

# Errichtung von drei Windenergieanlagen Bürgerwindpark Ondrup 59348 Lüdinghausen

## -- Baugrund- und Gründungsgutachten --

Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup  
Ondrup 40  
59348 Lüdinghausen

Bearbeitungsnummer: P-3448-01/23

Gutachter: Dipl.-Geol. Gregor Peletz

Datum: 15.03.2023

GeoConsult Dülmen



(Dipl.-Geol. G. Peletz)

Dieses Gutachten besteht aus 22 Seiten und 4 Anlagen

## Zusammenfassung

Gegenstand des vorliegenden Gutachtens ist die Bewertung der Tragfähigkeit der im Untergrund der drei geplanten Windenergieanlagen für den Bürgerwindpark Ondrup in Lüdinghausen anstehenden Bodenschichten.

Zur Erkundung des Untergrundes wurden im Bereich der drei WEA-Standorte jeweils drei Rammkernsondierungen und eine Sondierung mit der Schweren Rammsonde durchgeführt. Der bautechnisch relevante Untergrund setzt sich unterhalb der humosen Oberböden aus Geschiebelehmen in weicher bis steifer Konsistenz zusammen. Im Liegenden folgen die verwitterten Tonmergelsteinen der Oberkreide, die zur Tiefe hin in den rasch unverwitterten Zustand übergehen.

Das Grundwasser wurde aktuell nicht angetroffen. Die maximal eintretenden Grundwasserstände sind im Untersuchungsbereich – je nach Standort – in einem Niveau zwischen +59,5 mNN und +63,25 mNN zu erwarten, so dass dann in den Baufeldern mit einem Grundwasserflurabstand wenigen Dezimetern zu rechnen ist.

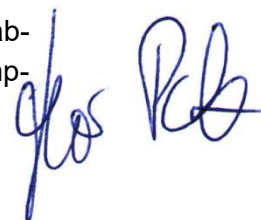
Die Gründung der Fundamente ist in den verwitterten Tonmergelsteinen mit mindestens halbfester bis fester Konsistenz bzw. im Mittel – je nach WEA-Standort – zwischen etwa +58,5 mNN und +61,5 mNN abzusetzen.

Die nach vorliegenden Unterlagen zu erreichenden Bodenpressungen und Drehfedersteifigkeiten können dann nachgewiesen werden. Mit unzulässig hohen Setzungen oder Setzungsdifferenzen ist dabei nicht zu rechnen.

Im Bereich der Kranaufstellflächen und Zufahrtswege zu den WEA-Standorten ist mindestens ein Tragschichtpolster aus Schotter 0/45 in einer Stärke von 0,5 m über einer Baugrundverbesserung mittels hydraulischer Bindemittel (Stärke etwa 0,3 m) auszubilden.

Nach den Ergebnissen der durchgeführten Baugrunduntersuchungen ist im Bedarfsfall ggf. eine offene Wasserhaltung zu betreiben. Nur falls bei maximalen Grundwasserständen die Standsicherheit der Baugrubensohle nicht gegeben wäre, sind Absenkbrunnen zur Entspannung des Grundwasserstandes vorzusehen.

Die Durchführung einer fachtechnischen Baubegleitung (Baugrubenabnahme, Verdichtungskontrollen) durch den Baugrundgutachter wird empfohlen.



## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	2
Inhaltsverzeichnis.....	3
Anlagenverzeichnis .....	3
1    Veranlassung .....	4
2    Verwendete Unterlagen .....	5
3    Beschreibung der örtlichen Situation und der Baumaßnahme .....	6
4    Baugrunduntersuchungen.....	8
4.1    Untersuchungsprogramm .....	8
4.2    Untergrundaufbau und Erdbebensituation .....	9
4.3    Grundwassersituation .....	11
5    Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung .....	13
6    Gründungstechnische Beratung und Setzungsberechnungen .....	16
6.1    Ausgangssituation, Gründungsberatung.....	16
6.2    Durchführung und Ergebnisse der Setzungsberechnungen .....	17
6.3    Nachweis der Drehfedersteifigkeit .....	18
7    Hinweise zur Bauausführung .....	19

## Anlagenverzeichnis

Anlage 1	Lagepläne der Aufschlusspunkte, Maßstab 1:250 (Anlagen 1.1 bis 1.3)
Anlage 2	Schichtenprofile der Rammkernsondierbohrungen RKS 1.1 bis RKS 3.3, Maßstab 1:25
Anlage 3	Rammdiagramme der Schweren Rammsondierungen DPH 1 bis DPH 3, Maßstab 1:25
Anlage 4	Grafische Darstellung der Setzungsberechnungen

## 1 Veranlassung

Zurzeit laufen die Planungen für die Errichtung des Bürgerwindparks Ondrup mit drei Windenergieanlagen in Lüdinghausen. Diese mussten nach ersten Planungsüberlegungen aufgrund einer vorhandenen Ferngasleitung sowie aus schallschutztechnischen Gründen jeweils um ca. 100 m gegenüber den ursprünglich geplanten Standorten verschoben werden.

GeoConsult Dülmen wurde durch die Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen, mit Datum vom 23.01.2023 beauftragt, für das die nunmehr vorgesehene Standorte Baugrunduntersuchungen durchzuführen und auf der Basis dieser Untersuchungsergebnisse ein Baugrund- und Gründungsgutachten auszuarbeiten.

Gegenstand des hier vorliegenden Baugrundgutachtens ist die Darstellung der Untergrundverhältnisse und Grundwassersituation aufgrund von Felduntersuchungen sowie Erfahrungswerten aus benachbarten und vergleichbaren Baumaßnahmen. Hieraus werden allgemeine Aussagen zur Tragfähigkeitssituation der anstehenden Böden abgeleitet und allgemeine Hinweise im Hinblick auf die geplante Bebauung gegeben.

Grundlage des zu erarbeitenden Baugrundgutachtens bilden die vom AG bzw. vom Planer zur Verfügung gestellten Unterlagen, bei GeoConsult Dülmen vorhandenes Kartenmaterial sowie die Ergebnisse der im Rahmen der Baugrunduntersuchungen angelegten Baugrundaufschlüsse und ergänzenden Feld- und Laboruntersuchungen.

Die erforderlichen Erkundungsarbeiten für das geplante Bauvorhaben wurden im Februar / März 2023 durchgeführt.

**Das hier vorliegende Baugrundgutachten mit Datum vom 15.03.2023 ersetzt das mit Datum vom 07.06.2022 erstellte Gutachten (Projektnummer GCD-P-3448/22) für die ursprünglich geplanten Standorte der Windenergieanlage, das damit seine Gültigkeit verliert.**

## 2 Verwendete Unterlagen

- [1] Vermessungsbüro Pölling & Homoet, Coesfeld: Lageplan zur Entwurfsplanung, Maßstab ca. 1:2.000, Stand 16.12.2022
- [2] Nordex Energy SE & Co. KG, Hamburg: Fundament N163/6.X TCS164 und N163/6.X TS118-03, Stand 17.08.2021 / 09.12.2021
- [3] Geologischer Dienst Nordrhein-Westfalen, Krefeld: Geologische Karte von Nordrhein-Westfalen 1:25.000, Blatt 4110 Senden und Blatt 4210 Lüdinghausen, mit Erläuterungen. – Krefeld, 2004 / 2006
- [4] Landesvermessungsamt Nordrhein-Westfalen, Essen: Karte der Grundwassergleichen in Nordrhein-Westfalen, Stand April 1988, Blatt L4110 Münster und L4310 Lünen. – 1995
- [5] Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen, Düsseldorf: Internetportal NRW Umweltdaten vor Ort ([www.uvo.nrw.de](http://www.uvo.nrw.de))
- [6] Bundesfachgruppe Schwertransporte und Kranarbeiten (BSK) e.V., Frankfurt/Main: Anforderungen an Baustraße und Kran-Aufstellplätze für die Errichtung von Windenergieanlagen, Stand 29.07.2015
- [7] Verwendete Normen und technische Vorschriften:
  - DIN 1055 Baugrund: Lastannahmen für Bauten; Bodenkenngrößen
  - DIN EN 1997 Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik; Teil 1: Allgemeine Regeln
  - DIN 4019/1 Baugrund: Setzungsberechnung bei lotrechter mittlerer Belastung
  - DIN 4124 Baugruben und Gräben; Böschungen, Arbeitsraumbreiten, Verbau

Hinweise und Empfehlungen stützen sich auf die einschlägigen DIN-Normen sowie Zusätzlichen Technischen Vertragsvereinbarungen und Richtlinien für den Erd- und Straßenbau.

### 3 Beschreibung der örtlichen Situation und der Baumaßnahme

Das zu bewertende Areal liegt nordwestlich der Ortslage von Lüdinghausen in der Bauernschaft Ondrup, nördlich und südlich der Kreisstraße K16. Hier ist vorgesehen, drei neue Windenergieanlagen zu errichten, die entsprechend [1] wie folgt zu beschreiben sind:

- Standort WEA 1  
Typ N163/6.8 mit Nabenhöhe 164 m  
Koordinaten Fundamentmittelpunkt (UTM) 32388539,0 / 5740276,0  
Gemarkung Lüdinghausen-Kirchspiel / Flur 47 / Flurstück Nr. 23
- Standort WEA 2  
Typ N163/6.8 mit Nabenhöhe 118 m  
Koordinaten Fundamentmittelpunkt (UTM) 32388589,7 / 5739911,3  
Gemarkung Seppenrade / Flur 54 / Flurstück Nr. 17
- Standort WEA 3  
Typ N163/6.8 mit Nabenhöhe 164 m  
Koordinaten Fundamentmittelpunkt (UTM) 32388863,0 / 5739612,0  
Gemarkung Seppenrade / Flur 54 / Flurstück Nr. 22

Das Areal liegt an allen drei Standorten aktuell als landwirtschaftlich genutzte Ackerfläche vor. Die aktuelle Geländeoberkante (GOK) ist insgesamt sehr eben ausgebildet, es liegt grundsätzlich ein leichtes Gefälle von Westen nach Osten vor. Auf Basis der Höhenangaben in der Deutschen Grundkarte DGK5 (recherchiert unter GEObasis.nrw) können für die Fundamentmittelpunkte folgende Geländehöhen angenommen werden:

- Standort WEA 1 → ca. +60,0 mNN
- Standort WEA 2 → ca. +61,25 mNN
- Standort WEA 3 → ca. +63,75 mNN

Im Bereich jedes der drei WEA-Standorte wurde eine Höhendifferenz von etwa  $\pm 0,25$  m um den jeweiligen Fundamentmittelpunkt ermittelt.

Nach vorliegender Planung ([1] und [2]) sollen im Bürgerwindpark Ondrup drei Windenergieanlage des Herstellers Nordex, Hamburg, vom Typ N163/6.8 mit einem Rotordurchmesser von 163 m und einer Nabenhöhe von 164 m (Standorte WEA 1 und WEA 3) bzw. 118 m (WEA 2) aufgestellt werden.

Entsprechend [2] sollen die Windenergieanlagen über Kreisfundamente wie folgt gegründet werden:

- Standorte WEA 1 und WEA 3  
Fundamentdurchmesser 25,5 m  
Gründungsebene 0,7 m unter GOK mit einer dauerhaften Erdüberschüttung in einer Stärke von rund 1,9 m
- Standort WEA 2  
Fundamentdurchmesser 28,5 m  
keine Angaben zur Gründungsebene in m unter GOK; Gesamthöhe des Fundamentes 3,45 m mit einer dauerhaften Erdüberschüttung

Die anzusetzenden, maximalen charakteristischen Kantenpressungen sind in [2] wie folgt angegeben:

- Lastfall BS-P  $\rightarrow \sigma_{R,k} \geq 222 \text{ kN/m}^2$  (WEA 1 und 3) /  
270 kN/m<sup>2</sup> (WEA 2)
- Lastfall BS-A  $\rightarrow \sigma_{R,k} \geq 257 \text{ kN/m}^2$  (WEA 1 und 3)

Die nachzuweisenden Drehfedersteifigkeiten im Niveau der Gründung werden in [2] für die statische Drehfedersteifigkeit mit  $k_{\phi, \text{stat}} = 60.000 \text{ MNm/rad}$  (WEA 1 und 3) bzw.  $35.000 \text{ MNm/rad}$  (WEA 2) sowie für die dynamische Drehfedersteifigkeit mit  $k_{\phi, \text{dyn}} = 300.000 \text{ MNm/rad}$  (WEA 1 und 3) bzw.  $140.000 \text{ MNm/rad}$  (WEA 2) angegeben.

Angaben zu den geplanten Bauwerkshöhen und der sich daraus ergebenden Gründungsebene liegen GeoConsult Dülmen zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vor, so zunächst – vorbehaltlich der noch ausstehenden weiteren Planung zunächst eine Gründungsebene in einem Niveau von jeweils 0,9 m unter mittlerer aktueller GOK angenommen wird.

Bei dieser Höhenkote handelt es sich ausdrücklich um eine Annahme und nicht um eine Planungsvorgabe!

## **4 Baugrunduntersuchungen**

### **4.1 Untersuchungsprogramm**

Zur Erkundung des Baugrundes wurden am 24.02. und am 13.03.2023 im Bereich jedes Fundamentes der drei geplanten Windenergieanlagen drei Rammkernsondierungen (RKS 1.1 bis RKS 3.3; Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1) sowie jeweils eine Sondierungen mit der Schweren Rammsonde (DPH 1 bis DPH 3 gemäß DIN EN ISO 22476-2) niedergebracht.

Die Lage der Aufschlusspunkte geht aus dem Lageplan in der Anlage 1 hervor. In der Anlage 2 sind die Bohrprofile der niedergebrachten Rammkernsondierbohrungen dargestellt, die Anlage 3 zeigt das Rammdiagramm der Schweren Rammsondierung.

Die Bohr- und Rammansatzpunkte wurden nach Beendigung der Bohrarbeiten nach Lage und Höhe eingemessen. In Ermangelung eines Höhenfestpunktes im Gelände wurde die Höhenlage des Fundamentmittelpunktes aus der Deutschen Grundkarte DGK5 abgelesen und als Höhenbezugspunkt herangezogen. Es wird ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die im Rahmen der Baugrunduntersuchungen ermittelten Geländehöhen lediglich einen orientierenden Charakter aufweisen und daher nicht als Grundlage für weitere Planungsschritte herangezogen werden dürfen.

Die Bohrungen und Rammsondierungen wurden bei Eintritt der Geräteauslastung (kein weiterer Bohr- / Sondierfortschritt aufgrund anstehender Festgesteine) zwischen 1,4 m und 2,7 m unter GOK eingestellt. Aus den niedergebrachten Rammkernsondierungen wurden gestörte Bodenproben für die ingenieurgeologische und bodenmechanische Ansprache und Klassifikation entnommen.

Die entnommenen Bodenproben werden bis drei Monate nach Abgabe des Baugrundgutachtens aufbewahrt und dann, falls vom Auftraggeber nicht anders bestimmt, verworfen.



## 4.2 Untergrundaufbau und Erdbebensituation

Nach Auswertung der angelegten Bodenaufschlüsse (vgl. hierzu die Bohrprofile und Rammdiagramme in den Anlagen 2 und 3) lässt sich für den untersuchten Bereich der geplanten Windenergieanlage folgender **Schichtenaufbau** erkennen und folgendes Baugrundmodell entwickeln:

### Standort WEA 1

**bis 0,5 m unter GOK**                      **humoser Oberboden**  
(Mutterboden), sandig, schluffig, erdfeucht.

**bis 1,3/1,4 m unter GOK**              **Grundmoräneablagerungen**  
(Geschiebelehm) nach [3], ausgebildet als Schluff, sandig bis stark sandig, schwach tonig bis tonig, erdfeucht bis feucht. Die Geschiebelehme liegen nach Handspezifikation überwiegend in einer weichen bis steifen Konsistenz vor.

**bis zur max. Aufschlusstiefe**  
**von 1,4/2,2 m unter GOK**              **Tonmergelsteine** der Oberkreide (Dülmener Schichten) nach [3], stark verwittert bis schwach verwittert, erdfeucht. Die verwitterten Tonmergelsteine weisen eine halbfeste Konsistenz auf und gehen zur Tiefe – mit abnehmendem Verwitterungsgrad – rasch in einen festen Zustand über.  
Die erreichbare Endteufe der Bodenaufschlüsse markiert erfahrungsgemäß den Übergang von den verwitterten zu den nahezu unverwitterten Festgesteinen. Dieser ist somit in einer Tiefenlage zwischen etwa 1,4 m und 2,2 m unter Bezugsebene bzw. zwischen rund +57,5 mNN und +58,5 mNN zu erwarten.

### Standort WEA 2

**bis 0,5 m unter GOK**                      **humoser Oberboden**  
(Mutterboden), sandig, schluffig, feucht.

**bis 2,0/2,2m unter GOK**              **Grundmoräneablagerungen**  
(Geschiebelehm) nach [3], ausgebildet als Schluff, sandig, tonig, erdfeucht bis feucht. Die Geschiebelehme liegen nach Handspezifikation in einer weichen bis steifen Konsistenz vor.

**bis zur max. Aufschlusstiefe**  
**von 2,2/2,7 m unter GOK**              **Tonmergelsteine** der Oberkreide (Dülmener Schichten) nach [3], verwittert, erdfeucht. Die verwitterten Tonmergelsteine weisen eine halbfeste Konsistenz auf und gehen zur Tiefe –

mit abnehmendem Verwitterungsgrad – rasch in einen festen Zustand über.

Die erreichbare Endteufe der Bodenaufschlüsse markiert erfahrungsgemäß den Übergang von den verwitterten zu den nahezu unverwitterten Festgesteinen. Dieser ist somit in einer Tiefenlage zwischen etwa 2,2 m und 2,7 m unter Bezugsebene bzw. zwischen rund +58,45 mNN und +59,25 mNN zu erwarten.

### **Standort WEA 3**

#### **bis 0,6/0,7 m unter GOK            humoser Oberboden**

(Mutterboden), sandig, schluffig, feucht.

#### **bis 1,9/2,1 m unter GOK            Grundmoräneablagerungen**

(Geschiebelehm) nach [3], ausgebildet als Schluff, sandig, tonig, erdfeucht bis feucht. Die Geschiebelehme liegen nach Handspezifikation überwiegend in einer weichen bis steifen, teils auch steifen Konsistenz vor.

#### **bis zur max. Aufschlusstiefe**

#### **von 2,0/2,7 m unter GOK            Tonmergelsteine** der Oberkreide

(Dülmener Schichten) nach [3], verwittert, erdfeucht. Die verwitterten Tonmergelsteine weisen eine halb feste Konsistenz auf und gehen zur Tiefe – mit abnehmendem Verwitterungsgrad – rasch in einen festen Zustand über.

Die erreichbare Endteufe der Bodenaufschlüsse markiert erfahrungsgemäß den Übergang von den verwitterten zu den nahezu unverwitterten Festgesteinen. Dieser ist somit in einer Tiefenlage zwischen etwa 2,0 m und 2,7 m unter Bezugsebene bzw. zwischen rund +61,15 mNN und +61,9 mNN zu erwarten.

Grundsätzlich können in den Grundmoräneablagerungen grobe Inhaltsstoffe (Geschiebe, „Findlinge“) in Stein- und Blockgröße auftreten. Hinweise auf das Vorhandensein solcher grober Inhaltsstoffe wurden nicht erbohrt, gänzlich auszuschließen sind sie im Baufeld jedoch nicht.

Entsprechend der Angaben in DIN EN 1998-1 / NA:2011-01 (Erdbebenzonenkarte) ist der Untersuchungsbereich der drei Standorte für die Windenergieanlagen keiner **Erdbebenzone** zuzuordnen.

### 4.3 Grundwassersituation

Freies **Grundwasser** wurde im Zuge der Baugrunduntersuchungen im Mai 2022 in den abgeteufte Bohrungen bis zur erreichbaren Endteufe nicht angetroffen. Die erbohrten Bodenschichten wurden als erdfeucht bis feucht angesprochen.

Entsprechend der Angaben in der Grundwassergleichenkarte von Nordrhein-Westfalen [4] kann den Untersuchungsbereich für April 1988 – zu einem Zeitpunkt landesweit hoher Grundwasserstände – ein Grundwasserstand von etwa +59 mNN abgelesen werden (siehe Abbildung 1).

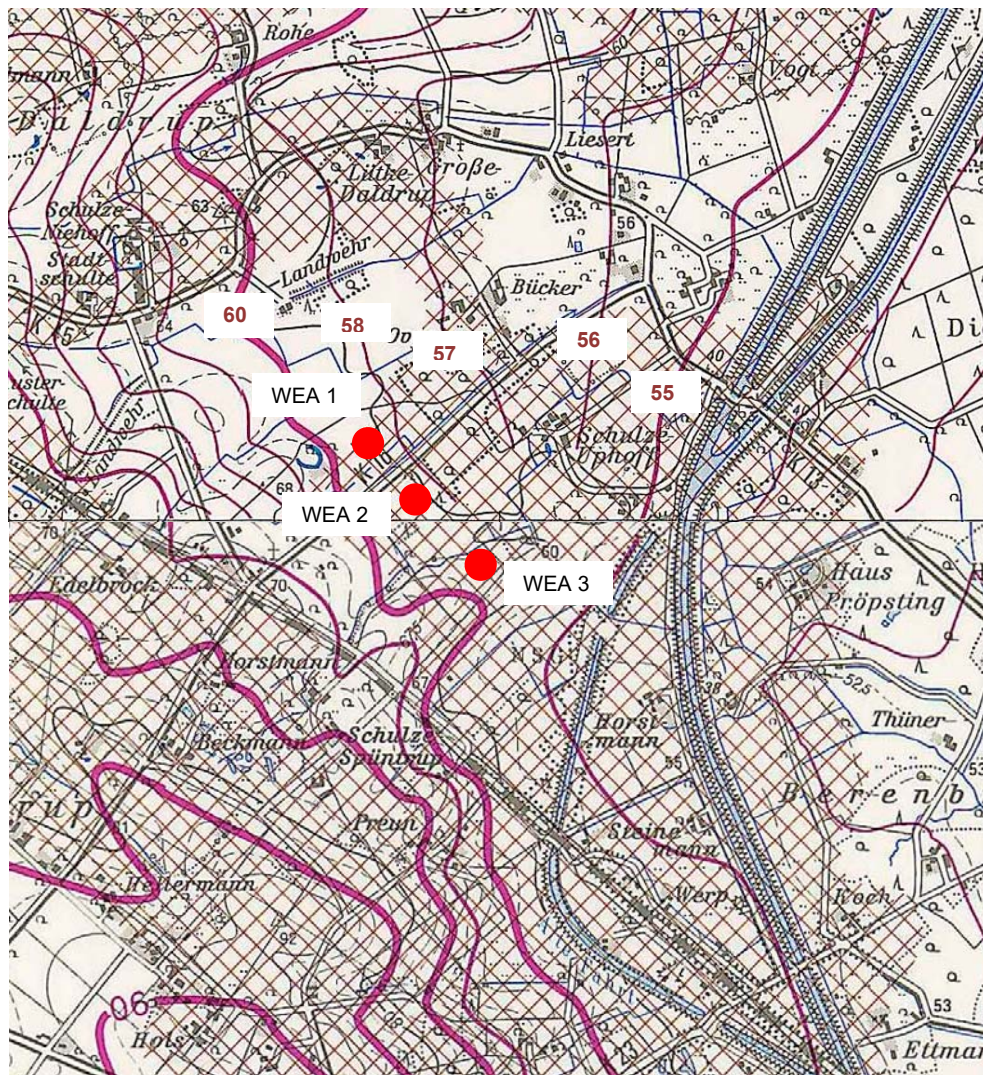


Abbildung 1: Auszug aus der Grundwassergleichenkarte NRW, Blätter L4110 Münster (oben) und L4310 Lünen (unten) [4]

Nach vorliegenden Grundwasserstandsaufzeichnungen in nahegelegenen Messstellen (recherchiert unter [5]) muss davon ausgegangen werden, dass die höchsten zu erwartenden Grundwasserstände wenige Dezimeter unter aktueller GOK eintreten. Insofern muss der Bemessungswasserstand für die drei Standorte wie folgt angenommen werden:

- Standort WEA 1 → ca. +59,5 mNN
- Standort WEA 2 → ca. +60,75 mNN
- Standort WEA 3 → ca. +63,25 mNN

Die Vorflut im Untersuchungsgebiet wird durch die Stever gebildet, die rund 4 km östlich des Untersuchungsbereichs verläuft und das Areal nach Süden entwässert. Dementsprechend liegt ein etwa nach Osten bzw. Südosten gerichteter Grundwasserabstrom vor.

Die zu betrachtenden Standorte liegen nach [5] außerhalb festgesetzter Trinkwasserschutzzonen.



## 5 Bodenkennwerte und Bodenklassifizierung

Ausgehend von den Ergebnissen der zuvor dokumentierten Feld- und Laboruntersuchungen sowie den Angaben aus [3] und [6] lassen sich die Bodenkennwerte der in den bautechnisch relevanten Untergrundbereichen angetroffenen Schichten unter Berücksichtigung von Erfahrungswerten aus vergleichbaren Bauvorhaben und Untergrundverhältnissen abschätzen.

In der nachfolgenden Tabelle 1 der einzelnen Bodenschichten bzw. der dem Baugrundmodell zuzuordnenden Homogenbereiche angegeben.

Hierbei erfolgt auch eine Klassifikation der Bodenschichten entsprechend der DIN 18196 sowie der DIN 18300. Bei letzterem wird sowohl die Klassifikation nach VOB 2012 vorgenommen als auch eine Einteilung und Beschreibung in Homogenbereiche entsprechend der aktuell gültigen VOB 2019.

Anhand der erbohrten Untergrundsichtung kann der Baugrund im Sinne der DIN 18300 (VOB 2019) für das Gewerk Erdbau in drei Homogenbereich wie folgt eingeteilt werden:

### Lösen und Laden

- Homogenbereich 1 → Mutterboden
- Homogenbereich 2 → Geschiebelehm
- Homogenbereich 3 → Tonmergelsteine

### Wiedereinbauen und Verdichten

- Homogenbereich 1 → Mutterboden
- Homogenbereich 2 → Geschiebelehm
- Homogenbereich 3 → Tonmergelsteine

Tabelle 1: Charakteristische Bodenkennwerte und Klassifikationen der Homogenbereiche

	Schichteinheit 1				Schichteinheit 2				Schichteinheit 3				Schichteinheit 4			
ortsübliche / geologische Bezeichnung	Humoser Oberboden				Geschiebelehm				Tonmergelstein							
Bodenansprache	Humoser Oberboden				Schluff, (stark) sandig, (schwach) tonig				Tonmergelstein, verwittert				Tonmergelstein, unverwittert			
Massenanteile Steine   Blöcke   große Blöcke	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kornkennziffer Ton   Schluff   Sand   Kies (geschätzt)	--	--	--	--	1-2	3-7	2-4	0	--	--	--	--	--	--	--	--
Konsistenzen	--				weich bis steif				halbfest bis fest				fest, geklüftet			
Plastizität	--				leicht- bis mittelplastisch				--				--			
Lagerungsdichte	locker				--				--				--			
Organischer Anteil (geschätzt)	> 10 %				< 1 %				< 1 %				< 1 %			
<b>Homogenbereiche VOB 2019</b>																
DIN 18300 (Lösen)	Homogenbereich 1				Homogenbereich 2				Homogenbereich 3							
DIN 18300 (Wiedereinbau)	Homogenbereich 1				Homogenbereich 2				Homogenbereich 3							
Bodengruppen gemäß DIN 18196	OH				UL / UM				--				--			
Bodenklassen gem. DIN 18300 (VOB 2012)	1				4, bei $l_c < 0,5 \rightarrow 2$ bei „Findlingen“ $\rightarrow 6$				6				6 – 7			
Verdichtbarkeitsklassen nach ZTV A	--				V3				--				--			
Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E	F2				F3				--				--			

	Schichteinheit 1	Schichteinheit 2	Schichteinheit 3	Schichteinheit 4
ortsübliche / geologische Bezeichnung	Humoser Oberboden	Geschiebelehm	Tonmergelstein	
Wichte feuchter Boden $\gamma_{k}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	16,0	19,0 – 19,5	21,5	23,5
Wichte unter Auftrieb $\gamma_{k'}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	6,0	9,0 – 9,5	11,5	13,5
Reibungswinkel $\varphi_{k'}$ [°]	22,5	27,5	35,0	> 37,5
Kohäsion $c_{k'}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	0	5 – 15	25 – 100	0
undrained Scherfestigkeit $c_{u,k'}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	--	15 – 50	100 – 500	--
Steifemodul statisch $E_{S,k,stat}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	0,5	8 – 15	60 – 100	>> 250
Steifemodul dynamisch $E_{S,k,dyn}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	2,5	50 – 150	500	1.000
Schubmodul dynamisch $G_d$ [MN/m <sup>2</sup> ]	5	20 – 50	150 – 300	1.000 – 3.000
Querdehnungszahl $\nu$ [ -- ]	0,25	0,4	0,35	0,3
Durchlässigkeitsbeiwert $k_{f,k}$ [m/s]	< 10 <sup>-4</sup>	< 10 <sup>-7</sup>	< 10 <sup>-6</sup> (Klüfte)	< 10 <sup>-6</sup> (Klüfte)

## 6 Gründungstechnische Beratung und Setzungsberechnungen

### 6.1 Ausgangssituation, Gründungsberatung

Nach vorliegender Planung ([1] und [2]) sollen im Bürgerwindpark Ondrup drei Windenergieanlage des Herstellers Nordex, Hamburg, vom Typ N163/6.8 mit einem Rotordurchmesser von 163 m und einer Nabhöhe von 164 m (Standorte WEA 1 und WEA 3) bzw. 118 m (WEA 2) aufgestellt werden.

Entsprechend [2] sollen die Windenergieanlagen über Kreisfundamente wie folgt gegründet werden:

- Standorte WEA 1 und WEA 3  
Fundamentdurchmesser 25,5 m  
Gründungsebene 0,7 m unter GOK mit einer dauerhaften Erdüberschüttung in einer Stärke von rund 1,9 m
- Standort WEA 2  
Fundamentdurchmesser 28,5 m  
keine Angaben zur Gründungsebene in m unter GOK; Gesamthöhe des Fundamentes 3,45 m mit einer dauerhaften Erdüberschüttung

Die anzusetzenden, maximalen charakteristischen Kantenpressungen sind in [2] wie folgt angegeben:

- Lastfall BS-P  $\rightarrow \sigma_{R,k} \geq 222 \text{ kN/m}^2$  (WEA 1 und 3) /  
270 kN/m<sup>2</sup> (WEA 2)
- Lastfall BS-A  $\rightarrow \sigma_{R,k} \geq 257 \text{ kN/m}^2$  (WEA 1 und 3)

Die nachzuweisenden Drehfedersteifigkeiten im Niveau der Gründung werden in [2] für die statische Drehfedersteifigkeit mit  $k_{\phi, \text{stat}} = 60.000 \text{ MNm/rad}$  (WEA 1 und 3) bzw. 35.000 MNm/rad (WEA 2) sowie für die dynamische Drehfedersteifigkeit mit  $k_{\phi, \text{dyn}} = 300.000 \text{ MNm/rad}$  (WEA 1 und 3) bzw. 140.000 MNm/rad (WEA 2) angegeben.

Angaben zu den geplanten Bauwerkshöhen und der sich daraus ergebenden Gründungsebene liegen GeoConsult Dülmen zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht vor, so zunächst – vorbehaltlich der noch ausstehenden weiteren Planung zunächst eine Gründungsebene in einem Niveau von jeweils 0,9 m unter mittlerer aktueller GOK angenommen wird.

Bei dieser Höhenkote handelt es sich ausdrücklich um eine Annahme und nicht um eine Planungsvorgabe!



Prinzipiell sind die im Untergrund des geplanten Bauvorhabens anstehenden Böden als bedingt geeignet (Geschiebelehme) bis geeignet für eine Flachgründung der geplanten Windenergieanlage anzusehen. Eine Gründung der Fundamente innerhalb der nur eingeschränkt tragfähigen Geschiebelehme wird aus gutachterlicher Sicht nicht befürwortet.

Zur Vermeidung unzulässig hoher Setzungen oder Setzungsdifferenzen sind die Fundamente vollflächig in den verwitterten Tonmergelsteinen mit mindestens halbfester bis fester Konsistenz abzusetzen. Die entsprechenden Niveaus können nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen für die einzelnen Standorte im Mittel wie folgt angenommen werden:

- Standort WEA 1 → ca. +58,5 mNN
- Standort WEA 2 → ca. +59,0 mNN
- Standort WEA 3 → ca. +61,5 mNN

Innerhalb der einzelnen Fundamentstandorte können die Werte etwas differieren.

Im Bereich der einzelnen Standorte sind entweder die Gründungsebenen der Fundamente auf die o.a. Niveaus zu legen oder die Sauberkeitsschicht aus Magerbeton entsprechend zu verstärken.

## 6.2 Durchführung und Ergebnisse der Setzungsberechnungen

Für die Durchführung der Setzungsberechnungen werden folgende limitierende Randbedingungen in Ansatz gebracht:

- maximal zulässige Setzungen  $S_g = 2,0$  cm
- maximal zulässige Winkelverdrehung  $\alpha_{krit} = 1/500$
- Teilsicherheitsbeiwerte für Grundbruch und Gleiten entsprechend der DIN EN 1997 / EC7 für die Bemessungssituationen BS-P, BS-T und BS-A
- Bodenkennwerte für die relevanten Bodenschichten entsprechend Kapitel 5 (Tabelle 1)
- Lastannahmen entsprechend der Angaben in [2] für die Bemessungssituationen BS-P und BS-A

Die grafische Darstellung der Ergebnisse der Setzungsberechnungen ist in der Anlage 4 dargestellt. Die Ergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

Je nach Bemessungssituation liegen die Setzungen in den kennzeichnenden Punkten des Fundaments zwischen 0 und maximal 0,7 cm. Die Setzungsdifferenzen, die aus unterschiedlichen Untergrundverhältnissen resultieren, liegen in einer Größenordnung von wenigen Millimetern.

Bei einer Gründung in den verwitterten Tonmergelsteinen kann ein Bemessungswert des Sohlwiderstandes von  $\sigma_{R,d} = 710 \text{ kN/m}^2$  (entspricht einer zulässigen Bodenpressung bzw. einem charakteristischen Sohlwiderstand im Sinne der DIN 1054:2550 von  $\sigma_{zul} / \sigma_{E,K} = 500 \text{ kN/m}^2$ ) in Ansatz gebracht werden.

Die charakteristischen Kantenpressungen entsprechend [2] können vom Baugrund somit aufgenommen werden.

Der anzusetzende Bettungsmodul kann mit  $35 \text{ MN/m}^3$  beziffert werden.

Die aufgrund der unterschiedlichen Untergrundaufbauten zu erwartenden Setzungsdifferenzen liegen in einer Größenordnung von wenigen Millimetern ( $< 0,7 \text{ cm}$ ). Sie treten jedoch auf einer Entfernung von mehreren Metern auf sind daher als nicht bauwerksschädlich anzusehen.

### 6.3 Nachweis der Drehfedersteifigkeit

Auf der Grundlage der in der Tabelle 1 abgeschätzten Bodenkennwerte (vgl. Kapitel 5) lässt sich die Drehfedersteifigkeit über die Formel

$$k_{\varphi} = E \times r^3 \times \frac{4}{3} \times \frac{1 - \nu - 2\nu^2}{(1 + \nu) \times (1 - \nu)^2}$$

mit  $E$  = Steifemodul  
 $r$  = Radius Fundament  
 $\nu$  = Querdehnungszahl

berechnen.

Hieraus ergeben sich folgende Drehfedersteifigkeiten:

- WEA 1 und WEA 3  
 $K_{\varphi,stat} = 117.738 \text{ MNm/rad} > \text{gefordert } 60.000 \text{ MNm/rad}$   
 $k_{\varphi,dyn} = 490.573 \text{ MNm/rad} > \text{gefordert } 300.000 \text{ MNm/rad}$
- WEA 2  
 $K_{\varphi,stat} = 164.372 \text{ MNm/rad} > \text{gefordert } 35.000 \text{ MNm/rad}$   
 $k_{\varphi,dyn} = 684.885 \text{ MNm/rad} > \text{gefordert } 140.000 \text{ MNm/rad}$

Bei einer Gründung der Fundamente in den verwitterten Tonmergelsteinen mit mindestens halbfester bis fester Konsistenz können somit hinreichende Drehfedersteifigkeiten nachgewiesen werden.

## 7 Hinweise zur Bauausführung

Prinzipiell sind die im Untergrund des geplanten Bauvorhabens anstehenden Böden als bedingt geeignet (Geschiebelehme) bis geeignet für eine **Flachgründung** der geplanten Windenergieanlage anzusehen. Eine Gründung der Fundamente innerhalb der nur eingeschränkt tragfähigen Geschiebelehme wird aus gutachterlicher Sicht nicht befürwortet.

Zur Vermeidung unzulässig hoher Setzungen oder Setzungsdifferenzen sind die Fundamente vollflächig in den verwitterten Tonmergelsteinen mit mindestens halbfester bis fester Konsistenz abzusetzen. Die entsprechenden Niveaus können nach den Ergebnissen der Baugrunduntersuchungen für die einzelnen Standorte im Mittel wie folgt angenommen werden:

- Standort WEA 1 → ca. +58,5 mNN
- Standort WEA 2 → ca. +59,0 mNN
- Standort WEA 3 → ca. +61,5 mNN

Innerhalb der einzelnen Fundamentstandorte können die Werte etwas differieren.

Im Bereich der einzelnen Standorte sind entweder die Gründungsebenen der Fundamente auf die o.a. Niveaus zu legen oder die Sauberkeitsschicht aus Magerbeton entsprechend zu verstärken.

Für die Herstellung der **Kranauflageflächen** ist entsprechend der Empfehlungen im BSK-Leitfaden „Anforderungen an Baustraßen und Kran-Aufstellplätze für die Errichtung von Windenergieanlagen“ eine Frostschutzschicht in einer Stärke von mindestens 40 cm und eine Deck- / Schottertragschicht in einer Stärke von mindestens 10 cm auszubilden. An der Basis der Frostschutzschicht zum gegebenen Untergrund ist demnach ein Geotextil mit einem Flächengewicht von mindestens 400 g/m<sup>2</sup> anzuordnen.

Aufgrund der Tatsache, dass im Bereich der drei WEA-Standorte oberflächennah Geschiebelehme mit lediglich weicher bis steifer Konsistenz vorgefunden wurden, wird zunächst folgender Tragschichtaufbau empfohlen:

- Einbringen hydraulischer Bindemittel („Verkalkung“) in die anstehenden Geschiebelehme, Stärke etwa 0,3 m
- geotextiles Trennvlies, Flächengewicht mindestens 400 g/m<sup>2</sup>
- 0,5 m Schottertragschicht, Kornabstufung 0/45

Nur bei Auftreten von stark aufgeweichten bindigen Böden wäre das Tragschichtpolster ggf. zu verstärken sowie u.U. zusätzlich ein Geogitter-Vlies-Kombiprodukt mit einem Flächengewicht von mindestens 400 g/m<sup>2</sup> (z.B.

Duogrid 40/40 B15 des Herstellers HUESKER oder vergleichbar) zu verlegen. Anpassungen im Tragschichtaufbau wären ggf. auch dann erforderlich, wenn seitens des Anlagenaufstellers höhere Anforderungen an den Untergrund gestellt werden.

Für die „Verkalkung“ der anstehenden Geschiebelehme ist das „Merkblatt über Bodenverfestigungen und Bodenverbesserungen mit Bindemitteln“ der FGSV zu berücksichtigen. Bei den gegebenen Untergrundverhältnissen kommt die Verwendung von Feinkalk oder Kalkhydrat in Frage. Alternativ kann ein Mischbindemittel (z.B. das Produkt DOROSOL C30 des Herstellers Holcim oder vergleichbar) verwendet werden. Überschlägig kann dabei mit einer Bindemittelmenge von 4 % (entspricht einer Menge von rund 25 kg/m<sup>2</sup>) kalkuliert werden. Vor Einbringen des hydraulischen Bindemittels sind vorlaufend Eignungsprüfungen entsprechend des o.g. FGSV-Merkblattes vorzunehmen.

Es wird empfohlen, eine „Kalkung“ im Baumischverfahren („mixed in place“) vorzunehmen.

Das Tragschichtmaterial ist mittels geeigneter Verdichtungsgeräte bis auf 100 % der Proctordichte zu verdichten. Dabei ist die unterste Einbaulage so statisch zu verdichten, dass der unterlagernde bindige Boden nicht in seiner Struktur gestört und in seiner Tragfähigkeit herabgesetzt wird.

Das Material der Schottertragschicht ist im Vor-Kopf-Einbau einzubringen. Ein Überfahren des freigelegten Aushubplanums mit Baufahrzeugen ist zwingend zu vermeiden. Ebenso ist das Tragschichtmaterial unmittelbar nach dem Freilegen des Aushubplanums zum Schutz gegen Witterungseinflüsse anzudecken.

Die erreichte Verdichtung ist nachzuweisen. Dabei ist auf der Oberkante des Tragschichtmaterials – vorbehaltlich anders lautender Vorgaben des Anlagenaufstellers – mittels Plattendruckversuchen gemäß DIN 18134 ein  $E_{v2}$ -Wert von mindestens 100 MN/m<sup>2</sup> bei einem Verhältniswert von  $E_{v2} / E_{v1} \leq 2,3$  nachzuweisen.

Der im Zuge der Bautätigkeiten anfallende **Aushubboden** ist nach VOB-DIN 18300 (VOB 2012) wie folgt zu klassifizieren:

- Mutterboden → Bodenklasse 1
- Geschiebelehm → Bodenklasse 4, bei  $I_c < 0,5$  → Klasse 2  
→ bei Auftreten von „Findlingen“ → Klasse 6
- Tonmergelstein → Bodenklasse 6 – 7

Im Rahmen der Baumaßnahme kann das anfallende Aushubmaterial nicht verwendet werden und wär daher abzufahren. Sollten hierzu chemische Analysen zur Festlegung der LAGA-Klassifikation bzw. der Materialwerte gemäß Ersatzbaustoffverordnung erforderlich werden, können diese im Bedarfsfall an den Rückstellproben ausgeführt werden.

Freies Grundwasser wurde nicht angetroffen. Die maximal eintretenden Grundwasserstände sind im Untersuchungsbereich – je nach WEA-Standort – in einem Niveau zwischen etwa +59,5 mNN und +63,25 mNN zu erwarten so dass dann in den einzelnen Baufeldern mit einem Grundwasserflurabstand wenigen Dezimetern zu rechnen ist. Temporär kann es zudem zu einem oberflächennahen Aufstau von Sicker- und Schichtenwasser kommen. **Wasserhaltungsmaßnahmen** zur bauzeitlichen Absenkung des Wasserstands werden bei vergleichbaren oder niedrigeren Grundwasserständen als im Februar / März 2023 nicht erforderlich. Zur Abführung von ankommendem Niederschlags- bzw. Hangwasser ist im Bedarfsfall lediglich eine offene Wasserhaltung über Pumpensümpfe zu betreiben.

Die Gerätschaften zur Einrichtung und zum Betrieb einer offenen Wasserhaltung (Pumpe, Pumpensumpf, Filterkies) sind während der Erdarbeiten dauerhaft auf der Baustelle vorzuhalten.

Lediglich für den Fall, dass bei eintretenden maximalen Grundwasserständen die Auftriebssicherheit der Baugrubensohle nicht gewährleistet ist, wären Entlastungsbrunnen zur Entspannung des Grundwasserdrucks einzurichten und zu betreiben. Es wird in diesem Zusammenhang empfohlen, kurz vor Baubeginn Schürfgruben anzulegen, um die vorliegenden Grundwasserstände im Bereich der drei Standorte zu überprüfen. Darauf basierend können dann die tatsächlich erforderlichen Wasserhaltungsmaßnahmen endgültig festgelegt werden.

Bei Aushubtiefen bis maximal 1,25 m unter GOK können die **Baugrubenwände** senkrecht abgeböschert werden.

Bei größeren Aushubtiefen sind die im Aushubbereich der geplanten Baumaßnahme anstehenden bindigen Böden mit mindestens steifer Konsistenz unter  $\beta = 60^\circ$  abzuböschern. Im Bereich anstehender Tonmergelsteine sind prinzipiell Böschungswinkel bis  $80^\circ$  zulässig.

Etwaige Baugrubenböschungen sind mit Folien gegen Witterungseinflüsse zu sichern.

Nach Freilegung der Gründungssohle wird im Rahmen der **fachtechnischen Baubegleitung** eine Baugrubenabnahme durch den Baugrundsachverständigen empfohlen. Dabei werden die in der Gründungs- bzw. Aushubebene anstehenden Böden abschließend auf Ihre Tragfähigkeit überprüft und ggf. erforderliche weitergehende geotechnische Maßnahmen endgültig festgelegt.

Unter den Kranaufstellflächen sowie im Bereich der Baustellenzufahrten zu den einzelnen Standorten ist die Verdichtung des eingebauten Tragschichtmaterials im Zuge der fachtechnischen Baubegleitung mittels Plattendruckversuchen zu kontrollieren.

Es wird an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass die angelegten Bodenaufschlüsse punktuelle „Einstiche“ in den Untergrund darstellen. Dieser zeigt sich zwar recht homogen, jedoch können kleinräumige Abweichungen nicht ausgeschlossen werden. Bei Auftreten von abweichenden Bodenverhältnissen ist der Bodengutachter zu informieren.

## **Anlage 1 -- Lagepläne**

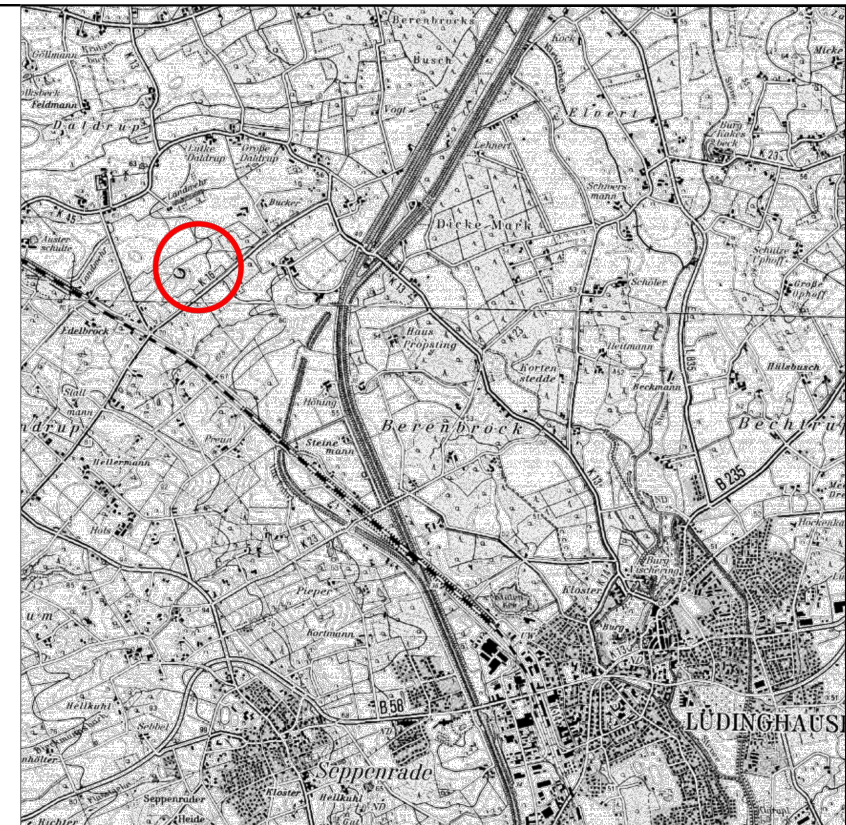
Lagepläne der Aufschlusspunkte,

Maßstab 1:250

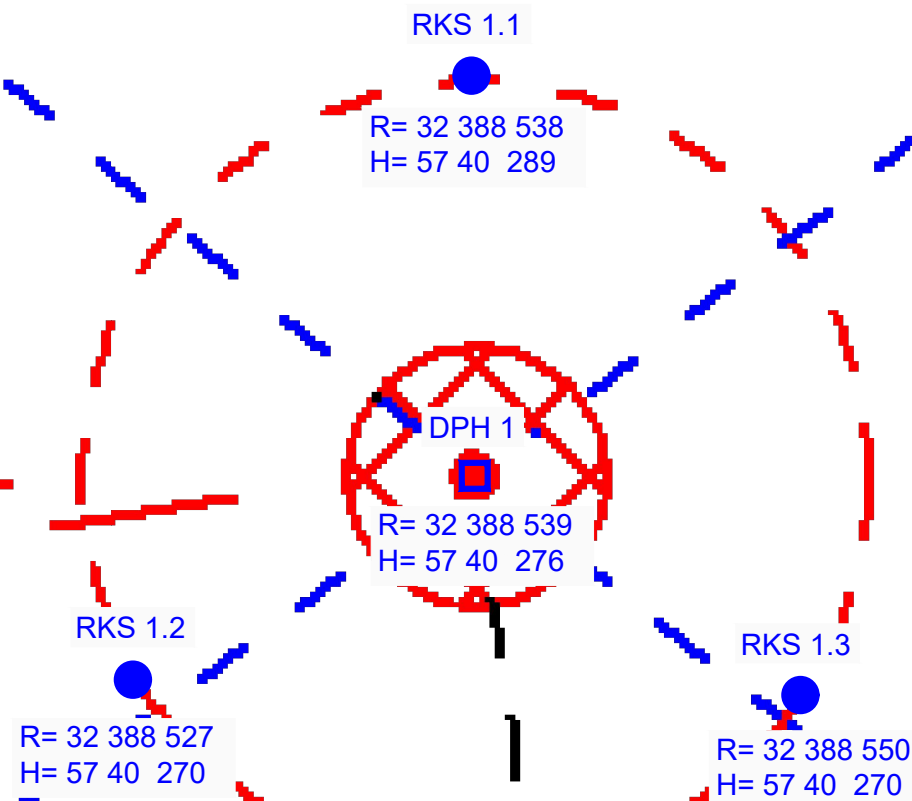
(Anlagen 1.1 bis 1.3)



# 23



Fundament  
D=26,0m



### Legende

- RKS 1 Rammkernsondierbohrung
- DPH 1 Schwere Rammsondierung

Plangrundlage: Lageplan, Maßstab 1:2.000, Stand 16.12.2022, aufgestellt durch das Vermessungsbüro Pölling & Homoet, Coesfeld

**GeoConsult Dülmen**  
Hanninghof 30, 48249 Dülmen  
Fon 02594 7820670  
Fax 02594 7820671  
email: info@gc-duelmen.de



Projektnummer: P-3448-01/23

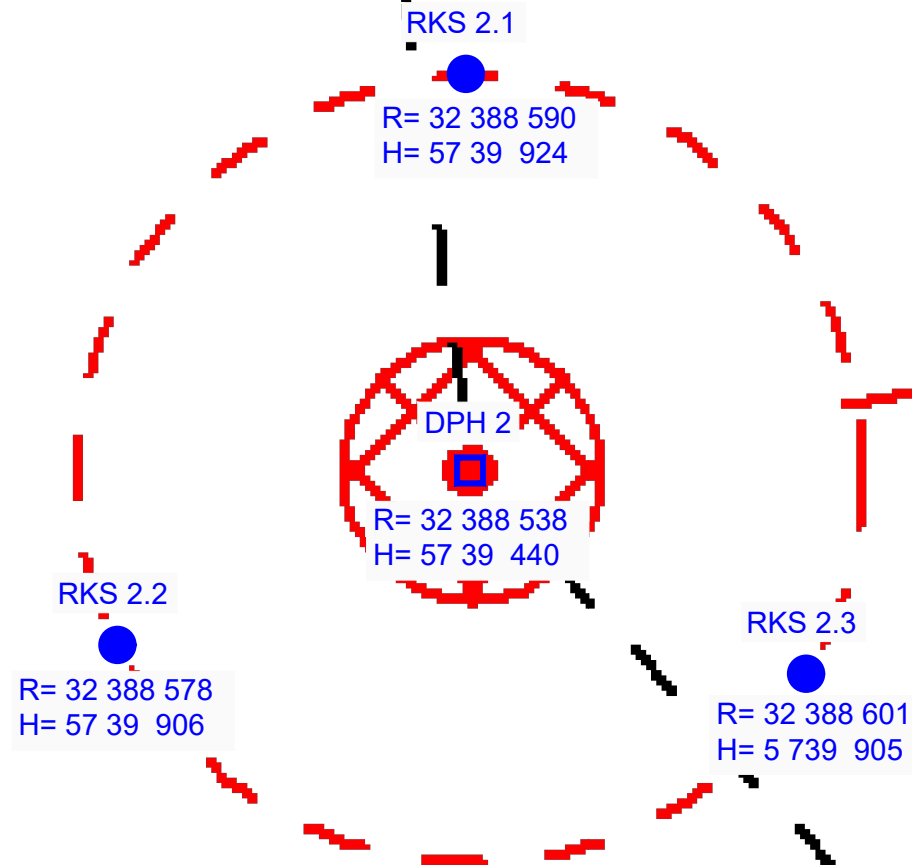
Projektitel: BV Bürgerwindpark Ondrup  
Lüdinghausen  
Standort WEA 1

Titel: Lageplan der Aufschlusspunkte

Stand:	02/23	Maßstab:	1:250
Bearbeiter:	Peletz	Anlage:	1.1



99,50 m  
 1,00 m  
 1,50 m



Fundament  
 D=26,0m


Mittelpunkt koordinate



**Legende**

- RKS 1 Rammkernsondierbohrung
- DPH 1 Schwere Rammsondierung

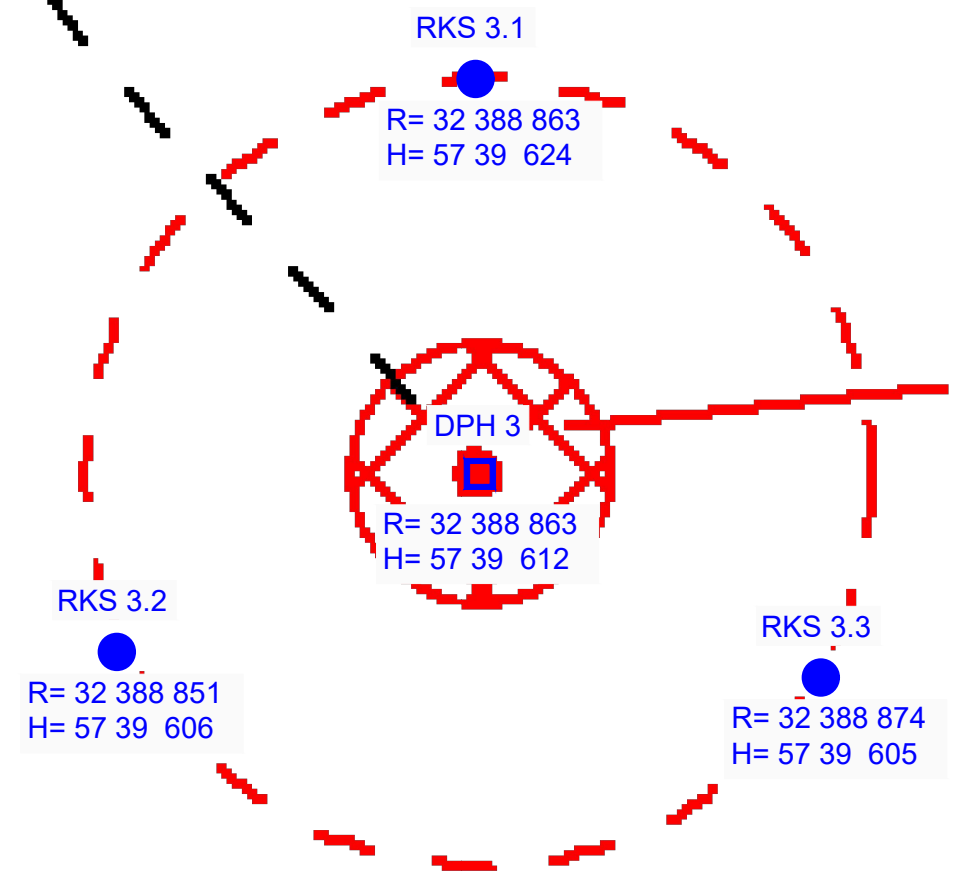
Plangrundlage: Lageplan, Maßstab 1:2.000, Stand 16.12.2022, aufgestellt durch das Vermessungsbüro Pölling & Homoet, Coesfeld

<b>GeoConsult Dülmen</b> Hanninghof 30, 48249 Dülmen Fon 02594 7820670 Fax 02594 7820671 email: info@gc-duelmen.de			
			
Projektnummer: P-3448-01/23			
Projekttitel: <b>BV Bürgerwindpark Ondrup          Lüdinghausen          Standort WEA 2</b>			
Titel: <b>Lageplan der Aufschlusspunkte</b>			
Stand:	02/23	Maßstab:	1:250
Bearbeiter:	Peletz	Anlage:	1.2



Gesamthöhe 245,50 m  
 Nabenhöhe 164,00 m  
 Rotorradius 81,50 m

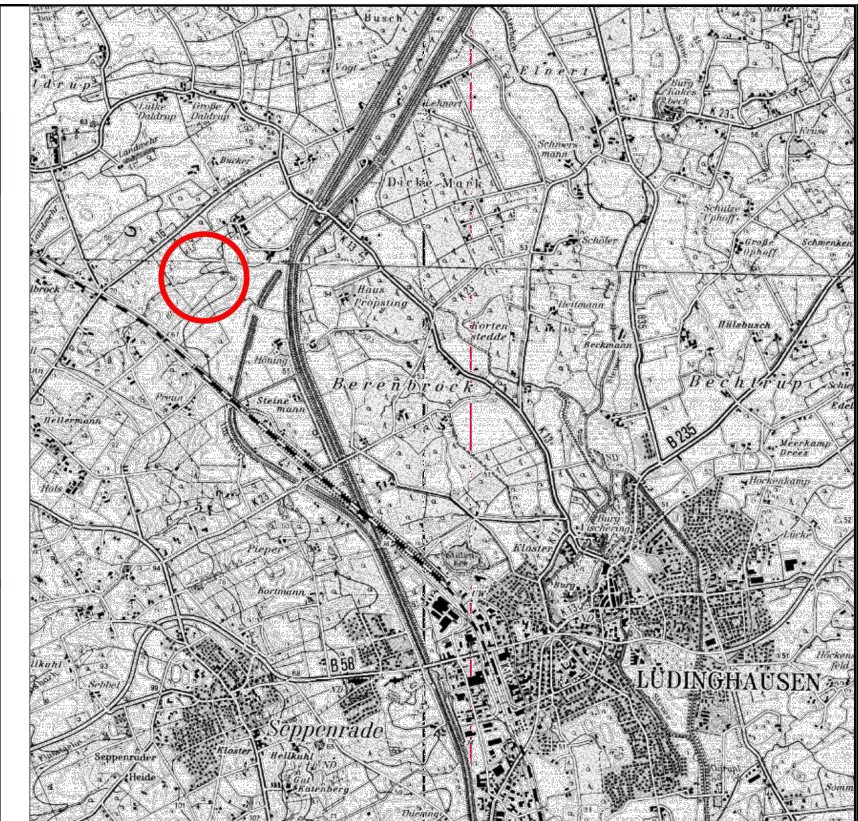
te  
 tem  
 63,0  
 12,0



Fundament  
 D=26,0m

coordinate  
 - System


Mittelpunktkoord  
 Geographische Koord



**Legende**

- RKS 1 Rammkernsondierbohrung
- DPH 1 Schwere Rammsondierung

Plangrundlage: Lageplan, Maßstab 1:2.000, Stand 16.12.2022, aufgestellt durch das Vermessungsbüro Pölling & Homoet, Coesfeld

<b>GeoConsult Dülmen</b> Hanninghof 30, 48249 Dülmen Fon 02594 7820670 Fax 02594 7820671 email: info@gc-duelmen.de			
			
Projektnummer: P-3448-01/23			
Projekttitel:		BV Bürgerwindpark Ondrup Lüdinghausen Standort WEA 3	
Titel:		Lageplan der Aufschlusspunkte	
Stand:	02/23	Maßstab:	1:250
Bearbeiter:	Peletz	Anlage:	1.3



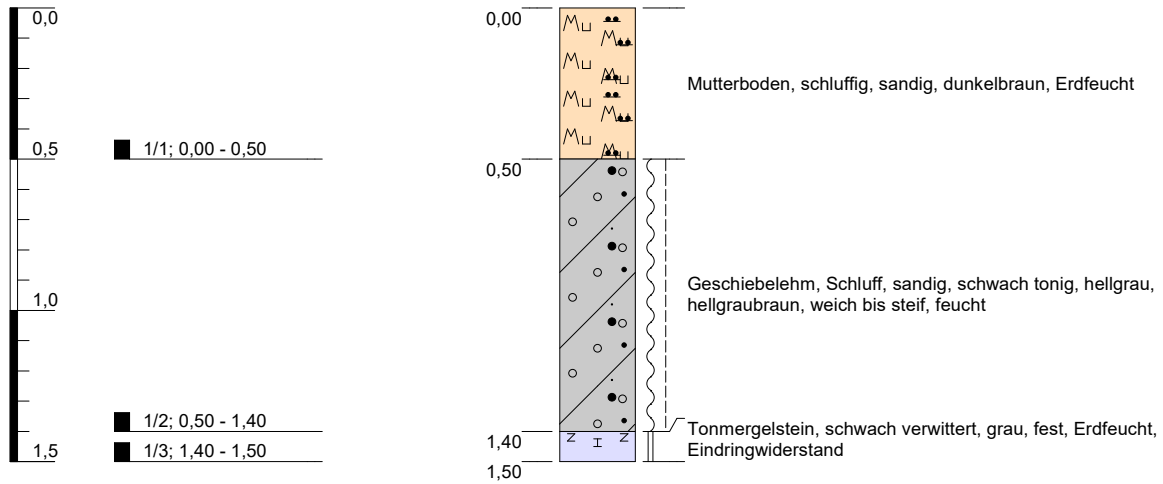


## **Anlage 2 -- Bohrprofile**

Bohrprofile der Rammkernsondierbohrungen  
RKS 1.1 bis RKS 3.3, Maßstab 1:25


m u. GOK (+59,85 mNN)

### RKS 1.1



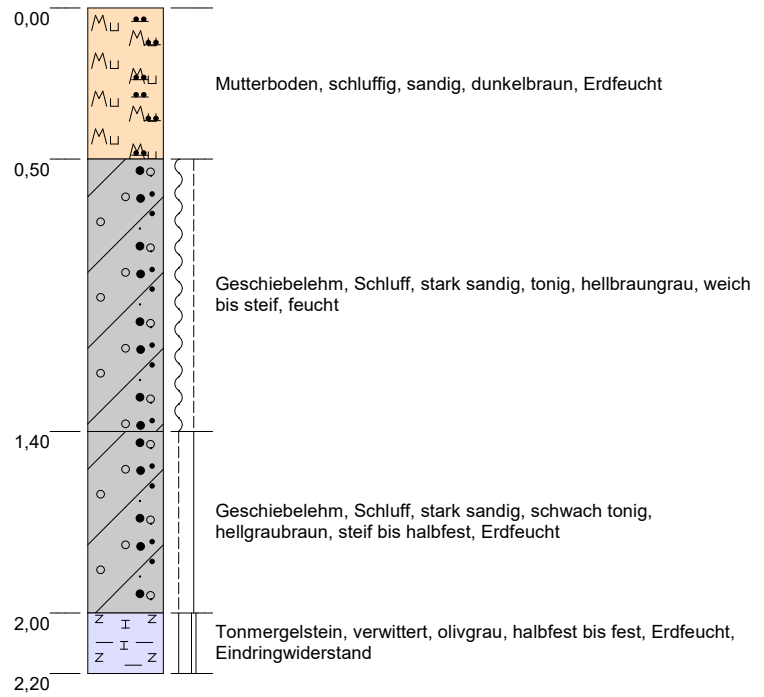
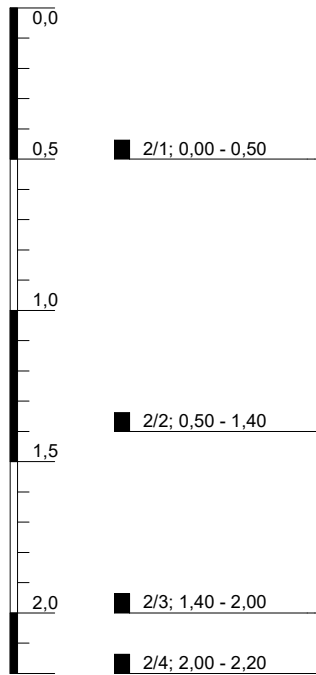
Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>		 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen www.gc-duelmen.de
<b>Bohrung: RKS 1.1</b>		
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0	
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +59,85 mNN	
Datum: 24.02.2023	Anlage 2	Endtiefe: 1,50 m


m u. GOK (+60,15 mNN)

### RKS 1.2



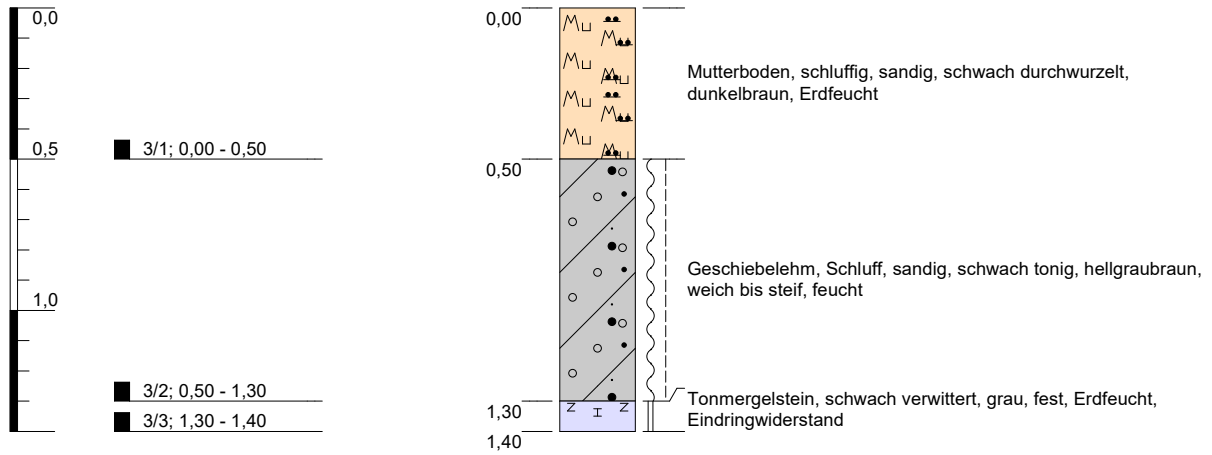
Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>			 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen www.gc-duelmen.de
<b>Bohrung: RKS 1.2</b>			
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0		
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0		
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +60,15 mNN		
Datum: 24.02.2023	Anlage 2	Endtiefe: 2,20 m	


m u. GOK (+59,90 mNN)

### RKS 1.3



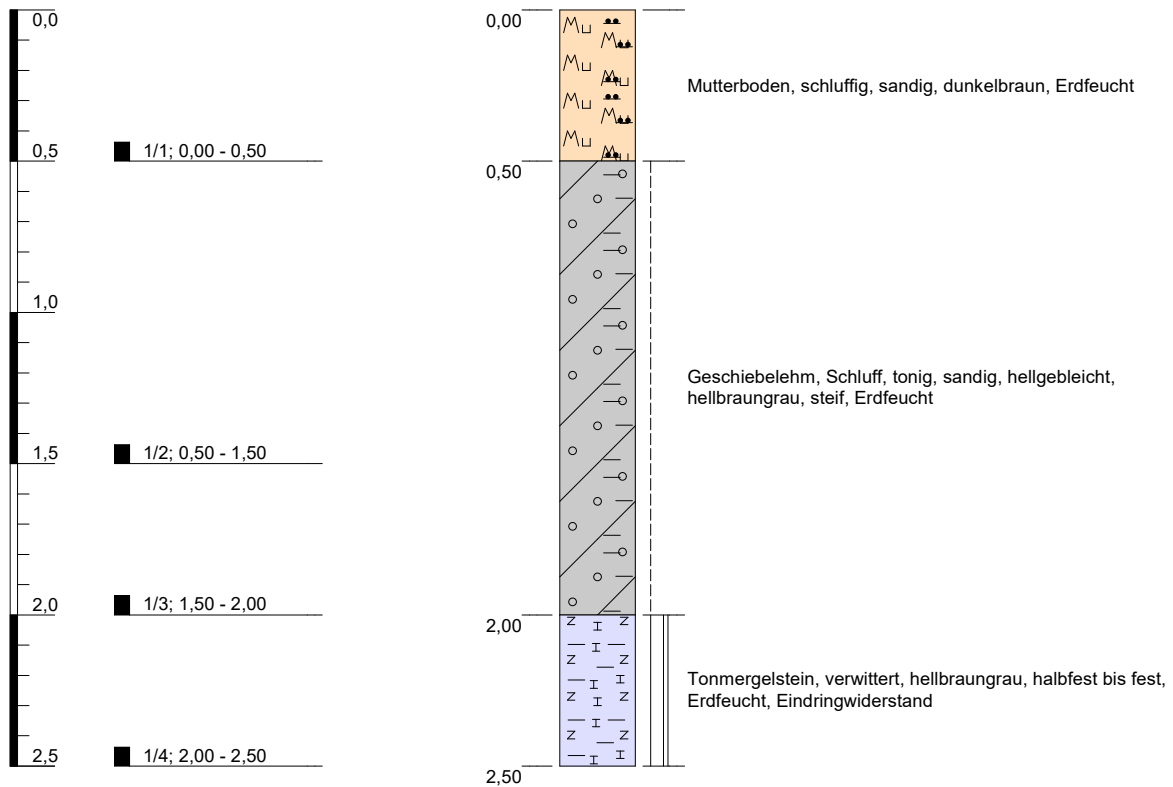
Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>		 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen www.gc-duelmen.de
<b>Bohrung: RKS 1.3</b>		
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0	
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +59,90 mNN	
Datum: 24.02.2023	Anlage 2	Endtiefe: 1,40 m


m u. GOK (+60,95 mNN)

### RKS 2.1



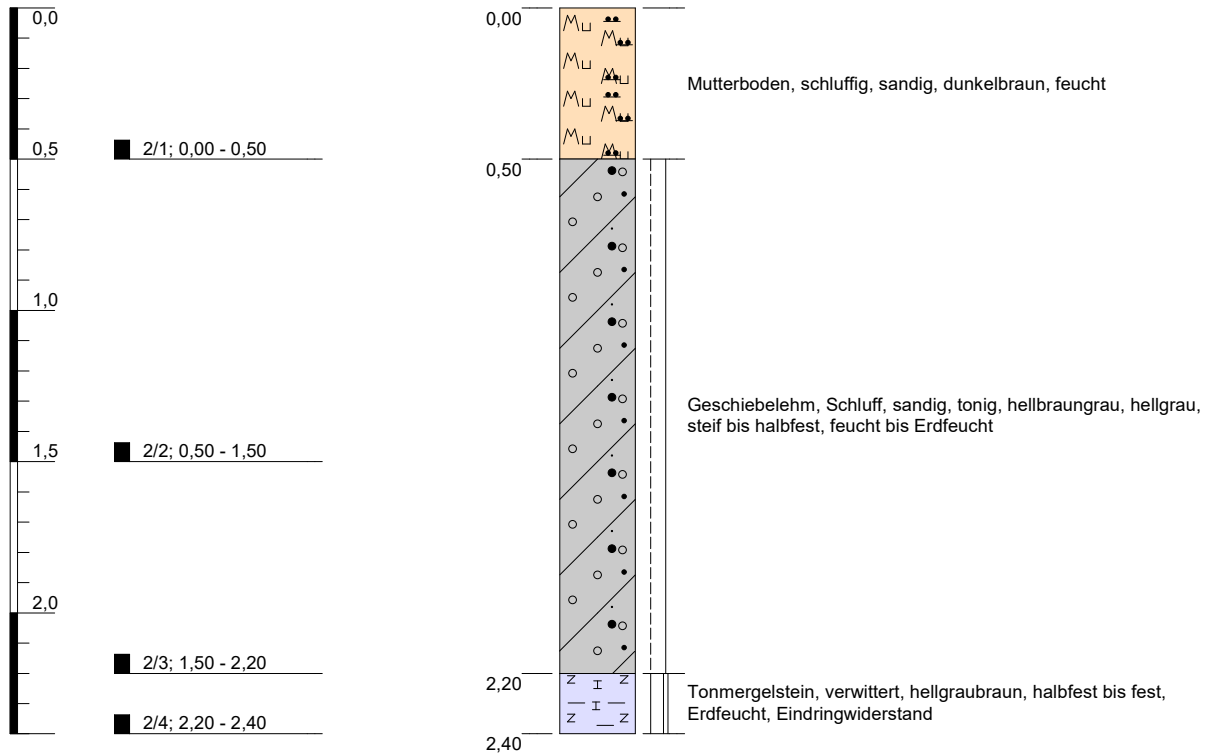
Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>		 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen www.gc-duelmen.de
<b>Bohrung: RKS 2.1</b>		
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0	
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +60,95 mNN	
Datum: 24.02.2023	Anlage 2	Endtiefe: 2,50 m


m u. GOK (+61,25 mNN)

### RKS 2.2



Höhenmaßstab: 1:25

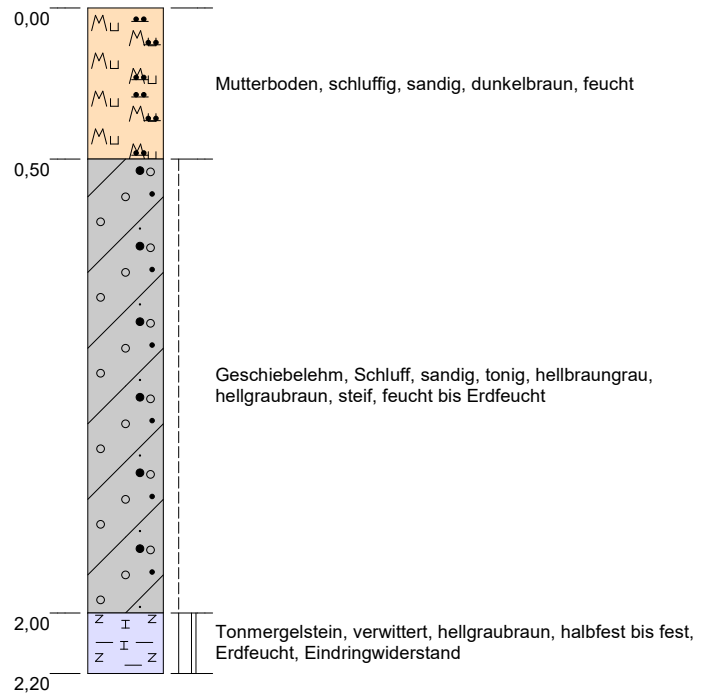
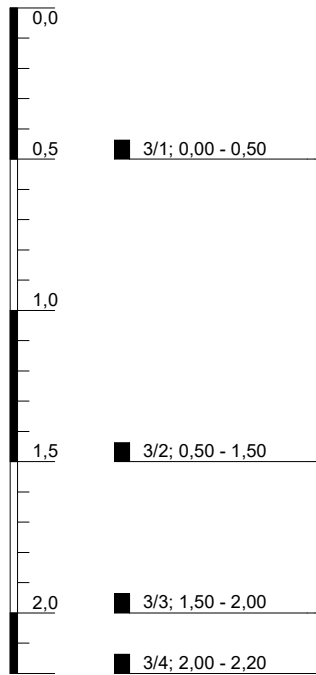
Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>			 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen www.gc-duelmen.de
<b>Bohrung: RKS 2.2</b>			
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0		
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0		
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +61,25 mNN		
Datum: 24.02.2023	Anlage 2	Endtiefe: 2,40 m	




m u. GOK (+61,45 mNN)

### RKS 2.3



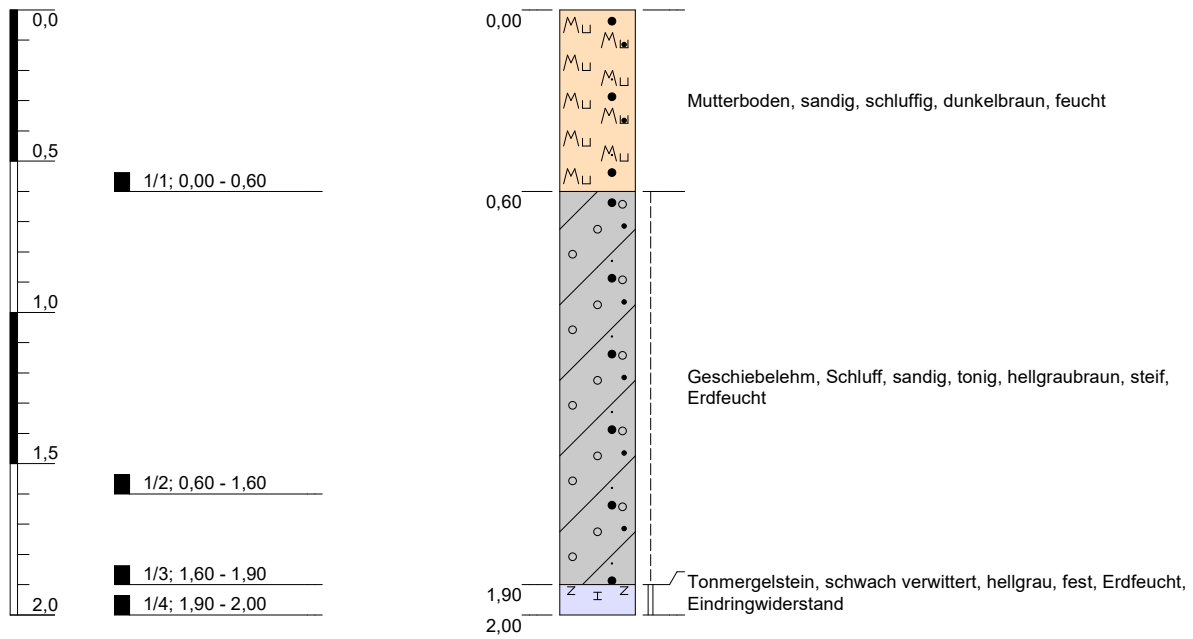
Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>			 <p>GeoConsult Dülmen Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen www.gc-duelmen.de</p>
<b>Bohrung: RKS 2.3</b>			
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0		
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0		
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +61,45 mNN		
Datum: 24.02.2023	Anlage 2	Endtiefe: 2,20 m	


m u. GOK (+63,50 mNN)

### RKS 3.1



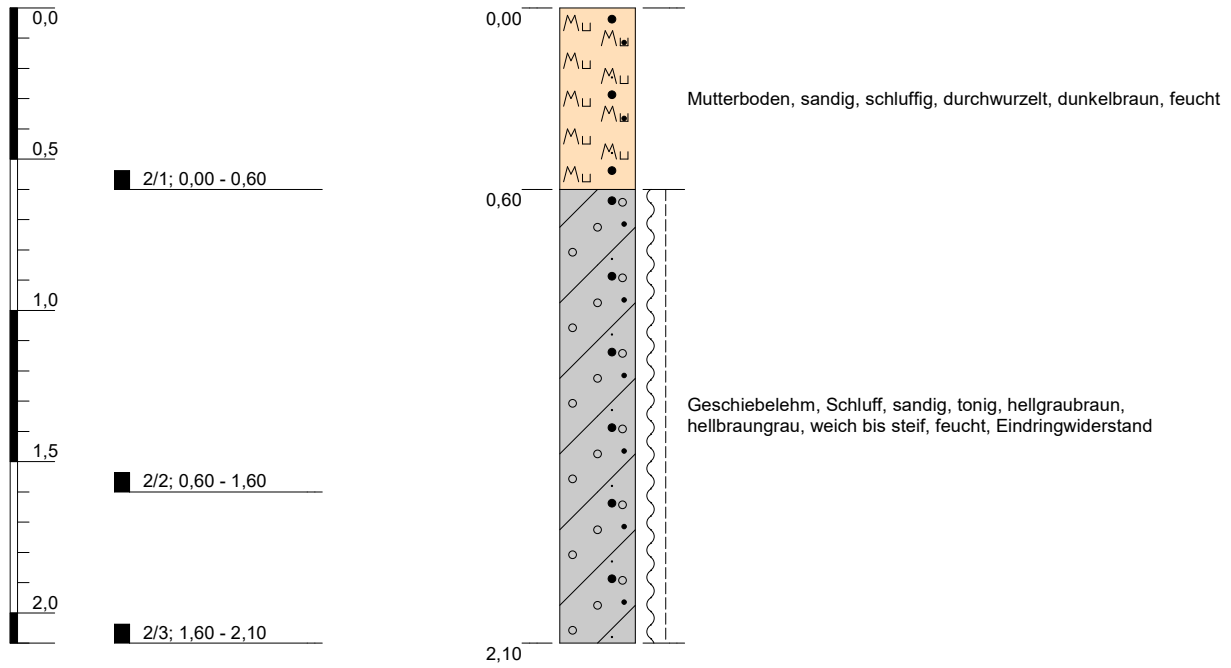
Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>		 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen www.gc-duelmen.de
<b>Bohrung: RKS 3.1</b>		
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0	
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +63,50 mNN	
Datum: 13.03.2023	Anlage 2	Endtiefe: 2,00 m


m u. GOK (+63,70 mNN)

### RKS 3.2



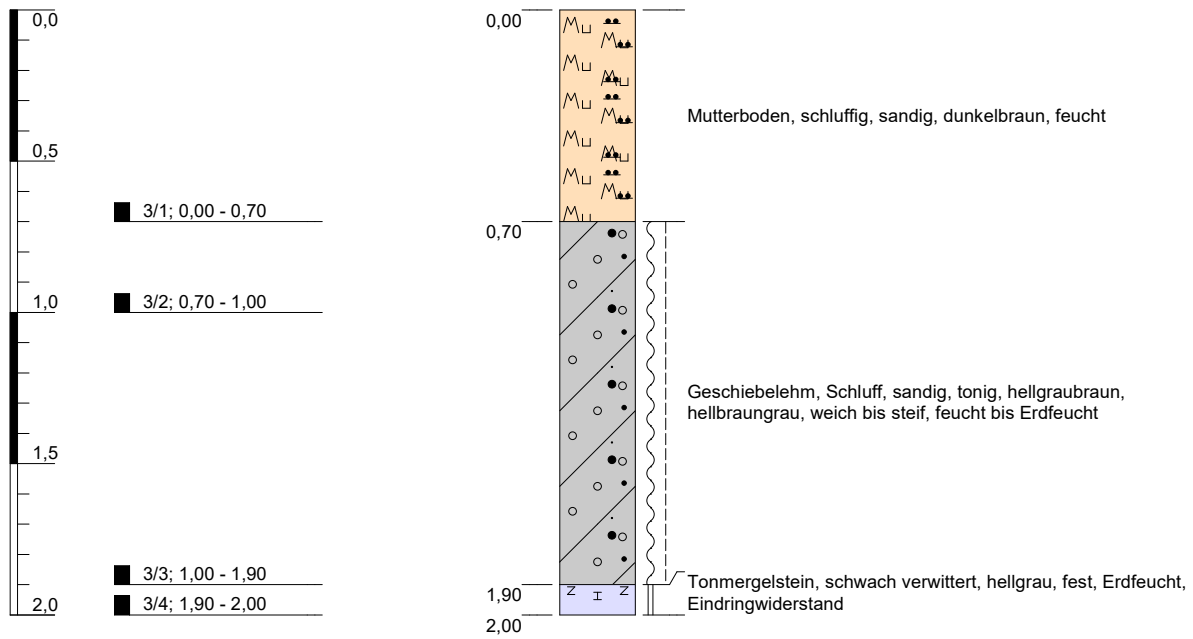
Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>		 <b>GeoConsult Dülmen</b> Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen www.gc-duelmen.de
<b>Bohrung: RKS 3.2</b>		
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0	
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +63,70 mNN	
Datum: 13.03.2023	Anlage 2	Endtiefe: 2,10 m


m u. GOK (+63,90 mNN)

### RKS 3.3



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>		 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen www.gc-duelmen.de
<b>Bohrung: RKS 3.3</b>		
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0	
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +63,90 mNN	
Datum: 13.03.2023	Anlage 2	Endtiefe: 2,00 m

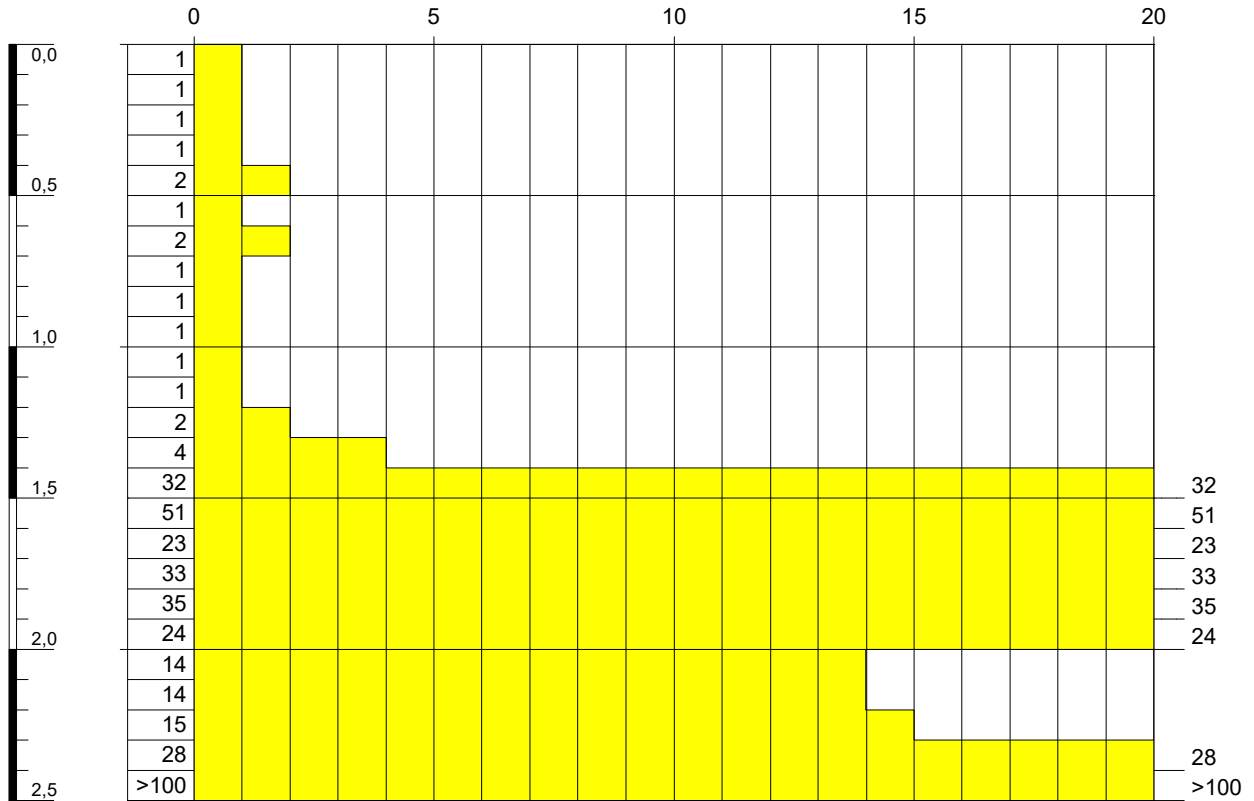
## **Anlage 3 – Rammdiagramme**

Rammdiagramme der Schweren Rammsondierungen

DPH 1 bis DPH 3, Maßstab 1:25


m u. GOK (+60,00 mNN)

### DPH 1



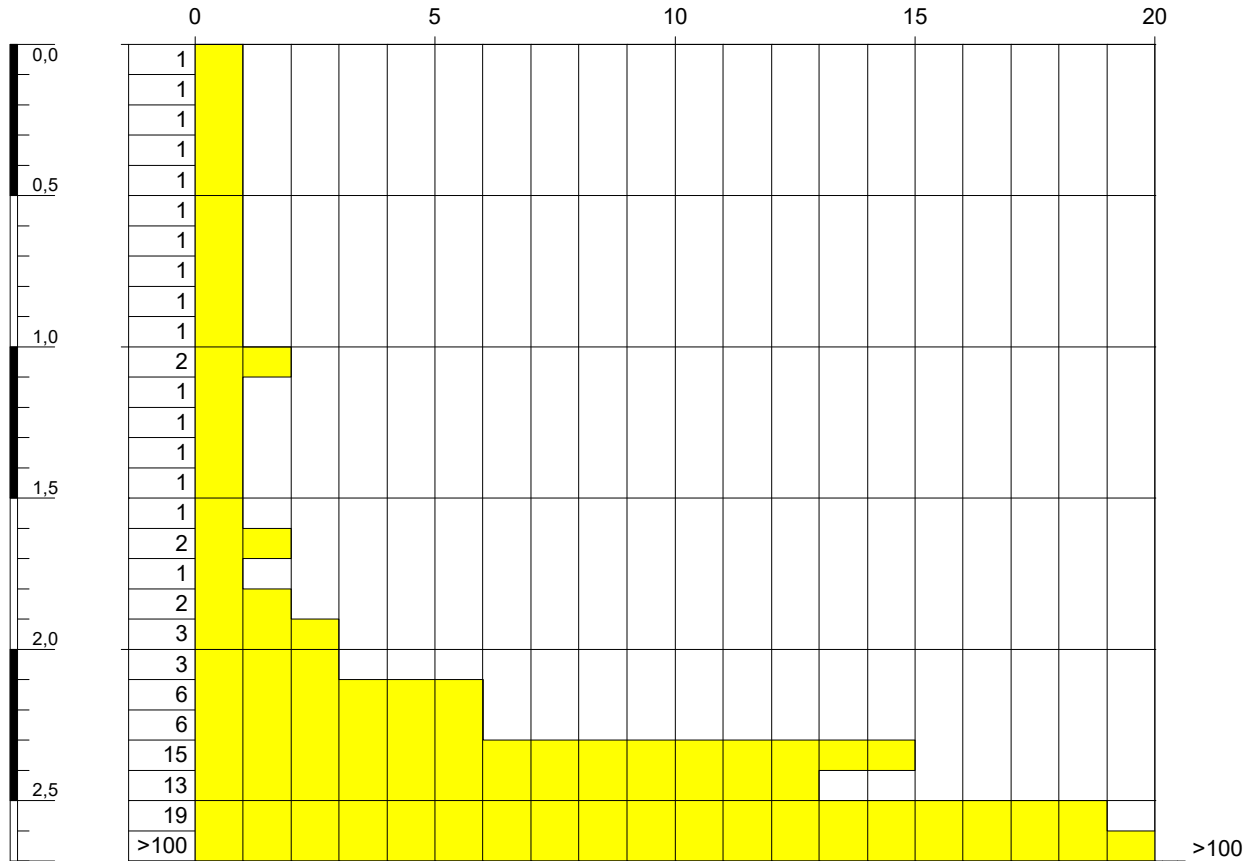
Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>		 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen <a href="http://www.gc-duelmen.de">www.gc-duelmen.de</a>
<b>Bohrung: DPH 1</b>		
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0	
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +60,00 mNN	
Datum: 24.02.2023	Anlage 3	Endtiefe: 2,50 m


## DPH 2

m u. GOK (+61,25 mNN)



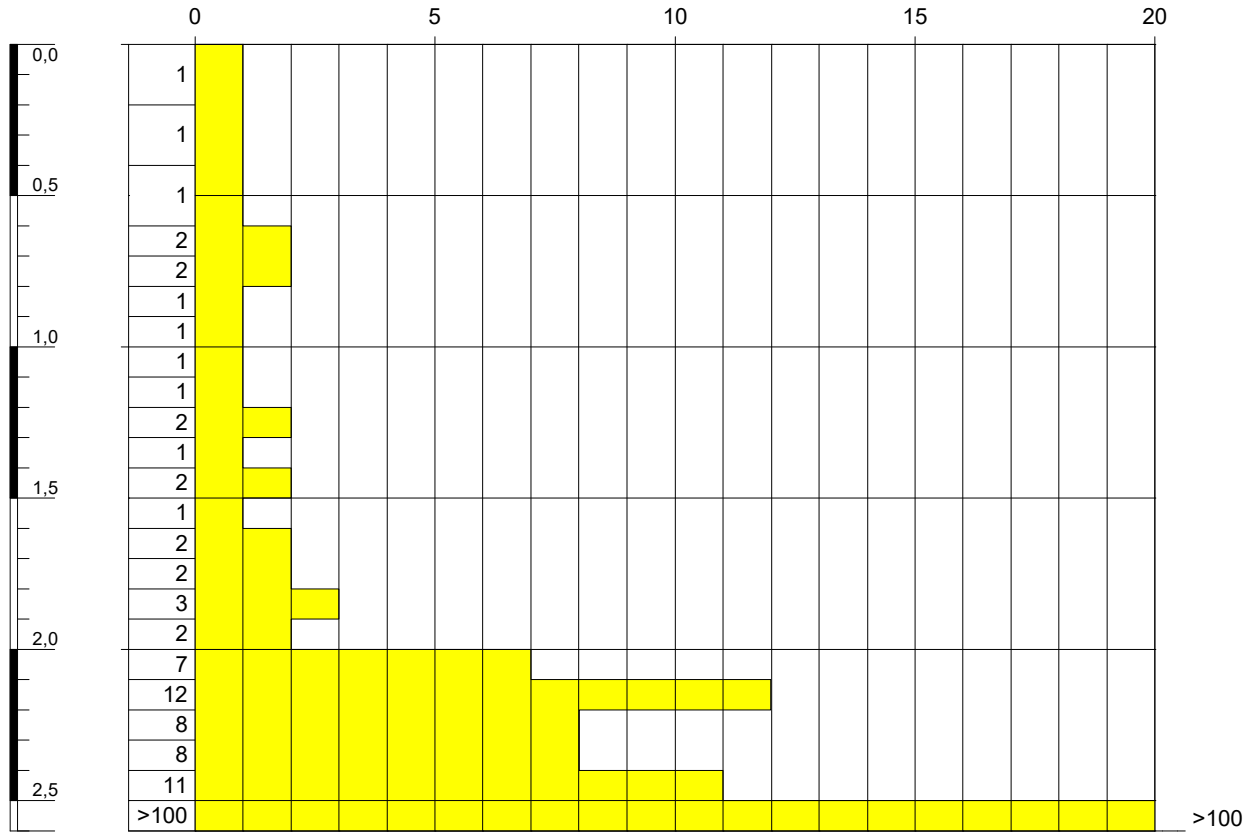
Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>		 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen <a href="http://www.gc-duelmen.de">www.gc-duelmen.de</a>
<b>Bohrung: DPH 2</b>		
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0	
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +61,25 mNN	
Datum: 24.02.2023	Anlage 3	Endtiefe: 2,70 m


m u. GOK (+63,75 mNN)

### DPH 3



Höhenmaßstab: 1:25

Blatt 1 von 1

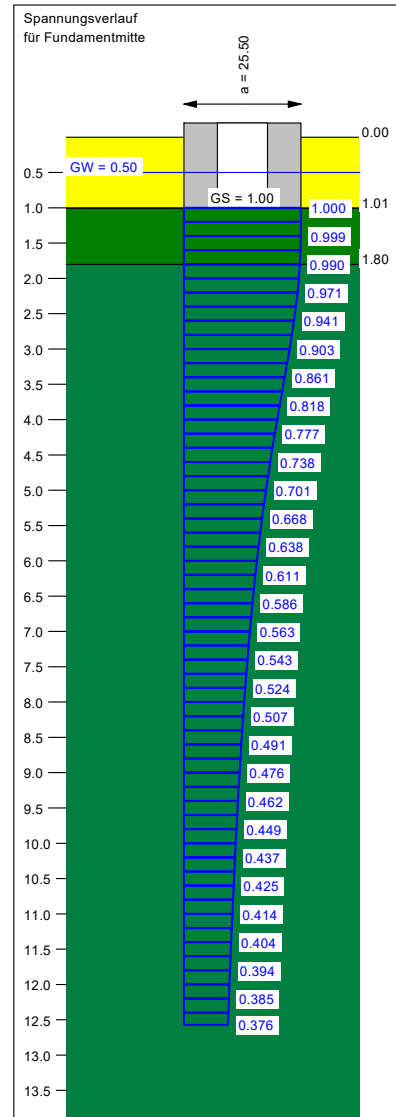
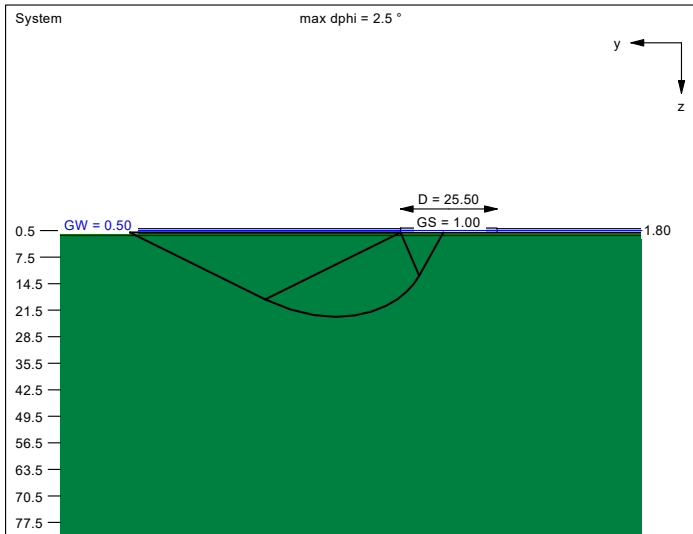
<b>Projekt: BV Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen</b>		 Hanninghof 30 -- 48249 Dülmen <a href="http://www.gc-duelmen.de">www.gc-duelmen.de</a>
<b>Bohrung: DPH 3</b>		
Auftraggeber: Bürgerwindpark Ondrup, Lüdinghausen	Rechtswert: 0	
Bohrfirma: geoconcept, Herne	Hochwert: 0	
Bearbeiter: Peletz	Ansatzhöhe: +63,75 mNN	
Datum: 13.03.2023	Anlage 3	Endtiefe: 2,60 m



## **Anlage 4 – Setzungsberechnungen**

Grafische Darstellung der Ergebnisse  
der Setzungsberechnungen

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	18.5	10.5	30.0	0.0	10.0	0.00	Arbeitsraum
	19.5	11.5	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	21.5	11.5	35.0	50.0	80.0	0.00	TMst, verwittert
	23.5	13.5	37.5	0.0	250.0	0.00	Tonmergelstein, fest



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

$\gamma_{G,stab} = 0.95$   
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$   
 Gründungssohle = 1.00 m  
 Grundwasser = 0.50 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 --- 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite

**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 37512.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 1435.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 1435.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 218891.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 25.500$  m  
 Durchmesser (innen)  $d = 10.900$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 3.770 m)  
 $a' = 21.844$  m  
 $b' = 21.844$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -5.835$  m  
 Resultierende im 2. Kern (= 7.875 m)  
 $a' = 11.295$  m  
 $b' = 18.517$  m

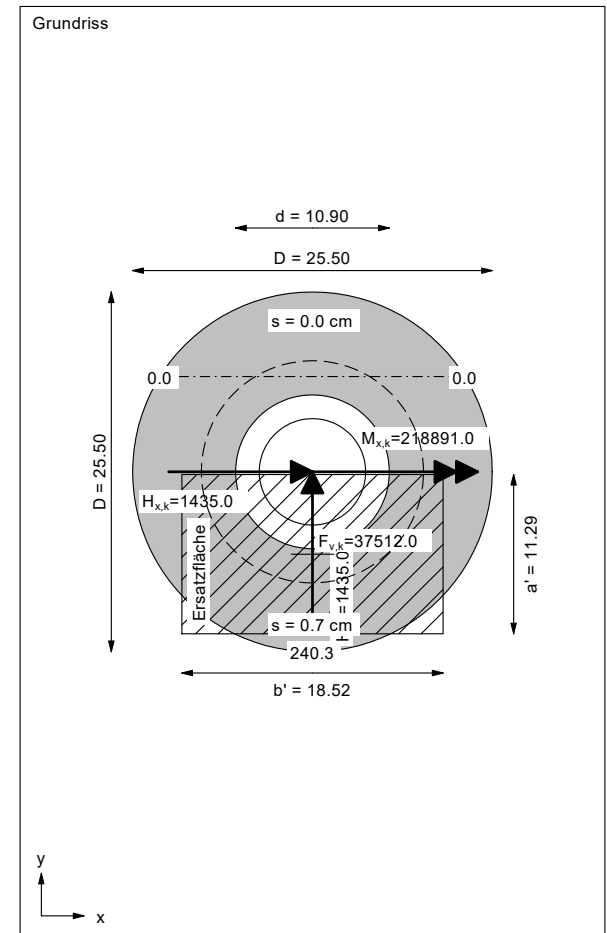
**Grundbruch:**  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.20$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 4585.5 / 3821.25$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 959076.55$  kN  
 $R_{n,d} = 799230.46$  kN





$V_d = 1.10 \cdot 37512.00 + 1.10 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 41263.20$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.052  
 Kohäsionsglied = 21098.55 kN (k)  
 Breitenglied = 764317.36 kN (k)  
 Tiefenglied = 173660.64 kN (k)  
 cal  $\varphi = 37.4^\circ$   
 cal c = 1.37 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 13.39$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 14.50$  kN/m<sup>2</sup>

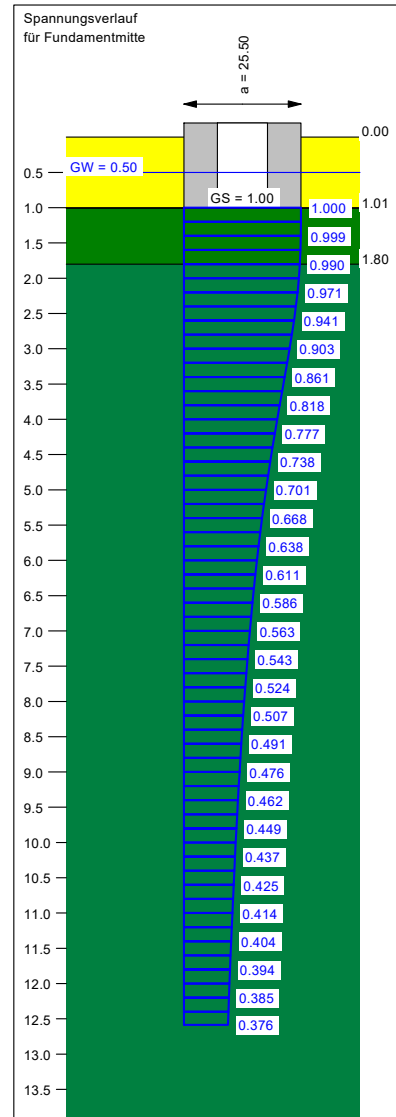
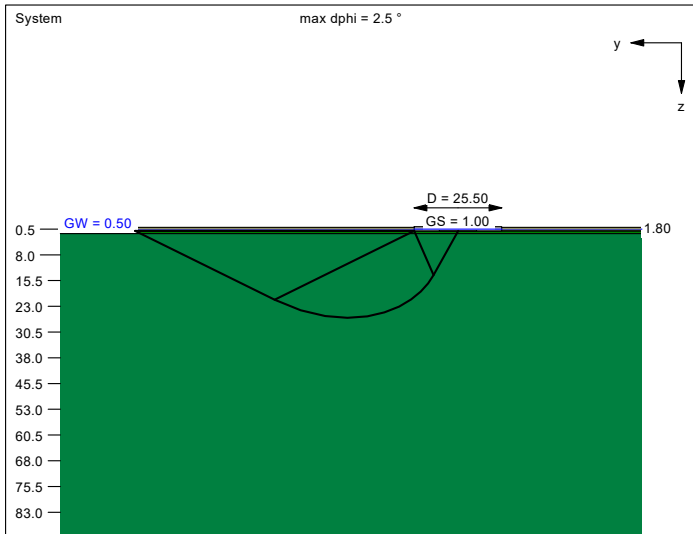
**Gleitwiderstand:**  
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand)  $\gamma_{R,h} = 1.10$   
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 37512.00 \cdot \tan(35.00^\circ) / 1.10$   
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 23878.35$  kN  
 $T_d = 2232.34$  kN  
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.093$

**Setzung infolge Gesamtlasten:**  
 Grenztiefe  $t_g = 12.57$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.37 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.02 cm  
 unten = 0.72 cm

**Nachweis EQU:**  
 $M_{stb} = 37512.0 \cdot 25.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 454364.1$   
 $M_{dst} = 218891.0 \cdot 1.00 = 218891.0$   
 $\mu_{EQU} = 218891.0 / 454364.1 = 0.482$



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	18.5	10.5	30.0	0.0	10.0	0.00	Arbeitsraum
	19.5	11.5	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	21.5	11.5	35.0	50.0	80.0	0.00	TMst, verwittert
	23.5	13.5	37.5	0.0	250.0	0.00	Tonmergelstein, fest



Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  $\gamma_{G,dst} = 1.50$   
 $\gamma_{R,v} = 1.40$  Gründungssohle = 1.00 m  
 $\gamma_G = 1.35$  Grundwasser = 0.50 m  
 $\gamma_Q = 1.50$  Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 $\gamma_{R,h} = 1.10$  ----- 1. Kernweite  
 Grenzzustand EQU: ----- 2. Kernweite  
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$

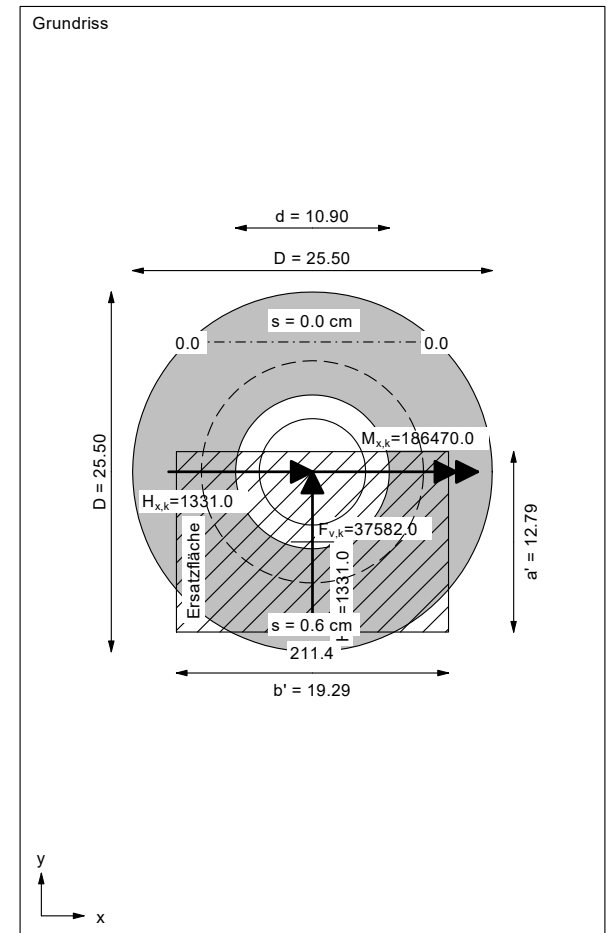
**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 37582.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 1331.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 1331.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 186470.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 25.500$  m  
 Durchmesser (innen)  $d = 10.900$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 3.770 m)  
 $a' = 21.844$  m  
 $b' = 21.844$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -4.962$  m  
 Resultierende im 2. Kern (= 7.875 m)  
 $a' = 12.794$  m  
 $b' = 19.294$  m





**Grundbruch:**  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 5059.3 / 3613.80$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 1248912.64$  kN  
 $R_{n,d} = 892080.46$  kN

$V_d = 1.35 \cdot 37582.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 50735.70$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.057  
 Kohäsionsglied = 22543.59 kN (k)  
 Breitenglied = 1014999.14 kN (k)  
 Tiefenglied = 211369.92 kN (k)  
 cal  $\varphi = 37.4^\circ$   
 cal c = 1.21 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 13.40$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 14.50$  kN/m<sup>2</sup>

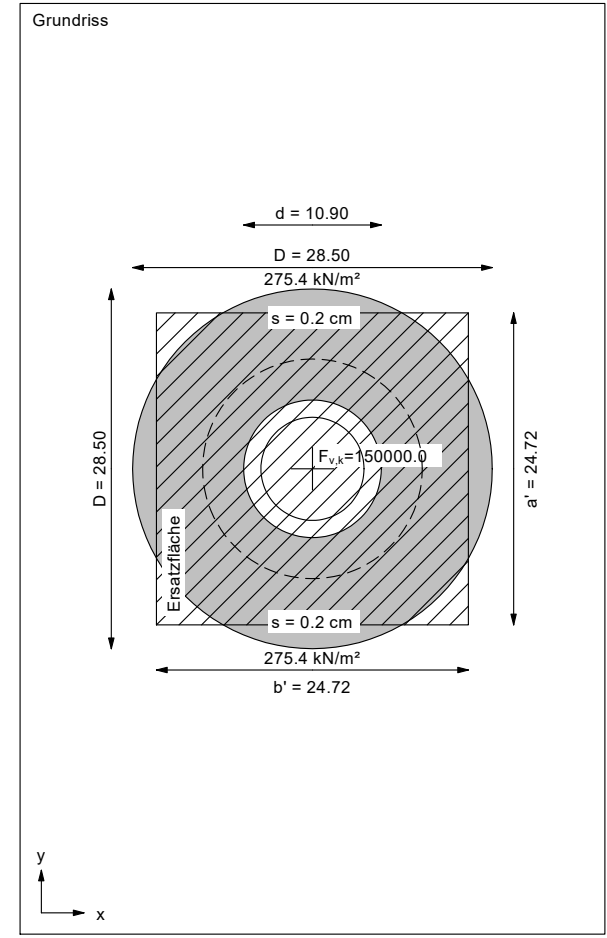
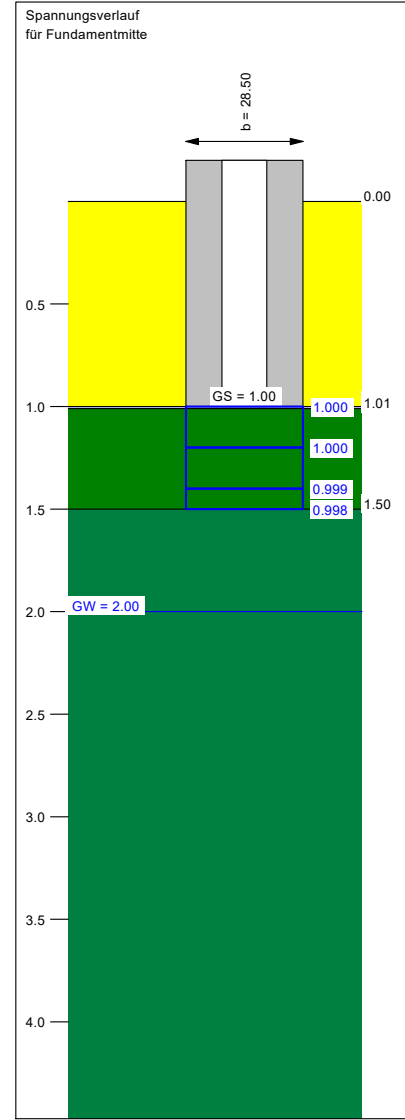
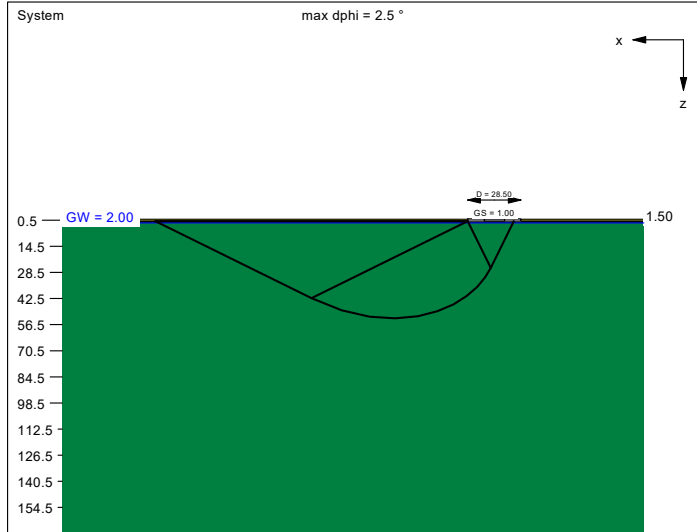
**Gleitwiderstand:**  
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand)  $\gamma_{R,h} = 1.10$   
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 37582.00 \cdot \tan(35.00^\circ) / 1.10$   
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 23922.91$  kN  
 $T_d = 2823.48$  kN  
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.118$

**Setzung infolge Gesamtlasten:**  
 Grenztiefe  $t_g = 12.59$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.34 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.03 cm  
 unten = 0.65 cm  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stb} = 37582.0 \cdot 25.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 431253.5$   
 $M_{dst} = 186470.0 \cdot 1.50 = 279705.0$   
 $\mu_{EQU} = 279705.0 / 431253.5 = 0.649$



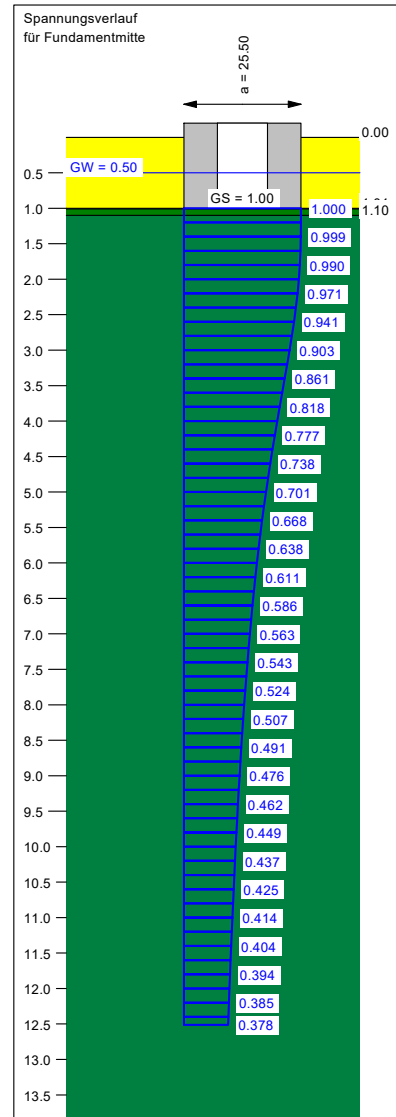
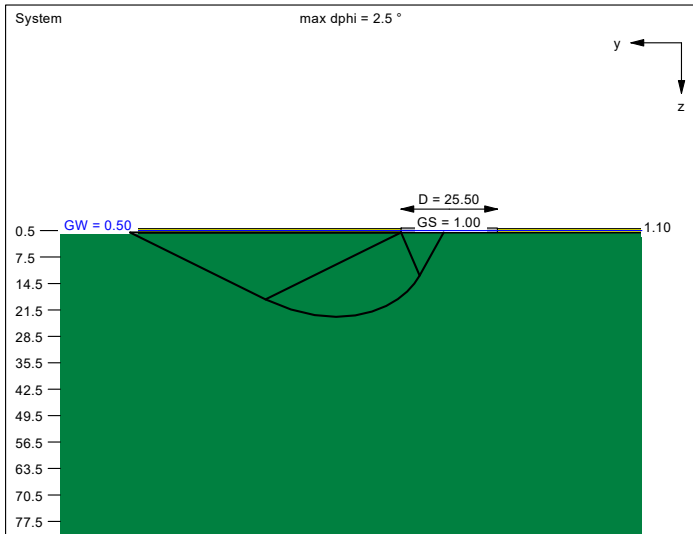
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	18.5	10.5	30.0	0.0	10.0	0.00	Arbeitsraum
	19.5	11.5	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	21.5	11.5	35.0	50.0	80.0	0.00	TMst, verwittert
	23.5	13.5	37.5	0.0	250.0	0.00	Tonmergelstein, fest

Berechnungsgrundlagen:  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  $\gamma_{G,stab} = 0.95$   
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  $\gamma_{G,dst} = 1.00$   
 $\gamma_{R,v} = 1.20$  Gründungssohle = 1.00 m  
 $\gamma_G = 1.10$  Grundwasser = 2.00 m  
 $\gamma_{R,h} = 1.10$  Grenztiefe mit festem Wert von 0.50 m  
 Grenzzustand EQU:  $\gamma_{G,dst} = 1.00$   
 --- 1. Kernweite  
 - - - - 2. Kernweite



**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 150000.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 28.500$  m  
 Durchmesser (innen)  $d = 10.900$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 4.084 m)  
 $a' = 24.717$  m  
 $b' = 24.717$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 4.084 m)  
 $a' = 24.717$  m  
 $b' = 24.717$  m  
 Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.20$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 9561.7 / 7968.12$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 5841587.05$  kN  
 $R_{n,d} = 4867989.21$  kN  
 $V_d = 1.10 \cdot 150000.00 + 1.10 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 165000.00$  kN  
 $\mu$  (parallel zu x) = 0.034  
 Kohäsionsglied = 20886.86 kN (k)  
 Breitenglied = 4989805.00 kN (k)  
 Tiefenglied = 830895.18 kN (k)  
 $\text{cal } \varphi = 37.5^\circ$   
 $\text{cal } c = 0.36$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\text{cal } \gamma_2 = 13.77$  kN/m<sup>3</sup>  
 $\text{cal } \sigma_u = 18.50$  kN/m<sup>2</sup>  
 Gleitwiderstand:  
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand)  $\gamma_{R,h} = 1.10$   
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 150000.00 \cdot \tan(35.00^\circ) / 1.10$   
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 95482.85$  kN  
 $T_d = 0.00$  kN  
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.001$   
 Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 1.50$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.17 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.17 cm  
 unten = 0.17 cm  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stab} = 150000.0 \cdot 28.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 2030625.0$   
 $M_{dst} = 0.0$   
 $\mu_{EQU} = 0.0 / 2030625.0 = 0.000$

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	18.5	10.5	30.0	0.0	10.0	0.00	Arbeitsraum
	19.5	11.5	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	21.5	11.5	35.0	50.0	80.0	0.00	TMst, verwittert
	23.5	13.5	37.5	0.0	250.0	0.00	Tonmergelstein, fest



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

$\gamma_{G,stab} = 0.95$   
 $\gamma_{G,dst} = 1.00$   
 Gründungssohle = 1.00 m  
 Grundwasser = 0.50 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 --- 1. Kernweite  
 - - - 2. Kernweite

**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 37512.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 1435.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 1435.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 218891.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 25.500$  m  
 Durchmesser (innen)  $d = 10.900$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 3.770 m)  
 $a' = 21.844$  m  
 $b' = 21.844$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -5.835$  m  
 Resultierende im 2. Kern (= 7.875 m)  
 $a' = 11.295$  m  
 $b' = 18.517$  m

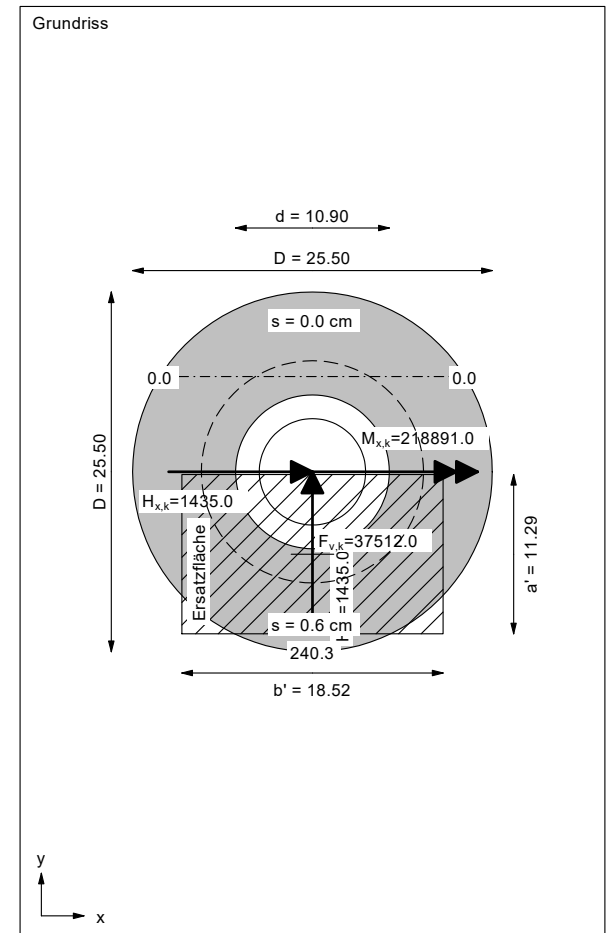
**Grundbruch:**  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.20$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 4566.9 / 3805.77$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 955193.01$  kN  
 $R_{n,d} = 795994.17$  kN





$V_d = 1.10 \cdot 37512.00 + 1.10 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 41263.20$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.052  
 Kohäsionsglied = 2409.93 kN (k)  
 Breitenglied = 777711.53 kN (k)  
 Tiefenglied = 175071.55 kN (k)  
 cal  $\varphi = 37.5^\circ$   
 cal  $c = 0.16$  kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 13.49$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 14.50$  kN/m<sup>2</sup>

**Gleitwiderstand:**  
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand)  $\gamma_{R,h} = 1.10$   
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 37512.00 \cdot \tan(35.00^\circ) / 1.10$   
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 23878.35$  kN  
 $T_d = 2232.34$  kN  
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.093$

**Setzung infolge Gesamtlasten:**  
 Grenztiefe  $t_g = 12.51$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.30 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.01 cm  
 unten = 0.59 cm

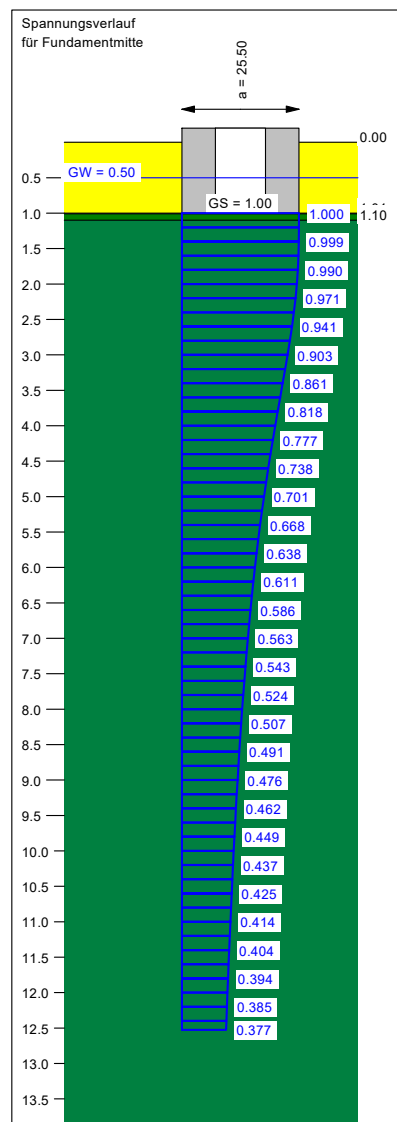
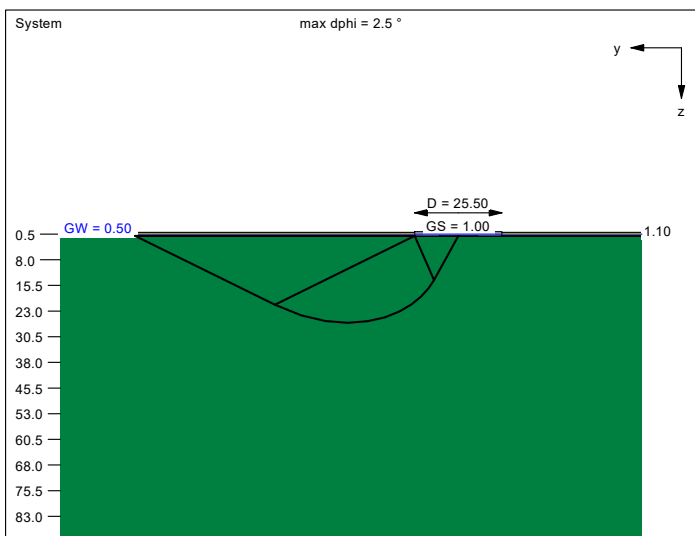
**Nachweis EQU:**  
 $M_{stab} = 37512.0 \cdot 25.50 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 454364.1$   
 $M_{dst} = 218891.0 \cdot 1.00 = 218891.0$   
 $\mu_{EQU} = 218891.0 / 454364.1 = 0.482$



Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	18.5	10.5	30.0	0.0	10.0	0.00	Arbeitsraum
	19.5	11.5	35.0	0.0	60.0	0.00	Tragschicht
	21.5	11.5	35.0	50.0	80.0	0.00	TMst, verwittert
	23.5	13.5	37.5	0.0	250.0	0.00	Tonmergelstein, fest

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

$\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$   
Gründungssohle = 1.00 m  
Grundwasser = 0.50 m  
Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
----- 1. Kernweite  
----- 2. Kernweite



**Ergebnisse Einzelfundament:**  
Lasten = ständig / veränderlich  
Vertikallast  $F_{v,k} = 37582.00 / 0.00$  kN  
Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 0.00 / 1331.00$  kN  
Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 1331.00$  kN  
Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 186470.00$  kN·m  
Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
Durchmesser  $D = 25.500$  m  
Durchmesser (innen)  $d = 10.900$  m  
Unter ständigen Lasten:  
Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
Resultierende im 1. Kern (= 3.770 m)  
 $a' = 21.844$  m  
 $b' = 21.844$  m  
Unter Gesamtlasten:  
Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
Exzentrizität  $e_y = -4.962$  m  
Resultierende im 2. Kern (= 7.875 m)  
 $a' = 12.794$  m  
 $b' = 19.294$  m

**Grundbruch:**  
Durchstanzen untersucht,  
aber nicht maßgebend.  
Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 5047.7 / 3605.53$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 1246054.63$  kN  
 $R_{n,d} = 890039.02$  kN

$V_d = 1.35 \cdot 37582.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 50735.70$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.057  
Kohäsionsglied = 2574.21 kN (k)  
Breitenglied = 1030600.01 kN (k)  
Tiefenglied = 212880.41 kN (k)  
cal  $\varphi = 37.5^\circ$   
cal c = 0.14 kN/m<sup>2</sup>  
cal  $\gamma_2 = 13.49$  kN/m<sup>3</sup>  
cal  $\sigma_u = 14.50$  kN/m<sup>2</sup>

**Gleitwiderstand:**  
Teilsicherheit (Gleitwiderstand)  $\gamma_{R,h} = 1.10$   
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 37582.00 \cdot \tan(35.00^\circ) / 1.10$   
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 23922.91$  kN  
 $T_d = 2823.48$  kN  
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.118$

**Setzung infolge Gesamtlasten:**  
Grenztiefe  $t_g = 12.53$  m u. GOK  
Setzung (Mittel aller KPs) = 0.28 cm  
Setzungen der KPs:  
oben = 0.03 cm  
unten = 0.53 cm  
Nachweis EQU:  
 $M_{stb} = 37582.0 \cdot 25.50 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 431253.5$   
 $M_{dst} = 186470.0 \cdot 1.50 = 279705.0$   
 $\mu_{EQU} = 279705.0 / 431253.5 = 0.649$

