



Füchteler Straße 29  
49377 Vechta

# GEOTECHNISCHER BERICHT

PROJEKT:  
2023-0138

Windpark Rodenkircherwarp  
Zuwegung

Auftraggeber:  
Regenerative Energien Nordpol GmbH & Co KG  
Abser Deich  
26935 Stadland

18. April 2024

Baugrunderkundung  
Gründungsgutachten  
Baugrundlabor  
Altlastenuntersuchung  
Gefährdungsabschätzung  
Sanierungskonzepte  
Hydrogeologie



Projektdaten:

Projekt: 2023-0138  
WP Rodenkircherworp  
Zuwegung

Auftraggeber: Regenerative Energien Nordpol  
GmbH & Co. KG  
Herr Eike Sanders  
Abser Deich 12  
26395 Stadland

Auftragnehmer: Ingenieurgeologie Dr. Lübke  
Füchteler Str. 29  
49377 Vechta

Projektbearbeiterin: Dipl.-Geol. Petra Müller

Exemplare: 1 Stück

Dieser Geotechnische Bericht umfasst 10 Seiten, 2 Tabellen und 2 Anlagen.

Vechta, 18. April 2024

Der Bericht darf nur vollständig und unverändert vervielfältigt werden und nur zu dem Zweck, der unserer Beauftragung mit der Erstellung des Berichtes zugrunde liegt. Die Vervielfältigung zu anderen Zwecken, eine auszugsweise oder veränderte Wiedergabe sowie eine Veröffentlichung bedürfen unserer schriftlichen Genehmigung.



## INHALTSVERZEICHNIS

<b>I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG.....</b>	<b>4</b>
1. Unterlagen.....	4
2. Angaben zum Wegebau.....	4
<b>II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN.....</b>	<b>5</b>
<b>III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE.....</b>	<b>5</b>
1. Boden.....	5
2. Grundwasser.....	6
3. Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196.....	6
4. Bodenkennwerte.....	7
<b>IV. ZUWEGUNG.....</b>	<b>8</b>
1. Bewertung der Baugrundverhältnisse.....	8
2. Aufbau der Verkehrswege.....	8
3. Wasserhaltung.....	9
<b>V. SCHLUSSWORT.....</b>	<b>9</b>

## TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Bodenklassifizierung nach DIN 18300 und DIN 18196.....	6
Tabelle 2: Bodenkennwerte in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012), Grundbau Taschenbuch (5. Auflage) und eigenen Erfahrungswerten.....	6

## ANLAGENVERZEICHNIS:

ANLAGE 1:	Lageplan
ANLAGE 2:	Bohrprofile nach DIN 4023



## I. VERANLASSUNG UND BEAUFTRAGUNG

Im Landkreis Wesermarsch sollen in der Gemeinde Stadland westlich der Ortschaft Rodenkirchen in einem Windpark sechs Windenergieanlagen vom Typ Enercon E-160 EP5 E3 mit einer Nabenhöhe 120 m (WEA 1 bis WEA 6) im Rahmen einer Repowering-Maßnahme neu errichtet werden. Unser Büro hat mit Datum vom 22.03.2024 für diesen Windpark einen Geotechnischen Bericht mit Gründungsempfehlungen vorgelegt.

Mit Schreiben vom 13.03.2024 wurden wir von der Regenerative Energien Nordpol GmbH & Co. KG, Herrn Eike Sanders, auf der Grundlage unseres Angebotes vom 13.03.2024 beauftragt, auch die Baugrundverhältnisse entlang der Zuwegung zu untersuchen und im Hinblick auf die Aufbauempfehlung in einem Geotechnischen Bericht zu bewerten.

### 1. Unterlagen

Zur Durchführung der Untersuchungen erhielten wir folgende Unterlagen:

- Lageplan Windpark Rodenkircherwupp, 09.10.2023, Maßstab 1 : 5000
- Übersichtslageplan Detailplan, 6 x E-160 EP5 E3 120 m HST, vom 06.03.2024, Maßstab: 1 : 2500
- Technische Spezifikation Zuwegung und Baustellenflächen, Enercon Winenergieanlage E-160 EP5 E3, 120 m Hybrid-Stahlurm, D02284865/6.0-de.

### 2. Angaben zum Wegebau

Für die Erschließung des Windparks müssen neue Wege über unbefestigtes Gelände angelegt werden. Die Zuwegungen innerhalb des Windparks müssen den Anforderungen einer Baustraße genügen.

Nach der vorliegenden Enercon-Spezifikation ist eine befahrbare Breite von 4,00 m gefordert. Zum Lastabtrag muss noch ein ausreichend tragfähiges Bankett berücksichtigt werden. Die Breite des seitlichen Überstandes kann beidseits mit 1,50 m kalkuliert werden.

Die Deckschicht muss mit einer Querneigung oder einem Dachprofil profiliert werden, sodass eine Entwässerung zur Seite sichergestellt ist.

Die Höhe der Wegeoberfläche soll standardgemäß 10 cm über Geländeoberkante liegen.

Die Belastungen sind wie folgt angegeben:

Maximale Achslast: 12 t

Maximales Fahrzeuggewicht: 210 t

Der einzelnen Schichten des Aufbaus müssen auf 100 % Proctor-Dichte verdichtet eingebaut werden. Zum Nachweis ist im statischen Lastplat-



tendruck-Versuch auf der Deckschicht ein Verformungsmodul von  $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$  und  $E_{v2}/E_{v1} \leq 2,30$  zu erreichen.

## II. DURCHGEFÜHRTE UNTERSUCHUNGEN

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden am 26.03.2024 insgesamt fünf Kleinbohrungen/Rammkernsondierungen (*RKS Z1 bis RKS Z5*) bis 5,00 m unter Geländeoberkante abgeteuft. Der Umfang der Untersuchungen wurde aufgrund der vorliegenden Erfahrungen aus der Baugrunduntersuchung für die Windenergieanlagen abgeleitet.

Die Lage der Sondieransatzpunkte ist in Anlage 1 dargestellt. Die erbohrten Bodenprofile wurden entsprechend DIN 4022 ingenieurgeologisch vor Ort angesprochen und in Schichtenverzeichnissen aufgenommen. Die Ergebnisse sind in Anlage 2 als Bohrprofile nach DIN 4023 dargestellt.

## III. BODEN- UND GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

### 1. Boden

Das Gelände ist in etwa eben und liegt auf einer Geländehöhe von ca. 0,00 mNHN bis 0,60 mNHN.

Nach der Kartenserie Geologie vom Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG), Geologische Karte 1 : 50 000, stehen im Untersuchungsgebiet holozäne Gezeitenablagerungen (*Schlickwatt, Mischwatt, „Klei“*) mit Torfzwischenlagen an. Darunter sind wechsellagernde fluviatile Sande zu erwarten.

Bis zur maximalen Aufschlusstiefe von 5,00 m unter Geländeoberkante (GOK) wurde folgende Schichtenfolge erbohrt:

#### Künstliche Auffüllungen, Sand (Z1 und Z2):

- Petrographie: Fein- bis Mittelsand, schwach schluffig, feinkiesig, z. T. Ziegel- oder Betonreste, z. T. schwach humos.
- Farbe: braun, beige.
- Bis Meter unter Gelände (min./max.): 0,40 m/0,75 m.
- Mächtigkeit: 0,40 m bis 0,75 m.
- Lagerungsdichte: locker.
- Baugrundeigenschaften: mäßig tragfähig.

Sandige Auffüllungen mit Kies und Bauschutt kennzeichnen vorhandene Oberflächenbefestigungen.



### Künstliche Auffüllungen, Feinsand, Schluff (Z4 und Z5):

- Petrographie: Feinsand, schluffig bis stark schluffig, z. T. Ziegelreste, humos.
- Farbe: braun, grau.
- Bis Meter unter Gelände (min./max.): 0,55 m/0,60 m.
- Mächtigkeit: 0,55 m bis 0,60 m.
- Konsistenz: steifplastisch.
- Baugrundeigenschaften: wenig tragfähig.

Bei schluffigen Auffüllungen handelt es sich um Verfüllungen nach Erdarbeiten mit dem angefallenen Erdaushub.

### Mutterboden/ Oberboden (Z3):

- Petrographie: Schluff, schwach tonig, schwach feinsandig, schwach humos bis humos.
- Farbe: braun.
- Bis Meter unter Gelände (min./max.): 0,40 m.
- Mächtigkeit: 0,40 m.
- Konsistenz: steifplastisch.
- Baugrundeigenschaften: gering tragfähig.

### Wattablagerungen: Klei oder Feinsand mit Torfzwischenlagen:

- Petrographie: Schluff oder Feinsand, pflanzliche Reste. Torfzwischenlagen.
- Farbe: hellgrau, grau, bis schwarz.
- Bis Meter unter Gelände (min./max.): > max. Aufschlusstiefe von 5,00 m.
- Mächtigkeit: > 5,00 m.
- Konsistenz: überwiegend weich.
- Baugrundeigenschaften: gering tragfähig.

## 2. Grundwasser

Bei den Bohrarbeiten im März 2024 wurde Grundwasser je nach Höhe des Bohransatzpunktes und je nach lokaler Wasserwegsamkeit innerhalb der Klei- und Wattablagerungen ab 0,29 m bzw. 2,48 m unter GOK angebohrt.

Die Bodenschichten waren überwiegend wassergesättigt und lagen in weicher oder weicher bis breiiger Konsistenz vor.

Nach starken Niederschlagsperioden ist in flachen Geländebereichen mit einem Anstieg des Grundwassers bis zur Geländeoberkante zu rechnen.

## 3. Bodenklassifizierung nach DIN 18300/DIN 18196

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten können die angetroffenen Bodenarten wie folgt klassifiziert werden (*Tabelle 1*):



Homogenbereich		O1	B1	B3
Bezeichnung		Oberboden und humose Schluffe	Torf	Schluff, Wattablagerung, Klei
Tiefenbereich m u. GOK		bis 0,40	Zwischenlagen	12,00/18,00
Korngrößenverteilung*	≤ 0,06 mm (%)	60-70	0-50	60-70
	>0,06-2,0 mm (%)	30-40	möglich	30-40
	>2,0-63 mm (%)	-	-	möglich
Massenanteil an Steinen/Blöcken	>63-200 mm (%)	-	-	-
	>200-630 mm (%)	-	-	-
Dichte* (g/cm <sup>3</sup> )		1,6-1,7	1,1-1,3	1,4-1,7
Undrainierte Scherfestigkeit* (kN/m <sup>2</sup> )		10-20	10	10-20
Wassergehalt (%)		35-50*	150-650	40-150
Lagerungsdichte (%)		-	-	-
Organischer Anteil (%)		> 5*	50-100	>5
Bodengruppe, DIN 18196		OU	HN	UL, UM, OU
Altes System DIN 18300: 2002		1	2	4 (2)

\*Angaben nach Bodenansprache und Erfahrungswerten geschätzt. GOK: Geländeoberkante. Bezeichnung der Homogenbereiche in Anlehnung an ZTVE-STB 17.

Tabelle 1: Bodenklassifizierung nach DIN 18300 und DIN 18196.

Für die erforderlichen Erdarbeiten kann davon ausgegangen werden, dass die anstehenden Böden aus Torf, Schluff und Sand mit üblichen mittelschweren Aushubgeräten gelöst werden können.

#### 4. Bodenkennwerte

Die Bodenkennwerte wurden nach der Bodenansprache und klassifizierenden Laborversuchen (*Körnungsanalysen*), die für die WEA-Standorte durchgeführt wurden, zugewiesen. Danach können in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012) und eigenen Erfahrungswerten die in Tabelle 2 aufgeführten Bodenkennwerte bei erdstatischen Berechnungen zugrunde gelegt werden.

Bezeichnung	Bodengruppe DIN 18196	Lagerungsdichte/ Konsistenz	Wichte erdfeucht/ u. Auftrieb cal $\gamma$ / cal $\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Reibungswinkel cal $\phi$ [°]	Kohäsion cal-c' kN/m <sup>2</sup>	Steifemodul E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]
Oberboden, Mutterboden, humose Schluff	OU	-/ weich	16/6	keine Angabe, da nicht gründungsrelevant		
Torf	HN	locker/ weich	11-13/ 1-3	15	5-10	0,4-0,8
Wattablagerungen, Klei: Schluff, feinsandig, z. T. organisch	UL, UM, OU	-/ weich oder weich bis breiig	16-17/ 6-7	20	5-15	2-5

Tabelle 2: Bodenkennwerte (*charakteristisch*) in Anlehnung an TÜRKE (1998), EAU (2012), Grundbau Taschenbuch (5. Auflage) und eigenen Erfahrungswerten.



## IV. ZUWEGUNG

### 1. Bewertung der Baugrundverhältnisse

Entlang der geplanten Zuwegungen im Windpark stehen flächendeckend Weichschichten aus Klei und Wattsanden mit Torfzwischenlagen an. Die Konsistenz der Böden ist oberflächennah noch steifplastisch. Sie geht mit zunehmender Tiefe und Wassersättigung in weiche oder weiche bis breiige Konsistenz über.

Die Tragfähigkeit dieser Böden ist gering.

Der für einen Standardaufbau erforderliche  $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$  kann auf den anstehenden Böden nicht erreicht werden.

Wegen der Mächtigkeit der Weichschichten kann durch einen Bodenaustausch keine wesentliche Verbesserung erreicht werden.

Falls es planungsseitig möglich ist, sollte der Aufbau ohne größeren Bodenaushub direkt auf der Geländeoberkante erfolgen.

Sollte die Höhe des Aufbau durch planungsseitige Vorgaben gegenüber dem Gelände begrenzt sein, muss ein entsprechender Bodenaushub vorgesehen werden. Wegen der anstehenden bindigen Böden ist in diesem Fall nach Niederschlägen mit Stauwasser im Straßenkörper und stärkerem Aufweichen zu rechnen.

Der Aufbau wird aufgrund seines Eigengewichtes und der Verkehrsbelastung im Laufe der Zeit in den Untergrund einsinken. Daher sollte auch bei einem Bodenaushub eine Überhöhung von mindestens 0,30 m berücksichtigt werden.

### 2. Aufbau der Verkehrswege

Aufgrund der bereits vorliegenden örtlichen Erfahrungen wird für die Befestigung folgender Aufbau vorgeschlagen:

- Verlegen eines hochzugfesten kombinierten Geogitters mit Geovlies (z. B. *Combigrid 40/40 Q1 GRK 4C*, oder vergleichbar) auf Aushubebene bzw. möglichst auf Höhe der Geländeoberkante; benötigte Geogitterbreite = Ausbaubreite (7,00 m) + Aufbauhöhe (2 x 0,60 m) + Überlappung des Sandpolsters (2 x > 2,00 m) = 12,20 m
- Aufbau eines ca. 0,60 m mächtigen, grobkörnigen Sandpolsters (SW, GW, gem. DIN 18196)
- Ausbaubreite Sandpolster: 4,00 m (Fahrbahnbreite) + 2 x Bankett (1,50 m) = 7,00 m
- Einschlagen des Sandpolsters mit dem Kombigitter
- Verlegen eines Geogitters, z. B. Naue Secugrid 30/30 Q1 oder vergleichbar (Verlegebreite = 4,00 m)



- Einbau einer oberen mindestens 0,25 m mächtigen Schottertragsschicht (*Mineralgemisch oder güteüberwachtes Beton-RC, Körnung 0/32 oder 0/45*) in der Ausbaubreite von 4,00 m
- Die Verlegehinweise des Geotextil-Herstellers sind zu beachten
- Anfüllen der Seitenstreifen als Berme mit Sand.

Wegen der im Untergrund verbliebenen Weichschichten sind im Baustellenbetrieb Sackungen, Setzungen und Spurrillen zu erwarten, die regelmäßig nachgearbeitet und ausgebessert werden müssen.

### 3. Wasserhaltung

Für die Erdarbeiten kann je nach vorausgegangenen Niederschlagsmengen und zum Abführen von Stau- oder Schichtenwasser eine bauzeitliche Wasserhaltung erforderlich werden.

Dazu empfehlen wir eine Horizontaldränage. Zur Ableitung von geringen Wassermengen kann auch eine offene Wasserhaltung mit Stichdräns und Pumpensumpf ausreichend sein.

## V. SCHLUSSWORT

Die vorliegende Baugrund- und Gründungsbeurteilung beschreibt auf der Grundlage der uns zur Verfügung gestellten Unterlagen die in unmittelbarer Umgebung der punktuellen Bodenaufschlüsse festgestellten Baugrundverhältnisse in geologischer, bodenmechanischer und hydrogeologischer Hinsicht und ist nur für diese gültig. Interpolationen zwischen den Aufschlusspunkten sind nicht statthaft. Die bautechnischen Aussagen beziehen sich auf den zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichtes bekannten Planungsstand und auf die Ergebnisse der Aufschlussbohrungen. Bei einer wesentlichen Planungsänderung, wie z. B. veränderte Höhenlage der Zuwegung, oder von den vorstehenden Angaben abweichend festgestellte Baugrundverhältnisse, sollten die getroffenen Aussagen und Empfehlungen überprüft und ggf. an die geänderten Randbedingungen angepasst werden.

Sämtliche Aussagen, Bewertungen und Empfehlungen basieren auf dem im Bericht beschriebenen Erkundungsrahmen und erheben keinen Anspruch auf eine vollständige repräsentative Beurteilung der Fläche.



Falls sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Bericht nicht oder abweichend erörtert wurden, ist der Baugrundgutachter zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern.

Vechta, den 18. April 2024

22. April 2024 | 13:02 MESZ

*P. Müller*

**DocuSigned by:**

F849DD3E849D4AD...

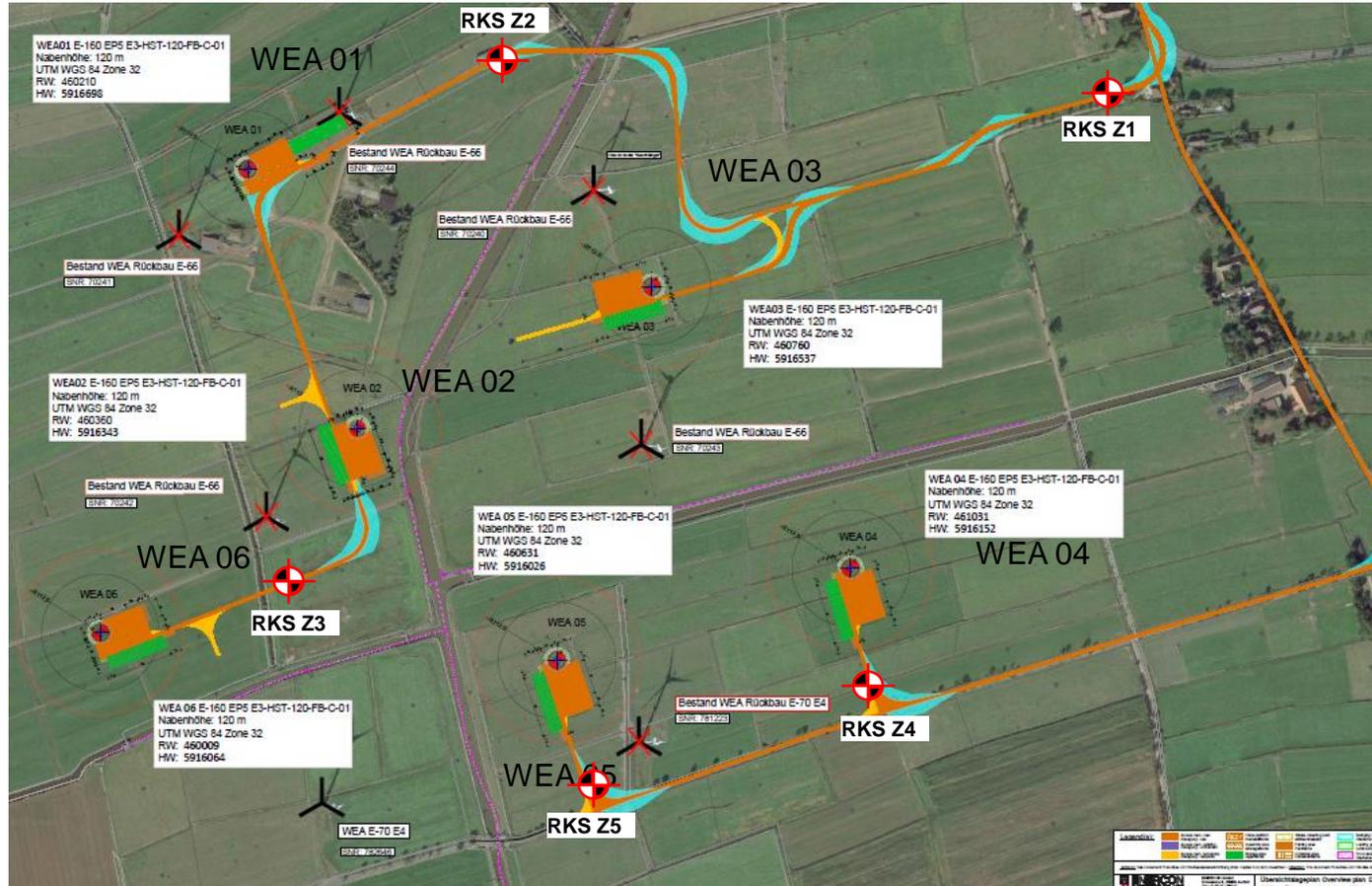
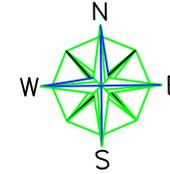
Dipl.-Geol. Petra Müller

Dr. Joachim Lübke



ANLAGE 1

Lageplan



## LEGENDE

RKS Z1



Rammkernsondierung  
Zuwegung



INGENIEURGEOLOGIE  
**DR. LÜBKE**

Projekt: 2023-0138  
**WP Rodenkirchenwupp**  
**WEA 1 – WEA 6**

Auftraggeber: Regenerativen Energien Nordpol  
GmbH & Co. Planungs-, Erzeugung-,  
und Betriebs KG  
Abser Deich 12  
26935 Stadland

Titel: **Lageplan**

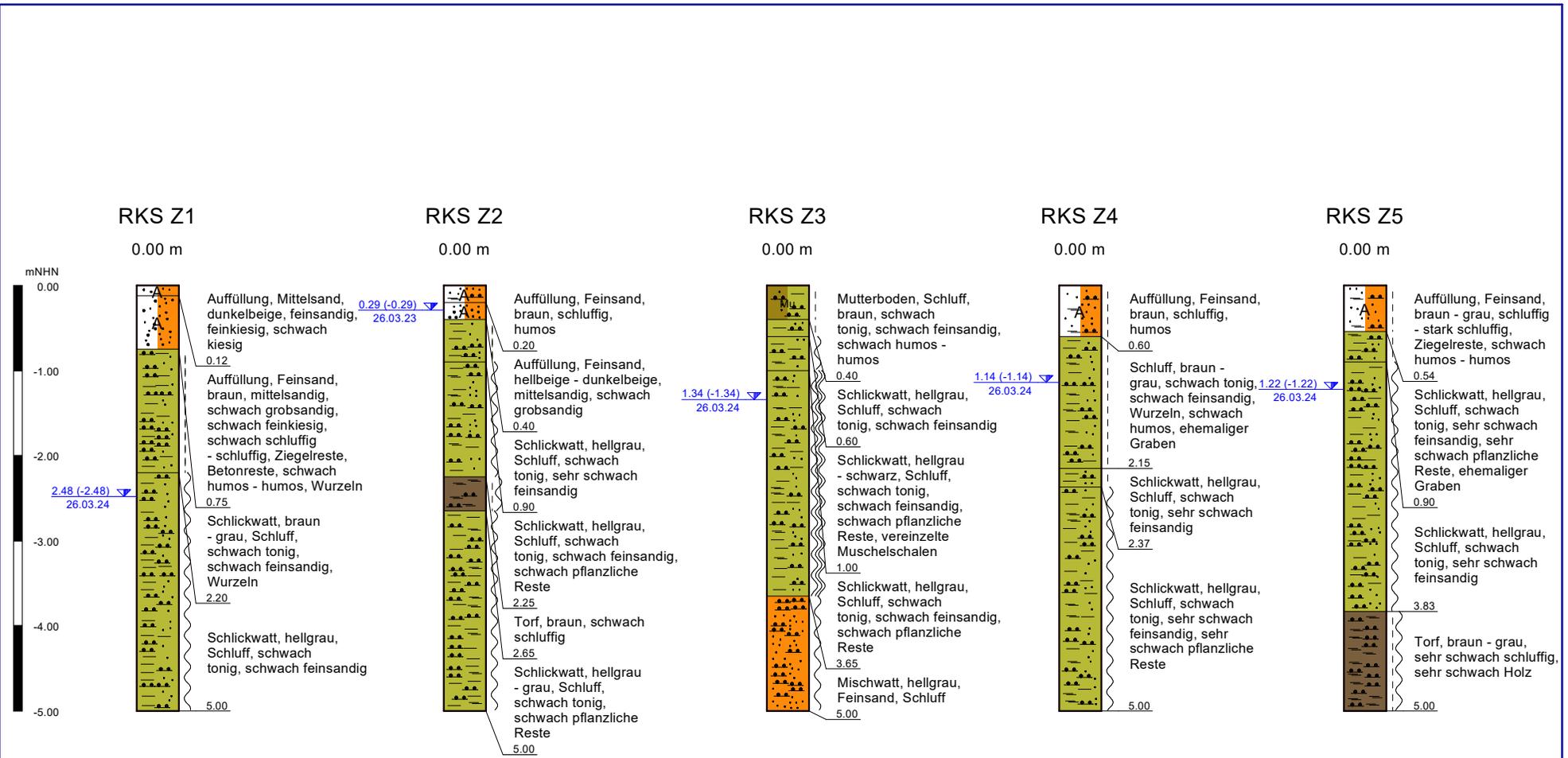
gez.: N. Willers      gepr.: Dipl.-Geol. P. Müller

Datum: **03.04.2024**

Anlage: 1



ANLAGE 2  
Bohrprofile nach DIN 4023



Konsistenzen	
	steif
	weich - steif
	weich
	breiig - weich

LEGENDE:	
RKS:	Rammkernsondierung
5.3/6.2x10E-5:	Proben-Nr./kf-Wert in m/s
<u>2.48 (-2.48)</u> 26.03.24	Grundwasser m u.GOK (mNHN) Datum

Projekt:	2023-0138 WP Rodenkirchenwupp Zuwegungen
Auftraggeber:	Regenerativen Energien Nordpol GmbH & Co. Planungs-, Erzeugung-, und Betriebs KG Abser Deich 12 26935 Stadland
Bearbeiter:	Dipl.-Geol. Petra Müller
Maßstab:	Höhe: 1 : 50

	<b>INGENIEURGEOLOGIE</b> <b>DR. LÜBBE</b>
Titel: Bohrprofile nach DIN 4023	
Anlage: 2	