahmen

## 4.3 Baustoffe

Flansch

Kopfflansch: Stahl DIN EN 10025-3-S355N
$R_{eH}$ = 265 MPa (nahtlos geschmiedet)

Schraubverbindung zwischen Kopfflansch und Azimutlager

Gewindestangen: DIN 976-1 M30x370-10.9 tZn
maximale Vorspannkraft $F_{M,max}$ = 432,3 kN
(drehmomentgesteuertes Anziehen)
Anziehfaktor $\alpha_A$ = 1,5

Scheiben: ISO 7089 - 30 - 300HV tZn

Muttern: ISO 4032 M30 - 10 tZn

Schraubverbindung zwischen Azimutlager und Maschinenträger

| | |
|---|---|
| Gewindestangen: | DIN 976-1 M30x330-10.9 tZn<br>maximale Vorspannkraft $F_{M,max}$ = 512,5 kN<br>(drehwinkelgesteuertes Anziehen)<br>Anziehfaktor $\alpha_A$ = 1,0 |
| Scheiben: | ISO 7089 - 30 - 300HV tZn |
| Muttern: | ISO 4032 M30 - 10 tZn |

# 5 Prüfung

## 5.1 Umfang und Methodik

Die Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit wurden in der eingereichten statischen Berechnung [1.1.1] für die Kopfflanschbaugruppe geführt und durch Vergleichsrechnung geprüft.

Die Prüfung umfasst die Kopfflanschbaugruppe, bestehend aus dem Flansch, der Schweißnaht zwischen Turmwand und Flansch, sowie den beiden Schraubenverbindungen zwischen Kopfflansch und Azimutlager und zwischen Azimutlager und Maschinenträger.

Die Prüfung befasst sich mit den Grenzzuständen der Tragfähigkeit der Kopfflanschbaugruppe für die in Tabelle 4.1 genannten Lastkonfigurationen.

Transportzustände sowie Zustände während der Montage sind nicht Bestandteil der Prüfung.

Einwirkungen aus Erdbeben wurden nicht berücksichtigt.

## 5.2 Anmerkungen zur Prüfung

Für die Bemessung wurden die Teilsicherheitsbeiwerte gemäß DIBt 2012 ([2.1]) berücksichtigt. Der Materialteilsicherheitsbeiwert für die Ermüdung der Schweißverbindungen und der Schraubenverbindungen wurde mit $\gamma_{Mf}$ = 1,25 angesetzt.

Für den Nachweis des Turmkopfflansches wurden in [1.1.1] nicht-lineare Übertragungsfunktionen mittels der Finite-Elemente-Methode hergeleitet. Der zugrunde liegende Aufbau des Turmkopfes kann [1.1.2], [1.2.3] und [1.2.4] entnommen werden.

Die Übertragungsfunktionen für den Ermüdungsnachweis berücksichtigen einen Vorspannkraftverlust von mehr als 70 % der nominalen Schraubenvorspannkraft gemäß Abschnitt 4.3. Die für den Flansch und die Schweißnaht verwendeten Wöhlerlinien sind DIN EN 1993-1-9 [2.4] entnommen; die für die Schraubverbindungen der VDI 2230 [2.6].

Die unter 1.1 aufgeführten Unterlagen sind mit einem TÜV NORD Stempel versehen.

### 5.3 Ergebnis

Die geprüften Nachweise der Grenzzustände der Tragfähigkeit sind vollständig und in statischer Hinsicht korrekt.

### 5.4 Schnittstellen

Turm

5.4.1 Die Auslegungslasten des Turms müssen kleiner oder gleich den Lastannahmen zum Turm sein, die in [1.2.1] zitiert werden.

5.4.2 Die Anforderungen in [1.1.2] hinsichtlich der Ausführung der Schweißnaht, der Neigung der Turmwand und der zulässigen Einbauten an die Turmwand sind bei der Turmauslegung zu berücksichtigen.

5.4.3 Die an den Kopfflansch anschließende Turmwand muss mindestens aus Stahl EN10025-2-S355J2 sein.

Montage & Inbetriebnahme

5.4.4 Die Spezifikation [1.2.5] enthält Anweisungen bezüglich der Montage der Schraubenverbindungen.

## 6 Auflagen

6.1 Das für den Flansch verwendete Material soll eine minimale Streckgrenze $R_{eH}$ 265 MPa aufweisen.

# 7 Zusammenfassung

Unter Berücksichtigung der zuvor genannten Schnittstellen und Auflagen erfüllt die hier geprüfte Turmkopfflanschbaugruppe die Anforderungen der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen [2.1].

Diese gutachtliche Stellungnahme gilt für die in Tabelle 4.1 aufgeführten Windenergieanlagenkonfigurationen.

Konstruktive Änderungen der Kopfflanschbaugruppe sind dem Prüfamt für Baustatik der TÜV NORD CERT GmbH mitzuteilen und einer Bewertung zu unterziehen. Ansonsten verliert diese gutachtliche Stellungnahme ihre Gültigkeit.

Prüfer:

Dr.-Ing. C. Fischer

Freigegeben:

M.Sc. / SFI R. Diewald

Diese gutachtliche Stellungnahme wird ausschließlich dem oben genannten Anlagenhersteller bzw. Antragsteller zur Verfügung gestellt. Eine Veröffentlichung oder Verbreitung ist nur nach vorheriger, schriftlicher Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist nicht gestattet.

# Gutachtliche Stellungnahme

## Windenergieanlage E-138 EP3 E3
## IEC 61400-1 Ed. 3

## - Diverse Komponenten -

| | |
|---|---|
| **TÜV NORD Bericht Nr.:** | 8119616205-100 D II Rev. 0 |
| **Gegenstand der Prüfung:** | Prüfung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08 (IEC 61400-1 Ed. 3). |
| **Anlagenhersteller (Antragsteller):** | ENERCON GmbH<br>Dreekamp 5<br>26605 Aurich<br>Deutschland |

Diese Gutachtliche Stellungnahme umfasst 7 Seiten.

| Revision | Datum | Änderungen | Sachverständiger |
|---|---|---|---|
| 0 | 14.11.2022 | Erste Fassung | Konstantin Konkel |

# Inhaltsverzeichnis

1 Dokumente ....3
1.1 Geprüfte Dokumente ....3
1.2 Dazugehörige Dokumente ....3
2 Prüfgrundlagen ....5
3 Einleitung ....5
4 Durchgeführte Prüfungen ....5
4.1 Prüfmethode ....5
4.2 Anmerkungen ....6
4.3 Prüfergebnis ....6
4.4 Schnittstellen ....6
5 Auflagen ....6
6 Schlussfolgerung ....6

# 1 Dokumente

## 1.1 Geprüfte Dokumente

[1.1.1] ENERCON GmbH:
Bestätigung nach IEC 61400-1 Ed. 3
“Stellungnahme Verwendbarkeit IEC ed.3 anstatt IEC ed.4 für ENERCON WEA”
Dokument-Nr.: D02759428/0.0
Rev. 0.0, Datum: 06.09.2022

## 1.2 Dazugehörige Dokumente

[1.2.1] DKE:
“Stellungnahme DIBt / IEC 61400-1 Ed. 4”
Dokument-Nr.: DKE/AK 383.0.1
Rev. -, Datum: 31.08.2020

[1.2.2] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Lastannahmen Turm und Fundament NH111m
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, NH 110.396 m (E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01), DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Turm und Fundament -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D I
Rev. 0, Datum: 06.09.2022

[1.2.3] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Lastannahmen Turm und Fundament NH131m
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, NH 130.639 m (E-138 EP3 E3-HST-131-FB-C-01), DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Turm und Fundament -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D II
Rev. 0, Datum: 03.02.2022

[1.2.4] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Lastannahmen Rotorblatt und Maschinenbau
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlage E-138 EP3 E3, RB E-138 EP3-RB-02, Diverse NH, DIBt WZ S, GK S - Lastannahmen für Rotorblatt und Maschinenbau -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-1 D III
Rev. 1, Datum: 06.09.2022

[1.2.5] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Sicherheitssystem und Handbücher
„Gutachtliche Stellungnahme Windenergieanlagen ENERCON E-138 EP3 E3 Plattform nach DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen (2012) - Sicherheitssystem und Handbücher -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-2 D
Rev. 0, Datum: 22.09.2022

[1.2.6] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Rotorblatt
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlage E-138 EP3 E2 und E-138 EP3 E3 unterschiedliche Konfigurationen und Nabenhöhen - Rotorblatt E-138 EP3-RB-02 -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8117142915-3 D
Rev. 6, Datum: 11.10.2022

[1.2.7] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Maschinenbauliche Komponenten
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlage ENERCON E-138 EP3 E3 - Maschinenbauliche Komponenten -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-4 D
Rev. 0, Datum: 08.11.2022

[1.2.8] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Verkleidungen und Strukturen
„Gutachtliche Stellungnahme für die Typenprüfung der Windenergieanlage ENERCON E-138 EP3 E3 und E-115 EP3 E4 - Verkleidungen & Strukturen -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-12 D
Rev. 0, Datum: 24.10.2022

[1.2.9] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Elektrische Komponenten und Blitzschutz
„Gutachtliche Stellungnahme ENERCON E-138 EP3 E3 – Elektrische Komponenten und Blitzschutz –„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-5 D
Rev. 1, Datum: 28.09.2022

[1.2.10] TÜV NORD CERT GmbH:
Gutachtliche Stellungnahme Turmkopfflanschbaugruppe
„Gutachtliche Stellungnahme für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3, Rotorblatt E-138 EP3-RB-02, verschiedene Konfigurationen, WZ S, GK S - Turmkopfflanschbaugruppe -„
TÜV NORD Bericht Nr.: 8119224863-11 D
Rev. 0, Datum: 07.02.2022

# 2 Prüfgrundlagen

[2.1] DIN EN 61400-1:2011-08:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010 (Ed. 3)); Deutsche Fassung EN 61400-1:2005 + A1:2010“

[2.2] DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12:
„Windenergieanlagen - Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019 (Ed. 4));
Deutsche Fassung EN IEC 61400-1:2019“

**[2.3]** Deutsches Institut für Bautechnik - DIBt:2015-03:
„Richtlinie für Windenergieanlagen, Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung“, korrigierte Fassung

# 3 Einleitung

Dieser Bericht attestiert die Evaluierung des vom Antragsteller getätigten Vergleiches der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1:2011-08 [2.1] mit den Auslegungsanforderungen der DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1):2019-12 [2.2] für die Windenergieanlage E-138 EP3 E3.

# 4 Durchgeführte Prüfungen

## 4.1 Prüfmethode

Die in [1.1.1] zur Prüfung eingereichten Informationen und Aussagen wurden hinsichtlich Plausibilität, technischer Richtigkeit und korrekter Referenz zu den zuvor genannten, technischen Standards geprüft.

Die Prüfungen und technischen Auslegungsanforderungen dieser gutachtlichen Stellungnahme und deren Übertragbarkeit beziehen sich auf die in der DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [1.1], Kapitel 3, Buchstabe I, geforderten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie auf die bautechnischen Unterlagen für Turm und Gründung gemäß DIBt Richtlinie für Windenergieanlagen [1.1], Kapitel 3, Buchstaben E bis G.

### 4.2 Anmerkungen

Keine

### 4.3 Prüfergebnis

Die in [1.1.1] beschriebene Vorgehensweise und Dokumentation ist zur Bewertung der Frage, ob die Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 [2.1] erfüllt sind, geeignet.

### 4.4 Schnittstellen

Keine

## 5 Auflagen

5.1 Der Prüfung von Turm und Gründung liegen Einwirkungen nach DIN EN IEC 61400-1 [2.2] zu Grunde.

## 6 Schlussfolgerung

Unter Berücksichtigung der Auflagen in Kapitel 5 kann für die unter [1.2] aufgeführten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die dazugehörige Prüfung von Turm und Gründung die Erfüllung der technischen Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.1] ebenfalls bestätigt werden.

Diese zusätzliche Bestätigung der Auslegungsanforderungen der DIN EN 61400-1 Ed. 3 [2.1] gilt jeweils nur für die gesamte Windenergieanlage. Die Prüfung der gesamten Windenergieanlage umfasst die gemäß [2.3], Kapitel 3, Buchstabe I, geforderten, gutachtlichen Stellungnahmen sowie die bautechnischen Unterlagen für Turm und Gründung gemäß [2.3], Kapitel 3, Buchstaben E bis G.

Die Übertragbarkeit einer einzelnen, gutachtlichen Stellungnahme gemäß DIN EN IEC 61400-1 Ed. 4 [2.2] auf die DIN EN 61400-1 Ed.3 [2.1], z.B. nur für die Lastannahmen, wird nicht bestätigt.

Sachverständiger:

M.Sc. Konstantin Konkel

Freigegeben:

Dipl.-Ing. Christian Hering

An der Prüfung beteiligte Sachverständige:

Dipl.-Ing. Lennart Klüppel
Dipl.-Ing. /IWE Ingo Jongschlager
Dipl.-Ing. (FH) Tomislav Ladišić
Dipl.-Ing. Martin Passow
Dr.-Ing. Werner Aldenhoff
M. Sc. Holger Grafe

Dieser Bericht wird ausschließlich dem oben genannten Antragsteller bzw. Kunden zur Verfügung gestellt. Die Veröffentlichung oder Verbreitung dieses Berichts ist nur durch vorherige schriftliche Freigabe der TÜV NORD CERT GmbH oder des oben genannten Antragstellers oder Kunden gestattet. Eine auszugsweise Veröffentlichung oder Verbreitung ist im Allgemeinen nicht gestattet.

F2E Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG

# Gutachten zur Standorteignung von WEA am Standort Georgshof III

**Referenz-Nummer:**
2025-A-028-P3-R2

**Auftraggeber:**
Windpark Georgshof GmbH & Co KG
Joachimsfeld 1, 26553 Dornum

**Bauherr:**
Herr Theo Verweyen
Westerstraße 16, 26553 Dornum

**Die Ausarbeitung des Gutachtens erfolgte durch:**
Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG
Borsteler Chaussee 178, 22453 Hamburg, www.f2e.de

**Verfasser:**



M.Sc. Andres Flügel, Sachverständiger, Hamburg, 30.01.2025

**Geprüft:**



Dipl.-Ing. (FH) Silva Mäusling, Sachverständige, Hamburg, 30.01.2025

**Urheber- und Nutzungsrecht:**
Urheber des Gutachtens ist die Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG. Der Auftraggeber erwirbt ein einfaches Nutzungsrecht entsprechend dem Gesetz über Urheberrecht und verwandte Schutzrechte (UrhG). Das Nutzungsrecht kann nur mit Zustimmung des Urhebers übertragen werden. Eine Veröffentlichung und Bereitstellung der ungekürzten Fassung des Gutachtens zum uneingeschränkten Download in elektronischen Medien sind verboten. Eine Einsichtnahme der gekürzten Fassung des Gutachtens gemäß UVPG §23 (2) über die zentralen Internetportale von Bund und Ländern gemäß UVPG §20 Absatz (1) wird gestattet.

# Inhaltsverzeichnis

1 Aufgabenstellung....3
2 Grundlagen....4
2.1 Nachweis durch Vergleich der Windbedingungen....4
2.2 Nachweis durch Vergleich der Lasten....10
2.3 Auslegungswerte....11
2.3.1 Turbulenzintensität....11
2.3.2 Windgeschwindigkeit....11
2.3.3 Weitere Windbedingungen....11
2.4 Erläuterungen zu den verwendeten Methoden....12
2.4.1 Bestimmung der Komplexität....12
2.4.2 Bestimmung der Umgebungsturbulenzintensität....13
2.4.3 Bestimmung der effektiven Turbulenzintensitäten....14
2.4.4 Bestimmung der Extremwerte der Turbulenzintensitäten....16
2.4.5 Bestimmung der Luftdichte....16
2.4.6 Bestimmung des Höhenexponenten....16
2.4.7 Bestimmung der Schräganströmung....17
2.4.8 Extrapolation der Winddaten....17
2.5 Gültigkeit der Ergebnisse....18
2.5.1 Betriebsbeschränkungen....19
2.6 Darstellung von Betriebsbeschränkungen im Gutachten....20
2.6.1 Einfluss von benachbarten Windenergieanlagen....20
2.6.2 Alternative Betriebsbeschränkungen....20
2.6.3 Einfluss der Umgebungsbedingungen....22
3 Eingangsdaten....23
3.1 Windparkkonfiguration und Auslegungswerte....23
3.2 Windgeschwindigkeitsverteilung am Standort....23
3.3 Extremwind am Standort....24
3.4 Umgebungsturbulenzintensität am Standort....24
3.5 Sektorielle Betriebsbeschränkungen....24
4 Bestimmung der Standortbedingungen....25
4.1 Standortbesichtigung....25
4.2 Ergebnisse Standortbedingungen....26
4.2.1 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren....26
5 Nachweis der Standorteignung....27
5.1 Allgemeine Hinweise....27
5.2 Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen....27
5.2.1 Erläuterungen und Hinweise....30



5.2.2 Betriebsbeschränkungen....30
5.2.3 Einschränkungen....30
5.3 Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Lasten....31
6 Zusammenfassung....32
7 Literaturangaben....34
Anhang: wake2e-Bericht, Projektname Georgshof III……..…….…….…. A.1

# 1 Aufgabenstellung

Die Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG ist beauftragt worden, Windenergieanlagen (WEA) hinsichtlich ihrer Standorteignung gemäß Kapitel 16 (Standorteignung von Windenergieanlagen) der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ zu betrachten und zu bewerten.

Voraussetzung für einen Nachweis der Standorteignung ist gemäß /2.8/ das Vorliegen einer gültigen Typenprüfung bzw. Einzelprüfung für die WEA. Im Folgenden ist die Möglichkeit der Einzelprüfung stets eingeschlossen, wenn von Typenprüfung gesprochen wird, auch wenn dies nicht explizit erwähnt wird.

Der Nachweis der Standorteignung der WEA erfolgt entweder durch einen Vergleich der am jeweiligen Standort der WEA herrschenden Windbedingungen mit den Windbedingungen, die der Typenprüfung zugrunde liegen, oder durch einen Vergleich der standortspezifischen Lasten mit den Lasten, die der Typenprüfung zugrunde liegen (siehe auch Kapitel 2).

Die Windbedingungen sind in den jeweiligen DIBt-Richtlinien /2.6, 2.7, 2.8/ festgelegt und Bestandteil der Typenprüfung einer WEA. Auf Basis dieser Windbedingungen und der daraus resultierenden Lasten garantiert eine Typenprüfung nach /2.6, 2.7, 2.8/ eine Entwurfslebensdauer der WEA von mindestens 20 Jahren.

Aufgrund fehlender Kriterien für einen Immissionsgrenzwert für die durch Nachbar-WEA erhöhte Turbulenzbelastung einer WEA können ersatzweise die Kriterien der Standorteignung für eine Turbulenzimmissionsprognose im Rahmen eines BImSchG-Antrages herangezogen werden. Es wird dabei davon ausgegangen, dass die Reduktion der Lebenszeit und der zusätzliche Verschleiß der WEA zumutbar sind, solange die Standorteignung hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität oder hinsichtlich der Auslegungslasten gewährleistet bleibt.

Das vorliegende Gutachten zur Standorteignung ist daher gleichzeitig eine Turbulenz-Immissionsprognose im Sinne des BImSchG.

# 2 Grundlagen

WEA sind Umweltbedingungen und elektrischen Bedingungen ausgesetzt, die Belastung, Haltbarkeit und den Betrieb beeinflussen können. Die Umweltbedingungen werden in Wind- und andere Umweltbedingungen unterteilt. Für die Integrität der Konstruktion sind die Windbedingungen die primär zu berücksichtigenden Einflussfaktoren.

Der Nachweis der Standsicherheit von Turm und Gründung einer WEA wird in Form einer Typenprüfung nach der jeweils gültigen DIBt-Richtlinie /2.6, 2.7, 2.8/ geführt. Hierzu definieren die Richtlinien Windzonen in Abhängigkeit von Windgeschwindigkeit und Turbulenzparametern, welche die meisten Anwendungsfälle erfassen sollen, jedoch keinen spezifischen Standort einer WEA exakt abbilden. Auf Basis der Windbedingungen der Windzone werden anschließend die Lasten der WEA durch den Hersteller ermittelt.

Das vom Hersteller verwendete Modell zur Berechnung der Lasten und die Berechnungsergebnisse werden durch unabhängige Berechnungen im Rahmen der Typenprüfung durch eine akkreditierte Stelle geprüft und bestätigt.

Im konkreten Einzelfall der Errichtung einer WEA ist die Anwendbarkeit der Typenprüfung nachzuweisen. Dies kann auf zwei Wegen geschehen. Zum einen durch einen Vergleich der standortspezifischen Windbedingungen mit den Windbedingungen der Typenprüfung oder zum anderen durch einen Vergleich der standortspezifischen Lasten mit den Lasten der Typenprüfung. Im zweiten Fall dienen die standortspezifischen Windbedingungen als Eingangswerte für die Ermittlung der standortspezifischen Lasten. Das bedeutet insbesondere, dass kein neuer Standsicherheitsnachweis für Turm und Gründung geführt wird, sondern dass jeweils die Randbedingungen der Typenprüfung, also des bestehenden Standsicherheitsnachweises, überprüft werden.

Abbildung 2.1.1 gibt einen Überblick über das Prüfverfahren.

## *2.1 Nachweis durch Vergleich der Windbedingungen*

Gemäß /2.2, 2.3/ sind für neu geplante WEA folgende Windbedingungen auf Nabenhöhe nachzuweisen:

- 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{50}$,
- Windgeschwindigkeitsverteilung im Bereich von $0.2v_{ref} – 0.4v_{ref}$,
- Turbulenzintensität für Windgeschwindigkeiten von $0.2v_{ref} – 0.4v_{ref}$,

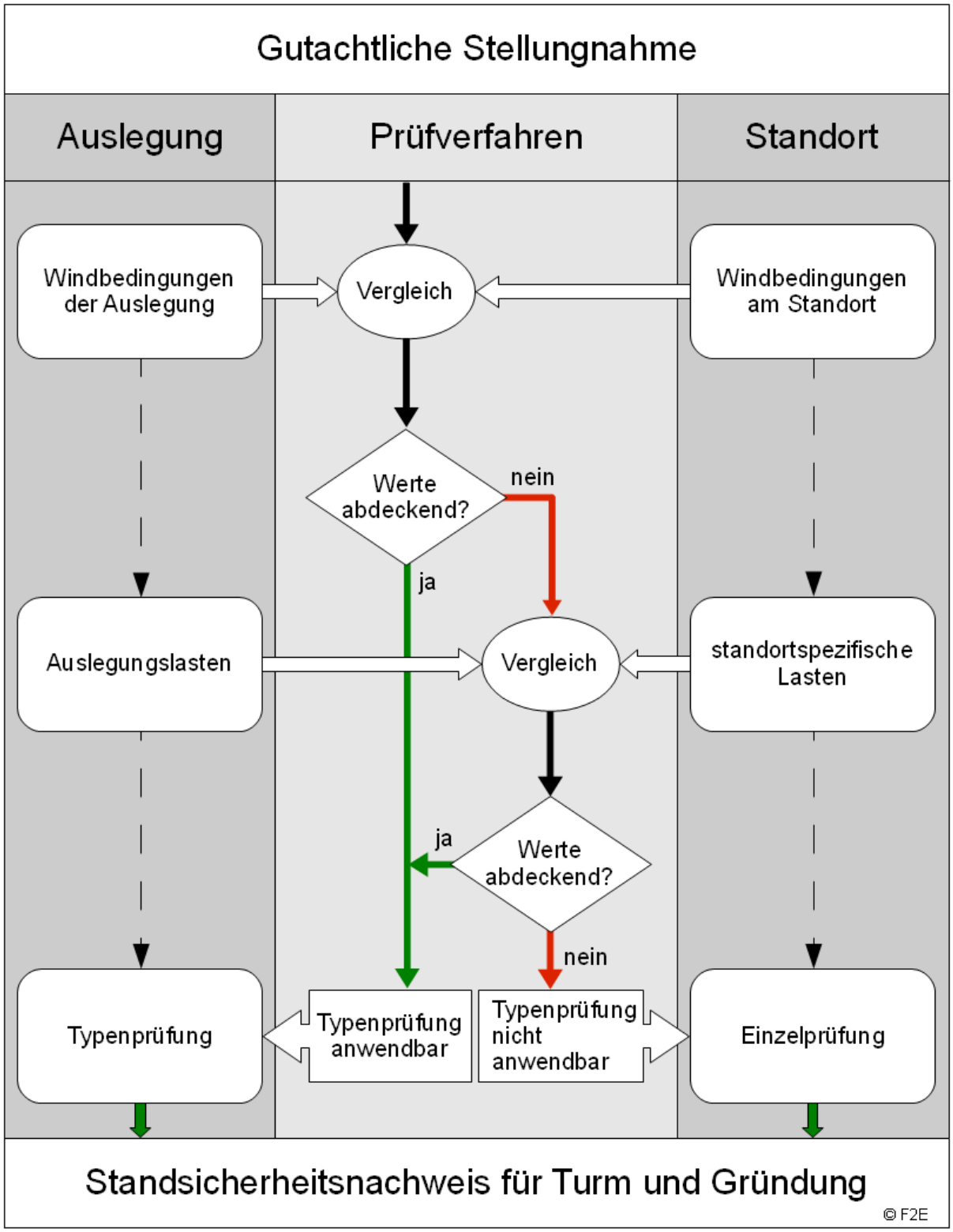



***Abbildung 2.1.1**: Schematische Darstellung des Prüfverfahrens.*

- Extremwerte der Turbulenzintensität,
- Höhenexponent α des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils,
- mittlere Neigung der Anströmung,
- mittlere Luftdichte ρ für Windgeschwindigkeiten ≥ $v_r$.

In /2.4/ wurde der Windgeschwindigkeitsbereich, für den die Windgeschwindigkeitsverteilung und die Turbulenzintensität nachgewiesen werden müssen, von $0.2v_{ref}$ – $0.4v_{ref}$ auf $v_{ave}$ – $2v_{ave}$ geändert. Dieser Windgeschwindigkeitsbereich kann daher alternativ zugrunde gelegt werden.

Überschreitungen der Extremwerte der Turbulenzintensität treten typischerweise stets mit Überschreitungen der Auslegungswerte der Turbulenzintensität auf. Für einen Nachweis durch einen Vergleich der Windbedingungen werden die Extremwerte der Turbulenzintensität daher nicht explizit ausgewiesen. Diese sind gegebenenfalls dann im Rahmen eines Nachweises durch einen Vergleich der Lasten (siehe Kapitel 2.2) zu berücksichtigen und werden daher in den Ergebnissen im Anhang aufgeführt.

Zusätzlich werden in /2.3/ Nachweise für Extremwerte des Windgradienten gefordert. Der Nachweis für Extremwerte des Windgradienten ist mit /2.4/ wieder entfallen und wird daher hier nicht berücksichtigt.

Werden abweichend von den in /2.2 - 2.4/ definierten Turbulenzkategorien individuelle Auslegungswerte der Turbulenzintensität definiert, kann es notwendig sein, den zu bewertenden Windgeschwindigkeitsbereich auf den gesamten Betriebsbereich der WEA auszudehnen.

Den Ermittlungen der Standortbedingungen ist nach /2.8/ dabei eine Standortbesichtigung zugrunde zu legen.

Alternativ zum oben genannten Nachweis nach /2.2, 2.3/ kann nach /2.8/ ein vereinfachtes Verfahren angewendet werden, wenn der jeweilige Standort der geplanten WEA nicht orografisch komplex gemäß der Definition in /2.2, 2.3/ ist. Nach dem vereinfachten Verfahren sind folgende Windbedingungen auf Nabenhöhe nachzuweisen:

- mittlere Jahreswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe,
- Turbulenzintensität,
- 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{50}$ (nur wenn die Windzone der Typenprüfung nicht die Windzone des jeweiligen Standortes der WEA abdeckt).

Nach /2.8/ muss dabei die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit $v_{ave}$ auf Nabenhöhe

5% kleiner sein als der Auslegungswert oder die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit $v_{ave}$ auf Nabenhöhe muss kleiner gleich dem Auslegungswert und der Formparameter k der Weibull-Verteilung gleichzeitig größer gleich 2 sein.

Das vereinfachte Verfahren setzt an dieser Stelle voraus, dass der Auslegungswert des Formparameters der Weibullverteilung einen Wert von 2.0 aufweist. Bei abweichenden Auslegungswerten muss die Bewertung der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit und des Formparameter k der Weibull-Verteilung über einen Vergleich der Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit mit der Verteilung der Auslegung entsprechend /2.2, 2.3/ erfolgen.

Im Rahmen der Überarbeitung der internationalen Richtlinie /2.2, 2.3/ wurde ein Verfahren entwickelt, das die Bewertung der Häufigkeitsverteilung der Windgeschwindigkeit auf Basis der Parameter der entsprechenden Weibull-Verteilung ermöglicht /2.4/. Dieses Verfahren kann angewendet werden, wenn sich die standortspezifische Kurve der Häufigkeitsverteilung und die der Auslegung schneiden. Gemäß /2.4/ sind verschiedene Kombinationen des Formparameters k der Weibull-Verteilung und der normierten mittleren Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe möglich, die durch den schraffierten Bereich in Abbildung 2.1.2 dargestellt sind. Für WEA, die nicht für einen Formparameter der Weibullverteilung von k = 2 ausgelegt sind, kann das Diagramm in konservativer Weise angepasst werden.

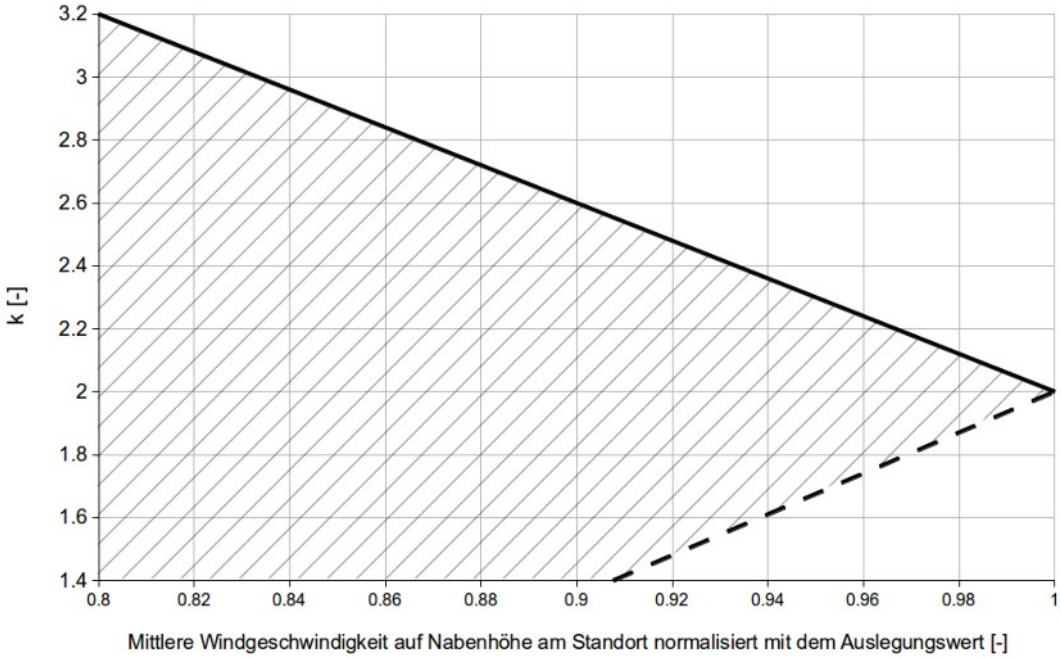



***Abbildung 2.1.2:*** *Mögliche Kombinationen von normierter Windgeschwindigkeit und Formparameter k der Weibull-Verteilung (schraffierter Bereich).*

Für bestehende WEA, die nach den DIBt-Richtlinien von 1995 bzw. 2004 /2.6, 2.7/ errichtet wurden, darf der Nachweis der Standorteignung weiterhin nach dem in der DIBt-Richtlinie von 2004 /2.7/ genannten Verfahren erfolgen.

Gemäß /2.4/ kann bei Luftdichten, die die Auslegungswerte überschreiten, der Nachweis alternativ erbracht werden, indem gezeigt wird, dass folgende Bedingung erfüllt ist:

$$\rho_{Auslegung} \cdot \left(V_{ave,Auslegung}\right)^2 \geq \rho_{Standort} \cdot \left(V_{ave,Standort}\right)^2$$

Die Bedingung entspricht einem Vergleich des standortspezifischen, mittleren Geschwindigkeitsdrucks mit dem Wert der Auslegung.

Der nachzuweisenden Turbulenzintensität kommt insofern eine besondere Bedeutung zu, da die Turbulenzintensität die einzige Windbedingung ist, über die eine Bewertung des Einflusses der WEA untereinander erfolgt.

Dieser Einfluss ist nach DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ zu berücksichtigen, wenn der auf den Rotordurchmesser D der jeweils größeren WEA bezogene Abstand zwischen zwei WEA für typische küstennahe Standorte kleiner gleich fünf und für typische Binnenstandorte kleiner gleich acht Rotordurchmesser beträgt /2.8/. Für größere Abstände braucht eine Beeinflussung der WEA untereinander nicht betrachtet zu werden. Im Folgenden wird dabei konservativ immer der größere Einflussbereich von 8D zugrunde gelegt.

Hieraus folgen unmittelbar die benachbarten WEA, für die eine Standorteignung im Rahmen des betrachteten Zubaus der geplanten WEA erneut nachzuweisen ist. Da es einen Einfluss der geplanten WEA auf diese benachbarten WEA nur in Form einer Erhöhung der Turbulenzintensität gibt, ist für benachbarte WEA unabhängig von der anzuwendenden DIBt-Richtlinie auch nur diese Windbedingung erneut zu überprüfen.

Abbildung 2.1.3 gibt einen Überblick über die jeweils nachzuweisenden Windbedingungen.

Liegt eine der oben aufgeführten für den Nachweis der Standorteignung erforderlichen Windbedingungen oberhalb des entsprechenden Auslegungswertes, der bei der jeweiligen Typenprüfung der WEA zugrunde gelegt wurde, ist ein Nachweis der Standorteignung der WEA durch einen Vergleich der Windbedingungen nicht möglich.

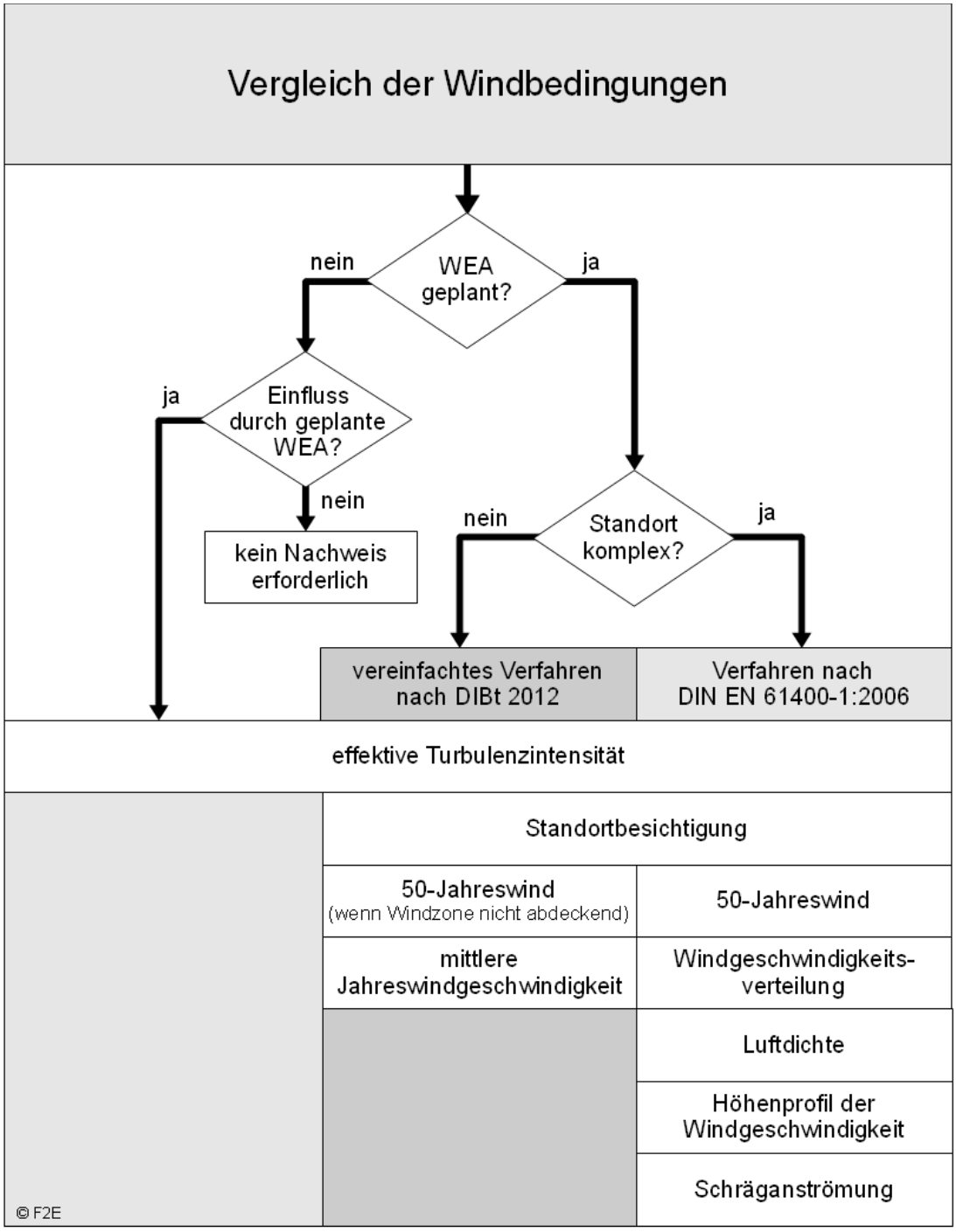



***Abbildung 2.1.3**: Nachweis durch Vergleich der Windbedingungen gemäß /2.8/.*

## 2.2 Nachweis durch Vergleich der Lasten

Die entsprechend dem in Kapitel 2.1 beschriebenen Verfahren ermittelten Windbedingungen können als Eingangsparameter für einen standortspezifischen Nachweis durch einen Vergleich der Lasten verwendet werden.

Im Falle eines Windparks mit entsprechendem Einfluss von benachbarten WEA sind nach /2.2/ sowohl die Betriebs- als auch die Extremlasten nachzuweisen. Für die Betriebslasten sind gemäß /2.2, 2.3/ hierzu der Auslegungslastfall DLC 1.2 unter Berücksichtigung der effektiven Turbulenzintensität und für die Extremlasten die Auslegungslastfälle DLC 1.1 oder 1.3 sowie der DLC 1.5 nachzurechnen.

Alternativ hierzu kann nach /2.8/ ein vereinfachtes Verfahren angewendet werden, wenn der jeweilige Standort der geplanten WEA nicht orografisch komplex gemäß der Definition in /2.2, 2.3/ ist. Nach dem vereinfachten Verfahren sind folgende Lasten zu ermitteln:

- Betriebslasten, wenn die mittlere Windgeschwindigkeit oder die Turbulenzintensität überschritten sind.
- Extremlasten, wenn der 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{ref}$ überschritten ist.

Eine solche standortspezifische, detaillierte Lastberechnung ist im Vergleich zu dem in Kapitel 2.1 dargestellten Nachweis durch einen Vergleich der Windbedingungen sehr aufwändig. Sie kann in der Regel nur vom jeweiligen Hersteller durchgeführt werden.

Diese standortspezifischen Lasten können mit den entsprechenden Auslegungslasten der Typenprüfung verglichen werden. Liegen die standortspezifischen Lasten unterhalb bzw. auf dem Niveau der Auslegungslasten, die bei der jeweiligen Typenprüfung der WEA zugrunde gelegt wurden, ist die Standorteignung der WEA gegeben.

Liegen die standortspezifischen Lasten oberhalb der Auslegungslasten, die bei der jeweiligen Typenprüfung der WEA zugrunde gelegt wurden, ist ein Nachweis der Standorteignung der WEA durch einen Vergleich der Lasten nicht möglich.

In diesem Fall kann die Typenprüfung der WEA nicht angewendet werden und ein Einzelnachweis durch den Hersteller ist erforderlich.

## 2.3 Auslegungswerte

### 2.3.1 Turbulenzintensität

Die Auslegungswerte der Turbulenzintensität sind in den DIBt-Richtlinien von 1993/1995 /2.6/ und 2004 /2.7/ noch unabhängig von der Windzone definiert. Der Auslegungswert liegt gemäß DIBt-Richtlinie von 1993/1995 konstant bei 0.2 (20%). Die DIBt-Richlinie von 2004 /2.7/ schreibt die Turbulenzkategorie A nach /2.1/ vor.

In der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ wird die Turbulenzkategorie A nach DIN EN 61400-1:2006 /2.2/ nur noch empfohlen. Grundsätzlich können auch andere Auslegungswerte der Turbulenzintensität zugrunde gelegt werden. In vielen Fällen finden hier die in den internationalen Richtlinien /2.2, 2.3, 2.4/ definierten Turbulenzkategorien Anwendung.

### 2.3.2 Windgeschwindigkeit

Die Typenprüfung nach DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ erfolgt für eine bestimmte Windzone. Abhängig von der Windzone ist sowohl der Auslegungswert des 10-min-Mittelwertes der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{ref}$ als auch die mittlere Jahreswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe $v_{ave}$ definiert. Diese Werte sind abhängig von der Nabenhöhe und unterscheiden sich in den einzelnen Windzonen. Der 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren $v_{ref}$ kann weiterhin entweder gemäß /2.9/ oder nach einer vereinfachten Formel gemäß /2.8/ bestimmt werden. Die Auslegungswerte sind daher der individuellen Typenprüfung der WEA zu entnehmen und können nicht allgemeingültig angegeben werden. Die Windgeschwindigkeitsverteilung ergibt sich in allen Fällen aus der mittleren Jahreswindgeschwindigkeit auf Nabenhöhe unter Verwendung einer Rayleigh-Verteilung.

Nach den DIBt-Richtlinien /2.6, 2.7, 2.8/ werden die Auslegungswerte der Windgeschwindigkeit in die Windzonen 1 bis 4 bzw. I bis IV unterteilt, wobei die Windzone 4 oder IV die höchsten Auslegungswerte aufweist. In der zitierten Literatur werden hier sowohl arabische als auch römische Zahlen verwendet.

### 2.3.3 Weitere Windbedingungen

Den nach /2.2, 2.3/ zusätzlich nachzuweisenden Windbedingungen liegen im allgemeinen nach den DIBt-Richtlinien /2.7, 2.8/ folgende Auslegungswerte zugrunde:

- Höhenexponent des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils: $\alpha = 0.2$,

- mittlere Neigung der Anströmung: 8°,
- mittlere Luftdichte: ρ = 1.225 kg/m³.

## 2.4 Erläuterungen zu den verwendeten Methoden

Kommen im Einzelfall andere Berechnungsmethoden oder Eingangsdaten zur Anwendung als hier aufgeführt wird dies in Kapitel 4 entsprechend dargestellt.

### 2.4.1 Bestimmung der Komplexität

Große Geländesteigungen und Höhenunterschiede können zu erhöhten Umgebungsturbulenzintensitäten führen und müssen daher in orografisch komplexem Gelände bewertet werden. Der Einfluss der Geländeorografie kann nach /2.2, 2.3, 2.4/ durch einen Turbulenzstrukturparameter erfasst werden, der als Faktor auf die Turbulenzintensität wirkt.

Die Bestimmung der Komplexität kann gemäß DIBt-Richtlinie /2.8/ auf Basis der IEC 61400-1 Edition 3 /2.3/ erfolgen. Da die Bewertung der Komplexität in der IEC 61400-1 mit der Edition 4 /2.4/ maßgeblich überarbeitet wurde, erfolgt im Folgenden die Bestimmung der Komplexität gemäß /2.4/.

Die Bewertung der orografischen Komplexität eines WEA-Standortes erfolgt nach /2.4/ auf Basis von Geländesteigungen und Geländedifferenzen zu insgesamt 39 Ausgleichsebenen. Die Ausgleichsebenen werden mit der Methode der kleinsten Fehlerquadrate durch die Höhendaten gelegt. Zur Bewertung werden in /2.4/ Kriterien definiert, nach denen sowohl eine bestimmte Anströmrichtung als auch der gesamte Standort als „non complex“, „low complex“ (L), „medium complex“ (M) oder „high complex“ (H) charakterisiert werden kann.

Den einzelnen Komplexitätskategorien wird dann ein Turbulenzstrukturparameter gemäß Tabelle 2.4.1.1 zugeordnet. Der maximale sektorielle Turbulenzstrukturparameter, der für eine Anströmrichtung ermittelt wird, wirkt dabei als Faktor auf die aus dieser Richtung ermittelte Umgebungsturbulenzintensität.

**Tabelle 2.4.1.1**: Turbulenzstrukturparatemer $C_{CT}$ für die verschiedenen Komplexitätskategorien L, M und H nach /2.4/.

| | Komplexitätskategorie | | |
|---|---|---|---|
| | L | M | H |
| $C_{CT}$ | 1.05 | 1.10 | 1.15 |

Das vereinfachte Verfahren zur Bewertung der Standorteignung nach /2.8/ wird im

Weiteren nur angewandt, wenn der gesamte Standort gemäß /2.4/ als nicht komplex eingestuft werden kann.

### 2.4.2 Bestimmung der Umgebungsturbulenzintensität

Die Turbulenzintensität ist definiert als das Verhältnis der Standardabweichung der zeitlichen Windgeschwindigkeitsverteilung zu ihrem Mittelwert bezogen auf ein Intervall von 600s. Die Umgebungsturbulenzintensität beschreibt dabei ausschließlich die Turbulenz der freien Strömung ohne den Einfluss von WEA.

Für die spätere Berechnung der effektiven Turbulenzintensität ist nicht die mittlere Umgebungsturbulenzintensität sondern abhängig von der Auslegung der jeweiligen WEA die charakteristische Turbulenzintensität (DIBt 1993/95, DIBt 2004 und IEC 61400-1 Edition 2) bzw. die repräsentative Turbulenzintensität (DIBt 2012, IEC 61400-1 Edition 3) zugrunde zu legen. Die charakteristische Turbulenzintensität ergibt sich aus der Addition der mittleren Umgebungsturbulenzintensität und der einfachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität. Die repräsentative Turbulenzintensität ergibt sich aus der Addition der mittleren Umgebungsturbulenzintensität und der 1.28fachen Standardabweichung der Umgebungsturbulenzintensität.

Wenn keine ausreichenden Messdaten zur Turbulenzintensität am Standort vorliegen, wird die mittlere langfristig zu erwartende Umgebungsturbulenzintensität rechnerisch ermittelt.

Im Bereich der atmosphärischen Bodengrenzschicht ergibt sich die zu berücksichtigende Umgebungsturbulenzintensität im Wesentlichen aus dem Einfluss der Rauigkeitselemente des Bodens wie Bäumen, Büschen, Bauwerken etc.. Hierzu erfolgt eine Typisierung von Geländeoberflächen hinsichtlich ihres Bewuchses, ihrer Bebauung und Nutzung auf Basis detaillierter Satellitendaten zur Bodenbedeckung /1.7/, wobei Geländeabschnitte bis 25km Entfernung um die jeweilige Koordinate einbezogen werden. Den einzelnen Geländeabschnitten werden anschließend Rauigkeitsklassen gemäß der Empfehlungen des für die Kommission der Europäischen Gemeinschaften veröffentlichten Europäischen Windatlanten /1.3/ zugeordnet. Der Einfluss der verschiedenen Geländeabschnitte wird abhängig vom Abstand zur Koordinate in zwölf Richtungssektoren à 30° bewertet, wodurch sich gewichtete Mittel für die Rauigkeiten in den jeweiligen Sektoren ergeben.

Auf Grundlage dieser Rauigkeitsklassifizierung werden die notwendigen Werte von uns auf Basis der Empfehlungen der VDI-Richtlinie VDI 3783 Blatt 12 /1.1/ sowie der DIN EN 1991-1-4 /2.9/ bestimmt.

Die zu berücksichtigenden Umgebungsturbulenzintensitäten sind im Gegensatz zu



den Rauigkeiten nicht nur richtungsabhängig, sondern auch abhängig von der Windgeschwindigkeit und Höhe über Grund und werden entsprechend für die verschiedenen Richtungen und Windgeschwindigkeiten für jede einzelne WEA auf Nabenhöhe ermittelt und in den weiteren Berechnungen berücksichtigt. Der Windgeschwindigkeitsverlauf orientiert sich dabei am Normalen Turbulenzmodell (NTM) der IEC 61400-1 /2.3/.

Einzelstrukturen und orografische Hindernisse, die auf Grund ihrer Entfernung und Höhe so groß sind, dass der direkte Einfluss der Nachlaufströmung dieser Einzelstrukturen und orografischen Hindernisse auf den Rotor einer WEA nicht ausgeschlossen werden kann, können nicht als Rauigkeitselemente aufgelöst werden. Ihr Einfluss ist gegebenenfalls gesondert zu bewerten (siehe hierzu Kapitel 4.1).

### 2.4.3 Bestimmung der effektiven Turbulenzintensitäten

In /1.4/ ist ein Verfahren beschrieben, um den Einfluss mehrerer, verschieden weit entfernter WEA unter Berücksichtigung der Häufigkeit der Nachlaufsituationen zu bewerten. Die Bewertung erfolgt mit Hilfe einer effektiven Turbulenzintensität. Die effektive Turbulenzintensität ist eine Ersatzgröße, welche über die gesamte Lebensdauer der WEA anzusetzen ist. Sie gewichtet die Belastung durch die Umgebungsturbulenzintensität und die zusätzlich durch die Nachlaufsituation induzierte Belastung. Das Verfahren wird sowohl im internationalen Regelwerk als auch in der DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ empfohlen. Eine zusätzliche Belastung besteht nach diesem Berechnungsverfahren nicht mehr, wenn der Abstand zur benachbarten WEA mehr als zehn Rotordurchmesser beträgt. Da dieses Berechnungsverfahren im Folgenden Anwendung findet, wird bei der Berechnung der effektiven Turbulenzintensität einer WEA daher der Einfluss aller benachbarten WEA berücksichtigt, die bis zu 10D (bezogen auf ihren jeweiligen Rotordurchmesser) entfernt stehen.

Gegenüber der in /1.4/ dargestellten Form des Berechnungsverfahrens verwenden wir das Verfahren mit zwei Modifikationen, welche im Folgenden erläutert werden.

Das in /1.4/ eingesetzte Modell für die zusätzlich im Nachlauf produzierte Turbulenzintensität ist abhängig vom Schubbeiwert $c_T$ der WEA. Hier verwenden wir für die Modellierung der zusätzlich im Nachlauf produzierten Turbulenzintensität ein aufwändigeres Modell nach /1.2/, in das neben dem Schubbeiwert $c_T$ der WEA auch die Schnelllaufzahl der WEA und die Umgebungsturbulenzintensität als Parameter eingehen. Ist es möglich eine WEA leistungsreduziert oder in einem veränderten Betriebsmodus zu betreiben, verwenden wir die zur jeweiligen Nennleistung bzw. dem Betriebsmodus gehörenden oder abdeckende Parameter. Sowohl in /1.4/ als

auch im internationalen Regelwerk /2.2, 2.3/ ist weiterhin ein Modell zur Bestimmung der zusätzlich im Nachlauf produzierten Turbulenzintensität angegeben, das ganz ohne anlagenspezifische Parameter auskommt. Hier wird ein generalisierter, konservativer Verlauf der Schubbeiwerte zugrunde gelegt /1.4/. Dieses Modell wird von uns verwendet, wenn für eine WEA die anlagenspezifischen Parameter nicht vorliegen oder diese einen Verlauf zeigen, der deutlich von denen der WEA abweicht, die der ursprünglichen Validierung zugrunde lagen.

Die zweite Modifikation betrifft die Häufigkeit der jeweiligen Nachlaufsituation, die nach /2.8/ mit 6% angenommen werden kann. Dieser konstanten Häufigkeit liegt die Annahme eines voll ausgebildeten Nachlaufs (far wake) zugrunde, der sich typischerweise drei bis fünf Rotordurchmesser hinter der WEA einstellt. Um auch für geringe Anlagenabstände konservative Werte zu erhalten, wird die Häufigkeit der jeweiligen Nachlaufsituation von uns davon abweichend auf Basis der realen geometrischen Verhältnisse im Windpark und unter Berücksichtigung der Häufigkeitsverteilung der Windrichtungen berechnet. Zusätzliche Sicherheit für den Nahbereich entsteht durch die Annahme, dass der Nachlauf der WEA von Anfang an eine deutlich größere Ausdehnung als der Rotor aufweist.

Die Ausdehnung des Nachlaufs wird auch in vertikaler Richtung berücksichtigt, so dass bei ausreichendem Höhenunterschied kein Einfluss des Nachlaufs auf die deutlich niedrigere bzw. höhere WEA mehr besteht.

Für den materialspezifischen Wöhlerlinien-Koeffizienten m wird der höchste Koeffizient für die schwächste Strukturkomponente der WEA zugrunde gelegt. Daraus ergibt sich ein abdeckender Wert von m = 10 /1.5/ für glasfaserverstärkte Kunststoffe mit einem Faseranteil von 30 bis 55 Volumen-% /2.5/. Für kohlefaserverstärkte Kunststoffe mit einem Faseranteil von 50 bis 60 Volumen-% wird nach /2.5/ ein Wert von m = 14 zugrunde gelegt. Herstellerspezifisch können abweichende Wöhlerlinien-Koeffizienten für die schwächste Strukturkomponente der WEA verwendet werden. Wenn nicht anders gekennzeichnet, beziehen sich die hier dargestellten effektiven Turbulenzintensitäten auf einen Wöhlerlinien-Koeffizienten von m = 10.

Die DIBt von 2004 und 2012 /2.7, 2.8/ definiert die Auslegungswerte der Turbulenzintensität windgeschwindigkeitsabhängig. Demgegenüber definiert die DIBt von 1995 /2.6/ einen konstanten mittleren Auslegungswert für die Turbulenzintensität von 20%, der allen Windgeschwindigkeiten zugeordnet ist.

Da im Falle eines standortspezifischen Nachweises der Betriebslasten diese auf Basis der ermittelten windgeschwindigkeitsabhängigen effektiven Turbulenzintensitäten berechnet werden müssen, werden für alle betrachteten WEA die windgeschwindigkeitsabhängigen Werte ausgewiesen.

Für die WEA, für die Auslegungswerte der Turbulenzintensität auf Basis der DIBt von 1995 (1993) /2.6/ zugrunde gelegt werden, sind entsprechende konstante mittlere effektive Turbulenzintensitäten ausgewiesen. Benachbarte WEA mit einer sehr geringen oder sehr hohen Leistung pro Quadratmeter der Rotorfläche oder benachbarte WEA mit einer sehr niedrigen oder sehr hohen Nennwindgeschwindigkeit können dabei qualitativ abweichende Ergebnisse im Vergleich zu einer Bewertung auf Basis von windgeschwindigkeitsabhängigen Auslegungswerten hervorrufen. In diesen Fällen kann der Vergleich mit den windgeschwindigkeitsabhängigen Auslegungswerten zugrunde gelegt werden.

### 2.4.4 Bestimmung der Extremwerte der Turbulenzintensitäten

Die Extremwerte der Turbulenzintensität werden entsprechend den Vorgaben in /2.3/ unter Berücksichtigung der Nachlaufsituationen bestimmt. Als Maß dient der über alle Richtungen gebildete Maximalwert der Turbulenzintensität im Zentrum des Nachlaufs.

### 2.4.5 Bestimmung der Luftdichte

Zur Berechnung der Luftdichte wird die mittlere Temperatur in 2m Höhe über den Zeitraum von 1981 bis 2010 aus einem 1km-Raster des Deutschen Wetterdienstes zugrunde gelegt /1.9/. Die Luftdichte auf Nabenhöhe der WEA wird anschließend auf Grundlage der Berechnungsvorschrift nach DIN ISO 2533 /2.12/ ermittelt und gemäß /2.4/ für Windgeschwindigkeiten oberhalb der Nennwindgeschwindigkeit korrigiert.

### 2.4.6 Bestimmung des Höhenexponenten

Der Höhenexponent unterliegt sehr starken tageszeitlichen und saisonalen Schwankungen. Die Stabilität der Atmosphäre beeinflusst den Höhenexponenten dabei maßgeblich. Stabilitätsbedingte große Höhenexponenten sind dabei jedoch oft mit niedrigen Turbulenzen korreliert und werden bezüglich der Lasten durch diese oft ausgeglichen. Da entsprechend dem Regelwerk ein einziger über alle Zeiten, Windrichtungen und Windgeschwindigkeiten gemittelter Wert gefordert wird, erfolgt die Berechnung des mittleren Höhenexponenten daher alleine auf Basis der ermittelten Rauigkeiten. Einflüsse der Stabilität der Atmosphäre werden im Mittel dabei vernachlässigt.

Der Einfluss des Höhenexponenten auf die Lasten der einzelnen Komponenten einer WEA ist sehr unterschiedlich. Sowohl sehr kleine als auch sehr große Werte des Höhenexponenten können zu einer Erhöhung der Lasten führen. Ein einfacher Vergleich mit dem Auslegungswert des Höhenexponenten ist daher nicht möglich.

Der Mittelwert des Höhenexponenten sollte bei einem Auslegungswert von 0.2 gemäß /2.4/ in einem Wertebereich von 0.05 bis 0.25 liegen und kann damit um 25% nach oben und um 75% nach unten abweichen. Für andere Auslegungswerte des Höhenexponenten können analoge Gültigkeitsbereiche definiert werden.

Stehen die geplanten WEA in orografisch exponierter Lage auf oder in der Nähe von Hügelkuppen oder sind schroffe Geländekanten oder Steilhänge in direkter Umgebung vorhanden, ist zu überprüfen, ob es zu erhöhten Windgeschwindigkeitsgradienten in vertikaler Richtung im Bereich des Rotors der WEA kommen kann. Falls erforderlich, wird hierauf in Kapitel 4 hingewiesen.

### 2.4.7 Bestimmung der Schräganströmung

Die Bewertung der Schräganströmung kann gemäß /2.3/ auf Basis der durch die Höhendaten am Standort gelegten Ausgleichsebenen erfolgen. Da die Bewertung der Komplexität des Standortes, für den diese Ausgleichsebenen erzeugt werden, hier entsprechend der IEC 61400-1 Ed. 4 /2.4/ erfolgt, wird abweichend von der DIBt-Richtlinie /2.8/ die Bewertung der Schräganströmung ebenfalls nach /2.4/ durchgeführt. Dies ist erforderlich, um ein Bewertungsverfahren zu verwenden, das konform mit den Komplexitätskriterien nach /2.4/ ist.

Gemäß /2.4/ kann dabei angenommen werden, dass das energiegewichtete Mittel der Steigungen der sektoriellen Ausgleichsebenen, ermittelt für einen Umkreis vom fünffachen der Nabenhöhe der WEA, ein Maß für die Schräganströmung des WEA-Standortes darstellt.

Im Falle ausgeprägter Kuppen- oder Kammlagen, sind eventuell weitere Ausgleichsebenen gemäß Kapitel 2.4.1 heranzuziehen und werden dann zusätzlich in Kapitel 4 ausgewiesen.

### 2.4.8 Extrapolation der Winddaten

Die zur Verfügung gestellten Winddaten werden nicht in der Horizontalen umgerechnet. Es findet vielmehr in Abstimmung mit dem Auftraggeber eine Zuordnung der WEA-Standorte zu dem oder den Windreferenzpunkten statt. Diese Zuordnung kann dem Anhang entnommen werden.

Besteht ein signifikanter Höhenunterschied zwischen Bezugshöhe der Winddaten und Nabenhöhe der WEA findet eine Umrechnung der Winddaten in der Vertikalen statt. Diese Extrapolation erfolgt unter Annahme eines logarithmischen Höhenprofils der Windgeschwindigkeit. Die erforderlichen mittleren Rauigkeitslängen werden für die WEA auf Basis der Rauigkeitsklassifizierung ermittelt.

Eine Haftung für die Richtigkeit der extrapolierten Werte wird nicht übernommen.

Mit zunehmendem Höhenunterschied zwischen Bezugshöhe der Winddaten und Nabenhöhe der WEA steigen die mit der Umrechnung verbundenen Unsicherheiten. Gleiches gilt für einen zunehmenden Abstand zwischen den WEA-Standorten und den Referenzpunkten der Winddaten. Diese Unsicherheiten können die Verwendung der Winddaten insbesondere als Eingangsdaten für eine standortspezifische Lastrechnung einschränken. Auf eine solche Einschränkung wird gegebenenfalls im Gutachten hingewiesen.

## 2.5 Gültigkeit der Ergebnisse

Alle Werte mit Höhenbezug beziehen sich, wenn nichts anderes angegeben ist, auf die Nabenhöhe ($z_{hub}$) der entsprechenden WEA.

Die für den Nachweis der Standorteignung notwendige effektive Turbulenzintensität hängt von mehreren Faktoren ab. Dies sind die Windparkkonfiguration in Form der WEA-Daten (Koordinaten, WEA-Typ, Nabenhöhe, Nennleistung und eventuelle vorhandene Betriebsbeschränkungen), die Windbedingungen (Häufigkeitsverteilung der Windrichtung, sektorielle Weibull-Parameter der Windgeschwindigkeitsverteilung sowie die Umgebungsturbulenzintensität) und die Typenprüfung der WEA, die festlegt, welcher statistische Wert der Umgebungsturbulenzintensität zugrunde zu legen ist.

Jede Änderung dieser Randbedingungen erfordert daher eine Neubewertung der Standorteignung hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität.

Änderungen in der Nabenhöhe von ±1m liegen innerhalb der Toleranzen und sind durch die Ergebnisse abgedeckt.

Da bei den betrachteten WEA anlagenspezifische Werte (siehe Kapitel 2.1) berücksichtigt werden, kann insbesondere bei einem Wechsel auf einen anderen WEA-Typ mit z.B. kleinerem Rotordurchmesser nicht unterstellt werden, dass die Aussage des Gutachtens weiterhin gültig ist.

Bei den verwendeten anlagenspezifischen Werten (siehe Kapitel 2.1) kann es sich um berechnete oder gemessene Größen des Herstellers handeln. Diese können voneinander abweichen und zu unterschiedlichen Ergebnissen führen.

Die Ergebnisse beziehen sich dabei auf eine vorliegende gültige Typenprüfung für die betrachteten WEA. Der Typenprüfung müssen mindestens die jeweils aufgeführten Auslegungswerte zugrunde liegen. Für alle betrachteten WEA wird für die Bewertung die Entwurfslebensdauer der Typenprüfung zugrunde gelegt.

Für bestehende WEA, die ihre Entwurfslebensdauer bereits überschritten haben,

kann es durch eine Neuplanung zu einer Verkürzung der möglichen Weiterbetriebszeit kommen. Eine Bewertung der Zumutbarkeit dieses Einflusses ist nicht Gegenstand dieses Gutachtens. Die ermittelten Ergebnisse können aber als Eingangsparameter für standortspezifische Berechnungen der Betriebslasten verwendet werden, um den Einfluss der geplanten WEA auf die mögliche Weiterbetriebszeit zu ermitteln.

Zum Zeitpunkt der Erstellung des Gutachtens steht nicht fest, welche Dokumente im Rahmen des Genehmigungsverfahrens später bei der Behörde eingereicht werden. Die im Gutachten zitierten Quelldokumente der verwendeten Auslegungswerte müssen daher nicht zwingend mit den Dokumenten übereinstimmen, welche im Rahmen des Bauantrages bzw. der Baugenehmigung vorgelegt werden. Sie dienen hier lediglich als Quellenangabe für die verwendeten Auslegungswerte.

Wenn in den uns vorliegenden Dokumenten zur Auslegung der WEA kein eindeutiger Rückschluss auf Auslegungswerte möglich ist, verwenden wir konservativ abdeckende Werte. Eine Haftung für die Richtigkeit der ermittelten Werte wird nicht übernommen.

Auf Basis des Gutachtens ist zu prüfen, ob die im Gutachten aufgeführten Auslegungswerte mit den Auslegungswerten in den zur Baugenehmigung vorgelegten Dokumenten übereinstimmen. Wenn die Auslegungswerte übereinstimmen ist die Gültigkeit des Gutachtens unabhängig von den zitierten Quelldokumenten gegeben.

Die bei sehr geringen Abständen mögliche gegenseitige Beeinflussung benachbarter WEA durch die Nachlaufschleppe der Turmbauwerke wird nicht betrachtet. Ebenso wird ein möglicher Einfluss von sehr nahe liegenden großen Einzelstrukturen wie z.B. hohen Gebäuden auf betrachtete WEA nicht untersucht.

### 2.5.1 Betriebsbeschränkungen

Wenn bei sonst gleichbleibenden Randbedingungen WEA entfallen oder zusätzliche Betriebsbeschränkungen definiert werden, führt dies stets zu gleichbleibenden bzw. niedrigeren effektiven Turbulenzintensitäten. Die getroffenen Aussagen zur Standorteignung sind daher in diesen Fällen weiterhin anwendbar.

Der Einfluss neu geplanter WEA auf bestehende WEA kann sich aber stärker abbilden. Aussagen zu einem nicht signifikanten Einfluss neu geplanter WEA auf bestehende WEA behalten in diesen Fällen daher nicht immer ihre Gültigkeit und sind neu zu bewerten.

Aufgeführte Betriebsbeschränkungen stellen Mindestanforderungen dar. Eine Prüfung der technischen Umsetzbarkeit wird nicht vorgenommen.

## *2.6 Darstellung von Betriebsbeschränkungen im Gutachten*

### 2.6.1 Einfluss von benachbarten Windenergieanlagen

Betriebsbeschränkungen, bei denen der Einfluss einer windaufwärts gelegenen WEA auf eine windabwärts gelegene WEA reduziert oder ausgeschlossen wird, werden in Kapitel A.2.6 des Anhangs aufgeführt.

Für verschiedene Berechnungsvarianten können dabei unterschiedliche Betriebsbeschränkungen definiert werden. Die Betriebsbeschränkungen werden daher in Gruppen zusammengefasst. Diese Betriebsbeschränkungs-Gruppen werden dann den Berechnungsvarianten zugeordnet. Die Zuordnung ist in der Übersicht der Berechnungsvarianten in Kapitel A.2.5 des Anhangs dargestellt.

Innerhalb der Betriebsbeschränkungs-Gruppe werden die einzelnen Betriebsbeschränkungen durchnummeriert.

### 2.6.2 Alternative Betriebsbeschränkungen

Da die Lasten bei einer abgeschalteten WEA auch in der erhöhten Turbulenz der Nachlaufströmung der verursachenden Nachbar-WEA geringer sind als im Betrieb bei ungestörter Anströmung, kann statt der windaufwärts gelegenen, verursachenden WEA alternativ auch die zu schützende WEA abgeschaltet werden.

Betriebsbeschränkungen, bei denen für einen bestimmten Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsbereich Abschaltungen definiert sind, decken Betriebsbeschränkungen, bei denen ein anderer Betriebsmodus oder eine Blattwinkelverstellung für dieselben Bereiche definiert wird, ab.

Es ergeben sich also zu jeder definierten Betriebsbeschränkung automatisch entweder zwei mögliche Alternativen (Beispiel a in Abbildung 2.6.2.1) oder eine mögliche Alternative (Beispiel b in Abbildung 2.6.2.1).

In den Ergebnissen wird oft nur eine der Betriebsbeschränkungsvarianten dargestellt. Die genannten Alternativen sind aber stets möglich.

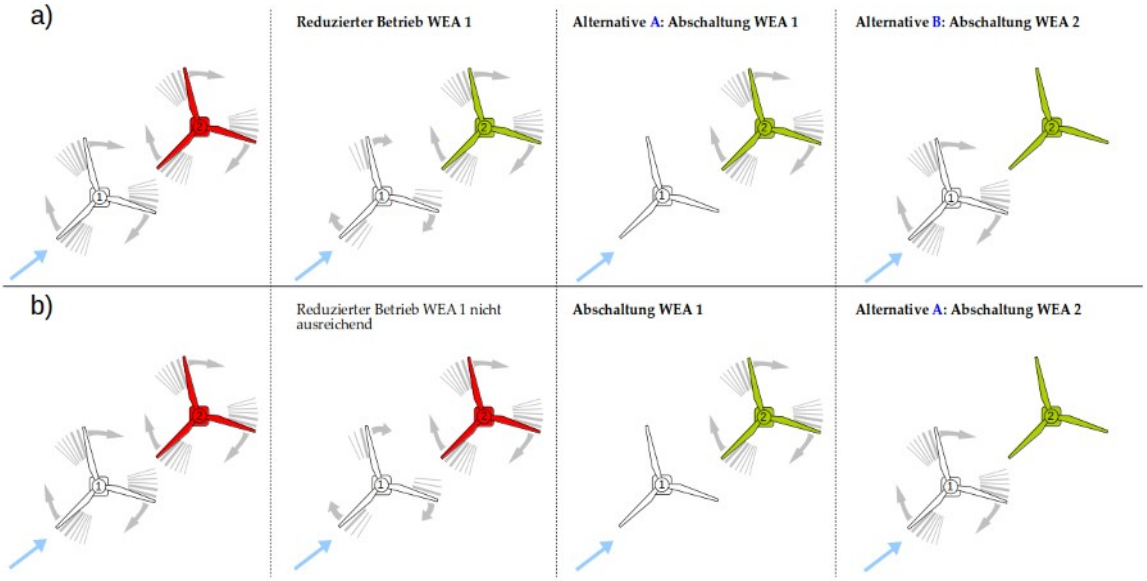



***Abbildung 2.6.2.1:*** *Betriebsbeschränkung mit zwei Alternativen (a) und mit nur einer Alternative (b) für die verursachende WEA 1 und die zu schützende WEA 2.*

Abbildung 2.6.2.2 zeigt ein Beispiel für die Darstellung einer Betriebsbeschränkungs-Gruppe mit zwei Betriebsbeschränkungen im Gutachten, wenn auch die Alternativen mit aufgeführt werden.

In der obersten Tabelle in Abbildung 2.6.2.2 wird zunächst eine Übersicht dargestellt. Die WEA 3 wird zum Schutz der WEA 2 bei einigen Windgeschwindigkeiten in einem anderen Betriebsmodus betrieben (Betriebsbeschränkung Nr. 1). Die WEA 3 wird weiterhin zum Schutz der WEA 4 bei einigen Windgeschwindigkeiten abgeschaltet (Betriebsbeschränkung Nr. 2).

In der zweiten Tabelle in Abbildung 2.6.2.2 sind die Details der Betriebsbeschränkung dargestellt.

In der dritten und vierten Tabelle in Abbildung 2.6.2.2 folgen dann die oben genannten Alternativen, die sich automatisch ergeben. Die Betriebsbeschränkung Nr. 2 besitzt dabei nur eine mögliche, sich automatisch ergebende Alternative. Die Betriebsbeschränkung Nr. 2 ist daher in der zweiten und dritten Tabelle identisch.

Für jede Betriebsbeschränkung muss eine der Alternativen umgesetzt werden. Es ist aber nicht erforderlich für alle Betriebsbeschränkungen die Alternativen aus der selben Tabelle umzusetzen. Für die Betriebsbeschränkung Nr. 1 kann also z.B. die Variante aus der zweiten Tabelle in Abbildung 2.6.2.2 und für die Betriebsbeschränkung Nr. 2 die Variante aus der vierten Tabelle gewählt werden.

Betriebsbeschränkungen - Übersicht (A = Abschaltung, R = Eingeschränkter Betrieb)

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Wind-Bin | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 1 | 3 | WEA03 | 2 | WEA02 | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 3 | WEA03 | 4 | WEA04 | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Betriebsbeschränkungen - Details

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 3 | WEA03 | 2 | WEA02 | - | Mode SO5 (v-out 20m/s) | - | 135.1 | 190.5 | 6.5 | 8.5 |
| | 3 | WEA03 | | | - | Mode SO4 (v-out 20m/s) | - | 135.1 | 190.5 | 8.5 | 9.5 |
| 2 | 3 | WEA03 | 4 | WEA04 | X | - | - | 283.3 | 302.9 | v-in | 9.8 |

Betriebsbeschränkungen - Alternative **A** - Details

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 3 | WEA03 | 2 | WEA02 | X | - | - | 135.1 | 190.5 | 6.5 | 9.5 |
| 2 | 3 | WEA03 | 4 | WEA04 | X | - | - | 283.3 | 302.9 | v-in | 9.8 |

Betriebsbeschränkungen - Alternative **B** - Details

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 2 | WEA02 | 2 | WEA02 | X | - | - | 135.1 | 190.5 | 6.5 | 9.5 |
| 2 | 4 | WEA04 | 4 | WEA04 | X | - | - | 283.3 | 302.9 | v-in | 9.5 |

***Abbildung 2.6.2.2:*** *Beispiel für die Darstellung einer Betriebsbeschränkungs-Gruppe mit zwei Betriebsbeschränkungen und dargestellten Alternativen.*

### 2.6.3 Einfluss der Umgebungsbedingungen

Betriebsbeschränkungen, die erforderlich sind, weil die Umgebungswindbedingungen die jeweiligen Auslegungswerte der WEA überschreiten, werden in Kapitel 5.2 dargestellt. Zu diesen Betriebsbeschränkungen können keine alternativen Betriebsbeschränkungen definiert werden.

Dies kann z.B. Überschreitungen bei der Windgeschwindigkeitsverteilung, der Schräganströmung aber auch bei der Turbulenzintensität betreffen, wenn im letzteren Fall bereits die Umgebungsturbulenzintensität die Auslegung überschreitet.

# 3 Eingangsdaten

## 3.1 Windparkkonfiguration und Auslegungswerte

Am Standort Georgshof III (Niedersachsen) plant der Auftraggeber die Errichtung von fünf Windenergieanlagen (WEA 30 - 34). Am Standort befinden sich 31 weitere benachbarte WEA.

Die vom Auftraggeber übermittelten Daten zur Windparkkonfiguration sind in Tabelle A.2.2.1 des Anhangs bzw. in Abschnitt A.2.7 des Anhangs dargestellt.

Die Zuordnung der einzelnen WEA zu den Winddatensätzen (Kapitel A.2.4 des Anhangs und gegebenenfalls zu den Datensätzen der Umgebungsturbulenzintensität (Kapitel A.2.1 des Anhangs) kann den letzten beiden Spalten (Datensatz-Nr.) der Tabelle A.2.2.1 des Anhangs entnommen werden.

Alle Benennungen von WEA im Dokument beziehen sich auf die Nomenklatur von Spalte 2 (Nr.) in Tabelle A.2.2.1 des Anhangs.

Für die zu betrachtenden WEA werden die in Tabelle 3.1.1 dargestellten Auslegungen zugrunde gelegt.

Die zu den Auslegungen gehörenden Auslegungswerte sind im Anhang in den Tabellen A.2.3.1 und A.2.3.2 dargestellt.

***Tabelle 3.1.1**: Auslegungen der zu betrachtenden WEA (Detailwerte und Quellenangaben siehe Anhang Tabellen A.2.3.1 und A.2.3.2 sowie A.5).*

| WEA | | Auslegung | |
|---|---|---|---|
| | Lfd. Nr. | Richtlinie | Windzone |
| | 30 - 34 | DIBt 2012 | WZ S |
| | 2, 4, 5, 7, 11, 12, 15, 16, 19, 22, 26 – 29, 35, 36 | DIBt 2004 | --- |
| | 23 - 25 | DIBt 1993/1995 | --- |

## 3.2 Windgeschwindigkeitsverteilung am Standort

Die relativen Häufigkeiten der Windrichtung und Windgeschwindigkeiten zum Standort Georgshof III wurden vom Auftraggeber zur Verfügung gestellt /3.1/ und sind in Kapitel A.2.4 des Anhangs dargestellt.

Die in Kapitel A.2.4 des Anhangs dargestellten Koordinaten werden eventuell nicht im Original-Koordinatensystem aus /3.1/ dargestellt, sondern auf das hier verwendete Koordinatensystem umgerechnet (siehe Kapitel A.1.1 des Anhangs). Für

die Umrechnung der Koordinaten wird keine Gewähr übernommen.

Die verwendeten Daten werden als richtig und repräsentativ für die freie Anströmung im Windpark am Standort Georgshof III vorausgesetzt.

## 3.3 Extremwind am Standort

Durch die anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH wurde in /3.3/ der 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren standortspezifisch ermittelt.

Der in /3.3/ ermittelte Wert ist in Tabelle 3.3.1 aufgeführt.

***Tabelle 3.3.1**: 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren /3.3/.*

| WEA | | $v_{50}$ [m/s] |
|---|---|---|
| | Lfd. Nr. | |
| | 30 - 34 | 36.49 |

## 3.4 Umgebungsturbulenzintensität am Standort

Die Ermittlung der Umgebungsturbulenzintensität erfolgt gemäß Kapitel 2.4.2 und den dort genannten Eingangsdaten.

Die Bewertung des Orografieeinflusses erfolgt im vorliegenden Fall auf Basis von Höhendaten nach /1.8/.

## 3.5 Sektorielle Betriebsbeschränkungen

Die in Tabelle 5.2.1 dargestellten Ergebnisse berücksichtigen die dort in der Spalte „BBS“ aufgeführten Betriebsbeschränkungen.

Bei den in Tabelle A.2.6.1.1 des Anhangsaufgeführten Betriebsbeschränkungen handelt es sich um Betriebsbeschränkungen, die aufgrund eines Anlagenabstandes von weniger als zwei Rotordurchmesser erforderlich sind. Diese Betriebsbeschränkungen wurden in der Berechnungsvariante „Situation vor dem Zubau“, „Situation nach dem Zubau“ sowie in allen weiteren Berechnungsvarianten berücksichtigt.

# 4 Bestimmung der Standortbedingungen

## *4.1 Standortbesichtigung*

Gemäß DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ ist eine Standortbesichtigung durchzuführen. Im Rahmen des Nachweises der Standorteignung dient die Standortbesichtigung der Dokumentation der aktuellen Situation vor Ort und der Bestimmung der Geländekategorie nach /2.9/.

Weiterhin sollen Einzelstrukturen und orografische Hindernisse identifiziert werden, die auf Grund ihrer Entfernung und Höhe so groß sind, dass der direkte Einfluss der Nachlaufströmung dieser Einzelstrukturen und orografischen Hindernisse auf den Rotor einer WEA nicht ausgeschlossen werden kann. Diese Einzelstrukturen können dann nicht als Rauigkeitselement aufgelöst werden und ihr Einfluss ist gesondert zu bewerten.

Im schwächer gestörten Bereich hinter einer Einzelstruktur kommt es dabei im Wesentlichen zu erhöhten Turbulenzintensitäten und der Einfluss auf eine WEA kann in Form erhöhter Umgebungsturbulenzintensitäten berücksichtigt werden. Dieser Einfluss ist auch für bestehende WEA zu berücksichtigen, da diese im Zuge des Zubaus hinsichtlich der Turbulenzintensität bewertet werden. Im Falle orografischer Hindernisse im weiteren Umfeld der WEA erfolgt eine solche Bewertung automatisch durch die Bestimmung des Orografiebeiwertes (siehe Kapitel 2.4.1).

Im stärker gestörten Bereich hinter einer Einzelstruktur kommt es zu weiteren Effekten, die detaillierte Untersuchungen durch z.B. eine dreidimensionale Strömungsberechnung erfordern. Dieser Einfluss ist nur für die geplanten WEA zu untersuchen.

Benachbarte WEA sind nicht als Einzelstrukturen zu betrachten. Die Verifizierung der Windparkkonfiguration (siehe Kapitel 3) ist daher nicht Umfang der Standortbesichtigung.

Der Standort Georgshof III wurde am 04.06.2023 besichtigt /3.2/.

Der Standort lässt sich in die Geländekategorie II nach /2.9/ einordnen.

Relevante Einzelstrukturen, deren Nachlaufströmungen gesondert zu betrachten wären, wurden nicht identifiziert.

In /3.4/ wird bestätigt, dass sich am Standort Georgshof III seit der Besichtigung im Juni 2023 keine potentiell relevanten Einzelstrukturen hinzugekommen sind. Der Standort wurde zuletzt am 20.01.2025 durch einen Mitarbeiter der Rasteder Projektierungs GmbH besichtigt /3.4/.

## 4.2 Ergebnisse Standortbedingungen

Die ermittelten Standortbedingungen sind in den Tabellen A.3.2.1 - A.3.2.4 des Anhangs dargestellt. Überschreitungen der Auslegungswerte der Turbulenzintensität sind in Tabelle A.3.2.1 des Anhangs rot markiert.

Entsprechend der DIBt-Richtlinie /2.8/ werden die Ergebnisse für alle WEA ausgewiesen, deren Abstand bezogen auf den Rotordurchmesser D der geplanten WEA kleiner gleich acht Rotordurchmesser ist. Diese Betrachtungsweise ist abdeckend für alle Referenzwindgeschwindigkeiten $v_{ref}$ (siehe Kapitel 2).

Für die WEA, die in Tabelle A.3.2.4 des Anhangs als komplex markiert sind, kann das vereinfachte Verfahren zum Nachweis der Standorteignung nach DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ nicht angewendet werden.

In Tabelle A.2.5.1 ist eine Übersicht aller durchgeführten Berechnungsvarianten dargestellt.

Es ist zusätzlich in der Tabelle A.3.1.1 des Anhangs die Situation vor dem Zubau der WEA 30 - 34 dargestellt.

### 4.2.1 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren

Die Windzone der Standorte der geplanten WEA und der zugehörige 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren wurden gemäß /2.10/ bzw. /2.11/ ermittelt und können Tabelle A.3.2.4 des Anhangs entnommen werden.

Sofern in Kapitel 3.3 kein standortspezifischer Wert ermittelt wurde, finden diese Werte Anwendung.

Sofern es sich um einen küstennahen Standort der höchsten Windzone handelt wird der 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren sowohl für die Geländekategorie I als auch für die Geländekategorie II angegeben. Der Wert für die Geländekategorie I ist zu verwenden, wenn die Standortbesichtigung eine Einordnung in Geländekategorie I ergeben hat (siehe Kapitel 4.1). In allen anderen Fällen kann der Wert der Geländekategorie II angesetzt werden.

# 5 Nachweis der Standorteignung

## 5.1 Allgemeine Hinweise

- Bezüglich der Gültigkeit der getroffenen Aussagen gelten die in Kapitel 2.5 genannten Anmerkungen.

## 5.2 Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen

In Tabelle 5.2.1 ist das Ergebnis des Nachweises der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen sowie die Einzelergebnisse für die einzelnen Windparameter in einer Übersicht dargestellt. Die Bewertung beruht auf einem Vergleich der in Tabelle 3.3.1 sowie in den Tabellen A.3.2.1 und A.3.2.4 des Anhangs dargestellten Werte mit den Auslegungswerten in den Tabellen A.2.3.1 und A.2.3.2. Für die Bewertung der Windgeschwindigkeitsverteilung werden die Parameter A und k der Weibullverteilung dabei nicht direkt verglichen, sondern dienen als Eingangswerte für die in Kapitel 2.1 aufgeführten Nachweismethoden.

Das Gesamtergebnis ist nur positiv, wenn alle Einzelergebnisse positiv bewertet sind. Für bestehende WEA wird nur der Einfluss der geplanten WEA auf Auslegungswerte der Turbulenzintensität betrachtet (siehe Kapitel 2.1).

Laut DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ ist eine Verwendung von Windgeschwindigkeitsklassen mit einer Klassenbreite von 2m/s zulässig. Überschreitungen bei der effektiven Turbulenzintensität in einzelnen isolierten Windgeschwindigkeitsbereichen mit einer Breite von nur 1m/s können daher in der Regel als vernachlässigbar bewertet werden.

Die Bewertung der effektiven Turbulenzintensität in Tabelle 5.2.1 bezieht sich auf den zu bewertenden Windgeschwindigkeitsbereich (siehe Kapitel 2.1). Überschreitungen außerhalb dieses Bereiches können als vernachlässigbar bewertet werden.

Weisen zu betrachtende WEA bereits vor dem Zubau der hier als geplant betrachteten WEA Überschreitungen bei der effektiven Turbulenzintensität auf, wird in Tabelle 5.2.1 darauf hingewiesen, ob es zu einer signifikanten Erhöhung dieser Werte und damit zu einem signifikanten Einfluss der geplanten WEA kommt.

Betriebsbeschränkungen, die als Randbedingungen in die Berechnung eingehen, werden in Tabelle 5.2.1 jeweils der zu schützenden WEA zugeordnet. Verwiesen wird dabei jeweils auf die Übersichtstabelle der Betriebsbeschränkungen im Anhang. Details und mögliche Alternativen können den darauffolgenden Tabellen des jeweiligen Kapitels im Anhang entnommen werden (siehe auch Kapitel 2.6.2).

***Tabelle 5.2.1**: Übersicht über das Ergebnis des Nachweises der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen (+: erfüllt, -: nicht erfüllt, ---: Bewertung nicht erforderlich).*

| WEA | | | Randbedingungen | Einzelergebnisse | | | | | | Gesamt-ergebnis | Kommentar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Lfd. Nr. | Bezeichnung | BBS | $I_{eff}$ | α | φ | ρ | A, k | $v_{50}$ | | |
| | 2 | 516 | --- | + | | | --- | | | + | --- |
| | 4 | 612 | --- | + | | | --- | | | + | --- |
| | 5 | 613 | --- | - | | | --- | | | - | Einfluss durch vernachlässigbar |
| | 7 | 708 | --- | + | | | --- | | | + | --- |
| | 11 | EA098 | --- | + | | | --- | | | + | --- |
| | 12 | EA108 | --- | + | | | --- | | | + | --- |
| | 15 | 630 | --- | + | | | --- | | | + | --- |
| | 16 | 706 | --- | + | | | --- | | | + | --- |
| | 19 | M04 | --- | - | | | --- | | | - | Einfluss durch vernachlässigbar |
| | 22 | 703 | --- | + | | | --- | | | + | --- |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | Nr. 1 Tabelle A.2.6.1.1 | + | | | --- | | | + | Bewertung $I_{eff}$ nach DIBt 1995 /2.6/ |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | --- | - | | | --- | | | - | Einfluss durch signifikant |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | Nr. 2 Tabelle A.2.6.1.1 | - | | | --- | | | - | Einfluss durch vernachlässigbar |

| WEA | | | Randbedingungen | Einzelergebnisse | | | | | | Gesamt-ergebnis | Kommentar |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Lfd. Nr. | Bezeichnung | BBS | $I_{eff}$ | α | φ | ρ | A, k | $v_{50}$ | | |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | --- | - | --- | | | | | - | Einfluss durch signifikant |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | --- | - | --- | | | | | - | Einfluss durch signifikant |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | --- | + | --- | | | | | + | --- |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | --- | - | --- | | | | | - | Einfluss durch signifikant |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | --- | - | --- | --- | --- | + | + | - | --- |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | --- | - | --- | --- | --- | + | + | - | --- |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | --- | - | --- | --- | --- | + | + | - | --- |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | --- | - | --- | --- | --- | + | + | - | --- |
| | 34 | WEA Verweyen | --- | - | --- | --- | --- | + | + | - | --- |
| | 35 | SML1 | --- | - | --- | | | | | - | Einfluss durch vernachlässigbar |
| | 36 | SML2 | --- | - | --- | | | | | - | Einfluss durch vernachlässigbar |

### 5.2.1 Erläuterungen und Hinweise

- Bezüglich der in /3.3/ getroffenen Aussage zum 10-min-Mittelwert der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren ist gemäß /3.3/ die Möglichkeit einer Überschreitung des in /3.3/ ausgewiesenen Extremwertes nicht auszuschließen, da Extremwinde nicht vorhersagbaren klimatologischen Einflüssen unterworfen sind und somit Extremwinde eines längeren Bezugszeitraumes auch in einem kürzeren Zeitraum auftreten können.
- Aufgrund des geringen Abstandes der WEA 28 zur WEA 25 von 1.53D kommt es zu Überschreitungen der Auslegungswerte der Turbulenzintensität an der WEA 25. Wenn sich bei diesem engen Abstand die WEA 25 im Nachlauf der WEA 28 befindet, ist nach derzeitigem Stand der Technik der gleichzeitige Betrieb der WEA 28 und 25 nicht möglich und es ist davon auszugehen, dass der Genehmigung der WEA 28 Betriebsbeschränkungen zugrunde liegen (siehe auch Kapitel 3.6). Um die Turbulenzintensitäten im Bestandswindpark realistisch abzubilden, wurden daher für die Berechnungen die Betriebsbeschränkungen gemäß Tabelle A.2.1.2 in allen Berechnungsvarianten berücksichtigt. Die in Tabelle A.2.1.2 aufgeführte Betriebsbeschränkung der WEA 28 ist informativ und stellt keine direkte Anforderung an die Standorteignung der geplanten WEA dar.

### 5.2.2 Betriebsbeschränkungen

Alle aufgeführten Betriebsbeschränkungen stellen Mindestanforderungen dar. Eine Prüfung der technischen Umsetzbarkeit wurde nicht vorgenommen.

Die notwendigen Betriebsbeschränkungen hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität sind in der Übersichtstabelle A.2.6.2.1 dargestellt. Für jede notwendige Betriebsbeschränkung zwischen zwei WEA können die Details (Windgeschwindigkeits- und Windrichtungsbereich sowie Art der Beschränkung und gegebenenfalls mögliche Alternativen) den darauffolgenden Tabellen desselben Kapitels im Anhang entnommen werden. Zu den implizit mit abgedeckten alternativen Betriebsbeschränkungen siehe Kapitel 2.6.2.

### 5.2.3 Einschränkungen

Die Aussagen zum Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Windbedingungen unterliegen keinen Einschränkungen.

## 5.3 Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Lasten

Die in den Tabellen A.3.2.1 - A.3.2.4 des Anhangs dargestellten Werte oder diese bezüglich der Lasten abdeckende Werte können als Eingangsparameter für standortspezifische Berechnungen der Betriebs- und Extremlasten durch den Hersteller verwendet werden, um die Standorteignung der zu betrachtenden WEA durch einen Vergleich mit den Auslegungslasten zu überprüfen.

Die Komplexität von WEA-Standorten kann dabei entweder in der effektiven Turbulenzintensität über entsprechende Turbulenzstrukturparameter erfasst werden oder sie ist in den standortspezifischen Berechnungen der Betriebslasten gemäß /2.2, 2.3/ durch eine Erhöhung der lateralen und vertikalen Komponente der Standardabweichung der Windgeschwindigkeit auf den einfachen bzw. den 0.7fachen Wert der longitudinalen Komponente zu berücksichtigen.

Die Richtlinien /2.1 - 2.4, 2.6 - 2.8/ definieren keine Anwendungsgrenzen für die Verwendung effektiver Turbulenzintensitäten als Eingangsdaten für eine Lastrechnung hinsichtlich enger Abstände zwischen den WEA. Grundsätzlich gelten die effektiven Turbulenzintensitäten auch im sogenannten near-wake-Bereich, der sich auf einen Abstand von etwa 2 bis 3 Rotordurchmesser hinter der WEA erstreckt /1.4/. Werden Lastrechnungsmodelle im near-wake-Bereich eingesetzt, wird deren Anwendbarkeit vorausgesetzt. Besondere Anforderungen an die Modellierung, die eventuell in den verschiedenen Lastrechnungsmodellen für den near-wake-Bereich existieren, obliegen der Verantwortung des Erstellers der Lastrechnung und sind nicht Teil der hier durchgeführten Plausibilitätsprüfung der Lastrechnung.

Entsprechende Berechnungsberichte liegten für die WEA 24, 26, 27 und 29 - 34 nicht vor.

# 6 Zusammenfassung

Am Standort Georgshof III (Niedersachsen) plant der Auftraggeber die Errichtung von fünf Windenergieanlagen (WEA). Am Standort befinden sich 31 weitere benachbarte WEA.

Die Planung wurde von uns daraufhin bewertet, ob die Standorteignung der zu betrachtenden WEA gemäß DIBt-Richtlinie für Windenergieanlagen von 2012 /2.8/ gewährleistet ist.

Die Ergebnisse beziehen sich dabei auf eine vorliegende gültige Typenprüfung für die betrachteten WEA. Der Typenprüfung müssen mindestens die in den Tabellen A.2.3.1 und A.2.3.2 aufgeführten Auslegungswerte zugrunde liegen.

Die berücksichtigte Entwurfslebensdauer der geplanten WEA ist in Tabelle A.2.3.1 dargestellt.

Die Ergebnisse dienen gleichzeitig als Turbulenz-Immissionsprognose im Sinne des BImSchG. Das heißt, die Immissionen sind zumutbar, solange die Standorteignung hinsichtlich der Auslegungswerte der Turbulenzintensität oder hinsichtlich der Auslegungslasten gewährleistet bleibt.

Die abschließenden Aussagen zur Standorteignung der geplanten WEA bzw. der weiteren zu betrachtenden WEA sind in Tabelle 6.1 dargestellt. Gemäß DIBt-Richtlinie /2.8/ erfolgt der Nachweis der Standorteignung der weiteren zu betrachtenden WEA, sofern keine Lastrechnung vorliegt, hinsichtlich des Einflusses benachbarter WEA.

Für WEA, für die in Tabelle 6.1 ein vernachlässigbarer Einfluss durch die neu geplanten WEA ausgewiesen wird, ist ein abschließender Nachweis der Standorteignung im Rahmen des Zubaus der geplanten WEA nicht erforderlich und wurde nicht erbracht, da die Standorteignung dieser WEA durch den Zubau der geplanten WEA nicht gefährdet wird.

Betriebsbeschränkungen werden in Tabelle 6.1 jeweils der zu schützenden WEA zugeordnet. Verwiesen wird dabei jeweils auf die Übersichtstabelle der Betriebsbeschränkungen im Anhang. Details und mögliche Alternativen können den darauffolgenden Tabellen des jeweiligen Kapitels im Anhang entnommen werden (siehe auch Kapitel 2.6.2).

***Tabelle 6.1**: Übersicht über die Bewertung der Standorteignung für die geplanten WEA und für die weiteren zu betrachtenden WEA (Bewertungen: - = nicht nachgewiesen, Δ≈0 = vernachlässigbarer Einfluss durch die geplanten WEA, + = nachgewiesen).*

| | Lfd. Nr. WEA | Bewertung | Lastrechnung berücksichtigt | Einzuhaltende BBS | Einschränkungen |
|---|---|---|---|---|---|
| | 2, 4, 7, 11, 12, 15, 16, 22, 28 | + | --- | --- | --- |
| | 23 | + | --- | Nr. 1 Tabelle A.2.6.2.1 | --- |
| | 5, 19, 35, 36 | Δ≈0 | --- | --- | --- |
| | 24 | Δ≈0 | --- | Nr. 2 Tabelle A.2.6.2.1* | --- |
| | 25 | Δ≈0 | --- | Nr. 3 Tabelle A.2.6.2.1 | --- |
| | 26 | Δ≈0 | --- | Nr. 4 Tabelle A.2.6.2.1* | --- |
| | 27 | Δ≈0 | --- | Nr. 5 Tabelle A.2.6.2.1* | --- |
| | 29 | Δ≈0 | --- | Nr. 6 Tabelle A.2.6.2.1* | --- |
| | 30 | + | --- | Nr. 7 Tabelle A.2.6.2.1* | --- |
| | 31 | + | --- | Nr. 8 Tabelle A.2.6.2.1* | --- |
| | 32 | + | --- | Nr. 9 Tabelle A.2.6.2.1* | --- |
| | 33 | + | --- | Nr. 10 Tabelle A.2.6.2.1* | --- |
| | 34 | + | --- | Nr. 11 Tabelle A.2.6.2.1* | --- |

*: Die Betriebsbeschränkung kann entfallen, wenn auf Basis der hier ermittelten Windbedingungen ein Nachweis der Standorteignung durch einen Vergleich der Lasten erbracht wird (siehe Kapitel 5.3).

# 7 Literaturangaben

## Allgemein

/1.1/ Verein Deutscher Ingenieure; VDI 3783 Blatt 12; Umweltmeteorologie - Physikalische Modellierung von Strömungs- und Ausbreitungsvorgängen in der atmosphärischen Grenzschicht; Dezember 2000; Düsseldorf, Deutschland.

/1.2/ ECN Solar & Wind Energy; Dekker, J.W.M.; Pierik, J.T.G. (Eds.); European Wind Turbine Standards II; 1998; Petten, Netherlands.

/1.3/ Risø National Laboratory; European Wind Atlas; 1989; Risø, Denmark.

/1.4/ Risø National Laboratory; Frandsen, St. T.; Turbulence and turbulence-generated structural loading in windturbine clusters; Wind Energy Department; Januar 2007; Roskilde, Risø-R-1188(EN), Denmark.

/1.5/ Kunte A.; Landesamt für Landwirtschaft; Umwelt und ländliche Räume Schleswig-Holstein; Turbulenz-Immissionsprognosen vereinheitlicht; WIND-KRAFT Journal; Verlag Natürliche Energien, Ausgabe 4/2009, Seite 28-30; Seevetal, Deutschland.

/1.6/ OpenStreetMap und Mitwirkende; siehe Internet: http://www.openstreetmap.org, http://opendatacommons.org, http://creativecommons.org.

/1.7/ European Environment Agency; CORINE Land Cover (CLC) 2018, Version 20.0; Juni 2019; Copenhagen, Denmark.

/1.8/ U.S. Geological Survey (USGS); EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global.

/1.9/ Deutscher Wetterdienst; DWD Climate Data Center (CDC), Vieljährige mittlere Raster der Lufttemperatur (2m) für Deutschland 1981-2010, Version v1.0; Offenbach, Deutschland.

## Normen

/2.1/ International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1, Wind turbines - Part 1: Design requirements; Edition 2, 1999-02; Geneva, Switzerland (Deutsche Fassung: Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1 (VDE 0127-1); Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:1999); August 2004; Berlin, Deutschland).

/2.2/ International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1, Wind turbines - Part 1: Design requirements; Edition 3, 2005-08; Geneva, Switzerland (Deutsche Fassung: Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1 (VDE 0127-1); Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005); Juli 2006; Berlin, Deutschland).

/2.3/ International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1, Amendment 1, Wind turbines - Part 1: Design requirements; Edition 3, 2010-10; Geneva, Switzerland (Deutsche Fassung: Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 61400-1 (VDE 0127-1):2011-08; Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2005 + A1:2010); August 2011; Berlin, Deutschland).

/2.4/ International Electrotechnical Commission (IEC); IEC 61400-1, Wind energy generation systems - Part 1: Design requirements; Edition 4, 2019-12; Geneva, Switzerland (Deutsche Fassung: Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN IEC 61400-1 (VDE 0127-1); Windenergieanlagen – Teil 1: Auslegungsanforderungen (IEC 61400-1:2019); Dezember 2019; Berlin, Deutschland).



/2.5/ Germanischer Lloyd Industrial Services GmbH; Guidelines for the Certification of Wind Turbines; 2010; Hamburg, Deutschland.

/2.6/ Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt); Richtlinie für Windkraftanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Juni 1993; 2. Aufl., 1995; Berlin, Deutschland.

/2.7/ Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt); Richtlinie für Windkraftanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung März 2004; Berlin, Deutschland.

/2.8/ Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt); Richtlinie für Windkraftanlagen - Einwirkungen und Standsicherheitsnachweise für Turm und Gründung; Fassung Oktober 2012 sowie korrigierte Fassung März 2015; Berlin, Deutschland.

/2.9/ Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN EN 1991-1-4 und DIN EN 1991-1-4/NA (Nationaler Anhang); Eurocode 1: Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 1-4: Allgemeine Einwirkungen - Windlasten; Dezember 2010; Berlin, Deutschland.

/2.10/ Deutsches Institut für Bautechnik (DIBt); Zuordnung der Windzonen nach Verwaltungsgrenzen, 'Windzonen_Formular_nach_Verwaltungsgrenzen.xlsx'; Fassung April 2019.

/2.11/ DIN Deutsches Institut für Normung e.V.; DIN 4131; Antennentragwerke aus Stahl; November 1991; Berlin, Deutschland.

/2.12/ Deutsches Institut für Normung e.V; DIN ISO 2533; Normatmosphäre; Dezember 1979; Berlin, Deutschland.

## Projektspezifisch

/3.1/ ENERCON GmbH Aurich; WindPRO Ergebnisausdruck, PARK - Analyse der Windverhältnisse, Projekt: Dornum-Georgshof E_2012_287a; 10.12.2012; Aurich, Deutschland.

/3.2/ Fluid & Energy Engineering GmbH & Co. KG; Dokumentation der Standortbesichtigung im Rahmen der Bewertung der Standorteignung von WEA am Standort Georgshof III; Referenz-Nr.: 2023-D-062-P1; Juni 2023; Hamburg, Deutschland.

/3.3/ anemos Gesellschaft für Umweltmeteorologie mbH; Extremwindabschätzung auf Basis des anemos Windatlas für Deutschland am Standort Georgshof; Berichts-Nr.: 23-454-7230992-Rev.00-EX-MS; 23.08.2023; Reppenstedt, Deutschland.

/3.4/ Rasteder Projektierungs GmbH; WP. Georgshof und WK Verweyen; 22.01.2025; Rastede, Deutschland.

# A.1 Allgemeine Daten

## A.1.1 Einstellungen

| | |
|---|---|
| **Benutzername** | Andres Flügel, F2E |
| **Kunde** | Windpark Georgshof GmbH & Co KG |
| **Projektname** | Georgshof III |
| **Referenznummer** | 2025-A-028-P3-R2 |
| **Software** | Wake2e 3.11.5.9 |
| | WEA-Bibliothek Version 7.432.0 |
| **Koordinatensystem** | UTM WGS84/ETRS89, Nord-Hemisphäre |
| **Abstand der relevanten WEA** | 8.0D |

## A.1.2 Filter-Einstellungen

| | |
|---|---|
| **Geplante WEA** | Angezeigt |
| **Relevante WEA** | Angezeigt |
| **Vorhandene WEA** | Eingabedaten angezeigt, Ergebnisse nicht angezeigt |
| **Irrelevante WEA** | Eingabedaten angezeigt, Ergebnisse nicht angezeigt |
| **Inaktive WEA** | Nicht angezeigt |

## A.1.3 Standortbesichtigung

| | |
|---|---|
| **Datum der Besichtigung** | 04.06.2023 |
| **Durchgeführt von** | Dietmar Hahm für F2E |
| **Ermittelte Geländekategorie** | II |
| **Orografisch relevante Struktur** | Nein |

## A.1.4 Erläuterungen und Hinweise

Die WEA 8 - 10 sind inaktiv und wurden in den Berechnungen nicht berücksichtigt.

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

# A.2 Eingabedaten

## A.2.1 Umgebungsturbulenzintensitäten

**Methode** Rauigkeitsdaten für jeden WEA-Standort aus den Landnutzungsdaten
**Datensatz** European Environment Agency; CORINE Land Cover (CLC) 2018, Version 20; June 2019; Copenhagen, Denmark.
**Höhendaten** "USGS EROS Archive - Digital Elevation - Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) 1 Arc-Second Global" by Earth Resources Observation and Science (EROS) Center - July 30, 2018

## A.2.2 Windparkkonfiguration

*Tabelle A.2.2.1: Windparkkonfiguration*

| WEA | | | | | | | Koordinaten | | Datensatz-Nr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | WEA-Typ | $P_N$ [MW] | $z_{hub}$ [m] | D [m] | Ost | Nord | Wind | Turbulenz |
| | 1 | 425 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32397395 | 5943520 | 4 | — |
| | 2 | 516 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32396708 | 5943366 | 4 | — |
| | 3 | 517 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32396650 | 5942959 | 4 | — |
| | 4 | 612 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32396262 | 5943542 | 4 | — |
| | 5 | 613 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32396235 | 5942960 | 4 | — |
| | 6 | 615 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32396350 | 5942726 | 4 | — |
| | 7 | 708 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32395049 | 5942899 | 4 | — |
| | 11 | EA098 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32394292 | 5943782 | 2 | — |
| | 12 | EA108 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32394189 | 5944150 | 1 | — |
| | 13 | 410 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 32397699 | 5943525 | 4 | — |
| | 14 | 520 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 113 | 71 | 32396608 | 5942751 | 4 | — |
| | 15 | 630 | ENERCON E-92 2.35MW | 2.35 | 138 | 92 | 32396451 | 5943151 | 4 | — |
| | 16 | 706 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 85 | 71 | 32395046 | 5943149 | 4 | — |
| | 17 | 420 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 32397590 | 5943213 | 4 | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.2.1: Windparkkonfiguration*

| WEA | | | | | | | Koordinaten | | Datensatz-Nr. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | WEA-Typ | $P_N$ [MW] | $z_{hub}$ [m] | D [m] | Ost | Nord | Wind | Turbulenz |
| | 18 | M03 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 32395281 | 5942590 | 4 | — |
| | 19 | M04 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32395484 | 5942839 | 4 | — |
| | 20 | M02 | ENERCON E-82 E2 2.3MW | 2.3 | 108 | 82 | 32394723 | 5942501 | 4 | — |
| | 21 | M06 | ENERCON E-82 E2 2.3MW | 2.3 | 108 | 82 | 32394991 | 5942278 | 4 | — |
| | 22 | 703 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 2.3 | 64 | 71 | 32394582 | 5943663 | 2 | — |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 0.5 | 50 | 40.3 | 32395196 | 5943983 | 2 | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 0.5 | 50 | 40.3 | 32395240 | 5943779 | 2 | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 0.5 | 50 | 40.3 | 32395344 | 5943364 | 4 | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 32395516 | 5943845 | 4 | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 32395446 | 5943548 | 4 | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 32395443 | 5943246 | 4 | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135 | 101 | 32395778 | 5943396 | 4 | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 32395060 | 5944476 | 1 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 32395185 | 5944214 | 2 | — |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 32395681 | 5944129 | 3 | — |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 32395789 | 5943704 | 4 | — |
| | 34 | WEA Verweyen | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 111 | 138.25 | 32395512 | 5944421 | 3 | — |
| | 35 | SML1 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135.4 | 101 | 32395798 | 5942989 | 4 | — |
| | 36 | SML2 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 99 | 101 | 32396004 | 5942742 | 4 | — |
| | 37 | SML3 | ENERCON E-101 3.05MW | 3.05 | 135.4 | 101 | 32395596 | 5942513 | 4 | — |
| | 38 | SML 4 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 131 | 138.25 | 32395891 | 5942431 | 4 | — |
| | 39 | NLA Nord | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 4.26 | 131 | 138.25 | 32395368 | 5942266 | 4 | — |

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.2.3 Auslegungswerte

*Tabelle A.2.3.1: WEA-Auslegung*

| | Nr. | Richtlinie | WZ | $I_{amb}$ | $I_{des}$ | $\tau_{design}$ | $v_{ave}$ | k | $\alpha_{min}$ | $\alpha_{max}$ | $\varphi$ | $\rho$ | $v_{50}$ | Quellen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 2 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 4 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 5 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 7 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 11 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 12 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 15 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 16 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 19 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 22 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 23 | — | — | Charakteristisch | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 24 | — | — | Charakteristisch | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 25 | — | — | Charakteristisch | 1 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 26 | DIBt 2004 | WZ III Anhang B | Charakteristisch | 3 | 20 | 8.8 | 2 | 0 | 0.4 | 8 | 1.225 | 48.54 | /A.1-A.2/ |
| | 27 | DIBt 2004 | WZ III Anhang B | Charakteristisch | 3 | 20 | 8.8 | 2 | 0 | 0.4 | 8 | 1.225 | 48.54 | /A.1-A.2/ |
| | 28 | DIBt 2004 | WZ III Anhang B | Charakteristisch | 3 | 20 | 8.8 | 2 | 0 | 0.4 | 8 | 1.225 | 48.54 | /A.1-A.2/ |
| | 29 | DIBt 2004 | WZ III Anhang B | Charakteristisch | 3 | 20 | 8.8 | 2 | 0 | 0.4 | 8 | 1.225 | 48.54 | /A.1-A.2/ |
| | 30 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.3/ |
| | 31 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.3/ |
| | 32 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.3/ |
| | 33 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.3/ |
| | 34 | DIBt 2012 | WZ S | Repräsentativ | 5 | 25 | 7.8 | 2 | 0.05 | 0.2 | 8 | 1.225 | 37.5 | /A.3/ |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.3.1: WEA-Auslegung*

| | Nr. | Richtlinie | WZ | $I_{amb}$ | $I_{des}$ | $\tau_{design}$ | $v_{ave}$ | k | $\alpha_{min}$ | $\alpha_{max}$ | $\varphi$ | $\rho$ | $v_{50}$ | Quellen |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 35 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |
| | 36 | — | — | Charakteristisch | 2 | — | — | — | — | — | — | — | — | |

*Tabelle A.2.3.2: Auslegungswerte der Turbulenzintensität I-des [%]*

| WEA | | Auslegungswerte für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Id | Turbulenzkategorie | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 1 | DIBt 1993 | 20.0 | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 2 | DIBt 2004 | — | 42.0 | 34.5 | 30.0 | 27.0 | 24.9 | 23.3 | 22.0 | 21.0 | 20.2 | 19.5 | 18.9 | 18.4 | 18.0 | 17.6 | 17.3 | 17.0 | 16.7 | 16.5 | 16.3 | 16.1 | 15.9 | 15.8 | 15.6 | 15.5 | 15.3 | 15.2 | 15.1 |
| 3 | IEC Ed.2 A | — | 42.0 | 34.5 | 30.0 | 27.0 | 24.9 | 23.3 | 22.0 | 21.0 | 20.2 | 19.5 | 18.9 | 18.4 | 18.0 | 17.6 | 17.3 | 17.0 | 16.7 | 16.5 | 16.3 | 16.1 | 15.9 | 15.8 | 15.6 | 15.5 | 15.3 | 15.2 | 15.1 |
| 5 | IEC Ed.3/4 A | — | 41.9 | 34.4 | 29.9 | 26.9 | 24.8 | 23.2 | 22.0 | 21.0 | 20.1 | 19.5 | 18.9 | 18.4 | 18.0 | 17.6 | 17.3 | 17.0 | 16.7 | 16.5 | 16.3 | 16.1 | 15.9 | 15.7 | 15.6 | 15.4 | 15.3 | 15.2 | 15.1 |

## A.2.4 Winddaten

**Quelle** Externe Datei
**Dateiname** info_se_georgshof_iii_rev2_hma.csv

*Tabelle A.2.4.1: Wind-Datensatz "Wind 1"*

| | N | NNO | ONO | O | OSO | SSO | S | SSW | WSW | W | WNW | NNW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A [m/s] | 7.16 | 6.89 | 7.71 | 8.19 | 8.21 | 7.85 | 8.55 | 9.27 | 9.09 | 8.67 | 8.33 | 7.98 |
| k [-] | 2.092 | 2.244 | 2.6 | 2.908 | 3.057 | 2.779 | 2.814 | 3.143 | 2.725 | 2.193 | 2.201 | 2.111 |
| Häufigkeit (100%=1) | 0.05 | 0.047 | 0.056 | 0.07 | 0.075 | 0.062 | 0.081 | 0.148 | 0.129 | 0.106 | 0.096 | 0.08 |

| Mittelwerte über alle Richtungen | | |
|---|---|---|
| A [m/s] | 8.40 | Aus der Eingabedatei |
| k [-] | 2.510 | Aus der Eingabedatei |
| $v_{ave}$ [m/s] | 7.46 | Aus der Eingabedatei |

| Koordinaten des Referenzpunkts | |
|---|---|
| Höhe über Grund [m] | 110.2 |
| Ost | 32395051 |
| Nord | 5944478 |

*Tabelle A.2.4.2: Wind-Datensatz "Wind 2"*

| | N | NNO | ONO | O | OSO | SSO | S | SSW | WSW | W | WNW | NNW |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A [m/s] | 7.11 | 6.84 | 7.71 | 8.21 | 8.24 | 7.84 | 8.55 | 9.28 | 9.08 | 8.67 | 8.34 | 7.94 |
| k [-] | 2.092 | 2.244 | 2.6 | 2.908 | 3.057 | 2.779 | 2.814 | 3.143 | 2.725 | 2.193 | 2.201 | 2.111 |
| Häufigkeit (100%=1) | 0.05 | 0.047 | 0.056 | 0.07 | 0.075 | 0.062 | 0.081 | 0.148 | 0.129 | 0.106 | 0.096 | 0.08 |

| Mittelwerte über alle Richtungen | | |
|---|---|---|
| A [m/s] | 8.40 | Aus der Eingabedatei |
| k [-] | 2.510 | Aus der Eingabedatei |
| $v_{ave}$ [m/s] | 7.45 | Aus der Eingabedatei |

| Koordinaten des Referenzpunkts | |
|---|---|
| Höhe über Grund [m] | 110.2 |
| Ost | 32395180 |
| Nord | 5944213 |

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.4.3: Wind-Datensatz "Wind 3"*

| | N | NNO | ONO | O | OSO | SSO | S | SSW | WSW | W | WNW | NNW | Mittelwerte über alle Richtungen | | | Koordinaten des Referenzpunkts | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A [m/s] | 7.08 | 6.79 | 7.75 | 8.2 | 8.23 | 7.85 | 8.55 | 9.28 | 9.05 | 8.65 | 8.3 | 7.94 | A [m/s] | 8.39 | Aus der Eingabedatei | Höhe über Grund [m] | 110.2 |
| k [-] | 2.096 | 2.248 | 2.604 | 2.912 | 3.057 | 2.779 | 2.814 | 3.143 | 2.725 | 2.193 | 2.201 | 2.115 | k [-] | 2.511 | Aus der Eingabedatei | Ost | 32395672 |
| Häufigkeit (100%=1) | 0.05 | 0.047 | 0.056 | 0.07 | 0.075 | 0.062 | 0.081 | 0.148 | 0.129 | 0.106 | 0.096 | 0.08 | $v_{ave}$ [m/s] | 7.44 | Aus der Eingabedatei | Nord | 5944118 |

*Tabelle A.2.4.4: Wind-Datensatz "Wind 4"*

| | N | NNO | ONO | O | OSO | SSO | S | SSW | WSW | W | WNW | NNW | Mittelwerte über alle Richtungen | | | Koordinaten des Referenzpunkts | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| A [m/s] | 7.02 | 6.8 | 7.74 | 8.24 | 8.24 | 7.84 | 8.57 | 9.33 | 9.03 | 8.63 | 8.3 | 7.89 | A [m/s] | 8.39 | Aus der Eingabedatei | Höhe über Grund [m] | 110.2 |
| k [-] | 2.096 | 2.248 | 2.604 | 2.912 | 3.057 | 2.779 | 2.814 | 3.143 | 2.725 | 2.189 | 2.201 | 2.115 | k [-] | 2.510 | Aus der Eingabedatei | Ost | 32395784 |
| Häufigkeit (100%=1) | 0.05 | 0.047 | 0.056 | 0.07 | 0.075 | 0.062 | 0.081 | 0.148 | 0.129 | 0.106 | 0.096 | 0.08 | $v_{ave}$ [m/s] | 7.44 | Aus der Eingabedatei | Nord | 5943703 |

## A.2.5 Berechnungsvarianten

*Tabelle A.2.5.1: Berechnungsvarianten*

| Id | Beschriftung | BBS-Gruppe | Wöhlerlinien-Koeffizient | Einfluss der Orografie ignorieren | Ergebnisse im Abschnitt |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | Situation vor dem Zubau | 1 | Projekt-Vorgabewert | Nein | A.3.1 |
| 2 | Situation nach dem Zubau | 1 | Projekt-Vorgabewert | Nein | A.3.2 |
| 3 | Betriebsbeschraenkungen | 2 | Projekt-Vorgabewert | Nein | A.3.3 |

## A.2.6 Betriebsbeschränkungen (BBS)

Für die einzelnen definierten BBS zwischen jeweils zwei WEA sind Alternativen möglich: Für einen reduzierten Betrieb kann alternativ auch eine Abschaltung vorgesehen werden. Eine Abschaltung kann alternativ auch auf die andere beteiligte WEA übertragen werden (wenn die Abschaltung für die windaufwärts gelegene WEA definiert wurde, kann alternativ die windabwärts gelegene WEA abgeschaltet werden und umgekehrt). Die entsprechenden Alternativen sind in weiteren Tabellen nachfolgend dargestellt. Es ist dabei nicht erforderlich alle alternativen BBS einer Tabelle zu wählen. Für jede definierte BBS zwischen zwei WEA muss aber eine der aufgeführten Alternativen umgesetzt werden.

### A.2.6.1 BBS-Gruppe 1

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.1.1: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 1 - Übersicht (A=Abschaltung, R=Eingeschränkter Betrieb)*

| | Windaufwärts gelegene WEA | | Zu schützende WEA | | Windgeschwindigkeitsbereiche [m/s] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Tabelle A.2.6.1.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 1 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | $\beta$ [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 327.4 | 24.6 | v-in | v-out |
| 2 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | X | - | - | 118 | 159.4 | v-in | v-out |

*Tabelle A.2.6.1.3: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 1 - Alternative A - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | $\beta$ [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 327.4 | 24.6 | v-in | v-out |
| 2 | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 25 | | X | - | - | 118 | 159.4 | v-in | v-out |

### A.2.6.2 BBS-Gruppe 2

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.1: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Übersicht (A=Abschaltung, R=Eingeschränkter Betrieb)*

| | Windaufwärts gelegene WEA | | Zu schützende WEA | | Windgeschwindigkeitsbereiche [m/s] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | | | | | | | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 24 | | | R | | | | | | | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | | R | | | | | | | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | | R | | | | | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | | R | | | | | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | |
| 4 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | | | | | | | | | | R | | | | A | | | | | | | | | | | | | |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | | | | | | | R | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | | | | | | | R | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | |
| 5 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 27 | | | | | | | | | | | | | | | | R | | | | | | | | | | | | |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | R | | | | | | | | | | | | |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | | | | | | | R | | | | | R | | | | A | | | | | | | | | | | |
| 6 | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 29 | | | | | | | | | R | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | |
| 7 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 8 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 34 | WEA Verweyen | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 32 | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.1: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Übersicht (A=Abschaltung, R=Eingeschränkter Betrieb)*

| | Windaufwärts gelegene WEA | | Zu schützende WEA | | Windgeschwindigkeitsbereiche [m/s] | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| 10 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | | | | | | | | A | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 11 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 34 | WEA Verweyen | | | | | | R | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | $\beta$ [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 327.4 | 24.6 | v-in | v-out |
| 2 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 24 | | - | 4.26MW OML 17s | - | 335.3 | 353.1 | v-in | 3.9 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 26s | - | 335.3 | 353.1 | 3.9 | 5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 35s (v-in 4m/s) | - | 335.3 | 353.1 | 5 | 6.1 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 36s (v-in 5m/s) | - | 335.3 | 353.1 | 6.1 | 7.2 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 335.3 | 353.1 | 12.7 | 13.8 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 42s (v-in 5m/s) | - | 335.3 | 353.1 | 13.8 | 14.9 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 335.3 | 353.1 | 14.9 | 19.4 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 42s (v-in 5m/s) | - | 335.3 | 353.1 | 19.4 | 20.5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 335.3 | 353.1 | 20.5 | 21.6 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 41s (v-in 5m/s) | - | 335.3 | 353.1 | 21.6 | 22.7 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 19s | - | 336.9 | 6.1 | v-in | 3.9 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 21s | - | 336.9 | 6.1 | 3.9 | 5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 31s (v-in 4m/s) | - | 336.9 | 6.1 | 5 | 6.1 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 8s | - | 336.9 | 6.1 | 6.1 | 7.2 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 336.9 | 6.1 | 12.7 | 19.4 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 41s (v-in 5m/s) | - | 336.9 | 6.1 | 19.4 | 20.5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 38s (v-in 5m/s) | - | 336.9 | 6.1 | 20.5 | 21.6 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 9s | - | 38.9 | 61.7 | v-in | 3.9 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 12s | - | 38.9 | 61.7 | 3.9 | 5 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 4s | - | 38.9 | 61.7 | 5 | 6.1 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 2s | - | 38.9 | 61.7 | 6.1 | 7.2 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 37s (v-in 5m/s) | - | 38.9 | 61.7 | 12.7 | 13.8 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 38s (v-in 5m/s) | - | 38.9 | 61.7 | 13.8 | 14.9 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 41s (v-in 5m/s) | - | 38.9 | 61.7 | 14.9 | 16 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 42s (v-in 5m/s) | - | 38.9 | 61.7 | 16 | 18.3 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 30s (v-in 4m/s) | - | 38.9 | 61.7 | 18.3 | 19.4 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 5s | - | 85 | 108 | v-in | 5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 2s | - | 85 | 108 | 5 | 6.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 11s | - | 85 | 108 | 12.7 | 13.8 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 23s | - | 85 | 108 | 13.8 | 14.9 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 32s (v-in 4m/s) | - | 85 | 108 | 14.9 | 16 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 37s (v-in 5m/s) | - | 85 | 108 | 16 | 17.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 32s (v-in 4m/s) | - | 85 | 108 | 17.2 | 18.3 |
| 3 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | X | - | - | 118 | 159.4 | v-in | v-out |
| 4 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | - | 4.26MW OML 23s | - | 299.4 | 334.2 | 11.2 | 12.2 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 299.4 | 334.2 | 12.2 | 18.1 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 1s | - | 2.1 | 55.7 | 3.4 | 4.4 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 10s | - | 2.1 | 55.7 | 4.4 | 10.3 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 8s | - | 2.1 | 55.7 | 10.3 | 11.2 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 42s (v-in 5m/s) | - | 2.1 | 55.7 | 11.2 | 12.2 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 2.1 | 55.7 | 12.2 | 18.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 25s | - | 87.2 | 144.8 | 3.4 | 9.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 39s (v-in 5m/s) | - | 87.2 | 144.8 | 9.3 | 11.2 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 87.2 | 144.8 | 11.2 | 12.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 87.2 | 144.8 | 12.2 | 18.1 |
| 5 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 27 | | - | 4.26MW OML 12s | - | 325.3 | 349.3 | 14.2 | 15.1 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 35s (v-in 4m/s) | - | 325.3 | 349.3 | 15.1 | 16.1 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 325.3 | 349.3 | 16.1 | 18.1 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 38s (v-in 5m/s) | - | 7 | 34.4 | 16.1 | 17.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 1s | - | 41.1 | 87.5 | 8.3 | 9.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 21s | - | 41.1 | 87.5 | 11.2 | 12.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 28s (v-in 4m/s) | - | 41.1 | 87.5 | 12.2 | 13.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 35s (v-in 4m/s) | - | 41.1 | 87.5 | 13.2 | 14.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 41.1 | 87.5 | 14.2 | 17.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | 17.1 | 18.1 |
| 6 | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 29 | | - | 4.26MW OML 2s | - | 332.1 | 29.5 | 3.4 | 4.4 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 11s | - | 332.1 | 29.5 | 4.4 | 9.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 12s | - | 332.1 | 29.5 | 9.3 | 11.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 25s | - | 332.1 | 29.5 | 11.2 | 12.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 31s (v-in 4m/s) | - | 332.1 | 29.5 | 12.2 | 13.2 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.2: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 36s (v-in 5m/s) | - | 332.1 | 29.5 | 13.2 | 14.2 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 43s (v-in 5m/s) | - | 332.1 | 29.5 | 14.2 | 15.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 332.1 | 29.5 | 15.1 | 18.1 |
| 7 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | - | 4.26MW OML 5s | - | 118.3 | 188.1 | 3.5 | 4.5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 6s | - | 118.3 | 188.1 | 4.5 | 7.5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 5s | - | 118.3 | 188.1 | 7.5 | 8.5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 4s | - | 118.3 | 188.1 | 8.5 | 9.5 |
| 8 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | | - | 4.26MW OML 12s | - | 298.3 | 8.1 | 3.5 | 4.5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 6s | - | 298.3 | 8.1 | 4.5 | 6.5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 7s | - | 298.3 | 8.1 | 6.5 | 7.5 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | - | 4.26MW OML 4s | - | 298.3 | 8.1 | 7.5 | 8.5 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | - | 4.26MW OML 1s | - | 31 | 81.8 | 4.5 | 6.5 |
| 9 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 32 | | X | - | - | 183.7 | 234.1 | 7.5 | 11.5 |
| 10 | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 33 | | X | - | - | 153.8 | 207.8 | 7.5 | 11.5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 268.9 | 323.1 | 7.5 | 11.5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 222.5 | 266.1 | 7.5 | 11.5 |
| 11 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 34 | WEA Verweyen | - | 4.26MW OML 3s | - | 119.2 | 178.2 | 7.5 | 8.5 |

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.3: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative A - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 327.4 | 24.6 | v-in | v-out |
| 2 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 24 | | X | - | - | 335.3 | 353.1 | v-in | 7.2 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 335.3 | 353.1 | 12.7 | 22.7 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 336.9 | 6.1 | v-in | 7.2 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 336.9 | 6.1 | 12.7 | 21.6 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 38.9 | 61.7 | v-in | 7.2 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 38.9 | 61.7 | 12.7 | 19.4 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 85 | 108 | v-in | 6.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 85 | 108 | 12.7 | 18.3 |
| 3 | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 25 | | X | - | - | 118 | 159.4 | v-in | v-out |
| 4 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | X | - | - | 299.4 | 334.2 | 11.2 | 18.1 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 2.1 | 55.7 | 3.4 | 18.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 87.2 | 144.8 | 3.4 | 18.1 |
| 5 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 27 | | X | - | - | 325.3 | 349.3 | 14.2 | 18.1 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 7 | 34.4 | 16.1 | 17.1 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | 8.3 | 9.3 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | 11.2 | 18.1 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.3: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative A - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 6 | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 29 | | X | - | - | 332.1 | 29.5 | 3.4 | 18.1 |
| 7 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | X | - | - | 118.3 | 188.1 | 3.5 | 9.5 |
| 8 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | | X | - | - | 298.3 | 8.1 | 3.5 | 8.5 |
| | 34 | WEA Verweyen | | | X | - | - | 31 | 81.8 | 4.5 | 6.5 |
| 9 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 32 | | X | - | - | 183.7 | 234.1 | 7.5 | 11.5 |
| 10 | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 33 | | X | - | - | 153.8 | 207.8 | 7.5 | 11.5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 268.9 | 323.1 | 7.5 | 11.5 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 222.5 | 266.1 | 7.5 | 11.5 |
| 11 | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 34 | WEA Verweyen | X | - | - | 119.2 | 178.2 | 7.5 | 8.5 |

*Tabelle A.2.6.2.4: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative B - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 1 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 23 | Georgshof I. WEA 401 | X | - | - | 327.4 | 24.6 | v-in | v-out |
| 2 | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 24 | | X | - | - | 335.3 | 353.1 | v-in | 6.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 335.3 | 353.1 | 11.5 | 20.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 336.9 | 6.1 | v-in | 6.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 336.9 | 6.1 | 11.5 | 19.5 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.4: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative B - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 38.9 | 61.7 | v-in | 6.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 38.9 | 61.7 | 11.5 | 17.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 85 | 108 | v-in | 5.5 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | | | X | - | - | 85 | 108 | 11.5 | 16.5 |
| 3 | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 25 | | X | - | - | 118 | 159.4 | v-in | v-out |
| 4 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | X | - | - | 299.4 | 334.2 | 11.5 | 18.5 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 2.1 | 55.7 | 3.5 | 18.5 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 87.2 | 144.8 | 3.5 | 18.5 |
| 5 | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 27 | | X | - | - | 325.3 | 349.3 | 14.5 | 18.5 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 7 | 34.4 | 16.5 | 17.5 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | 8.5 | 9.5 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 41.1 | 87.5 | 11.5 | 18.5 |
| 6 | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 29 | | X | - | - | 332.1 | 29.5 | 3.5 | 18.5 |
| 7 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | Georgshof III. WEA 0 | X | - | - | 118.3 | 188.1 | 3.5 | 9.5 |
| 8 | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | | X | - | - | 298.3 | 8.1 | 3.5 | 8.5 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | | | X | - | - | 31 | 81.8 | 4.5 | 6.5 |
| 9 | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 32 | | X | - | - | 183.7 | 234.1 | 7.7 | 11.8 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

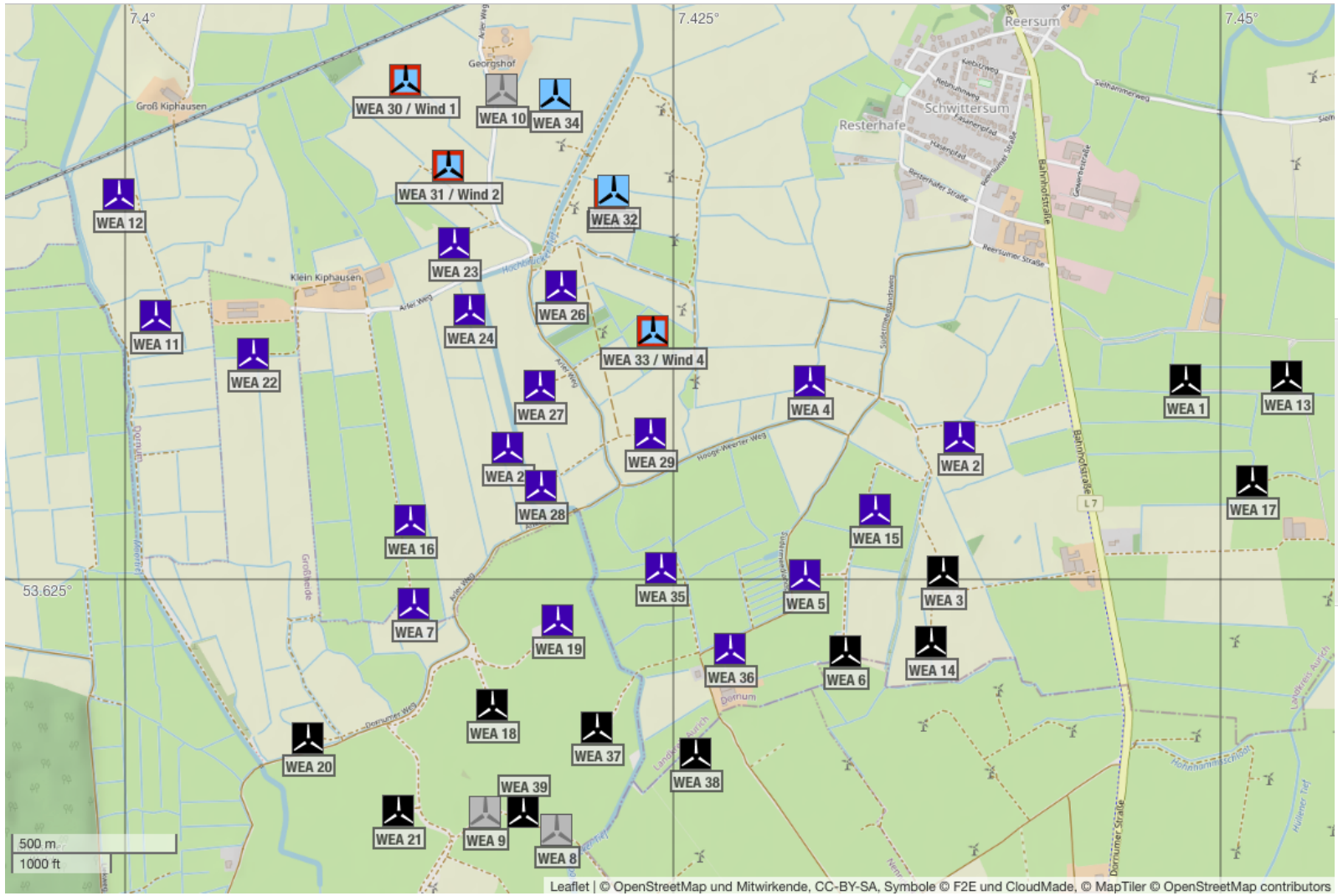
Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.6.2.4: Betriebsbeschränkungen der BBS-Gruppe 2 - Alternative B - Details*

| | Beschränkte WEA | | Zu schützende WEA | | Beschränkungen | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Lfd. Nr. | Bezeichnung | Abschaltung | Betriebsmodus | β [°] | $\gamma_{start}$ [°] | $\gamma_{stop}$ [°] | $v_{start}$ [m/s] | $v_{stop}$ [m/s] |
| 10 | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | | X | - | - | 153.8 | 207.8 | 7.7 | 11.8 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 268.9 | 323.1 | 7.7 | 11.8 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | | | X | - | - | 222.5 | 266.1 | 7.7 | 11.8 |
| 11 | 34 | WEA Verweyen | 34 | WEA Verweyen | X | - | - | 119.2 | 178.2 | 7.5 | 8.5 |

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.2.7 Karte des Windparks




Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.2.8 Abstände zwischen aktiven Windenergieanlagen

*Tabelle A.2.8.1: Abstände zu den nächsten fünf aktiven WEA in Rotordurchmessern der jeweiligen Nachbar-WEA*

| WEA | | | Nachbar 1 | | Nachbar 2 | | Nachbar 3 | | Nachbar 4 | | Nachbar 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung |
| | 2 | 516 | 15 | 3.64 | 3 | 5.79 | 4 | 6.75 | 33 | 7.08 | 14 | 8.78 |
| | 4 | 612 | 33 | 3.62 | 15 | 4.72 | 29 | 5.01 | 32 | 5.97 | 2 | 6.75 |
| | 5 | 613 | 15 | 3.13 | 36 | 3.14 | 6 | 3.67 | 35 | 4.34 | 38 | 4.56 |
| | 7 | 708 | 16 | 3.52 | 18 | 3.83 | 39 | 5.13 | 28 | 5.20 | 19 | 6.18 |
| | 11 | EA098 | 22 | 4.42 | 12 | 5.38 | 31 | 7.18 | 30 | 7.49 | 34 | 9.96 |
| | 12 | EA108 | 11 | 5.38 | 30 | 6.73 | 31 | 7.22 | 22 | 8.81 | 34 | 9.77 |
| | 15 | 630 | 3 | 3.89 | 5 | 4.06 | 2 | 4.72 | 36 | 6.00 | 14 | 6.05 |
| | 16 | 706 | 7 | 3.52 | 28 | 4.05 | 27 | 5.59 | 18 | 6.00 | 33 | 6.71 |
| | 19 | M04 | 18 | 3.18 | 37 | 3.41 | 35 | 3.45 | 28 | 4.05 | 38 | 4.17 |
| | 22 | 703 | 11 | 4.42 | 31 | 5.91 | 30 | 6.82 | 27 | 8.63 | 32 | 8.63 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 31 | 1.67 | 26 | 3.45 | 32 | 3.66 | 30 | 3.70 | 34 | 3.91 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 26 | 2.81 | 27 | 3.06 | 31 | 3.17 | 33 | 4.01 | 32 | 4.07 |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 28 | 1.53 | 27 | 2.08 | 33 | 4.05 | 29 | 4.31 | 26 | 5.06 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | 2.22 | 32 | 2.38 | 27 | 3.02 | 31 | 3.59 | 34 | 4.17 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | 2.73 | 28 | 2.99 | 26 | 3.02 | 29 | 3.62 | 32 | 4.53 |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 27 | 2.99 | 29 | 3.63 | 25 | 3.82 | 33 | 4.15 | 35 | 4.34 |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 33 | 2.23 | 27 | 3.62 | 28 | 3.63 | 35 | 4.03 | 26 | 5.15 |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 31 | 2.10 | 34 | 3.29 | 32 | 5.15 | 33 | 7.68 | 26 | 7.71 |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 30 | 2.10 | 34 | 2.80 | 32 | 3.64 | 26 | 4.91 | 33 | 5.72 |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 34 | 2.44 | 33 | 3.17 | 26 | 3.25 | 31 | 3.64 | 30 | 5.15 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 26 | 3.04 | 29 | 3.05 | 32 | 3.17 | 27 | 3.73 | 34 | 5.56 |
| | 34 | WEA Verweyen | 32 | 2.44 | 31 | 2.80 | 30 | 3.29 | 33 | 5.56 | 26 | 5.70 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.2.8.1: Abstände zu den nächsten fünf aktiven WEA in Rotordurchmessern der jeweiligen Nachbar-WEA*

| WEA | | Nachbar 1 | | Nachbar 2 | | Nachbar 3 | | Nachbar 4 | | Nachbar 5 | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Nr. | Bezeichnung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung | Nr. | Entfernung |
| 35 | SML1 | 36 | 3.18 | 29 | 4.03 | 38 | 4.09 | 28 | 4.34 | 19 | 4.90 |
| 36 | SML2 | 38 | 2.39 | 35 | 3.18 | 5 | 4.47 | 37 | 4.63 | 6 | 4.88 |

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

# A.3 Ergebnisse

## A.3.1 Situation vor dem Zubau

**BBS definiert** Ja
**Einfluss der Orografie bewerten** Ja
**Ist Vorherfall** Ja

*Tabelle A.3.1.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | 10 | — | 32.3 | 27.5 | 24.6 | 22.8 | 21.5 | 20.1 | 19.0 | 18.2 | 17.7 | 16.0 | 14.6 | 13.4 | 12.7 | 12.1 | 11.6 | 11.1 | 10.7 | 10.4 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 |
| | 4 | 612 | 10 | — | 31.5 | 26.9 | 24.1 | 22.6 | 21.5 | 20.4 | 18.7 | 17.9 | 17.2 | 14.5 | 13.5 | 12.7 | 12.1 | 11.6 | 11.1 | 10.8 | 10.5 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | 5 | 613 | 10 | — | 40.9 | 35.7 | 32.5 | 31.1 | 30.0 | 28.6 | 25.9 | 24.6 | 23.8 | 18.7 | 16.5 | 14.5 | 13.5 | 12.7 | 12.1 | 11.5 | 11.1 | 10.8 | 10.6 | 10.6 | 10.5 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 |
| | 7 | 708 | 10 | — | 35.4 | 30.5 | 27.5 | 25.7 | 24.4 | 23.0 | 20.9 | 19.7 | 18.8 | 17.0 | 15.2 | 13.1 | 12.2 | 11.5 | 11.0 | 10.6 | 10.3 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | 11 | EA098 | 10 | — | 30.0 | 25.8 | 23.2 | 21.5 | 20.1 | 19.1 | 18.2 | 17.4 | 16.6 | 15.9 | 14.2 | 12.4 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.2 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 12 | EA108 | 10 | — | 28.1 | 23.7 | 21.0 | 19.2 | 17.8 | 16.8 | 15.9 | 15.1 | 14.4 | 13.8 | 12.7 | 11.7 | 11.2 | 10.9 | 10.5 | 10.3 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 15 | 630 | 10 | — | 32.4 | 28.2 | 25.5 | 23.8 | 22.5 | 21.5 | 20.6 | 19.9 | 19.3 | 18.7 | 16.8 | 14.0 | 12.8 | 11.9 | 11.3 | 10.8 | 10.4 | 10.0 | 9.7 | 9.6 | 9.4 | 9.3 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | 9.2 |
| | 16 | 706 | 10 | — | 34.2 | 29.7 | 26.9 | 25.2 | 23.8 | 22.7 | 21.5 | 20.7 | 20.0 | 19.3 | 17.1 | 13.9 | 12.5 | 11.6 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.7 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.7 |
| | 19 | M04 | 10 | — | 40.6 | 35.7 | 32.7 | 31.4 | 30.4 | 29.1 | 26.1 | 24.7 | 23.7 | 17.1 | 15.3 | 13.9 | 12.9 | 12.1 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 |
| | 22 | 703 | 10 | — | 29.8 | 25.2 | 22.4 | 20.5 | 19.2 | 18.2 | 17.4 | 16.8 | 16.4 | 16.2 | 14.8 | 13.0 | 12.2 | 11.6 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.2 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 18.6 | 34.3 | 29.9 | 27.3 | 26.1 | 25.1 | 23.7 | 21.1 | 19.6 | 18.4 | 14.1 | 13.0 | 12.2 | 11.7 | 11.2 | 10.9 | 10.6 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 22.8 | 41.2 | 36.2 | 33.1 | 31.7 | 30.6 | 29.0 | 25.6 | 23.9 | 22.5 | 15.7 | 13.9 | 12.6 | 11.9 | 11.3 | 10.9 | 10.7 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 28.0 | 52.4 | 45.3 | 40.8 | 38.7 | 36.9 | 34.6 | 30.3 | 28.1 | 26.7 | 18.4 | 16.2 | 14.2 | 13.0 | 12.1 | 11.4 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 36.5 | 32.1 | 29.4 | 28.3 | 27.4 | 26.1 | 23.4 | 22.1 | 21.2 | 14.9 | 13.2 | 12.1 | 11.4 | 10.8 | 10.3 | 9.9 | 9.6 | 9.3 | 9.2 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | — | — | — | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.1.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 39.4 | 34.3 | 31.2 | 29.9 | 28.8 | 27.4 | 24.5 | 23.1 | 22.1 | 15.6 | 13.8 | 12.6 | 11.7 | 11.0 | 10.5 | 10.1 | 9.7 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.1 | 9.1 | 9.1 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 37.5 | 32.2 | 28.9 | 27.3 | 26.0 | 24.5 | 21.8 | 20.4 | 19.5 | 15.7 | 14.3 | 12.7 | 11.9 | 11.4 | 10.9 | 10.4 | 10.1 | 9.7 | 9.5 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 36.2 | 31.4 | 28.5 | 27.2 | 26.1 | 24.9 | 22.4 | 21.3 | 20.5 | 15.2 | 13.8 | 12.8 | 12.1 | 11.5 | 11.0 | 10.6 | 10.2 | 9.9 | 9.7 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | 9.3 | — | — | — | — |
| | 35 | SML1 | 10 | — | 36.9 | 32.2 | 29.2 | 27.8 | 26.7 | 25.3 | 22.6 | 21.2 | 20.3 | 16.6 | 15.1 | 13.2 | 12.3 | 11.7 | 11.1 | 10.7 | 10.3 | 9.9 | 9.7 | 9.6 | 9.5 | 9.4 | 9.3 | — | — | — | — |
| | 36 | SML2 | 10 | — | 38.8 | 38.1 | 34.3 | 31.1 | 28.5 | 25.7 | 23.1 | 21.7 | 20.5 | 17.5 | 15.9 | 14.4 | 13.3 | 12.5 | 11.8 | 11.3 | 10.9 | 10.6 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | — | — | — | — |

*Tabelle A.3.1.2: Differenzen zwischen Auslegungswerten und effektiven Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | — | 9.7 | 7.0 | 5.4 | 4.2 | 3.4 | 3.2 | 3.0 | 2.8 | 2.5 | 3.5 | 4.3 | 5.0 | 5.3 | 5.5 | 5.7 | 5.9 | 6.0 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.2 | 5.1 | 5.0 |
| | 4 | 612 | — | 10.5 | 7.6 | 5.9 | 4.4 | 3.4 | 2.9 | 3.3 | 3.1 | 3.0 | 5.0 | 5.4 | 5.7 | 5.9 | 6.0 | 6.2 | 6.2 | 6.2 | 6.3 | 6.2 | 6.0 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.2 | 5.1 |
| | 5 | 613 | — | 1.1 | 1.2 | 2.5 | 4.1 | 5.1 | 5.3 | 3.9 | 3.6 | 3.6 | 0.8 | 2.4 | 3.9 | 4.5 | 4.9 | 5.2 | 5.5 | 5.6 | 5.7 | 5.7 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.3 | 5.1 | 5.0 | 4.9 |
| | 7 | 708 | — | 6.6 | 4.0 | 2.5 | 1.3 | 0.5 | 0.3 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 2.5 | 3.7 | 5.3 | 5.8 | 6.1 | 6.3 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.3 | 6.1 | 5.9 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.2 | 5.1 |
| | 11 | EA098 | — | 12.0 | 8.7 | 6.8 | 5.5 | 4.8 | 4.2 | 3.8 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 4.7 | 6.0 | 6.3 | 6.4 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 5.2 |
| | 12 | EA108 | — | 13.9 | 10.8 | 9.0 | 7.8 | 7.1 | 6.5 | 6.1 | 5.9 | 5.8 | 5.7 | 6.2 | 6.7 | 6.8 | 6.7 | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.6 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 5.2 |
| | 15 | 630 | — | 9.6 | 6.3 | 4.5 | 3.2 | 2.4 | 1.8 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 2.1 | 4.4 | 5.2 | 5.7 | 6.0 | 6.2 | 6.3 | 6.5 | 6.6 | 6.5 | 6.5 | 6.5 | 6.3 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 |
| | 16 | 706 | — | 7.8 | 4.8 | 3.1 | 1.8 | 1.1 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 1.8 | 4.5 | 5.5 | 6.0 | 6.4 | 6.6 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 |
| | 19 | M04 | — | 1.4 | 1.2 | 2.7 | 4.4 | 5.5 | 5.8 | 4.1 | 3.7 | 3.5 | 2.4 | 3.6 | 4.5 | 5.1 | 5.5 | 5.8 | 5.9 | 6.0 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.2 | 5.0 | 4.9 | 4.8 |
| | 22 | 703 | — | 12.2 | 9.3 | 7.6 | 6.5 | 5.7 | 5.1 | 4.6 | 4.2 | 3.8 | 3.3 | 4.1 | 5.4 | 5.8 | 6.0 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.2 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 1.4 | 7.7 | 4.6 | 2.7 | 0.9 | 0.2 | 0.4 | 0.9 | 1.4 | 1.8 | 5.4 | 5.9 | 6.2 | 6.3 | 6.4 | 6.4 | 6.4 | 6.3 | 6.3 | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | — | — | — | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.1.2: Differenzen zwischen Auslegungswerten und effektiven Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 2.8 | 0.8 | 1.7 | 3.1 | 4.7 | 5.7 | 5.7 | 3.6 | 2.9 | 2.3 | 3.8 | 5.0 | 5.8 | 6.1 | 6.3 | 6.4 | 6.3 | 6.3 | 6.3 | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 8.0 | 10.4 | 10.8 | 10.8 | 11.7 | 12.0 | 11.3 | 8.3 | 7.1 | 6.5 | 1.1 | 2.7 | 4.2 | 5.0 | 5.5 | 5.9 | 6.1 | 6.1 | 6.2 | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | — | — | — | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | — | 5.5 | 2.4 | 0.6 | 1.3 | 2.5 | 2.8 | 1.4 | 1.1 | 1.0 | 4.6 | 5.7 | 6.3 | 6.6 | 6.8 | 7.0 | 7.1 | 7.1 | 7.2 | 7.1 | 7.0 | 6.8 | 6.7 | 6.5 | — | — | — | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | — | 2.6 | 0.2 | 1.2 | 2.9 | 3.9 | 4.1 | 2.5 | 2.1 | 1.9 | 3.9 | 5.1 | 5.8 | 6.3 | 6.6 | 6.8 | 6.9 | 7.0 | 7.1 | 7.0 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.5 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | — | 4.5 | 2.3 | 1.1 | 0.3 | 1.1 | 1.2 | 0.2 | 0.6 | 0.7 | 3.8 | 4.6 | 5.7 | 6.1 | 6.2 | 6.4 | 6.6 | 6.6 | 6.8 | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.6 | 6.4 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | — | 5.8 | 3.1 | 1.5 | 0.2 | 1.2 | 1.6 | 0.4 | 0.3 | 0.3 | 4.3 | 5.1 | 5.6 | 5.9 | 6.1 | 6.3 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 6.6 | 6.6 | 6.5 | 6.4 | 6.3 | — | — | — | — |
| | 35 | SML1 | — | 5.1 | 2.3 | 0.8 | 0.8 | 1.8 | 2.0 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 2.9 | 3.8 | 5.2 | 5.7 | 5.9 | 6.2 | 6.3 | 6.4 | 6.6 | 6.6 | 6.5 | 6.4 | 6.4 | 6.3 | — | — | — | — |
| | 36 | SML2 | — | 3.2 | 3.6 | 4.3 | 4.1 | 3.6 | 2.4 | 1.1 | 0.7 | 0.3 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 4.7 | 5.1 | 5.5 | 5.7 | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | — | — | — | — |

## A.3.2 Situation nach dem Zubau

**BBS definiert** Ja
**Einfluss der Orografie bewerten** Ja
**Ist Vorherfall** Nein

*Tabelle A.3.2.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | 10 | — | 32.4 | 27.6 | 24.6 | 22.9 | 21.5 | 20.1 | 19.0 | 18.2 | 17.7 | 16.0 | 14.6 | 13.5 | 12.7 | 12.2 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.1 |
| | 4 | 612 | 10 | — | 32.4 | 28.8 | 25.5 | 23.4 | 21.9 | 20.6 | 18.9 | 18.0 | 17.3 | 14.7 | 13.7 | 12.9 | 12.4 | 11.9 | 11.5 | 11.1 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.0 |
| | 5 | 613 | 10 | — | 40.9 | 35.7 | 32.5 | 31.1 | 30.0 | 28.6 | 25.9 | 24.6 | 23.8 | 18.7 | 16.5 | 14.5 | 13.5 | 12.7 | 12.1 | 11.6 | 11.1 | 10.8 | 10.7 | 10.6 | 10.5 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 7 | 708 | 10 | — | 35.4 | 30.6 | 27.5 | 25.7 | 24.4 | 23.0 | 20.9 | 19.7 | 18.8 | 17.0 | 15.2 | 13.1 | 12.2 | 11.5 | 11.0 | 10.7 | 10.3 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | 11 | EA098 | 10 | — | 30.2 | 26.0 | 23.3 | 21.5 | 20.2 | 19.1 | 18.2 | 17.4 | 16.6 | 15.9 | 14.2 | 12.4 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.3 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 12 | EA108 | 10 | — | 28.4 | 24.2 | 21.4 | 19.5 | 18.1 | 16.9 | 16.0 | 15.2 | 14.5 | 13.8 | 12.7 | 11.8 | 11.3 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 15 | 630 | 10 | — | 32.4 | 28.2 | 25.6 | 23.8 | 22.5 | 21.5 | 20.6 | 19.9 | 19.3 | 18.7 | 16.8 | 14.0 | 12.8 | 12.0 | 11.4 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.5 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | 9.3 | 9.3 | 9.2 |
| | 16 | 706 | 10 | — | 34.3 | 29.8 | 27.0 | 25.2 | 23.8 | 22.7 | 21.5 | 20.7 | 20.0 | 19.3 | 17.1 | 13.9 | 12.5 | 11.6 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.7 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.7 |
| | 19 | M04 | 10 | — | 40.6 | 35.7 | 32.7 | 31.4 | 30.4 | 29.1 | 26.1 | 24.7 | 23.7 | 17.1 | 15.3 | 13.9 | 12.9 | 12.1 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 |
| | 22 | 703 | 10 | — | 30.2 | 25.7 | 22.8 | 20.8 | 19.3 | 18.2 | 17.4 | 16.9 | 16.5 | 16.2 | 14.9 | 13.0 | 12.2 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.2 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 18.7 | 35.2 | 31.8 | 28.5 | 26.7 | 25.3 | 23.8 | 21.2 | 19.7 | 18.5 | 14.5 | 13.3 | 12.5 | 11.9 | 11.4 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 22.8 | 41.4 | 36.6 | 33.4 | 31.9 | 30.6 | 29.0 | 25.7 | 23.9 | 22.5 | 15.8 | 14.0 | 12.8 | 12.0 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 28.0 | 52.4 | 45.3 | 40.8 | 38.7 | 36.9 | 34.6 | 30.3 | 28.1 | 26.7 | 18.4 | 16.2 | 14.2 | 13.0 | 12.1 | 11.5 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 40.5 | 40.5 | 36.0 | 32.4 | 29.7 | 27.0 | 24.2 | 22.6 | 21.5 | 16.3 | 14.5 | 13.1 | 12.1 | 11.2 | 10.6 | 10.1 | 9.8 | 9.5 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | — | — | — | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 39.8 | 35.5 | 32.1 | 30.3 | 29.0 | 27.5 | 24.5 | 23.1 | 22.1 | 15.7 | 14.0 | 12.7 | 11.9 | 11.2 | 10.6 | 10.2 | 9.8 | 9.5 | 9.3 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 37.6 | 32.4 | 29.0 | 27.4 | 26.0 | 24.5 | 21.8 | 20.4 | 19.5 | 15.7 | 14.3 | 12.8 | 12.0 | 11.4 | 10.9 | 10.5 | 10.1 | 9.7 | 9.6 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 39.3 | 38.3 | 33.6 | 30.0 | 27.5 | 25.4 | 22.8 | 21.5 | 20.6 | 15.7 | 14.2 | 13.2 | 12.4 | 11.8 | 11.2 | 10.8 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.6 | 9.5 | 9.4 | — | — | — | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 41.2 | 43.0 | 38.2 | 33.9 | 30.0 | 25.6 | 22.7 | 20.6 | 18.6 | 16.6 | 14.9 | 13.5 | 12.3 | 11.5 | 10.9 | 10.5 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 41.3 | 42.1 | 36.9 | 32.3 | 28.5 | 24.4 | 21.8 | 20.0 | 18.3 | 16.5 | 15.1 | 14.0 | 13.2 | 12.5 | 11.9 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.6 | 10.4 | 10.3 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | — |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 40.4 | 38.4 | 34.3 | 31.7 | 30.2 | 28.7 | 26.0 | 24.7 | 23.8 | 17.5 | 15.7 | 14.5 | 13.5 | 12.8 | 12.1 | 11.6 | 11.2 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 43.1 | 37.7 | 34.2 | 32.6 | 31.4 | 29.9 | 26.8 | 25.3 | 24.4 | 17.5 | 15.7 | 14.5 | 13.6 | 12.9 | 12.4 | 11.9 | 11.4 | 11.1 | 10.9 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — |
| | 34 | WEA Verweyen | 10 | — | 38.6 | 39.3 | 34.9 | 31.0 | 27.6 | 23.9 | 21.4 | 19.7 | 18.1 | 16.5 | 15.2 | 14.1 | 13.3 | 12.6 | 12.0 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | — |
| | 35 | SML1 | 10 | — | 37.0 | 32.2 | 29.3 | 27.8 | 26.7 | 25.3 | 22.6 | 21.2 | 20.3 | 16.6 | 15.1 | 13.2 | 12.3 | 11.7 | 11.2 | 10.7 | 10.3 | 9.9 | 9.8 | 9.6 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | — | — | — | — |
| | 36 | SML2 | 10 | — | 38.8 | 38.1 | 34.3 | 31.1 | 28.5 | 25.7 | 23.1 | 21.7 | 20.5 | 17.5 | 15.9 | 14.4 | 13.3 | 12.5 | 11.8 | 11.3 | 10.9 | 10.6 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | — | — | — | — |

*Tabelle A.3.2.2: Extremwerte der Turbulenzintensität auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | 10 | 39.1 | 33.3 | 29.6 | 27.5 | 25.7 | 23.8 | 22.4 | 21.3 | 20.6 | 18.7 | 17.1 | 14.9 | 14.0 | 13.4 | 12.9 | 12.4 | 12.0 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.3 | 11.2 | 11.1 | 11.1 |
| | 4 | 612 | 10 | 38.4 | 34.3 | 30.3 | 27.7 | 26.4 | 25.0 | 22.7 | 21.5 | 20.6 | 17.1 | 15.7 | 14.0 | 13.3 | 12.8 | 12.4 | 12.0 | 11.8 | 11.5 | 11.4 | 11.4 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
| | 5 | 613 | 10 | 49.6 | 43.1 | 39.2 | 37.5 | 36.1 | 34.4 | 30.8 | 29.1 | 27.9 | 24.8 | 22.1 | 18.2 | 16.4 | 15.2 | 14.3 | 13.5 | 13.0 | 12.5 | 12.3 | 12.1 | 11.9 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.4 |
| | 7 | 708 | 10 | 43.9 | 37.9 | 34.3 | 32.6 | 31.3 | 29.7 | 26.7 | 25.3 | 24.3 | 23.3 | 20.7 | 16.8 | 15.1 | 13.9 | 13.0 | 12.5 | 12.1 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 |
| | 11 | EA098 | 10 | 37.8 | 32.5 | 29.2 | 27.0 | 25.4 | 24.2 | 23.2 | 22.4 | 21.8 | 21.2 | 19.1 | 16.0 | 14.7 | 13.7 | 13.0 | 12.4 | 11.9 | 11.6 | 11.4 | 11.3 | 11.1 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 |
| | 12 | EA108 | 10 | 35.2 | 30.0 | 26.8 | 24.7 | 23.1 | 22.0 | 21.0 | 20.3 | 19.7 | 19.2 | 17.5 | 15.0 | 13.9 | 13.2 | 12.6 | 12.1 | 11.7 | 11.4 | 11.3 | 11.2 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 | 11.1 |
| | 15 | 630 | 10 | 38.0 | 32.9 | 29.7 | 27.5 | 25.9 | 24.7 | 23.8 | 23.0 | 22.3 | 21.8 | 19.5 | 16.0 | 14.5 | 13.5 | 12.7 | 12.1 | 11.6 | 11.2 | 11.0 | 10.9 | 10.7 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 |
| | 16 | 706 | 10 | 42.0 | 36.5 | 33.0 | 30.7 | 28.9 | 27.6 | 26.5 | 25.7 | 25.0 | 24.4 | 21.7 | 17.7 | 15.9 | 14.6 | 13.7 | 13.0 | 12.4 | 11.9 | 11.7 | 11.4 | 11.3 | 11.1 | 11.0 | 10.9 | 10.8 | 10.8 | 10.7 |
| | 19 | M04 | 10 | 48.1 | 41.7 | 38.0 | 36.3 | 35.0 | 33.3 | 29.8 | 28.1 | 27.0 | 19.2 | 17.0 | 15.6 | 14.6 | 13.8 | 13.2 | 12.7 | 12.3 | 12.0 | 11.9 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 |
| | 22 | 703 | 10 | 35.9 | 30.9 | 27.8 | 25.7 | 24.1 | 23.0 | 22.1 | 21.3 | 20.7 | 20.2 | 18.2 | 15.2 | 13.8 | 12.9 | 12.2 | 11.7 | 11.5 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 | 11.3 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 46.2 | 40.0 | 36.3 | 34.6 | 33.3 | 31.7 | 28.4 | 26.9 | 25.8 | 18.6 | 16.6 | 15.3 | 14.4 | 13.6 | 13.0 | 12.6 | 12.2 | 11.8 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.4 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 53.2 | 46.4 | 42.3 | 40.5 | 39.1 | 37.3 | 33.3 | 31.4 | 30.2 | 21.0 | 18.4 | 16.8 | 15.6 | 14.6 | 13.9 | 13.3 | 12.8 | 12.4 | 12.2 | 12.0 | 11.9 | 11.8 | 11.7 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 67.9 | 59.6 | 54.6 | 52.7 | 51.1 | 48.8 | 43.4 | 40.9 | 39.3 | 26.1 | 22.5 | 20.1 | 18.4 | 17.0 | 15.9 | 15.1 | 14.4 | 13.8 | 13.5 | 13.2 | 13.0 | 12.8 | 12.6 | — | — | — | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.2: Extremwerte der Turbulenzintensität auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | 46.6 | 47.5 | 42.0 | 37.2 | 34.1 | 32.5 | 29.0 | 27.4 | 26.3 | 19.1 | 17.3 | 15.9 | 14.7 | 13.7 | 13.0 | 12.4 | 11.9 | 11.5 | 11.3 | 11.0 | 10.8 | 10.6 | 10.3 | — | — | — | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | 47.1 | 40.9 | 37.3 | 35.7 | 34.4 | 32.8 | 29.3 | 27.6 | 26.5 | 18.5 | 16.3 | 14.8 | 13.7 | 12.9 | 12.2 | 11.7 | 11.3 | 11.0 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | 45.1 | 39.3 | 35.7 | 34.2 | 33.0 | 31.4 | 28.0 | 26.5 | 25.4 | 17.8 | 16.2 | 14.1 | 13.1 | 12.4 | 11.8 | 11.4 | 11.1 | 10.8 | 10.7 | 10.6 | 10.5 | 10.5 | 10.4 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | 45.3 | 46.8 | 41.4 | 36.6 | 32.5 | 29.0 | 26.0 | 24.6 | 23.6 | 18.8 | 17.0 | 15.6 | 14.4 | 13.5 | 12.8 | 12.1 | 11.6 | 11.2 | 10.9 | 10.7 | 10.6 | 10.6 | 10.5 | — | — | — | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | 50.5 | 52.5 | 46.5 | 41.1 | 36.6 | 31.3 | 27.9 | 25.6 | 23.3 | 21.1 | 19.1 | 17.5 | 16.2 | 15.1 | 14.3 | 13.6 | 13.0 | 12.5 | 12.2 | 11.9 | 11.6 | 11.3 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | 11.0 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | 47.3 | 49.2 | 43.6 | 38.5 | 34.2 | 29.1 | 26.0 | 23.8 | 21.6 | 19.5 | 17.7 | 16.1 | 14.9 | 13.9 | 13.1 | 12.6 | 12.2 | 11.8 | 11.6 | 11.4 | 11.3 | 11.1 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | 10.9 | — |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | 47.7 | 43.7 | 38.7 | 35.9 | 34.6 | 32.9 | 29.5 | 27.9 | 26.8 | 19.1 | 17.0 | 15.6 | 14.5 | 13.7 | 13.1 | 12.6 | 12.2 | 11.9 | 11.7 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 10.7 | 10.7 | 10.7 | — |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | 49.0 | 42.6 | 38.8 | 37.1 | 35.8 | 34.1 | 30.5 | 28.8 | 27.6 | 19.4 | 17.2 | 15.7 | 14.6 | 13.8 | 13.1 | 12.6 | 12.1 | 11.8 | 11.6 | 11.5 | 11.4 | 11.3 | 11.2 | 10.8 | 10.8 | 10.8 | — |
| | 34 | WEA Verweyen | 10 | 45.7 | 46.7 | 41.4 | 36.6 | 32.6 | 28.0 | 25.2 | 23.1 | 21.1 | 19.3 | 17.6 | 16.2 | 15.1 | 14.2 | 13.5 | 12.9 | 12.4 | 12.0 | 11.8 | 11.5 | 11.3 | 11.1 | 10.9 | 10.8 | 10.8 | 10.8 | — |
| | 35 | SML1 | 10 | 45.9 | 39.8 | 36.2 | 34.6 | 33.4 | 31.8 | 28.4 | 26.8 | 25.8 | 19.5 | 17.6 | 15.0 | 13.8 | 12.9 | 12.3 | 11.8 | 11.4 | 11.1 | 10.9 | 10.8 | 10.7 | 10.6 | 10.6 | — | — | — | — |
| | 36 | SML2 | 10 | 44.6 | 45.8 | 40.5 | 35.9 | 31.9 | 30.2 | 27.0 | 25.5 | 24.5 | 19.5 | 17.5 | 15.7 | 14.6 | 13.7 | 13.0 | 12.4 | 11.9 | 11.5 | 11.3 | 11.0 | 10.8 | 10.8 | 10.7 | — | — | — | — |

*Tabelle A.3.2.3: Differenzen zwischen Auslegungswerten und effektiven Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | — | 9.6 | 6.9 | 5.4 | 4.1 | 3.4 | 3.2 | 3.0 | 2.8 | 2.5 | 3.5 | 4.3 | 4.9 | 5.3 | 5.4 | 5.6 | 5.8 | 5.9 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.1 | 5.0 | 5.0 |
| | 4 | 612 | — | 9.6 | 5.7 | 4.5 | 3.6 | 3.0 | 2.7 | 3.1 | 3.0 | 2.9 | 4.8 | 5.2 | 5.5 | 5.6 | 5.7 | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.1 | 5.0 | 5.1 |
| | 5 | 613 | — | 1.1 | **1.2** | **2.5** | **4.1** | **5.1** | **5.3** | **3.9** | **3.6** | **3.6** | 0.8 | 2.4 | 3.9 | 4.5 | 4.9 | 5.2 | 5.4 | 5.6 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.3 | 5.1 | 5.0 | 4.9 |
| | 7 | 708 | — | 6.6 | 3.9 | 2.5 | 1.3 | 0.5 | 0.3 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 2.5 | 3.7 | 5.3 | 5.8 | 6.1 | 6.3 | 6.3 | 6.4 | 6.4 | 6.2 | 6.1 | 5.9 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.2 | 5.1 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.3: Differenzen zwischen Auslegungswerten und effektiven Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 11 | EA098 | — | 11.8 | 8.5 | 6.7 | 5.5 | 4.7 | 4.2 | 3.8 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 4.7 | 6.0 | 6.3 | 6.4 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.5 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 5.2 |
| | 12 | EA108 | — | 13.6 | 10.3 | 8.6 | 7.5 | 6.8 | 6.4 | 6.0 | 5.8 | 5.7 | 5.7 | 6.2 | 6.6 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.6 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 5.2 |
| | 15 | 630 | — | 9.6 | 6.3 | 4.4 | 3.2 | 2.4 | 1.8 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 2.1 | 4.4 | 5.2 | 5.6 | 5.9 | 6.1 | 6.3 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.9 |
| | 16 | 706 | — | 7.7 | 4.7 | 3.0 | 1.8 | 1.1 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 1.8 | 4.5 | 5.5 | 6.0 | 6.4 | 6.6 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 |
| | 19 | M04 | — | 1.4 | 1.2 | 2.7 | 4.4 | 5.5 | 5.8 | 4.1 | 3.7 | 3.5 | 2.4 | 3.6 | 4.5 | 5.1 | 5.5 | 5.8 | 5.9 | 6.0 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.2 | 5.0 | 4.9 | 4.8 |
| | 22 | 703 | — | 11.8 | 8.8 | 7.2 | 6.2 | 5.6 | 5.1 | 4.6 | 4.1 | 3.7 | 3.3 | 4.0 | 5.4 | 5.8 | 5.9 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.2 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 1.3 | 6.8 | 2.7 | 1.5 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 1.3 | 1.7 | 5.0 | 5.6 | 5.9 | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 2.8 | 0.6 | 2.1 | 3.4 | 4.9 | 5.7 | 5.7 | 3.7 | 2.9 | 2.3 | 3.7 | 4.9 | 5.6 | 6.0 | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 8.0 | 10.4 | 10.8 | 10.8 | 11.7 | 12.0 | 11.3 | 8.3 | 7.1 | 6.5 | 1.1 | 2.7 | 4.2 | 5.0 | 5.5 | 5.8 | 6.1 | 6.1 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | — | — | — | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | — | 1.5 | 6.0 | 6.0 | 5.4 | 4.8 | 3.7 | 2.2 | 1.6 | 1.3 | 3.2 | 4.4 | 5.3 | 5.9 | 6.4 | 6.7 | 6.9 | 6.9 | 7.0 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.4 | — | — | — | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | — | 2.2 | 1.0 | 2.1 | 3.3 | 4.1 | 4.2 | 2.5 | 2.1 | 1.9 | 3.8 | 4.9 | 5.7 | 6.1 | 6.4 | 6.7 | 6.8 | 6.9 | 7.0 | 7.0 | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.4 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | — | 4.4 | 2.1 | 1.0 | 0.4 | 1.1 | 1.2 | 0.2 | 0.6 | 0.7 | 3.8 | 4.6 | 5.6 | 6.0 | 6.2 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 6.8 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.6 | 6.4 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | — | 2.7 | 3.8 | 3.6 | 3.0 | 2.6 | 2.1 | 0.8 | 0.5 | 0.4 | 3.8 | 4.7 | 5.2 | 5.6 | 5.8 | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | — | — | — | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | — | 0.7 | 8.6 | 8.3 | 7.0 | 5.2 | 2.4 | 0.7 | 0.4 | 1.5 | 2.9 | 4.0 | 4.9 | 5.7 | 6.1 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 6.6 | 6.4 | 6.3 | 6.1 | 5.9 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | — | 0.6 | 7.7 | 7.0 | 5.4 | 3.7 | 1.2 | 0.2 | 1.0 | 1.8 | 3.0 | 3.8 | 4.4 | 4.8 | 5.1 | 5.4 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 5.7 | 5.7 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.4 | 5.4 | 5.3 | — |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | — | 1.5 | 4.0 | 4.4 | 4.8 | 5.4 | 5.5 | 4.0 | 3.7 | 3.7 | 2.0 | 3.2 | 3.9 | 4.5 | 4.8 | 5.2 | 5.4 | 5.5 | 5.7 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.2 | — |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | — | 1.2 | 3.3 | 4.3 | 5.7 | 6.6 | 6.7 | 4.8 | 4.3 | 4.3 | 2.0 | 3.2 | 3.9 | 4.4 | 4.7 | 4.9 | 5.1 | 5.3 | 5.4 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.1 | 5.0 | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.3: Differenzen zwischen Auslegungswerten und effektiven Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 34 | WEA Verweyen | — | 3.3 | 4.9 | 5.0 | 4.1 | 2.8 | 0.7 | 0.6 | 1.3 | 2.0 | 3.0 | 3.7 | 4.3 | 4.7 | 5.0 | 5.3 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | — |
| | 35 | SML1 | — | 5.0 | 2.3 | 0.7 | 0.8 | 1.8 | 2.0 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 2.9 | 3.8 | 5.2 | 5.7 | 5.9 | 6.1 | 6.3 | 6.4 | 6.6 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.4 | 6.2 | — | — | — | — |
| | 36 | SML2 | — | 3.2 | 3.6 | 4.3 | 4.1 | 3.6 | 2.4 | 1.1 | 0.7 | 0.3 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 4.7 | 5.1 | 5.5 | 5.7 | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | — | — | — | — |

*Tabelle A.3.2.4: Eigenschaften und Windbedingungen der jeweiligen WEA*

| WEA-Eigenschaften | | | | | | Nächste WEA | | Ergebnisse | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | WEA-Typ | $z_{hub}$ [m] | D [m] | BBS | Abstand in D | Nr. | Geschützt durch BBS | m [-] | Komplex | $\alpha_n$ [-] | $\varphi$ [°] | $\rho$ [kg/m³] | WZ | $v_{50}$ GK2 [m/s] | $v_{50}$ GK1 [m/s] | A [m/s] | A $\rho$korr. [m/s] | k [-] | $v_{ave}$ [m/s] | $v_{ave}$ $\rho$korr. [m/s] |
| | 2 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.642 | 15 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 4 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.616 | 33 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 5 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.134 | 15 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.251 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 7 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.521 | 16 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.251 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 11 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 4.415 | 22 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.85 | 7.93 | 2.418 | 6.96 | 7.03 |
| | 12 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 5.382 | 11 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.86 | 7.94 | 2.418 | 6.97 | 7.04 |
| | 15 | ENERCON E-92 2.35MW | 138 | 92 | Nein | 3.894 | 3 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.241 | 4 / III | 45.7 | 48.5 | 8.61 | 8.67 | 2.51 | 7.64 | 7.69 |
| | 16 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 85 | 71 | Nein | 3.521 | 7 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.248 | 4 / III | 42.3 | 45.8 | 8.12 | 8.2 | 2.46 | 7.21 | 7.27 |
| | 19 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 3.18 | 18 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.251 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.84 | 7.92 | 2.418 | 6.95 | 7.02 |
| | 22 | ENERCON E-70 E4 2.3MW | 64 | 71 | Nein | 4.415 | 11 | Nein | 10 | Nein | 0.13 | 0.1 | 1.250 | 4 / III | 40.4 | 44.2 | 7.85 | 7.93 | 2.418 | 6.96 | 7.03 |
| | 23 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 50 | 40.3 | Nein | 1.672 | 31 | Ja | 10 | Nein | 0.14 | 0.2 | 1.252 | 4 / III | 38.8 | 42.9 | 7.6 | 7.61 | 2.39 | 6.74 | 6.74 |
| | 24 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 50 | 40.3 | Nein | 2.809 | 26 | Nein | 10 | Nein | 0.14 | 0.1 | 1.252 | 4 / III | 38.8 | 42.9 | 7.6 | 7.61 | 2.39 | 6.74 | 6.74 |
| | 25 | ENERCON E-40 5.40 500kW | 50 | 40.3 | Nein | 1.525 | 28 | Ja | 10 | Nein | 0.14 | 0.1 | 1.252 | 4 / III | 38.8 | 42.9 | 7.59 | 7.59 | 2.39 | 6.73 | 6.73 |
| | 26 | ENERCON E-101 3.05MW | 135 | 101 | Nein | 2.222 | 33 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.242 | 4 / III | 45.5 | 48.4 | 8.59 | 8.65 | 2.51 | 7.62 | 7.67 |
| | 27 | ENERCON E-101 3.05MW | 135 | 101 | Nein | 2.725 | 33 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.242 | 4 / III | 45.5 | 48.4 | 8.59 | 8.65 | 2.51 | 7.62 | 7.67 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.2.4: Eigenschaften und Windbedingungen der jeweiligen WEA*

| WEA-Eigenschaften | | | | | | Nächste WEA | | Ergebnisse | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | WEA-Typ | $z_{hub}$ [m] | D [m] | BBS | Abstand in D | Nr. | Geschützt durch BBS | m [-] | Komplex | $\alpha_n$ [-] | $\varphi$ [°] | $\rho$ [kg/m³] | WZ | $v_{50}$ GK2 [m/s] | $v_{50}$ GK1 [m/s] | A [m/s] | A $\rho$korr [m/s] | k [-] | $v_{ave}$ [m/s] | $v_{ave}$ $\rho$korr [m/s] |
| | 28 | ENERCON E-101 3.05MW | 135 | 101 | Ja | 2.99 | 27 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.242 | 4 / III | 45.5 | 48.4 | 8.59 | 8.65 | 2.51 | 7.62 | 7.67 |
| | 29 | ENERCON E-101 3.05MW | 135 | 101 | Nein | 2.229 | 33 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.241 | 4 / III | 45.5 | 48.4 | 8.59 | 8.65 | 2.51 | 7.62 | 7.67 |
| | 30 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Nein | 2.099 | 31 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.244 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.4 | 8.47 | 2.51 | 7.46 | 7.52 |
| | 31 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Ja | 2.099 | 30 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.245 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.4 | 8.46 | 2.51 | 7.45 | 7.51 |
| | 32 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Nein | 2.44 | 34 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.244 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.39 | 8.45 | 2.511 | 7.44 | 7.5 |
| | 33 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Nein | 3.042 | 26 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.244 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.39 | 8.45 | 2.51 | 7.44 | 7.5 |
| | 34 | ENERCON E-138 EP3 E3 4.26MW OM0s | 111 | 138.25 | Nein | 2.44 | 32 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.0 | 1.245 | 4 / III | 44.1 | 47.3 | 8.39 | 8.45 | 2.511 | 7.44 | 7.5 |
| | 35 | ENERCON E-101 3.05MW | 135.4 | 101 | Nein | 3.184 | 36 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.242 | 4 / III | 45.5 | 48.4 | 8.59 | 8.65 | 2.51 | 7.63 | 7.68 |
| | 36 | ENERCON E-101 3.05MW | 99 | 101 | Nein | 2.393 | 38 | Nein | 10 | Nein | 0.12 | 0.1 | 1.247 | 4 / III | 43.3 | 46.6 | 8.28 | 8.35 | 2.488 | 7.34 | 7.41 |

## A.3.3 Berechnungsvariante “Betriebsbeschraenkungen”

**BBS definiert** Ja
**Einfluss der Orografie bewerten** Ja
**Ist Vorherfall** Nein

*Tabelle A.3.3.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | 10 | — | 32.4 | 27.6 | 24.6 | 22.9 | 21.5 | 20.1 | 19.0 | 18.2 | 17.7 | 16.0 | 14.6 | 13.5 | 12.7 | 12.2 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.1 |
| | 4 | 612 | 10 | — | 32.4 | 28.8 | 25.5 | 23.4 | 21.9 | 20.6 | 18.9 | 18.0 | 17.3 | 14.7 | 13.7 | 12.9 | 12.4 | 11.9 | 11.5 | 11.1 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.0 |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.3.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 5 | 613 | 10 | — | 40.9 | 35.7 | 32.5 | 31.1 | 30.0 | 28.6 | 25.9 | 24.6 | 23.8 | 18.7 | 16.5 | 14.5 | 13.5 | 12.7 | 12.1 | 11.6 | 11.1 | 10.8 | 10.7 | 10.6 | 10.5 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 |
| | 7 | 708 | 10 | — | 35.4 | 30.6 | 27.5 | 25.7 | 24.4 | 23.0 | 20.9 | 19.7 | 18.8 | 17.0 | 15.2 | 13.1 | 12.2 | 11.5 | 11.0 | 10.7 | 10.3 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 |
| | 11 | EA098 | 10 | — | 30.2 | 26.0 | 23.3 | 21.5 | 20.2 | 19.1 | 18.2 | 17.4 | 16.6 | 15.9 | 14.2 | 12.4 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.3 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 12 | EA108 | 10 | — | 28.4 | 24.2 | 21.4 | 19.5 | 18.1 | 16.9 | 16.0 | 15.2 | 14.5 | 13.8 | 12.7 | 11.8 | 11.3 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 | 9.9 |
| | 15 | 630 | 10 | — | 32.4 | 28.2 | 25.6 | 23.8 | 22.5 | 21.5 | 20.6 | 19.9 | 19.3 | 18.7 | 16.8 | 14.0 | 12.8 | 12.0 | 11.4 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.5 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | 9.3 | 9.3 | 9.2 |
| | 16 | 706 | 10 | — | 34.3 | 29.8 | 27.0 | 25.2 | 23.8 | 22.7 | 21.5 | 20.7 | 20.0 | 19.3 | 17.1 | 13.9 | 12.5 | 11.6 | 10.9 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.7 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.6 | 9.7 |
| | 19 | M04 | 10 | — | 40.6 | 35.7 | 32.7 | 31.4 | 30.4 | 29.1 | 26.1 | 24.7 | 23.7 | 17.1 | 15.3 | 13.9 | 12.9 | 12.1 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | 10.3 |
| | 22 | 703 | 10 | — | 30.2 | 25.7 | 22.8 | 20.8 | 19.3 | 18.2 | 17.4 | 16.9 | 16.5 | 16.2 | 14.9 | 13.0 | 12.2 | 11.7 | 11.2 | 10.8 | 10.5 | 10.2 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 18.7 | 35.2 | 31.8 | 28.5 | 26.7 | 25.3 | 23.8 | 21.2 | 19.7 | 18.5 | 14.5 | 13.3 | 12.5 | 11.9 | 11.4 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | — | 41.3 | 36.2 | 33.2 | 31.8 | 30.6 | 29.0 | 25.7 | 23.9 | 22.5 | 15.8 | 13.9 | 12.7 | 11.9 | 11.4 | 11.0 | 10.7 | 10.5 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 10 | 28.0 | 52.4 | 45.3 | 40.8 | 38.7 | 36.9 | 34.6 | 30.3 | 28.1 | 26.7 | 18.4 | 16.2 | 14.2 | 13.0 | 12.1 | 11.5 | 10.9 | 10.6 | 10.3 | 10.3 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — | — | — | — |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 40.5 | 37.4 | 29.7 | 28.4 | 27.5 | 26.2 | 23.4 | 22.1 | 21.3 | 14.9 | 13.2 | 12.2 | 11.4 | 10.8 | 10.3 | 9.9 | 9.8 | 9.5 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | — | — | — | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 39.8 | 35.5 | 32.1 | 30.3 | 29.0 | 27.5 | 24.5 | 23.1 | 22.1 | 15.6 | 13.9 | 12.6 | 11.8 | 11.1 | 10.5 | 10.1 | 9.8 | 9.5 | 9.3 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | 9.2 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 37.6 | 32.4 | 29.0 | 27.4 | 26.0 | 24.5 | 21.8 | 20.4 | 19.5 | 15.7 | 14.3 | 12.8 | 12.0 | 11.4 | 10.9 | 10.5 | 10.1 | 9.7 | 9.6 | 9.4 | 9.3 | 9.2 | 9.2 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | 10 | — | 39.3 | 35.0 | 28.6 | 27.2 | 26.2 | 25.0 | 22.5 | 21.3 | 20.6 | 15.3 | 13.8 | 12.9 | 12.2 | 11.6 | 11.1 | 10.7 | 10.4 | 10.0 | 9.8 | 9.7 | 9.6 | 9.5 | 9.4 | — | — | — | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 41.2 | 33.7 | 29.3 | 26.6 | 24.5 | 22.9 | 21.8 | 20.6 | 18.6 | 16.6 | 14.9 | 13.5 | 12.3 | 11.5 | 10.9 | 10.5 | 10.1 | 9.9 | 9.9 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | 9.8 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 41.3 | 34.4 | 29.7 | 26.8 | 24.8 | 23.0 | 21.8 | 20.0 | 18.3 | 16.5 | 15.1 | 14.0 | 13.2 | 12.5 | 11.9 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.6 | 10.4 | 10.3 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 9.9 | 9.9 | — |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 40.4 | 38.4 | 34.3 | 31.7 | 30.2 | 22.0 | 19.8 | 18.3 | 17.1 | 17.5 | 15.7 | 14.5 | 13.5 | 12.8 | 12.1 | 11.6 | 11.2 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.1 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.3.1: Effektive Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | m | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | 10 | — | 43.1 | 37.7 | 34.2 | 32.6 | 31.4 | 19.7 | 18.1 | 17.1 | 16.4 | 17.5 | 15.7 | 14.5 | 13.6 | 12.9 | 12.4 | 11.9 | 11.4 | 11.1 | 10.9 | 10.8 | 10.6 | 10.5 | 10.4 | 10.2 | 10.2 | 10.2 | — |
| | 34 | WEA Verweyen | 10 | — | 38.6 | 39.3 | 34.9 | 31.0 | 27.6 | 23.2 | 21.4 | 19.7 | 18.1 | 16.5 | 15.2 | 14.1 | 13.3 | 12.6 | 12.0 | 11.5 | 11.1 | 10.7 | 10.5 | 10.4 | 10.3 | 10.2 | 10.1 | 10.0 | 10.0 | 10.0 | — |
| | 35 | SML1 | 10 | — | 37.0 | 32.2 | 29.3 | 27.8 | 26.7 | 25.3 | 22.6 | 21.2 | 20.3 | 16.6 | 15.1 | 13.2 | 12.3 | 11.7 | 11.2 | 10.7 | 10.3 | 9.9 | 9.8 | 9.6 | 9.5 | 9.4 | 9.4 | — | — | — | — |
| | 36 | SML2 | 10 | — | 38.8 | 38.1 | 34.3 | 31.1 | 28.5 | 25.7 | 23.1 | 21.7 | 20.5 | 17.5 | 15.9 | 14.4 | 13.3 | 12.5 | 11.8 | 11.3 | 10.9 | 10.6 | 10.4 | 10.4 | 10.3 | 10.3 | 10.3 | — | — | — | — |

*Tabelle A.3.3.2: Differenzen zwischen Auslegungswerten und effektiven Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 2 | 516 | — | 9.6 | 6.9 | 5.4 | 4.1 | 3.4 | 3.2 | 3.0 | 2.8 | 2.5 | 3.5 | 4.3 | 4.9 | 5.3 | 5.4 | 5.6 | 5.8 | 5.9 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.1 | 5.0 | 5.0 |
| | 4 | 612 | — | 9.6 | 5.7 | 4.5 | 3.6 | 3.0 | 2.7 | 3.1 | 3.0 | 2.9 | 4.8 | 5.2 | 5.5 | 5.6 | 5.7 | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.9 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.1 | 5.0 | 5.1 |
| | 5 | 613 | — | 1.1 | 1.2 | 2.5 | 4.1 | 5.1 | 5.3 | 3.9 | 3.6 | 3.6 | 0.8 | 2.4 | 3.9 | 4.5 | 4.9 | 5.2 | 5.4 | 5.6 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | 5.3 | 5.1 | 5.0 | 4.9 |
| | 7 | 708 | — | 6.6 | 3.9 | 2.5 | 1.3 | 0.5 | 0.3 | 1.1 | 1.3 | 1.4 | 2.5 | 3.7 | 5.3 | 5.8 | 6.1 | 6.3 | 6.3 | 6.4 | 6.4 | 6.2 | 6.1 | 5.9 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.2 | 5.1 |
| | 11 | EA098 | — | 11.8 | 8.5 | 6.7 | 5.5 | 4.7 | 4.2 | 3.8 | 3.6 | 3.6 | 3.6 | 4.7 | 6.0 | 6.3 | 6.4 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.5 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 5.2 |
| | 12 | EA108 | — | 13.6 | 10.3 | 8.6 | 7.5 | 6.8 | 6.4 | 6.0 | 5.8 | 5.7 | 5.7 | 6.2 | 6.6 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.6 | 6.4 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | 5.3 | 5.2 |
| | 15 | 630 | — | 9.6 | 6.3 | 4.4 | 3.2 | 2.4 | 1.8 | 1.4 | 1.1 | 0.9 | 0.8 | 2.1 | 4.4 | 5.2 | 5.6 | 5.9 | 6.1 | 6.3 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.9 |
| | 16 | 706 | — | 7.7 | 4.7 | 3.0 | 1.8 | 1.1 | 0.6 | 0.5 | 0.3 | 0.2 | 0.2 | 1.8 | 4.5 | 5.5 | 6.0 | 6.4 | 6.6 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.4 | 6.3 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 |
| | 19 | M04 | — | 1.4 | 1.2 | 2.7 | 4.4 | 5.5 | 5.8 | 4.1 | 3.7 | 3.5 | 2.4 | 3.6 | 4.5 | 5.1 | 5.5 | 5.8 | 5.9 | 6.0 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.2 | 5.0 | 4.9 | 4.8 |
| | 22 | 703 | — | 11.8 | 8.8 | 7.2 | 6.2 | 5.6 | 5.1 | 4.6 | 4.1 | 3.7 | 3.3 | 4.0 | 5.4 | 5.8 | 5.9 | 6.1 | 6.2 | 6.2 | 6.3 | 6.1 | 6.0 | 5.9 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.2 |
| | 23 | Georgshof I. WEA 401 | 1.3 | 6.8 | 2.7 | 1.5 | 0.3 | 0.4 | 0.5 | 0.8 | 1.3 | 1.7 | 5.0 | 5.6 | 5.9 | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 6.1 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | — | — | — | — |
| | 24 | Georgshof I. WEA 401 | — | 0.7 | 1.7 | 3.2 | 4.8 | 5.7 | 5.7 | 3.7 | 2.9 | 2.3 | 3.7 | 5.0 | 5.7 | 6.1 | 6.2 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | — | — | — | — |
| | 25 | Georgshof I. WEA 401 | 8.0 | 10.4 | 10.8 | 10.8 | 11.7 | 12.0 | 11.3 | 8.3 | 7.1 | 6.5 | 1.1 | 2.7 | 4.2 | 5.0 | 5.5 | 5.8 | 6.1 | 6.1 | 6.2 | 6.0 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.4 | — | — | — | — |

Diese Tabelle wird auf der nächsten Seite fortgesetzt

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

*Tabelle A.3.3.2: Differenzen zwischen Auslegungswerten und effektiven Turbulenzintensitäten auf Nabenhöhe der jeweiligen WEA [%]*

| WEA | | | Ergebnisse gemittelt für alle Windgeschwindigkeiten bzw. von 3-29 m/s | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Nr. | Bezeichnung | Alle | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 27 | 28 | 29 |
| | 26 | Georgshof II. WEA 10 | — | 1.5 | 2.9 | 0.3 | 1.4 | 2.6 | 2.9 | 1.4 | 1.1 | 1.1 | 4.6 | 5.7 | 6.2 | 6.6 | 6.8 | 7.0 | 7.1 | 6.9 | 7.0 | 6.9 | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.4 | — | — | — | — |
| | 27 | Georgshof II. WEA 10 | — | 2.2 | 1.0 | 2.1 | 3.3 | 4.1 | 4.2 | 2.5 | 2.1 | 1.9 | 3.9 | 5.0 | 5.8 | 6.2 | 6.5 | 6.8 | 6.9 | 6.9 | 7.0 | 7.0 | 6.8 | 6.7 | 6.6 | 6.4 | — | — | — | — |
| | 28 | Georgshof II. WEA 10 | — | 4.4 | 2.1 | 1.0 | 0.4 | 1.1 | 1.2 | 0.2 | 0.6 | 0.7 | 3.8 | 4.6 | 5.6 | 6.0 | 6.2 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 6.8 | 6.7 | 6.7 | 6.6 | 6.6 | 6.4 | — | — | — | — |
| | 29 | Georgshof II. WEA 10 | — | 2.7 | 0.5 | 1.4 | 0.2 | 1.3 | 1.7 | 0.5 | 0.3 | 0.4 | 4.2 | 5.1 | 5.5 | 5.8 | 6.0 | 6.2 | 6.3 | 6.3 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.3 | 6.3 | 6.2 | — | — | — | — |
| | 30 | Georgshof III. WEA 0 | — | 0.7 | 0.7 | 0.6 | 0.3 | 0.3 | 0.3 | 0.2 | 0.4 | 1.5 | 2.9 | 4.0 | 4.9 | 5.7 | 6.1 | 6.4 | 6.5 | 6.6 | 6.6 | 6.4 | 6.3 | 6.1 | 5.9 | 5.8 | 5.6 | 5.5 | 5.4 | — |
| | 31 | Georgshof III. WEA 0 | — | 0.6 | 0.0 | 0.2 | 0.1 | 0.0 | 0.2 | 0.2 | 1.0 | 1.8 | 3.0 | 3.8 | 4.4 | 4.8 | 5.1 | 5.4 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 5.7 | 5.7 | 5.6 | 5.6 | 5.6 | 5.4 | 5.4 | 5.3 | — |
| | 32 | Georgshof III. WEA 0 | — | 1.5 | 4.0 | 4.4 | 4.8 | 5.4 | 1.2 | 2.2 | 2.7 | 3.0 | 2.0 | 3.2 | 3.9 | 4.5 | 4.8 | 5.2 | 5.4 | 5.5 | 5.7 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.5 | 5.5 | 5.3 | 5.3 | 5.2 | — |
| | 33 | Georgshof III. WEA 0 | — | 1.2 | 3.3 | 4.3 | 5.7 | 6.6 | 3.5 | 3.9 | 3.9 | 3.7 | 2.0 | 3.2 | 3.9 | 4.4 | 4.7 | 4.9 | 5.1 | 5.3 | 5.4 | 5.4 | 5.3 | 5.3 | 5.2 | 5.2 | 5.2 | 5.1 | 5.0 | — |
| | 34 | WEA Verweyen | — | 3.3 | 4.9 | 5.0 | 4.1 | 2.8 | 0.0 | 0.6 | 1.3 | 2.0 | 3.0 | 3.7 | 4.3 | 4.7 | 5.0 | 5.3 | 5.5 | 5.6 | 5.8 | 5.8 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.5 | 5.4 | 5.3 | 5.2 | — |
| | 35 | SML1 | — | 5.0 | 2.3 | 0.7 | 0.8 | 1.8 | 2.0 | 0.6 | 0.2 | 0.1 | 2.9 | 3.8 | 5.2 | 5.7 | 5.9 | 6.1 | 6.3 | 6.4 | 6.6 | 6.5 | 6.5 | 6.4 | 6.4 | 6.2 | — | — | — | — |
| | 36 | SML2 | — | 3.2 | 3.6 | 4.3 | 4.1 | 3.6 | 2.4 | 1.1 | 0.7 | 0.3 | 2.0 | 3.0 | 4.0 | 4.7 | 5.1 | 5.5 | 5.7 | 5.8 | 5.9 | 5.9 | 5.7 | 5.6 | 5.5 | 5.3 | — | — | — | — |

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.4 Legende

| Erläuterung der Begriffe | | |
|---|---|---|
| | Geplante WEA | WEA, deren Standorteignung im Rahmen des Gutachtens zu bewerten ist. |
| | Benachbarte WEA | Alle weiteren WEA, die vom Auftraggeber übermittelt wurden. Es ist dabei unerheblich, ob sich einzelne benachbarte WEA ebenfalls in Planung oder Bau befinden. Entscheidend ist die Windparkkonfiguration, die als Vorbelastung für die geplanten WEA zu unterstellen ist. Alle benachbarten WEA gehen in die Berechnungen ein. |
| | Inaktive WEA | WEA, die nicht als Vorbelastung zu berücksichtigen sind und daher nicht in die Berechnungen eingehen. Diese WEA werden in der Regel nicht im Gutachten aufgeführt. |
| | Betrachtete WEA | Für alle betrachteten WEA werden Ergebnisse ausgewiesen und abschließende Aussagen getroffen. |
| | Windpark | Der Begriff wird im Sinne des Anhangs A der DIBt-Richtlinie von 2004 verwendet und umfasst “geplante” und “benachbarte” WEA. |
| | Referenzpunkt der Winddaten | Jeweiliger Standort, auf dessen Koordinaten sich die verwendeten Winddaten beziehen. |

| Farbliche Zuordnung der Symbole | |
|---|---|
| | Geplante WEA |
| | Benachbarte WEA, die aufgrund ihres Abstandes zu den geplanten WEA zu betrachten sind. |
| | Benachbarte WEA, die aufgrund ihres Abstandes zu den geplanten WEA nicht zu betrachten sind, die aber Einfluss auf die zu betrachtenden WEA ( , ) ausüben. Diese WEA sind eventuell nur zum Teil in der Kartendarstellung abgebildet. |
| | Benachbarte WEA, die aufgrund ihres Abstandes zu den geplanten WEA nicht zu betrachten sind und die keinen Einfluss auf die zu betrachtenden WEA ( , ) ausüben. Diese WEA sind eventuell nur zum Teil in der Kartendarstellung abgebildet. |
| | Inaktive WEA. |
| | Referenzpunkte der Winddaten. |
| | Referenzpunkt der Winddaten auf den Koordinaten einer (in diesem Fall geplanten) WEA. |

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.5 Literaturangaben

**/A.1/** DEWI-OCC Offshore and Certification Centre GmbH; Gutachtliche Stellungnahme - Lastannahmen für die Windenergieanlage E-101 E1, Rotorblatt E101-1, Betonturm, Nabenhöhe 135 m; DEWI-OCC Bericht-Nr. R100624-1b-de Rev. 0; 19.10.2010; Cuxhaven, Deutschland.

**/A.2/** TÜV NORD CERT GmbH; 1. Verlängerung der Typenprüfung Nr. T-7007/11 - 1; Revision 1; 10.02.2017; Essen, Deutschland.

**/A.3/** ENERCON GmbH; Technisches Datenblatt General Design Conditions ENERCON Windenergieanlage E-138 EP3 E3 / 4260 kW; Dokument-ID: D1018674/6.0-de; 17.04.2023; Aurich, Deutschland.

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## A.6 Abkürzungen und Formelzeichen

| | |
|---|---|
| WEA | Windenergieanlage |
| DIBt | Deutsches Institut für Bautechnik |
| IEC | Internationale Elektrotechnische Kommission |
| BImSchG | Bundes-Immissionsschutzgesetz |
| NTM | Normales Windturbulenzmodell |
| DLC | Auslegungslastfall |
| PD | Potsdam-Datum |
| ETRS89 | Europäisches Terrestrisches Referenzsystem 1989 |
| UTM | Universale Transversale Mercator Projektion |
| WGS84 | World Geodetic System 1984 |
| WZ | Windzone |
| BBS | Betriebsbeschränkung |
| LR | Lastrechnung |
| GK | Geländekategorie |
| üNN | über Normal-Null |

| | | |
|---|---|---|
| D | Rotordurchmesser | [m] |
| $z_{hub}$ | Nabenhöhe der WEA | [m] |
| $P_N$ | Nennleistung der WEA | [MW] |
| $c_T$ | Schubbeiwert des Rotors | [-] |
| $C_{ct}$ | Turbulenzstrukturparameter | [-] |
| $I_{eff}$ | Effektive Turbulenzintensität | [-] |
| A | Skalierungsparameter der Weibull-Verteilung | [m/s] |
| k | Formparameter der Weibull-Verteilung | [-] |
| h | Höhe über Grund | [m] |
| m | Wöhlerlinienkoeffizient | [-] |
| v | Windgeschwindigkeit | [m/s] |
| $v_{ave}$ | Jahresmittel der Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe | [m/s] |
| $v_{ref}$ | Referenz-Windgeschwindigkeit (Auslegungswert für $v_{50}$) | [m/s] |
| $v_{50}$ | 10-min-Mittel der extremen Windgeschwindigkeit auf Nabenhöhe mit einem Wiederkehrzeitraum von 50 Jahren | [m/s] |
| $v_r$ | Nennwindgeschwindigkeit der WEA | [m/s] |
| $v_{in}$ | Einschaltwingeschwindigkeit der WEA | [m/s] |
| $v_{out}$ | Abschaltwingeschwindigkeit der WEA | [m/s] |
| $\Sigma$ | Summe | [-] |
| $\alpha$ | Höhenexponent des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils | [-] |
| $\alpha_n$ | Höhenexponent des vertikalen Windgeschwindigkeitsprofils für neutrale Schichtung | [-] |
| $\varphi$ | Neigung der Anströmung | [°] |
| $\beta$ | Blattwinkelverstellung | [°] |
| $\gamma_{start}$ | Startwinkel der BBS | [°] |
| $\gamma_{stop}$ | Endwinkel der BBS | [°] |
| $v_{start}$ | Startwindgeschwindigkeit der BBS | [m/s] |
| $v_{stop}$ | Endwindgeschwindigkeit der BBS | [m/s] |
| $\rho$ | Mittlere Luftdichte | [kg/m$^3$] |
| $\tau_{design}$ | Entwurfslebensdauer in Jahren | [a] |
| | Altgrad (Vollkreis = 360°) | [°] |

Copyright © 2025 F2E Fluid & Energy Engineering. Alle Rechte vorbehalten.

## 12.6.2 Ausführungszeichnungen

## 12.6.3 Nachweis der Feuerwiderstandsdauer

# 12.6.4 Nachweis zum Brandschutz

Siehe Anlage

Anlagen:

- 12.6.1._D0253903_4.1_de_TB_Brandschutz EP1, EP2, EP3.pdf
- 12.6.2._D02437648_3.0_BSK_ E-138 EP3 E3 NH 111 HST.PDF

# Technische Beschreibung

## Brandschutz

## ENERCON Windenergieanlagen EP1, EP2, EP3

ENERCON
ENERGIE FÜR DIE WELT

**Herausgeber**

ENERCON GmbH ▪ Dreekamp 5 ▪ 26605 Aurich ▪ Deutschland
Telefon: +49 4941 927-0 ▪ Telefax: +49 4941 927-109
E-Mail: info@enercon.de ▪ Internet: http://www.enercon.de
Geschäftsführer: Momme Janssen, Jost Backhaus, Stefan Lütkemeyer, Dr. Martin Prillmann, Jörg Scholle
Zuständiges Amtsgericht: Aurich ▪ Handelsregisternummer: HRB 411
Ust.Id.-Nr.: DE 181 977 360

**Urheberrechtshinweis**

Die Inhalte dieses Dokuments sind urheberrechtlich sowie hinsichtlich der sonstigen geistigen Eigentumsrechte durch nationale und internationale Gesetze und Verträge geschützt. Die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments liegen bei der ENERCON GmbH, sofern und soweit nicht ausdrücklich ein anderer Inhaber angegeben oder offensichtlich erkennbar ist.

Die ENERCON GmbH räumt dem Verwender das Recht ein, zu Informationszwecken für den eigenen, rein unternehmensinternen Gebrauch Kopien und Abschriften dieses Dokuments zu erstellen; weitergehende Nutzungsrechte werden dem Verwender durch die Bereitstellung dieses Dokuments nicht eingeräumt. Jegliche sonstige Vervielfältigung, Veränderung, Verbreitung, Veröffentlichung, Weitergabe, Überlassung an Dritte und/oder Verwertung der Inhalte dieses Dokuments ist – auch auszugsweise – ohne vorherige, ausdrückliche und schriftliche Zustimmung der ENERCON GmbH untersagt, sofern und soweit nicht zwingende gesetzliche Vorschriften ein Solches gestatten.

Dem Verwender ist es untersagt, für das in diesem Dokument wiedergegebene Know-how oder Teile davon gewerbliche Schutzrechte gleich welcher Art anzumelden.

Sofern und soweit die Rechte an den Inhalten dieses Dokuments nicht bei der ENERCON GmbH liegen, hat der Verwender die Nutzungsbestimmungen des jeweiligen Rechteinhabers zu beachten.

**Geschützte Marken**

Alle in diesem Dokument ggf. genannten Marken- und Warenzeichen sind geistiges Eigentum der jeweiligen eingetragenen Inhaber; die Bestimmungen des anwendbaren Kennzeichen- und Markenrechts gelten uneingeschränkt.

**Änderungsvorbehalt**

Die ENERCON GmbH behält sich vor, dieses Dokument und den darin beschriebenen Gegenstand jederzeit ohne Vorankündigung zu ändern, insbesondere zu verbessern und zu erweitern, sofern und soweit vertragliche Vereinbarungen oder gesetzliche Vorgaben dem nicht entgegenstehen.

**Dokumentinformation**

| | |
|---|---|
| **Dokument-ID** | D0253903/4.1-de |
| **Vermerk** | Originaldokument |

| **Datum** | **Sprache** | **DCC** | **Werk / Abteilung** |
|---|---|---|---|
| 2021-03-18 | de | DB | WRD Management Support GmbH / Technische Redaktion |

**Mitgeltende Dokumente**

Der aufgeführte Dokumenttitel ist der Titel des Sprachoriginals, ggf. ergänzt um eine Übersetzung dieses Titels in Klammern. Die Titel von übergeordneten Normen und Richtlinien werden im Sprachoriginal oder in der englischen Übersetzung angegeben. Die Dokument-ID bezeichnet stets das Sprachoriginal. Enthält die Dokument-ID keinen Revisionsstand, gilt der jeweils neueste Revisionsstand des Dokuments. Diese Liste enthält ggf. Dokumente zu optionalen Komponenten.

| Dokument-ID | Dokument |
|---|---|
| DIN 4102 | Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen |
| DIN EN 60204-1:2007*VDE 0113-1:2007 | Sicherheit von Maschinen - Elektrische Ausrüstung von Maschinen - Teil 1: Allgemeine Anforderungen |
| DIN EN 60332-1-2:2005*VDE 0482-332-1-2:2005 | Prüfungen an Kabeln, isolierten Leitungen und Glasfaserkabeln im Brandfall - Teil 1-2: Prüfung der vertikalen Flammenausbreitung an einer Ader, einer isolierten Leitung oder einem Kabel - Prüfverfahren mit 1-kW-Flamme mit Gas-/Luft-Gemisch |
| DIN EN 61100:1994 | Einteilung von Isolierflüssigkeiten nach dem Brennpunkt und dem spezifischen Heizwert Hu |
| DIN VDE 0100-430:2010 | Errichten von Niederspannungsanlagen - Teil 4-43: Schutzmaßnahmen - Schutz bei Überstrom |
| DIN VDE 0100-520:2013 | Errichten von Niederspannungsanlagen – Teil 5-52: Auswahl und Errichtung elektrischer Betriebsmittel – Kabel- und Leitungsanlagen |
| DIN VDE 0298 | Verwendung von Kabeln und isolierten Leitungen für Starkstromanlagen |

Dieses Dokument gilt für Windenergieanlagen der Plattformen EP1 bis EP3 (E-44, E-48, E-53, E-70 E4, E-82 E2, E-82 E4, E-92, E-103 EP2, E-115 EP3 E3, E-115 EP3 E4, E-126 EP3, E-138 EP3, E-138 EP3 E2, E-138 EP3 E3).

# Brandschutz

Für ENERCON Windenergieanlagen wurden zahlreiche Maßnahmen getroffen, die die Brandeintrittswahrscheinlichkeit, die Brand- und Rauchausbreitung und den Personen- und Sachschaden auf ein Minimum reduzieren.

## Technische Brandschutzmaßnahmen

### Vermeidung von Zündquellen

Die Windenergieanlage ist mit einem Blitzschutzsystem ausgestattet, das Blitzeinschläge ableitet, ohne dass Schäden an der Windenergieanlage entstehen.

Das Antriebssystem der Windenergieanlage ist getriebelos. Wesentliche Brandgefahren, erzeugt durch heißlaufende Getriebe und entflammbare Getriebeöle, werden dadurch beseitigt.

Die elektrische Ausrüstung und die Überstromschutzeinrichtungen entsprechen der DIN EN 60204-1:2007*VDE 0113-1:2007. Kabel und Leitungen werden entsprechend der DIN VDE 0100-430:2010, DIN VDE 0100-520:2013 und DIN VDE 0298 ausgewählt und dimensioniert. Am Generator, an der Turmverkabelung und an der Rotorblattheizung der Prototypen werden Thermografieuntersuchungen durch einen Sachverständigen durchgeführt. Anhand der Ergebnisse wird ggf. die Konstruktion angepasst.

### Vermeidung der Brandentstehung

Brennbare Baustoffe und Materialien sind möglichst so angeordnet, dass sie durch mögliche Zündquellen (z. B. Wärmeenergie, ungewöhnliche Temperaturanstiege, elektrische Energie, zufällige Funken und Lichtbögen, hoher Spitzenstrom von Transienten und mechanische Energie) nicht entzündet werden können. Elektrische Komponenten werden in Schaltschränken aus Stahlblech gekapselt. Lüftungsschläuche beginnen in einem ausreichenden Abstand zu den Leistungsschränken, so dass Brandgase herunterkühlen und die Lüftungsschläuche voraussichtlich nicht entzünden können. Da die Lüftungsschläuche aus wenig Material bestehen und schon weit unter der Gondel enden, begünstigen sie die Übertragung eines Brandes vom Turmfuß in die Gondel nicht.

Eingesetzt werden, wo möglich, schwer entflammbare Baustoffe (Baustoffklasse B1 oder besser nach DIN 4102), sowie selbstverlöschende/flammwidrige oder nicht brennbare Materialien, z. B. flammwidrige und selbstverlöschende Leistungskabel nach DIN EN 60332-1-2:2005*VDE 0482-332-1-2:2005. Als Isolations- und Kühlungsflüssigkeit des Leistungstransformators wird synthetischer Ester eingesetzt, der schwerentflammbar ist, einen hohen Brennpunkt von > 300 °C (Kühlmittelart K3 nach DIN EN 61100:1994) hat und einen geringen spezifischen Heizwert aufweist. Der Einsatz brennbarer Materialien, z. B. geschäumte Kunststoffe wie Polyurethan oder Polystyrol als Dämmstoff oder glasfaserverstärkte Kunststoffe für Abdeckungen und sonstige Bauteile, wird, wo möglich, vermieden.

### Sensorische Überwachung

Mögliche Zündquellen in der Windenergieanlage werden laufend durch Sensoren überwacht.

Zur Detektion von Bränden werden zudem Rauchschalter eingesetzt. Die Rauchschalter reagieren bei Rauch, Verschmutzung, Störung und zu hoher Temperatur. Die Rauchschalter sind so in der Windenergieanlage positioniert, dass Brände im Turm und in der Gondel erkannt werden. Die genaue Position und die Anzahl der Rauchschalter sind abhängig vom Windenergieanlagentyp.

Wenn die Windenergieanlage eine potentiell sicherheitsrelevante Störung (z. B. Rauch) erkennt, hält die Windenergieanlage an (auch bei Netzausfall) und generiert eine Statusmeldung, die das ENERCON SCADA System sofort an den ENERCON Service weiterleitet.

### Fluchtwege

Der erste Fluchtweg führt von der Gondel durch den Turm nach draußen. Dieser Fluchtweg wird benutzt, falls der Abstieg im Turm möglich ist.

Ein alternativer zweiter Fluchtweg führt durch die Kranluke der Gondel nach draußen. Über diesen zweiten Fluchtweg kann die Gondel verlassen werden, ohne dass der Turm betreten werden muss.

In der Windenergieanlage ist entlang der Fluchtwege eine akkugestützte Beleuchtung mit einer Leuchtdauer von mindestens 1 Stunde installiert. Bei einem Netzausfall schaltet sich die Beleuchtung automatisch ein.

## Organisatorische Brandschutzmaßnahmen

### Schutzmaßnahmen während des Betriebs

Während des Betriebs befinden sich in der Regel keine Personen in der Windenergieanlage. Die Windenergieanlage ist verschlossen.

Falls eine empfangene Statusmeldung auf einen Brand hindeutet, entsendet der ENERCON Service umgehend ein Serviceteam zur Windenergieanlage und alarmiert die Feuerwehr, die vor Ort über weitere Maßnahmen entscheidet. Der ENERCON Service ist täglich 24 Stunden erreichbar.

### Schutzmaßnahmen während der Wartung

Die Windenergieanlage wird im Rahmen der Wartung, die bei Bedarf, jedoch mindestens einmal jährlichen stattfindet, von 2 bis 4 Personen betreten. Diese Personen sind mit der Windenergieanlagentechnik und der Rettung aus der Windenergieanlage vertraut. Während der Wartung ist die Windenergieanlage die meiste Zeit außer Betrieb. Die Leistungselektronik ist abgeschaltet. Nur wenige Komponenten, z. B. Beleuchtung, Steckdosen und Steuerung, bleiben aktiv. Dadurch wird das Brandrisiko bei Anwesenheit von Personen reduziert.

Bei detektiertem Rauch schaltet die Windenergieanlage die optisch-akustischen Signalmelder im Turmfuß, im Maschinenhaus und im Rotorkopf ein. Die Signalmelder erzeugen ein rotes Dauersignal mit Lichtblitzen und einen Dauerton mit schnell schwankender Tonhöhe. Gegebenenfalls anwesende Personen werden dadurch gewarnt. Der Signalmelder im Turmfuß ist nur bei eingeschaltetem Wartungsschalter aktiv. Die Signalmelder im Maschinenhaus und im Rotorkopf sind nur bei eingeschalteter Gondelbeleuchtung aktiv. Dadurch wird gewährleistet, dass die Signalmelder nur bei Anwesenheit von Personen in der Windenergieanlage aktiv sind.

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden stehen $CO_2$-Feuerlöscher im Turmfuß, im Maschinenhaus und im ENERCON Servicefahrzeug bereit. Der Wartungsschalter ist eingeschaltet, wodurch Statusmeldungen nicht an den ENERCON Service weitergeleitet werden. Wartungen an Branderkennungselementen führen somit nicht zu Fehlalarmen beim ENERCON Service.

Für den Brandfall sind alle ggf. benötigten Informationen zur Windenergieanlage (Koordinaten, Anfahrtsbeschreibung, wichtige Rufnummern naher Stellen) und zum Verhalten im Brandfall und bei Unfällen im Notruf-Ablaufplan bzw. im Flucht- und Rettungsplan eingetragen. Die Pläne sind im Turmeingangsbereich und im Gondelausstiegsbereich angebracht. Das Verhalten im Brandfall und bei Unfällen wird zusätzlich in der Betriebsanleitung der Windenergieanlage beschrieben.

## Brandschutz und Brandbekämpfung durch die Feuerwehr

Die Feuerwehr kann aufgrund der Alarmierung durch den ENERCON Service schnell am Einsatzort sein und Brände ggf. vor der weiteren Ausbreitung löschen. Die Kranstellfläche steht als Stellfläche zur Verfügung. Der Ablauf der Brandbekämpfung durch die Feuerwehr wird im Brandschutzkonzept der Windenergieanlage genauer beschrieben.

### Brand im Turmfuß

Ein Brand im Turmfuß ist örtlich begrenzt. Der Brand kann sich weder auf die Gondel ausbreiten noch auf die Umgebung der Windenergieanlage auswirken. Sobald die Windenergieanlage spannungsfrei geschaltet wurde, kann der Brand im Turmfuß gelöscht werden.

### Brand in der Gondel

Ein Brand in der Gondel kann zu einem Ausbrennen der Gondel und zu einem Übergreifen auf die Rotorblätter führen. Die Rotorblätter stehen zu diesem Zeitpunkt bereits still. Ein brennendes Rotorblatt wird nach längerer Brandeinwirkung aufgrund seines Gewichts an der Blattwurzel abknicken und auf die Aufstellfläche herabfallen.

Die Feuerwehr kann einen Brand in der Gondel nicht bekämpfen, jedoch den Zugang zum Gefahrenbereich der Windenergieanlage weiträumig absperren und die Gondel und herabfallende Teile kontrolliert abbrennen lassen.

BRANDSCHUTZBÜRO
MONIKA TEGTMEIER
DIPLOM-INGENIEURIN

BV-Nr. E-138EP3/E3/111/HST
Index C

31.03.2023

# Brandschutzkonzept

## für die Errichtung einer Windenergieanlage

# des Typs ENERCON E-138 EP3 E3

## mit 111 m Nabenhöhe

**Auftraggeber:**

WRD Management Support GmbH
Innovationszentrum
Borsigstr. 26
26607 Aurich

Tel: 04481 920800
Eichhörnchenweg 15
26209 Sandkrug

sachverstaendige@brandschutz-tegtmeier.de

Oldenburgische Landesbank
IBAN: DE14280200501347332700
SWIFT: OLBODEH2XXX
Umsatzsteuer-ID: 64/144/10601
www.brandschutz-tegtmeier.de

Von der Oldenburgischen IHK öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige für den vorbeugenden baulichen Brandschutz

Prüferin für den Brandschutz - EBA

## INHALTSÜBERSICHT Seite

**1 Einleitung ..... 4**
1.1 Auftrag ..... 4
1.2 Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke ..... 5
1.3 Verwendete Unterlagen ..... 5
1.4 Schutzziele ..... 6
1.5 Bestimmung der Gesamthöhe ..... 6
1.6 Einstufung des Gebäudes ..... 6
1.7 Risikobeurteilung der Maschine ..... 6

**2 Gebäudetechnische Daten und Nutzungen ..... 7**
2.1 Allgemein ..... 7
2.2 Äußere Erschließung ..... 7
2.3 Innere Erschließung ..... 7
2.4 Nutzung der Windenergieanlage ..... 8
2.4.1 Allgemeines ..... 8
2.4.2 Funktion ..... 8
2.4.3 Zahl der Nutzer ..... 8
2.4.4 Betrieb; Wartung ..... 8
2.4.5 Beschreibung der Einrichtungen der WEA ..... 9
2.5 Risikoanalyse ..... 10
2.5.1 Brandlasten und Brandgefährdungspotential ..... 10
2.5.2 Wahrscheinlichkeit eines Brandereignisses ..... 11

**3 Vorbeugender Brandschutz ..... 13**
3.1 System der äußeren und inneren Abschottungen; Anforderungen an Bauteile und Baustoffe ..... 13
3.1.1 Anordnung und Lage von Rauchabschnitten ..... 13
3.1.2 Brandschutztechnische Abschnittsbildung ..... 13
3.1.3 Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile ..... 13
3.1.4 Nichttragende Außenwände und -bekleidungen ..... 13
3.2 Flucht- und Rettungswege ..... 13

**4 Vorbeugender anlagentechnischer Brandschutz ..... 14**
4.1 Brandmeldeanlage ..... 14
4.2 Alarmierungseinrichtung ..... 14
4.3 Anlagentechnische Branderkennung und Brandmeldung ..... 14
4.3.1 Sensoren ..... 14
4.3.2 Rauchschalter ..... 15
4.4 Lüftungsanlagen ..... 16
4.5 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen ..... 16
4.6 Blitzschutz ..... 16

**5 Organisatorischer Brandschutz ..... 17**
5.1 Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung sowie zur Rettung von Personen ..... 17
5.2 Kennzeichnung von Rettungswegen ..... 17
5.3 Flucht- und Rettungspläne ..... 17
5.4 Alarmierung der Feuerwehr ..... 17
5.5 Einrichtungen zur Brandbekämpfung ..... 18
5.6 Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen ..... 18
5.7 Übung mit der Zuständigen Feuerwehr ..... 18

**6 Abwehrender Brandschutz ..... 19**
6.1 Flächen für die Feuerwehr ..... 19

6.2 Löschwasserversorgung ..... 19
6.3 Löschwasserrückhaltung ..... 19
6.4 Feuerwehrpläne ..... 20
6.5 Hydrantenpläne ..... 20
6.6 Brandbekämpfung ..... 20
6.6.1 Brand im Turmfuß ..... 20
6.6.2 Brand in der Gondel ..... 21
6.6.3 Brand der Rotorblätter ..... 21
6.6.4 Brandweiterleitung auf die Umgebung ..... 21

**7 Verwendete Rechenverfahren nach Methoden des Brandschutzingenieurwesens ..... 22**

**8 Abweichungen ..... 22**

**9 Zusammenfassung ..... 23**

# 1 Einleitung

## 1.1 Auftrag

Die Unterzeichnerin wurde am 13.12.2022 beauftragt, für die Errichtung der Windenergieanlage (WEA) des Typs ENERCON E-138 EP3 E3 mit 111 m Nabenhöhe, ein Brandschutzkonzept gemäß Musterbauverordnung zu erstellen.

Ein Brandschutzkonzept ist eine zielorientierte Gesamtbewertung des baulichen und abwehrenden Brandschutzes bei Gebäuden besonderer Art oder Nutzung. Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch vorgebeugt wird. Die nachfolgend aufgeführten Maßnahmen berücksichtigen die Anforderungen für dieses Objekt.

Das Brandschutzkonzept beinhaltet die Einzelmaßnahmen aus

- vorbeugendem Brandschutz
- organisatorischem (betrieblichem) Brandschutz und
- abwehrendem Brandschutz.

Unter Berücksichtigung

- der Nutzung
- des Brandrisikos und
- des zu erwartenden Schadenausmaßes

werden im Brandschutzkonzept die Einzelkomponenten und ihre Verknüpfung im Hinblick auf die Schutzziele beschrieben.

Es werden nur die brandschutztechnischen Belange berücksichtigt, Eiswurf oder immissionsschutzrechtliche Belange werden nicht betrachtet.

## 1.2 Gesetzliche Grundlagen, Regelwerke

Folgende Gesetze und Richtlinien wurden zur Erstellung des vorliegenden Brandschutzkonzeptes berücksichtigt:

/1/ MBO – Musterbauordnung, vom 1. November 2002 in der Fassung vom 27.09.2019 (ARGEBau)

/2/ MBauVorlV – Musterbauvorlagenverordnung, Muster einer Verordnung über Bauvorlagen und bauaufsichtliche Anzeigen, Fassung Februar 2007 (Fachkommission Bauaufsicht der ARGEBAU)

/3/ DIN 4102: Brandverhalten von Baustoffen und Bauteilen, in der zurzeit gültigen Fassung und allen veröffentlichten Teilen

/4/ DIN EN 62305-1, Blitzschutz – Teil 1: Allgemeine Grundsätze, Ausgabe Oktober 2011, Berichtigung 1, Ausgabe Dezember 2015

/5/ Richtlinie 2006/42/EG des Europäischen Parlaments und des Rates über Maschinen und zur Änderung der Richtlinie 95/16/EG, vom 17.05.2006

/6/ 9. ProdSV - Maschinenverordnung, Neunte Verordnung zum Produktsicherheitsgesetz (Maschinenrichtlinie) vom 12.05.1993 zuletzt geändert am 27.07.2021

/7/ M-VVTB – Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen, Ausgabe 2021/1 in der Fassung vom 4. März 2022

## 1.3 Verwendete Unterlagen

Zur Erstellung standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

| Unterlagen | Dokument | Datum |
|---|---|---|
| Technische Beschreibung Enercon Windenergieanlage E-138 EP3 E3 | D1018637/4.0 | 07.07.2022 |
| Gondelschnitt M1:50 E-138-EP3 E3 | D02162509/0.0 | 02.12.2020 |
| Datenblatt Gondelabmessung E-138-EP3 E3 | D1019598/4.1 | 22.06.2022 |
| Datenblatt Rotorblatt E-138 EP3-RB-02 | D0769859-3.1 | 19.11.2021 |
| Ansicht Hybrid-Stahlturm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 | EP3.00.247-4<br>D02218795-4.0 | 17.02.2022 |
| Technische Beschreibung Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 | D02346172-3.1 | - |
| Technisches Datenblatt Turm E-138 EP3 E3-HST-111-FB-C-01 | D02346141-5.0 | 25.11.2022 |
| Technische Information Enercon Windenergieanlage E-138 EP3 E3 Wassergefährdende Stoffe* | D02298629/1.1 | 27.03.2023 |
| Technische Beschreibung Warnsignalisierung bei unsicheren Betriebszuständen | D0421975-3.1 | 29.06.2022 |
| Technische Beschreibung Einrichtungen zum Arbeits-, Personen- und Brandschutz | D0446785/2.3 | 22.03.2021 |
| Verhalten bei Unfällen/Brandfall/Stromunfall | ID0XX11 | - |
| Technische Beschreibung Brandschutz EP1, EP2, EP3 | D0253903/4.1 | 18.03.2021 |
| Technische Beschreibung ENERCON Windenergieanlagen Blitzschutz | D0260891-15.0 | 23.09.2022 |
| Datenblatt Installationsorte der Rauchschalter | D0701831/5.1 | 27.09.2022 |
| Technische Beschreibung Aufstiegshilfe | D0917105-1 | 12.11.2020 |
| Technisches Datenblatt Installationsorte der Feuerlöscher | D0648865/9.1 | 27.09.2022 |

**Tabelle 1: Unterlagen**

*In dem Dokument Wassergefährdende Stoffe sind alle Stoffe mit Mengenangaben aufgeführt, die in der WEA Verwendung finden, mit der Auflistung der entsprechenden Sicherheitsdatenblätter.

## 1.4 Schutzziele

Für die Beurteilung der zu errichtenden Windenergieanlagen gelten die materiellen Vorschriften der Musterbauordnung. Bauliche Anlagen sind so anzuordnen, zu errichten, zu ändern und instand zu halten, dass der Entstehung eines Brandes und der Ausbreitung von Feuer und Rauch (Brandausbreitung) vorgebeugt wird und bei einem Brand die Rettung von Menschen und Tieren sowie wirksame Löscharbeiten möglich sind (§ 14 MBO).

## 1.5 Bestimmung der Gesamthöhe

Die Windenergieanlage weist eine Nabenhöhe von ca. 111 m auf und der Rotor hat einen Durchmesser von ca. 138 m. Die Rotorblattlänge beträgt ca. 68 m. Damit ergibt sich eine Gesamthöhe von ca. 180 m.

## 1.6 Einstufung des Gebäudes

In den WEA befinden sich keine Aufenthaltsräume gemäß §47 MBO. Die Anlagen werden nur temporär zu Wartungs- und Reparaturzwecken begangen.
Sie ist eine freistehende Maschine gemäß Maschinenrichtlinie.
Die WEA mit mehr als 30 m Höhe über der Geländeoberfläche im Mittel werden als Sonderbauten im Sinne des § 2 (4) Nr. 2 MBO eingestuft.
Eine Windenergieanlage ist eine bauliche Anlage besonderer Art und Nutzung, an der im Einzelfall zur Verwirklichung der allgemeinen Anforderungen besondere Anforderungen gestellt werden. Erleichterungen können gestattet werden, soweit es der Einhaltung von Vorschriften wegen der besonderen Art oder Nutzung baulicher Anlagen nicht bedarf.

## 1.7 Risikobeurteilung der Maschine

Der Hersteller ist verpflichtet für die komplette WEA eine Risikobeurteilung nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG durchzuführen.
Der auf dem Turm angeordnete maschinentechnische Teil der Windenergieanlage, hierzu zählen u.a. die Rotorblätter sowie die Nabe, die regelungs- und elektrotechnischen Komponenten, der Generator, die Lager und die Bremse, entsprechen laut Hersteller den anerkannten Regeln der Technik.

# 2 Gebäudetechnische Daten und Nutzungen

## 2.1 Allgemein

Bei dem Bauvorhaben handelt es sich um eine Errichtung einer Windenergieanlage der Firma ENERCON mit der Typbezeichnung E-138 EP3 E3 mit 111 m Nabenhöhe.
Als Träger der Windenergieanlage Typ E-138 EP3 dient ab Fundamentoberkante ein Hybrid-Stahlturm (HST), bestehend aus 5 Stahlsektionen.
Die unteren Sektionen bestehen aus gekanteten Blechen, die mit vorgespannten Schrauben verbunden werden. Die oberen Sektionen bestehen aus Stahlrohren, die vorgefertigt und mit Einbauten vorausgerüstet sind.
Im Bereich der Gondel besteht das Maschinenhaus aus einer Aluminiumverkleidung auf einer Stahlprofilkonstruktion, die Generatorverkleidung aus glasfaserverstärktem Kunststoff (GFK) auf einer Stahlprofilkonstruktion und die Rotorblätter werden aus GFK, Balsaholz und Schaumstoff hergestellt.

## 2.2 Äußere Erschließung

Die äußere Erschließung erfolgt über die öffentliche Verkehrsfläche.

## 2.3 Innere Erschließung

Der Zugang in den Turm erfolgt über die Turmeingangstür auf Ebene Fundamentoberkante. Die Turmeingangstür ist abschließbar und kann von innen jederzeit ohne Schlüssel und Werkzeug geöffnet werden. Der Zutritt von außen ist nur mit Schlüssel möglich.
Der Aufstieg im Turm erfolgt über eine Aufstiegshilfe in Kombination mit einer Steigschutzeinrichtung gemäß DIN EN ISO 14122-4:2016. Im oberen Bereich jeder Stahlsektion sind Podeste angeordnet. Diese Podeste werden im Werk vorinstalliert und während des Montageprozesses komplettiert. Sie dienen als feste Arbeitsbühne sowie als Ruhebühne beim Auf- und Abstieg. Zum problemlosen Durchstieg befinden sich in den Podesten mit Klappen abgedeckte Öffnungen. Entlang des Steigwegs befinden sich auch bewegliche Ruhepodeste.
Zusätzlich wird eine Aufstiegshilfe (Nutzlast 240 kg) nach Maschinenrichtlinie 2006/42/EG eingebaut. Sie fährt leitergeführt bis zu einem Podest einige Meter unterhalb des Turmkopfs. Für die restliche Strecke wird die Sicherheitssteigleiter mit Steigschutzeinrichtung benutzt.

Auf der Eingangsebene befindet sich das E-Modul, hier ist ein Energieverteilerschrank, die Mittelspannungsschaltanlage, der Steuerschrank zur Bedienung der Windenergieanlage, sowie eine unterbrechungsfreie Stromversorgung untergebracht. Die Bedienung erfolgt über das Human Machine Interface (HMI).
Der Aufstieg im Turm ist für die Feuerwehr im Brandfall nicht vorgesehen.

## 2.4 Nutzung der Windenergieanlage

### 2.4.1 Allgemeines

Die WEA dient zur Wandlung der kinetischen Energie des Windes in elektrischer Energie. Durch das getriebelose Anlagenkonzept (Direktantrieb) besitzt der Antriebsstrang keine schnell drehenden Komponenten, kein Getriebeöl. Auf Grund dessen verringert sich wesentlich die Brandentstehungswahrscheinlichkeit.

### 2.4.2 Funktion

Im Maschinenhaus, das auf dem Turm montiert ist, liefert ein fremderregter Synchrongenerator, der direkt an der Nabe mit den Rotorblättern angekoppelt ist, die elektrische Energie. Die erzeugte Energie wird in einem Wechselrichtersystem in eine netzkonforme Spannung umgewandelt. Der Transformator in der Gondel transformiert die erzeugte Spannung auf das Niveau des Stromnetzes, in das der Strom eingespeist wird. Über die Mittelspannungsschaltanlage im Turmfuß wird der Transformator mit dem aufnehmenden Stromnetz zusammengeschaltet.

### 2.4.3 Zahl der Nutzer

Die Zahl der Nutzer wird vom Grundsatz mit „keine“ angegeben. Es befinden sich keine Aufenthaltsräume in der Windenergieanlage, nur zu Wartungszwecken halten sich 2 bis 6 Personen in der Anlage auf.

### 2.4.4 Betrieb; Wartung

Die WEA ist im Betrieb unbemannt und verschlossen. Der Betrieb wird automatisch durch eine Fernabfrage überwacht. Die Daten werden in einer Zentrale ausgewertet, die permanent besetzt ist. Bei Störungen schaltet die WEA selbsttätig ab, wobei die Abschaltung über eine die betriebliche Steuerung überlagernde

Sicherheitssteuerung, auch bei Netzausfall, erfolgt. Die WEA wird bei einer Störung bis zur Reparatur nicht freigegeben.

Die Begehung zur Wartung findet mindestens einmal jährlich routinemäßig statt. Bei den Begehungen ist die Anlage außer Betrieb. Wird ein Probelauf notwendig, muss hierfür das Servicepersonal ihre Persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) tragen, um sich bei eventuellen Störungen oder einem Brand über den 1. Fluchtweg durch den Turm oder bei versperrten 1. Fluchtweg über den 2. Fluchtweg durch die Luke im Maschinenhaus zu retten.

Die Wartungen werden nur durch Fachpersonal ausgeführt, welches auf die Anlagentechnik und die Rettung aus der Windenergieanlage geschult ist. Für diesen kurzzeitigen Probelauf bestehen aus brandschutztechnischer Sicht keine Bedenken.

### 2.4.5 Beschreibung der Einrichtungen der WEA

| Bezeichnung | Bereich | Anlagen | Zugangsberechtigung |
|---|---|---|---|
| Gondel mit Rotoren | Maschine | Synchrongenerator<br>Nebenaggregate<br>Schaltschränke<br>Transformator | unterwiesenes Personal, Elektrofachkräfte |
| Turm | Turm | Mittelspannungskabel (je nach Netz 10 kV, 20 kV oder 30 kV) | unterwiesenes Personal, Elektrofachkräfte |
| Fuß | Fuß | Schaltschränke<br>Eigenversorgungstrafo (optional) | Feuerwehr / unterwiesenes Personal/ Elektrofachkräfte |

**Tabelle 2: Einrichtungen**

## 2.5 Risikoanalyse

### 2.5.1 Brandlasten und Brandgefährdungspotential

Die folgende Tabelle dient als Übersicht in welchen Anlagenteilen sich die wesentlichen Brandlasten befinden und wodurch ein Brand entstehen kann:

| Bezeich-nung | Anlagen | Brandlasten | Brandgefahren |
|---|---|---|---|
| Gondel | Schaltschränke | Kabel | elektrische Störung |
| | diverse Kabel | Kabel | |
| | Azimutgetriebe | 5 Stellmotoren zur Windnachführung je 16,7 l Öl | durch Reibung und elektrische Störungen |
| | Blattverstellantriebe | 3 Antriebe für die Blattverstellung je 15 l Öl | |
| | Azimutlager | ca. 17 l Fett | |
| | Zentralschmiereinheit | Schmierstoffe insgesamt ca. 320 l | |
| | Hydrauliksystem | Rotorarretierung und -bremse 35 l Öl | |
| | Transformator | max. 1.970 l synthetische Ester MIDEL 7131 | |
| | Maschinenhaus-verkleidung | Aluminium | keine direkte Brandgefahr |
| | Generator-verkleidung | glasfaserverstärkter Kunststoff (GFK) | |
| Turm | Mittelspannungs-kabel | Kabel | durch elektrische Störungen |
| | Aufstiegshilfe | Schmierstoffe 2,6 l | |
| Fuß | Schaltschränke | Kabel Verteiler | durch elektrische Störungen |
| | USV-Schaltschrank Schaltschränke | | |
| Rotor | Rotorblatt | Glasfaserverstärkter Kunststoff, Epoxidharz, Holz, Schaumstoff 20,2 t optional mit Blattheizung (20,5 t) | Blitzschlag; Brandüberschlag zwischen Gondel und Rotorblättern, durch elektrische Störungen der Blattheizung |

**Tabelle 3: Brandlasten**

### 2.5.2 Wahrscheinlichkeit eines Brandereignisses

Der Brand lässt sich nach den Normen der Feuerwehren DIN 14011 als nicht bestimmungsgemäßes Brennen, das sich unkontrolliert ausbreiten kann, definieren. Bei einer Brandentstehung und auch für eine Brandausbreitung müssen bestimmte Voraussetzungen vorhanden sein. Diese Voraussetzungen können in die Gruppe der stofflichen Voraussetzungen und in die Gruppe der energetischen Voraussetzungen unterteilt werden. Damit es zum Brennen kommt, bedarf es eines energetischen Anstoßes, d.h. es muss dem Brandgut genügend Zündenergie zugeführt werden. Neben der Zündtemperatur, die für das Einleiten der Verbrennung bzw. das Entzünden ausschlaggebend ist, wird für das selbstständige Brennen eine Mindestverbrennungstemperatur benötigt. Die Mindestverbrennungstemperatur kennzeichnet den Reaktionszustand eines Systems, bei dem die Reaktionswärme gerade noch ausreicht, um den Energiekreislauf unter Berücksichtigung der Wärmeverluste zu schließen, so dass das Feuer nicht erlischt. Aufgrund der überschüssigen Reaktionswärme, die für die Aufbereitung und Aktivierung nicht verbraucht wird, steigt die Temperatur im System selbständig weiter auf die Brandtemperatur an, welche letztendlich getrennt als Flammentemperatur und als Brandraumtemperatur (Rauchgastemperatur) interpretiert wird.

Brandereignisse sind gefährliche Brände, bei denen angenommen wird, dass sich ein Entstehungsbrand zu einem fortentwickelten Brand ausbreiten kann.
Während zur Gewährleistung der Standsicherheit in der Bauordnung gefordert und formuliert wird, dass die baulichen Anlagen standsicher sein müssen, wird demgegenüber die Anforderung zur Gewährleistung des Brandschutzes auf die Beschaffenheit der baulichen Anlage abgestellt:

Es wird in der Bauordnung offenbar nicht auf eine bestimmte Sicherheit (Brandsicherheit) abgestellt, sondern es werden vielmehr die Schutz- und Sicherungsziele ganz allgemein benannt. Deren Erfüllung entsprechend den bauordnungsrechtlichen Einzelvorschriften ergibt jedoch „stillschweigend“, analog zur Standsicherheit, ein bestimmtes Sicherheitsniveau. Dieses Sicherheitsniveau lässt sich semiprobabilistisch derzeitig mittels der Versagenswahrscheinlichkeit von $1x10^{-6}$ (bei großen Risiken pro Ereignis) bis $1x10^{-5}$ pro Gebäude je m² und Jahr beschreiben. Das Risiko ist theoretisch durch die Wahrscheinlichkeit für die

Entstehung eines Brandes und die Ausbreitung zu einem gefährlichen Brand pro Bezugsfläche und pro Zeiteinheit sowie dem zu erwartenden Schadensumfang gegeben.
Nach der Normdefinition gelten brennbare Stoffe in geschlossenen Behältern aus Stahlblech oder anderen nicht zerbrechlichen und im Brandverhalten vergleichbaren Werkstoffen als „geschützt“ (TSF, Leistungsschrank, Steuerschrank und USV). Die Schutzwirkung der Systeme ist gewährleistet, d.h. die Stahlschränke werden durch das Gehäuse und dadurch, dass kein Sauerstoff zugeführt wird, geschützt.
Die Zündwahrscheinlichkeit von nicht erhitzten Flüssigkeiten mit einem Flammpunkt > 100 °C in Maschinen (hier Dielektrikum im Transformator) wird vom DIN-Ausschuss für so gering angesehen, dass hier ein Beitrag zur Brandbelastung nur bei Leckage vorstellbar ist.
Die Mittelspannungs-Schaltanlage ist eine $SF_6$–gasisolierte Anlage und somit nicht brennbar. Diese Brandlast bleibt unberücksichtigt.
Die Windenergieanlage besitzt ein getriebeloses Antriebssystem. Rotornabe und Ringgenerator sind ohne Getriebe als feste Einheit direkt miteinander verbunden. Das Fehlen von Getriebe und Getriebeöl verringert wesentlich die Brandentstehungs-wahrscheinlichkeit.
Ein Brand an den Rotorblättern ist unwahrscheinlich, jedoch nicht endgültig auszuschließen. Ein Vollbrand in der Gondel oder die Installation einer Blattheizung können Brandursachen für den Brand eines Rotorblattes sein.
Sofern eine Blattheizung installiert ist, ist sie Teil der Rotoren und unterliegt den allgemein Technischen Regeln für Maschinen. Entsprechend sind anlagentechnische Sicherungen als Konsequenz der Risikobeurteilung des Herstellers eingebaut die dazu führen, dass die Blattheizung oder die gesamte WEA abgeschaltet wird und dass eine Alarmierung über die Weiterschaltung an eine ständig besetzte Stelle erfolgt. Die Folgemaßnahmen sind im organisatorischen Brandschutz unter anderem durch Begutachtung durch das Service-Personal geregelt.

Daraus resultiert, dass aufgrund der besonderen Konstruktionsart und der Anlagenüberwachung der Windenergieanlage der Firma ENERCON keine erhöhte Brandgefährdung besteht und dem Brandschutz anlagentechnisch und organisatorisch erheblich Rechenschaft getragen wird.

# 3 Vorbeugender Brandschutz

## 3.1 System der äußeren und inneren Abschottungen; Anforderungen an Bauteile und Baustoffe

### 3.1.1 Anordnung und Lage von Rauchabschnitten

Eine Unterteilung in Rauchabschnitte ist nicht erforderlich.

### 3.1.2 Brandschutztechnische Abschnittsbildung

Eine brandschutztechnische Abschnittsbildung in dem Sonderbau ist nicht erforderlich.

### 3.1.3 Feuerwiderstandsdauer der tragenden und aussteifenden Bauteile

An den Hybrid-Stahlturm werden keine Anforderungen hinsichtlich der Feuerwiderstandsklasse des Turmes gestellt.

### 3.1.4 Nichttragende Außenwände und -bekleidungen

Die Maschinehausverkleidung der Gondel besteht aus Aluminium und die Generatorverkleidung der Gondel besteht aus GFK. Die Rotorblätter bestehen aus GFK-Material mit Epoxidharz/Balsaholz/Schaumstoff. Es sind keine weiteren Maßnahmen notwendig.

## 3.2 Flucht- und Rettungswege

In der WEA sind keine Aufenthaltsräume vorhanden. Es gelten nicht die Vorschriften an bauliche Rettungswege.

Der Maschinenraum der Gondel wird nur von geschultem Personal begangen, welches mit einer persönliche Schutzausrüstung gegen Absturz (PSAgA) ausgestattet ist. Die Flucht aus der Gondel der WEA erfolgt über eine über die gesamte Turmhöhe zur Verfügung stehende Steigleiter. Für sonstige Notfälle sowie zur Rettung von Verletzten ist in der Gondel ein Evakuierungsgerät installiert, mit dem ein Notabstieg aus der Windenluke im Heck der Maschine möglich ist. Das Gerät ermöglicht den zweiten Rettungsweg und kann alle Personen in der Gondel nacheinander abseilen, wobei immer zwei Personen, im Pendelhub, zusammen abgeseilt werden. Die Geräte müssen regelmäßig gewartet werden.

Die Flucht- und Rettungswege sind ausreichend.

# 4 Vorbeugender anlagentechnischer Brandschutz

## 4.1 Brandmeldeanlage

Es ist keine Brandmeldeanlage erforderlich.

## 4.2 Alarmierungseinrichtung

Eine Alarmierungseinrichtung ist nicht erforderlich.

Die Gondel wird nur von geschultem Personal zu Wartungszwecke begangen. Für Notfälle trägt das Wartungspersonal immer ein Mobiltelefon bei sich. In der WEA ist weiterhin eine direkte Gegensprechanlage von der Gondel zum Turmfuß vorhanden.

Bei detektiertem Rauch schaltet die WEA die optisch-akustischen Signalmelder im Turmfuß, im Maschinenraum und im Rotorkopf ein. Die Signalmelder erzeugen ein rotes Dauersignal mit Lichtblitzen und einen Dauerton mit schnell schwankender Tonhöhe.

Gegebenenfalls anwesende Personen werden dadurch gewarnt.

## 4.3 Anlagentechnische Branderkennung und Brandmeldung

Brandursachen aufgrund mechanischer Reibung wird vorgebeugt, indem wenig schnell drehende Teile verwendet werden und kein Hauptgetriebe vorhanden ist. Alle wichtigen Komponenten werden mit Temperaturfühlern überwacht. Erhöhte Temperaturen oder Überdrehzahlen führen zur sofortigen Abschaltung der WEA und Absendung einer Störmeldung über das ENERCON SCADA System zur Service-Zentrale.

Falls die betriebliche Steuerung der Windenergieanlage einen unzulässigen Zustand erkennt, wird die Windenergieanlage mit verminderter Leistung weiter betrieben bzw. angehalten.

### 4.3.1 Sensoren

Mögliche Zündquellen werden laufend durch Sensoren überwacht.

Der Generator wird auf Plausibilität geprüft (Temperaturen, Leistung in Abhängigkeit der Drehzahl). Fehler führen zur sofortigen Abschaltung der Anlage und Übermittlung einer Störmeldung zur ENERCON-Service-Zentrale.

Folgende Parameter werden in der WEA permanent kontrolliert und bei Störungen wird die Anlage automatisch außer Betrieb genommen und die Störmeldung weitergeleitet:

- Temperatur in der Maschine
- Temperatur im Rotorkopf
- Lagertemperaturen der beiden Rotorlager
- Temperatur im Turm
- Außentemperatur
- Temperatur in allen Schaltschränken
- Temperatur, Druck und Öllevel des Transformators
- Funktionsbereitschaft der Kondensatorpakete für die Notabschaltung
- Erdschlusskennung für den Generator
- Differenzstromüberwachung für alle elektrischen Antriebe, um schwergängige bzw. überlastete Antriebe zu erkennen, u.a. Antriebe der Blattverstellung und die Windnachführung
- Fehlerstromerkennung für die Versorgungsleitungen Licht und Steckdose
- Funktion der Fernüberwachung
- Temperaturüberwachung Lüfter und Heizregister

Jedes der drei Rotorblätter der WEA ist mit einem im Fehlerfall energieautarken Blattverstellsystem ausgestattet. In diesem Blattverstellsystem ist eine Sicherheitssteuerung integriert, die die Rotorblätter bei einer Notfahrt gesteuert in Fahnenstellung fahren und beim Erreichen der Fahnenstellung die Energie von den Antriebsmotoren sicher abschaltet.
Bei einer Notbremsung des Rotors wird zusätzlich eine elektromechanische Rotorbremse eingesetzt.

### 4.3.2 Rauchschalter

Zur Detektion von Bränden werden zudem Rauchschalter eingesetzt, die bei Rauch, Verschmutzung, Störung und zu hoher Temperatur reagieren.
Bei den Rauchschaltern handelt es sich um Brandmelder mit optischer Raucherkennung und zusätzlichem Temperaturfühler, der ab einer Umgebungstemperatur von 70 °C anspricht. Es wird ein Signal an die Anlagensteuerung gesendet und die Gondellüfter werden ausgeschaltet.

Bei der Detektion von Feuer oder Rauch schaltet die Leistungselektronik ab, die Blätter drehen aus dem Wind, hierdurch wird die Rotationsbewegung auf ein Minimum reduziert bis hin zum Stillstand. Diese Statusmeldung wird mittels ENERCON SCADA an die ENERCON Service-Zentrale gesendet.
In der Gondel der E-138 EP3 E3 wird die Temperatur an mehreren Stellen gemessen.
Bei der E-Gondel sind drei Rauchschalter vorhanden, a) im Maschinenhaus, b) im Transformatorraum und c) am Maschinenträger. Der Rauchschalter am Maschinenträger ist im unteren Bereich der Gondel verbaut und dient der Erkennung von Rauch im Turm.
Im unteren Turmbereich befindet sich ein Rauchschalter in der Nähe der Mittelspannungsanlage.

### 4.4 Lüftungsanlagen

Aus brandschutztechnischer Sicht werden keine Anforderungen an die Lüftung gestellt.
In der maschinenhausseitigen Kapselung des aktiven Generatorteils sind 12 Gondellüfter eingebaut. Die Lüfter saugen Luft durch Abscheidersegmente in der Gondelverkleidung an. Diese Generator-Luftkühlung bewirkt als Nebeneffekt auch eine Kühlung des Maschinenhauses.

### 4.5 Rauch- und Wärmeabzugsanlagen

Es werden aus brandschutztechnischer Sicht keine Rauchabzüge benötigt. Eine Entrauchung ist durch permanente Öffnungen in der Gondel und der Thermik im Turm vorhanden. Durch das Kühlsystem der WEA strömt Luft aus dem Turmfuß mit hoher Geschwindigkeit nach oben in Richtung Gondel.

### 4.6 Blitzschutz

Bauliche Anlagen, bei denen nach Lage, Bauart oder Nutzung Blitzschlag leicht eintreten oder zu schweren Folgen führen kann, sind mit dauernd wirksamen Blitzschutzanlagen gemäß DIN EN 62305 zu versehen. Es ist ein integrierter Blitzschutz von der Rotorblattspitze bis ins Fundament vorhanden und notwendig.
Die Blitzschutzanlage wird nach der DIN EN 61400-24 Blitzschutz (Blitzschutzklasse I) für Windenergieanlagen ausgeführt.

# 5 Organisatorischer Brandschutz

## 5.1 Betriebliche Maßnahmen zur Brandverhütung und Brandbekämpfung sowie zur Rettung von Personen

Die WEA wird regelmäßig in einem Abstand von maximal 12 Monaten gewartet und laufend überwacht. Das Verhalten im Brandfall und die Selbsthilfemaßnahmen werden entsprechend einer Gefährdungsbeurteilung regelmäßig geschult und geübt. Während der Wartung wird die Anlage außer Betrieb genommen, damit ist das Gefahrenrisiko verringert. Das Servicepersonal trägt bei den Wartungsarbeiten und einem eventuell notwendigen Probelauf der WEA seine PSAgA, somit ist ein Abseilen aus der Windenluke mit dem Abseilgerät sofort möglich.

## 5.2 Kennzeichnung von Rettungswegen

Zur Beleuchtung der Wege während der Wartung ist eine Sicherheitsbeleuchtung gemäß ASR A3.4/3 erforderlich und wird installiert. Diese kann über batteriegepufferte Einzelleuchten realisiert werden.

Die Sicherheitsbeleuchtung der Windenergieanlage entspricht der DIN EN 50308 – Windenergieanlage - Schutzmaßnahmen - Anforderungen für Konstruktion, Betrieb und Wartung–, DIN EN 1838 –Angewandte Lichttechnik - Notbeleuchtung– und die DIN EN 50172 –Sicherheitsbeleuchtungsanlagen–.

## 5.3 Flucht- und Rettungspläne

Flucht- und Rettungspläne werden mit allen relevanten Daten erstellt und angebracht.

## 5.4 Alarmierung der Feuerwehr

Durch die zuvor beschriebene Anlagentechnik wird die WEA bei einer Detektion von Feuer oder Rauch automatisch abgeschaltet. Dabei wird eine Nachricht an eine vom Betreiber zu bestimmende Service-Zentrale gesendet. Diese benachrichtigt daraufhin die Leitstelle der Feuerwehr.

Gleichzeitig wird das Servicepersonal informiert, um umgehend die Windenergieanlage anzufahren und die Lage zu erkunden.

## 5.5 Einrichtungen zur Brandbekämpfung

Zur Bekämpfung von Entstehungsbränden während der Wartung sind in der Gondel zwei $CO_2$-Löscher (5 kg) und auf der Ebene 2 ein weiterer $CO_2$-Löscher (2 kg) vorgehalten. Diese sind für die Bekämpfung von allenfalls kleinsten Entstehungsbränden ausreichend. Selbstrettung geht vor Brandbekämpfung.
Zusätzlich befindet sich ein $CO_2$–Löscher (2 kg) im ENERCON-Service-Fahrzeug.
Die Feuerlöscher sind mindestens alle zwei Jahre durch einen Sachkundigen zu prüfen. Ein Vermerk über die letzte Prüfung ist fest oder plombiert am Feuerlöscher anzubringen.

## 5.6 Prüfungen technischer Anlagen und Einrichtungen

Die Prüfungen von technischen Anlagen oder Einrichtungen werden durch Fachpersonal in Abständen von max. 12 Monaten durchgeführt.

## 5.7 Übung mit der Zuständigen Feuerwehr

Vor Inbetriebnahme ist der örtlichen Feuerwehr und in Abstimmung mit der Brandschutzdienststelle, die Gelegenheit zu geben sich mit dem Bauwerk vertraut zu machen.

# 6 Abwehrender Brandschutz

## 6.1 Flächen für die Feuerwehr

Die Anfahrt zur WEA erfolgt über die öffentliche Straße. Die Anfahrt bis an den Turmfuß geschieht über die befestigte Zuwegung. Die ausreichend befestigte und tragfähige Kranaufstellfläche während der Bauzeit bleibt nach Fertigstellung bestehen und kann durch die Feuerwehr genutzt werden.

Die Zufahrts- und Bewegungsflächen müssen hinsichtlich ihrer Radien und Belastbarkeit der durch die Muster-Verwaltungsvorschrift Technische Baubestimmungen eingeführte Muster-Richtlinie „Flächen für die Feuerwehr“ entsprechen, sowie frei und instandgehalten werden.

## 6.2 Löschwasserversorgung

Aufgrund der besonderen Konstruktionsart der Windenergieanlagen der Firma ENERCON besteht keine erhöhte Brandlast oder Brandgefährdung. Im Falle eines Brandes werden eine größere Anzahl von Menschen, Tiere oder erhebliche Sachwerte nicht gefährdet.

Deshalb ist eine örtliche Löschwasserbereitstellung (Hydranten, Löschwasser-behälter usw.) nicht notwendig. Zur Erfüllung des abwehrenden Brandschutzes haben die Gemeinden die notwendige Löschwasserversorgung bereitzustellen und zu unterhalten. Bei einem Brand in der Gondel ist zunächst die Sicherung der Umgebung notwendig, und Löschwasser wird erst benötigt, wenn brennende Teile herabstürzen. Bei einem Brand im Turmfuß muss zunächst die Abschaltung der Anlage bestätigt werden, bis Löschwasser benötigt wird.

## 6.3 Löschwasserrückhaltung

Es ist ein Transformator verbaut, der mit max. 1.970 Liter synthetischer, dielektrischer Flüssigkeit auf Esterbasis, dem Dielektrikum, gefüllt ist. Die Esterflüssigkeit ist ungiftig, leicht biologisch abbaubar und als allgemein wassergefährdend eingestuft. Esterflüssigkeiten zeichnen sich durch einen hohen Flammpunkt > 300 °C aus. Die Flüssigkeit kann vollständig in einer dafür vorgesehenen Wanne, welche sich unterhalb des Transformators befindet, aufgefangen werden.

Zur Kühlung der Leistungsschränke in der Gondel wird als Kühlmittel 300 Liter Wasser-Monoethylenglykol-Gemisch (Glykosol N45%) eingesetzt. Die Kühlflüssigkeit

ist nicht toxisch und gut biologisch abbaubar und in der Wassergefährdungsklasse 1 eingestuft. Der Gondelboden der E-138 EP3 E3 besteht aus einer geschlossenen 4-6 mm starken verzinkten Stahlblechkonstruktion. Diese ist in mehrere Sektionen unterteilt. Die Sektionen links und rechts unterhalb der Umrichter haben ein Auffangvolumen von ca. 280 Liter. Die Sektion im hinteren Bereich unterhalb der Kühler hat eine Auffangkapazität von ca. 300 Liter. Der Transformator im Transformatorraum im hinteren Teil der Gondel steht zusätzlich in der Auffangwanne Transformator mit einer Auffangkapazität von 2222 Litern.
Es werden in der WEA keine weiteren Stoffe gelagert. Eine Löschwasser-Rückhaltung ist bei diesen geringen Mengen nicht notwendig.

### 6.4 Feuerwehrpläne

Der einzige Zugang und die Aufstellfläche der WEA sind eindeutig. Der Turm ist für die Feuerwehr nicht zugänglich und der Turmfuß ist übersichtlich, damit sind keine Feuerwehrpläne notwendig.

### 6.5 Hydrantenpläne

Hydrantenpläne sind nicht notwendig.

### 6.6 Brandbekämpfung

Die Verhütung von Brandgefahren (vorbeugender Brandschutz) und die Brandbekämpfung (abwehrender Brandschutz) ist Aufgabe der Gemeinden und Landkreise sowie des Landes.
Die Brandbekämpfung der WEA muss mit Hilfe der örtlichen Feuerwehr durchgeführt werden.
Es müssen folgende Brandszenarien unterschieden werden:

#### 6.6.1 Brand im Turmfuß

Die Windenergieanlage gilt als abgeschlossene elektrische Betriebsstätte, die von der Feuerwehr nicht allein oder nur nach Freigabe begangen werden darf. Die gesamte Anlage muss spannungsfrei gemeldet werden. Die ständig besetzte Service-Zentrale informiert die Leitstelle der Feuerwehr.

Ein Brand im Turmfuß ist örtlich begrenzt. Der Brand kann sich weder auf die Gondel ausbreiten noch auf die Umgebung der Windenergieanlage auswirken.

### 6.6.2 Brand in der Gondel

Ein Brand in der Gondel ist von der Feuerwehr nicht beherrschbar und stellt auch aufgrund der geringen Eintrittswahrscheinlichkeit somit das gesellschaftlich akzeptierte Risiko dar. Ein Feuer in der Gondel kann zu einem Ausbrennen der Gondel einschließlich der Gondelhülle und zu einem Übergreifen auf die Rotorblätter führen. Der Brand führt zum Abfallen der Teile. Bei einem Brand in der Gondel ist die Feuerwehr zunächst zum Schützen der Umgebung präsent.

### 6.6.3 Brand der Rotorblätter

Ein Brand der Rotorblätter ist nicht beherrschbar. Da die Windenergieanlage bei Schäden sofort abgeschaltet ist, werden keine brennenden Teile durch weiter anhaltende Rotation umhergeschleudert. Ein Rotorblatt wiegt ca. 20,5 t, es wird direkt herabfallen und dort weiterbrennen, eine Brandweiterleitung auf die Gondel ist nicht auszuschließen. Ein Brand der Rotorblätter führt in der Hauptsache zu brennend direkt herabfallenden mehr oder weniger großen Teilen. Bei einem Brand der Rotorblätter ist die Feuerwehr zunächst zum Schützen der Umgebung präsent.

### 6.6.4 Brandweiterleitung auf die Umgebung

Die Alarmierung der Feuerwehr ist bei einem Schadeneintritt an der WEA wahrscheinlich früher als bei einem Sekundärbrand. Bei einem der o.g. Brände ist zunächst die Sicherung der Umgebung notwendig. Bei herabfallenden brennenden Teilen wird die Einsatzleitung geeignete Maßnahmen zur Brandbekämpfung nach Erkundung einleiten.
Da die Feuerwehr bereits vor Ort ist, können Entstehungsbrände sofort gelöscht werden. Eine Brandweiterleitung auf die Umgebung wird somit verhindert.

# 7 Verwendete Rechenverfahren nach Methoden des Brandschutzingenieurwesens

Es wurden keine Rechenverfahren des Brandschutzingenieurwesens verwendet.

# 8 Abweichungen

Es sind keine brandschutztechnischen Abweichungen zu berücksichtigen.

# 9 Zusammenfassung

Die Unterzeichnerin wurde beauftragt, für die Errichtung einer Windenergieanlage der Firma ENERCON mit der Typbezeichnung E-138 EP3 E3 mit 111 m Nabenhöhe ein Brandschutzkonzept gemäß Musterbauordnung zu erstellen.

Bei Beachtung der dargestellten Maßnahmen, Anforderungen und Hinweise sowie der allgemein anerkannten Regeln der Technik bestehen aus brandschutztechnischer Sicht

**keine Bedenken**

für die Errichtung der Windenergieanlage Typ ENERCON E-138 EP3 E3.

**Vorstehende Stellungnahme wurde nach bestem Wissen und Gewissen unter Zugrundelegung der anerkannten Regeln der Technik ohne Ansehen der Person des Auftraggebers angefertigt.**

Aufgestellt

Sandkrug, den 31.03.2023

Dipl.-Ing. Monika Tegtmeier
ö.b.u.v. Sachverständige für den vorbeugenden baulichen Brandschutz
Prüferin für den Brandschutz (EBA)
Brandamtfrau a.D.

Von der Industrie- und Handelskammer öffentlich bestellte und vereidigte Sachverständige
Monika Tegtmeier
Sachverständige für vorbeugender baulicher Brandschutz

© Vervielfältigung und Weitergabe an Dritte nur mit schriftlicher Genehmigung der Verfasserin

## 12.7 Sonstige Fachgutachten, Nachweise

## 12.8 Weitere wichtige Dokumente

# 12.8.1 Bauvorlageberechtigung

# 12.8.2 Vollmacht

# 12.8.3 Erklärung der Anerkennung nach § 33 BauGB

Siehe Anlage

Anlagen:

- Erklärung nach § 33 BauGB_Us.pdf

Aktenzeichen:

Bauvorhaben: Errichtung einer Windenergieanlage Ty E-138 EP3 E3

# Erklärung nach § 33 Baugesetzbuch (BauGB)

Hiermit erkläre(n) ich (wir), daß ich (wir) die künftigen Festsetzungen des Bebauungsplanes Übersichtskarte F-Plan in der Fassung vom 03.06.2019 für das o.g. Bauvorhaben für mich (uns) und meine (unsere) Rechtsnachfolger als verbindlich anerkenne(n).

Dornum, 28.11.2023

Ort Datum

Unterschrift des (der) Bauherr(n)

## 12.9 Sonstiges

Siehe Anlage

Anlagen:

- WP Georgshof WEA 04 _12.1 Antragsformular für den baulichen Teil gemäß § 63 bzw. § 64 der NBauO_unt.pdf

# 12.1 Antragsformular für den baulichen Teil

**Bauantrag gem. § 63 bzw. § 64 der Niedersächsischen Bauordnung (NBauO)**

Zutreffendes bitte ankreuzen oder ausfüllen. Felder mit "*" sein keine Pflichtfelder.

Sollten die Eingabefelder nicht ausreichen, fügen Sie bitte entsprechende Anlagen bei.

| An die Bauaufsichtsbehörde | Eingangsstempel der Bauaufsichtsbehörde | Aktenzeichen der Bauaufsichtsbehörde |
|---|---|---|
| Untere Bauaufsichtsbehörde / Landkreis Aurich<br>Fischteichweg 7-13<br>26603 Aurich | | |

**Hiermit beantrage ich gemäß § 63 bzw. § 64 der Niedersächsischen Bauordnung (NBauO) für die nachstehend bezeichnete Baumaßnahme die Baugenehmigung. Die erforderlichen Bauvorlagen sind diesem Bauantrag gemäß der aktuellen Niedersächsischen Bauvorlagenverordnung (NBauVorlVO) beigefügt.**

| Identifikationsnummer des Erhebungsbogens des Landesamts für Statistik Niedersachsen: | |
|---|---|

## 1. Bezeichnung der Baumaßnahme

Errichtung und Betrieb von einer Windenergieanlage vom Typ Enercon E-138/EP3 E3 NH 111m Nennleistung 4260 KW. Die Erschließung zur Errichtung der WEA erfolgt von der K 210 (Westerstraße) über die öffentliche Gemeindestraße Arler Weg der Gemeinde Dornum.

## 2. Baugrundstück

| Gemeinde | Ortsteil | | |
|---|---|---|---|
| Dornum | | | |
| **Straße** | **Hausnummer** | | |
| | | | |
| **Gemarkung** | **Flur** | **Flurstück (Zähler)** | **Flurstück (Nenner)** |
| Dornum | 7 | 43 | |

## 3. Bauherr / Bauherrin

| Firmenname (wenn zutreffend. Bei Gesellschaften bzw. juristischen Personen ist dann im Folgenden der Vertretungsberechtigte anzugeben) | | |
|---|---|---|
| Windpark Georgshof GmbH & Co. KG | | |
| Name Bauherrin / Bauherr (bei juristischen Personen Vertrefungsberechtigte) | | |
| Vorname/n<br>Reint | | Nachname<br>Janßen |
| Straße<br>Joachimsfeld | Hausnummer<br>1 | * Telefon (mit Vorwahl)<br>0160-96764984 |
| PLZ<br>26553 | Ort<br>Dornum | * E-Mail<br>reint.janssen@hotmail.com |

## 4. Entwurfsverfasserin / Entwurfsverfasser

| | | |
|---|---|---|
| Firmenname (wenn zutreffend)<br>Rasteder Projektierungs GmbH | | |
| Name Entwurfsverfasserin / Entwurfsverfasser (natürliche Person)<br>Vorname/n<br>Antje | | Nachname<br>Denker |
| Berufsbezeichnung<br>Diplom Ingeneurin | | |
| Straße<br>Zum Breen | Hausnummer<br>40 | * Telefon (mit Vorwahl)<br>04402-97250 |
| PLZ<br>26180 | Ort<br>Rastede | * E-Mail<br>rasteder-projektierung@t-online.de |

**ist für die beantragte Baumaßnahme bauvorlageberechtigt nach**

| | |
|---|---|
| [X] § 53 Abs. 3 Satz 2 NBauO nach | |
| [ ] Nr. 1 Architektin / Architekt, eingetragen in Liste der Architektenkammer Nr. | |
| [ ] Nr. 2 Entwurfsverfasser/in (bis 30.11.2024), eingetragen in Liste der Architektenkammer Nr. | |
| [X] Nr. 3 Entwurfsverfasser/in, eingetragen in Liste der Ingenieurkammer Nr. | 7938 |
| [ ] Nr. 3 Entwurfsverfasser/in, eingetragen im Verzeichnis Nr. des Bundeslandes | |
| [ ] Nr. 3 Entwurfsverfasser/in nach § 20 NIngG gleichgestellt (europäischer Dienstleistungsverkehr), niedergelassen im Staat | |
| [ ] Nr. 4 öffentlich Bedienstete / öffentlich Bediensteter | |
| [ ] Nr. 5 Innenarchitektin / Innenarchitekt, eingetragen in Liste der Architektenkammer Nr. | |
| [ ] § 53 Abs. 4 NBauO nach | |
| [ ] Nr. 1 Landschaftsarchitektin / Landschaftsarchitekt, eingetragen in Liste der Architektenkammer Nr. | |
| [ ] Nr. 2 Handwerksmeisterin / Handwerksmeister oder diesen nach § 7 Abs. 3, 7 oder 9 HwO gleichgestellt | |
| [ ] Nr. 3 staatlich geprüfte Technikerin / staatlich geprüfter Techniker | |
| [ ] Nr. 4 Technikerin / Techniker mit gleichwertigem Ausbildungsnachweis | |
| [ ] § 53 Abs. 5 NBauO | |
| [ ] Handwerksmeisterin / Handwerksmeister, gleichgestellt im europäischen Dienstleistungsverkehr, niedergelassen im Staat | |
| [ ] Technikerin / Techniker, gleichgestellt im europäischen Dienstleistungsverkehr, niedergelassen im Staat | |

**darf als Entwurfsverfasserin / Entwurfsverfasser tätig werden nach**

[ ] § 53 Abs. 9 NBauO

## 5. Tragwerksplanerin / Tragwerksplaner

| | | |
|---|---|---|
| Firmenname (wenn zutreffend) | | |
| Name Tragwerksplanerin / Tragwerksplaner (natürliche Person)<br>Vorname/n | | Nachname |
| Berufsbezeichnung | | |
| Straße | Hausnummer | * Telefon (mit Vorwahl) |
| PLZ | Ort | * E-Mail |

**ist zur Erstellung des Nachweises der Standsicherheit für die beantragte Baumaßnahme berechtigt nach**

- ☐ § 65 Abs. 4 NBauO
  - ☐ Tragwerksplaner/in, eingetragen in der Liste der Ingenieurkammer Niedersachsen Nr.
  - ☐ Tragwerksplaner/in, eingetragen im Verzeichnis Nr. des Bundeslandes
  - ☐ Tragwerksplaner/in nach § 21 Abs. 5 NIngG gleichgestellt (europäischer Dienstleistungsverkehr), niedergelassen im Staat
- ☐ § 86 Abs. 5 NBauO (Übergangsregelung) - (Standsicherheitsnachweis ist ggf. prüfpflichtig)
- ☐ § 65 Abs. 1 S. 2 i. V. m. § 53 Abs. 3 Satz 2 Nrn. 1 bis 4, Abs. 4 Nrn. 2 bis 4 sowie Abs. 5 bis 8 NBauO (Standsicherheitsnachweis ist prüfpflichtig)

Datum, Unterschrift der Tragwerksplanerin / des Tragwerksplaners

## 6. Erschließung

**6.1 Zugang/Zufahrt zum Grundstück erfolgt**

☐ von öffentlicher Verkehrsfläche | ☐ über Grundstück im Miteigentum | ☒ über anderes Grundstück (ggf. Baulast/Grunddienstbarkeit erforderlich)

**6.2 Niederschlagswasserbeseitigung erfolgt durch**

☐ die Einleitung in ein kommunales Regenwassersystem | ☐ Einleitung in ein Gewässer | ☒ die ungezielte, breitflächige Versickerung auf Grundstücksflächen | ☐ die gezielte Versickerung auf Grundstücksflächen | ☐ Sonstiges

**6.3 Sonstige Abwasserbeseitigung erfolgt durch**

☐ kommunales Abwassersystem | ☐ Kleinkläranlage | ☒ Sonstiges: Zuggräben

**6.4 Trinkwasserversorgung erfolgt durch**

☐ zentrales Wasserwerk oder dezentrales kleines Wasserwerk | ☐ Sonstiges:

**6.5 Löschwasserversorgung erfolgt durch**

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| ☐ öffentliche Wasserversorgung | | ☐ Feuerlöschbrunnen | Entfernung [m]: | |
| ☐ Feuerlöschteich | ☒ offene Gewässer | ☐ Sonstiges: | Entfernung [m]: | 100 |

## 7. Arbeitsstättenrecht

**Die Vereinbarkeit der Bauvorlagen mit den Anforderungen der Arbeitsstättenverordnung wird nur geprüft, wenn die Bauherrin oder der Bauherr dies verlangt.**

☐ **Gem. § 64 Satz 2 NBauO - auch in Verbindung mit § 63 Abs. 1 Satz 3 NBauO - wird um Prüfung der Anforderungen auf Vereinbarkeit mit der Arbeitsstättenverordnung im Rahmen des Baugenehmigungsverfahrens gebeten.**

Datum, Unterschrift der Bauherrin / des Bauherrn *(oder der Bevollmächtigten / des Bevollmächtigten)*

## 8. Zustellung der Baugenehmigung an Nachbarn

☐ **Es wird erbeten, die Baugenehmigung oder Teilbaugenehmigung nach § 70 Abs. 5 NBauO den in der Anlage näher bezeichneten Nachbarn zuzustellen.**

Datum, Unterschrift der Bauherrin / des Bauherrn *(oder der Bevollmächtigten / des Bevollmächtigten)*

### Hinweise:

Die Bauherrin oder der Bauherr ist dafür verantwortlich, dass die von ihr oder ihm veranlasste Baumaßnahme dem öffentlichen Baurecht entspricht. Die Entwurfsverfasserin oder der Entwurfsverfasser ist dafür verantwortlich, dass der Entwurf für die Baumaßnahme dem öffentlichen Baurecht entspricht. **Über erforderliche Ausnahmen, Befreiungen und Zulassungen von Abweichungen von Vorschriften wird nur auf besonderen Antrag entschieden (Der Antrag ist unter Kapitel 12.9 "Sonstiges" einzufügen).**

### Datenschutz:

Die elektronische Verarbeitung der in diesem Formular enthaltenen personenbezogenen Daten ist für die Durchführung dieses Verwaltungsverfahrens gem. § 67 Abs. 1 Satz 2 NBauo erforderlich und gem. §§ 3 und 5 NDSG zulässig. Empfänger dieser Daten sind die Gemeinde, die untere Bauaufsichtsbehörde sowie andere Behörden (§ 69 Abs. 3 NBauO) und ggfs. Nachbarn sowie die zu beteiligende Öffentlichkeit (§ 68 NBau0). Bauvorlagen in elektronischer Form können dauerhaft gespeichert werden. Zudem werden die Daten regelmäßig an die zuständige Finanzbehörde (§ 29 BewG), den zuständigen Unfallversicherungsträger (§ 195 Abs. 3 SGB VII) und das Vermessungs- und Katasteramt (§ 5 NVermG) übermittelt. Nähere Informationen und die Kontaktdaten des Datenschutzbeauftragten entnehmen Sie bitte den Internetseiten des Adressaten dieses Antrages.

| Datum, Unterschrift der Entwurfsverfasserin / des Entwurfsverfassers | * Datum, Unterschrift der Bauherrin / des Bauherrn *(Kenntnisnahme)* |
|---|---|
| 06.12.2023 | 06.12.2023 |

INGENIEURKAMMER · MITGLIED DER · NIEDERSACHSEN
Dipl.-Ing. (FH) ANTJE DENKER
Mitgl.-Nr. 6530