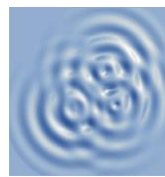


**17.1 Sonstige Unterlagen**

Anlagen:

- Hydrologisches Gutachten 18, 23 01 2019.pdf
- Rev 02 W-9200004905 WP Hollenstede Fläche 18.pdf



Datum: 23. Januar 2019

# **Hydrogeologisches Gutachten zur Errichtung von Windenergieanlagen im Windpark Hollenstede**

## **Numerische Simulation der hydraulischen Auswirkungen der temporären Grundwasserhaltung zur Errichtung von vier Windkraftanlagen Fläche 18, in Fürstenau, Gemarkung Hollenstede und Voltlage, Gemarkung Höckel**

**Auftraggeber:**



Windenergie Hollenstede

**Windenergie Hollenstede 18  
Planungsgesellschaft mbH  
Zur Dasslage 11  
DE-49 584 Fürstenau / OT Hollenstede**

**Projektnummer:**

**2015.033**

**Bearbeiter:**

**B**üro für  
**G**eohydrologie und  
**U**mweltinformationssysteme  
**Dr. Brehm & Grünz GbR – Diplom Geologen**

**Dr. Dirk R. Brehm - Diplom Geologe BDG**

Von der Industrie- und Handelskammer Ostwestfalen zu  
Bielefeld öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für  
Grundwasser und Geothermie

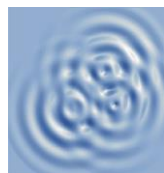
**Thomas Grünz - Diplom Geologe**

Technologiezentrum Bielefeld – Meisenstraße 96  
DE-33 607 Bielefeld

Fon: +49 521 2997-250/251 | Mobil: +49 171 4853412 | +49 160 97878095

Fax: +49 521 2997-253

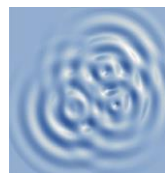
[www.bgu-geoservice.de](http://www.bgu-geoservice.de) – email: [info@bgu-geoservice.de](mailto:info@bgu-geoservice.de)



## **Inhaltsverzeichnis**

---

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Datengrundlage .....</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>Ausführung der Fundamentierung.....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Hydrologische Situation und bestehende Nutzungen .....</b>	<b>6</b>
4.1	<b>Morphologische Verhältnisse, Gewässer und Altlasten .....</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Geologische und hydrogeologische Situation .....</b>	<b>7</b>
5.1	<b>Geologischer Überblick.....</b>	<b>7</b>
5.2	<b>Hydrogeologische Situation und Grundwasserströmung.....</b>	<b>8</b>
5.3	<b>Grundwasserflurabstand und grundwassererfüllte Mächtigkeit.....</b>	<b>9</b>
5.4	<b>Geohydraulische Kenndaten.....</b>	<b>9</b>
5.5	<b>Grundwasserneubildung .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>Grundwasserströmungsmodell.....</b>	<b>10</b>
<b>7</b>	<b>Auswirkungen der geplanten Wasserhaltungsmaßnahme .....</b>	<b>12</b>
7.1	<b>Grundwasserströmungssituation .....</b>	<b>12</b>
7.2	<b>Auswirkungen auf Gewässer .....</b>	<b>14</b>
7.3	<b>Auswirkungen auf Gebäude.....</b>	<b>14</b>
<b>8</b>	<b>Empfehlungen und Maßnahmen .....</b>	<b>16</b>
<b>9</b>	<b>Quellenverzeichnis .....</b>	<b>18</b>



## Abbildungsverzeichnis

---

---

Abb. 1:	Beispiel für den Bau eines Flachfundaments einer Windenergieanlage, /1/ .....	4
Abb. 2:	Geplante Ausführung des Flachfundaments (Zeichnung: Enercon) .....	5

## Tabellenverzeichnis

---

---

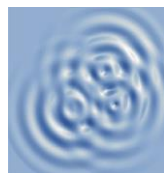
Tab. 1:	Lagekoordinaten der Windenergieanlagen (Zentroide).....	1
Tab. 2:	Ermittlung der erforderlichen Grundwasserabsenkung.....	6

## Anhang

---

---

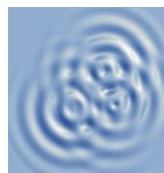
<b>Anhang 1</b>	<b>Pläne</b>	
Blatt 1	Übersichtskarte des Modellgebietes, Maßstab 1: 25.000	
Blatt 2	Lageplan der Bohrungen und Grundwassermessstellen, Maßstab 1: 20.000	
Blatt 3	Lageplan, Maßstab 1: 7.500	
Blatt 4	Luftbild, Maßstab 1: 7.500	
Blatt 5	Geländemodell DGM50, Maßstab 1: 20.000	
Blatt 6	Geologische Übersichtskarte, Maßstab 1: 20.000	
Blatt 7	Morphologie der Basis des oberen Grundwasserleiters (GWL1) in m ü. NN, Maßstab 1: 20.000	
Blatt 8	Grundwassergleichenplan GWL1, Situation 02/2016 bzw. 03/2017, Maßstab 1: 20.000	
Blatt 9	Grundwassergleichenplan GWL1, Situation 02/2016 bzw. 03/2017, Maßstab 1: 7.500	
Blatt 10	Grundwasserflurabstand GWL1 03/2017, Maßstab 1: 7.500	
Blatt 11	Grundwassererfüllte Mächtigkeit des oberen Grundwasserleiters (GWL1, 03/2016, Maßstab 1: 7.500	



Seite: IV

Datum: 23. Januar 2019

- Blatt 12 Mittlere Grundwasserneubildungsrate nach GROWA 06v2 (1961-1990),  
Maßstab 1: 20.000
- Blatt 13 Grundwassermodell: Modellnetz im engeren Untersuchungsgebiet,  
Maßstab 1: 10.000
- Blatt 14 Grundwassermodell: GW-Isolinien Ist-Zustand (Kalibrierung),  
Maßstab 1: 10.000
- Blatt 15 Grundwassermodell: Soll-Ist-Vergleich zwischen Konstruktion und Simula-  
tion, Differenzen in m, Maßstab 1: 10.000
- Blatt 16 Grundwassermodell: GW-Absenkung gegenüber Ist-Zustand bei bauzeitiger  
Wasserhaltung WEA 18/1, Maßstab 1: 10.000
- Blatt 17 Grundwassermodell: GW-Absenkung gegenüber Ist-Zustand bei bauzeitiger  
Wasserhaltung WEA 18/2, Maßstab 1: 10.000
- Blatt 18 Grundwassermodell: GW-Absenkung gegenüber Ist-Zustand bei bauzeitiger  
Wasserhaltung WEA 18/3, Maßstab 1: 10.000
- Blatt 19 Grundwassermodell: GW-Absenkung gegenüber Ist-Zustand bei bauzeitiger  
Wasserhaltung WEA 18/4, Maßstab 1: 10.000
- Anhang 2 Stammdaten der Grundwassermessstellen und Bohrungen im Untersu-  
chungsgebiet**
- Anhang 3 Kornverteilungsanalysen**



# 1 Aufgabenstellung

Die Windenergie Hollenstede 18 Planungsgesellschaft mbH plant die Errichtung und den Betrieb von vier Windenergieanlagen (WEA) des Typs E-138 des Herstellers Enercon in der Gemeinde Fürstenau, Gemarkung Hollenstede sowie in der angrenzenden Gemeinde Voltlage, Gemarkung Höckel im Landkreis Osnabrück. Der geplante Standort liegt etwa 2,8 km südöstlich der Ortslage von Hollenstede und rd. 5 km nordwestlich der Ortslage Voltlage. Die Landesgrenze zu NRW verläuft rd. 1,1 km südwestlich.

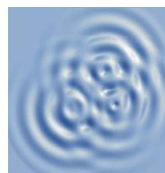
Die geplanten Anlagen sollen der Erzeugung erneuerbarer Energie dienen und folgen damit dem Ziel der niedersächsischen Landesregierung, die Nutzung einheimischer Energieträger und erneuerbarer Energien zu unterstützen. Weiterhin trägt das Projekt dem in § 1 Abs. 3 Ziffer 4 BNatSchG verankerten Naturschutzziel Rechnung, Luft und Klima durch Maßnahmen des Naturschutzes und der Landschaftspflege zu schützen, wobei dem Aufbau einer nachhaltigen Energieversorgung durch zunehmende Nutzung erneuerbarer Energien eine besondere Bedeutung zukommt.

Die Lagekoordinaten der geplanten Windenergieanlagen im Gauß-Krüger System und ETRS 1989 UTM sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tab. 1: Lagekoordinaten der Windenergieanlagen (Zentroide)

Anlage	Rechtswert GK	Hochwert GK	GOK <sup>1</sup>	UTM Nord	UTM Ost	Gemarkung	Flur	Flurstück
WEA 18/1	3411723	5815894	39,3	5814008	411682	Hollenstede	27	65 u. 66
WEA 18/2	3412033	5815772	40,0	5813886	411992	Höckel	15	54/13
WEA 18/3	3411329	5815420	40,9	5813534	411288	Hollenstede	27	91
WEA 18/4	3411665	5815322	41,0	5813436	411624	Höckel	15	50/5

<sup>1</sup> Geländehöhe bei Fundament in m NHN gemäß DGM50, Landesamt für Geoinformation und Landesentwicklung Niedersachsen LGLN



An den Anlagenstandorten ist für die Fundamentierung der Windkraftanlagen eine Grundwasserabsenkung notwendig. Geplant ist der Bau eines auftriebssicheren Kreisringfundamentes mit geringer Einbindetiefe (Flachfundament mit Auftrieb).

Mittels eines Grundwasserströmungsmodells soll bewertet werden, welche Entnahmemengen voraussichtlich für die Wasserhaltung erforderlich werden. Zudem ermöglicht die Modellierung eine Prognose der Reichweiten der damit einhergehenden Grundwasserabsenkung.

Das Büro für Geohydrologie und Umweltinformationssysteme Dr. Brehm & Grünz (BGU) wurde durch die Windenergie Hollenstede 18 Planungsgesellschaft mbH mit der Erstellung einer hydrogeologischen Stellungnahme zu der vorgenannten Fragestellung beauftragt.

## 2 Datengrundlage

Zur Bewertung der hydrogeologischen Verhältnisse und die Einrichtung eines numerischen Grundwassermodells konnte auf nachfolgende Datengrundlagen zurückgegriffen werden:

- Untergrundaufschlüsse (Bohrungen, Brunnen, Grundwassermessstellen, etc.) aus nachfolgenden Quellen:

Niedersächsischer Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz (NLWKN),

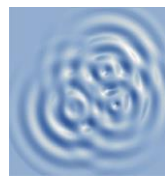
Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie (LBEG)<sup>2</sup>.

Insgesamt wurden 93 Bohrungen für die Auswertung verwendet, von denen sich einige bereits außerhalb des eigentlichen Modellgebietes befinden. Die Stammdaten der Bohrungen und Grundwassermessstellen mit Tiefenangaben zu den ausgewerteten Schichten gehen aus Anhang 2 hervor.

- Geotechnische Untersuchung der WEA-Standorte incl. der Kranstellflächen, /4/. Zur Ermittlung von Durchlässigkeitsbeiwerten wurden an zwei Bodenproben des Standortes von WEA 18/3 Kornverteilungsanalysen durchgeführt. Die Körnungslinien gehen aus Anhang 3 hervor.

---

<sup>2</sup> NIBIS-LBEG-Kartenserver: <http://nibis.lbeg.de/cardomap3/>



- Das Digitale Geländemodell DGM50 auf Grundlage der Geobasisdaten der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung (LGLN) ist in Blatt 5 dargestellt.
- Für die zur Erstellung der Pläne in Anhang 1 erforderlichen topografischen Kartengrundlagen des LGLN wurde auf WMS-Dienste des Landes Niedersachsen zurückgegriffen.
- Für die geologische Übersichtskarte wurde der WMS-Dienst (NIBIS-LBEG-Kartenserver) des LBEG genutzt.
- Dem numerischen Strömungsmodell liegen die Grundwasserneubildungsraten nach GROWA06V2 (1961-1990) der Hydrogeologischen Karte HUEK200 des LBEG Niedersachsen zugrunde, vgl. Blatt 12 in Anhang 1.

Die Strukturen des hydrogeologischen Modells beruhen i. W. auf den o. g. Informationen, aus Schichtprofilen sowie eigenen Auswertungen der geologischen und hydrogeologischen Karten des LBEG, vgl. Blatt 6. Einen Überblick über die darüber hinaus verwendeten Untersuchungsberichte gibt das Quellenverzeichnis, Kap. 9.

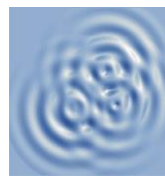
Seitens des Auftraggebers wurden ferner eine Fundamentschemazeichnung, ein Fundamentschnitt des Absenkziels sowie ein Schalplan der geplanten Flachfundamente zur Verfügung gestellt.

### **3 Ausführung der Fundamentierung**

Die geplanten Fundamente werden als Flachgründungen mit Auftrieb erstellt. Sie sollen einen Außendurchmesser von 22,0 m und eine Höhe ( $h_{ges}$ ) von 2,45 m aufweisen. Die Unterkante eines Fundamentes reicht – ohne Berücksichtigung der Sauberkeitsschicht - ca. 0,4 m unter Geländeoberkante.

Unterhalb des Bauwerks folgt zunächst eine 0,1 m starke Sauberkeitsschicht sowie eine 0,5 m starke Fundamentsohle, unter der voraussichtlich eine Baugrundverbesserung mittels Rüttelstopfsäulen erforderlich ist. Die Einbautiefe der mit Schotter gefüllten Säulen richtet sich nach den statischen Erfordernissen am Standort. Gemäß dem Baugrundgutachten wird die Einbringung bis in eine Tiefe von 12,0 - 17,0 erforderlich, /4/. Zur Verhinderung einer





hydraulischen Anbindung tieferer Grundwasserstockwerke sollen die Säulen nach Angaben der Firma Enercon in der Tiefenlage eines bindigen Trennhorizontes durch den Einbau eines speziellen, stopffähigen Betons hergestellt werden.

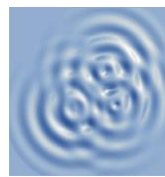
Auf den Säulen wird den Angaben des Herstellers Enercon nach grundsätzlich eine rd. 0,30 m mächtige, kompressible Einlage bzw. ein Lastverteilungspolster aus Schotter eingebaut.

Ein Beispiel, wie ein derartiges Fundament im Rohbauzustand aussieht, ist der nachfolgenden Abb. 1 zu entnehmen.



Abb. 1: Beispiel für den Bau eines Flachfundaments einer Windenergieanlage, /1/

Für die Trockenhaltung der Baugruben während der Fundamentierung ist aufgrund der hydrogeologischen Randbedingungen eine temporäre Grundwasserabsenkung notwendig, die



Seite: 5

Datum: 23. Januar 2019

nach derzeitigem Planungsstand mindestens bis 0,5 m unter die Baugrubensohle reichen soll.

Für die WEAs wird damit ein Absenkziel von

- 0,40 m (Einbindetiefe des Fundaments)
- +0,50 m (Fundamentsohle)
- +0,10 m (Sauberkeitsschicht)
- +0,30 m (Kompressible Einlage)
- +0,50 m (Sicherheitsabstand Absenkziel)

**= 1,80 m unter Gelände**

zugrunde gelegt.

Gemäß der Berechnung in Tab. 2 sind bei anzunehmenden Grundwasserständen Grundwasserabsenkungen von 0,9 - 1,6 m erforderlich.

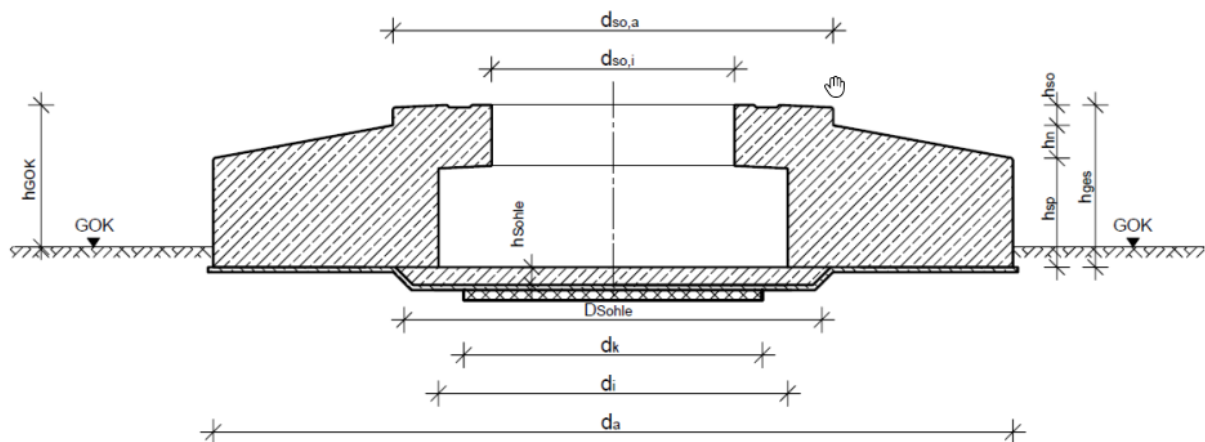
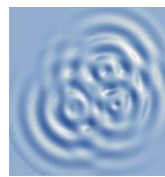


Abb. 2: Geplante Ausführung des Flachfundaments (Zeichnung: Enercon)







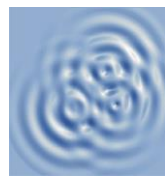
Oberflächennah sind örtlich Flugsande verbreitet, die in Form von Dünen nur lokal eine größere Mächtigkeit erreichen. In den Verebnungsflächen der Vorfluter finden sich örtlich zudem humose Bildungen und Moore des Holozäns. Das Blatt 6 in Anhang 1 gibt einen Einblick in die Geologie des Untersuchungsgebietes.

## **5.2 Hydrogeologische Situation und Grundwasserströmung**

Die weichsel-kaltzeitlichen Sande bilden gemeinsam mit den drehntezeitlichen Nachschüttsanden den oberen Grundwasserleiter des Untersuchungsgebietes. Die Schichten der Grundmoräne wirken hingegen als Grundwassergeringleiter oder -hemmer und verursachen eine hydraulische Trennung zu den darunterliegenden, gut durchlässigen Aquifer der Vorschüttsande, woraus eine Gliederung des Quartärs in einen oberen (GWL1) und unteren Grundwasserleiter (GWL2) resultiert. Im Verbreitungsgebiet des Trennhorizontes ist die Grundwasseroberfläche des unteren Grundwasserleiters in der Regel gespannt. Für die beim Bau der Fundamente notwendige Grundwasserabsenkung ist lediglich das oberflächennahe Grundwasservorkommen (GWL1) relevant. Örtlich können möglicherweise in Verbreitungslücken der Grundmoräne hydraulische Fenster zwischen den Grundwasserleitern vorkommen.

Der Grundwassergleichenplan in Blatt 8 sowie der Detailausschnitt in Blatt 9 zeigen die Strömungssituation des oberen Grundwasserleiters (GWL1). Grundlage der Konstruktion war eine Stichtagsmessung im Februar 2016 nordöstlich des Modellgebietes sowie Wasserstandsangaben aus den Bohraufschlüssen der WEA-Standorte, die im März 2017 erhoben worden sind, /4/. Die erbohrten Wasserstände wurden auf die Geländeoberfläche bezogen, deren Höhe aus dem DMG50-Geländemodell abgegriffen wurde. Das auf NN bezogene Grundwasserniveau ist daher nur näherungsweise für die Konstruktion eines Grundwassergleichenplans nutzbar. Im Frühjahr herrscht vorzugsweise ein mittleres bis erhöhtes Grundwasserniveau vor. Für die randlichen Bereiche des Modellgebietes liegt nur eine geringe Datendichte vor. Dennoch lässt sich die generelle Strömungssituation auch in diesem Bereich anhand der Morphologie und der Vorfluterhöhen abschätzen.

Ausgehend von der nordöstlichen Grundwasserhochlage der oberflächennah anstehenden Grundmoräne fließt das Grundwasser in vorwiegend westlicher bis südwestlicher Richtung



zu den Hauptvorflutern Ahe, Pallertkanal und Memedingsbach. Diese bilden eine nach Südwesten ausgerichtete, breite hydraulische Senke. Die Vorfluter werden von zahlreichen Gräben flankiert, welche lokal in das oberflächennahe Grundwasser einschneiden und eine Entwässerung des näheren Umfelds bewirken, erkennbar am teils engen Umbiegen der Isolien. Im Bereich der WEA 3/18 und WEA 4/18 ist eine schmale hydraulische Kuppe ausgebildet, welche mit rd. 40 m ü. NN das Niveau der umliegenden Gräben übersteigt.

Die Grundwasserfließrichtung ist an den nördlichen Standorten WEA1 und WEA2 nach Norden auf die Ahe gerichtet, während der Bereich um die WEA 4/18 durch eine zum Memedingsbach nach Süden gerichtete Fließrichtung gekennzeichnet ist. Die WEA 3/18 liegt im Bereich der Wasserscheide zwischen den beiden Vorflutern.

### **5.3 Grundwasserflurabstand und grundwassererfüllte Mächtigkeit**

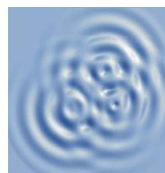
Die Konstruktion der Flurabstandskarte (Blatt 10) beruht auf der rechnerischen Verschneidung zwischen dem Geländemodell (Blatt 5) und dem für den für März 2017 konstruierten Grundwassergleichenplan des GWL1 (Blatt 9). In Anbetracht des überdurchschnittlichen Grundwasserniveaus sind die Flurabstände zum Untersuchungszeitpunkt vergleichsweise gering.

Diese liegen meist bei weniger als 1 m. Allein an der WEA 4/18 ergibt sich ein Flurabstand von wenig über 1 m. Etwas größere Flurabstände von bis zu rd. 3 m zeigen sich im Bereich der umliegenden Bebauung, wie dem nordwestlich gelegenen Hof.

Aus der Differenz aus Grundwasserstand (Blatt 9) sowie der Basis des oberen Grundwasserleiters, Blatt 7, resultiert die Grundwasser erfüllte Mächtigkeit, Blatt 11. Diese wird im Bereich der WEA maßgeblich durch eine nach Süden ausgerichtete Senke geprägt, in der eine Grundwassermächtigkeit von 10 m überschritten wird.

### **5.4 Geohydraulische Kenndaten**

Die Aufschlussbohrungen haben im oberflächennahen Bereich vorrangig Feinsande erschlossen, die zur Basis des GWL1 in Mittelsande übergehen. Zur Ermittlung eines Durchlässigkeitsbeiwertes wurden an zwei Proben der bei der WEA 3/18 ausgeführten Bohrungen



Kornverteilungsanalysen durchgeführt. Gemäß einer Auswertung nach HAZEN wurden aus der Kornverteilung folgende Durchlässigkeitsbeiwerte ( $k_f$ -Werte) berechnet, vgl. Anhang 3:

- BS3/1-6, Tiefe: 6 m  $k_f = 1,3 \cdot 10^{-4}$  m/s
- BS3/1-7, Tiefe: 7 m  $k_f = 2,0 \cdot 10^{-4}$  m/s

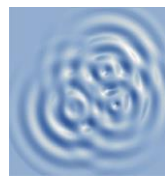
Für die Modellierung wird für die weichsel-kaltzeitlichen fluviatilen Sande ein Ausgangswert des Durchlässigkeitsbeiwertes von  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s zugrunde gelegt. Aus Untersuchungen an vergleichbaren Flächen sind für drenthezeitliche Nachschüttsande des nordöstlichen Untersuchungsgebietes  $k_f$ -Werte in einer Größenordnung von  $1 \cdot 10^{-5}$  bis  $1 \cdot 10^{-4}$  m/s zu erwarten.

## 5.5 Grundwasserneubildung

Für das Modellgebiet wurden die Grundwasserneubildungsraten nach GROWA06V2 (1961-1990) der Hydrogeologischen Karte HUEK200 des LBEG Niedersachsen herangezogen. Danach wird das Projektgebiet durch Raten von 75 - 200 mm/a dominiert, Blatt 12. Etwas höhere Raten von mehr als 300 mm/a zeigen sich in einzelnen Kuppenlagen, die durch größere Flurabstände und eine dementsprechend bessere Versickerungseignung charakterisiert sind. Die geringen Flurabstände in den breiteren Talauen der Vorfluter lassen meist nur eine verminderte Neubildung von bis zu 125 mm/a zu, da hier eine direkte Zehrung des Grundwasserdargebotes durch die Vegetation erfolgt.

## 6 Grundwasserströmungsmodell

Die Erstellung des Grundwasserströmungsmodells orientierte sich an der im Leitfaden Geofakten 8 aufgezeigten Strategie, /1/. Zunächst wurde das in Kap. 5 beschriebene hydrogeologische Modell erstellt, in das alle für das vorliegende Projekt relevanten hydrogeologischen Elemente integriert wurden. So entstand ein detailgetreues digitales 2D-Modell, aus dem die Verbreitung, Höhenlage und Mächtigkeit der für die Modellierung maßgeblichen geohydraulischen Einheiten zu entnehmen ist. In einem zweiten Schritt wurde dieses dann in ein stationäres numerisches Grundwasserströmungsmodell umgesetzt.



Zur Erlangung gesicherter Randbedingungen wurde das Modellgebiet deutlich über den engeren Untersuchungsbereich hinaus ausgedehnt. Das rd. 14 km<sup>2</sup> große Gebiet reicht im Osten etwa bis zur K154, die einen Geländeanstieg zu den östlich gelegenen Kuppenlagen bei Engelern markiert. Im Norden folgt die Grenze dem Pallertkanal, der im Westen in die Ahe einmündet. Der Südwestrand folgt einem etwa parallel zur Landesgrenze verlaufenden namenlosen Graben. Die Südostgrenze quert mehrere Bäche, darunter den Wolfsbergbach und den Feldwiesenbach, welche beide nach Westen in den Memedingsbach entwässern.

Das Modellareal wurde durch ein engmaschiges Netz von finiten Dreiecks- und Viereckselementen diskretisiert, deren Lage durch Knoten vorgegeben worden war. Da sich die Wasserhaltungsmaßnahme ausschließlich auf den oberflächennahen GWL1 bezieht, wurde das numerische Modell zweidimensional eingerichtet. Bei Bedarf ist eine Erweiterung auf ein 3D-Modell möglich. Das Modellnetz besteht damit aus einer räumlichen Elementlage, deren Obergrenze durch die Geländeoberfläche und deren Untergrenze durch die Oberfläche der Grundmoräne oder eines gleichwertigen Stauers (Aquiferbasis des GWL1) begrenzt wird. Das Modellnetz des engeren Untersuchungsgebietes ist in Blatt 13 dargestellt.

Grundlage der Netzgenerierung ist ein Strukturmodell, in dem sämtliche modellrelevanten Geometrielemente zusammengefasst worden sind (geplante Baugruben, Vorfluter). Bei der Wahl der Maschendichte wurde den steileren Gradienten im Einflussbereich des geplanten Bauwerks Rechnung getragen. Zur Modellierung wurde das Programmpaket SPRING<sup>®</sup> 4 verwendet.

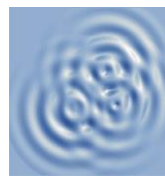
Die Bäche und Gräben wurden als Leakage-Gewässer zum Ansatz gebracht. Deren Potentiale wurden aus den amtlichen Kartenwerken sowie dem Geländemodell DGM50 abgeschätzt. Für die hydraulische Anbindung der Vorfluter an den Grundwasserkörper wurde der Leakage-Faktor so gewählt, dass sich nur ein limitierter Wasseraustausch einstellen kann.

Blatt 1 und Blatt 8 geben einen Überblick über das Modellgebiet.

---

<sup>4</sup> delta-h, Benutzerhandbuch SPRING, [http://spring.delta-h.de/download/SPRING4\\_Webhilfe/SPRING.htm](http://spring.delta-h.de/download/SPRING4_Webhilfe/SPRING.htm) (abgerufen am 01.06.2017)





Nach der Zusammenstellung der Eingabedaten wurde das Modell teilautomatisiert auf den Grundwassergleichenplan vom März 2017 kalibriert. Dazu wurde die Untergrunddurchlässigkeit in einer realistischen Spannweite variiert, bis eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und berechneten Grundwasserpotenzialen erreicht wurde. Das Kalibrierergebnis für den GWL1 geht als Isolinienplan aus Blatt 14 hervor. Der Ausschnitt in Blatt 15 zeigt die Differenz zwischen berechneten und konstruierten Grundwasserpotenzialen.

Mit einer Abweichung von 0,0 - 0,2 m resultiert für die WEA 18/1, 18/3 und 18/4 eine sehr gute Übereinstimmung mit dem konstruierten Grundwasserniveau. Für WEA 18/2 resultiert eine Abweichung von +0,4 bis +0,6 m, welche auf der Wirkung der südlich verlaufenden Grundwasserkuppe beruht. Diese fällt in der Simulation etwas breiter aus als konstruiert, was auf einer etwas höheren Transmissivität dieses Bereiches beruhen dürfte. Bei höherem Grundwasserstand der Simulation ist auch der hydraulische Eingriff größer, sodass diese auf der sicheren Seite liegt.

## **7 Auswirkungen der geplanten Wasserhaltungsmaßnahme**

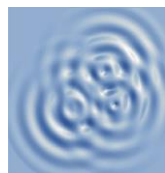
### **7.1 Grundwasserströmungssituation**

Durch die Grundwasserentnahme soll eine Trockenhaltung der Baugruben der geplanten Flachfundamente der WEAs erreicht werden. Für diese wurde vorsorglich ein etwas größerer Durchmesser von 30 m zugrunde gelegt, sodass durch diesen konservativen Ansatz die aus der numerischen Simulation resultierenden hydraulischen Auswirkungen alle modelltechnischen Unsicherheiten abdecken.

Die simulierte Grundwasserabsenkung im GWL1 in Anhang 1 Blatt 16 – Blatt 19 zeigt konzentrisch um die einzelnen Baugruben verlaufende Isolinien.

Gemäß den aus dem DGM50 ermittelten Geländehöhen resultieren folgende Absenkziele und Förderraten der temporären Wasserhaltung:

- |            |              |                         |
|------------|--------------|-------------------------|
| • WEA 18/1 | 37,5 m ü. NN | 109 m <sup>3</sup> /Tag |
| • WEA 18/2 | 38,2 m ü. NN | 235 m <sup>3</sup> /Tag |



- WEA 18/3                    39,1 m ü. NN                    171 m<sup>3</sup>/Tag
- WEA 18/4                    39,2 m ü. NN                    435 m<sup>3</sup>/Tag

Die Isolinien gleicher Absenkung lassen eine ausgleichende Wirkung der Wasser führenden Vorflutgräben erkennen, während in den Kuppenlagen eine größere Reichweite resultiert. Die Förderraten der Baugruben sowie die davon ausgehenden Reichweiten der Grundwasserabsenkung variieren im Wesentlichen infolge unterschiedlich kalibrierter Durchlässigkeitsbeiwerte sowie der nach Süden zunehmenden Mächtigkeit des Aquifers.

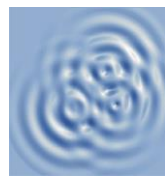
Die größte Reichweite der Absenkungsisolinie von 0,1 m wird demnach in einer Entfernung von rd. 540 - 780 m im Umfeld der WEA4 erreicht, während die Reichweite bei WEA 18/1 auf weniger als 320 m begrenzt ist.

Aufgrund der befristeten Dauer der einzelnen Wasserhaltungsmaßnahmen – voraussichtlich ca. ein Monat – ist im Hinblick auf die ungespannte Grundwasseroberfläche davon auszugehen, dass sich der für stationäre Verhältnisse berechnete Zustand bis zur Beendigung der Wasserhaltung noch nicht vollständig entwickelt haben wird.

Auch kann von den umliegenden Vorflutern eine stärkere Pufferung ausgehen, die im Rahmen der numerischen Modellierung aufgrund der gewählten begrenzten Leakage-Anbindung nicht im vollen Umfang nachgebildet werden kann. Sofern die Baumaßnahme bei tieferen Grundwasserständen erfolgt, als zu dem angesetzten Niveau, fallen aufgrund des dann geringeren Absenkungsbetrages auch die Reichweiten der Absenkung geringer aus als in Blatt 16 - Blatt 19 dargestellt.

Die zur Aufrechterhaltung des geplanten Absenkziels an der WEA 18/4 simulierte Grundwasserentnahme erreicht unter den gegebenen stationären Bedingungen eine rechnerische Größenordnung von rd. 5 l/s bzw. rd. 435 m<sup>3</sup>/Tag. In der Anfangsphase der Absenkung kann die Fördermenge – je nach eingesetztem Wasserhaltungsverfahren – deutlich höher sein. Tendenziell ist die Entnahmerate bei den übrigen WEA etwas geringer.

Die Ableitung des im Rahmen der Bauwasserhaltung temporär anfallenden Grundwassers in die angrenzenden Vorflutgräben ist nach derzeitiger Einschätzung als hydraulisch unproblematisch zu bewerten. Die Förderung des Grundwassers sowie dessen Einleitung in



die nächst gelegenen Vorfluter bedarf einer wasserrechtlichen Erlaubnis. Die geplanten Einleitstellen müssen durch geeignete technische Maßnahmen gegen Auswaschungen an der Sohle oder den Flanken des Grabens gesichert werden.

## **7.2 Auswirkungen auf Gewässer**

Größere Teiche sind im beeinflussten Umfeld der Wasserhaltungsmaßnahmen nicht vorhanden. Die nördlich, nahe am Pallertkanal gelegenen Fischteiche sind mit einer simulierten Grundwasserabsenkung von weniger als 0,01 m (WEA 18/1) praktisch nicht betroffen.

Das Grundwasser sollte im Vorfeld der geplanten Wasserhaltungsmaßnahme noch auf seine Eisen- und Mangankonzentration hin überprüft werden. Da das geförderte Grundwasser mit Luftsauerstoff in Kontakt kommen wird, muss sichergestellt sein, dass es bei der Einleitung des Wassers in den Vorflutgräben nicht relevanten zu Eisen- und Manganausfällungen kommen wird. Wenn das geförderte Grundwasser reduzierend und eisen- bzw. manganhaltig sein sollte, könnte es sonst an der Einleitstelle zu Verockerungen kommen.

Da in den Bächen und Gräben Fische vorkommen können, sind Eisenflocken, die durch eine Ausfällung im Rahmen der Einleitung des Wassers auftreten können und in die Kiemen der Fische gelangen, in jedem Fall durch ausreichende Belüftung im Vorfeld zu vermeiden.

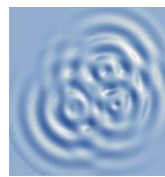
## **7.3 Auswirkungen auf Gebäude**

Schäden an Gebäuden können infolge einer Entwässerung setzungsempfindlicher Schichten in Erscheinung treten. Für folgende Gebäude kann unter stationären Bedingungen eine Grundwasserabsenkung von mehr als 0,25 m eintreten:

- Bruchstraße 6, Voltlage (Wasserhaltung WEA 18/4) 0,2 m

Im Bereich des genannten Gebäudes stehen gemäß der Geologischen Karte 1:25.000 weichselzeitliche Flugsande über weichselzeitlichen feinsandigen, schluffigen Mittelsanden an. Solche Sedimente wurden auch bei der WEA 18/4 erbohrt. Die rd. 200 m nordöstlich der Bruchstraße 6 liegende Bohrung HOLL 17-1, vgl. Blatt 2, zeigt eine bis 13,7 m reichende Folge aus Fein- bis Mittelsand. Die anstehenden Fein- bis Mittelsande sind hinsichtlich einer





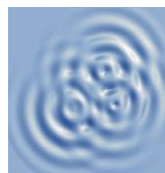
## **8 Empfehlungen und Maßnahmen**

Beim Einbau der Rüttelstopfsäulen unterhalb der Fundamente ist eine hydraulische Anbindung des tieferen Grundwasserstockwerkes an die bauzeitige Wasserhaltung zu verhindern, da dies zu einer Erhöhung der Förderraten führen würde. Hierzu wurde seitens des Herstellers Enercon eine Vermörtelung in der Tiefenlage des Trennhorizontes mittels stopffähigem Spezialbeton vorgesehen.

Die Wasserhaltung sollte vorsorglich auf eine zu erwartende Förderrate von bis zu 700 m<sup>3</sup>/Tag (max. 30 m<sup>3</sup>/h) ausgelegt werden. Dem Ergebnis der Modellierung nach ist vorrangig an der südlichen WEA 18/4 eine erhöhte Förderrate zu erwarten, während die nördlichen Standorte tendenziell geringere Raten erwarten lassen. Im Einzelfall hängt die Förderrate jedoch stark von der lithologischen Ausprägung der erschlossenen Sande ab. So können kleinere Grobsandlagen innerhalb der Schichtenfolge lokal mit erhöhten Förderraten einhergehen. Andererseits kann eine bindigere Matrix (Schluff/Ton) der Sandlagen auch eine deutliche Verringerung der Entnahmemengen bedingen. Derartige lokale Einflussfaktoren lassen sich jedoch im Vorfeld der Baumaßnahme nicht mit einem vertretbaren Aufwand erfassen, sodass die hier berechneten Werte immer nur eine Annäherung an die tatsächlichen Verhältnisse darstellen.

Zur Überwachung der bauzeitlichen Wasserhaltung wird aufgrund der erhöhten erwarteten Förderrate sowie der Nähe zu den umliegenden Gebäuden empfohlen, mindestens im Bereich der WEA 18/4 eine flache Grundwassermessstelle (Tiefe ca. 5 - 6 m) zu errichten. An dieser sollte der Grundwasserstand während der Grundwasserentnahme werktäglich gelotet und dokumentiert werden. Zur Einschätzung des Ruhenniveaus und der natürlichen Wasserstandsentwicklung sollte die Messung bereits mit ausreichender Vorlaufzeit (ca. 4 Wochen) im wöchentlichen Intervall aufgezeichnet werden.

Alternativ ist ein Einsatz eines Datenloggers vor und während der Baumaßnahme zu empfehlen. Hierdurch kann der Personalaufwand zur Erfassung und Dokumentation der Messwerte deutlich reduziert und zudem ein nahezu beliebig kurzes Messintervall eingestellt werden. Sofern technisch umsetzbar, ist zusätzlich die werktägliche Aufzeichnung der Fördermengen über einen Wasserzähler zu empfehlen.



Im Hinblick auf eine Einleitung des geförderten Grundwassers in die Vorflut und der damit ggf. verbundenen Problematik der Eisen- und Manganausfällungen sollte das Grundwasser an der neuen Grundwassermessstelle beprobt und auf die Analysenparameter  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ , Fe (ges.) und Mn (ges.) untersucht werden. Bereits bei der Probenahme muss sichergestellt werden, dass die Proben vor der fachgerechten Konservierung in jedem Fall filtriert werden, damit es nicht zu Überbefunden durch bereits ausgefällte Eisen-Manganverbindungen kommen kann.

Bielefeld, den 23. Januar 2019

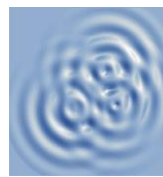
(Th. Grünz, Dipl.-Geol.)

(Dr. D. Brehm, Dipl.-Geol.)

(F. Carstensen, Dipl.-Geol.)

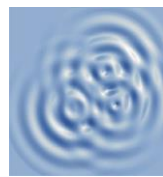
**BGU - Büro für Geohydrologie  
und Umweltinformationssysteme**

Dr. Brehm & Grünz GbR  
Technologiezentrum Bielefeld  
Meisenstraße 96  
DE- 33 607 Bielefeld



## 9 Quellenverzeichnis

- /1/ Neuß, M. & Dörhöfer, G. (2009): Hinweise zur Anwendung numerischer Modelle bei der Beurteilung hydrogeologischer Sachverhalte und Prognosen in Niedersachsen – Geofakten 8, 3. Aufl., Apr. 2009, LBEG, Hannover
- /2/ Bayerisches Landesamt für Umwelt (2012): Trinkwasserschutz bei Planung und Errichtung von Windkraftanlagen, Merkblatt Nr. 1.2/8, Augsburg.
- /3/ Ministerium für Klimaschutz, Umwelt, Landwirtschaft, Natur- und Verbraucherschutz NRW (2011): Erlass für die Planung und Genehmigung von Windenergieanlagen und Hinweise für die Zielsetzung und Anwendung (Windenergie-Erlass) vom 11.07.2011; Düsseldorf.
- /4/ Neumann Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG (11.05.2017): Bauvorhaben Nr. 055/17, Neubau von vier Windkraftanlagen im Windpark Hollenstede, Fläche 18, Baugrunduntersuchung-Gründungsbeurteilung. - Eckernförde



# Anhang 1

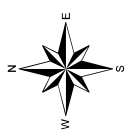
## **Hydrogeologisches Gutachten zur Errichtung von Windenergieanlagen im Windpark Hollenstede**

**Numerische Simulation der hydraulischen Auswirkungen  
der temporären Grundwasserhaltung zur Errichtung von vier  
Windkraftanlagen Fläche 18, in Fürstenau,  
Gemarkung Hollenstede und Voltlage, Gemarkung Höckel**

### **Pläne**



Windenergie Hollenstede 18  
 Planungsgesellschaft mbH  
 Zur Dasselage 11  
 DE-49 584 Fürstenau-Hollenstede



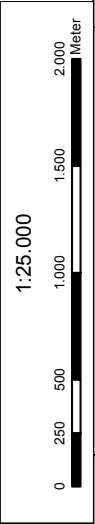
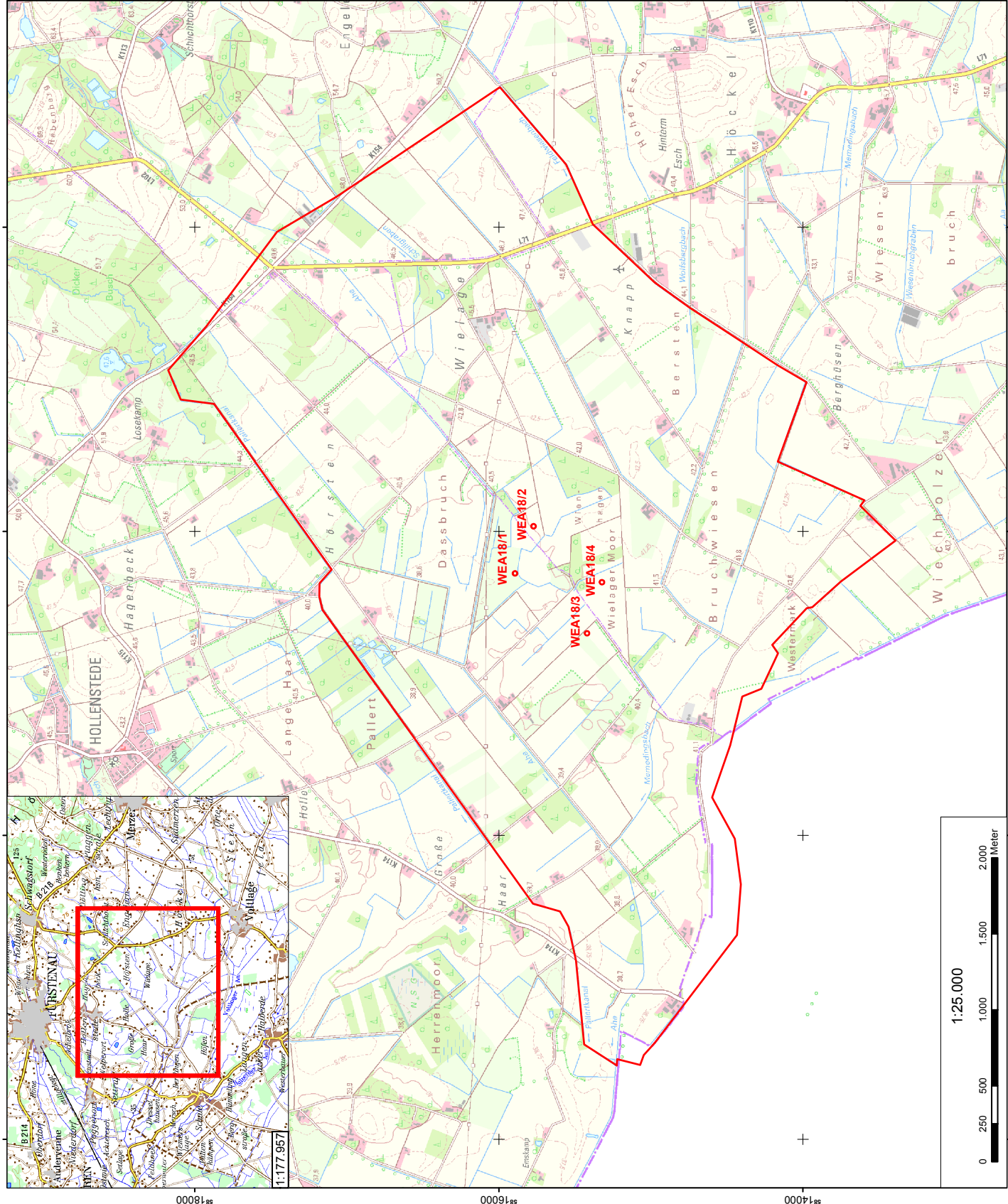
### Hydrogeologisches Gutachten zum Windpark Hollenstede 18

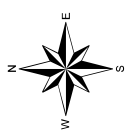
- Legende:**
- WEA18 Fundamente
  - Modellrand

### Übersichtskarte des Modellgebietes



**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BfG  
 Malsenstraße 98 · DE-33 807 Bleckede  
 Fon: 0521/2997-250 · Fax: 0521/2997-253  
 http://www.tbg-u-geservice.de



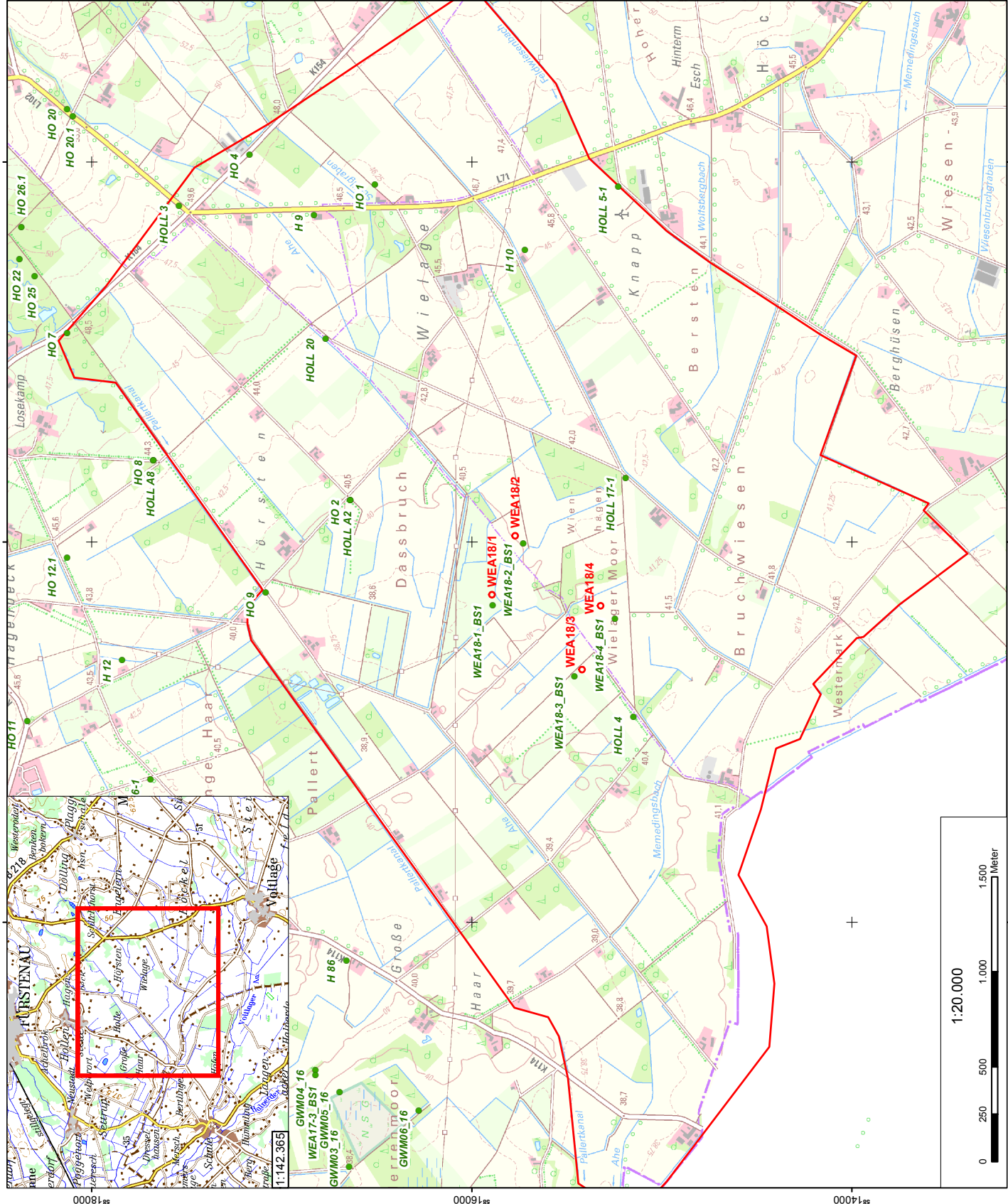


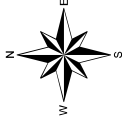
Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18

- Legende:
- WEA18 Fundamente
  - Bohrung
  - Modellrand

Lageplan der Bohrungen und  
 Grundwasserstellen

**Büro für  
 Gehydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BfG  
 Malsenstraße 98 · DE-33 807 Bleckede  
 Fon: 0521/2997-250 · Fax: 0521/2997-253  
 http://www.tbg-geo-service.de





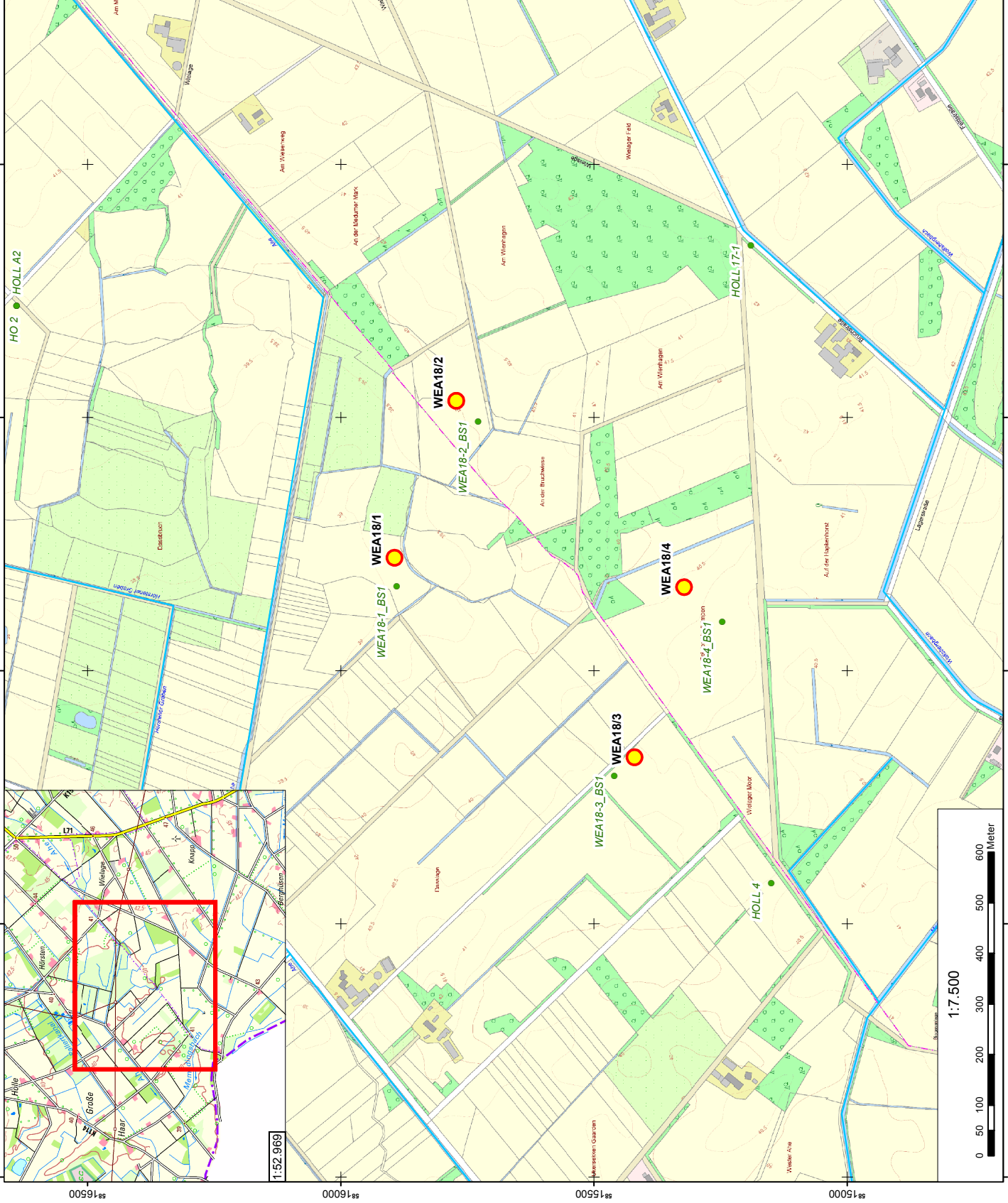
Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18

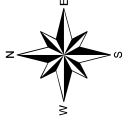
Legende:  
 WEA Fundamente  
 Bohrung

Lageplan



Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BfG  
 Malsenstraße 98 • DE-33 807 Bleibül  
 Fon: 0521/2997-250 • Fax: 0521/2997-253  
 http://www.tbg-u-geoservice.de





Hydrogeologisches Gutachten  
zum Windpark Hollenstede 18

Legende:



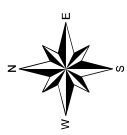
WEA Fundamente

Luftbild



Büro für  
GeoHydrologie und  
Umweltinformationssysteme  
Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BbG  
Möhlenstraße 98 • DE-33 807 Bleckede  
Fon: 0521/2997-250 • Fax: 0521/2997-253  
http://www.tbgu-geservice.de



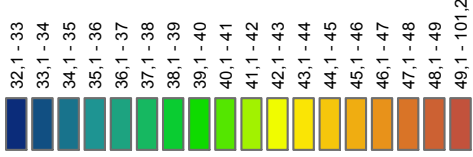


**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**

**Legende:**

- WEA18 Fundamente
- Modellrand

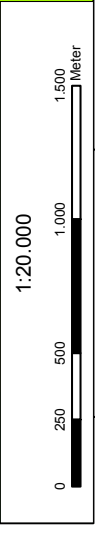
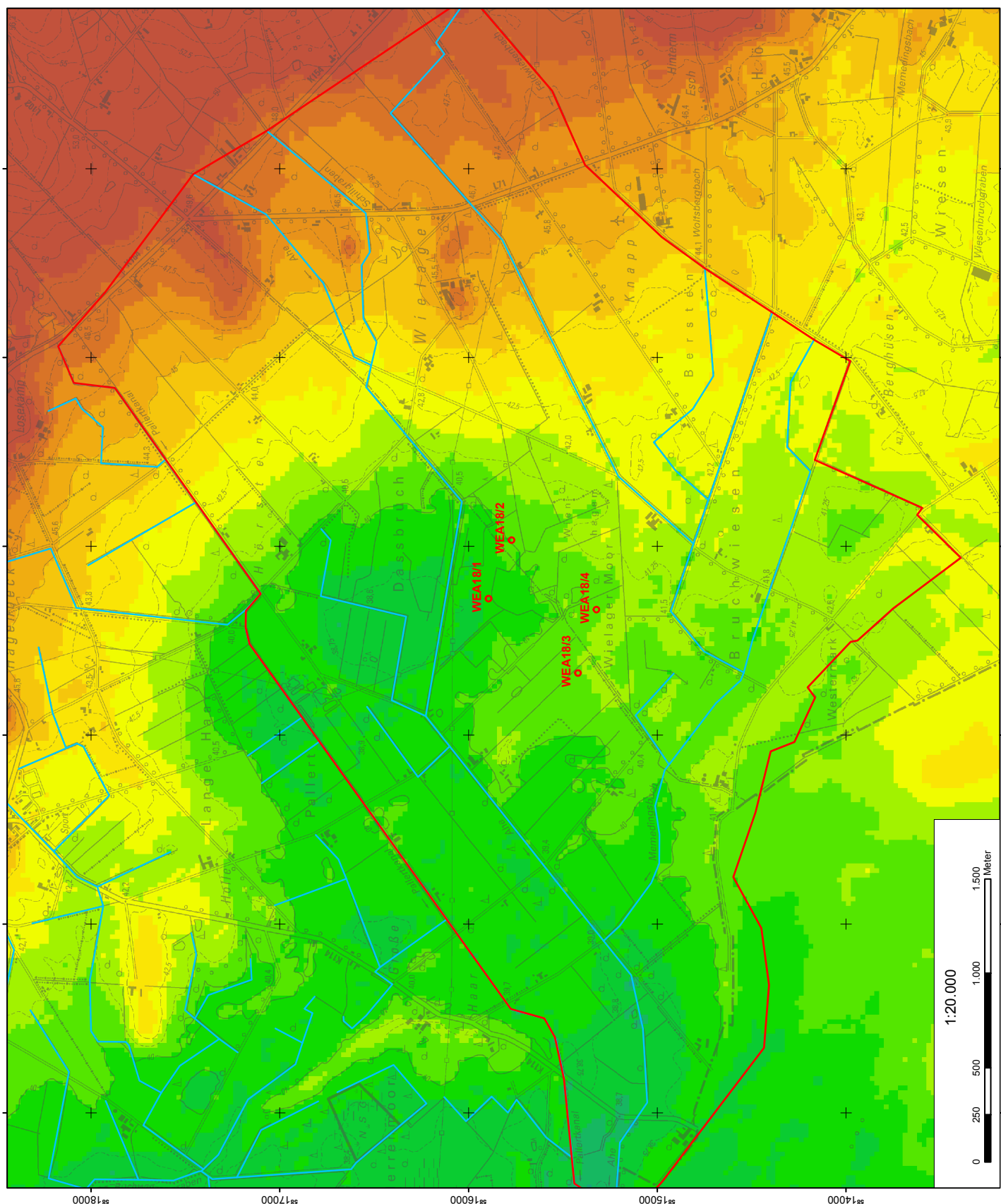
**Geländehöhen DGM50 in m ü. NN**

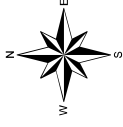


**Geländemodell DGM50**



**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Behm & Grünz GbR - Diplom Geologen BGG  
 Miesensstraße 98 · DE 33 807 Bielefeld  
 Fon: 0521/2997-250 · Fax: 0521/2997-253  
 http://www.bgu-geservice.de



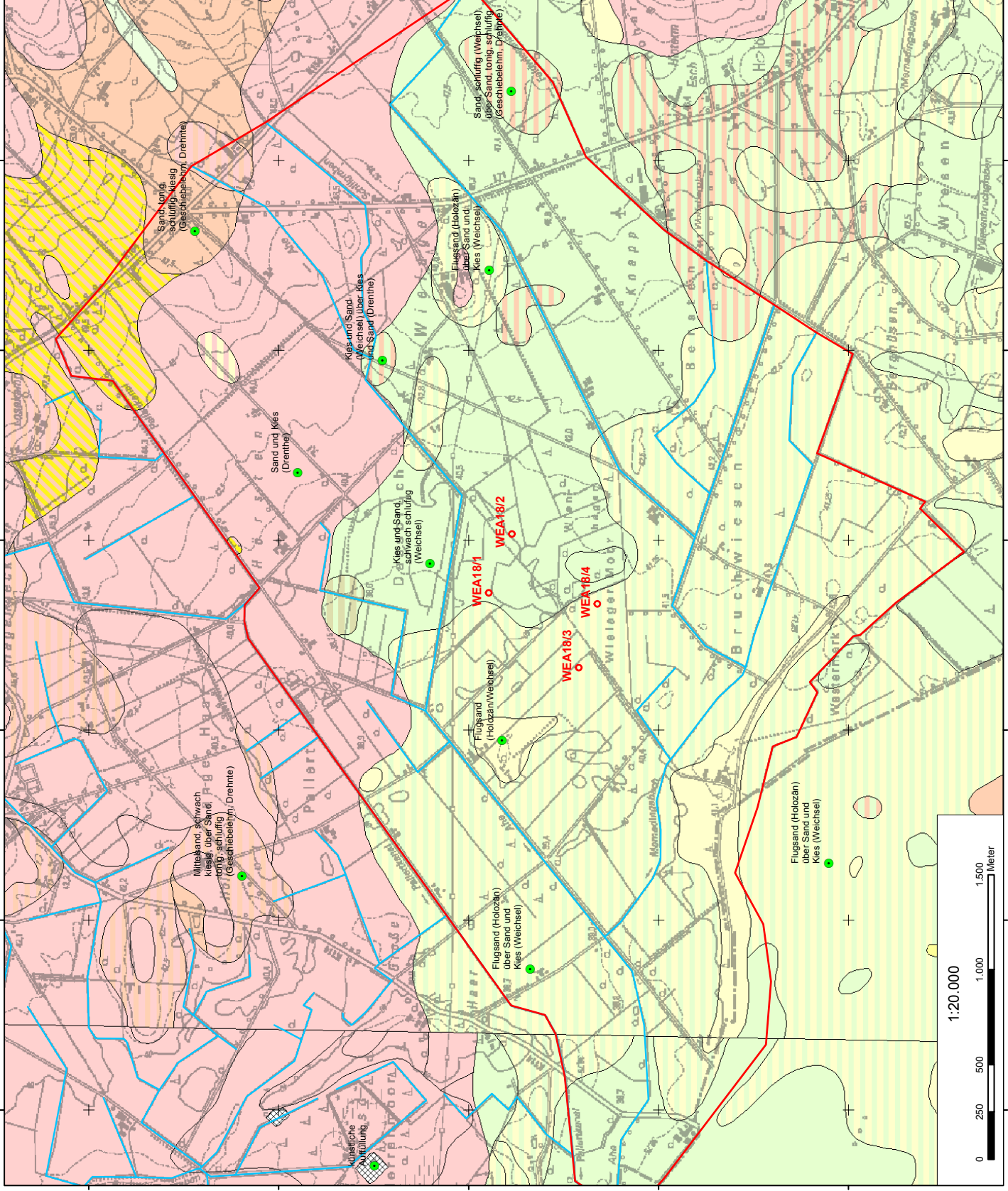


### Hydrogeologisches Gutachten zum Windpark Hollenstede 18

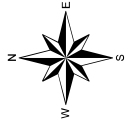
**Legende:**

- WEA18 Fundamente
- Geologie Erläuterung
- Modellrand

Quelle: LBEG, Hannover  
 WMS-Dienst  
 Geologische Karte 1:25.000,  
 Übersichtskartierung



Windenergie Hollenstede 18  
 Planungsgesellschaft mbH  
 Zur Dasselage 11  
 DE-49 584 Fürstenau-Hollenstede

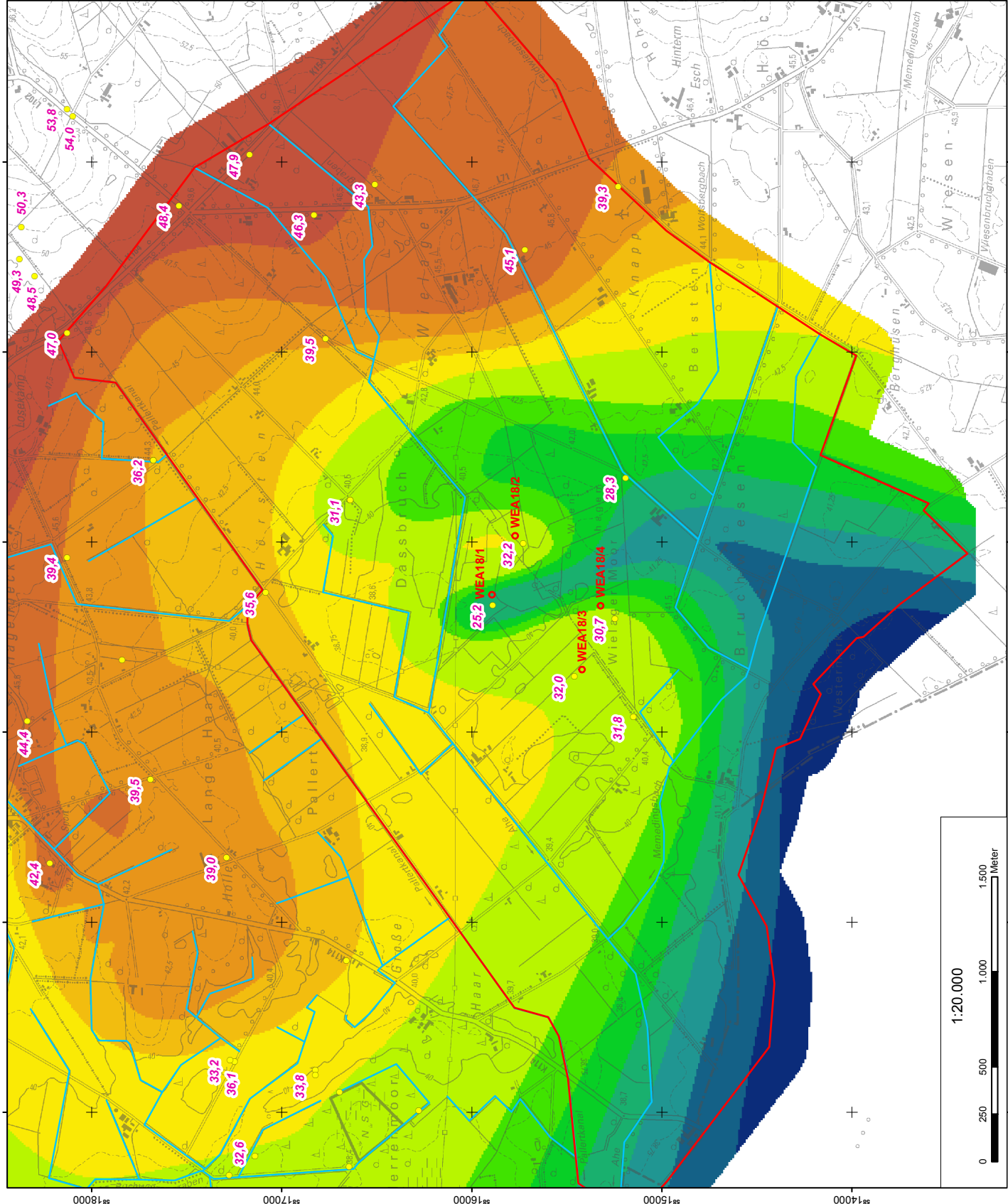
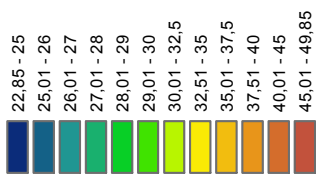


**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**

**Legende:**

- WEA18 Fundamente
- Bohrung mit Basis GWL1 in mNN
- Modellrand

**Basis GWL1 in mNN**



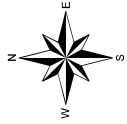
**Basis des oberen  
 Grundwasserleiters in m. ü. NN**



**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BfG  
 Meisenstraße 98 · DE 33 807 Bielefeld  
 Fon: 0521/2997-250 · Fax: 0521/2997-253  
 http://www.tsgu-geo-service.de





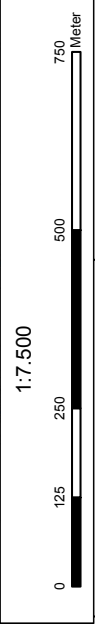
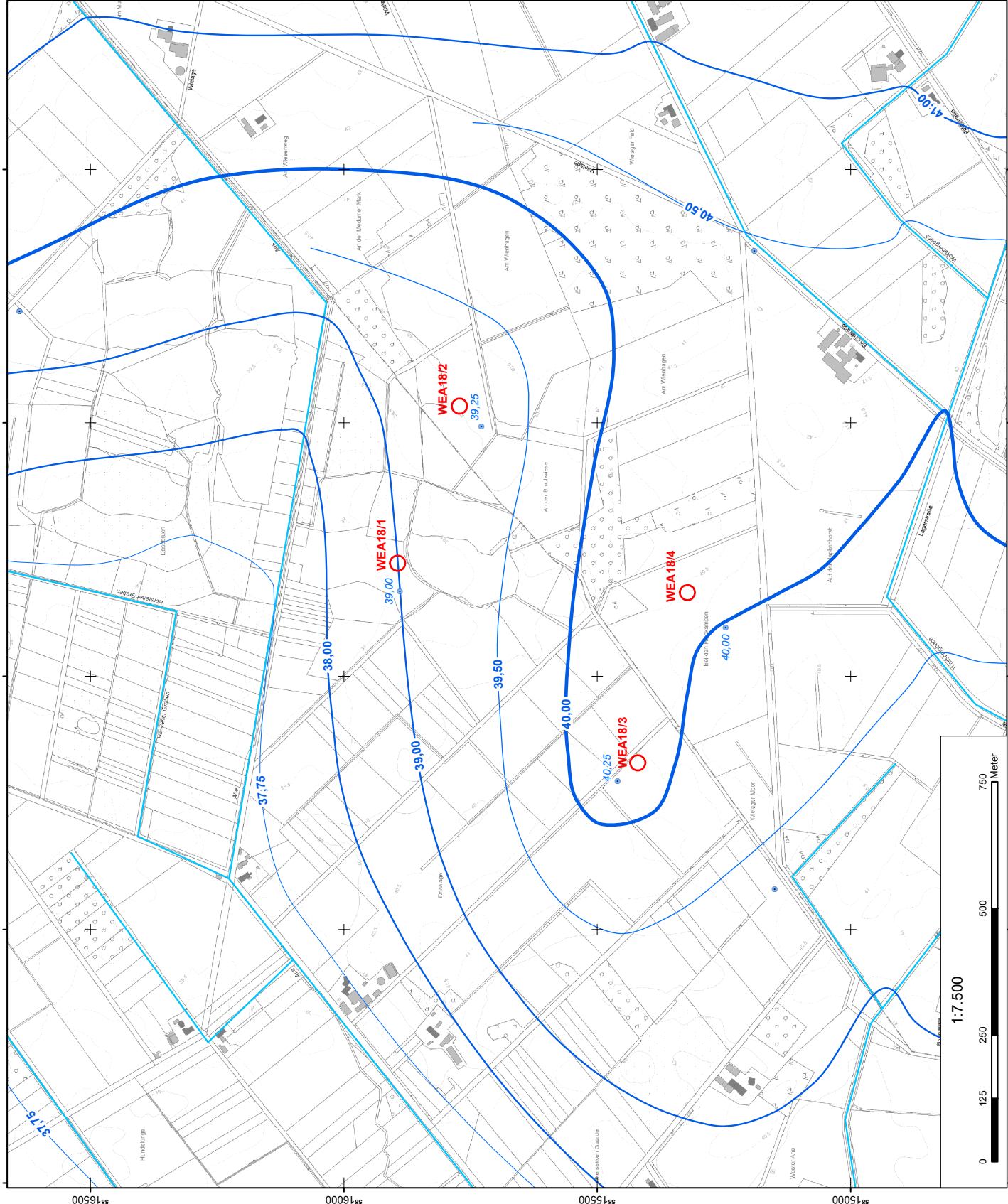


**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**

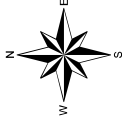
- Legende:**
- WEA 18 Fundamente
  - Wst. 16.02.2016 und 03/2017 in mNN
  - Isolinien GWL 1 03/2017 in mNN**
  - 5 m-Isolinie
  - 1 m-Isolinie
  - 0,5 m-Isolinie
  - 0,25 m-Isolinie

**Grundwassergleichenplan  
 GWL 1, Situation 02/2016 /  
 03/2017**

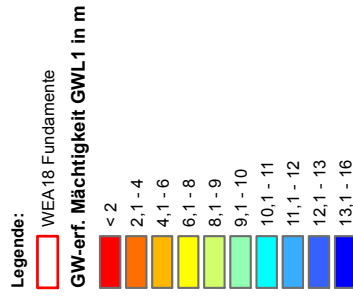
**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BfG  
 Malsenstraße 98 • DE 33 807 Bleckede  
 Fon: 0521/2997-250 • Fax: 0521/2997-253  
 http://www.tbg-u-geservice.de







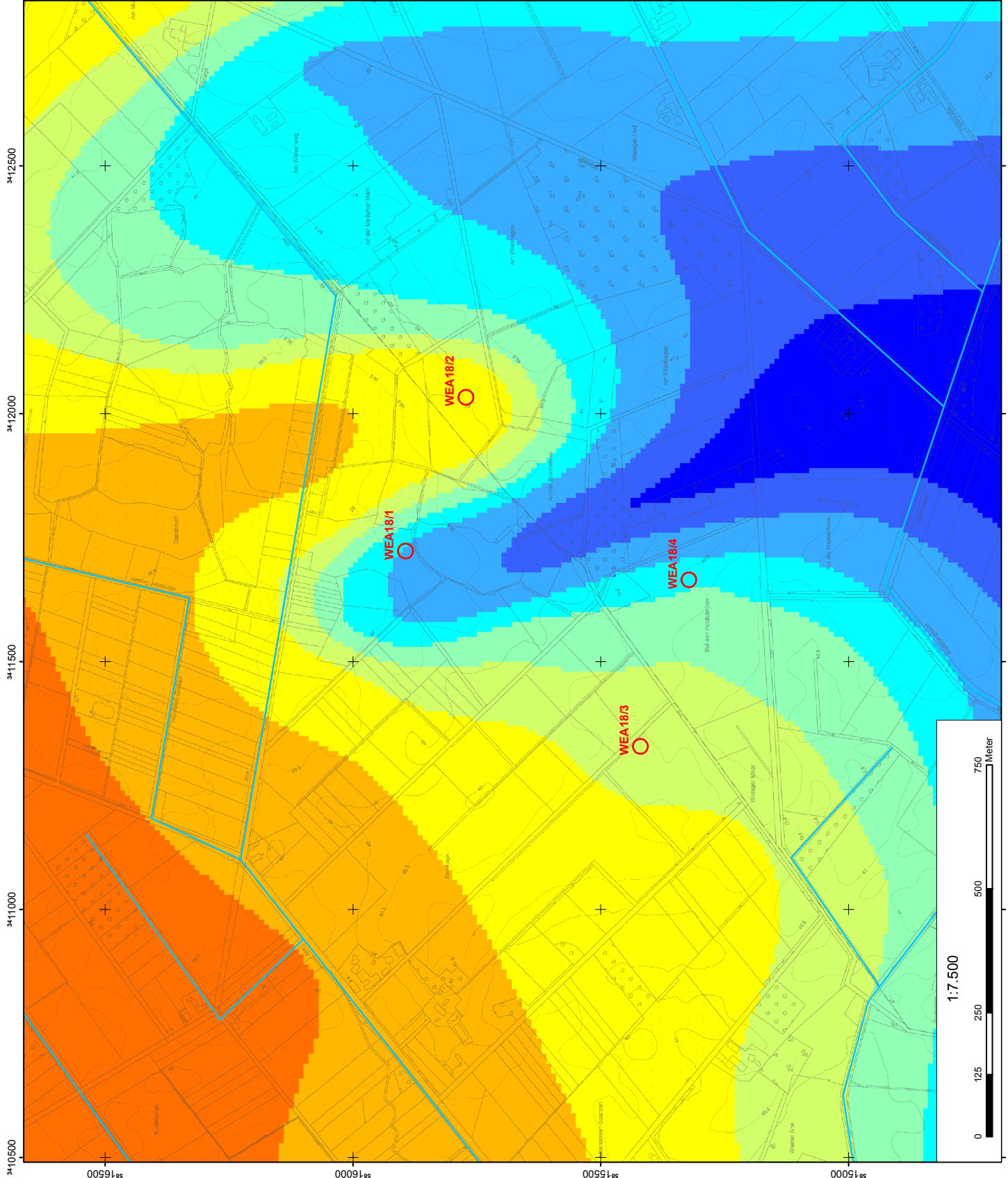
**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**



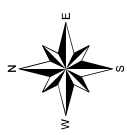
**Grundwassererfülle  
 Mächtigkeit 03/2017**



**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BGG  
 Malsenstraße 96 • DE-33 807 Bielefeld  
 Fon: 0521/2997-250 • Fax: 0521/2997-253  
 http://www.bfgu-geservice.de

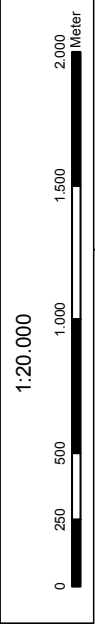
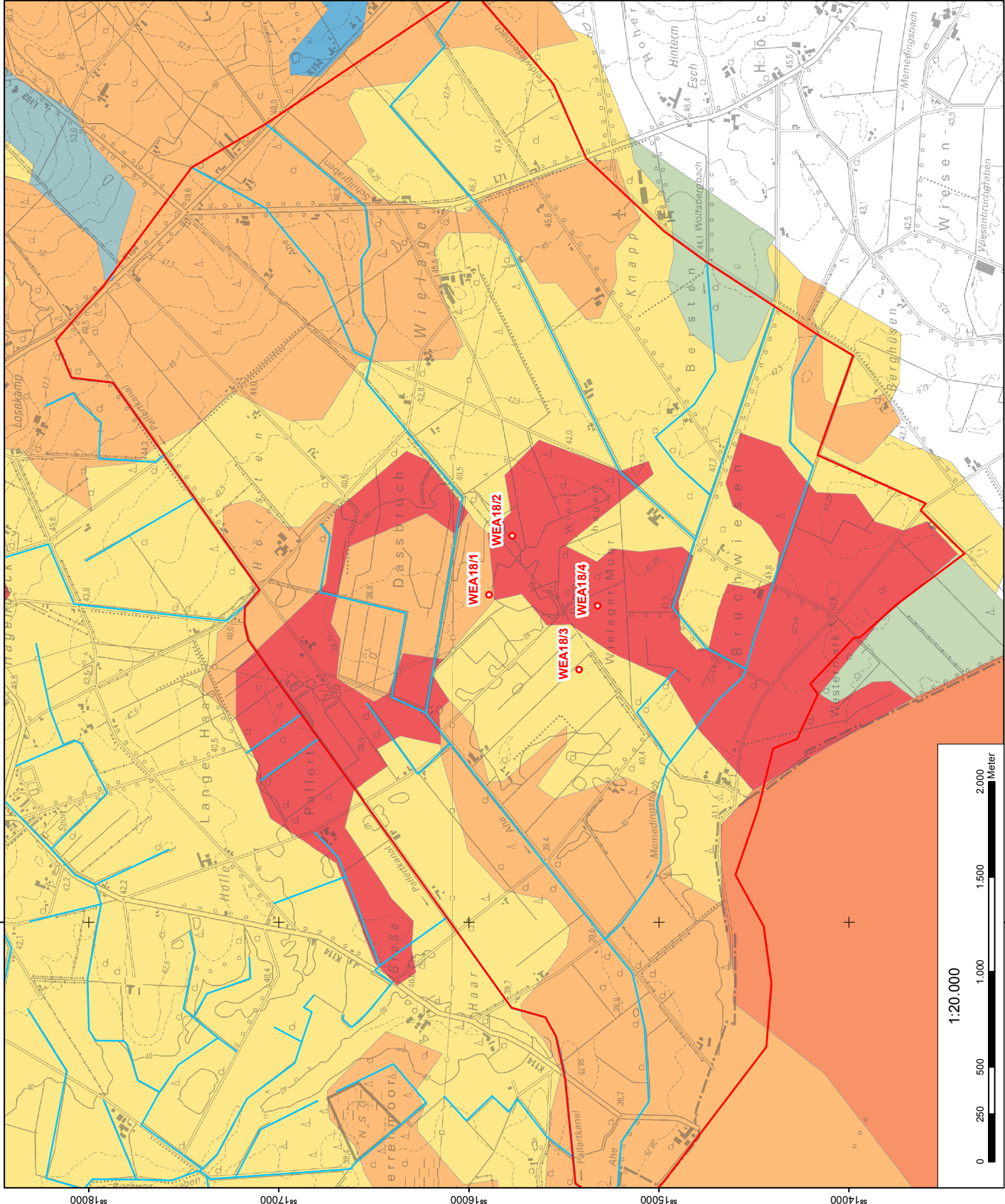


Windenergie Hollenstede 18  
 Planungsgesellschaft mbH  
 Zur Dasslage 11  
 DE-49 584 Fürstenau-Hollenstede



**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**

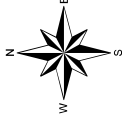
- Legende:**
- WEA18 Fundamente
  - Modellrand
- GWNB Growa06V2 (1961-90) in mm/a**
- 75
  - 100
  - 125
  - 175
  - 225
  - 275
  - 325
  - 375



**Mittlere GW-Neubildungsrate  
 GROWA 06V2 (1961-1990)**



**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BfG  
 Meisenstraße 98 · DE-33 807 Bleckede  
 Fon: 0521/2997-250 · Fax: 0521/2997-253  
 http://www.tbg-u-geoservice.de



### Hydrogeologisches Gutachten zum Windpark Hollenstede 18

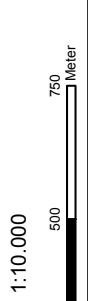
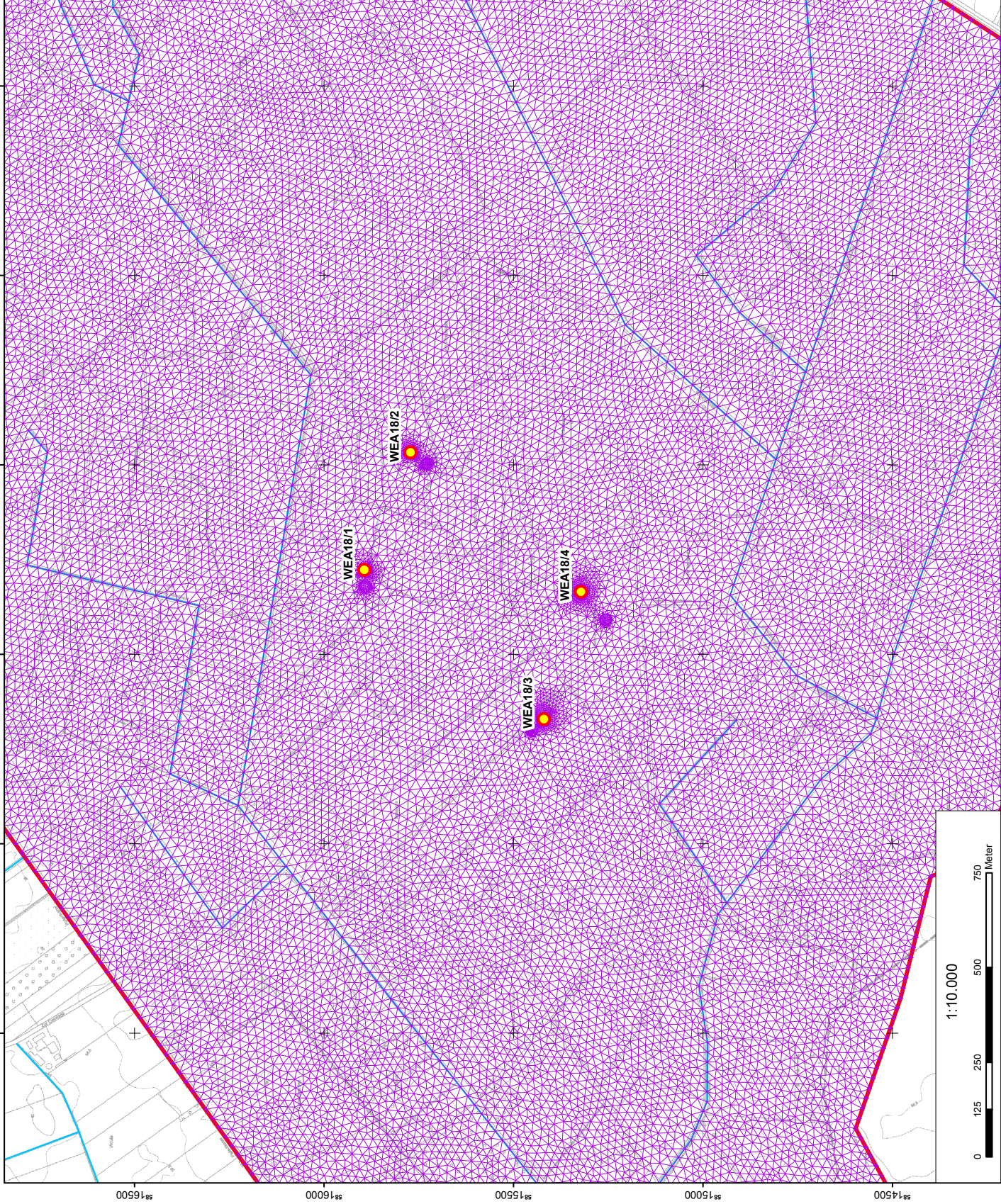
Legende:

-  WEA Fundamente
-  Modellnetz
-  Modellrand (Fläche 18)

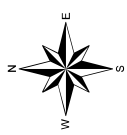
Modellnetz



**Büro für  
Geohydrologie und  
Umweltinformationssysteme**  
Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BBG  
Möhlstraße 98 • DE-33 807 Bleiberg  
Tel: 0521/2997-250 • Fax: 0521/2997-253  
<http://www.tbgu-geservice.de>



37/110



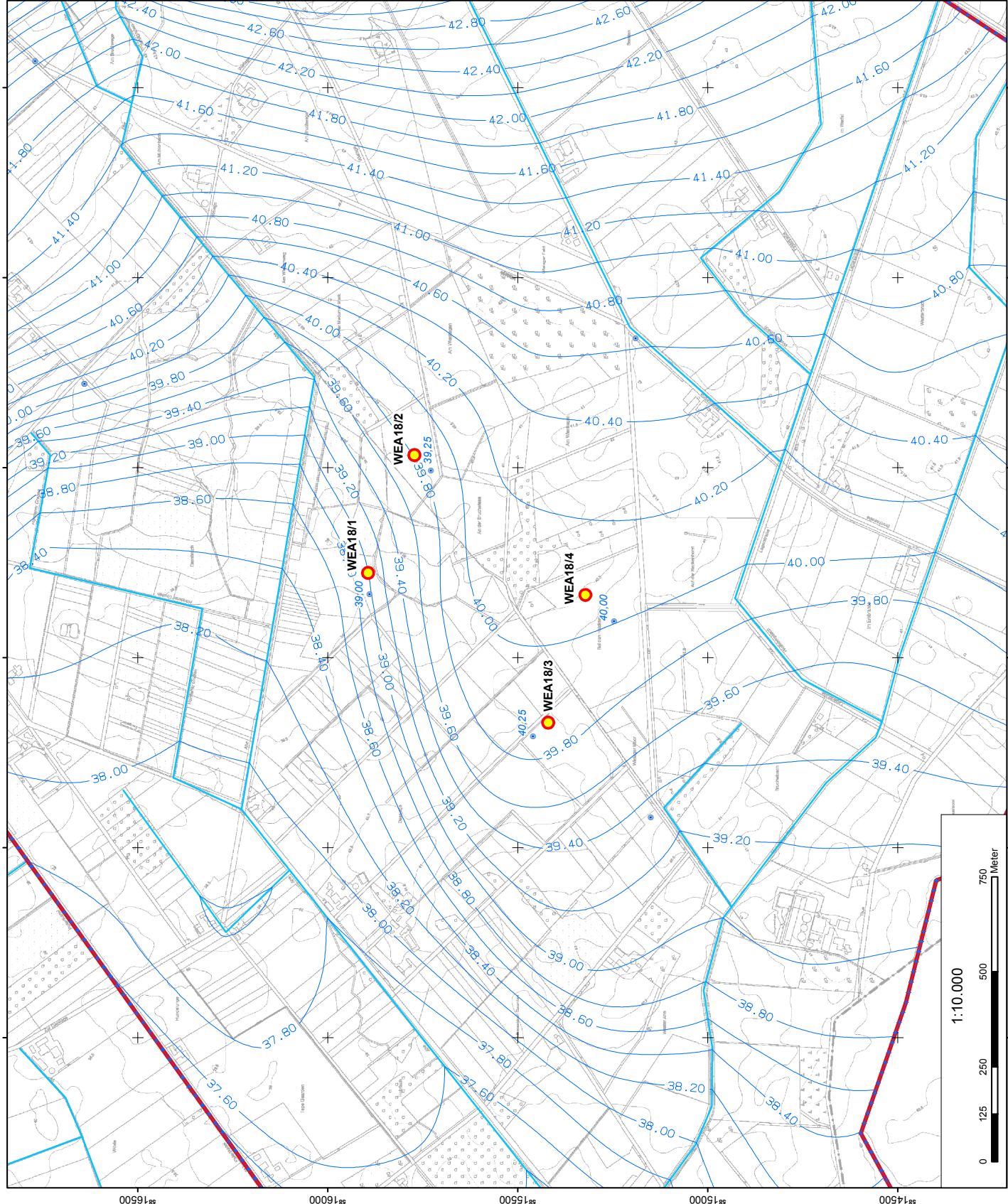
**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**

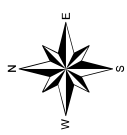
- Legende:**
- WEA Fundamente
  - Wst. 16.02.2016 und 03/2017 in mNN
  - GW-Isolinien Kalibrierungssituation in mNN
  - Modellrand (Fläche 18)

**Grundwassermodell:  
 GW-Isolinien Ist-Zustand**



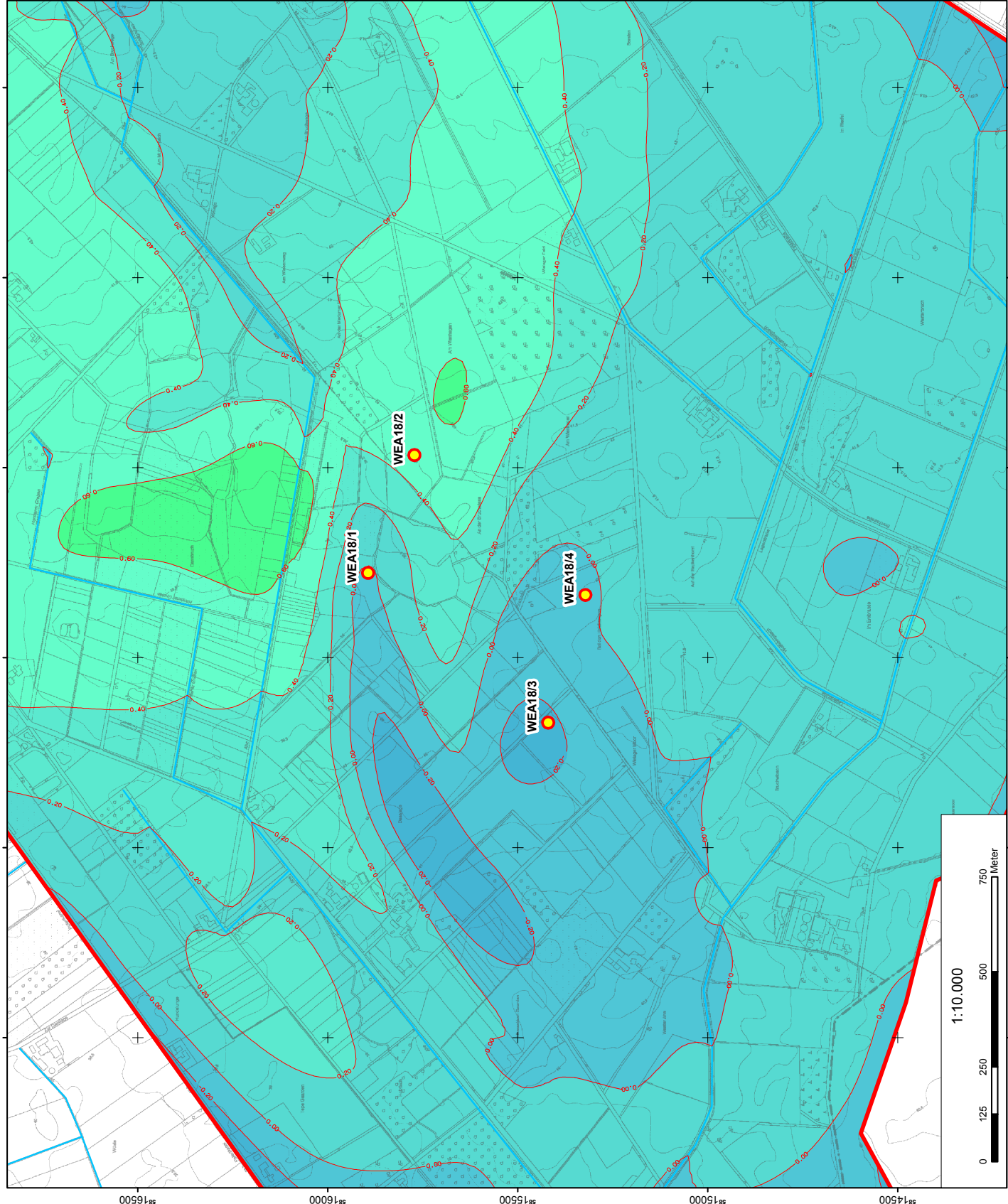
**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BfG  
 Malsenstraße 98 · DE-33 807 Bleckede  
 Fon: 0521/2997-250 · Fax: 0521/2997-253  
 http://www.tbgu-geservice.de





Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18

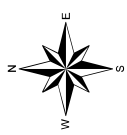
- Legende:
- WEA Fundamente
  - Soll-Ist-Vergleich in m
  - Modellrand (Fläche 18)



Grundwassermodell:  
 Soll-Ist-Vergleich zwischen  
 Konstruktion und Simulation  
 Differenzen in m



**Büro für Geohydrologie und Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BfG  
 Malssestraße 98 • DE-33 807 Bleckede  
 Fon: 0521/2997-250 • Fax: 0521/2997-253  
<http://www.tbg-geoservice.de>



**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**

- Legende:**
- WEA Fundamente
  - GW-Absenkung WEA18/1 in m
  - Modellrand (Fläche 18)

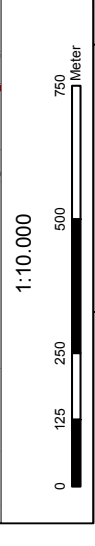
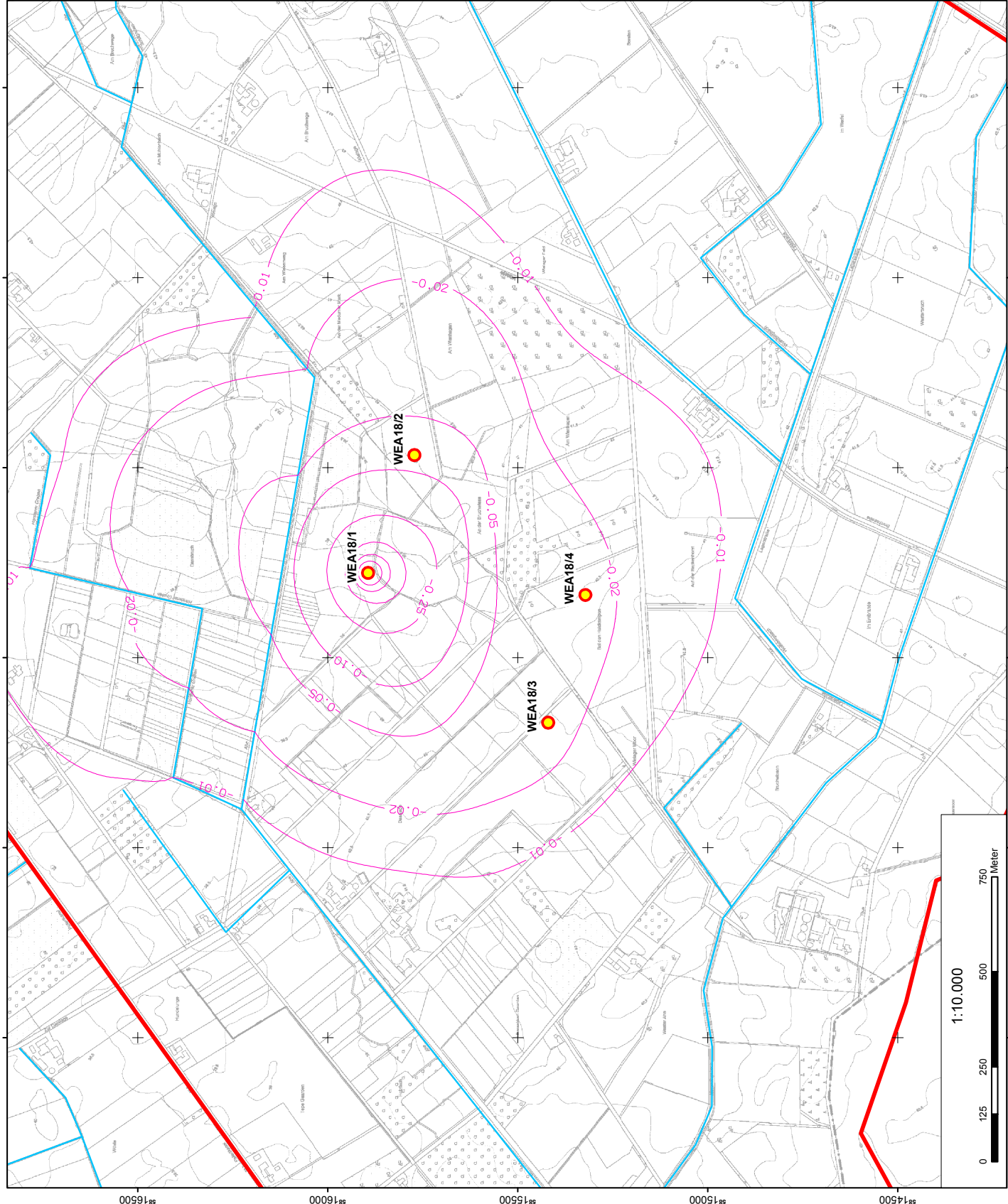
Absenktziel WEA18/1:  
 1,80 m u. GOK  
 37,5 m ü. NN

Förderrate: 109 m³/Tag

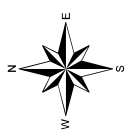
**Grundwassermodell:  
 GW-Absenkung gegenüber  
 Ist-Zustand bei bauzeitiger  
 Wasserhaltung (WEA18/1)**



**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BGG  
 Malsenstraße 98 • DE-33 807 Bleibülld  
 Fon: 0521/2997-250 • Fax: 0521/2997-253  
<http://www.bfgu-geservice.de>







**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**

- Legende:**
- WEA Fundamente
  - GW-Absenkung WEA18/2 in m
  - Modellrand (Fläche 18)

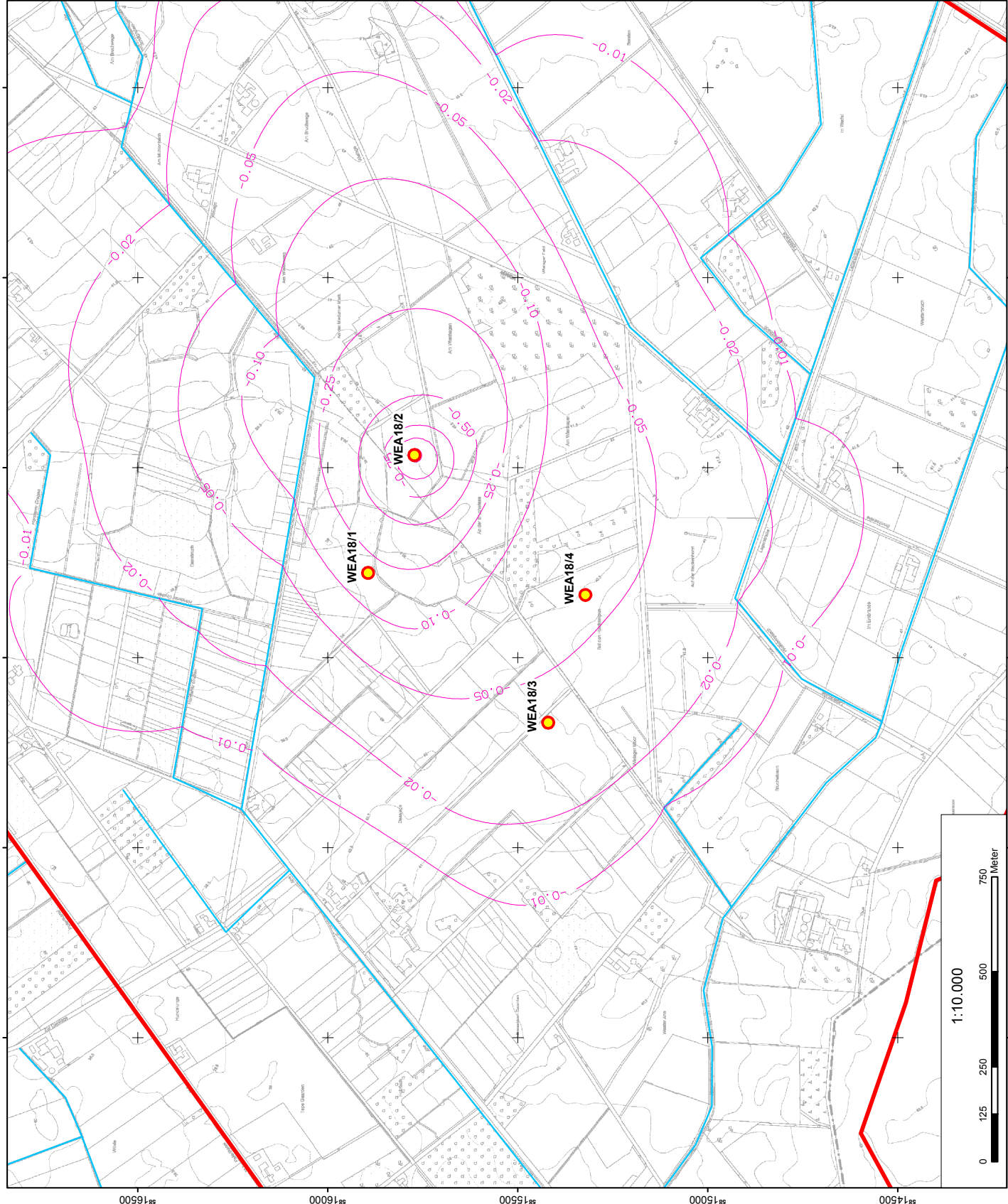
Absenktziel WEA18/2:  
 1,80 m u. GOK  
 38,2 m ü. NN

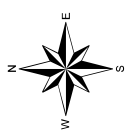
Förderrate: 235 m<sup>3</sup>/Tag

**Grundwassermodell:  
 GW-Absenkung gegenüber  
 Ist-Zustand bei bauzeitiger  
 Wasserhaltung (WEA18/2)**



**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BGG  
 Malsenstraße 66 · DE-33 807 Bleibeth  
 Fon: 0521/2997-250 · Fax: 0521/2997-253  
<http://www.bfgu-geservice.de>





**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**

- Legende:**
- WEA Fundamente
  - GW-Absenkung WEA18/3 in m
  - Modellrand (Fläche 18)

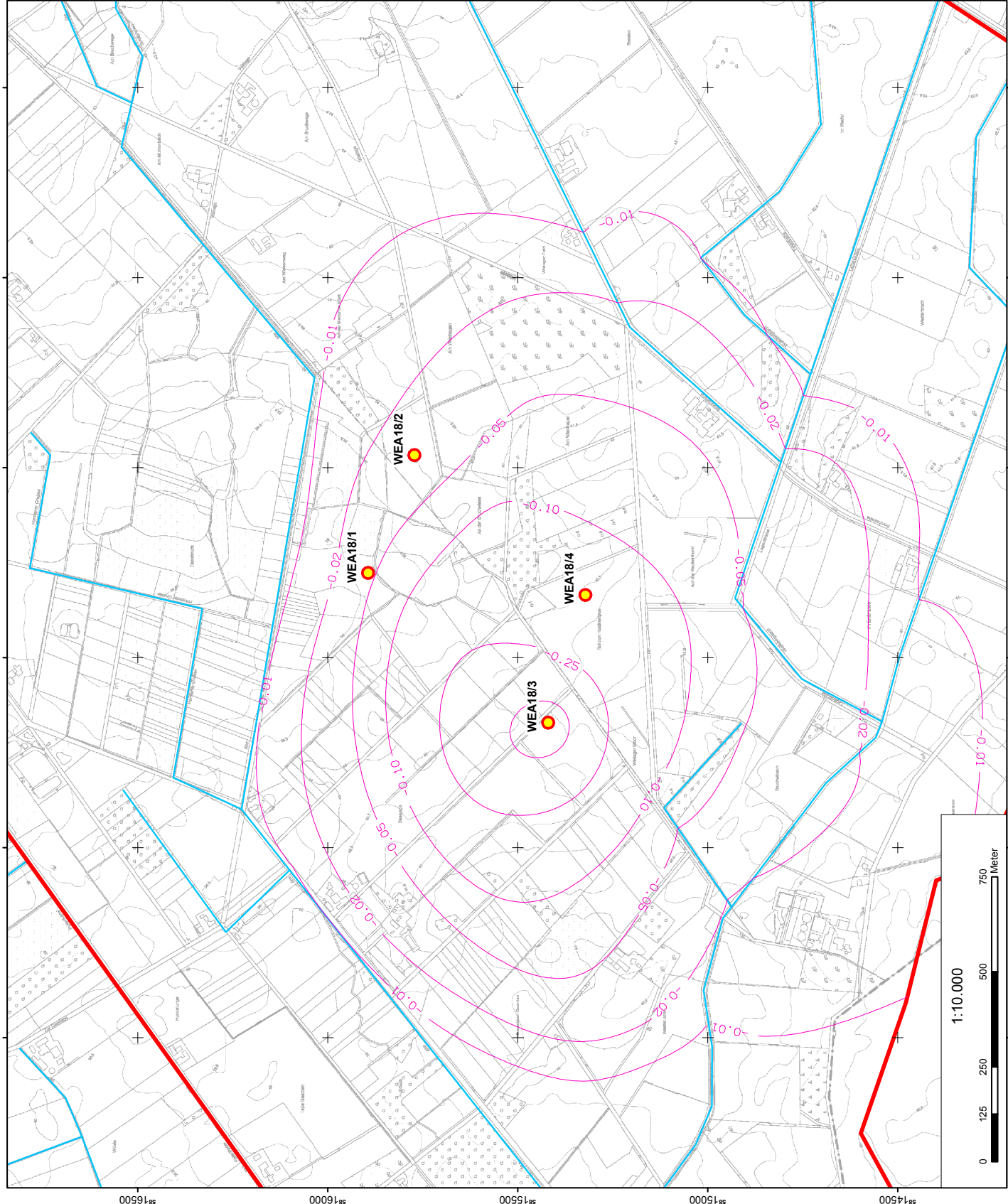
Absenktziel WEA18/3:  
 1,80 m u. GOK  
 39,1 m ü. NN

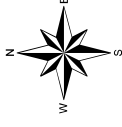
Förderrate: 171 m³/Tag

**Grundwassermodell:  
 GW-Absenkung gegenüber  
 Ist-Zustand bei bauzeitiger  
 Wasserhaltung (WEA18/3)**






**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BfG  
 Malsenstraße 98 • DE-33 807 Bleibülld  
 Fon: 0521/2997-250 • Fax: 0521/2997-253  
<http://www.bfug-geoservice.de>





**Hydrogeologisches Gutachten  
 zum Windpark Hollenstede 18**

**Legende:**

-  WEA Fundamente
-  GW-Absenkung WEA18/4 in m
-  Modellrand (Fläche 18)

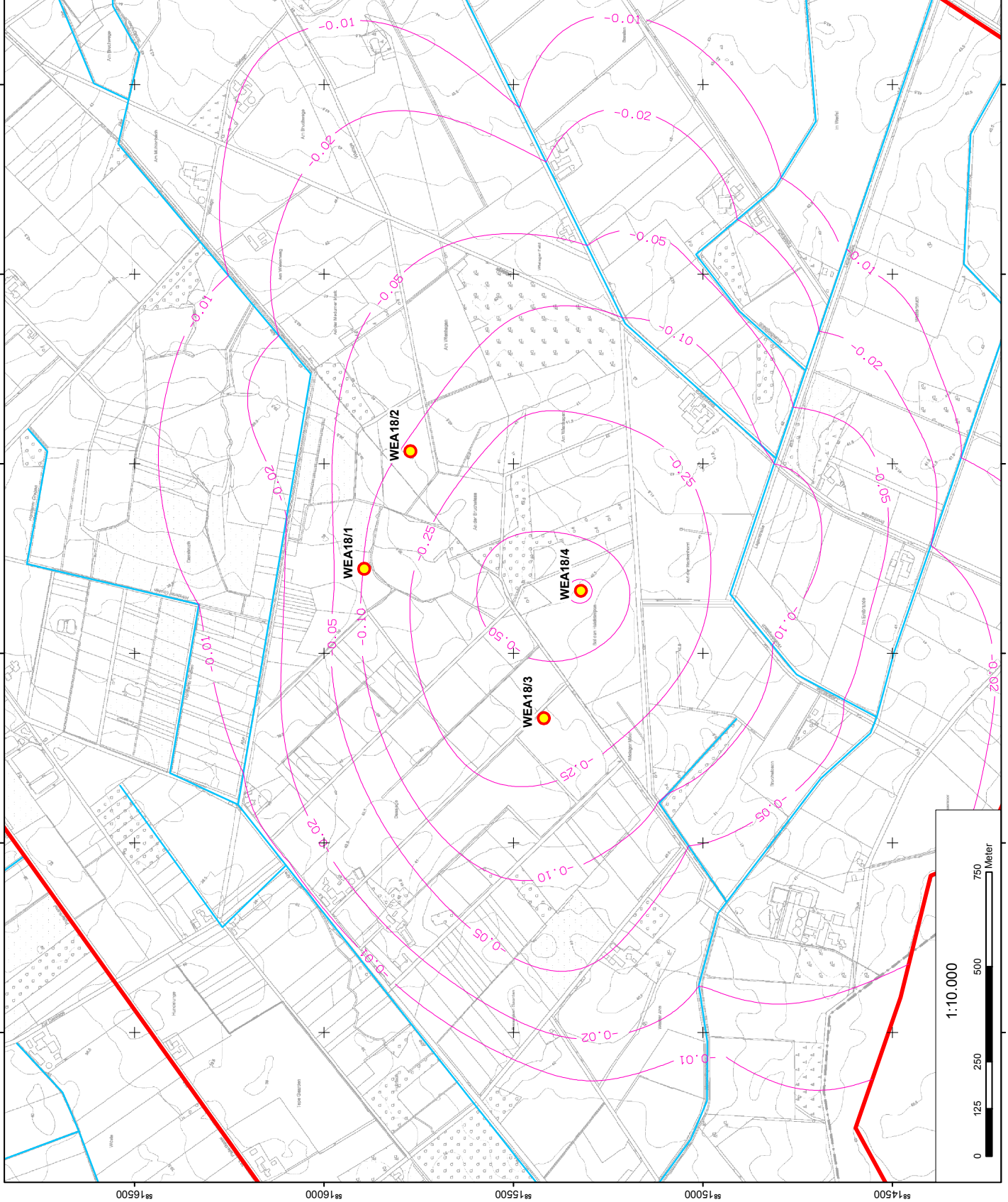
Absenktziel WEA18/4:  
 1,80 m u. GOK  
 39,2 m ü. NN

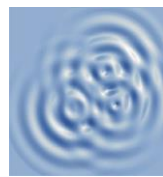
Förderrate: 435 m³/Tag

**Grundwassermodell:  
 GW-Absenkung gegenüber  
 Ist-Zustand bei bauzeitiger  
 Wasserhaltung (WEA18/4)**



**Büro für  
 Geohydrologie und  
 Umweltinformationssysteme**  
 Dr. Brehm & Grünz GbR - Diplom Geologen BGG  
 Malsenstraße 98 • DE-33 807 Bleibeth  
 Fon: 0521/2997-250 • Fax: 0521/2997-253  
 http://www.bfg-ug-eeservice.de





# **Anhang 2**

## **Hydrogeologisches Gutachten zur Errichtung von Windenergieanlagen im Windpark Hollenstede**

**Numerische Simulation der hydraulischen Auswirkungen  
der temporären Grundwasserhaltung zur Errichtung von vier  
Windkraftanlagen Fläche 18, in Fürstenau,  
Gemarkung Hollenstede und Voltlage, Gemarkung Höckel**

**Stammdaten der Grundwassermessstellen und Bohrungen im  
Untersuchungsgebiet**

**Grundwassermodell Windpark Hollenstede**  
**Stammdaten der Bohrungen und Grundwassermessstellen**

Bez. LBEG	Name	LONGNAME	Rechtswert	Hochwert	GOK	MPH
					[mNN]	[mNN]
BID	AKBEZ	LONGNAME	XCOORD	YCOORD	GOK	MPH
3411HY0008	HOLL 11	A11 Hollenstede-Vinte	3404100,00	5819360,00	36,68	0,00
3411HY0009	HOLL 12	A12 Hollenstede-Vinte	3406400,00	5820020,00	38,11	
3411HY0053	H 53 - 104	P104=A4 Lengerich, Anderverne	3405000,00	5821410,00	39,29	
3411HY0207		Am Pottebruch-1	3409464,69	5821091,31	44,71	
3411HY0301		Am Pottebruch-3	3409414,90	5820909,20	42,80	
3411HY0306		Am Pottebruch-6	3409170,85	5820609,12	42,50	
3412HY0001	H 1	H 1 Fürstenau, am SOG.Solbad	3410500,00	5821340,00	48,89	
3412HY0002	H 2	H 2 Krankenhaus Fürstenau	3409650,00	5821870,00	51,22	
3412HY0009	H 9 - 3	Engelern VB III (3) Engelern	3415953,00	5819418,00	72,11	
3412HY0029	H 29	H 29 VB Garten NEB.Molkerei, Schwagstorf	3414800,00	5821070,00	75,41	
3412HY0031	H 31	H 31 Kellinghausen für Korth	3414250,00	5821220,00	80,51	
3412HY0040	H 40 - 5	Fürstenau P5	3411440,00	5822390,00	62,08	
3412HY0049	HO 16b	A16/81 Hollenstede	3410970,00	5819550,00	52,28	
3412HY0051	HO 18	A18/81 Hollenstede	3413620,00	5820490,00	66,31	
3412HY0057	OSSR L1	L1 Suchraum L, Fürstenau	3411615,00	5820730,00	53,21	
3412HY0058	OSSR L2	L2 Suchraum L, Fürstenau	3412730,00	5819835,00	55,65	
3412HY0060	FÜ P10	Fürstenau P 10 Tief + Flach WW	3410990,00	5822450,00	53,81	
3412HY0061	FÜ P11	Fürstenau P 11 Tief + Flach WW	3411130,00	5822470,00	54,06	
3412HY0063	FÜ P13	Fürstenau P 13 WW	3411890,00	5822190,00	63,49	
3412HY0073	HOLL A16	A 16 Hollenstede	3410940,00	5819560,00	50,48	
3412HY0074	HOLL A17	A 17 Hollenstede	3412930,00	5820580,00	61,30	
3412HY0076	HOLL A23	Auf den Benken A 23/95.1	3416270,00	5820780,00	90,85	
3412HY0078	HOLL A58	A 58/97.2 und A 58/97.1	3414500,00	5822880,00	85,25	
3412HY0079	HOLL A59	A 59/97.2 und A 59/97.1	3413600,00	5821710,00	73,28	
3412HY0080	HOLL A60	A 60/97.2 und A 60/97.1	3415330,00	5820120,00	78,94	
3412HY0091	HOLL 14-2	Hagenbecker Aue II	3412640,00	5819380,00	54,12	
3412HY0105	HO 14.1	A14.1/81 Hollenstede	3413840,00	5819430,00	56,87	
3412HY0106	HO 17.1	A17.1/81 Hollenstede	3412950,00	5820560,00	61,04	
3412HY0107	HO 19.1	A19.1/81 Hollenstede	3413100,00	5819720,00	59,68	
3412HY0108	HO 21.1	A21.1/81 Hollenstede	3411680,00	5819720,00	51,90	
3412HY0128		Fürstenau-3	3410706,45	5821091,55	49,02	
3412HY0129		Fürstenau-4	3410137,00	5821119,00	47,40	
3412HY0132	HO 16a	A16a/81 Hollenstede	3410971,00	5819550,00	52,28	
3412HY0135		Fürstenau-1	3410155,90	5821212,00	47,11	
3412HY0202		Am Hamberg-1	3409591,42	5822378,41	54,00	
3412HY0204		Sellberg Utdrift-1	3411206,01	5820945,51	51,12	
3511HY0002	H 2 - 1	Settrup 1 Bahnhof	3405620,00	5819210,00	35,97	
3511HY0003	HOLL 10	A10 Hollenstede-Vinte	3408330,00	5816920,00	39,81	
3511HY0004	HOLL 13	A13 Hollenstede-Vinte	3404580,00	5816390,00	34,79	
3511HY0011	H 11	H 11 Flbr. Evers Settrup	3406750,00	5817910,00	39,00	
3511HY0013	H 13 - 2	Flbr.2 Settrup/Welperort	3407970,00	5816800,00	40,05	
3511HY0030	H 30 - 24	A24 Freren Große AA S' Freren	3401660,00	5815530,00	32,35	
3511HY0134		Ostwie-1	3402080,53	5817798,23	35,59	
3511HY0137		Ostwie-4	3402560,31	5817523,58	34,00	
3511HY0138		Poggenort-1	3405829,16	5818429,47	35,52	
3511HY0144		Overwater-1	3402663,00	5815610,00	34,12	
3512HY0009	H 9	H 9 - BR. Wielage Eigent. Schmerre	3413720,00	5816830,00	46,40	
3512HY0010	H 10	H 10 Wielage	3413540,00	5815720,00	45,25	
3512HY0011	H 11	H 11 Hollenstede	3410310,00	5818220,00	42,49	
3512HY0012	H 12	H 12 Hollenstede	3411380,00	5817840,00	42,87	
3512HY0014	H 14	H 14 BR. Engelern Schule	3415760,00	5817300,00	56,79	
3512HY0015	H 15	H 15 BR. Hollenstede Schule	3410570,00	5818480,00	43,58	
3512HY0016	H 16	H 16 Engelern	3415260,00	5817090,00	57,75	
3512HY0066	H 66 - 2	VB II(2) Engelern	3414572,00	5819036,00	69,27	
3512HY0067	H 67 - 4	VB IV(4) Engelern	3415900,00	5818123,00	63,56	
3512HY0074	HOLL 3	A3 Hollenstede-Vinte	3413770,00	5817540,00	49,64	
3512HY0075	HOLL 4	A4 Hollenstede-Vinte	3411080,00	5815150,00	40,48	
3512HY0077	HOLL 6	A6 Hollenstede-Vinte	3412930,00	5812370,00	42,88	
3512HY0085	HOLL 19	A19/77 Hollenstede-Vinte Gemark. Höckel	3414900,00	5816000,00	49,22	

**Grundwassermodell Windpark Hollenstede**  
**Stammdaten der Bohrungen und Grundwassermessstellen**

Bez. LBEG	Name	LONGNAME	Rechtswert	Hochwert	GOK	MPH
					[mNN]	[mNN]
3512HY0086	H 86	H 86 - Beob.BR. Hollenstede	3409800,00	5816660,00	39,03	
3512HY0091	HOLL 20	A20/77 Hollenstede-Vinte Gemark.Hörsten	3413070,00	5816770,00	43,55	
3512HY0092	HO 1	A1/81 Hollenstede	3413880,00	5816510,00	46,00	
3512HY0093	HO 2	A2/81 Hollenstede	3412220,00	5816640,00	40,08	
3512HY0094	HO 3	A3/81 Hollenstede	3414950,00	5816980,00	55,64	
3512HY0095	HO 4	A4/81 Hollenstede	3414040,00	5817170,00	48,32	
3512HY0097	HO 6	A6/81 Hollenstede	3414570,00	5819070,00	68,75	
3512HY0098	HO 7	A7/81 Hollenstede	3413100,00	5818130,00	48,00	
3512HY0099	HO 8	A8/81 Hollenstede	3412430,00	5817675,00	44,16	
3512HY0100	HO 9	A9/81 Hollenstede	3411735,00	5817085,00	39,84	
3512HY0101	HO 10	A10/81 Hollenstede	3410340,00	5817290,00	41,06	
3512HY0102	HO 11	A11/81 Hollenstede	3411060,00	5818340,00	45,01	
3512HY0105	HO 15	A15/81 Hollenstede	3412190,00	5819130,00	50,54	
3512HY0106	HO 20	A20/81 Hollenstede	3414280,00	5818130,00	53,90	
3512HY0107	HO 22	22/86 Hollenstede (Aufschl.für BR.1)	3413490,00	5818380,00	49,44	
3512HY0110	HO 25	25/86 Hollenstede W` Schlichthorst	3413400,00	5818300,00	49,06	
3512HY0117	HOLL A2	A 2 Hollenstede	3412220,00	5816640,00	40,08	
3512HY0119	HOLL A5	A 5 Hollenstede	3414900,00	5817610,00	55,52	
3512HY0120	HOLL A8	A 8 Hollenstede	3412430,00	5817675,00	44,16	
3512HY0124	HOLL A15	A 15 Hollenstede	3412510,00	5819050,00	51,25	
3512HY0197	HOLL 5-1	Knapp I	3413870,00	5815230,00	45,25	
3512HY0206	HOLL 16-1	Lange-Haar I	3410750,00	5817690,00	42,99	
3512HY0208	HOLL 17-1	Wienhagen I	3412340,00	5815190,00	41,98	
3512HY0224	HO 12.1	A12.1/81 Hollenstede	3411920,00	5818130,00	44,62	
3512HY0225	HO 13.1	A13.1/81 Hollenstede	3414350,00	5818810,00	60,23	
3512HY0226	HO 20.1	A20.1/81 Hollenstede	3414240,00	5818100,00	54,14	
3512HY0227	HO 26.1	26.1/86 Hollenstede W` Schlichthorst	3413660,00	5818370,00	51,19	
3512HY0246		Hollenstede-1	3410416,85	5818464,87	45,22	
	GWM01_16		3408669,08	5817275,93	39,16	40,29
	GWM02_16		3409267,87	5817248,55	39,42	40,81
	GWM03_16		3408715,36	5816645,73	39,00	40,15
	GWM04_16		3409220,42	5816822,67	40,50	41,33
	GWM05_16		3409107,31	5816696,18	39,09	39,81
	GWM06_16		3409007,77	5816278,45	38,57	39,28
	WEA17-1_BS1		3408770,00	5817140,00	38,80	
	WEA17-2_BS1		3409275,50	5817271,50	38,50	
	WEA17-3_BS1		3409194,50	5816823,00	40,80	
	WEA18-1_BS1		3411667,00	5815890,00	39,60	
	WEA18-2_BS1		3411992,00	5815729,00	40,10	
	WEA18-3_BS1		3411292,00	5815460,00	40,70	
	WEA18-4_BS1		3411596,00	5815246,50	41,15	

**Grundwassermodell Windpark Hollenstede**  
**Stammdaten der Bohrungen und Grundwassermessstellen**

Bez. LBEG	Name	Endteufe	ZWECKA	Messdatum	Abstich	Wst.	kein_TH1	TH OK1	TH UK1
		[m u. GOK]			[m u. MP]	[mNN]		[m u. GOK]	[m u. GOK]
BID	AKBEZ	ET	BZW	Dat_wst	Abstich_m	GWSP_NN	kein_TH1	TH OK1	TH UK1
3411HY0008	HOLL 11	72,0	HYA	01.01.1900	0,00	0,00	1	0,0	0,0
3411HY0009	HOLL 12	138,0	HYA					7,5	13,1
3411HY0053	H 53 - 104	91,0	HYA				1		
3411HY0207		75,0	EWS					0,1	2,0
3411HY0301		82,0	EWS					6,0	10,0
3411HY0306		16,0	GWM					1,0	14,0
3412HY0001	H 1	50,8	HYA					3,2	6,8
3412HY0002	H 2	33,0	HYA					11,0	23,0
3412HY0009	H 9 - 3	82,0	HYA					7,0	10,0
3412HY0029	H 29	25,0	HYA				1		
3412HY0031	H 31	17,0	HYA					5,0	11,0
3412HY0040	H 40 - 5	45,0	HYA					1,0	3,0
3412HY0049	HO 16b	117,0	HYA					12,3	16,5
3412HY0051	HO 18	135,0	HYA					13,6	14,3
3412HY0057	OSSR L1	11,0	GWM					0,5	1,3
3412HY0058	OSSR L2	10,0	HYA					6,2	8,1
3412HY0060	FÜ P10	31,0	GWM					0,6	3,0
3412HY0061	FÜ P11	30,0	GWM					0,1	4,0
3412HY0063	FÜ P13	42,0	GWM					4,0	34,0
3412HY0073	HOLL A16	13,0	GWE					12,0	13,0
3412HY0074	HOLL A17	27,0	GWE					0,2	1,5
3412HY0076	HOLL A23	4,0	GWE				1		
3412HY0078	HOLL A58	99,0	GWE					27,5	63,0
3412HY0079	HOLL A59	117,0	GWE					0,4	2,0
3412HY0080	HOLL A60	126,0	GWE					35,0	45,0
3412HY0091	HOLL 14-2	104,0	HYA					4,5	18,2
3412HY0105	HO 14.1	124,0	GWM					0,1	2,4
3412HY0106	HO 17.1	129,0	GWM					0,1	1,3
3412HY0107	HO 19.1	121,0	GWM					7,4	29,6
3412HY0108	HO 21.1	108,0	GWM					0,1	2,4
3412HY0128		99,0	EWS					14,0	18,0
3412HY0129		92,0	EWS					2,0	24,0
3412HY0132	HO 16a	48,0	GWM					12,3	16,5
3412HY0135		84,0	EWS					1,0	11,0
3412HY0202		87,0	EWS					10,0	87,0
3412HY0204		94,0	EWS				1		
3511HY0002	H 2 - 1	30,5	HYA					10,0	20,0
3511HY0003	HOLL 10	78,0	HYA					9,7	14,2
3511HY0004	HOLL 13	72,0	HYA					6,0	10,3
3511HY0011	H 11	33,0	HYA				1		
3511HY0013	H 13 - 2	41,0	HYA					7,0	16,5
3511HY0030	H 30 - 24	66,0	HYA					9,0	13,3
3511HY0134		56,0	EWS					0,8	6,0
3511HY0137		38,0	FEU					1,0	8,0
3511HY0138		38,0	FEU					8,0	11,0
3511HY0144		36,0	FEU				1		
3512HY0009	H 9	25,0	HYA					0,1	22,0
3512HY0010	H 10	28,0	HYA					0,1	20,0
3512HY0011	H 11	22,0	HYA					0,1	16,5
3512HY0012	H 12	26,0	HYA				1		
3512HY0014	H 14	14,0	HYA				1		
3512HY0015	H 15	28,0	HYA					10,0	18,0
3512HY0016	H 16	29,0	HYA					2,0	22,0
3512HY0066	H 66 - 2	80,0	HYA					0,1	1,0
3512HY0067	H 67 - 4	82,0	HYA					1,0	3,0
3512HY0074	HOLL 3	99,0	HYA					1,2	3,7
3512HY0075	HOLL 4	99,0	HYA					8,7	13,4
3512HY0077	HOLL 6	72,0	HYA					8,0	14,3
3512HY0085	HOLL 19	129,0	HYA					4,5	17,6

**Grundwassermodell Windpark Hollenstede**  
**Stammdaten der Bohrungen und Grundwassermessstellen**

Bez. LBEG	Name	Endteufe	ZWECKA	Messdatum	Abstich	Wst.	kein_TH1	TH OK1	TH UK1
		[m u. GOK]						[m u. GOK]	[m u. GOK]
3512HY0086	H 86	4,0	HYA				1		
3512HY0091	HOLL 20	153,0	HYA					4,0	20,0
3512HY0092	HO 1	99,0	HYA					2,7	18,5
3512HY0093	HO 2	180,0	HYA					9,0	18,2
3512HY0094	HO 3	108,0	HYA					0,9	2,6
3512HY0095	HO 4	102,0	HYA					0,4	22,0
3512HY0097	HO 6	90,0	HYA					3,0	20,3
3512HY0098	HO 7	108,0	HYA					1,0	20,5
3512HY0099	HO 8	123,0	HYA					8,0	15,0
3512HY0100	HO 9	129,0	HYA					4,2	16,3
3512HY0101	HO 10	78,0	HYA					2,1	5,5
3512HY0102	HO 11	90,0	HYA					0,6	1,8
3512HY0105	HO 15	105,0	HYA					0,1	2,8
3512HY0106	HO 20	96,0	HYA					0,1	22,0
3512HY0107	HO 22	90,0	HYA					0,1	19,7
3512HY0110	HO 25	81,0	HYA					0,6	19,8
3512HY0117	HOLL A2	7,0	GWE				1		
3512HY0119	HOLL A5	9,0	GWE					0,7	2,0
3512HY0120	HOLL A8	8,0	GWE				1		
3512HY0124	HOLL A15	3,0	GWE					2,8	3,0
3512HY0197	HOLL 5-1	187,0	HYA					6,0	14,4
3512HY0206	HOLL 16-1	81,0	HYA					3,5	15,5
3512HY0208	HOLL 17-1	244,0	HYA					13,7	18,7
3512HY0224	HO 12.1	108,0	GWM					5,2	19,0
3512HY0225	HO 13.1	123,0	GWM					0,1	1,8
3512HY0226	HO 20.1	96,0	GWM					0,1	22,0
3512HY0227	HO 26.1	92,0	GWM					0,9	3,4
3512HY0246		75,0	EWS					15,0	21,0
	GWM01_16	3,5	GWM	16.02.2016	3,00	37,29			
	GWM02_16	4,4	GWM	16.02.2016	2,04	38,77		3,3	
	GWM03_16	5,0	GWM	16.02.2016	1,98	38,17			
	GWM04_16	3,8	GWM	16.02.2016	1,97	39,36			
	GWM05_16	3,4	GWM	16.02.2016	1,17	38,64			
	GWM06_16	4,0	GWM	16.02.2016	1,63	37,65			
	WEA17-1_BS1	18,2	HYA	15.03.2017	1,20	37,60		6,2	
	WEA17-2_BS1	18,6	HYA	15.03.2017	1,00	37,50		5,3	
	WEA17-3_BS1	18,3	HYA	15.03.2017	2,30	38,50		7,0	
	WEA18-1_BS1	18,1	HYA	15.03.2017	0,60	39,00		14,4	
	WEA18-2_BS1	18,5	HYA	15.03.2017	0,85	39,25		7,9	
	WEA18-3_BS1	17,4	HYA	15.03.2017	0,45	40,25		8,8	
	WEA18-4_BS1	17,4	HYA	15.03.2017	1,15	40,00		10,5	

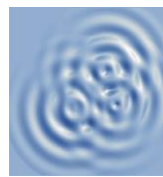


**Grundwassermodell Windpark Hollenstede**  
**Stammdaten der Bohrungen und Grundwassermessstellen**

Bez. LBEG	Name	TH OK1	TH UK1	TH OK2	TH UK2	gr1	UK Quartär	Qu_UKNN
		[mNN]	[mNN]	[mNN]	[mNN]			[mNN]
BID	AKBEZ	TH1OKNN	TH1UKNN	TH OK2	TH UK2	gr1	Qu_UK	Qu_UKNN
3411HY0008	HOLL 11	0,0	0,0	0,0	0,0		64,3	-27,6
3411HY0009	HOLL 12	30,6	25,0	41,0	43,6		93,2	-55,1
3411HY0053	H 53 - 104						62,6	-23,3
3411HY0207		44,6	42,7	8,0	17,0	X		
3411HY0301		36,8	32,8	10,0	22,0	X		
3411HY0306		41,5	28,5			X		
3412HY0001	H 1	45,7	42,1	8,4	21,8	X		
3412HY0002	H 2	40,2	28,2			X		
3412HY0009	H 9 - 3	65,1	62,1	29,0	31,0	X		
3412HY0029	H 29						0,1	75,3
3412HY0031	H 31	75,5	69,5			X		
3412HY0040	H 40 - 5	61,1	59,1	3,0	20,0		39,0	23,1
3412HY0049	HO 16b	40,0	35,8	16,5	20,9		105,2	-52,9
3412HY0051	HO 18	52,7	52,0	38,0	41,0		122,6	-56,3
3412HY0057	OSSR L1	52,7	51,9				1,3	51,9
3412HY0058	OSSR L2	49,5	47,6	9,3	10,0		2,9	52,8
3412HY0060	FÜ P10	53,2	50,8	3,0	6,0	X		
3412HY0061	FÜ P11	54,0	50,1	4,0	11,0	X		
3412HY0063	FÜ P13	59,5	29,5			X		
3412HY0073	HOLL A16	38,5	37,5			X		
3412HY0074	HOLL A17	61,1	59,8			X		
3412HY0076	HOLL A23					X		
3412HY0078	HOLL A58	57,8	22,3	93,0	99,0		93,0	-7,8
3412HY0079	HOLL A59	72,9	71,3	36,5	39,0		110,0	-36,7
3412HY0080	HOLL A60	43,9	33,9	45,0	47,0		120,0	-41,1
3412HY0091	HOLL 14-2	49,6	35,9	18,2	24,4		98,0	-43,9
3412HY0105	HO 14.1	56,8	54,5	18,0	31,5		108,6	-51,7
3412HY0106	HO 17.1	60,9	59,7	26,2	34,0		103,0	-42,0
3412HY0107	HO 19.1	52,3	30,1	42,0	43,0		111,2	-51,5
3412HY0108	HO 21.1	51,8	49,5	2,4	6,5		97,0	-45,1
3412HY0128		35,0	31,0	18,0	24,0	X		
3412HY0129		45,4	23,4			X		
3412HY0132	HO 16a	40,0	35,8	16,5	20,9	X		
3412HY0135		46,1	36,1	11,0	26,0	X		
3412HY0202		44,0	-33,0					
3412HY0204						X		
3511HY0002	H 2 - 1	26,0	16,0			X		
3511HY0003	HOLL 10	30,1	25,6	35,5	46,0		66,8	-27,0
3511HY0004	HOLL 13	28,8	24,5	29,2	31,5		54,5	-19,7
3511HY0011	H 11					X		
3511HY0013	H 13 - 2	33,1	23,6			X		
3511HY0030	H 30 - 24	23,4	19,1	20,0	22,0		56,0	-23,7
3511HY0134		34,8	29,6	30,0	46,0		54,0	-18,4
3511HY0137		33,0	26,0			X		
3511HY0138		27,5	24,5			X		
3511HY0144						X		
3512HY0009	H 9	46,3	24,4			X		
3512HY0010	H 10	45,2	25,3			X		
3512HY0011	H 11	42,4	26,0			X		
3512HY0012	H 12							
3512HY0014	H 14					X		
3512HY0015	H 15	33,6	25,6			X		
3512HY0016	H 16	55,8	35,8	25,0	26,0	X		
3512HY0066	H 66 - 2	69,2	68,3	9,0	13,0	X		
3512HY0067	H 67 - 4	62,6	60,6	8,0	10,0	X		
3512HY0074	HOLL 3	48,4	45,9	6,6	17,4		84,0	-34,4
3512HY0075	HOLL 4	31,8	27,1	53,8	56,4		96,2	-55,7
3512HY0077	HOLL 6	34,9	28,6	44,0	48,3		60,5	-17,6
3512HY0085	HOLL 19	44,7	31,6	24,8	26,3		94,0	-44,8

**Grundwassermodell Windpark Hollenstede**  
**Stammdaten der Bohrungen und Grundwassermessstellen**

Bez. LBEG	Name	TH OK1 [mNN]	TH UK1 [mNN]	TH OK2 [mNN]	TH UK2 [mNN]	gr1	UK Quartär	Qu_UKNN [mNN]
3512HY0086	H 86					X		
3512HY0091	HOLL 20	39,6	23,6	30,7	35,4		116,0	-72,5
3512HY0092	HO 1	43,3	27,5	23,4	25,0		83,2	-37,2
3512HY0093	HO 2	31,1	21,9	30,0	33,3		130,2	-90,1
3512HY0094	HO 3	54,7	53,0	10,5	18,5		99,4	-43,8
3512HY0095	HO 4	47,9	26,3	40,6	42,2		88,0	-39,7
3512HY0097	HO 6	65,8	48,5	45,2	46,0		80,6	-11,9
3512HY0098	HO 7	47,0	27,5	38,9	39,9		87,6	-39,6
3512HY0099	HO 8	36,2	29,2	15,0	17,0		114,0	-69,8
3512HY0100	HO 9	35,6	23,5	27,5	29,8		116,5	-76,7
3512HY0101	HO 10	39,0	35,6	8,4	12,5		70,0	-28,9
3512HY0102	HO 11	44,4	43,2	7,7	16,3		81,0	-36,0
3512HY0105	HO 15	50,4	47,7	2,8	21,3		92,3	-41,8
3512HY0106	HO 20	53,8	31,9	48,0	50,6		88,3	-34,4
3512HY0107	HO 22	49,3	29,7				81,2	-31,8
3512HY0110	HO 25	48,5	29,3				79,2	-30,1
3512HY0117	HOLL A2					X		
3512HY0119	HOLL A5	54,8	53,5	4,0	6,5	X		
3512HY0120	HOLL A8					X		
3512HY0124	HOLL A15	48,5	48,3			X		
3512HY0197	HOLL 5-1	39,3	30,9				165,0	-119,8
3512HY0206	HOLL 16-1	39,5	27,5				70,8	-27,8
3512HY0208	HOLL 17-1	28,3	23,3	65,7	83,0		91,2	-49,2
3512HY0224	HO 12.1	39,4	25,6	27,0	29,8		98,0	-53,4
3512HY0225	HO 13.1	60,1	58,4	14,5	29,5		110,0	-49,8
3512HY0226	HO 20.1	54,0	32,1	48,0	50,6		88,3	-34,2
3512HY0227	HO 26.1	50,3	47,8	6,0	8,2		87,4	-36,2
3512HY0246		30,2	24,2	33,0	39,0	X		
	GWM01_16							
	GWM02_16	36,1						
	GWM03_16							
	GWM04_16							
	GWM05_16							
	GWM06_16							
	WEA17-1_BS1	32,6						
	WEA17-2_BS1	33,2						
	WEA17-3_BS1	33,8						
	WEA18-1_BS1	25,2						
	WEA18-2_BS1	32,2						
	WEA18-3_BS1	32,0						
	WEA18-4_BS1	30,7						



# **Anhang 3**

## **Hydrogeologisches Gutachten zur Errichtung von Windenergieanlagen im Windpark Hollenstede**

**Numerische Simulation der hydraulischen Auswirkungen  
der temporären Grundwasserhaltung zur Errichtung von vier  
Windkraftanlagen Fläche 18, in Fürstenau,  
Gemarkung Hollenstede und Voltlage, Gemarkung Höckel**

### **Kornverteilungsanalysen**

Fa. Peter Neumann  
 Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG  
 Marienthaler Str.6  
 24340 Eckernförde

# Körnungslinie

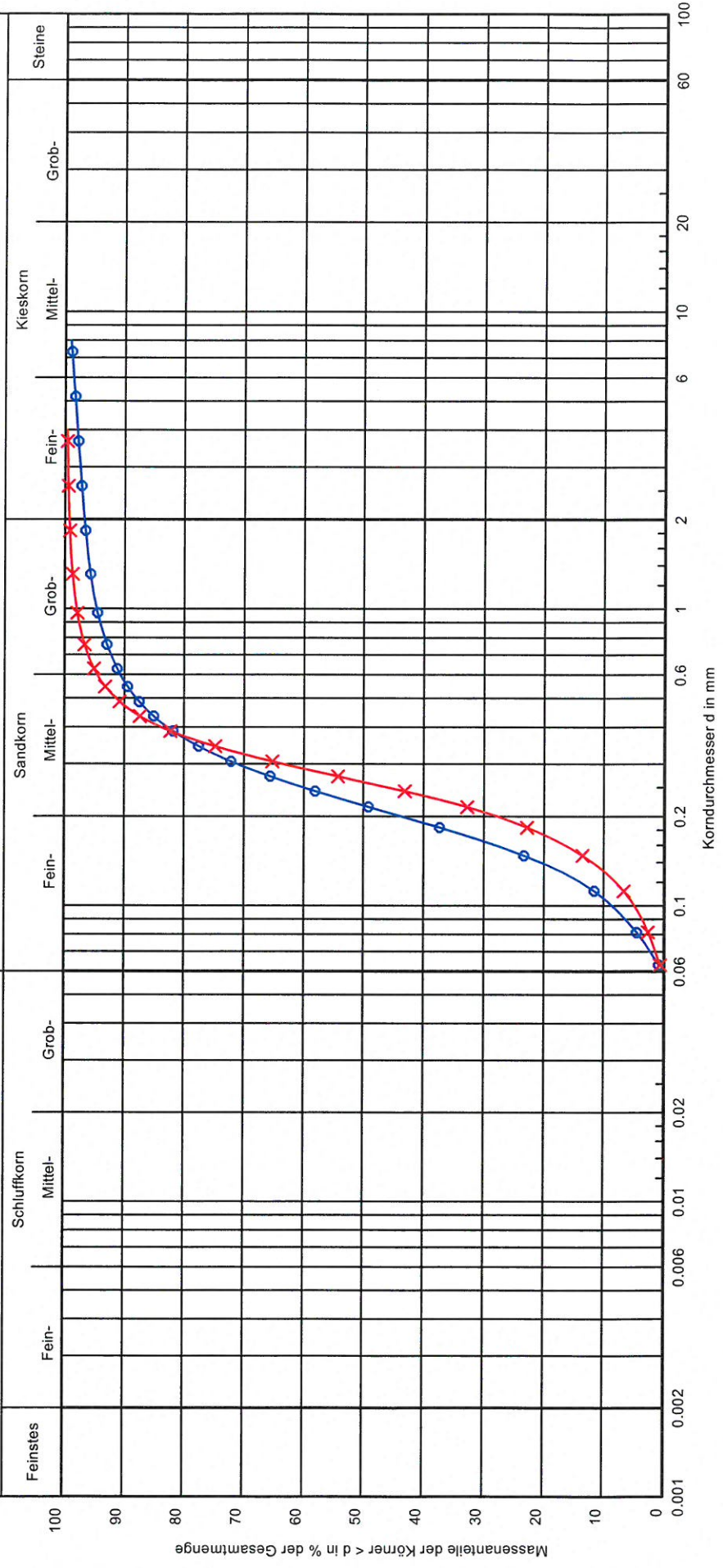
## Hollenstede Fläche 18

Prüfungsnummer: 055/17  
 Probe entnommen am: 03/17  
 Art der Entnahme: gestörte Probe  
 Arbeitsweise: Siebanalyse

Bearbeiter: zie. Datum: 23.05.17

### Schlammkorn

### Siebkorn




Bezeichnung:	○ — fS, mS, gs'
Bodenart:	mS, fs
Tiefe:	7,0 m
U/Cc	2,2/1,1
Entnahmestelle:	BS 3/1 - 7
k nach Hazen	$2,0 \cdot 10^{-4}$
T(U)/S(G) [%]:	- / - /96,7/3,3

Bemerkungen:

✗ — mS, fs

Bericht:  
055/17  
Anlage:

ENERCON GmbH  
Dreekamp 5  
26605 Aurich Gründungsmitglied  
des Bohr  
15.03.2019  
ki**Bauvorhaben Nr. 055/17-N-**

Neubau von vier Windkraftanlagen im Windpark Hollenstede, Fläche 18  
Baugrunduntersuchung – Gründungsbeurteilung  
Projektnummer / W-Nr. 9200004905  
Revision 02: Gründungsbeurteilung für die WEA 18\_1, 18\_2, 18\_3 und 18\_4

**1 Vorgang**

Die Enercon GmbH plant im Windpark Hollenstede auf der Fläche 18 die Errichtung von vier Windkraftanlagen vom Typ Enercon E-138 EP3 mit 160 m Nabenhöhe. Die Lage der Windkraftanlagen kann dem als Anlage 1.1 beigefügten Lageplan entnommen werden.

Durch unser Büro ist bereits am 02.06.2017 ein Baugrundgutachten (Revision 01) vorgelegt worden. Zwischenzeitlich hat sich der geplante Anlagentyp geändert, und die Positionen der vier WEA sind gemäß den Angaben der Agrowea GmbH & Co. KG zwischen 40,4 m und 124,7 m verschoben worden. Eine wenigstens teilweise Nutzung der Ergebnisse der 2017 durchgeführten Baugrundaufschlüsse war aufgrund der Tatsache, daß es zwischen den neu geplanten WEA-Positionen und der ursprünglichen Lage keine Überschneidungen gibt, nicht möglich. Demgegenüber wurden die 2017 erzielten Ergebnisse der chemischen Grundwasseranalysen und der geoelektrischen Messungen auf die aktuellen WEA-Standorte übertragen.

Die Benennung der vier geplanten WEA und deren Positionen zu den bisher geplanten Standorten haben sich wie folgt geändert:

WEA 18\_1 (vormals WEA 1): ca. 40,4 m  
WEA 18\_2 (vormals WEA 2): ca. 124,7 m  
WEA 18\_3 (vormals WEA 3): ca. 41,3 m  
WEA 18\_4 (vormals WEA 4): ca. 94,4 m



Die Fa. Neumann wurde durch die Enercon GmbH damit beauftragt, den Baugrund im Bereich der geänderten Standorte durch neue direkte und indirekte Aufschlüsse zu erkunden und hierauf basierend eine gutachterliche Stellungnahme zur Gründung der Windenergieanlagen inkl. der Kranstellflächen zu erarbeiten.

**Bearbeitungsgrundlagen:**

- /1/ Anforderungskatalog für Baugrundbeurteilungen Deutschland, herausgegeben durch die ENERCON GmbH, Aurich.
- /2/ Fundamentdatenblatt "Herausgezogene Flachgründung " E-138 EP3-HT-160-ES-C-PA vom 13.03.2018 der Fa. Enercon GmbH, Aurich.
- /3/ Ein Übersichtslageplan mit Darstellung der alten und der neu geplanten WEA-Standorte, zur Verfügung gestellt von der Firma Enercon, ohne Benennung des Planaufstellers.

## 2 Baugrund

### 2.1 Durchgeführte Untersuchungen

Der Baugrundaufbau ist im Bereich der geplanten Windenergieanlagenfundamente zwischen dem 15.01. und dem 25.01.2019 durch jeweils eine Kleinbohrung bis in Tiefen zwischen 12,8 m und 15,7 m u.GOK untersucht worden. Darüber hinaus wurden jeweils vier Drucksondierungen mit der elektrischen Spitze (CPT-E gem. DIN 4094) bis in eine Tiefe von maximal ca. 24,3 m u.GOK abgeteuft. Im Bereich der Kranstellflächen wurden jeweils zwei Kleinbohrungen bis je 5,0 m u.GOK niedergebracht.

Die Höhen aller Aufschlüsse wurden relativ zueinander auf die Höhe der GOK im Zentrum jeder Anlage bezogen eingemessen (Höhenbezugspunkt, HBP = jeweils +/- 0,0 m).

Die Lage der vier WEA kann der Anlage 1.1 entnommen werden. In diesem Lageplan sind auch magentafarben die 2017 geplanten Positionen der vier WEA dargestellt. Die Lage aller Baugrundaufschlüsse ist in der Anlage 1.2 als Prinzipskizze dargestellt. Die Ergebnisse der Kleinbohrungen sind als Bohrprofile in den Anlagen 2.1 - 2.4 aufgetragen worden. Die Ergebnisse der Drucksondierungen sind in den Anlagen 3.1 - 3.16 als Diagramme dargestellt und geben die gemessenen Spitzenwiderstände, die Mantelreibung, das Reibungsverhältnis sowie die Neigung der Spitze wieder.

Im Rahmen der aktuellen Untersuchungen wurden insgesamt 77 gestörte Bodenproben entnommen, die durch den Unterzeichner im Probenlabor begutachtet worden sind. Zur genauen Analyse des anstehenden Baugrundes sind einige charakteristische Bodenproben im Erdbaulabor untersucht worden. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen werden in Kapitel 2.4 dargestellt und interpretiert.

Auf die Entnahme von Grundwasserproben wurde bei den aktuellen Untersuchungen an allen vier Standorten verzichtet. Vielmehr werden die 2017 bei Grundwasseranalysen ermittelten Untersuchungsergebnisse bzgl. Betonaggressivität und Korrosionswahrscheinlichkeit erneut verwendet. Im Gegensatz zum Baugrundaufbau ist eine Extrapolation der Grundwasserqualität über mehrere Zehnermeter hinweg aufgrund der

flächenhaft stattfindenden Durchmischung von Grundwasser ohne Bedenken möglich. Die Prüfberichte des chemischen Labors GBA, Pinneberg, sind als Anlagen 6.1 - 6.4 (Betonaggressivität) bzw. als Anlagen 7.1 bis 7.4 (Korrosionswahrscheinlichkeit) beigelegt.

Darüber hinaus wurden geoelektrische Messungen des Erdwiderstands neben den Fundamenten durchgeführt, deren Ergebnisse in Kap. 2.8 beschrieben sind.

## 2.2 Baugrundaufbau

Aus den in den Anlagen 2.1 - 2.4 aufgetragenen Bohrprofilen ist ersichtlich, daß oberflächlich bzw. oberflächennah in allen Kleinbohrungen sowohl Mutterböden als auch Torfe und Schluffe aufgeschlossen worden sind, und zwar bis in Tiefen zwischen 0,30 m und 0,60 m u.GOK. Im Aufschluß WEA 18\_02 BS 1/19 wurden unterhalb der Mutterböden bis 1,4 m u.GOK Sande erbohrt, innerhalb derer 1 – 2 cm dünne Torfbänder enthalten sind. In den im Bereich der Kranstellflächen bis jeweils 5,0 m u.GOK abgeteuften Kleinbohrungen folgen hierunter bis zur jeweiligen Endteufe ausschließlich Fein- und Mittelsande, innerhalb derer teilweise schwach humose Beimengungen, Pflanzenreste und Schluffbänder enthalten sind.

In den im Bereich der WEA-Fundamente abgeteuften Kleinbohrungen wurden am Standort WEA 18\_01 bis zur Endteufe bei 12,8 m u.GOK ebenfalls ausschließlich Fein- und Mittelsande angetroffen. An den Standorten WEA 18\_02 bis WEA 18\_04 wurden diese Sande bis in Tiefen zwischen 8,0 m und 8,6 m u.GOK erbohrt. Hierunter folgen bindige Geschiebeböden (Geschiebelehme und -mergel), die an allen drei Standorten von Sanden durchzogen (WEA 18\_02 und WEA 18\_03) bzw. unterlagert werden (WEA 18\_04).

Die Konsistenzen der bindigen Geschiebeböden variieren gemäß Bodenansprache zwischen weichplastisch und steifplastisch bis halbfest.



## 2.3 Auswertung der Spitzendrucksondierungen

Aus den auf den Anlagen 3.1 bis 3.16 dargestellten Diagrammen der Spitzendrucksondierungen ist zu entnehmen, daß die anstehenden bindigen Böden (Bodenindex  $\approx 2 - 6 \%$ ) im wesentlichen durch Spitzenwiderstände von  $q_c \approx 1,0 - 3,0 \text{ MPa}$  gekennzeichnet sind, d. h., daß diese Böden das gemäß Probenansprache (Kap. 2.2) ermittelte Konsistenzspektrum zwischen überwiegend weichplastisch und steifplastisch bis halbfest aufweisen.

Innerhalb der erbohrten Sande (Bodenindex  $\leq 1,5 \%$ ) wurden Spitzenwiderstände von  $q_c \geq 5,0 - > 50,0 \text{ MPa}$  gemessen, d. h., daß die Sande sowohl in locker-mitteldichter ( $q_c = 5,0 - 7,5 \text{ MPa}$ ), mitteldichter ( $q_c > 7,5 - 15,0 \text{ MPa}$ ) als auch in dichter ( $q_c > 15,0 - 25,0 \text{ MPa}$ ) und sehr dichter Lagerung ( $q_c > 25,0 \text{ MPa}$ ) anstehen. Am Standort WEA 18\_01 wurde darüber hinaus innerhalb der erbohrten Sande im Aufschluß CPT-E 1/19 im Tiefenbereich zwischen ca. 7,0 – 8,5 m u.GOK ein Spitzenwiderstand von  $q_c$  ca. 3,5 MPa gemessen. Hierbei handelt es sich um locker gelagerte rollige Böden, deren geringe Lagerungsdichte sich höchstwahrscheinlich mit den im Aufschluß BS 1/19 innerhalb der Mittelsande erbohrten kiesigen Beimengungen erklären läßt.

Am Standort WEA 18\_04 weisen im Aufschluß CPT-E 3/19 Rücksprünge des Spitzenwiderstands auf  $q_c = 1,0 \text{ MPa}$  bei einem Bodenindex von 6 % auf organische Weichschichten (vermutlich Torfe) im Teufenbereich zwischen ca. 5,0 – 5,5 m u.GOK hin.

## 2.4 Darstellung und Interpretation bodenmechanischer Versuche

### 2.4.1 Kornverteilung

Mit Hilfe von drei kombinierten Sieb- und Schlämmanalysen ist die Kornverteilung der anstehenden Geschiebelehme und -mergel ermittelt worden. Die Untersuchungen ergaben Feinstanteile zwischen ca. 19 und 25 %, Schluffanteile zwischen ca. 19 und 23 % sowie Sand- und Kiesanteile von  $> 50\%$ . Kornanalytisch handelt es sich hierbei also jeweils um tonige, schluffige Sande. Weitere Einzelheiten hierzu sind der Anlage 4 zu entnehmen.

## 2.4.2 Wassergehalte

Die Wassergehalte der untersuchten Geschiebeböden lagen zwischen  $w = 15,0 \%$  und  $w = 17,8\%$ . Unter Berücksichtigung der durchgeführten Kornverteilungsanalysen kann gesagt werden, daß die untersuchten Geschiebeböden in weicher bis steif - halbfester Konsistenz anstehen.

Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind im einzelnen der Anlage 5 zu entnehmen.

## 2.5 Zusammenstellung der bodenmechanischen Kennwerte

Im Folgenden werden die für die weitere Bearbeitung erforderlichen bodenmechanischen Kennziffern anhand der vorliegenden Bodenproben, der CPT-E-Ergebnisse, der Bodenansprache durch den Unterzeichner im Labor, der Ergebnisse der Laborversuche und von Erfahrungswerten tabellarisch zusammengestellt.

**Tabelle 1** Bodenmechanische Kennwerte der gründungsrelevanten Baugrundschichten

Bodenart	statischer Steifemodul $E_{stat.}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	dynamischer Steifemodul $E_{dyn.}$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Reibungs- winkel $\varphi$ [°]	Kohäsion $c$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Wichte $\gamma / \gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Querdehnzahl $\nu$ [-]
Mutterboden	keine baugrundtechnische Relevanz				18,0 / 10,0	--
Torf	0,5	5,0	12,5	2,0	11,0 / 1,0	0,45
Sand, Torfbänder, locker	15,0	105,0	30,0	--	18,0 / 10,0	0,37
Sand, locker	25,0	140,0	32,5	--	19,0 / 11,0	0,35
Sand/Kiessand*, mitteldicht	50,0	200,0	35,0	--	19,0 / 11,0	0,35
Sand, dicht	80,0	280,0	36,0	--	19,0 / 11,0	0,35
Geschiebelehm, w	5,0	50,0	25,0	5,0	20,0 / 10,0	0,42
Geschiebelehm, st	25,0	140	27,0	10,0	21,0 / 11,0	0,40
Geschiebemergel, w - st	10,0	80,0	26,5	10,0	21,0 / 11,0	0,40
Geschiebemergel, st	35,0	175,0	27,5	12,5	22,0 / 12,0	0,40
Geschiebemergel, st - hf	40,0	180,0	28,0	13,0	22,0 / 12,0	0,40
Schluff, st	15,0	105,0	23,0	9,0	18,0 / 8,0	0,43

\* Austauschboden

Gemäß DIN 18300 können die anstehenden Böden folgenden Bodenklassen zugeordnet werden:

Mutterboden	-	Bodenklasse 1
Sand, Torf	-	Bodenklasse 3
Geschiebeböden / Schluff	-	Bodenklassen 4/5

## 2.6 Wasserstand

Nach Beendigung der Sondierarbeiten wurde Grundwasser in Tiefen zwischen 0,60 m und 1,15 m unter GOK angebohrt. In Abhängigkeit von den anfallenden Niederschlagsmengen muß mit Schwankungen dieser Wasserstände von einigen Dezimetern nach oben - bis zur GOK - und unten gerechnet werden.

## 2.7 Grundwasseranalyse

Den in den Anlagen 6.1 bis 6.4 beigefügten Analyseprotokollen ist zu entnehmen, daß die 2017 entnommenen Wasserproben gemäß DIN 4030 bzgl. der Betonaggressivitäten folgende Expositionsklassen aufweisen:

WEA 1 (WEA 18_01)	XA 3
WEA 2 (WEA 18_02)	XA 2
WEA 3 (WEA 18_03)	XA 2
WEA 4 (WEA 18_04)	< XA 1

In den Anlagen 7.1 bis 7.4 sind die analytischen Ergebnisse gemäß DIN 50929, Teil 3, bzgl. der Korrosionswahrscheinlichkeiten (Mulden- und Lochkorrosion) enthalten:

WEA 1: (WEA 18_01)	sehr gering (Mulden- und Lochkorrosion) sehr gering (Flächenkorrosion)
WEA 2: (WEA 18_02)	mittel (Mulden- und Lochkorrosion) gering (Flächenkorrosion)
WEA 3 (WEA 18_03)	mittel (Mulden- und Lochkorrosion) gering (Flächenkorrosion)
WEA 4 (WEA 18_04)	sehr gering (Mulden- und Lochkorrosion) sehr gering (Flächenkorrosion)

## 2.8 Darstellung der geoelektrischen Meßergebnisse

Am 07.03. und am 15.03.2017 wurde an jedem Standort eine geoelektrische Messung nach dem „Wenner-Verfahren“ (4-Punkt Methode) zur Meßung des Erdwiderstands durchgeführt. Die Meßergebnisse und die Meßausrichtungen können den Anlagen 8.1 bis 8.4 entnommen werden. Die Messungen wurde entsprechend der ENERCON Spezifikationen zur Ermittlung des spezifischen elektrischen Erdwiderstandes (Rev001 vom 07.04.2015) durchgeführt.

## 3 Gründungsbeurteilung

### 3.1 Flachgründung ohne besondere Zusatzmaßnahmen (WEA 18\_01 – 18\_03)

Für die Gründung der vier WEA vom Typ Enercon E-138 EP3-HT-160-ES-C-PA werden nachfolgend die gemäß /2/ erforderlichen bodenmechanischen Standsicherheitsnachweise gutachterlich bewertet.

Die Gründungssohlen der geplanten Windenergieanlagen verlaufen gemäß Fundamentdatenblatt in einer Tiefe von ca. 0,50 m u. GOK. Wie aus den in den Anlagen 2.1 bis 2.4 dargestellten Sondierprofilen zu entnehmen ist, stehen in dieser Tiefe gewachsene Sande an, die oberflächennah teilweise von Torfbändern und Pflanzenresten durchzogen und von Geschiebelehmen und -mergeln in steifplastischer und in weichplastischer Konsistenz unterlagert werden. Gemäß den Ergebnissen der Spitzendrucksondierungen

(Anlagen 3.1 – 3.16) weisen die Sande bis in eine Tiefe von wenigstens ca. 4 m u.GOK überwiegend eine wenigstens mitteldichte Lagerung auf.

Die Mutterböden und die oberflächennah erkundeten, von Torfbändern durchzogenen Sande stellen jeweils keinen ausreichend tragfähigen Baugrund dar und sind im Grundriß und Lastabtrag der Fundamente bis auf die darunter folgenden Sande auszukoffern.

Die sowohl in den direkten als auch in den indirekten Aufschlüssen nachgewiesenen bindigen Weichschichten müssen ebenfalls als gering tragfähig und sehr setzungsempfindlich angesprochen werden.

Demgegenüber können wenigstens mitteldicht gelagerte Sande sowie wenigstens steifplastische bindige Geschiebeböden als ausreichend tragfähiger Baugrund angesprochen werden.

Die gemäß /2/ einzuhaltende dynamische Mindestdrehfedersteifigkeit beträgt  $k_{\phi, dyn} = 100.000 \text{ MNm/rad}$ . Der Nachweis der Drehfedersteifigkeit wird gemäß der nachfolgenden Formel ermittelt:

$$E_{s, dyn} = k_{\phi, dyn} * \frac{3}{4} * \frac{1}{r^3} * \frac{(1 + \nu) * (1 - \nu)^2}{1 - \nu - 2 * \nu^2}$$

In den Anlagen 9.1 und 9.2 werden die statischen und die dynamischen Drehfedersteifigkeiten für mehrere Sedimentabfolgen berechnet, wobei jeweils die ungünstigste Baugrundsituation (= Beginn mineralischer/organischer Weichschichten mit geringstem Abstand zur Gründungssohle) berücksichtigt wird.

Aus Anlage 9.1 ist ersichtlich, daß für die in einzelnen direkten und / oder indirekten Baugrundaufschlüssen ab wenigstens 4,0 m u. Gründungssohle nachgewiesenen locker gelagerten Sande ebenso die statischen / dynamischen Drehfedersteifigkeiten eingehalten werden wie für die ab wenigstens ca. 7,5 m u. Gründungssohle erkundeten weichplastischen Geschiebelehme.

Demgegenüber unterschreiten die am Standort WEA 18\_04 im Aufschluß CPT-E 3/19 ab ca. 4,5 m u. Gründungssohle erkundeten organischen Weichschichten (mutmaßlich Torfe) sowohl die statischen als auch die dynamischen Drehfedersteifigkeiten deutlich.

Im Bereich des Standortes WEA 18\_04 werden somit Zusatzmaßnahmen erforderlich, um die geplante Flachgründung auf einem auftriebssicheren Fundament umsetzen zu können. Hierzu wird in Kap. 3.2 Stellung genommen.

In Anlehnung an die DIN 4019 durchgeführte Setzungsberechnungen (s. Anlagen 10.1 – 10.3) haben ergeben, daß bei den Windkraftanlagen WEA 18\_01 bis 18\_03 unter Berücksichtigung des charakteristischen Lastfalles NTM DLC 3 mit rechnerischen Setzungsdifferenzen von bis zu  $\Delta s = 3,8$  cm (WEA 18\_02, s. Anlage 10.2) gerechnet werden muß. Auf der sicheren Seite liegend wurde hierbei weder die Vorbelastung des Baugrunds durch das Fundamentgewicht noch die Entlastung der Gründungssohle durch den Bodenaushub berücksichtigt. Aus geotechnischer Sicht kann somit hinreichend sicher gewährleistet werden, daß die maximal zulässige Schiefstellung infolge Baugrundsetzung von  $\Delta s \leq 40$  mm in 25 Jahren nicht überschritten wird.

Nachfolgend werden mit dem Teilsicherheitskonzept EC 7 für den die höchste rechnerische Setzung aufweisenden WEA-Standort WEA 18\_02 die Grundbruchsicherheit und daraus die mittlere zulässige Bodenpressung mit dem Programm GGU-Footing ermittelt, basierend auf dem Lastfall N/A/T. Wie der als Anlage 11 beigefügten Berechnung zu entnehmen ist, kann die vorhandene charakteristische Bodenpressung von  $\sigma_{E,k} = 360$  kN/m<sup>2</sup> aus geotechnischer Sicht mit großer Sicherheit ( $\mu = 0,352$ ) aufgenommen werden.

Die Berechnungen haben also ergeben, daß sowohl die geforderten erdstatischen Werte eingehalten als auch die maximalen Setzungsdifferenzen für die Gründung der WEA 18\_01 bis 18\_03 nicht überschritten werden, so daß aus geotechnischer Sicht keine Bedenken gegen die vorgesehene Gründung bestehen.

### 3.2 Flachgründung oberhalb einer Baugrundverbesserung (WEA 18\_04)

Für den Standort WEA 18\_04 wird aufgrund der teilweise erkundeten organischen Weichschichten seitens des Unterzeichners eine Baugrundverbesserung empfohlen. Eine Auskoffnung dieser Böden wird aufgrund der im Schutz einer geschlossenen Wasserhaltung herzustellenden Baugrubentiefe von  $> 4$  m sowohl aus logistischen als auch aus wirtschaftlichen Gründen nicht empfohlen. Vielmehr wird eine Baugrundverbesserung bspw. durch die Anordnung von Rüttelstopf- oder von Vollverdrängungsbetonsäulen erforderlich.

Bei der Herstellung von **Rüttelstopfsäulen** wird ein Schleusenrüttler, der den gering tragfähigen Baugrund durchfährt und verdrängt, bis auf den hoch tragfähigen Baugrund (hier: wenigstens steifplastische Geschiebemergel) eingebracht. Nach dem Erreichen der Endtiefe wird das Zugabematerial (z. B. Schotter oder Kies) im Pilgerschritt verfüllt, seitlich in den Boden gedrückt und verdichtet. Die Rüttelstopfsäule wird so bis zur Arbeitsebene aufgebaut. Hierauf wird dann ein ca. 0,5 m starkes Gründungspolster, bestehend aus Böden der Bodengruppen SW bzw. GW, aufgebracht, das lagenweise ( $d = 0,3$  m) eingebaut und auf eine mindestens mitteldichte bis dichte Lagerung ( $D_{Pr} \geq 100$  %) verdichtet werden muß. Es wird empfohlen, vor dem Aufbringen des Gründungspolsters zur besseren Lastverteilung ein Geogitter zu verlegen.

Basierend auf den vorliegenden Baugrunduntersuchungen ist eine Absetztiefe von ca. 10 – 11 m (lotrecht, ab GOK zum Zeitpunkt der Aufschlußerstellungen) zu erwarten

Die Bemessung der Rüttelstopfsäulen (Durchmesser, Raster etc.) muß durch die ausführende Firma erfolgen und ist dem Unterzeichner vorzulegen.

Alternativ zu den Rüttelstopfsäulen ist die Herstellung erschütterungsfrei eingebrachter **Vollverdrängungsbetonsäulen** (bspw. CMC-Säulen) möglich. Diese Säulen werden vibrationsfrei und ohne Materialförderung bis in die erforderliche Absetztiefe von ca. 10 – 11 m u.GOK gebracht. Nach Erreichen der Endtiefe erfolgt die Injektion eines sandbasierten Spezialbetons.

Oberhalb der Sohle wird analog zum Rüttelstopfverfahren eine rollige Lastverteilungsschicht aufgebracht, wobei durch die Säulen eine Gewölbewirkung aktiviert wird. Auch bei diesem Verfahren erfolgt die Bemessung der erforderlichen Säulenanzahl / des Säulenrasters durch den Hersteller.

Unter Berücksichtigung der Baugrundverbesserung werden die Setzungen in der Größenordnung von bis zu 1,0 cm liegen.

Alternativ zu einer auftriebssicheren Flachgründung oberhalb einer Baugrundverbesserung können die WEA auf Pfählen tiefgegründet werden. Hierzu kann durch unser Büro bei Bedarf in einem Nachtrag Stellung genommen werden.

#### **4 Technische Hinweise zur Fundamentherstellung**

##### **4.1 Baugrubendurchführung**

Nicht verbaute Baugruben mit senkrechten Wänden sind nach DIN 4124 nur bis zu einer Tiefe von 1,25 m zulässig. Tiefere Baugruben müssen geböscht oder abgestützt werden. Die Neigung der Böschung darf ohne weitere Nachweise in den erkundeten Mutterböden, Torfen und Sanden 45° nicht überschreiten.

Die Baugrubensohlen sollten nach dem Bodenaushub nicht mehr befahren und möglichst wenig betreten werden. Aufgelockerte Böden sind mittels glatter Baggerschaufel abzuziehen und durch verdichtet einzubauende Kiessande auszutauschen. Innerhalb der Baugrubensohle anstehende rollige Böden sind oberflächlich mit einer Walze oder einer mittleren Vibrationsplatte mit 3 – 4 Übergängen nachzuverdichten, um aushubbedingte Auflockerungen zu beseitigen.

Unter Berücksichtigung des erkundeten Baugrundaufbaus und der Grundwasserstände muß die Baugrubendurchführung wenigstens am Standort der WEA 18\_02 (von Torflagen durchzogene Sande stehen bis 0,55 m u. Grundwasseranschnitt an) im Schutz einer geschlossenen Wasserhaltung (bis zur GOK verkieste Horizontaldrainagen,



Vakuumpumpen) erfolgen, um das Grundwasser bis wenigstens 0,5 m unterhalb des tiefsten Baugrubenbereichs absenken zu können. Der Einsatz von Spüllanzen wird nicht empfohlen, da die ausreichend tiefe Absenkung zur Baugrubenmitte hin aufgrund der hohen Wasserdurchlässigkeit der Sande mit diesem Verfahren i.d.R. nicht realisiert werden kann und da die Ableitung des Wassers über einzelne Schläuche für den reibungslosen Ablauf der Baustelle unkomfortabel ist.

Zur überschlägigen Berechnung der anfallenden Wassermengen kann für die wasserführenden rolligen Böden ein Durchlässigkeitsbeiwert von  $k_f = 2 \cdot 10^{-4}$  m/s herangezogen werden.

Eine endgültige Entscheidung zur Wasserhaltung am jeweiligen WEA-Standort muß vor Beginn der Erdarbeiten anhand von Schürfen vor Ort durch den Unterzeichner getroffen werden.

#### 4.2 Aufnahme des Frischbetongewichtes

Die Fundamente können in einem Abschnitt betoniert werden, da die erkundeten Böden in der Lage sind, die Last aus dem Betoneigengewicht aufzunehmen.

#### 4.3 Kranstellflächen

Im Bereich der Kranstellflächen sind unter Berücksichtigung der erkundeten Baugrundverhältnisse folgende Maßnahmen zu treffen:

- Entfernen der Mutterböden, Schluffe und Torfe
- Nachverdichtung der unter den Mutterböden / Torfen anstehenden Sande.
- Einbau einer Tragschicht (Mineralgemisch/Schotter 0 - 32/45 mm) in einer Stärke von  $d \cong 30 - 40$  cm.

Wie dem als Anlage 12 beigefügten Grundbruchnachweis zu entnehmen ist, kann für den ungünstigsten Baugrund (Annahme: weichplastische Geschiebelehme zwischen 5 m und

7 m u.GOK) beim Einsatz eines Raupenkrans (biegesteife Lastverteilungsfläche aus bspw. Stahlplatten und/oder Bongossimatten, ca. 10 m x 9 m) eine mittlere charakteristische Bodenpressung von 100 kN/m<sup>2</sup> (entspricht einer charak. Gesamtlast von 9.000 kN) mit hinreichend großer Sicherheit zugelassen werden, wobei rechnerisch Setzungen von bis zu  $s = 2,2$  cm auftreten können. Die tatsächlich entstehenden Setzungen werden unter Ausnutzung der o.g. Lasten deutlich geringer ausfallen, da immer nur kurzfristig mit dem Auftreten maximaler Belastungen zu rechnen ist.

Nach Vorlage konkreter Krandaten sind diese dem Unterzeichner weiterzuleiten, um bei Bedarf konkrete Grundbruch- / Setzungsberechnungen erstellen zu können.

## **5 Zusammenfassung**

Die durchgeführten Untersuchungen haben ergeben, daß die vier im Windpark Hollenstede, Fläche 18, geplanten Windkraftanlagen vom Typ Enercon E-138 ohne besondere Zusatzmaßnahmen (WEA 18\_01 bis WEA 18\_03) bzw. auf einer Baugrundverbesserung in Form von Rüttelstopfsäulen oder von Vollverdrängungsbetonsäulen (WEA 18\_04) flach auf Einzelfundamenten mit Auftriebswirkung gegründet werden können. Weitere Einzelheiten können dem Gutachten entnommen werden.

**Die Baugrubensohlen sind durch den Unterzeichner abnehmen zu lassen, um die im Gutachten vorausgesetzten Baugrundverhältnisse vor Ort zu überprüfen. Die Verdichtung des eingebrachten Austauschmaterials muß durch dynamische Lastplattenversuche nachgewiesen werden.**

**Nach Vorlage konkreter Krandaten sind diese dem Unterzeichner weiterzuleiten, um bei Bedarf konkrete Grundbruch- / Setzungsberechnungen erstellen zu können.**



Für die Beantwortung eventuell noch auftretender Fragen stehen wir weiterhin gern zur Verfügung.

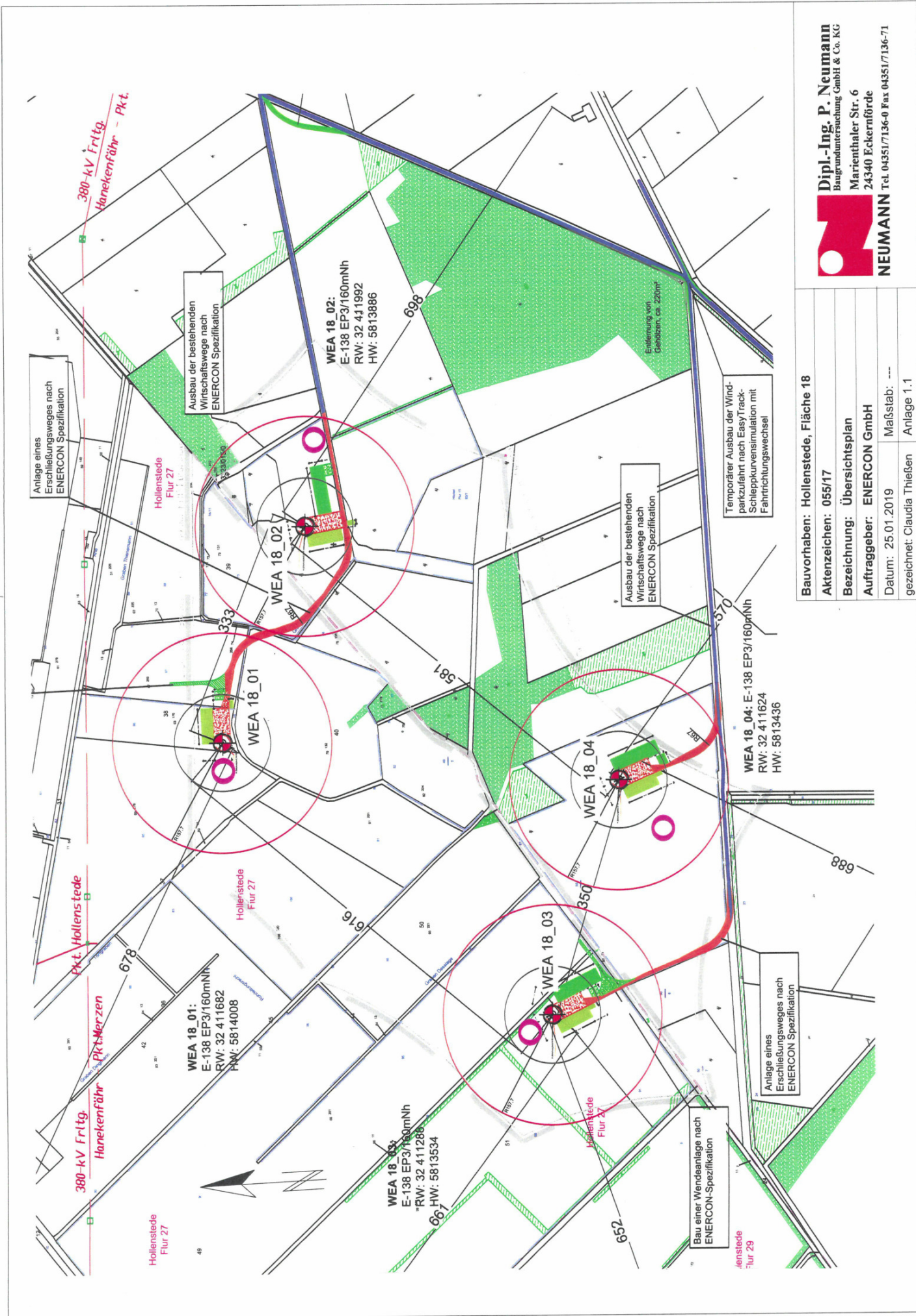
Sachbearbeiter

Dipl.-Ing. Peter Neumann  
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG

i.A. Stefan Kindt  
Dipl.-Geol.

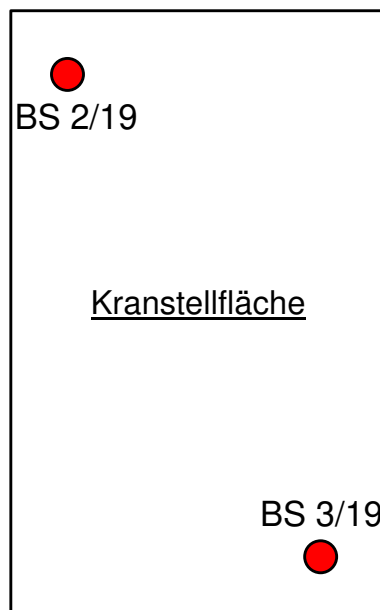
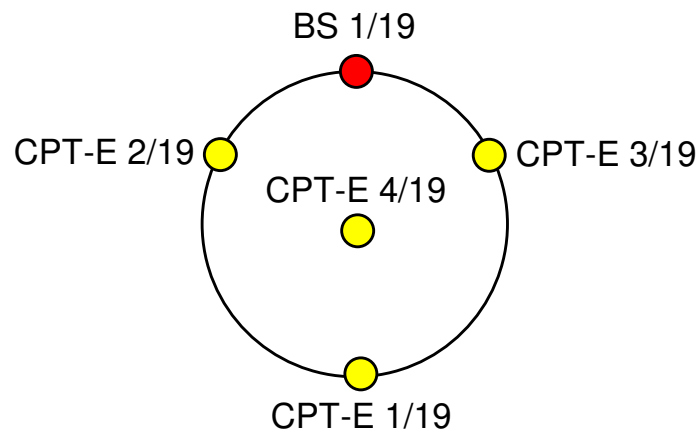
ppa. Wolfgang Tiedemann

*Dies ist eine elektronische Version und ohne Unterschrift gültig.*



<b>Bauvorhaben:</b> Hollensteede, Fläche 18	
<b>Aktenzeichen:</b> 055/17	
<b>Bezeichnung:</b> Übersichtsplan	
<b>Auftraggeber:</b> ENERCON GmbH	
<b>Datum:</b> 25.01.2019	<b>Maßstab:</b> ---
gezeichnet: Claudia Thießen	
Anlage 1.1	

WEA 18\_01 - WEA 18\_04



<b>Bauvorhaben: Hollenstede, Fläche 18</b>	
<b>Aktenzeichen: 055/17</b>	
<b>Bezeichnung: Prinzipskizze</b>	
<b>Auftraggeber: ENERCON GmbH</b>	
Datum: 25.01.2019	Maßstab: ---
gezeichnet: Claudia Thießen	Anlage: 1.2

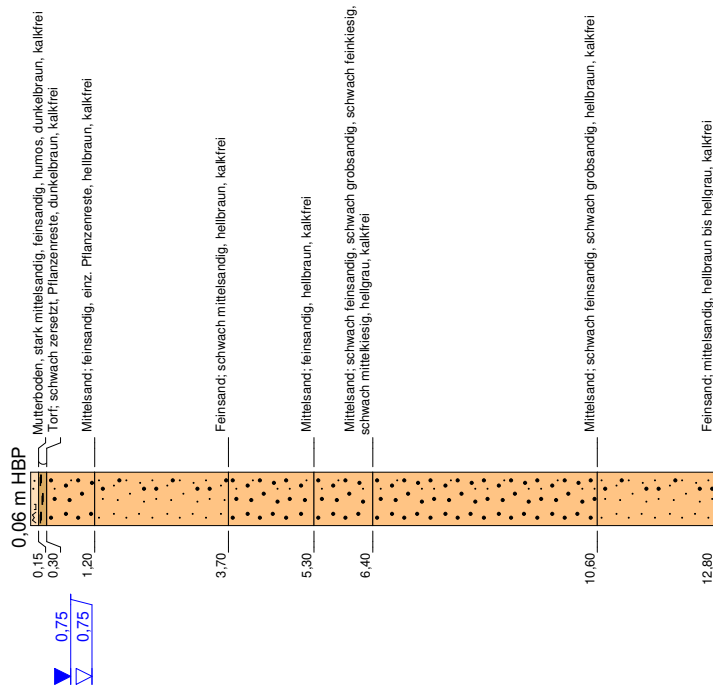


**Dipl.-Ing. P. Neumann**

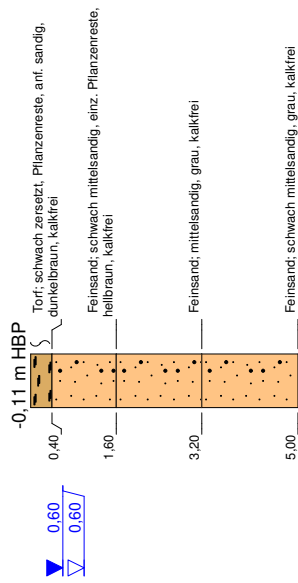
Marienthaler Str. 6  
24340 Eckernförde

Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

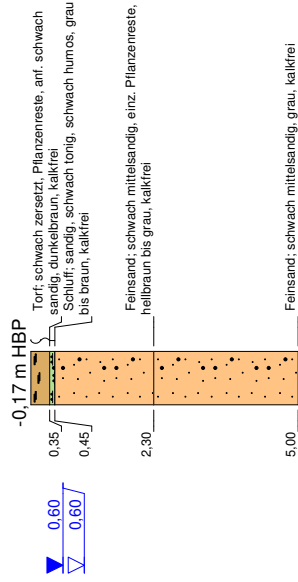
**WEA 18\_01: BS 1/19**



**WEA 18\_01: BS 2/19-Kran**



**WEA 18\_01: BS 3/19-Kran**



Sondierung abgebrochen!

Bauvorhaben: Hollenstede, Fläche 18

Aktenzeichen: 055/17

Bezeichnung: Sondierprofile

Auftraggeber: ENERCON GmbH

Datum: 22.01.-25.01.2019 Maßstab: 1 : 100

gezeichnet: Sandra Marien Anlage 2.1

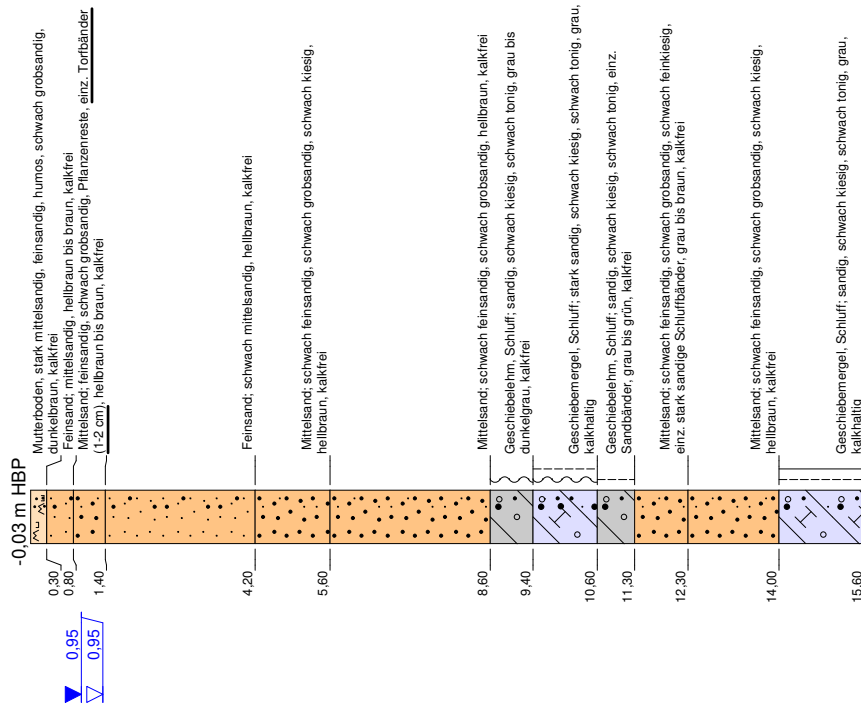


**Dipl.-Ing. P. Neumann**  
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG

Marienthaler Str. 6  
24340 Eckernförde

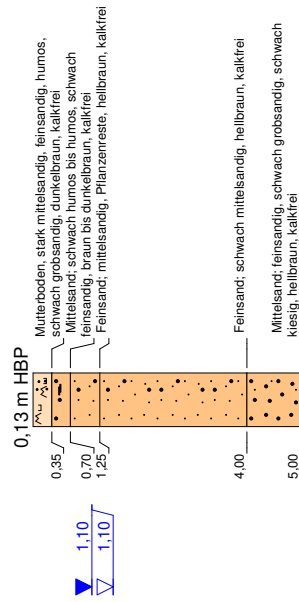
**NEUMANN** Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

**WEA 18\_02: BS 1/19**

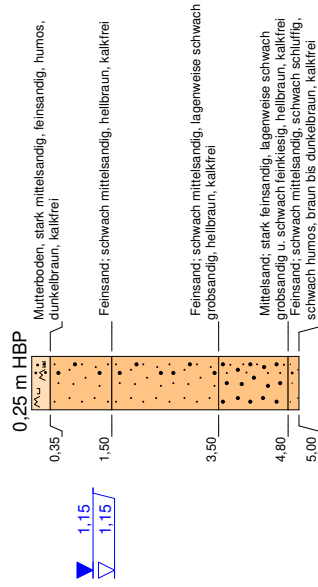


Sondierung abgebrochen!

**WEA 18\_02: BS 2/19-Kran**



**WEA 18\_02: BS 3/19-Kran**



**Bauvorhaben: Hollenstede, Fläche 18**

**Aktenzeichen: 055/17**

**Bezeichnung: Sondierprofile**

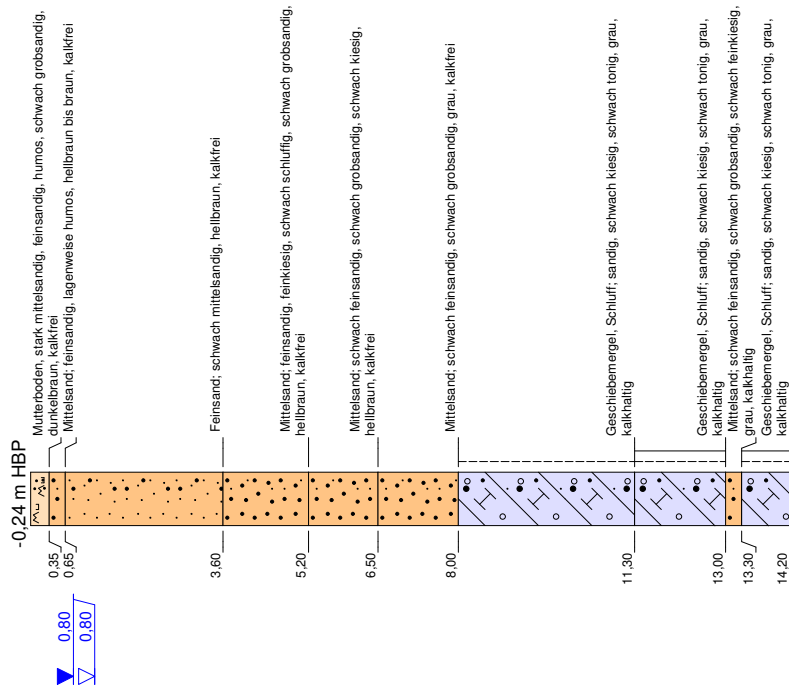
**Auftragneher: ENERCON GmbH**

**Datum: 22.01.-25.01.2019 Maßstab: 1 : 100**

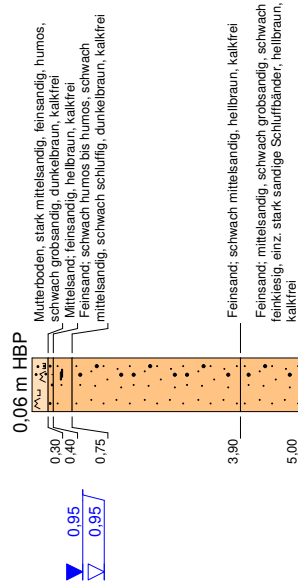
**gezeichnet: Sandra Marien Anlage 2.2**

**Dipl.-Ing. P. Neumann**  
 Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG  
 Marienthaler Str. 6  
 24340 Eckernförde  
**NEUMANN** Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

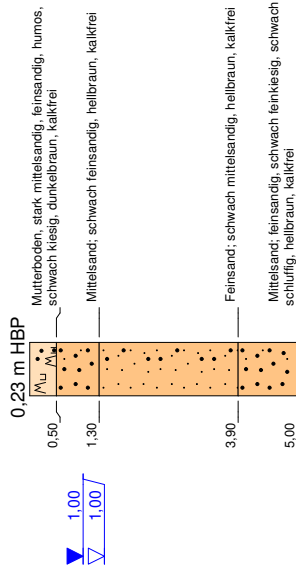
**WEA 18\_03: BS 1/19**



**WEA 18\_03: BS 2/19-Kran**




**WEA 18\_03: BS 3/19-Kran**



Sondierung abgebrochen!

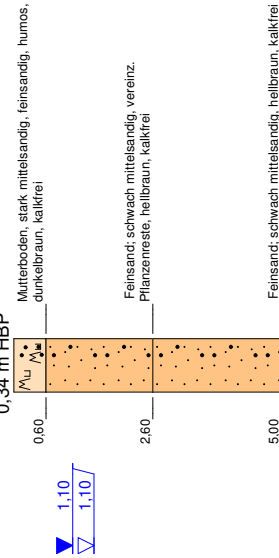
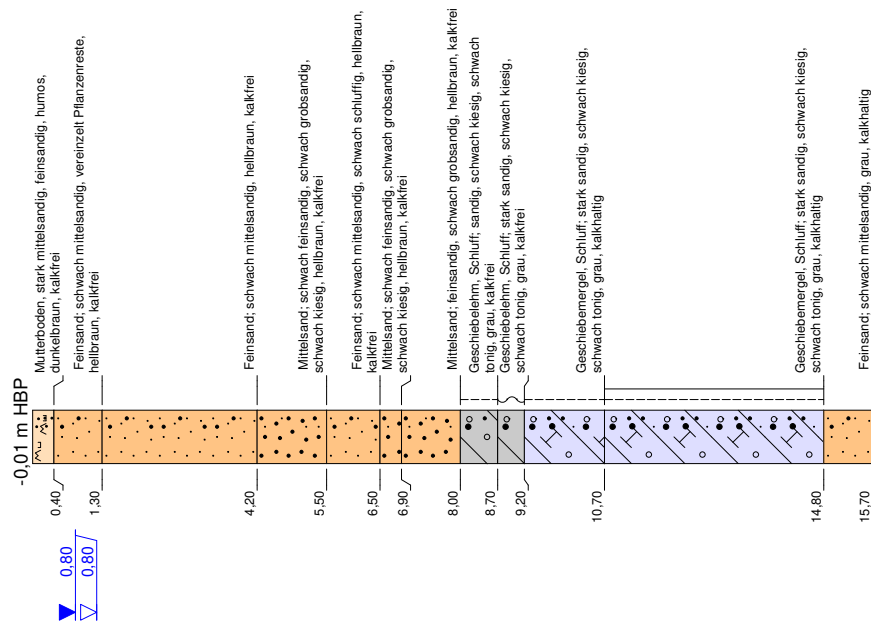
<b>Bauvorhaben:</b> Hollenstede, Fläche 18
<b>Aktenzeichen:</b> 055/17
<b>Bezeichnung:</b> Sondierprofile
<b>Auftraggeber:</b> ENERCON GmbH
<b>Datum:</b> 22.01.-25.01.2019
<b>Maßstab:</b> 1 : 100
<b>gezeichnet:</b> Sandra Marien
<b>Anlage:</b> 2.3



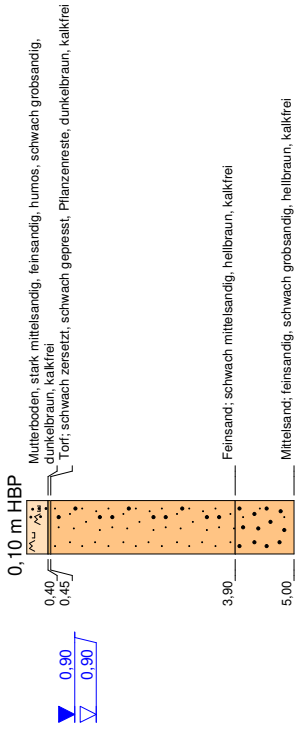
**Dipl.-Ing. P. Neumann**  
 Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG  
 Marienthaler Str. 6  
 24340 Eckernförde  
**NEUMANN** Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71



**WEA 18\_04: BS 1/19**



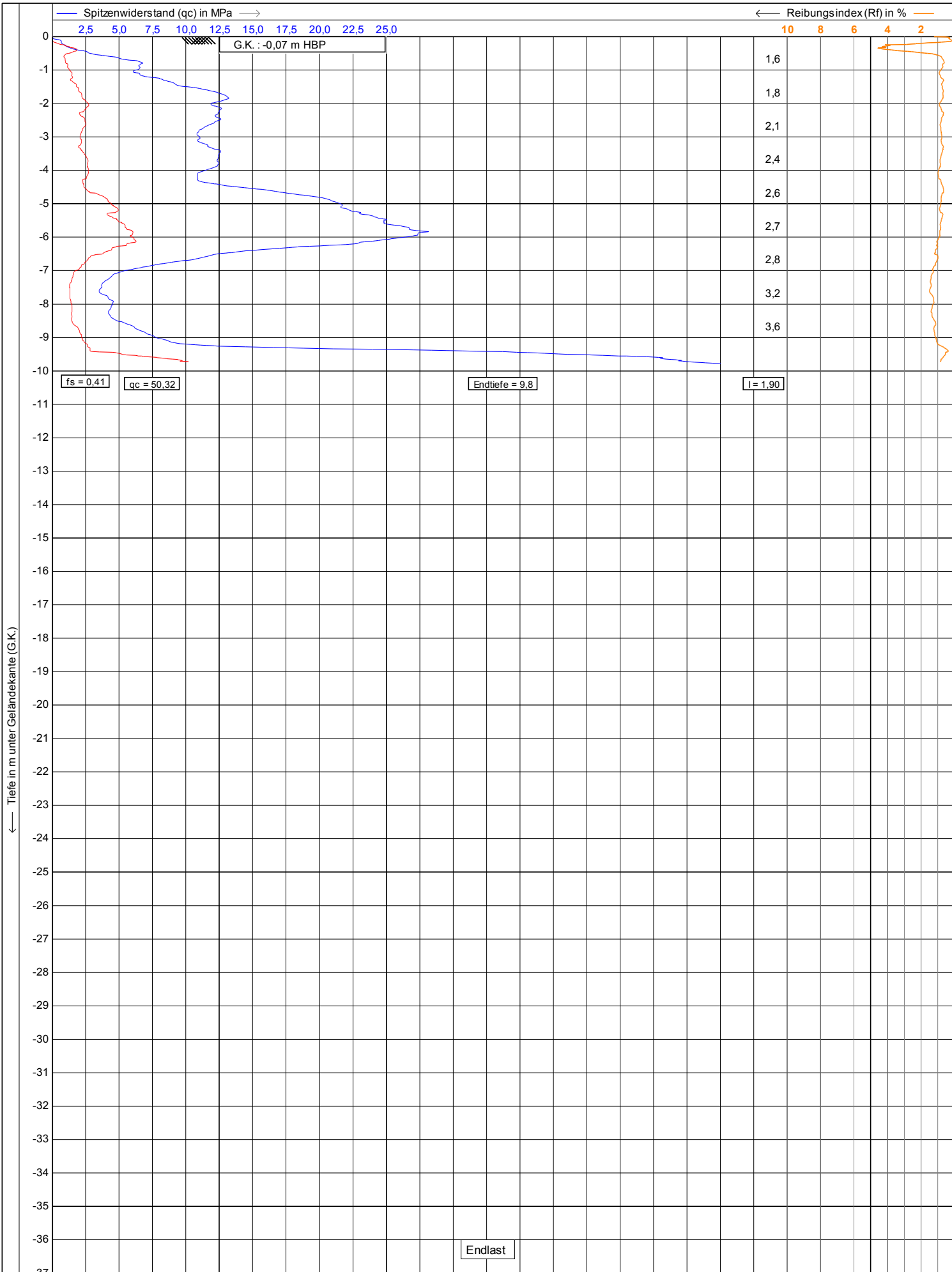
**WEA 18\_04: BS 3/19-Kran**



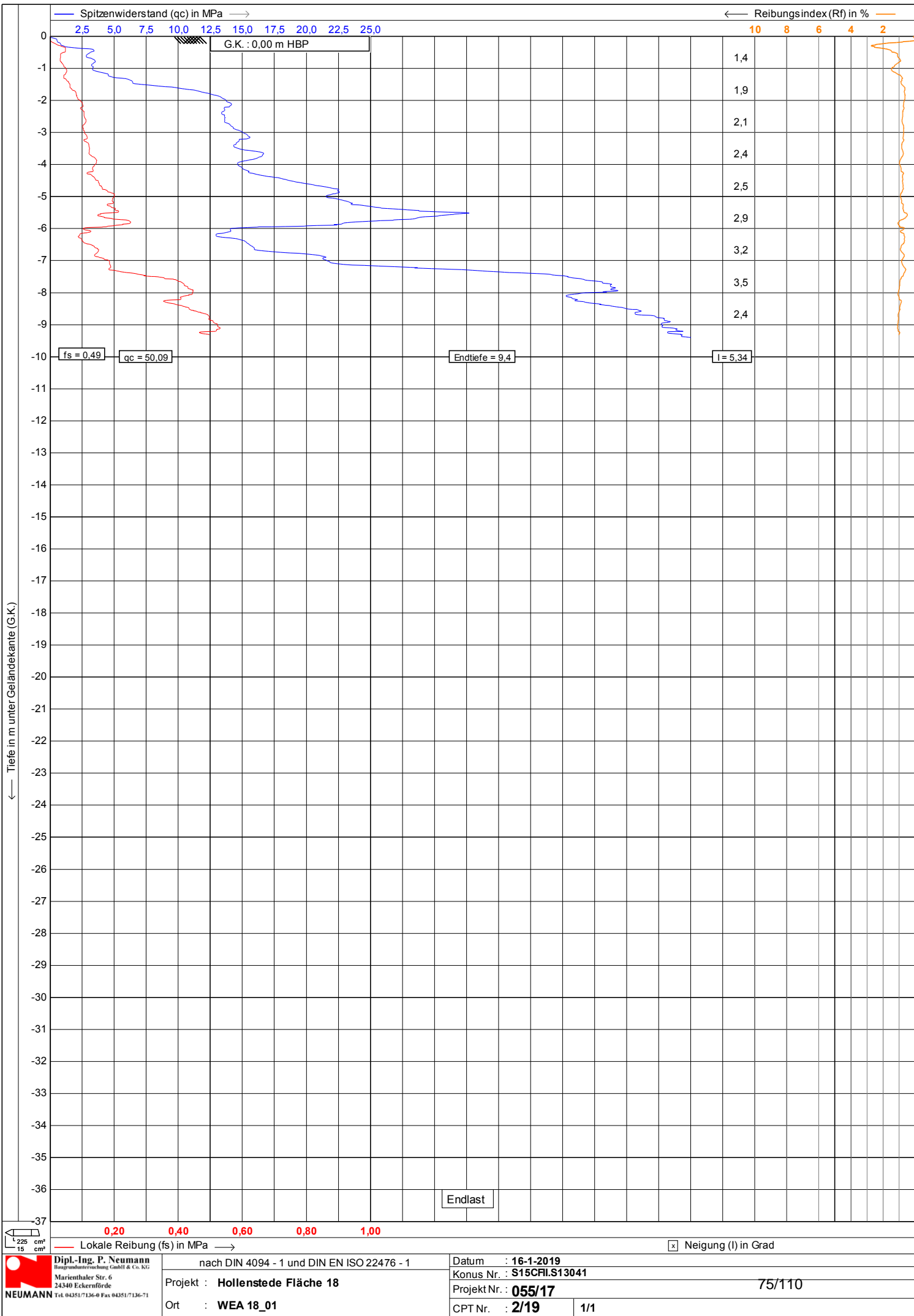
Sondierung abgebrochen!

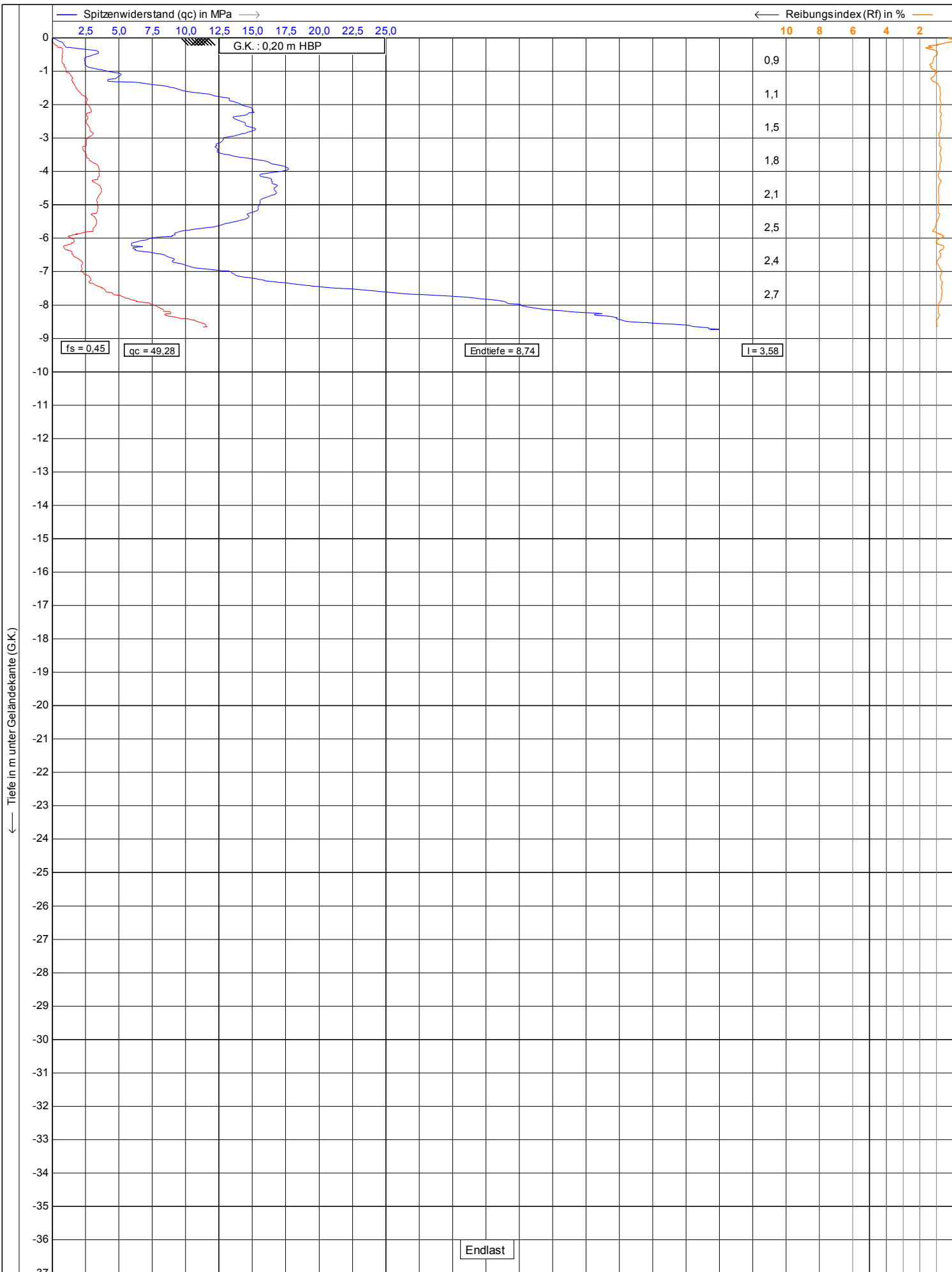
<b>Bauvorhaben:</b> Hollenstede, Fläche 18
<b>Aktenzeichen:</b> 055/17
<b>Bezeichnung:</b> Sondierprofile
<b>Auftraggeber:</b> ENERCON GmbH
<b>Datum:</b> 22.01.-25.01.2019
<b>Maßstab:</b> 1 : 100
<b>gezeichnet:</b> Sandra Marien
<b>Anlage:</b> 2.4

**Dipl.-Ing. P. Neumann**  
 Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG  
 Marienthaler Str. 6  
 24340 Eckernförde  
**NEUMANN** Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71

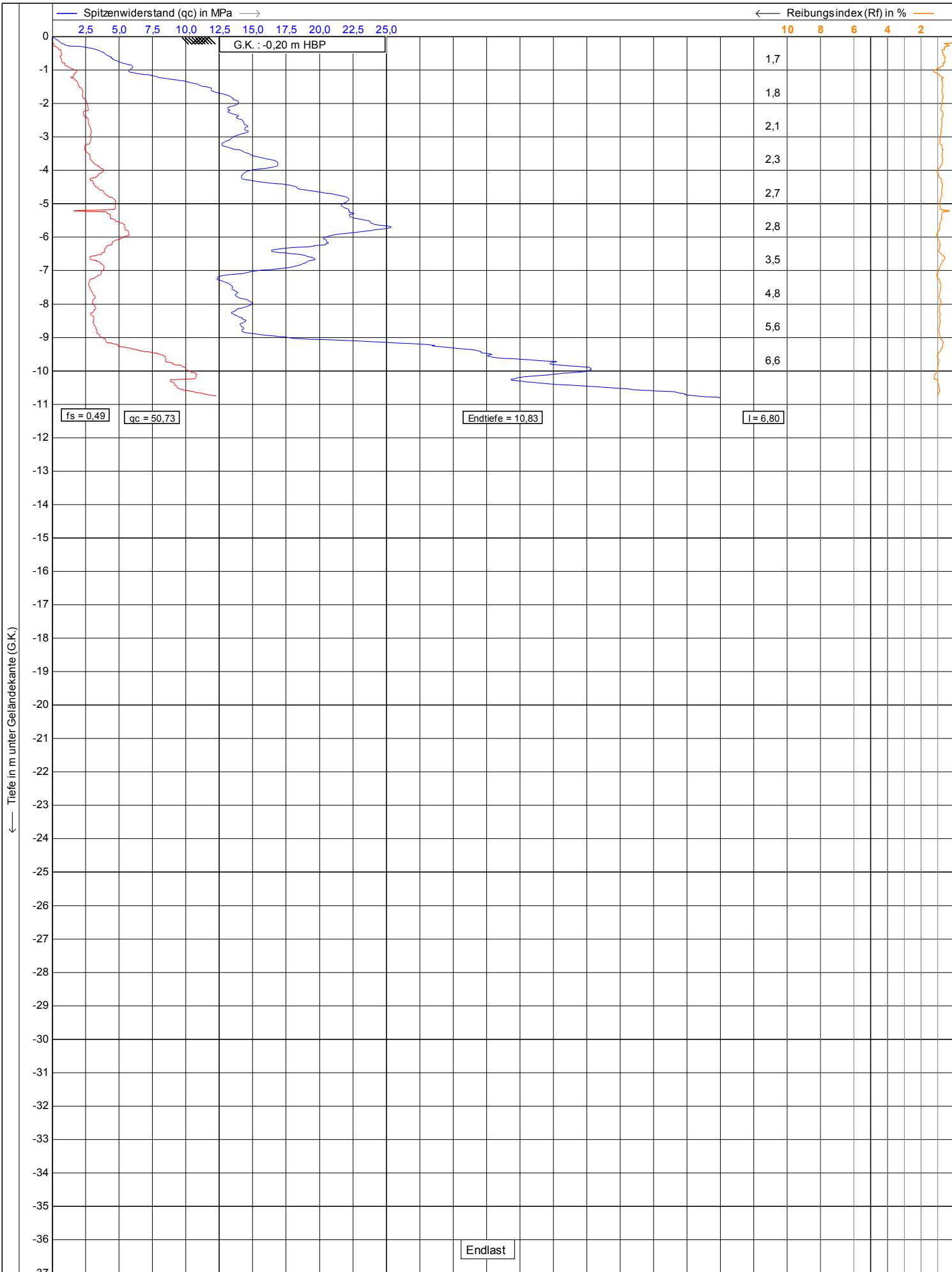


	nach DIN 4094 - 1 und DIN EN ISO 22476 - 1		Datum : <b>16-1-2019</b>
	Projekt : <b>Hollenstede Fläche 18</b>		Konus Nr. : <b>S15CFILS13041</b>
	Ort : <b>WEA 18_01</b>		Projekt Nr. : <b>055/17</b>
			CPT Nr. : <b>1/19</b>
			74/110
			1/1

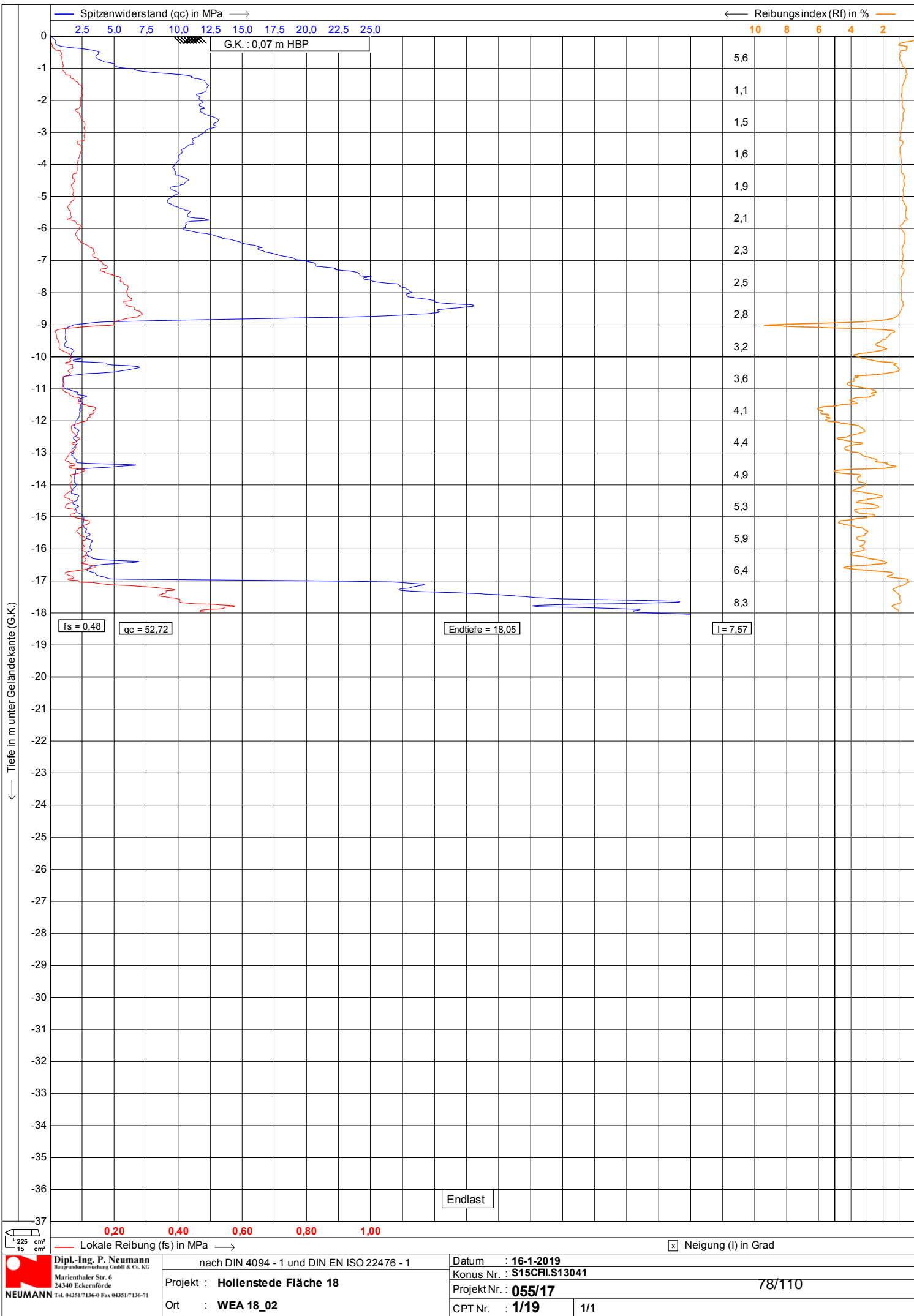


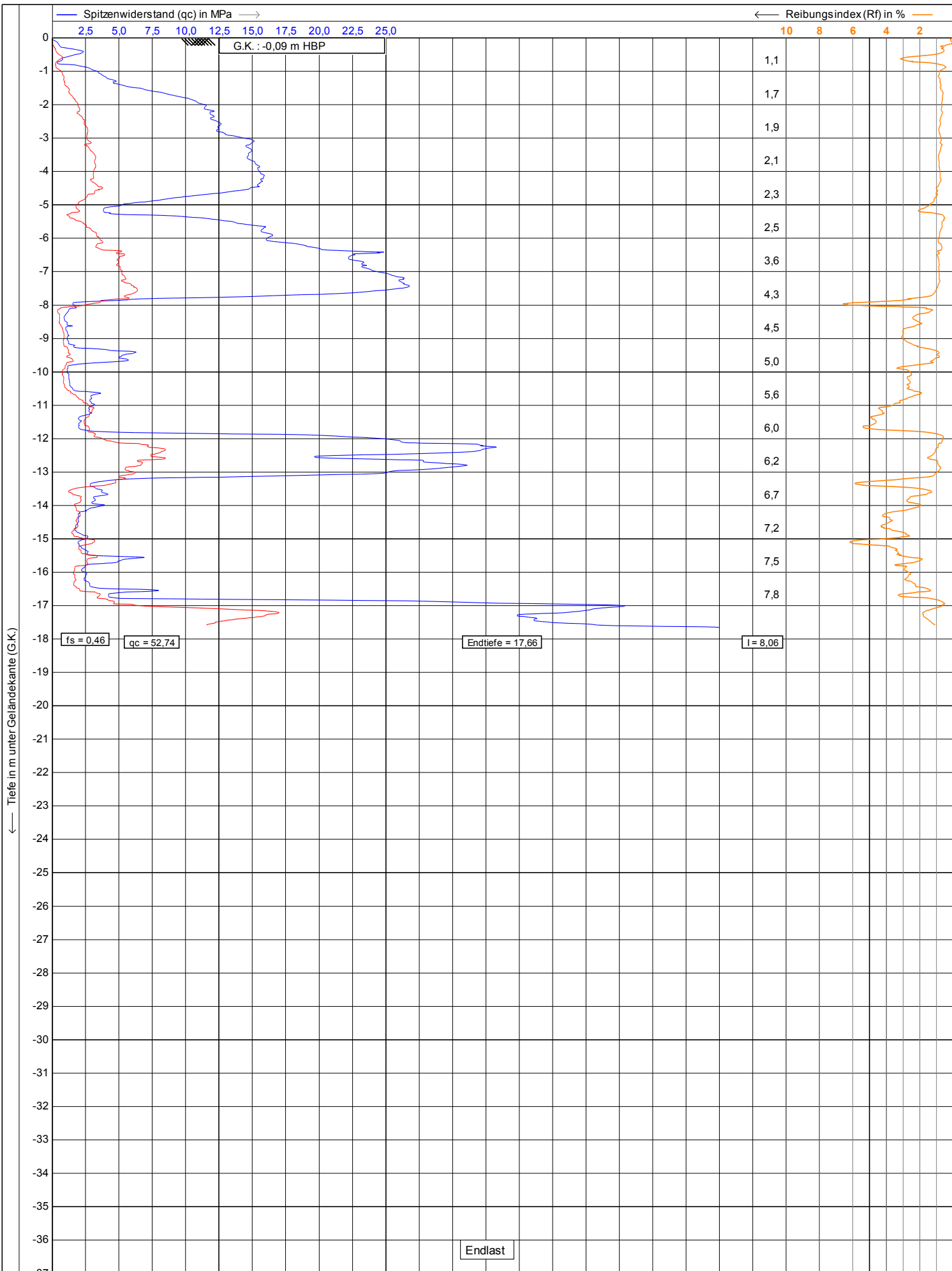


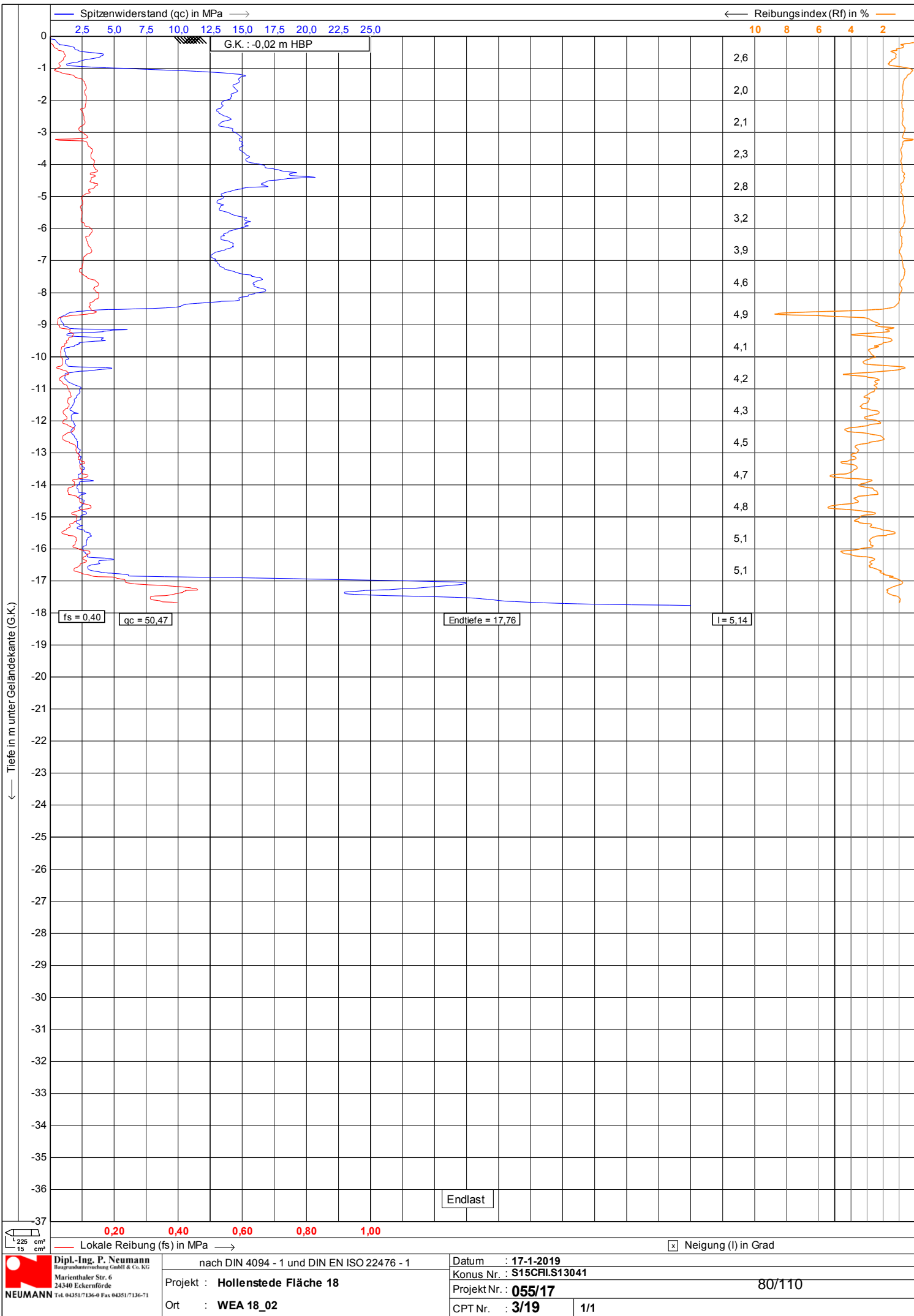
<p>Dipl.-Ing. P. Neumann Hauptunternehmensleitung GmbH &amp; Co. KG Marienbäcker Str. 6 24340 Eckerförde NEUMANN Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71</p>	nach DIN 4094 - 1 und DIN EN ISO 22476 - 1	Datum : 16-1-2019		
	Projekt : Hollenstede Fläche 18	Konus Nr. : S15CFILS13041	76/110	
	Ort : WEA 18_01	Projekt Nr. : 055/17		
		CPT Nr. : 3/19	1/1	



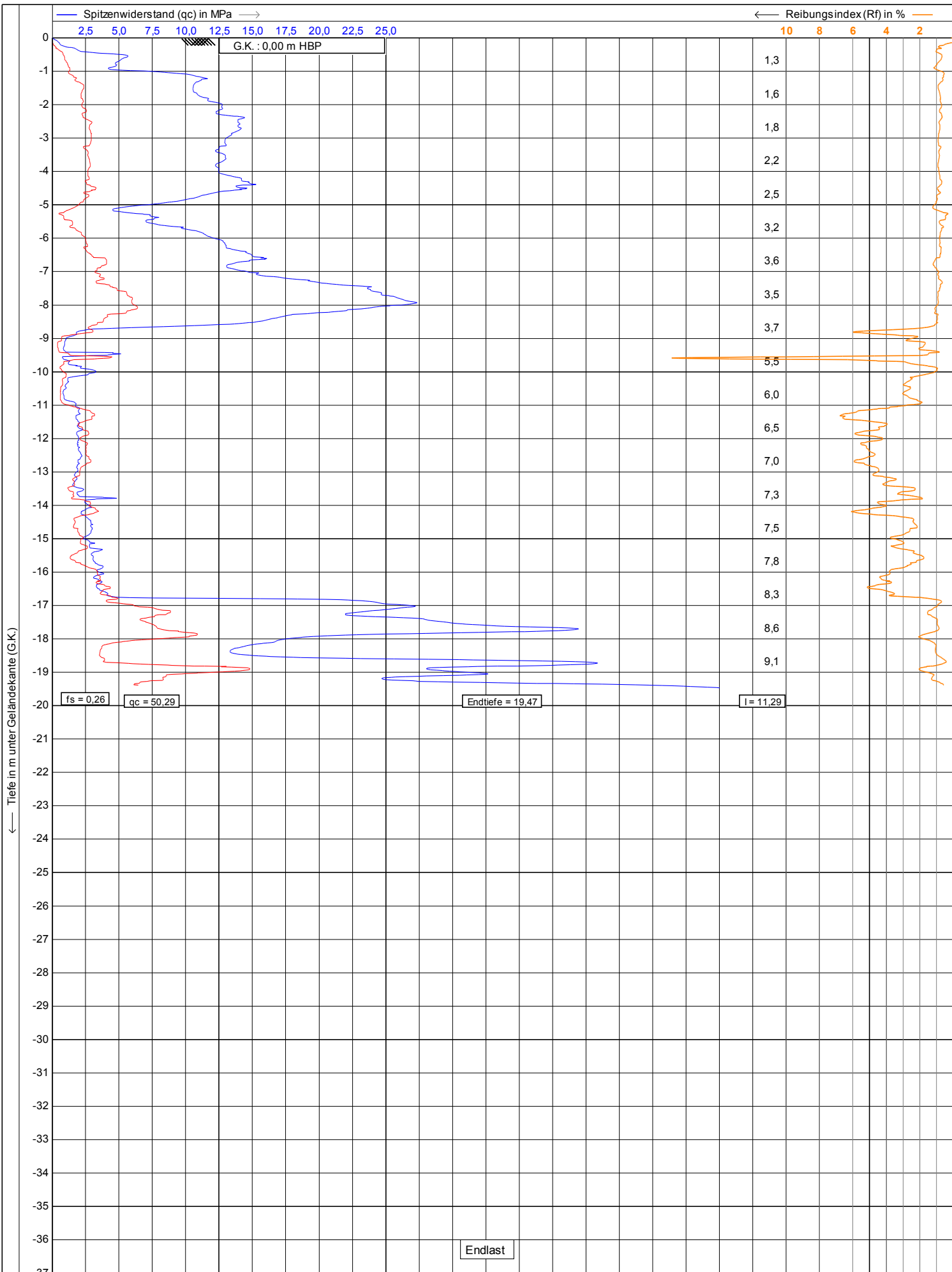
<p><b>Dipl.-Ing. P. Neumann</b>          Hauptberufliche Verbindung GmbH &amp; Co. KG          Marienbäher Str. 6          24340 Eckerförde          NEUMANN Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71</p>	nach DIN 4094 - 1 und DIN EN ISO 22476 - 1	Datum : <b>16-1-2019</b>		
	Projekt : <b>Hollenstede Fläche 18</b>	Konus Nr. : <b>S15CFILS13041</b>	77/110	
	Ort : <b>WEA 18_01</b>	Projekt Nr. : <b>055/17</b>		
		CPT Nr. : <b>4/19</b>	1/1	



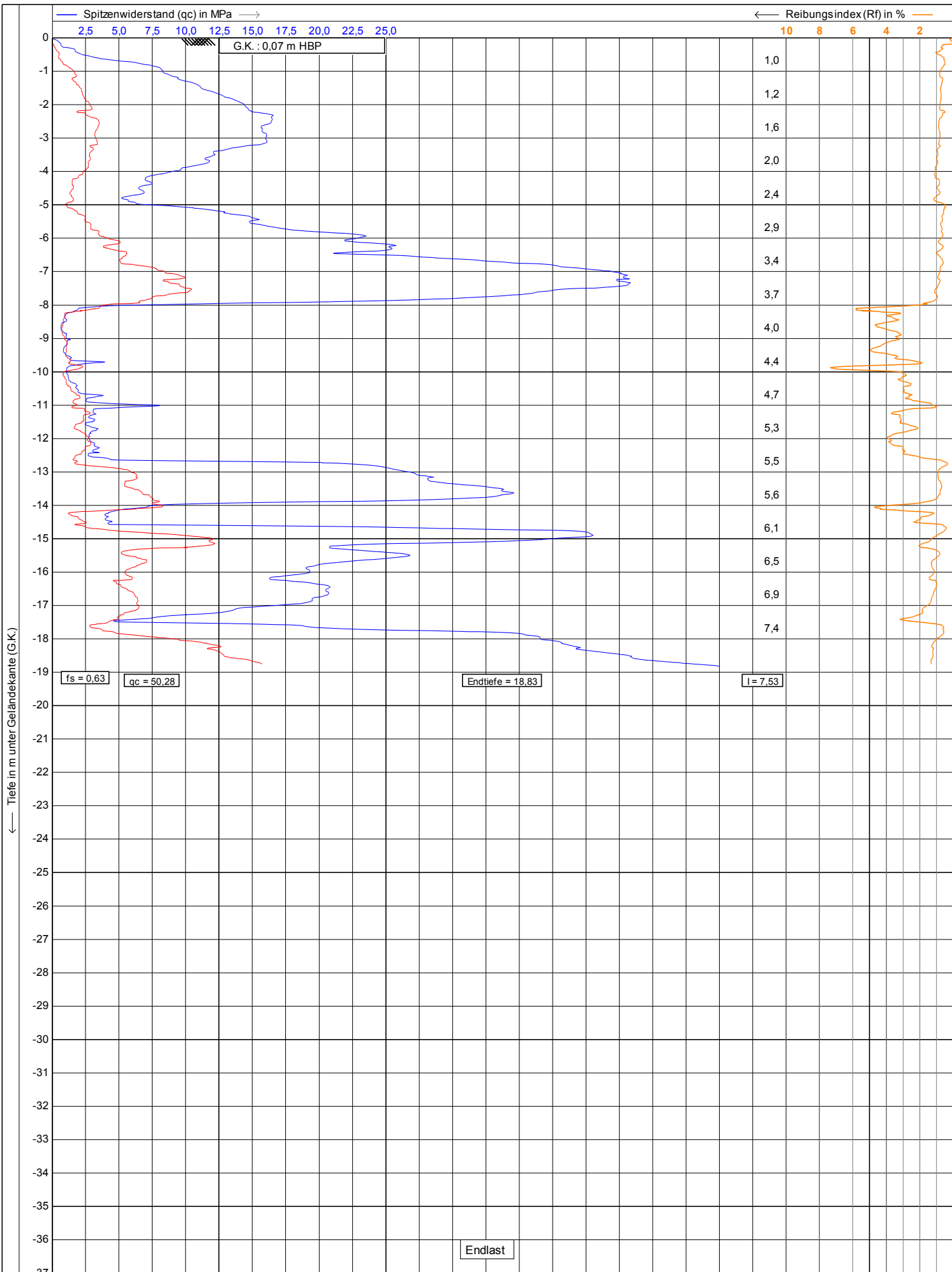




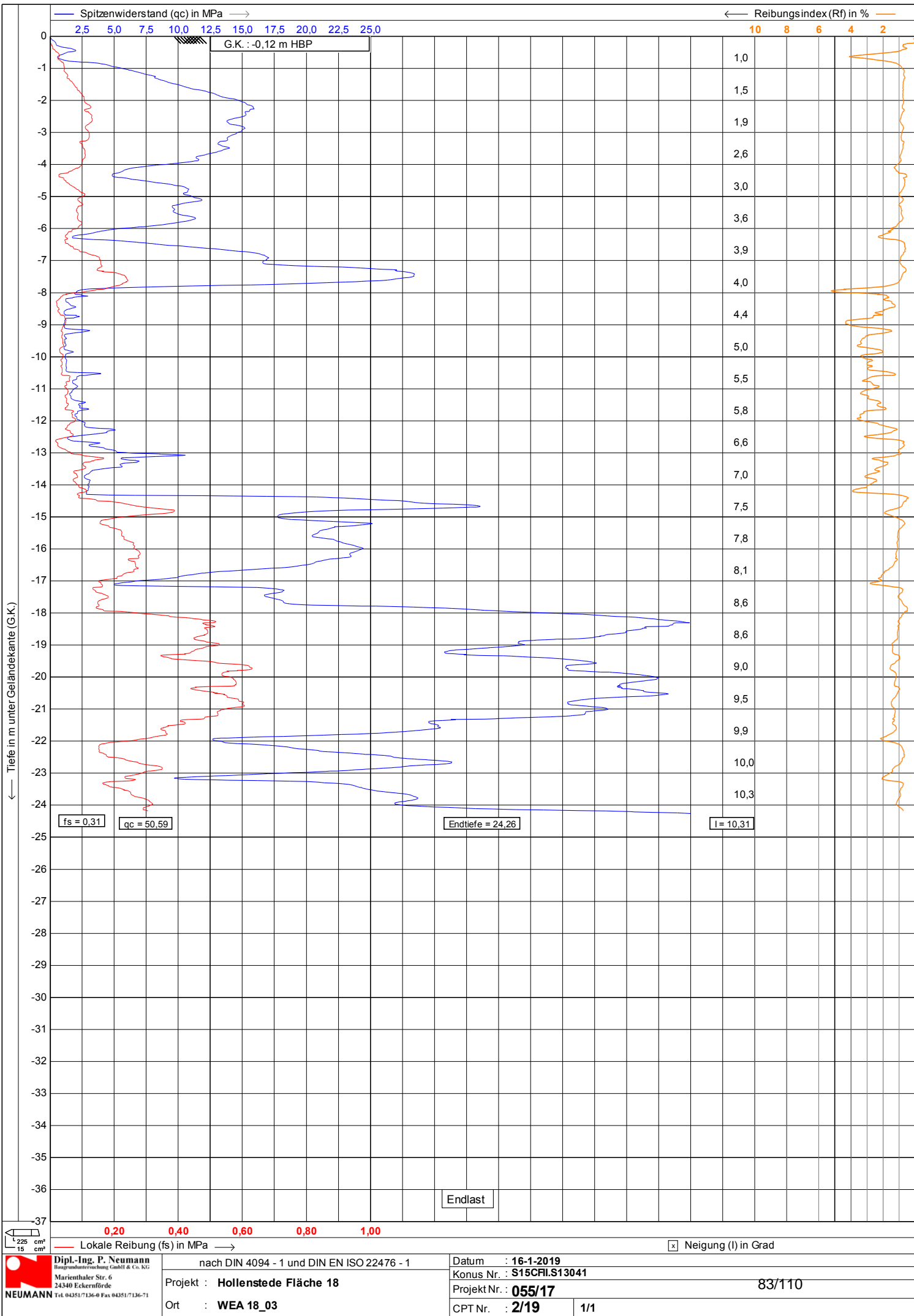


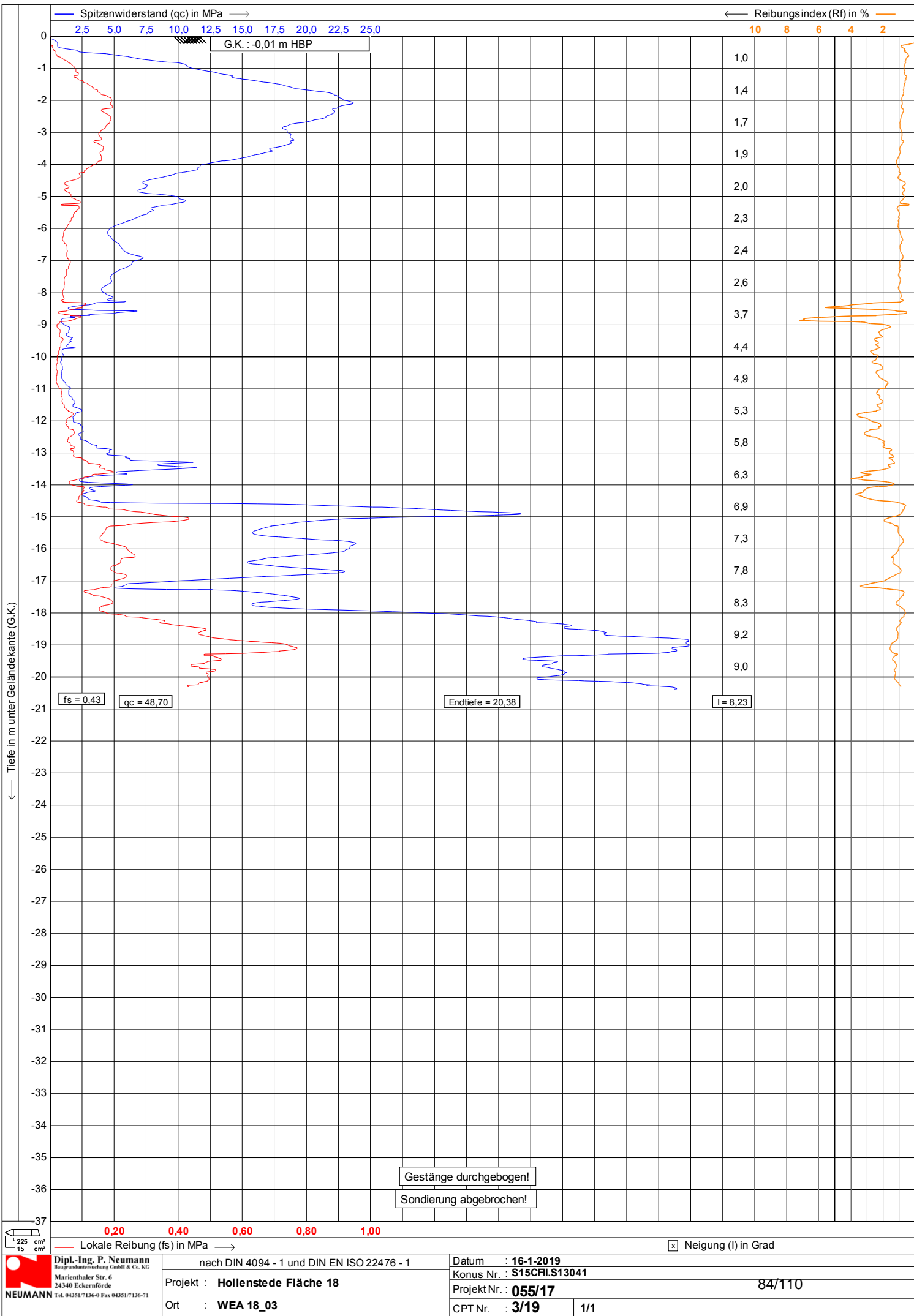


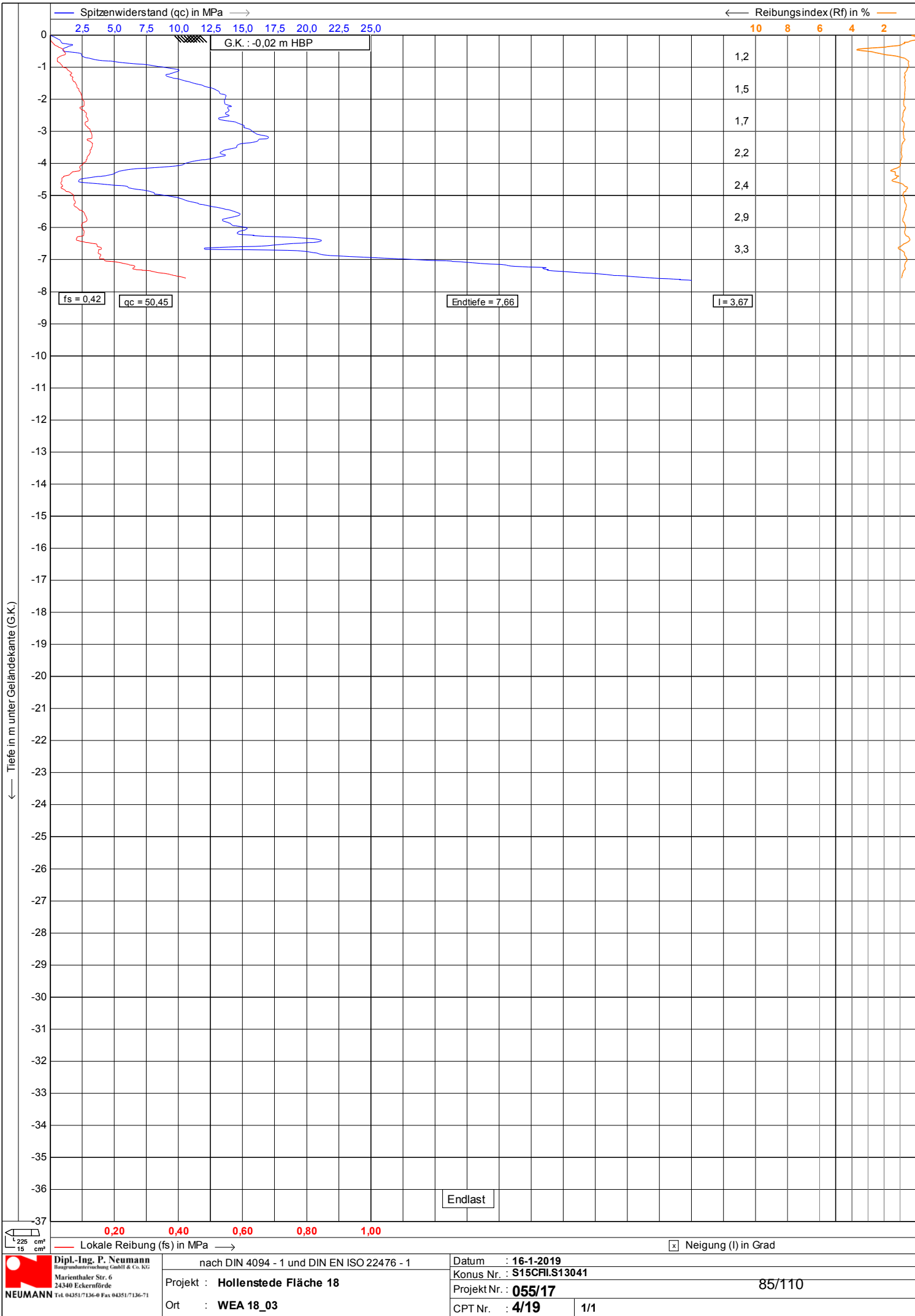
<p>Dipl.-Ing. P. Neumann          Hauptberufliche Tätigkeit GmbH &amp; Co. KG          Marienbäher Str. 6          24340 Eckerförde          NEUMANN Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71</p>	nach DIN 4094 - 1 und DIN EN ISO 22476 - 1		Datum : 16-1-2019	
	Projekt : Hollenstede Fläche 18		Konus Nr. : S15CFILS13041	
	Ort : WEA 18_02		Projekt Nr. : 055/17	81/110
			CPT Nr. : 4/19	1/1

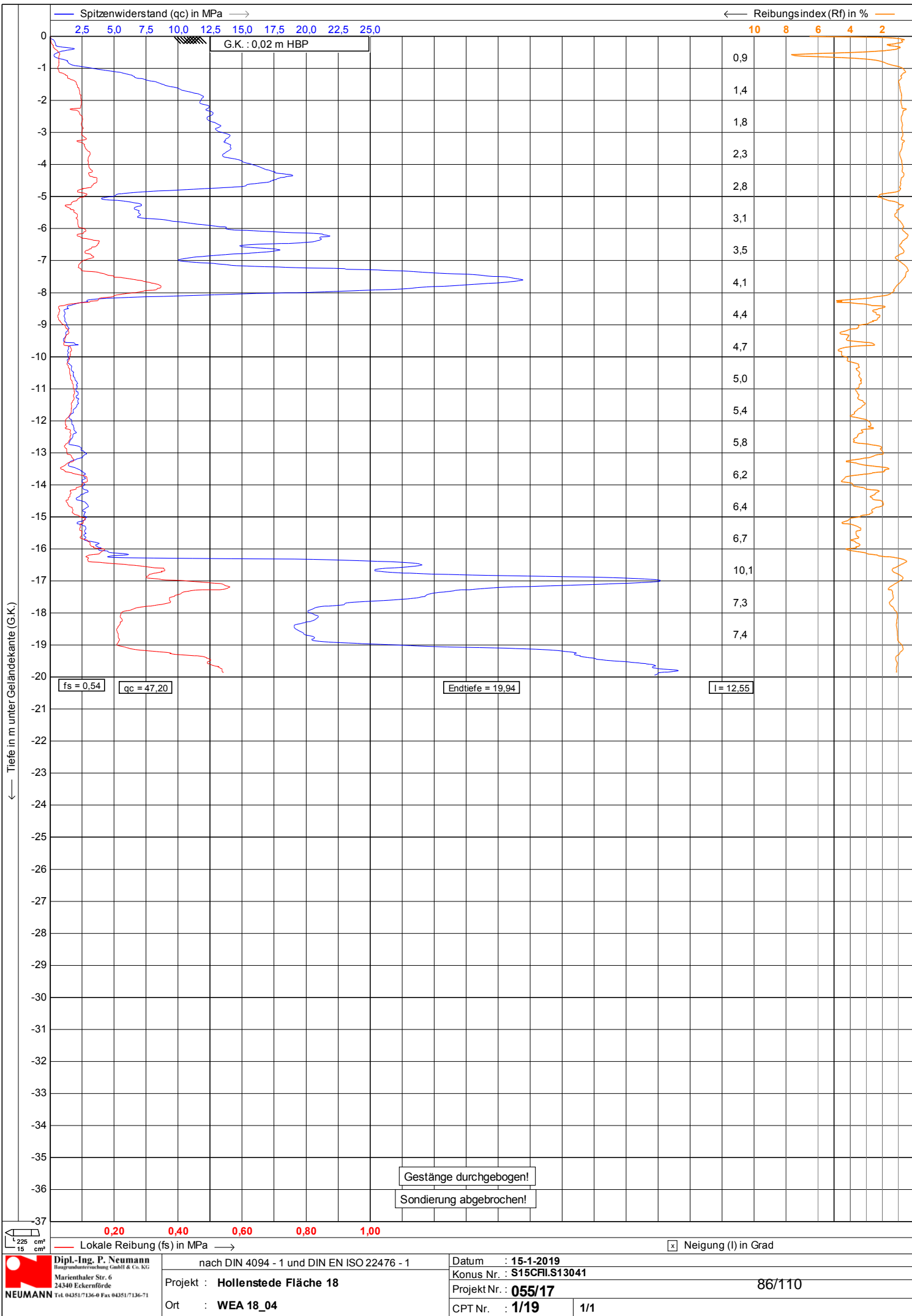


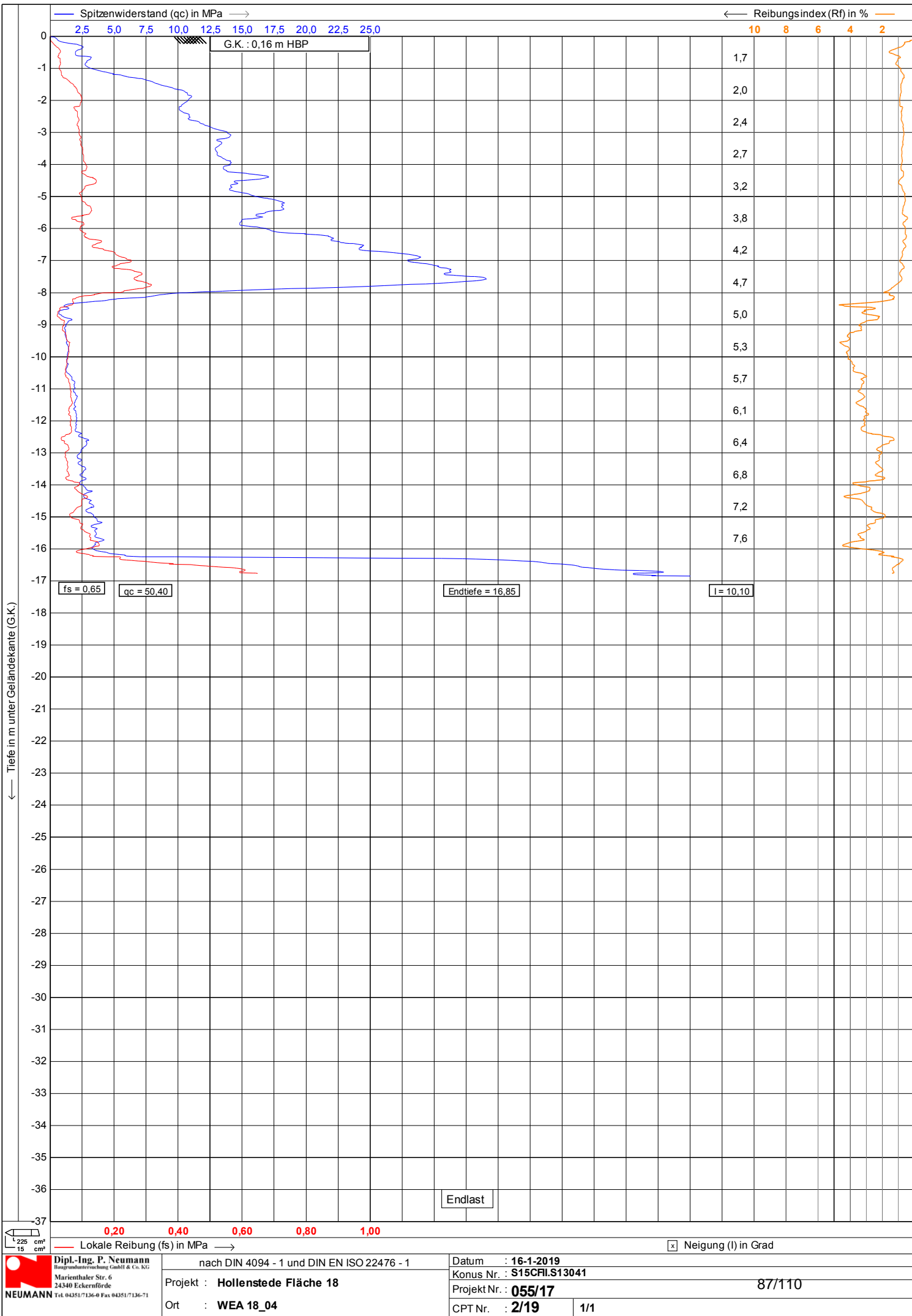
<p>Dipl.-Ing. P. Neumann Bauphysikalische Forschung GmbH &amp; Co. KG Marienbäcker Str. 6 24340 Eckerförde NEUMANN Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71</p>	nach DIN 4094 - 1 und DIN EN ISO 22476 - 1		Datum : 16-1-2019
	Projekt : <b>Hollenstede Fläche 18</b>		Konus Nr. : S15CFILS13041
	Ort : <b>WEA 18_03</b>		Projekt Nr. : 055/17
			82/110
		CPT Nr. : 1/19	1/1

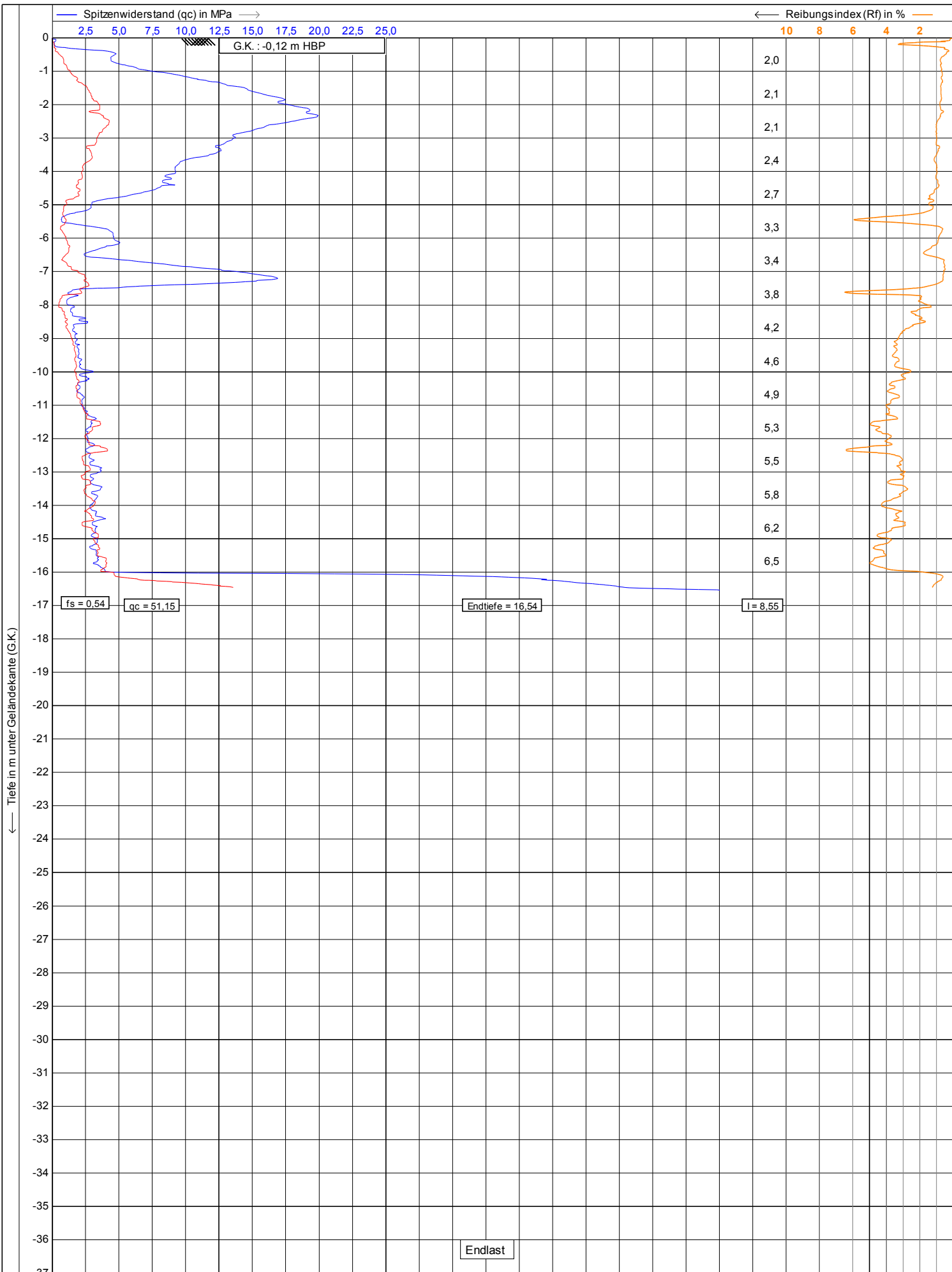






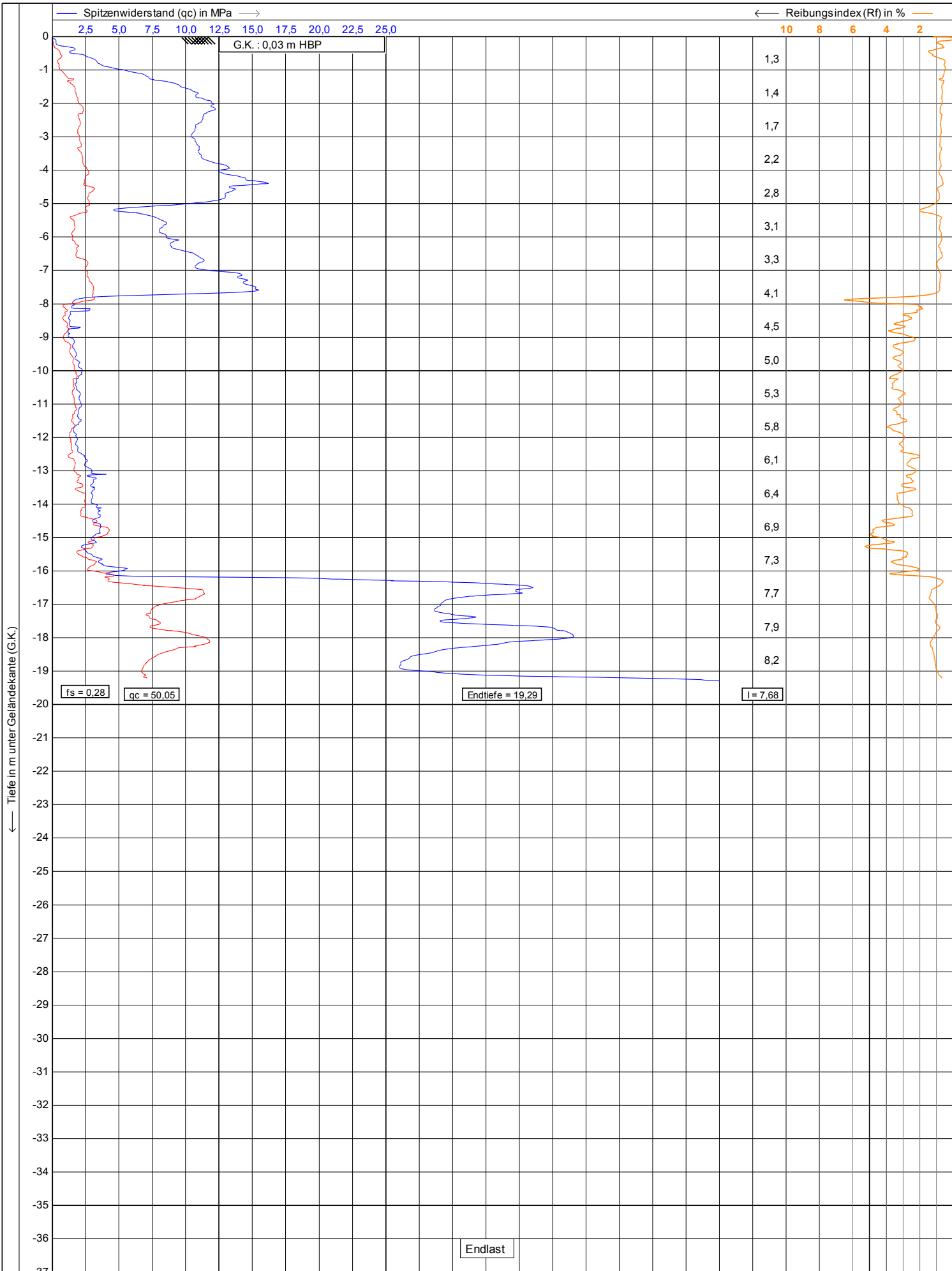






<p>Dipl.-Ing. P. Neumann          Hauptberufliche Ausbildung GmbH &amp; Co. KG          Marienbäher Str. 6          24340 Eckerförde          NEUMANN Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71</p>	nach DIN 4094 - 1 und DIN EN ISO 22476 - 1	Datum : 16-1-2019		
	Projekt : Hollenstede Fläche 18	Konus Nr. : S15CFILS13041	88/110	
	Ort : WEA 18_04	Projekt Nr. : 055/17		
		CPT Nr. : 3/19	1/1	





<p>Dipl.-Ing. P. Neumann          Hauptberufliche Ausbildung GmbH &amp; Co. KG          Marienbäher Str. 6          24340 Eckerförde          NEUMANN Tel. 04351/7136-0 Fax 04351/7136-71</p>	nach DIN 4094 - 1 und DIN EN ISO 22476 - 1		Datum : 15-1-2019
	Projekt : Hollenstede Fläche 18	Konus Nr. : S15CFILS13041	
	Ort : WEA 18_04	Projekt Nr. : 055/17	
		CPT Nr. : 4/19	1/1

**Bemerkungen:**

WEA18-02 BS 1/19-7 w= 17.80 %  
 WEA18-02 BS 1/19-8 w= 16.39 %  
 WEA18-04 BS 1/19-11 w= 15.01 %

Bearbeiter: js

Datum: 08.02.2019

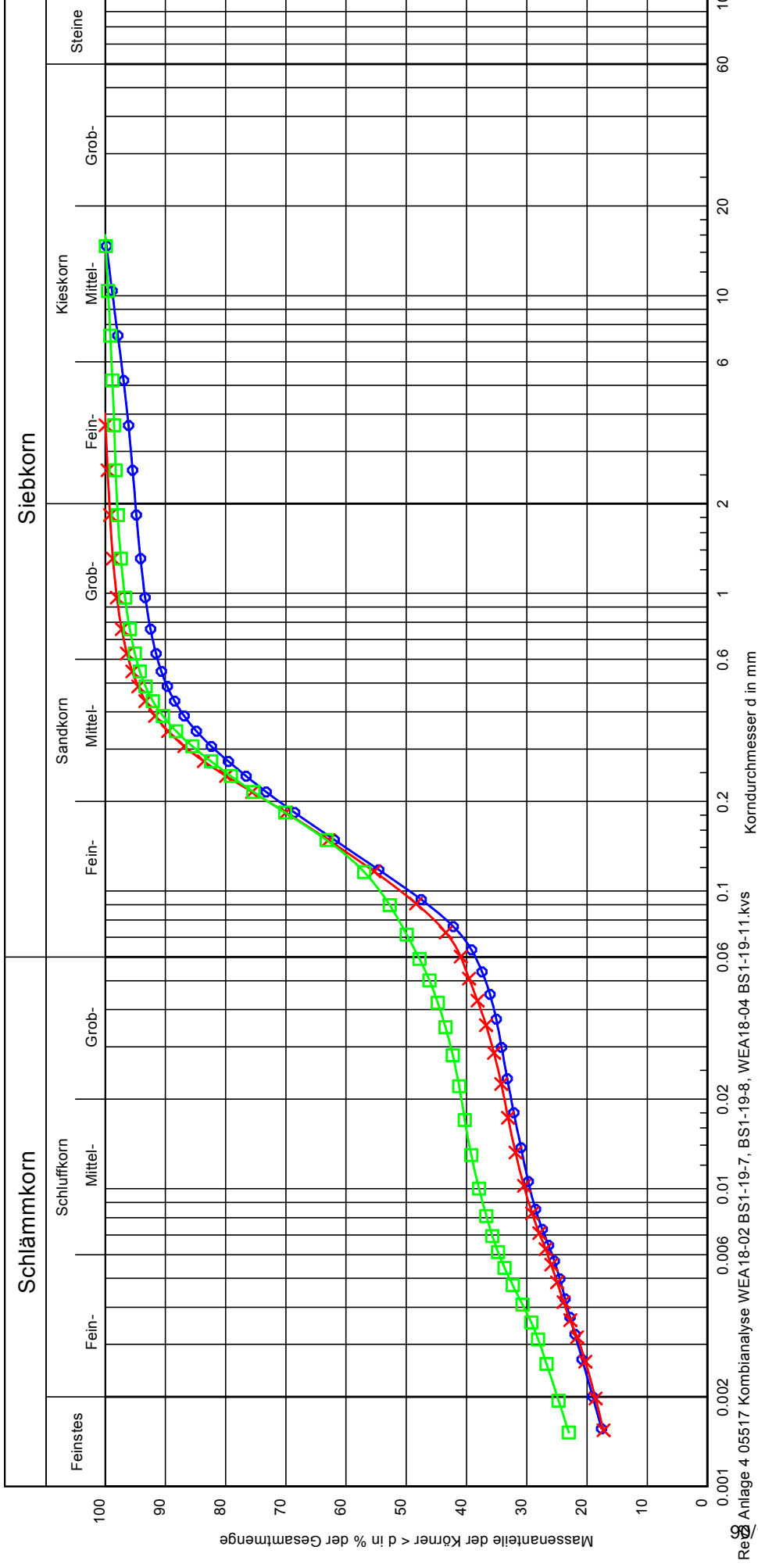
# Körnungslinie nach DIN 18123

## Hollenstede

### Fläche 18



Dipl.- Ing. Peter Neumann  
 Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG  
 Manienthaler Straße 6  
 24340 Eckernförde  
 Tel. 04351/7136-0 Fax: 04351/7136-71  
 kontakt@neumann-baugrund.de



Bericht: 055/17 Anlage: 4	
Prüfungsnummer: 055/17 Probe entnommen am: 01/19 Art der Entnahme: gestörte Probe Arbeitsweise: Kombianalyse	ReZ-Anlage 4 05517 Kombianalyse WEA18-02 BS1-19-7, BS1-19-8, WEA18-04 BS1-19-11.kvs Korndurchmesser d in mm
Bezeichnung: <span style="color: blue;">○</span> S, t, u, g'	<span style="color: red;">×</span> S, t, u
Bodenart: S, t, u, g' Tiefe: 9.00 m	S, t, u 12.00 m
U/Cc: -/-	-/-
Entnahmestelle: WEA18-02 BS 1/19-7	WEA18-04 BS1/19-11
k nach Beyer: -	-
T/U/S/G [%]: 19.1/19.4/56.5/5.0	18.7/22.3/58.4/0.7



Dipl.- Ing. Peter Neumann  
Baugrunduntersuchung GmbH & Co. KG  
Marienthaler Straße 6 24340 Eckernförde  
Tel. 04351/7136-0 Fax: 04351/7136-71  
kontakt@neumann-baugrund.de

Bericht: 055/17

Anlage: 5

## Wassergehalt nach DIN EN ISO 17892-1

Hollenstede

Fläche 18

Bearbeiter: js

Datum: 08.02.2019

Prüfungsnummer: 055/17

Entnahmestelle: s.u.

Tiefe: s.u.

Bodenart: s.u.

Art der Entnahme: gestörte Probe

Probe entnommen am: 01/19

Bodenart:	Lg	Mg	Mg
Probenbezeichnung:	WEA 18_02 1/19-7, 9.00 m	WEA 18_02 1/19-8, 10.00 m	WEA 18_04 1/19-11, 12.00 m
Feuchte Probe + Behälter [g]:	258.10	253.70	258.00
Trockene Probe + Behälter [g]:	227.50	225.30	231.00
Behälter [g]:	55.60	52.00	51.10
Porenwasser [g]:	30.60	28.40	27.00
Trockene Probe [g]:	171.90	173.30	179.90
Wassergehalt [%]:	17.80	16.39	15.01
			91/110

## Anlage zu Prüfbericht 2017P503946

Probe-Nr.: 17502479 / 001

Probenbezeichnung: WEA 1 / BS 1 Fläche 18

**Tabelle 1:** Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischem Angriff durch Grundwasser nach DIN 4030 Teil 1 (06/2008), Tabelle 4

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	6,4		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	140	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	3,1	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	14	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	23	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	18	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	11	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	14	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	180	mg KMnO4/L	---	---	---

**Kurzbeurteilung:** Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA3 einzustufen.

Anlage 6.1

Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.  
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände.

## Anlage zu Prüfbericht 2017P503946

Probe-Nr.: 17502479 / 002

Probenbezeichnung: WEA 2 / BS 1 Fläche 18

**Tabelle 1:** Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischem Angriff durch Grundwasser nach DIN 4030 Teil 1 (06/2008), Tabelle 4

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,7		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	88	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,99	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	5,8	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	42	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	18	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,0	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,98	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	130	mg KMnO4/L	---	---	---

**Kurzbeurteilung:** Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

## Anlage 6.2

Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.  
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände.

## Anlage zu Prüfbericht 2017P504405

Probe-Nr.: 17502745 / 001

Probenbezeichnung: WEA 3 / BS 1 13.03. - 15.03.17

**Tabelle 1:** Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischem Angriff durch Grundwasser nach DIN 4030 Teil 1 (06/2008), Tabelle 4

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	5,2		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	100	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,66	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	9,7	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	57	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	20	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	9,0	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	0,56	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	150	mg KMnO4/L	---	---	---

**Kurzbeurteilung:** Das Wasser ist in die Expositionsklasse XA2 einzustufen.

### Anlage 6.3

Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.  
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände.

## Anlage zu Prüfbericht 2017P503946

Probe-Nr.: 17502479 / 003

Probenbezeichnung: WEA 4 / BS 1 Fläche 18

**Tabelle 1:** Expositionsklassen für Betonkorrosion durch chemischem Angriff durch Grundwasser nach DIN 4030 Teil 1 (06/2008), Tabelle 4

	Messwert	Einheit	Expositionsklasse		
			XA1	XA2	XA3
pH-Wert	9,3		6,5 - 5,5	< 5,5 - 4,5	< 4,5 - 4,0
Kohlendioxid, kalklösend	<5,0	mg/L	15 - 40	> 40 - 100	> 100
Ammonium	0,72	mg/L	15 - 30	> 30 - 60	> 60 - 100
Magnesium	6,5	mg/L	300 - 1000	>1000-3000	> 3000
Sulfat	26	mg/L	200 - 600	> 600 - 3000	> 3000 - 6000
Chlorid	12	mg/L	---	---	---
Gesamthärte	5,4	°dH	---	---	---
Härtehydrogencarbonat	8,9	°dH	---	---	---
Permanganat-Verbrauch	220	mg KMnO4/L	---	---	---

**Kurzbeurteilung:** Gemäß DIN 4030 Teil 2 sind bei der hier untersuchten Wasserprobe keine Maßnahmen nach DIN 1045 erforderlich. Das Wasser ist nicht Beton angreifend.

Anlage 6.4

Ohne schriftliche Genehmigung der GBA darf der Bericht nicht auszugsweise vervielfältigt werden.  
Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände.

**Anlage zu Prüfbericht 2017P503946**

Probe-Nr.: 17502479 / 001

 Probenbezeichnung: WEA 1 / BS 1  
Fläche 18

**Tabelle 1:** Beurteilung von Wässern gem. DIN 50929 Teil 3

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit			Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl	
<b>1</b>	<b>Wasserart</b>	<b>N1</b>	<b>M1</b>	<b>N1</b>
	- fließende Gewässer	0	-2	
	- stehende Gewässer	-1	1	
	- Küste von Binnenseen	-3	-3	
	- anaerob. Moor, Meeresküste	-5	-5	
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b>	<b>N2</b>	<b>M2</b>	<b>N2</b>
	- Unterwasserbereich	0	0	
	- Wasser / Luft-Bereich	1	-6	
	- Spritzwasserbereich	0,3	-2	
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO4<sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N3</b>	<b>M3</b>	1,0
	< 1	0	0	
	> 1 bis 5	-2	0	
	> 5 bis 25	-4	-1	
	> 25 bis 100	-6	-2	
	> 100 bis 300	-7	-3	
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N4</b>	<b>M4</b>	5,1
	< 1	1	-1	
	1 bis 2	2	1	
	> 2 bis 4	3	1	
	> 4 bis 6	4	0	
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N5</b>	<b>M5</b>	1,4
	< 0,5	-1	0	
	0,5 bis 2	0	2	
	> 2 bis 8	1	3	
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>N6</b>	<b>M6</b>	6,4
	< 5,5	-3	-6	
	5,5 bis 6,5	-2	-4	
	> 6,5 bis 7,0	-1	-1	
	> 7,0 bis 7,5	0	1	
	> 7,5	1	1	

 Bewertungszahlsumme Unterwasserbereich:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$ 
**1,00**

 Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$ 
**2,00**
**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

W0- bzw. W1 - Werte	Mulden- und Lochkorrosion	Flächen- korrosion
>= 0	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	gering	sehr gering
<-4 bis -8	mittel	gering
<-8	hoch	mittel



**Anlage zu Prüfbericht 2017P503946**

Probe-Nr.: 17502479 / 002

 Probenbezeichnung: WEA 2 / BS 1  
Fläche 18

**Tabelle 1:** Beurteilung von Wässern gem. DIN 50929 Teil 3

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit			Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl	
<b>1 Wasserart</b> - fließende Gewässer - stehende Gewässer - Küste von Binnenseen - anaerob. Moor, Meeresküste		<b>N1</b>	<b>M1</b>	<b>N1</b>  -1
		0	-2	
		-1	1	
		-3	-3	
		-5	-5	
<b>2 Lage des Objektes</b> - Unterwasserbereich - Wasser / Luft-Bereich - Spritzwasserbereich		<b>N2</b>	<b>M2</b>	<b>N2</b>  0
		0	0	
		1	-6	
		0,3	-2	
<b>3 c (Cl-) + 2c (SO4<sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b> < 1 > 1 bis 5 > 5 bis 25 > 25 bis 100 > 100 bis 300 > 300		<b>N3</b>	<b>M3</b>	1,4  <b>N3</b>  -2
		0	0	
		-2	0	
		-4	-1	
		-6	-2	
		-7	-3	
<b>4 Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b> < 1 1 bis 2 > 2 bis 4 > 4 bis 6 > 6		<b>N4</b>	<b>M4</b>	0,3  <b>N4</b>  1
		1	-1	
		2	1	
		3	1	
		4	0	
<b>5 c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b> < 0,5 0,5 bis 2 > 2 bis 8 > 8		<b>N5</b>	<b>M5</b>	0,6  <b>N5</b>  0
		-1	0	
		0	2	
		1	3	
<b>6 pH-Wert</b> < 5,5 5,5 bis 6,5 > 6,5 bis 7,0 > 7,0 bis 7,5 > 7,5		<b>N6</b>	<b>M6</b>	5,7  <b>N6</b>  -2
		-3	-6	
		-2	-4	
		-1	-1	
		0	1	
	1	1		

 Bewertungszahlsumme Unterwasserbereich:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$ 
**-6,00**

 Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$ 
**-5,00**
**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

W0- bzw. W1 - Werte	Mulden- und Lochkorrosion	Flächen- korrosion
>= 0 -1 bis -4 <-4 bis -8 <-8	sehr gering gering mittel hoch	sehr gering sehr gering gering mittel

**Anlage zu Prüfbericht 2017P504405**

Probe-Nr.: 17502745 / 001

 Probenbezeichnung: WEA 3 / BS 1  
13.03. - 15.03.17

**Tabelle 1:** Beurteilung von Wässern gem. DIN 50929 Teil 3

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit			Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl	
1	<b>Wasserart</b>	<b>N1</b>	<b>M1</b>	<b>N1</b>
	- fließende Gewässer	0	-2	
	- stehende Gewässer	-1	1	
	- Küste von Binnenseen	-3	-3	
	- anaerob. Moor, Meeresküste	-5	-5	
2	<b>Lage des Objektes</b>	<b>N2</b>	<b>M2</b>	<b>N2</b>
	- Unterwasserbereich	0	0	
	- Wasser / Luft-Bereich	1	-6	
	- Spritzwasserbereich	0,3	-2	
3	<b>c (Cl-) + 2c (SO4<sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N3</b>	<b>M3</b>	1,8
	< 1	0	0	
	> 1 bis 5	-2	0	
	> 5 bis 25	-4	-1	
	> 25 bis 100	-6	-2	
	> 100 bis 300	-7	-3	
> 300	-8	-4		
4	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N4</b>	<b>M4</b>	0,2
	< 1	1	-1	
	1 bis 2	2	1	
	> 2 bis 4	3	1	
	> 4 bis 6	4	0	
	> 6	5	-1	
5	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N5</b>	<b>M5</b>	1,2
	< 0,5	-1	0	
	0,5 bis 2	0	2	
	> 2 bis 8	1	3	
	> 8	2	4	
6	<b>pH-Wert</b>	<b>N6</b>	<b>M6</b>	5,2
	< 5,5	-3	-6	
	5,5 bis 6,5	-2	-4	
	> 6,5 bis 7,0	-1	-1	
	> 7,0 bis 7,5	0	1	
	> 7,5	1	1	

 Bewertungszahlsumme Unterwasserbereich:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$ 
**-7,00**

 Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$ 
**-6,00**
**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

W0- bzw. W1 - Werte	Mulden- und Lochkorrosion	Flächen- korrosion
>= 0	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	gering	sehr gering
<-4 bis -8	mittel	gering
<-8	hoch	mittel

**Anlage zu Prüfbericht 2017P503946**

Probe-Nr.: 17502479 / 003

 Probenbezeichnung: WEA 4 / BS 1  
Fläche 18

**Tabelle 1:** Beurteilung von Wässern gem. DIN 50929 Teil 3

Nr.	Merkmal und Dimension / Einheit			Bewertungs- ziffer
		unlegierte Eisen	verzinkten Stahl	
<b>1</b>	<b>Wasserart</b>	<b>N1</b>	<b>M1</b>	<b>N1</b>
	- fließende Gewässer	0	-2	
	- stehende Gewässer	-1	1	
	- Küste von Binnenseen	-3	-3	
	- anaerob. Moor, Meeresküste	-5	-5	
<b>2</b>	<b>Lage des Objektes</b>	<b>N2</b>	<b>M2</b>	<b>N2</b>
	- Unterwasserbereich	0	0	
	- Wasser / Luft-Bereich	1	-6	
	- Spritzwasserbereich	0,3	-2	
<b>3</b>	<b>c (Cl-) + 2c (SO4<sup>2-</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N3</b>	<b>M3</b>	0,9
	< 1	0	0	
	> 1 bis 5	-2	0	
	> 5 bis 25	-4	-1	
	> 25 bis 100	-6	-2	
	> 100 bis 300	-7	-3	
> 300	-8	-4		
<b>4</b>	<b>Säurekapazität bis pH 4,3 mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N4</b>	<b>M4</b>	4,6
	< 1	1	-1	
	1 bis 2	2	1	
	> 2 bis 4	3	1	
	> 4 bis 6	4	0	
	> 6	5	-1	
<b>5</b>	<b>c (Ca<sup>2+</sup>) / mol/m<sup>3</sup></b>	<b>N5</b>	<b>M5</b>	0,7
	< 0,5	-1	0	
	0,5 bis 2	0	2	
	> 2 bis 8	1	3	
	> 8	2	4	
<b>6</b>	<b>pH-Wert</b>	<b>N6</b>	<b>M6</b>	9,3
	< 5,5	-3	-6	
	5,5 bis 6,5	-2	-4	
	> 6,5 bis 7,0	-1	-1	
	> 7,0 bis 7,5	0	1	
	> 7,5	1	1	

 Bewertungszahlsumme Unterwasserbereich:  $W0 = N1 + N3 + N4 + N5 + N6 + N3/N4 =$ 
**4,00**

 Bewertungszahlsumme Wasser/Luft-Grenze:  $W1 = W0 - N1 + N2 \times N3 =$ 
**5,00**
**Abschätzung der Korrosionswahrscheinlichkeiten:**

W0- bzw. W1 - Werte	Mulden- und Lochkorrosion	Flächen- korrosion
>= 0	sehr gering	sehr gering
-1 bis -4	gering	sehr gering
<-4 bis -8	mittel	gering
<-8	hoch	mittel

Protokoll für die Messung des

## Spezifischen Erdwiderstandes

Projekt: BV 055/17 Hollenstede, Fläche 18

Anlage: 8.1

Durchf.  
Firma:

Anschrift:

Standort: WEA 1

Messgerät Typ, S/N:

Wetter: trocken

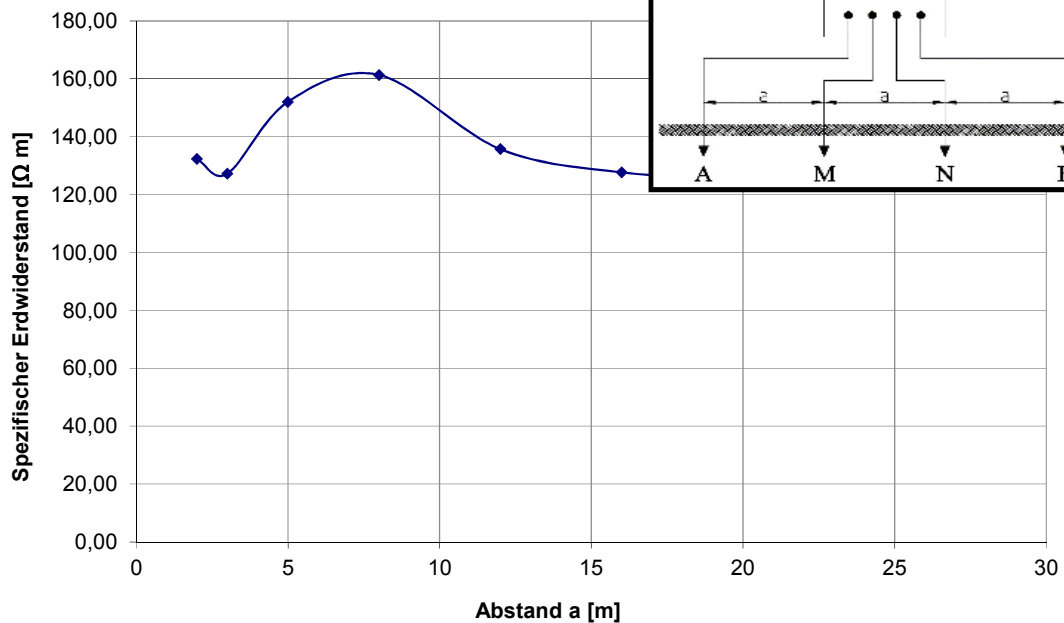
letzte Kalibrierung:

Referenz  
(Koordinaten):

Ausgeführt durch: B. Lüdke

Datum: 07.03.2017

a [m]	R [Ω]	$\rho_s = R \times 2 \times \pi \times a$ [Ωm]	Bemerkung
2	10,53	132,32	
3	6,75	127,23	
5	4,84	152,05	
8	3,21	161,35	
12	1,8	135,71	
16	1,27	127,67	
20	1	125,66	
25	0,79	124,09	
30	0,65	122,52	



Ort, Datum, Unterschrift

Protokoll für die Messung des

## Spezifischen Erdwiderstandes

Projekt: BV 055/17 Hollenstede, Fläche 18

Anlage: 8.2

Durchf.

Firma:

Anschrift:

Standort: WEA 2

Messgerät Typ, S/N:

Wetter: trocken

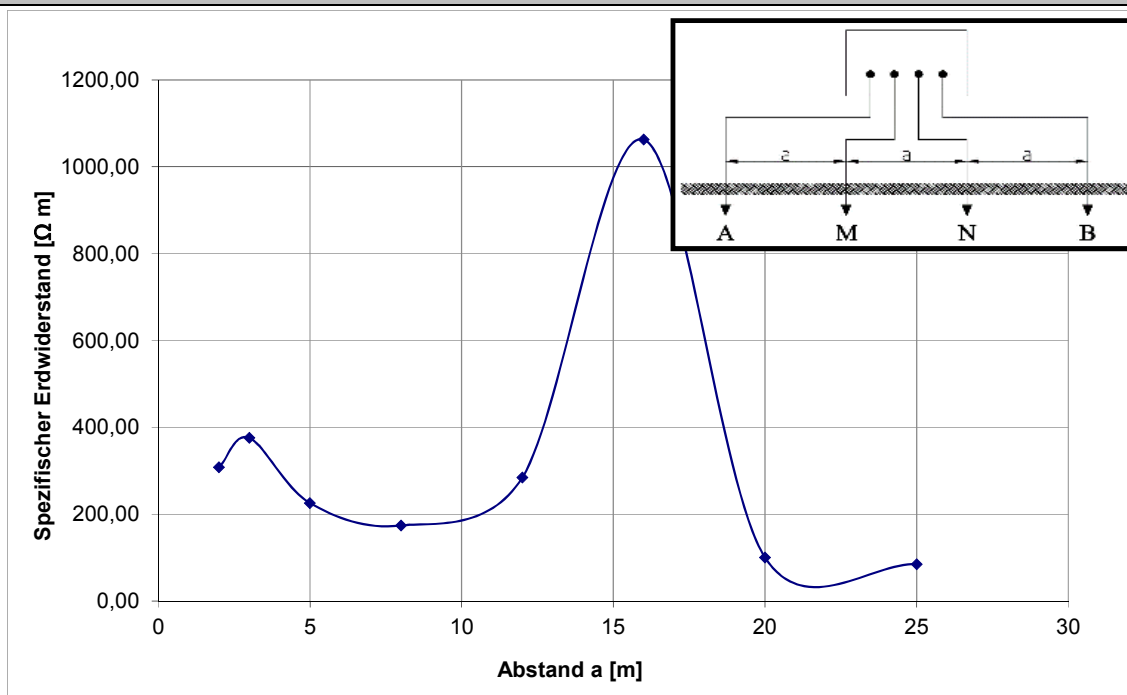
letzte Kalibrierung:

Referenz  
(Koordinaten):

Ausgeführt durch: B. Lüdke

Datum: 07.03.2017

a [m]	R [Ω]	$\rho_s = R \times 2 \times \pi \times a$ [Ωm]	Bemerkung
2	24,5	307,87	
3	19,92	375,47	
5	7,18	225,56	
8	3,46	173,91	
12	3,77	284,24	
16	10,57	1062,58	
20	0,8	100,53	
25	0,54	84,82	
30	0,41	77,28	



Ort, Datum, Unterschrift

Protokoll für die Messung des

## Spezifischen Erdwiderstandes

Projekt: BV 055/17 Hollenstede, Fläche 18

Anlage: 8.3

Durchf.  
Firma:

Anschrift:

Standort: WEA 3

Messgerät Typ, S/N:

Wetter: trocken

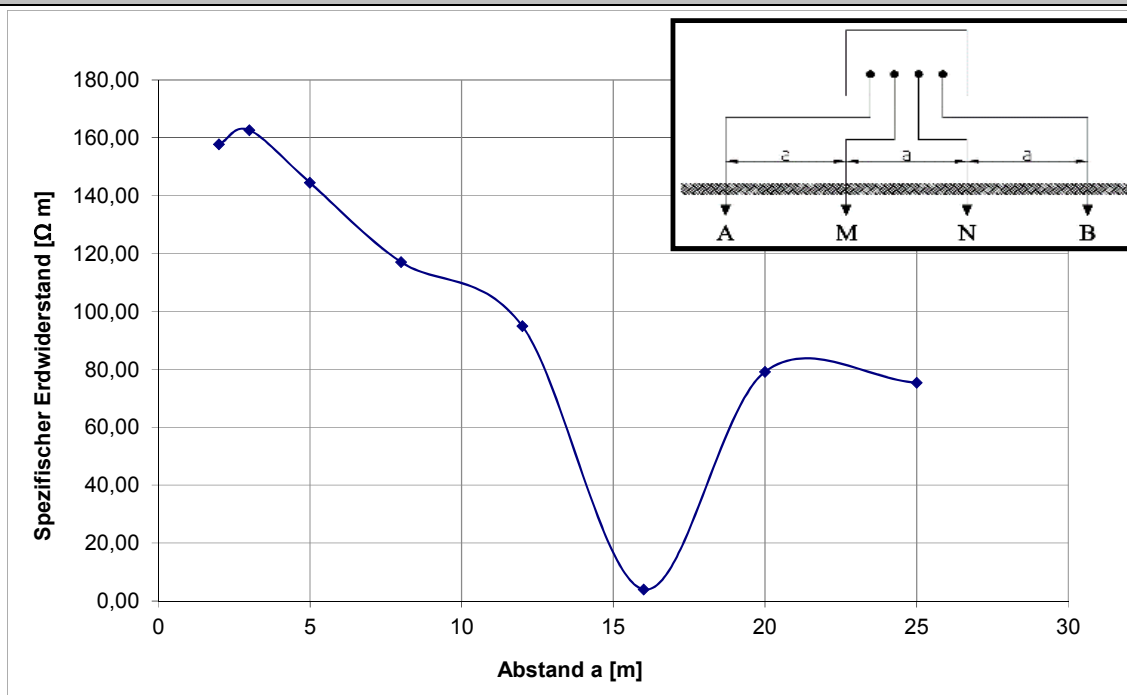
letzte Kalibrierung:

Referenz  
(Koordinaten):

Ausgeführt durch: B. Lüdke

Datum: 15.03.2017

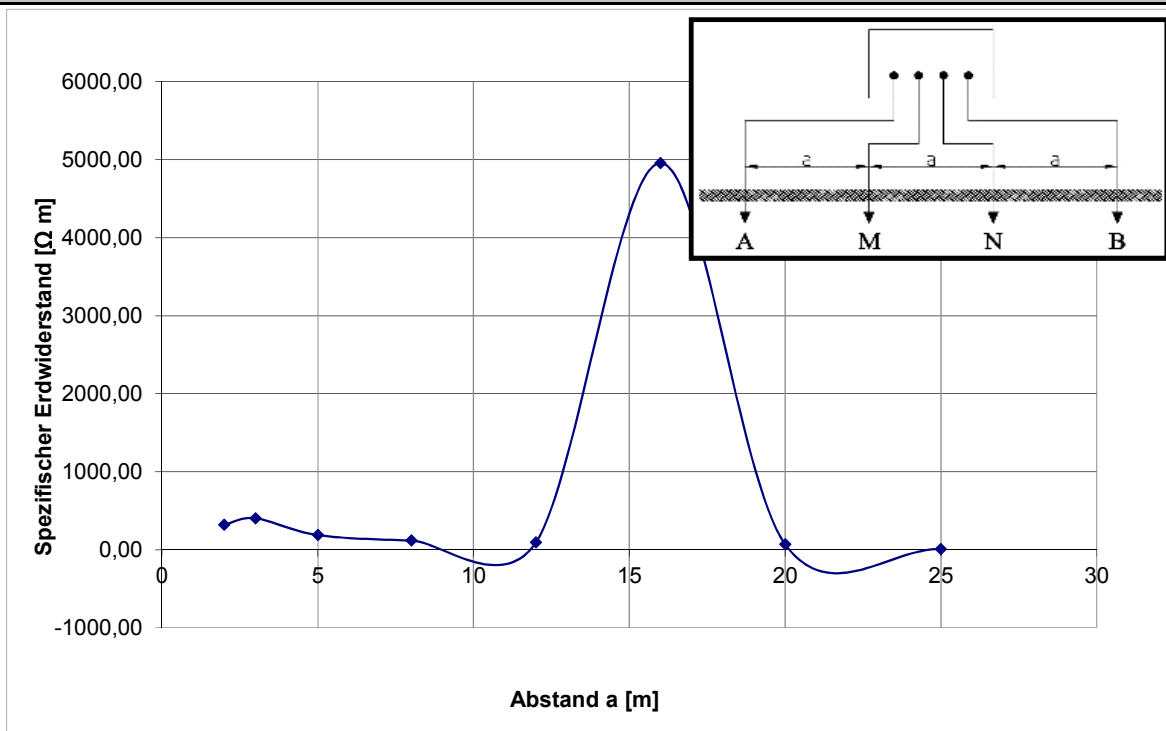
a [m]	R [Ω]	$\rho_s = R \times 2 \times \pi \times a$ [Ωm]	Bemerkung
2	12,55	157,70	
3	8,63	162,67	
5	4,6	144,51	
8	2,33	117,12	
12	1,26	95,00	
16	0,04	4,02	
20	0,63	79,17	
25	0,48	75,40	
30	0,48	90,48	



Ort, Datum, Unterschrift

Protokoll für die Messung des  <h2 style="margin: 0;">Spezifischen Erdwiderstandes</h2> Projekt: BV 055/17 Hollenstede, Fläche 18	Anlage: 8.4 Durchf. Firma: Anschrift: Standort: WEA 4
Messgerät Typ, S/N:  letzte Kalibrierung:  Ausgeführt durch: B. Lüdke	Wetter: trocken  Referenz (Koordinaten):  Datum: 07.03.2017

a [m]	R [Ω]	$\rho_s = R \times 2 \times \pi \times a$ [Ωm]	Bemerkung
2	25,7	322,95	
3	21,4	403,37	
5	6,02	189,12	
8	2,38	119,63	
12	1,27	95,75	
16	49,30	4956,03	
20	0,56	70,37	
25	0,06	9,42	
30	0,37	69,74	



\_\_\_\_\_  
 Ort, Datum, Unterschrift

### Nachweis der Drehfedersteifigkeit

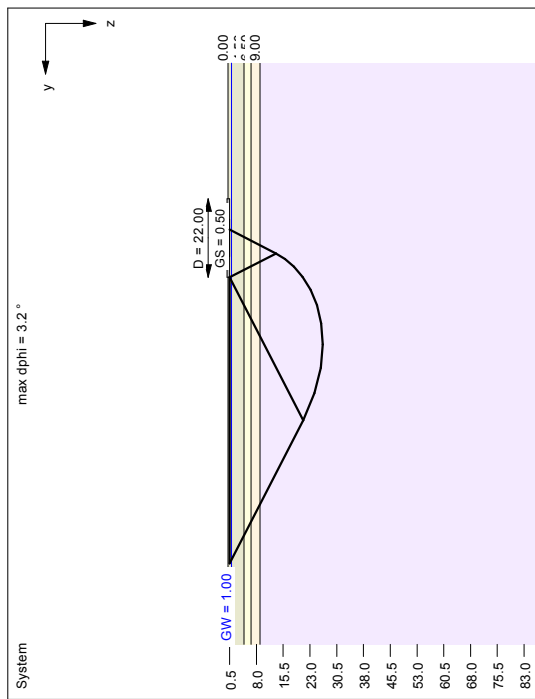
Bauvorhaben		055/17 - Rev 02 -										
WP Hollenstede Fläche 18, WEA 18_01 bis_03												
Datum		12.03.2019										
Turmtyp		HT										
Gründungsart		Fima										
		gegebenener Fundamentradius in m										
		10,91										
Nr.	Schichten unter Fundament	Reibungswinkel phi	Schicht	Schichtstärke	E <sub>s</sub> (MN/m <sup>2</sup> )	E <sub>sdyn</sub> (MN/m <sup>2</sup> )	Querdehn- zahl ν	Lastausbrei- tung in °	Fundament- radius (Ersatzradius)	Kappa phi stat. (MNm/rad)	Kappa phi dyn. (MNm/rad)	Bemerkung
0									10,91	12.500,00	100.000,00	Sollwerte
1			OK	0,00	50	200	0,35	0,0	10,91	61.472,03	245.888,11	
2	Sand,md	35,0	UK	4,00	50	200	0,35	45,0	14,91	156.904,79	627.619,18	
3			OK	4,00	25	140	0,35	0,0	14,91	78.452,40	439.333,42	
4	Sand,lo	32,5	UK	7,50	25	140	0,35	45,0	18,41	147.684,41	827.032,70	
5			OK	7,50	5	50	0,42	0,0	18,41	19.784,91	197.849,11	
6	Lg,weich	25,0	UK	10,00	5	50	0,42	30,0	19,85	24.812,80	248.128,02	
7			OK									
8			UK									
9			OK									
10			UK									
11			OK									
12			UK									
13			OK									
14			UK									
15			OK									
16			UK									
17			OK									
18			UK									
19			OK									
20			UK									



### Nachweis der Drehfedersteifigkeit

Bauvorhaben		055/17 - Rev 02 -										
WP Hollenstede Fläche 18, WEA 18_04												
Datum		12.03.2019										
Turmtyp		HT										
Gründungsart		Fima										
Nr.	Schichten unter Fundament	Reibungswinkel $\phi$	Schicht	Schichtstärke	$E_s$ (MN/m <sup>2</sup> )	$E_{s_{dyn}}$ (MN/m <sup>2</sup> )	Querdehn- zahl $\nu$	Lastausbrei- tung in °	Fundament- radius (Ersatzradius)	Kappa phi stat. (MNm/rad)	Kappa phi dyn. (MNm/rad)	Bemerkung
										12.500,00	100.000,00	
0								10,91	10,91			
1	Sand,md	35,0	OK	0,00	50	200	0,35	0,0	10,91	61.472,03	245.888,11	
2			UK	4,50	50	200	0,35	45,0	15,41	173.225,25	692.901,00	
3			OK	4,50	0,5	5	0,45	0,0	15,41	806,48	8.064,76	
4	Torf	12,5	UK	5,00	0,5	5	0,45	30,0	15,70	852,65	8.526,53	
5			OK									
6			UK									
7			OK									
8			UK									
9			OK									
10			UK									
11			OK									
12			UK									
13			OK									
14			UK									
15			OK									
16			UK									
17			OK									
18			UK									
19			OK									
20			UK									

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
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md
	19.0	11.0	36.0	0.0	80.0	0.00	Sand, dl
	19.0	11.0	32.5	0.0	25.0	0.00	Sand, locker
	19.0	11.0	36.0	0.0	95.0	0.00	Sand, dl

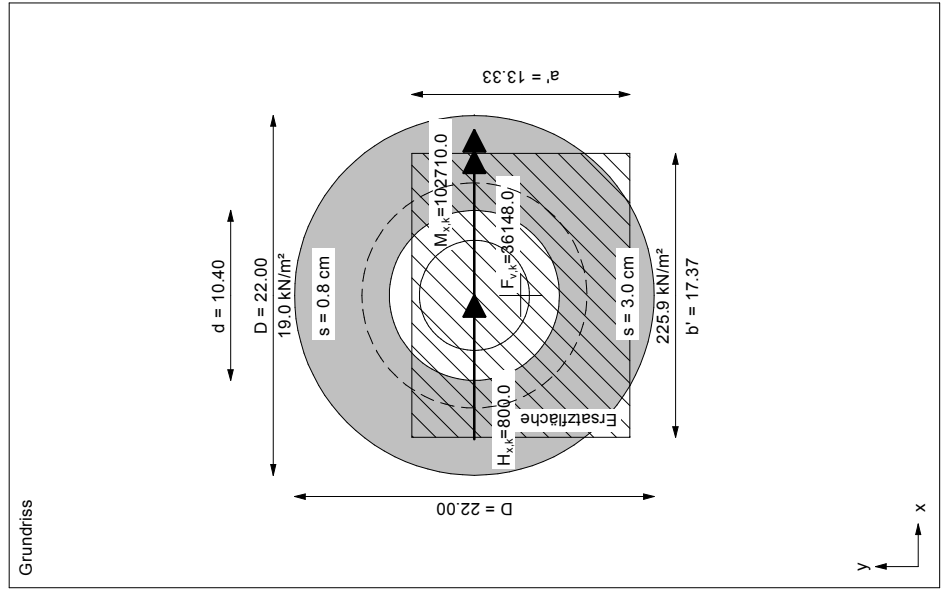
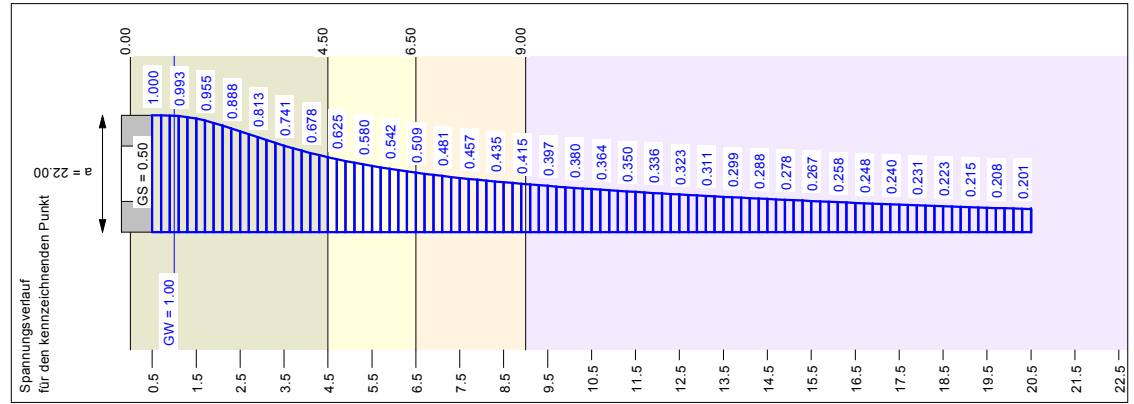


Ergebnisse Einzelfundament:  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 36148.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,k} = 800.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 102710.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,z} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser D = 22.000 m  
 Durchmesser (innen) d = 10.400 m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 3.365 m)  
 $a' = 18.523$  m  
 $b' = 18.523$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -2.841$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 3.365 m)  
 $a' = 13.333$  m  
 $b' = 17.366$  m  
 Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.60$   
 $\sigma_{0,k} / \sigma_{0,d} = 3223.7 / 2014.79$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{nk} = 746395.85$  kN  
 $R_{nd} = 466497.41$  kN  
 $V_d = 1.00 \cdot 36148.00 + 1.00 \cdot 0.00$  kN

$V_d = 36148.00$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.077  
 $\text{cal } \varphi = 35.6^\circ$   
 $\text{cal } c = 0.00$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\text{cal } \gamma_2 = 11.24$  kN/m<sup>3</sup>  
 $\text{cal } \sigma_u = 9.50$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 26.57 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 111.93 m  
 Fläche log. Spirale = 1543.00 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbewerte (y):  
 $N_{d0} = 48.89$ ;  $N_{d0} = 36.04$ ;  $N_{d0} = 25.12$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.460$ ;  $v_d = 1.447$ ;  $v_b = 0.770$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.968$ ;  $i_d = 0.968$ ;  $i_b = 0.947$

Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $i_b = 20.50$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 1.93 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.83 cm  
 unten = 3.03 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 844.8  
 Nachweis EQU:  
 $M_{sib} = 36148.0 \cdot 22.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 357865.2$   
 $M_{dst} = 102710.0 \cdot 1.50 = 154065.0$   
 $\mu_{EQU} = 154065.0 / 357865.2 = 0.431$

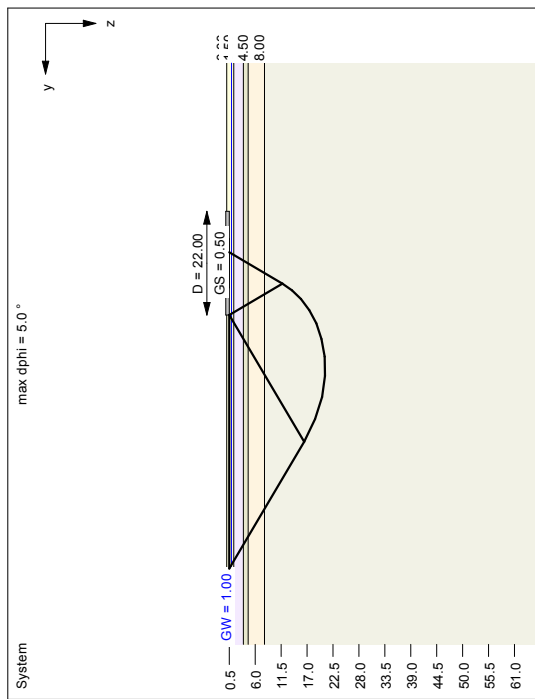
Berechnungsgrundlagen:  
 055/17-Rev 2- WP Hollenstede, WEA 18\_01  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_{\phi} = 1.00$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{G,dest} = 1.50$   
 Gründungssohle = 0.50 m  
 Grundwasser = 1.00 m  
 --- 1. Kernweite  
 --- 2. Kernweite



## ANLAGE 10.1



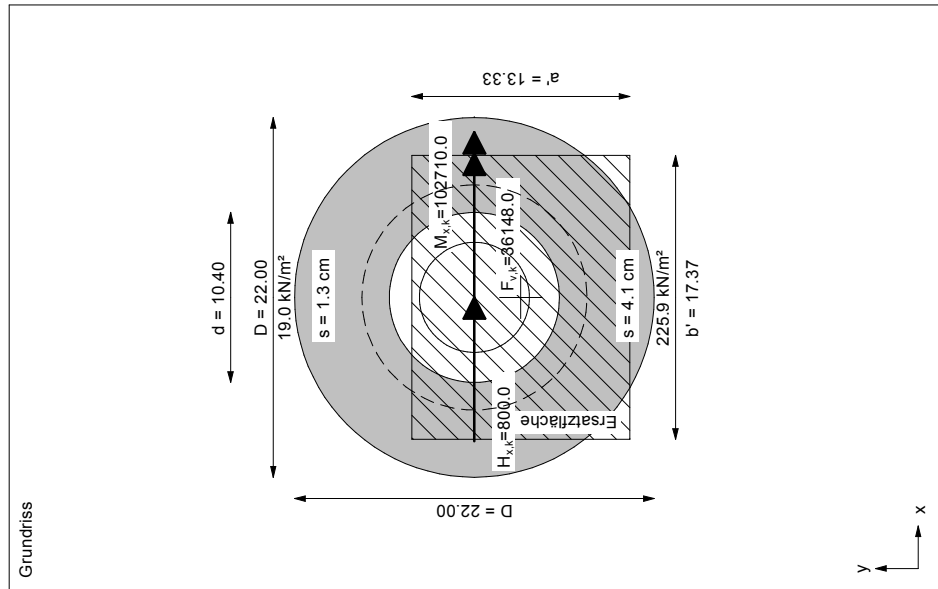
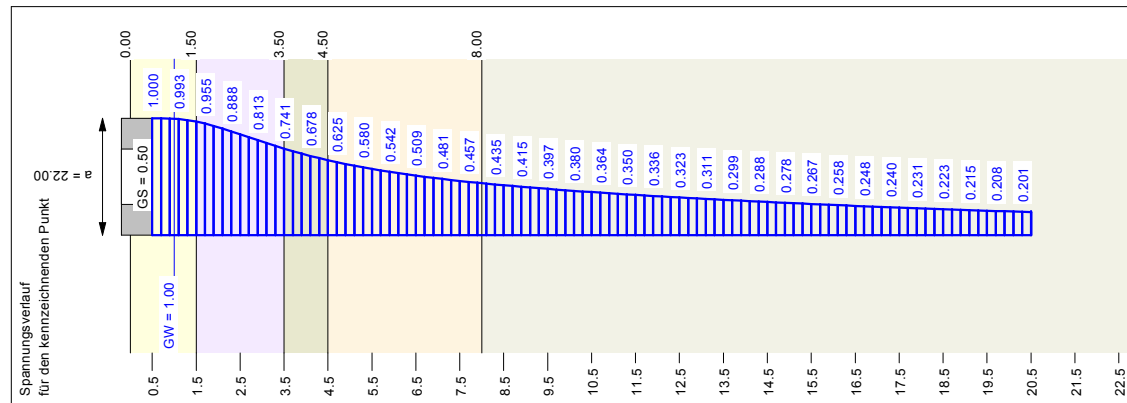
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md
	19.0	11.0	36.0	0.0	95.0	0.00	Sand, di
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md
	19.0	11.0	32.5	0.0	25.0	0.00	Sand, locker
	22.0	12.0	27.5	12.5	35.0	0.00	Mg, steif



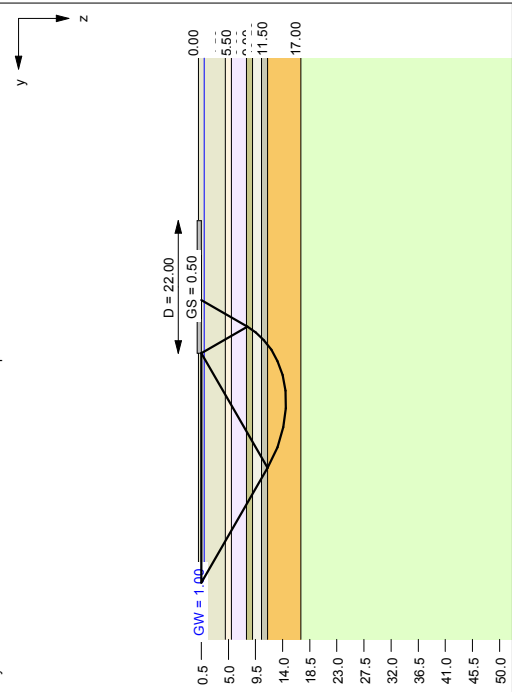
**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 36148.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 800.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 102710.00$  kN·m  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser D = 22.000 m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Durchmesser (innen) d = 10.400 m  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 3.365 m)  
 $a' = 18.523$  m  
 $b' = 18.523$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -2.841$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 3.365 m)  
 $a' = 13.333$  m  
 $b' = 17.366$  m  
 Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheitsfaktor (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.60$   
 $\sigma_{0,k} / \sigma_{0,d} = 1484.9 / 928.07$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{nk} = 343810.37$  kN  
 $R_{nd} = 214881.48$  kN  
 $V_d = 1.00 \cdot 36148.00 + 1.00 \cdot 0.00$  kN

$V_d = 36148.00$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.168  
 $\varphi$  wegen 5° Bedingung abgemindert  
 $\text{cal } c = 8.91$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\text{cal } \gamma_2 = 11.80$  kN/m<sup>3</sup>  
 $\text{cal } \sigma_u = 9.50$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 20.80 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 81.68 m  
 Fläche log. Spirale = 862.23 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (Y):  
 $N_{c0} = 27.46$ ;  $N_{q0} = 16.10$ ;  $N_{\phi 0} = 8.31$   
 Formbeiwerte (Y):  
 $v_c = 1.394$ ;  $v_d = 1.370$ ;  $v_b = 0.770$   
 Neigungsbeiwerte (Y):  
 $i_c = 0.966$ ;  $i_q = 0.968$ ;  $i_b = 0.947$   
 Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 20.50$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.73 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 1.33 cm  
 unten = 4.14 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 660.8  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stb} = 36148.0 \cdot 22.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 357865.2$   
 $M_{dst} = 102710.0 \cdot 1.50 = 154065.0$   
 $\mu_{EQU} = 154065.0 / 357865.2 = 0.431$

**Berechnungsgrundlagen:**  
 055/17-Rev 2- WP Hollenstedde, WEA 18\_03  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.60$   
 $\gamma_{\phi} = 1.00$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{G,inst} = 1.50$   
 Gründungssohle = 0.50 m  
 Grundwasser = 1.00 m  
 --- 1. Kernweite  
 - - - 2. Kernweite



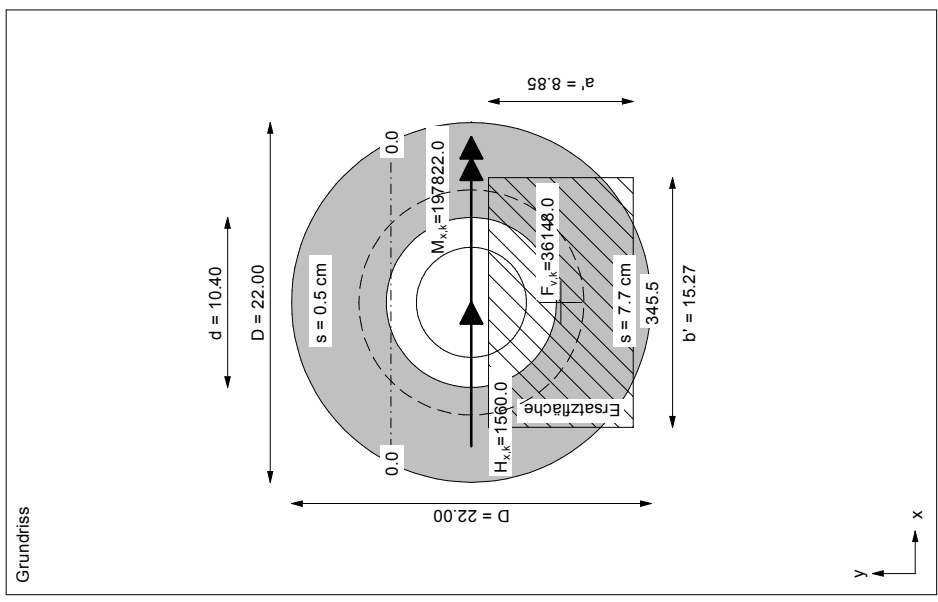
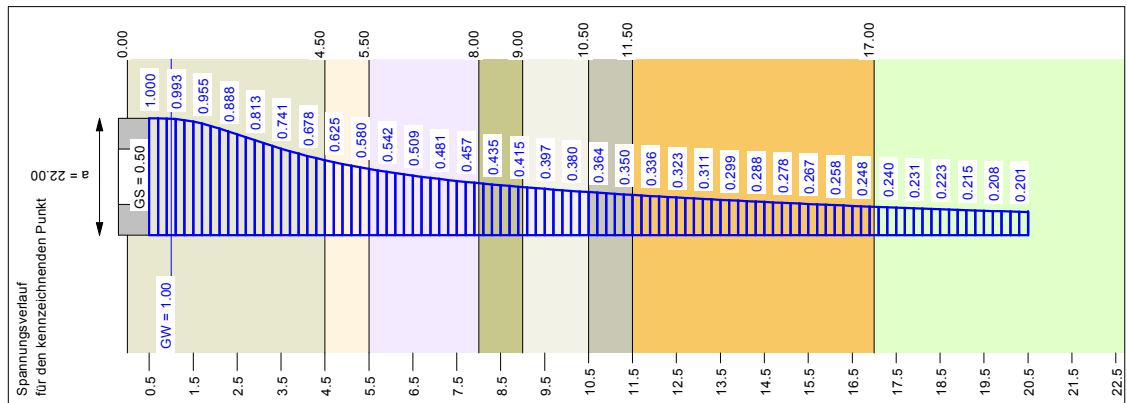
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E <sub>s</sub> [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md
	19.0	11.0	32.5	0.0	25.0	0.00	Sand, locker
	19.0	11.0	36.0	0.0	95.0	0.00	Sand, di
	20.0	10.0	25.0	5.0	5.0	0.00	Lg. weich
	21.0	11.0	26.5	10.0	10.0	0.00	Mg. weich-steif
	21.0	11.0	27.0	10.0	25.0	0.00	Lg. steif
	22.0	12.0	28.0	13.0	40.0	0.00	Mg. st-hf
	19.0	11.0	36.0	0.0	80.0	0.00	Sand, di



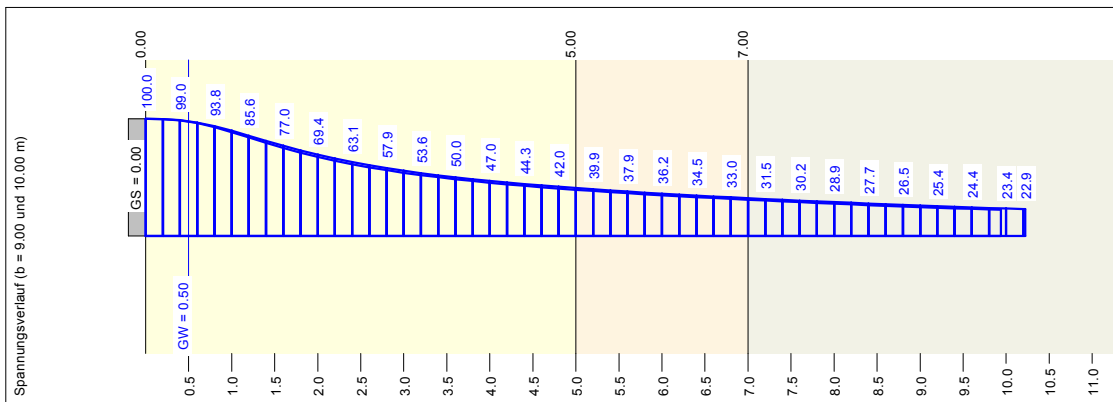
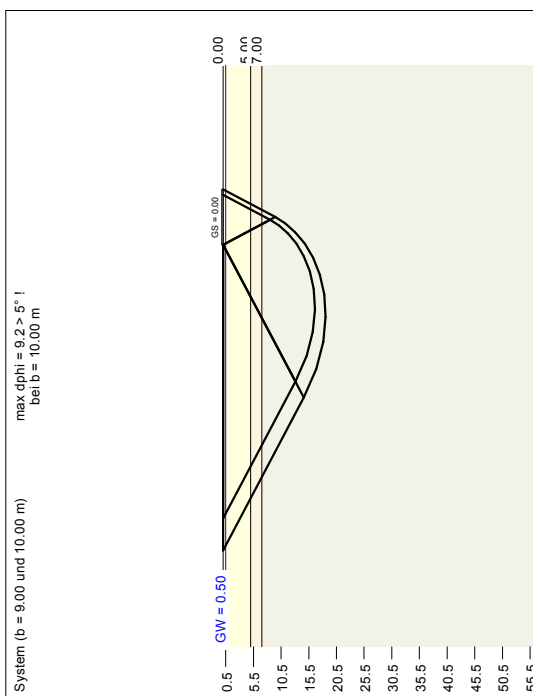
**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 36148.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 1560.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 197822.00$  kN·m  
 Moment  $M_{x,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 22.000$  m  
 Durchmesser (innen)  $d = 10.400$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = 0.000$  m  
 Resultierende im 1. Kern (= 3.365 m)  
 $a' = 18.523$  m  
 $b' = 18.523$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -5.473$  m  
 Resultierende im 2. Kern (= 6.883 m)  
 $a' = 8.847$  m  
 $b' = 15.272$  m  
 Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheitsfaktor (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.60$   
 $\sigma_{0,k} / \sigma_{0,d} = 1215.8 / 759.86$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{nk} = 164255.45$  kN  
 $R_{n,d} = 102659.66$  kN  
 $V_d = 1.00 \cdot 36148.00 + 1.00 \cdot 0.00$  kN

$V_d = 36148.00$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.352  
 $\varphi$  wegen 5° Bedingung abgemindert  
 $\text{cal } c = 6.71$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\text{cal } \varphi_2 = 11.48$  kN/m<sup>3</sup>  
 $\text{cal } \sigma_{0i} = 9.50$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 14.53 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 57.02 m  
 Fläche log. Spirale = 417.06 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (Y):  
 $N_{60} = 30.09$ ;  $N_{100} = 18.36$ ;  $N_{100} = 10.01$   
 Formbeiwerte (Y):  
 $v_c = 1.306$ ;  $v_d = 1.289$ ;  $v_b = 0.826$   
 Neigungsbeiwerte (Y):  
 $i_c = 0.938$ ;  $i_d = 0.941$ ;  $i_b = 0.901$   
 Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 20.50$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 4.10 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.53 cm  
 unten = 7.67 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 260.3  
 Nachweis EQU:  
 $M_{sb} = 36148.00 \cdot 22.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 357865.2$   
 $M_{fest} = 197822.0 \cdot 1.50 = 296733.0$   
 $M_{EQU} = 296733.0 / 357865.2 = 0.829$

Berechnungsgrundlagen:  
 055/17-Rev 2- WP Höllestele, WEA 18\_02  
 Teilsicherheitsformel nach DIN 4017:2006  
 Grundwasser = 1.00 m  
 Grenztiefe mit festem Wert von 20.00 m u. GS  
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{G,inst} = 1.50$   
 $\gamma_{R,v} = 1.60$   
 $\gamma_G = 1.00$   
 $\gamma_{\phi} = 1.00$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,inst} = 1.10$



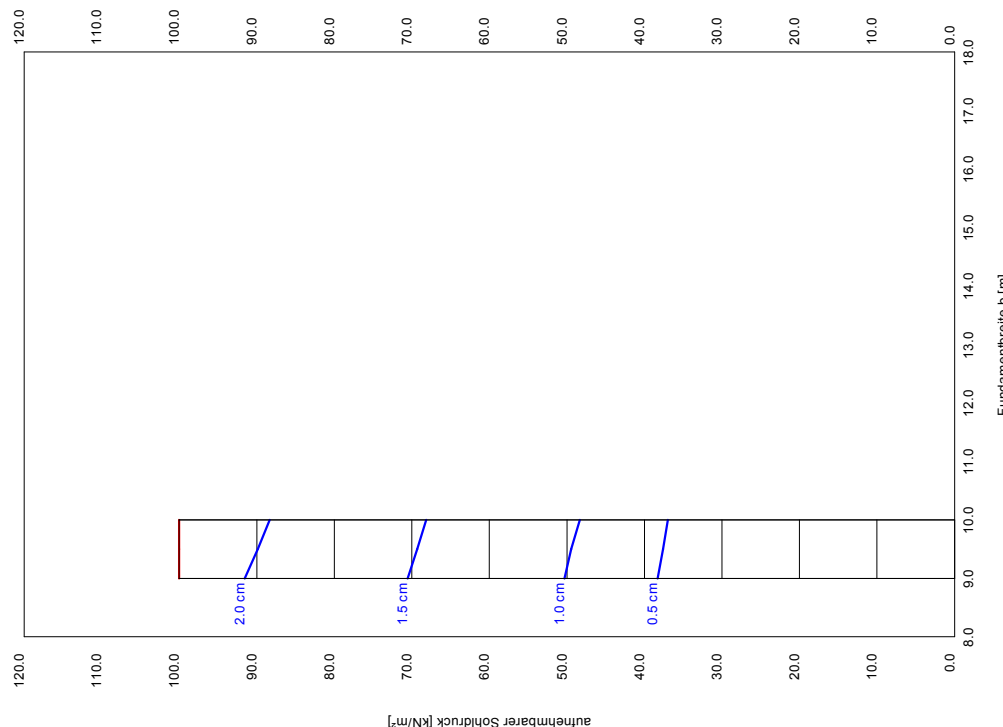
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	$E_s$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$\nu$ [-]	Bezeichnung
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md
	20.0	10.0	25.0	5.0	5.0	0.00	Lg. weich
	19.0	11.0	35.0	0.0	50.0	0.00	Sand, md



**Berechnungsgrundlagen:**  
 BV 055/17-Rev.02- Kranstellplatz  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 Einzelfundament (a = 10.00 m)  
 $\gamma_{RV} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$

**Anteil Veränderliche Lasten = 0.500**  
 $\gamma_{(G,Q)} = 0.500 \cdot \gamma_G + (1 - 0.500) \cdot \gamma_Q$   
 $\gamma_{(G,Q)} = 1.250$   
 zul sigma auf 100.00 kN/m² begrenzt  
 Grundungssohle = 0.00 m  
 Grundwasser = 0.50 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 Grenztiefen spannungsvariabel bestimmt  
 aufnehmbarer Sohldruck

**Setzungen**



a [m]	b [m]	zul $\sigma$ [kN/m <sup>2</sup> ]	zul R [kN]	cal $\phi$ [°]	cal c [kN/m <sup>2</sup> ]	$\gamma_{1/2}$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\sigma'_{1/2}$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$t_{1/2}$ [m]	UK LS [m]
10.00	9.00	100.0	9000.0	34.2	0.47	11.23	0.00	9.94	16.62
10.00	9.50	100.0	9500.0	34.2	0.44	11.22	0.00	10.09	17.57
10.00	10.00	100.0	10000.0	34.2	0.42	11.21	0.00	10.22	18.53

zul  $\sigma = \sigma_{max} / (\gamma_{RV} \cdot \gamma_{(G,Q)}) = \sigma_{max} / (1.30 \cdot 1.25) = \sigma_{max} / 1.63$   
 Verhältnis Veränderliche(Q)/Gesamtlasten(G+Q) [-] = 0.50

## ANLAGE 12