

**Windpark Volkmarsdorf**  
**Errichtung von 6 Windenergieanlagen**  
**- Baugrund- und Gründungsgutachten -**

**Projekt-Nr. 3520076**

---

Auftraggeber: Swispower Renewables Volkmarsdorf GmbH  
Charlottenstr. 35/36  
  
D – 10117 Berlin

---

Bearbeiter: B.Eng. Hendrik Kantelberg  
B.Eng. Pia Balcke

Uelzen, 31.03.2021

Dieser Bericht (3520076\_01g) umfasst 22 Seiten und 6 Anlagen.

## I N H A L T S V E R Z E I C H N I S

<b>1</b>	<b>Veranlassung</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Unterlagen</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Allgemeines</b> .....	<b>4</b>
<b>3.1</b>	<b>Grunddaten der Anlagen GE 5.5-158</b> .....	<b>4</b>
<b>3.2</b>	<b>Untergrunderkundung</b> .....	<b>5</b>
<b>3.2.1</b>	<b>Ergebnisse WEA 1</b> .....	<b>7</b>
<b>3.2.2</b>	<b>Ergebnisse WEA 2</b> .....	<b>8</b>
<b>3.2.3</b>	<b>Ergebnisse WEA 3</b> .....	<b>9</b>
<b>3.2.4</b>	<b>Ergebnisse WEA 4</b> .....	<b>10</b>
<b>3.2.5</b>	<b>Ergebnisse WEA 5</b> .....	<b>11</b>
<b>3.2.6</b>	<b>Ergebnisse WEA 6</b> .....	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>Gründung der Windenergieanlagen</b> .....	<b>13</b>
<b>4.1</b>	<b>Allgemeines</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2</b>	<b>Erforderliche Maßnahmen am Untergrund der WEA-Standorte</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2.1</b>	<b>WEA 1, WEA 3, WEA 5, WEA 6</b> .....	<b>13</b>
<b>4.2.2</b>	<b>WEA 2</b> .....	<b>14</b>
<b>4.2.3</b>	<b>WEA 4</b> .....	<b>14</b>
<b>4.3</b>	<b>Dynamische Eigenschaften des Untergrundes (Flachgründung)</b> .....	<b>15</b>
<b>5</b>	<b>Maßnahmen an den einzelnen Standorten und Nachweise</b> .....	<b>16</b>
<b>5.1</b>	<b>Standorte WEA 1, WEA 3, WEA 5, WEA 6</b> .....	<b>16</b>
<b>5.2</b>	<b>Standort WEA 2</b> .....	<b>17</b>
<b>5.3</b>	<b>Standort WEA 4</b> .....	<b>18</b>
<b>6</b>	<b>Setzung und Schiefstellung</b> .....	<b>19</b>
<b>7</b>	<b>Zuwegungen und Kranstellflächen</b> .....	<b>20</b>
<b>7.1</b>	<b>Zuwegungen</b> .....	<b>20</b>
<b>7.2</b>	<b>Kranstellflächen</b> .....	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>Allgemeine Hinweise</b> .....	<b>21</b>
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>22</b>

## VERZEICHNIS DER ANLAGEN

<b>Anlage 1:</b>	Lageplan der Windenergieanlagen und Untersuchungspunkte
<b>Anlage 2:</b>	Bohrprofile und Sondierdiagramme (WEA + KSF)
<b>Anlage 3:</b>	Bohrprofile und Sondierdiagramme (Zuwegungen)
<b>Anlage 4:</b>	Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen
<b>Anlage 5:</b>	Laborberichte der Dr. Döhning GmbH
<b>Anlage 6:</b>	Stand sicherheitsberechnungen

### 1 VERANLASSUNG

Die Swissspower Renewables Volkmarshdorf GmbH plant die Errichtung von 6 Windenergieanlagen im Windpark Volkmarshdorf.

Dabei werden alle 6 Standorte mit Anlagen vom Typ GE5.5-158 des Herstellers General Electric Company (Nabenhöhe 161 m) ausgerüstet. Der Windpark liegt südöstlich der Stadt Wolfsburg.

Am 17.12.2020 wurde das Büro IGU mbH beauftragt, auf der Grundlage zur Verfügung stehender Unterlagen sowie der Ergebnisse von Kleinrammbohrungen und Drucksondierungen ein Baugrund- und Gründungsgutachten zu erstellen. Ferner sollten die Untergrundverhältnisse im Verlauf der geplanten Zuwegungen und an den Kranstellflächen untersucht werden.

### 2 UNTERLAGEN

Als Grundlage für dieses Gutachten dienten die nachstehenden Unterlagen. Dabei wurden alle Fremdunterlagen von der 4initia GmbH, Berlin, zur Verfügung gestellt.

- [2.01] WP Volkmarshdorf, Lageplan Repowering 6 x GE 5.5-158, finale Zuwegungsplanung, 4initia GmbH, Maßstab 1:5.000, Stand: 27.01.2021;
- [2.02] Ergebniskarte BA-2020-01732 Maßstab 1:5.000, Landesamt für Geoinformation und Landesvermessung Niedersachsen vom 20.08.2020
- [2.03] Typenprüfung Anlage TBDE GE5.5-158, GE Renewable Energy, Stand: 03.12.2020;
- [2.04] Schalplan Fundament Ø25,00m (DE\_G20\_005\_XX\_X\_Schalplan), Max Bögl, 29.01.2018;
- [2.05] Ergebnisse der durchgeführten 28 Kleinrammbohrungen (BS) und 31 Drucksondierungen (CPT) an den Standorten und Zuwegungen der Windkraftanlagen, Ausgeführt durch die GTC-Nord GmbH & Co. KG/GTU Ingenieurgesellschaft mbH;
- [2.06] Ergebnisse der bodenmechanischen Untersuchungen im Labor der IGU mbH;
- [2.07] Prüfberichte der Dr. Döhning GmbH, Bremen (Februar 2021);
- [2.08] Einschlägige DIN-Normen;
- [2.09] Grundbau-Taschenbuch, 4. Auflage, Teil 1, S. 483 – 491 (Bodendynamik) Verlag Ernst & Sohn 1990;
- [2.10] Erfahrungen der IGU mbH, Uelzen, aus vergleichbaren Bauvorhaben.

Dieses Gutachten mit einem Umfang von 22 Seiten und 6 Anlagen darf nur ungekürzt und nur mit Genehmigung der IGU mbH weitergegeben bzw. veröffentlicht werden.

### 3 ALLGEMEINES

#### 3.1 GRUNDDATEN DER ANLAGEN GE 5.5-158

Die sechs Windenergieanlagen sind baugleich und haben einen sog. Hybridturm mit 161 m Nabenhöhe. Die Nennleistung der Anlagen beträgt 5,5 MW. Die Gründung der Anlagen soll als Flachgründung mit einem kreisringförmigen Stahlbetonfundament erfolgen. Die Fundamentplatte für Anlagen mit einer Nabenhöhe von 161 m hat einen Außendurchmesser von 25,00 m. Die Gesamthöhe des Fundamentes beträgt 2,60 m, am Sockelanschnitt 2,00 m. Die Höhe nimmt dann bis zum Rand auf 0,70 m ab. Das Fundament bindet in das Urgelände 1,29 m ein und wird mit einer statisch erforderlichen Erdauflast von mindestens 1,22 m überschüttet (Situation II). Die maximale Überschüttungshöhe reicht bis OK Sockel, so dass dann am Fundamentrand eine Erdüberschüttung von 1,85 m vorhanden ist (Situation I). Das Grundwasser darf bei der Situation I maximal bis OK Urgelände und bei der Situation II maximal bis UK Fundamentsohle reichen.

Aus der Typenstatik ergeben sich folgende Anforderungen an die Flachgründung:

Grundwasserstand maximal bis GOK (Situation I)

- Baugrund: mineral. Boden (bindig/nicht bindig)
- erforderliche stat. Drehfedersteifigkeit:  $k_{\phi, \text{stat}} = 3,48 \cdot 10^4 \text{ MNm/rad}$
- erforderliche dyn. Drehfedersteifigkeit:  $k_{\phi, \text{dyn}} = 17,38 \cdot 10^4 \text{ MNm/rad}$
- max. charakt. Bodenpressung  $\max \sigma_{R,k} = 238,63 \text{ kN/m}^2 \text{ (LF BS-P)}$   
 $\max \sigma_{R,k} = 275,35 \text{ kN/m}^2 \text{ (LF BS-A)}$
- maximal zulässige Schiefstellung  $\Delta s \leq 3 \text{ mm/m}$
- Das Fundament wird allseitig mit Boden abgedeckt.  
Bodenwichte  $\gamma = 18 - 18,5 \text{ kN/m}^3$
- Durchmesser außen:  $d_{S0} = 25,00 \text{ m}$
- Durchmesser am Sockelanschnitt:  $d_{S0} = 10,90 \text{ m}$

Die aus dem Fundamentdatenblatt zur Standard-Flachgründung [2.04] entnommenen Lasten betragen in der Fundamentunterkante je nach Lastfall:

TABELLE 1: LASTEN FUNDAMENTSOHLE (25,0 M)- CHARAKTERISTISCHE WERTE ( $\gamma = 1,0$ ) MIT ERDAUFLAST

Lastfall (DIN 1054:2010-12)	V-Kraft $V_k$ [kN]	H-Kraft $H_k$ [kN]	Moment $M_k$ [kNm]
charakteristische Werte ( $\gamma = 1,0$ ) ohne Erdauflast			
<b>BS-P</b>	34.605	1.586	175.708
<b>BS-T</b>	34.395	859	129.216
<b>BS-A</b>	34.636	1.372	217.919

### 3.2 UNTERGRUNDERKUNDUNG

In der Zeit vom 01.02. bis 12.02.2021 wurden an den vorgesehenen Standorten der Windenergieanlagen, den Kranstellflächen für die Montage und auf den Zuwegungen durch die Erkundungsfirma GTU Ingenieurgesellschaft mbH, Hannover 29 Kleinrammbohrungen (BS) niedergebracht. Die Firma GTC Nord GmbH & Co. KG, Hannover führte in der Zeit vom 01.02. bis 12.02.2021 insgesamt 31 Drucksondierungen (CPT) durch. Dabei wurden mit Hilfe der Kleinrammbohrungen der generelle Untergrundaufbau einschließlich des Grundwasserstandes im Gründungsbereich und durch die Drucksondierungen die Untergrundtragfähigkeit ermittelt.

Die Lage der Bohrungen und Sondierungen entspricht den Vorgaben von GE [2.03], d.h. die Bohrungen liegen in Längsrichtung der Kranaufstellfläche (KSF) betrachtet auf 9 Uhr, im Anlagenmittelpunkt und auf 3 Uhr.

Die Drucksondierungen liegen aus Sicht der KSF auf 12 Uhr und 6 Uhr und erreichten an den sechs WEA-Standorten Endteufen zwischen rd. 3,50 m und rd. 10,50 m unter GOK.

Auf den geplanten Kranstellflächen für die Montage der Windenergieanlagen wurde je eine Drucksondierung bis 4 m unter GOK ausgeführt.

Zusätzlich wurden im Bereich der künftigen Zuwegungen 7 Drucksondierungen und 10 Kleinrammbohrungen, jeweils bis 4 m Tiefe unter GOK, niedergebracht.

Die Bohr- und Sondieransatzpunkte wurden lagemäßig auf die bereits ausgepflochten Anlagenmittelpunkte bezogen. Die nachfolgenden Bohr- und Sondiertiefen beziehen sich auf die Geländehöhe am Ansatzpunkt.

Die Lage der Untersuchungsstellen sind der **Anlage 1** zu entnehmen.

Als Ergebnis der Kleinrammbohrungen und der dazugehörigen Drucksondierungen für die einzelnen WEA sind in den **Anlagen 2** die entsprechenden Bohrprofile und die dazugehörigen Drucksondierdiagramme für die WEA und für die jeweiligen Kranstandorte aufgetragen. Dabei sind die entsprechenden Diagramme der Kranstandorte mit „KSF“ bezeichnet.

Die Ergebnisse der Untersuchung im Bereich der Zuwegungen sind in den **Anlagen 3** als Bohrprofile und als Drucksondierdiagramme dargestellt.

Die aus den Kleinrammbohrungen entnommenen Bodenproben wurden hinsichtlich der Zusammensetzung, der Bodenart und der relevanten bodenmechanischen Eigenschaften und Kennwerte untersucht.

In den **Anlagen 4** sind für die einzelnen Anlagenstandorte die charakteristischen Körnungslinien aufgetragen. Die Abschätzung des Steifemoduls der Bodenschichten erfolgte aus den Ergebnissen der Drucksondierungen in Anlehnung an die DIN 4094:1990-12 (alt), Beiblatt und auf der Grundlage umfangreicher eigener Erfahrungen.

Es zeigte sich, dass der Untergrund an den sechs geplanten Anlagenstandorten sehr homogen aufgebaut ist.

Alle Standorte weisen einen nahezu identischen Schichtenaufbau sowie Schichtfestigkeiten auf. Aus den Auswertungen ergibt sich, dass die Gründung der jeweiligen WEA mit einer Standardflachgründung nur eingeschränkt bzw. nur mit zusätzlichen Maßnahmen möglich ist.

Grundwasser wurde nur lokal als Schichten- und Stauwasser angetroffen. Ein örtlich bis GOK reichender Anstieg dieser Stau- und Schichtwasservorkommen ist nach Starkregenereignissen zu erwarten, so dass für alle Fundamente die Vorgaben zum typgeprüften Standardfundament [2.04] hinsichtlich des maximal zulässigen Grundwasserstandes eingehalten werden.

Zur Untersuchung der Betonaggressivität des Grundwassers wurden Proben aus den Bohrungen der WEA 1 bis 3 und WEA 6 entnommen und im Labor der Dr. Döring GmbH, Bremen untersucht.

Es wurde festgestellt, dass die Analysewerte der Probe von WEA 2 und 3 unterhalb der Grenzwerte des Angriffsgrads schwach angreifend (Expositionsklasse XA1) liegen. Die Analyse der Probe aus WEA 1 hat den Angriffsgrad mäßig angreifend (Expositionsklasse XA2) ergeben. Das im Bereich WEA 6 angetroffene und analysierte Wasser weist den Angriffsgrad schwach angreifend (Expositionsklasse XA1) auf. Die Ergebnisse der Grundwasseruntersuchung liegen als **Anlage 5** bei.

Im Nachfolgenden werden die Ergebnisse der Untergrunderkundung für jeden einzelnen Standort beschrieben und es wird ein vereinfachtes Untergrundmodell zur erdstatischen Berechnung der Gründung angegeben.

Dabei deuten die Bezeichnungen der Untergrundtragfähigkeit nur auf die Tragfähigkeit für die vorgesehenen Windenergieanlagen hin, speziell auch hinsichtlich der Beanspruchung durch dynamische Lasten.

### 3.2.1 Ergebnisse WEA 1

Der Untergrund im Bereich der WEA 1 ist durch drei Kleinrammbohrungen (Anlagen 2.1.1) und zwei Drucksondierungen (Anlagen 2.2.1 – 2.2.2), bis max. 5,0 m unter GOK (BS) bzw. maximal 8,0 m unter GOK (CPT), erkundet worden (Abbruch wg. Geräteauslastung). Die Bezugshöhe (BN) ist die vorhandene Geländeoberkante (GOK) am Mittelpunkt der WEA 1.

OK Gelände	rd. 0,00 m BN
Oberboden	bis rd. 0,30 m unter GOK
Geschiebelehm, Ton (breiig bis weich)	bis rd. 2,00 m unter GOK
Geschiebemergel, Ton (weich)	bis rd. 3,00 m unter GOK
Geschiebemergel, Ton (steif bis halbfest)	bis zur Erkundungstiefe
Grundwasser (Stau-/Schichtwasser)	2,30 m unter GOK
Tragfähigkeitsgrenze für dynamische Lasten	≈ 3,00 m unter GOK/Mitte

Geschiebelehm/-mergel, Ton (breiig bis weich)	≈ 0,30 m bis ≈ 3,00 m u. GOK
---	------------------------------

		<b>nicht tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	19,0/9,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	22,5°
Kohäsion	cal c =	10,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	4,0/30,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	2,00/0,15 MN/m <sup>2</sup>

Geschiebemergel, Ton (steif bis halbfest)	≈ 3,00 m bis ≈ 8,00 m u. GOK
---	------------------------------

		<b>tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	20,0/10,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	25,0°
Kohäsion	cal c =	10,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	40,0/175,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	8,0/0,45 MN/m <sup>2</sup>

### 3.2.2 Ergebnisse WEA 2

Der Untergrund im Bereich der WEA 2 ist durch drei Kleinrammbohrungen (Anlage 2.1.2) und zwei Drucksondierungen (Anlagen 2.2.4 – 2.2.5) bis max. 5,50 unter GOK (BS) bzw. maximal 8,0 m unter GOK (CPT), erkundet worden (Abbruch wg. Geräteauslastung). Die Bezugshöhe (BN) ist die vorhandene Geländeoberkante (GOK) am Mittelpunkt der WEA 2.

OK Gelände	rd. 0,00 m BN bis rd. -0,20 m BN
Oberboden	bis rd. 0,30 m unter GOK
Sand (locker)	lokal bis rd. 2,0 m unter GOK (BS 3)
Geschiebelehm/-mergel (breiig – weich)	bis rd. 6,0 m unter GOK
Geschiebemergel (halbfest – fest)	bis zur Erkundungstiefe
Grundwasser (Stau-/Schichtwasser)	1,30 m unter GOK
Tragfähigkeitsgrenze für dynamische Lasten	≈ 6,00 m unter GOK/Mitte

Geschiebelehm/-mergel (breiig – weich)	≈ 0,30 m bis ≈ 6,0 m u. GOK
--	-----------------------------

		<b>nicht tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	19,0/9,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	27,5°
Kohäsion	cal c =	5,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	4,0/30,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	2,0/0,05 MN/m <sup>2</sup>

Geschiebemergel (halbfest – fest)	≈ 6,0 m bis ≈ 8,0 m u. GOK (BS 2)
-----------------------------------	-----------------------------------

		<b>tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	21,0/11,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	30°
Kohäsion	cal c =	5,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	40,0/175,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	16,0/0,40 MN/m <sup>2</sup>



### 3.2.3 Ergebnisse WEA 3

Der Untergrund im Bereich der WEA 3 ist durch drei Kleinrammbohrungen (Anlagen 2.1.3) und zwei Drucksondierungen (Anlagen 2.2.8 – 2.2.9), bis max. 5,80 m unter GOK (BS) bzw. maximal 8,00 m unter GOK (CPT), erkundet worden. Die Bezugshöhe (BN) ist die vorhandene Geländeoberkante (GOK) am Mittelpunkt der WEA 3.

OK Gelände	ca. 0,00 m BN
Oberboden	bis rd. 0,30 m unter GOK
Geschiebelehm, Schluff (breiig)	bis rd. 1,00 m unter GOK
Geschiebemergel, Schluff (breiig – weich)	bis 3,00 m u GOK
Geschiebemergel, Schluff (steif – halbfest)	bis zur Erkundungstiefe
Grundwasser (Stau-/Schichtwasser)	3,90 m unter GOK
Tragfähigkeitsgrenze für dynamische Lasten	≈ 3,00 m unter GOK/Mitte

Geschiebelehm/-mergel, Schluff (breiig – weich)	≈ 0,30 m bis ≈ 3,00 m u. GOK
---	------------------------------

<b>nicht tragfähig</b>		
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	19,0/9,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	22,5°
Kohäsion	cal c =	10,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	4,0/30,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	2,0/0,15 MN/m <sup>2</sup>

Geschiebemergel, Schluff (steif – halbfest)	≈ 3,00 m bis ≈ 8,00 m u. GOK
---	------------------------------

<b>tragfähig</b>		
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	20,0/10,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	25,0°
Kohäsion	cal c =	10,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	40,0/175,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	8,0/0,45 kN/m <sup>2</sup>

### 3.2.4 Ergebnisse WEA 4

Der Untergrund im Bereich der WEA 4 ist durch drei Kleinrammbohrungen (Anlagen 2.1.4) und zwei Drucksondierungen (Anlagen 2.2.11 – 2.2.13) bis zur Tiefe von max. 5,50 unter GOK (BS) bzw. maximal 10,10 m unter GOK (CPT), erkundet worden. Die Bezugshöhe (BN) ist die vorhandene Geländeoberkante (GOK) am Mittelpunkt der WEA 4.

OK Gelände	ca. + 0,40 m BN bis – 0,30 m BN
Oberboden	bis rd. 0,60 m unter GOK
Geschiebelehm/-mergel (weich)	bis max. 2,50 m unter GOK
Geschiebemergel, Ton (steif – halbfest)	bis zur Erkundungstiefe
Grundwasser	nicht angetroffen
Tragfähigkeitsgrenze für dynamische Lasten	≈ 2,50 m unter GOK/Mitte

Geschiebelehm/-mergel (weich)	≈ 0,60 m bis ≈ 2,50 m u. GOK
-------------------------------	------------------------------

		<b>nicht tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	18,0/10,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	25,0°
Kohäsion	cal c =	10,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	4,0/30,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	2,0/0,15 kN/m <sup>2</sup>

Geschiebemergel, Ton (steif – halbfest)	≈ 2,50 m bis ≈ 10,00 m u. GOK
---	-------------------------------

		<b>tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	20,0/10,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	25,0°
Kohäsion	cal c =	10,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	40,0/175,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	8,0/0,45 kN/m <sup>2</sup>

### 3.2.5 Ergebnisse WEA 5

Der Untergrund im Bereich der WEA 5 ist durch drei Kleinrammbohrungen (Anlagen 2.1.5) und zwei Drucksondierungen (Anlagen 2.2.15 – 2.2.16) bis zu einer Tiefe von max. 6,00 m unter GOK (BS) bzw. maximal 10,50 m unter GOK (CPT), erkundet worden. Die Bezugshöhe (BN) ist die vorhandene Geländeoberkante (GOK) am Mittelpunkt der WEA 5.

OK Gelände	ca. 0,00 m BN
Oberboden	bis rd. 0,40 m unter GOK
Geschiebelehm, Ton (breiig bis weich)	bis rd. 1,40 m unter GOK
Geschiebemergel, Ton (weich)	bis 3,00 m unter GOK
Geschiebemergel, Ton (steif – halbfest)	bis zur Erkundungstiefe
Grundwasser	Nicht angetroffen
Tragfähigkeitsgrenze für dynamische Lasten	≈ 3,00 m unter GOK/Mitte

Geschiebelehm/-mergel, Ton (breiig bis weich)	≈ 0,40 m bis ≈ 3,00 m u. GOK
---	------------------------------

		<b>nicht tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	19,0/9,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	22,5°
Kohäsion	cal c =	10,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	4,0/30,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	2,0/0,15 MN/m <sup>2</sup>

Geschiebemergel, Ton (steif – halbfest)	≈ 3,00 m bis ≈ 10,50 m u. GOK
---	-------------------------------

		<b>tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	20,0/10,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	25,0°
Kohäsion	cal c =	10,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	40,0/175,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	8,0/0,45 kN/m <sup>2</sup>

### 3.2.6 Ergebnisse WEA 6

Der Untergrund im Bereich der WEA 6 ist durch drei Kleinrammbohrungen (Anlagen 2.1.6) und zwei Drucksondierungen (Anlagen 2.2.18 – 2.2.19) bis zu einer Tiefe von maximal 5,50 m unter GOK (BS und CPT) erkundet worden. Die Bezugshöhe (BN) ist die vorhandene Geländeoberkante (GOK) am Mittelpunkt der WEA 6.

OK Gelände	ca. 0,00 m BN
Oberboden	bis max. 1,60 m unter GOK
Geschiebelehm/-mergel (breiig – weich)	bis rd. 3,00 m unter GOK
Geschiebemergel, Ton (steif – halbfest)	bis zur Erkundungstiefe
Grundwasser (Stau-/Schichtwasser)	3,00 m unter GOK
Tragfähigkeitsgrenze für dynamische Lasten	≈ 3,00 m unter GOK/Mitte

Geschiebelehm/-mergel (breiig – weich)	≈ 0,60 m bis ≈ 3,00 m u. GOK
--	------------------------------

		<b>nicht tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	19,0/9,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	22,5°
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	4,0/30,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	2,0/0,15 kN/m <sup>2</sup>

Geschiebemergel, Ton (steif – halbfest)	≈ 3,00 m bis ≈ 5,50 m u. GOK
---	------------------------------

		<b>tragfähig</b>
Bodenwichte über/unter Wasser	cal $\gamma/\gamma'$ =	20,0/12,0 kN/m <sup>3</sup>
Reibungswinkel	cal $\varphi'$ =	25,0°
Kohäsion	cal $c$ =	10,0 kN/m <sup>2</sup>
Steifemodul stat/dyn ( $\nu = 0,42$ )	cal $E_{S,stat}/cal E_{S,dyn}$ =	40,0/175,0 MN/m <sup>2</sup>
Spitzendruck/Mantelreibung (CPT)	$q_{c,k}/f_{s,k}$ =	6,0/0,45 kN/m <sup>2</sup>

## 4 GRÜNDUNG DER WINDENERGIEANLAGEN

### 4.1 ALLGEMEINES

Die Bauwerke und der Untergrund sind der **Geotechnischen Kategorie 3 (GK 3)** nach DIN 4020:2010-12 zuzurechnen. Grundwasser wurde in den Bohrungen nur lokal in Form von Stau- oder Schichtenwasser angetroffen. Nach Starkregenereignissen kann das Grundwasser auf Grund der an jedem Standort angetroffenen geringdurchlässigen Bodenschichten bis auf Geländeoberkante ansteigen. Daher werden die Anforderungen an die Untergrundeigenschaften (max. zul. Wasserspiegel = GOK), wie sie sich aus dem Schalplan für das Fundament [2.04] ergeben, erfüllt.

### 4.2 ERFORDERLICHE MAßNAHMEN AM UNTERGRUND DER WEA-STANDORTE

#### 4.2.1 WEA 1, WEA 3, WEA 5, WEA 6

Die Eigenschaften des Untergrundes bei diesen Anlagen lassen erst im Geschiebemergel ab einer Tiefe von rd. 3,00 eine ausreichende Tragfähigkeit zur Aufnahme des typgeprüften Anlagenfundamentes erwarten. Es ist daher ein geringer Bodenaustausch bis ca. 3,00 m Tiefe erforderlich. Sollten dabei lokal tiefer reichende weiche oder lockere Bodenschichten festgestellt werden, muss der Bodenaustausch entsprechend tiefer ausgeführt werden. Nach dem Aushub des Bodens muss die Grubensohle vor der weiteren Bearbeitung durch den Baugrundgutachter begutachtet werden.

Die Größe der Grundfläche des Bodenaustauschs von ca. 1,70 m Dicke muss die Lastabstrahlung (45°) unter dem Fundament berücksichtigen. Das bedeutet, dass die auszutauschende kreisförmige Grundfläche entsprechend größer sein muss.

Als Austauschboden kommt grundsätzlich nur nichtbindiger Boden mit weniger als 5% abschlämmbaren Anteilen und  $C_U \geq 6$  in Frage. Bei entsprechender Zusammensetzung ist auch Recycling-Material geeignet. Der Füllboden ist mit geeignetem Verdichtungsgerät auf einen Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 98\%$  zu verdichten. Auf der derart hergestellten Gründungssohle kann dann die Gründung mit dem typgeprüften Ringfundament erfolgen.

Der geotechnische Nachweis für den derart vorbereiteten Standort erfolgt in Abschnitt 5.

#### 4.2.2 WEA 2

Der Untergrund dieser Anlage zeigt bis ca. 6,00 m Tiefe überwiegend nur weiche gemischt-körnige Böden ohne ausreichende Tragfähigkeit zur Gründung mit dem typgeprüften Standardfundament. Ein Bodenaustausch scheidet tiefenbedingt aus. Es sind daher untergrundverbessernde Maßnahmen erforderlich.

Wir empfehlen die Nachverdichtung und Verfestigung des gesamten Untergrundbereiches bis ca. 6,00 m Tiefe unter GOK mit dem Verfahren der Rüttelstopfverdichtung.

Bei der Rüttelstopfverdichtung wird zur Erhöhung der Tragfähigkeit des Baugrundes mit einem speziellen Schleusenrüttler Schotter- oder Kiesmaterial (bei geeigneter Materialzusammensetzung ist auch Recyclingmaterial möglich) in den Untergrund gedrückt und verdichtet, wodurch sich eine deutlich höhere Steifigkeit und ein größerer Scherwiderstand im Verbund mit dem umgebenden Boden ergibt. Die Lage der Rüttelzonen ist entsprechend den Erfordernissen so anzulegen, dass für den gesamten verbesserten Untergrundbereich ein mittlerer statischer Steifemodul von  $E_s \geq 50 \text{ MN/m}^2$  sicher erreicht wird.

Der geotechnische Nachweis für den derart vorbereiteten Standort erfolgt in Abschnitt 5.

#### 4.2.3 WEA 4

Der Untergrund dieser Anlage zeigt in ca. 2,50 m Tiefe eine ausreichende Tragfähigkeit. Es ist daher ein geringer Bodenaustausch bis ca. 2,50 m Tiefe erforderlich. Sollten dabei lokal tiefer reichende weiche oder lockere Bodenschichten festgestellt werden, muss der Bodenaustausch entsprechend tiefer ausgeführt werden. Nach dem Aushub des Bodens muss die Grubensohle vor der weiteren Bearbeitung durch den Baugrundgutachter begutachtet werden.

Die Größe der Grundfläche des Bodenaustauschs von ca. 1,20 m Dicke muss die Lastabstrahlung ( $45^\circ$ ) unter dem Fundament berücksichtigen. Das bedeutet, dass die auszutauschende kreisförmige Grundfläche entsprechend größer sein muss.

Als Austauschboden kommt grundsätzlich nur nichtbindiger Boden mit weniger als 5% abschlämmbaren Anteilen und  $C_u \geq 6$  in Frage. Bei entsprechender Zusammensetzung ist auch Recycling-Material geeignet. Der Füllboden ist mit geeignetem Verdichtungsgerät auf einen Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 98\%$  zu verdichten. Auf der derart hergestellten Gründungssohle kann dann die Gründung mit dem typgeprüften Ringfundament erfolgen.

Der geotechnische Nachweis für den derart vorbereiteten Standort erfolgt in Abschnitt 5.

### 4.3 DYNAMISCHE EIGENSCHAFTEN DES UNTERGRUNDES (FLACHGRÜNDUNG)

Zur verlässlichen Einleitung der aus dem Betrieb entstehenden Lasten, die zu einem erheblichen Anteil aus dynamischen Lasten bestehen, muss die Gründung der Windenergieanlagen auf einem ausreichend dicken, gut tragfähigen Bodenpolster erfolgen. Ohne dieses lastverteilende Polster würden die entstehenden Setzungen zu groß werden und vor allem sehr ungleichmäßig sein.

An den WEA-Standorten sind, wie oben beschrieben, z.T. untergrundverbessernde Maßnahmen durchzuführen. Dabei muss die in der Typenstatik angegebene dynamische Drehfedersteifigkeit nachgewiesen werden.

Die Typenstatik verlangt als Mindestwert der dynamischen Drehfederkonstante:

$$K_{\varphi,\text{dyn}} = 17,38 \cdot 10^4 \text{ MNm/rad}$$

Der dynamische Steifemodul eines Kreisfundamentes errechnet sich nach der Formel

$$E_{\text{S,dyn}} = \frac{3 \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - \nu)^2}{4 \cdot r^3 \cdot (1 - \nu - 2\nu^2)} \cdot K_{\varphi,\text{dyn}}$$

woraus sich die dynamische Drehfederkonstante errechnen lässt zu

$$K_{\varphi,\text{dyn}} = \frac{4 \cdot r^3 \cdot (1 - \nu - 2\nu^2)}{3 \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - \nu)^2} \cdot E_{\text{S,dyn}}$$

Diese Werte werden nachstehend an den einzelnen Standorten nachgewiesen. Dabei kann der Nachweis des vorhandenen dynamischen Steifemoduls nach Grundbau-Taschenbuch [2.09] über den statischen Steifemodul erfolgen. Diese Werte sind für die verschiedenen Bodenschichten in Abschnitt 3.2 angegeben.

## 5 MAßNAHMEN AN DEN EINZELNEN STANDORTEN UND NACHWEISE

Nachstehend werden für die einzelnen Standorte die notwendigen Maßnahmen zusammengefasst, um den Untergrund für die Fundamentierungsarbeiten vorzubereiten. Dabei werden im Falle von Untergrundverbesserungen folgende Abkürzungen verwendet:

TB = Standardgründung auf Teil-Bodenaustausch  
 RS = Standardgründung auf Rüttelstopfverdichtung  
 PF = Pfahlgründung

Die Fundamente der Anlagen WEA 1 bis WEA 6 binden ca. 1,30 m in den Untergrund ein. Es wird im Folgenden davon ausgegangen, dass die OK des künftigen Geländes der derzeitigen GOK entspricht. Nachfolgende Höhenangaben beziehen sich daher auf die derzeitige Geländehöhe.

### 5.1 STANDORTE WEA 1, WEA 3, WEA 5, WEA 6

Es ist ein Bodenaustausch bis 3,00 m unter GOK (= 1,70 m unter Fundamentsohle) erforderlich. Sollten lokal tiefer reichende weiche oder locker gelagerte Bodenschichten festgestellt werden, müssen diese ausgehoben werden. Der Bodenaustausch ist dann entsprechend tiefer auszuführen. Der nachzuweisende Verdichtungsgrad beträgt  $D_{Pr} \geq 98\%$ . Der in der Gründungsebene dann vorhandene Steifemodul beträgt  $E_{S,stat} \geq 40 \text{ MN/m}^2$ . Daraus wird nachstehend die dynamische Drehfederkonstante berechnet.

#### Empfohlene Maßnahme: TB bis 3,00 m unter GOK

Der geringste statische Steifemodul beträgt in der Gründungssohle  $E_S = 40 \text{ MN/m}^2$ . Der sich daraus ergebende dynamische Steifemodul beträgt nach [2.09]

$$E_{S,dyn} \geq 175 \text{ MN/m}^2.$$

Daraus wird nachstehend die dynamische Drehfederkonstante berechnet.

Fundamentsohle:

$$\nu = 0,33 \text{ (Füllboden)}$$

$$r = 12,50 \text{ m}; E_{S,stat} \geq 40 \text{ MN/m}^2; E_{S,dyn} \geq 175 \text{ MN/m}^2$$

$$K_{\varphi,dyn} = \frac{4 \cdot r^3 \cdot (1 - \nu - 2\nu^2)}{3 \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - \nu)^2} \cdot E_{S,dyn}$$

$$K_{\varphi,dyn} \geq 34,5 \cdot 10^4 \text{ MNm/1} > 17,38 \cdot 10^4 \text{ MNm/1}$$



## 5.2 STANDORT WEA 2

Da eine ausreichende Tragfähigkeit erst ab 6,00 m unter GOK, das entspricht 4,70 m unter Fundamentsohle (UKF), gegeben ist, ist eine Untergrundverbesserung bis rd. 5,00 m unter UKF notwendig.

### Empfohlene Maßnahme: RS bis 5,00 m unter UK Fundament

Der geringste mit dem vorgenannten Verfahren zu erreichende statische Steifemodul beträgt bis 6,00 m Tiefe unter GOK  $E_{S,stat} \geq 50 \text{ MN/m}^2$ . Der sich daraus ergebende dynamische Steifemodul beträgt nach [2.09]

$$E_{S,dyn} \geq 190 \text{ MN/m}^2.$$

Daraus wird nachstehend die dynamische Drehfederkonstante berechnet. Der Lastabstrahlungswinkel wird dabei mit  $60^\circ$  angesetzt.

#### Fundamentsohle:

$\nu = 0,33$  (Füllboden, mitteldicht bis dicht)

$r = 12,50 \text{ m}$ ;  $E_{S,stat} \geq 50 \text{ MN/m}^2$ ;  $E_{S,dyn} \geq 190 \text{ MN/m}^2$

$$K_{\varphi,dyn} = \frac{4 \cdot r^3 \cdot (1 - \nu - 2\nu^2)}{3 \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - \nu)^2} \cdot E_{S,dyn}$$

$$K_{\varphi,dyn} \geq 37,5 \cdot 10^4 \text{ MNm/1} > 17,38 \cdot 10^4 \text{ MNm/1}$$

#### Anstehender Boden unterhalb 6,00 m u. GOK:

Geschiebemergel (halbfest bis fest)  $\nu = 0,40$ .

$E_{S,dyn} = 240 \text{ MN/m}^2$

$$K_{\varphi,dyn} \geq 12,2 \cdot 10^5 \text{ MNm/1} > 17,38 \cdot 10^4 \text{ MNm/1}$$

### 5.3 STANDORT WEA 4

Es ist ein Bodenaustausch bis 2,50 m unter GOK (= 1,20 m unter Fundamentsohle) erforderlich. Sollten lokal tiefer reichende weiche oder locker gelagerte Bodenschichten festgestellt werden, müssen diese ausgehoben werden. Der Bodenaustausch ist dann entsprechend tiefer auszuführen. Der nachzuweisende Verdichtungsgrad beträgt  $D_{Pr} \geq 98\%$ . Der in der Gründungsebene dann vorhandene Steifemodul beträgt  $E_{S,stat} \geq 40 \text{ MN/m}^2$ . Daraus wird nachstehend die dynamische Drehfederkonstante berechnet.

**Empfohlene Maßnahme: TB bis 2,50 m unter GOK**

Der geringste statische Steifemodul beträgt in der Gründungssohle  $E_S = 40 \text{ MN/m}^2$ . Der sich daraus ergebende dynamische Steifemodul beträgt nach [2.09]

$$E_{S,dyn} \geq 175 \text{ MN/m}^2.$$

Daraus wird nachstehend die dynamische Drehfederkonstante berechnet.

#### Fundamentsohle:

$$\nu = 0,33 \text{ (Füllboden)}$$

$$r = 12,50 \text{ m}; E_{S,stat} \geq 40 \text{ MN/m}^2; E_{S,dyn} \geq 175 \text{ MN/m}^2$$

$$K_{\varphi,dyn} = \frac{4 \cdot r^3 \cdot (1 - \nu - 2\nu^2)}{3 \cdot (1 + \nu) \cdot (1 - \nu)^2} \cdot E_{S,dyn}$$

$$K_{\varphi,dyn} \geq 34,5 \cdot 10^4 \text{ MNm/1} > 17,38 \cdot 10^4 \text{ MNm/1}$$

## 6 SETZUNG UND SCHIEFSTELLUNG

In den **Anlagen 6** wurde für das vorgesehene Fundament der Grundbruch- und Setzungsnachweis nach dem Teil-Sicherheitskonzept der DIN 4017 und des EC 7 für die in der Tabelle 1 aufgeführten Lasten geführt, wobei Ausnutzungsgrade  $\mu \leq 1$  nachzuweisen sind.

Für die Anlagen mit Bodenaustausch wurde die vorhandene Sicherheit exemplarisch am Standort der WEA 5 nachgewiesen. Die vorhandene Sicherheit bei der Anlage WEA 2 (mit Untergrundverbesserung) wurde ebenfalls untersucht.

Die errechneten Ausnutzungsgrade (Grundbruchsicherheiten) betragen:

### WEA 1 und WEA 3 bis WEA 6:

Bemessungssituation (Lastfall) BS-P	$\mu = 0,316 < 1$ (Anlage 6.1.1)
Bemessungssituation (Lastfall) BS-T	$\mu = 0,183 < 1$ (Anlage 6.1.2)
Bemessungssituation (Lastfall) BS-A	$\mu = 0,361 < 1$ (Anlage 6.1.3)

### WEA 2:

Bemessungssituation (Lastfall) BS-P	$\mu = 0,143 < 1$ (Anlage 6.2.1)
Bemessungssituation (Lastfall) BS-T	$\mu = 0,099 < 1$ (Anlage 6.2.2)
Bemessungssituation (Lastfall) BS-A	$\mu = 0,203 < 1$ (Anlage 6.2.3)

Die ermittelten Werte sind somit weit kleiner als die zulässigen Ausnutzungsgrade.

Die sich rechnerisch ergebenden Setzungen des Kreisringfundamentes wurden an den kennzeichnenden Punkten des Kreisfundamentes ermittelt. Aus der Setzungsdifferenz zweier gegenüberliegender Setzungspunkte errechnet sich dann auch die Schiefstellung des Fundamentes. Es wurden folgende Werte ermittelt:

### WEA 1 und WEA 3 bis WEA 6:

Bemessungssituation (Lastfall) BS-P	$s1 = -0,08 \text{ cm}$ $s2 = 5,33 \text{ cm}$ Schiefstellung 1:390,4 = 2,56‰ < 3‰
Bemessungssituation (Lastfall) BS-T	$s1 = 0,14 \text{ cm}$ $s2 = 4,32 \text{ cm}$ Schiefstellung 1:505,7 = 1,98‰ < 3‰
Bemessungssituation (Lastfall) BS-A	$s1 = -0,13 \text{ cm}$ $s2 = 6,60 \text{ cm}$ Schiefstellung 1:313,6 = 3,19‰ $\approx$ 3‰

### WEA 2:

Bemessungssituation (Lastfall) BS-P	$s1 = -0,11 \text{ cm}$ $s2 = 5,23 \text{ cm}$ Schiefstellung 1:395,5 = 2,53‰ < 3‰
Bemessungssituation (Lastfall) BS-T	$s1 = 0,08 \text{ cm}$ $s2 = 4,24 \text{ cm}$ Schiefstellung 1:508,1 = 1,97‰ < 3‰
Bemessungssituation (Lastfall) BS-A	$s1 = -0,15 \text{ cm}$ $s2 = 6,50 \text{ cm}$ Schiefstellung 1:317,4 = 3,15‰ $\approx$ 3‰

Damit ist nachgewiesen, dass der Untergrund an den Standorten WEA 1 bis WEA 6 die statischen und dynamischen Lasten aus den Anlagen mit ausreichender Sicherheit aufnehmen kann.

## Bodenauflast durch Erdandeckung

Der bei dem jeweiligen Bodenaushub der Fundamentbaugrube anfallende Boden kann zur statisch erforderlichen Erdandeckung verwendet werden.

Bei den sechs baugleichen Anlagen ist die Andeckung gem. Situation I zu wählen.

Die Verdichtung des Bodens sollte mit geeignetem Gerät auf  $D_{Pr} \geq 96\%$  erfolgen. Die Böschungsneigung soll  $\leq 1:1,5$  betragen. Der seitliche Überstand neben dem Fundamentsporn muss bei allen Anlagen 1,00 m betragen. Daraus ergibt sich ein Durchmesser der Erdanschüttung auf der alten GOK von  $D = 25,0 + 2 \cdot 1,0 = 27,0$  m.

## 7 ZUWEGUNGEN UND KRANSTELLFLÄCHEN

An 21 Untersuchungspunkten (10 BS + 11 CPT) auf den künftigen Zuwegungen zu den geplanten Anlagen und an 6 Untersuchungsstellen für die geplanten Kranstellflächen (9 CPT) wurde die Tragfähigkeit des Baugrunds mit Kleinrammbohrungen (BS) und Drucksondierungen (CPT) untersucht.

### 7.1 ZUWEGUNGEN

Im Rahmen der Erdarbeiten zur Herstellung der Zuwegungen, Wegverbreiterungen und Passierbuchten sind die organischen Deckschichten und Auffüllungen und der darunter anstehende Boden bis mindestens 0,50 m Tiefe abzuschleifen bzw. auszuheben. Örtlich anzutreffende weiche bindige bzw. organische Schichten sind auszutauschen. Auf der OK Gelände nach Abschleifen ist ein

$E_{v2} \geq 45,0$  MN/m<sup>2</sup> bei einem Verhältniswert  $< 2,5$  nachzuweisen.

Der Wegeaufbau erfolgt dann gem. den Vorgaben von GE (vgl. [2.03]) in der erforderlichen Breite (min. 4,50 m, ggf. Anpassung der Breite gem. [2.03]) mit geeignetem Mineralgemisch. Bewährt hat sich ein Aufbau von rd. 40 cm 0/63 mm (untere verstärkte Tragschicht) und 10 cm 0/32 mm (obere Tragschicht). Das Material für die obere Tragschicht kann auch zum Ausgleich vorhandener Unebenheiten der bestehenden landwirtschaftlich genutzten Wege eingesetzt werden. Auf der Oberfläche sind dann folgende Tragfähigkeitswerte nachzuweisen:

$D_{Pr} \geq 98\%$ ;  $E_{v2} \geq 100,0$  MN/m<sup>2</sup> bei einem Verhältniswert  $< 2,5$

Der Nachweis ist mit dem Statischen Plattendruckversuch nach DIN 18 134 zu erbringen. Alternativ kann die Nachweisführung auch als Dynamischer Plattendruckversuch mit dem Leichten Fallgerät nach TP BF-StB Teil B 8.3 erfolgen. Die nachzuweisenden Werte werden über einen Korrelationsversuch ermittelt.

## 7.2 KRANSTELLFLÄCHEN

Zur Herstellung der Kranstellflächen sollte nach dem Abschieben des Oberbodens der restliche Boden bis rd. 1,00 m Tiefe abgeschoben werden. Nach dem Aushub des Bodens muss die freigelegte Sohle vor der weiteren Bearbeitung durch den Baugrundgutachter begutachtet werden. Es ist ein Verformungsmodul von

$E_{v2} \geq 45,0 \text{ MN/m}^2$  bei einem Verhältniswert  $< 2,3$  nachzuweisen.

Der Aufbau der Stellfläche erfolgt dann zunächst in einer Dicke von 50 cm mit einer 2-lagigen Auffüllung (2 x 25 cm) mit gut abgestuftem Kiessand oder feinkornarmem Sand ( $U \geq 5$ ). In dieser Teil-Auffüllung muss ein Verdichtungsgrad von  $D_{Pr} \geq 98\%$  nachgewiesen werden. Auf diesem Planum wird dann in der erforderlichen Größe mit geeignetem Mineralgemisch der Platzunterbau aufgebaut. Bewährt hat sich ein Aufbau von rd. 40 cm 0/63 mm (untere Tragschicht) und 10 cm 0/32 mm (obere Tragschicht). Auf der Oberfläche sind dann folgende Tragfähigkeitswerte nachzuweisen:

$D_{Pr} \geq 100\%$ ;  $E_{v2} \geq 120,0 \text{ MN/m}^2$  bei einem Verhältniswert  $< 2,3$

## 8 ALLGEMEINE HINWEISE

Der Untergrund ist hinsichtlich der tieferen Schichtenfolge an den Standorten sehr homogen aufgebaut. An allen Standorten wurden ausschließlich mineralische Böden in Form von Geschiebeböden angetroffen.

Die Grundwasserstände entsprechen den Vorgaben der Typenstatik.

Die Gründung der Anlagen ist erst nach einem Bodenaustausch bzw. einer Untergrundverbesserung möglich. Dafür in Frage kommende Verfahren wurden genannt und es wurde für alle Anlagen die ausreichende Standsicherheit nachgewiesen.

Hinweise zur Ausbildung der Zuwegungen und der Kranstellflächen wurden gegeben.

Bei der Ausbildung von freien Böschungen ist die DIN 4124 zu beachten. Es sollten die angegebenen Böschungsneigungen nicht überschritten werden. Bei der Bemessung von Baugrubenwänden sind die DIN 4124 und die „Empfehlungen des Arbeitskreises Baugruben“ (EAB) zu beachten. Die Baugrubensohlen sollten durch den Gutachter abgenommen werden. Eventuell zufließendes Oberflächenwasser sollte außerhalb der Baugruben abgeleitet werden.

## 9 ZUSAMMENFASSUNG

Die Swisspower Renewables Volkmarshdorf GmbH plant die Errichtung von 6 Windenergieanlagen im Windpark Volkmarshdorf. Dabei werden alle Standorte mit Anlagen vom Typ GE 5.5-158 des Herstellers General Electric Company (Nabenhöhe 161 m) ausgerüstet. Der Windpark liegt südöstlich der Stadt Wolfsburg im Landkreis Helmstedt.

Die IGU mbH, Uelzen, wurde von der 4initia GmbH beauftragt, ein Baugrundgutachten für die Errichtung von 6 Windenergieanlagen (WEA) im Windpark Volkmarshdorf zu erstellen. Dazu wurden 10 Kleinrammbohrungen (KRB) bis 4,0 m unter GOK in den geplanten Zuwegungen und 18 KRB bis max. 6,0 m unter GOK auf den Anlagenstandorten abgeteuft.

Außerdem wurden analog dazu 10 Drucksondierungen (CPT) in den Zuwegungen, 9 CPT auf den Kranstellflächen und 12 CPT an den Anlagenstandorten niedergebracht.

Für die bodenmechanischen Untersuchungen wurden 139 Bodenproben entnommen.

Die Untersuchungen in Verbindung mit den Erkundungen ergaben, dass die Gründung der Anlagen nach einem geringmächtigen Bodenaustausch bzw. einer geringmächtigen Untergrundverbesserung möglich ist.

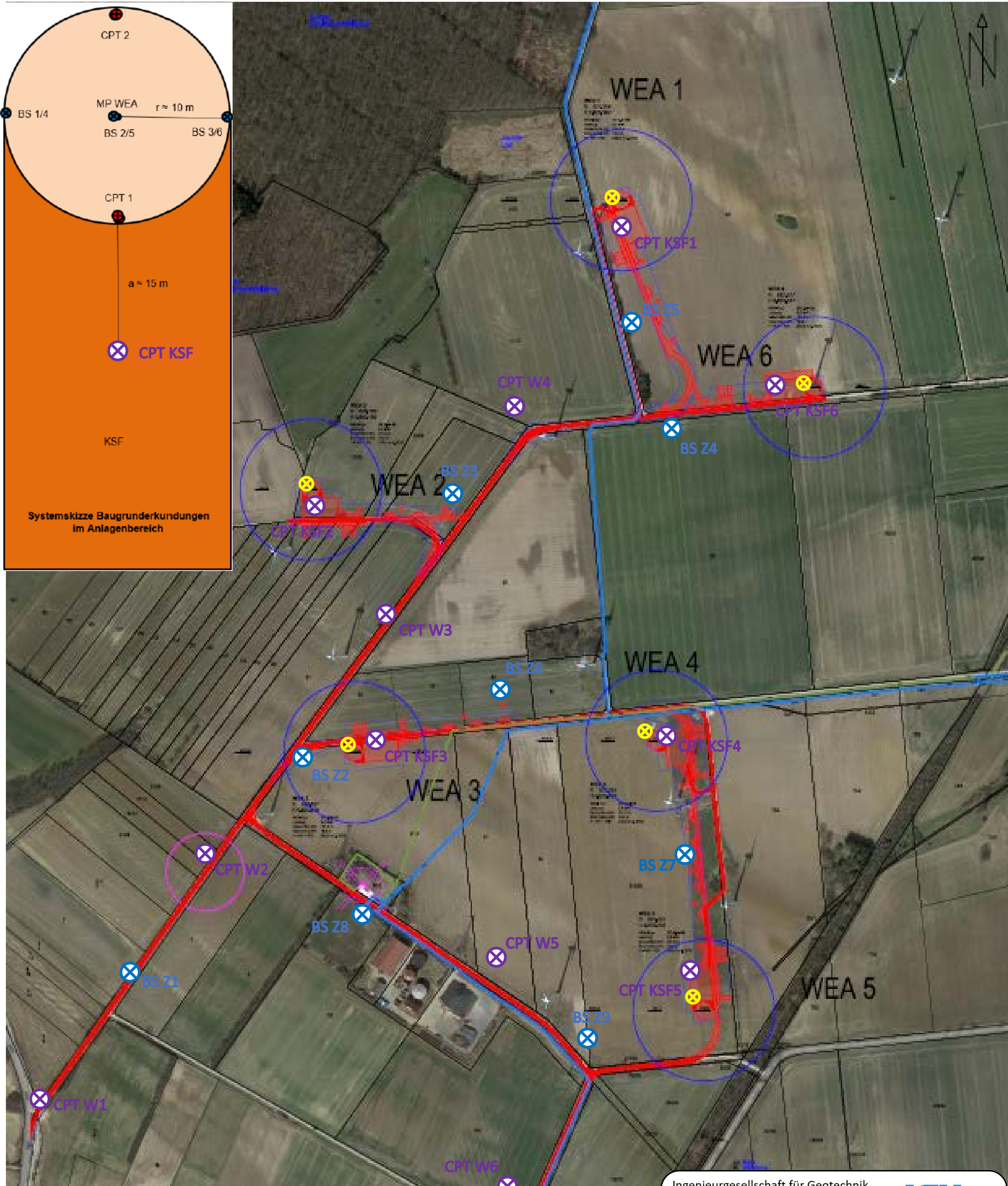
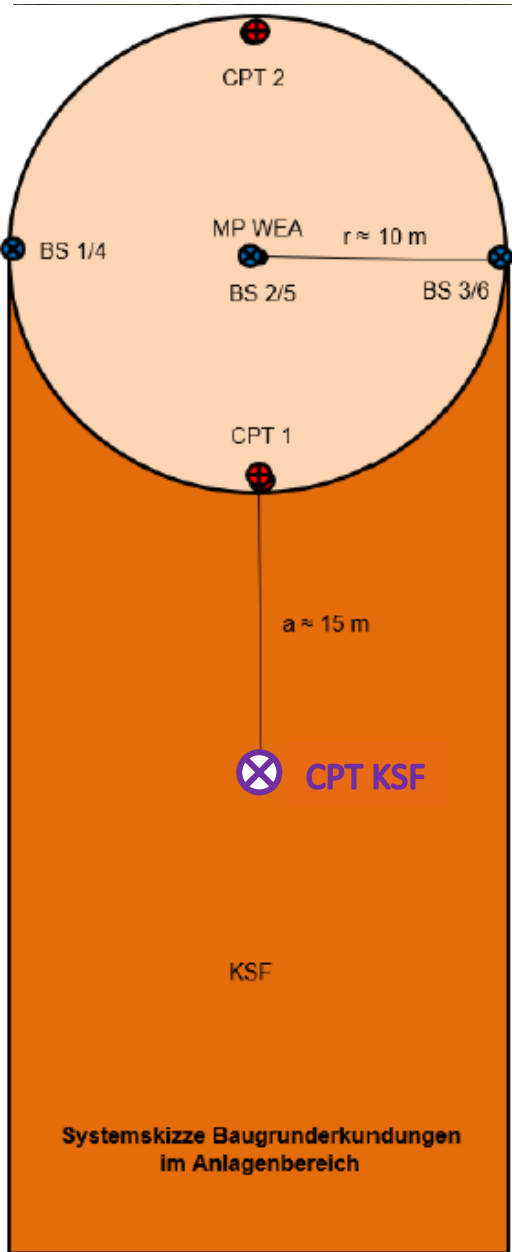


B.Eng. Kantelberg  
Projektleiter






B.Eng. Pia Balcke  
Projektingenieurin

**Anlagen**



**Legende**

-  **CPT W1** Drucksondierungen mit Bezeichnung
-  **BS Z1** Bohrungen mit Bezeichnung
-  Baugrunderkundungen im Anlagenbereich (siehe Abbildung am oberen, linken Bildrand)

**Achtung: BS Z10 und CPT W7 nicht im Plan enthalten!**

Ingenieurgesellschaft für Geotechnik und Umweltmanagement  
 Prof. Dr.-Ing. Salomo + Partner mbH  
 Im Neuen Felde 109, D – 29525 Uelzen



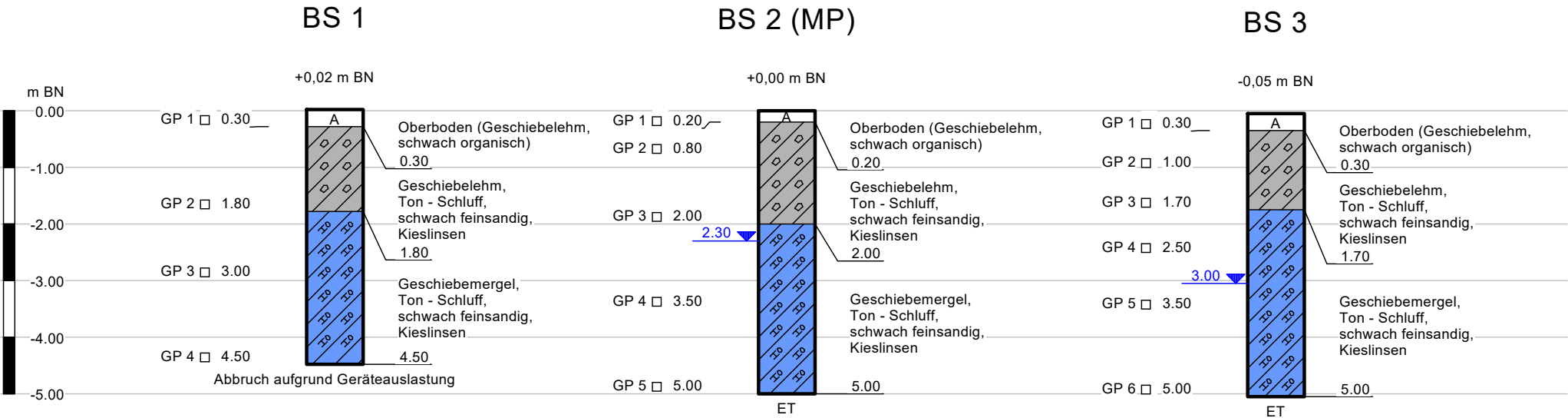
**WP Volkmarshdorf  
 Baugrund- und Gründungsgutachten**

Plangrundlage: Lageplan Repowering 6 x GE 5.5-158, finale Zuwegungsplanung, 4initia GmbH

Projekt-Nr.: 3520076 Maßstab: ohne

Datum:		Name:	
31.03.2021	bearbeitet:	Ba	Anlage: 1
	geprüft:		

# Bodenprofile - WP Volkmarsdorf WEA 1





IGU mbH

Im Neuen Felde 109  
D - 29525 Uelzen  
www.igu-uelzen.de

Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen

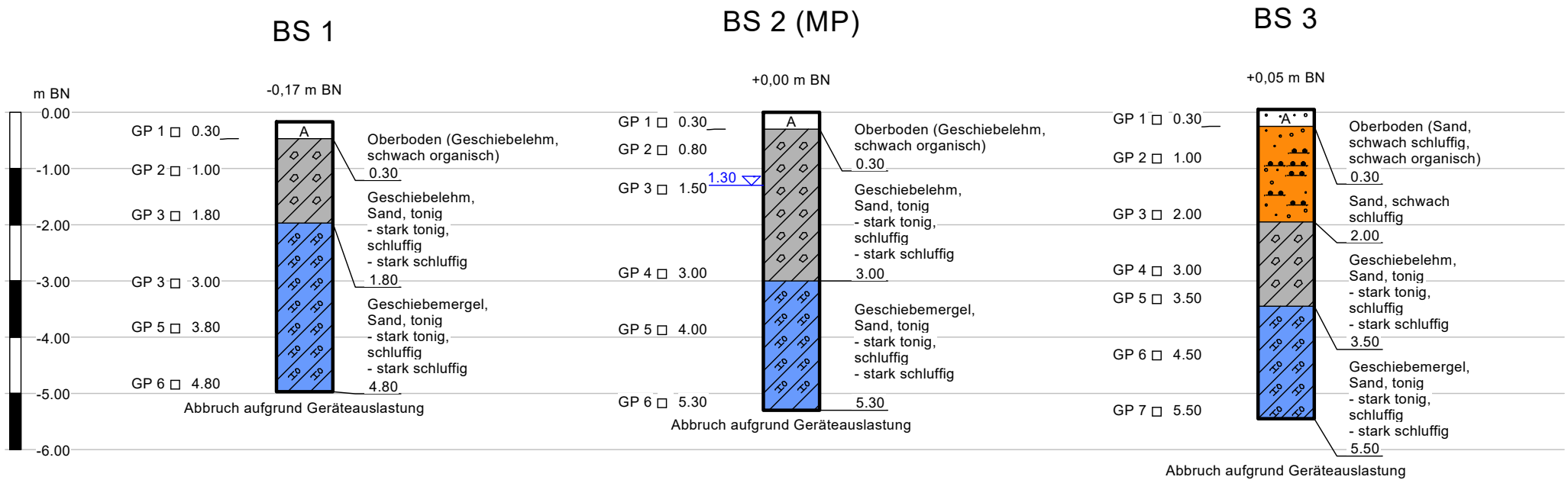
nach DIN 4023

Bericht Nr.

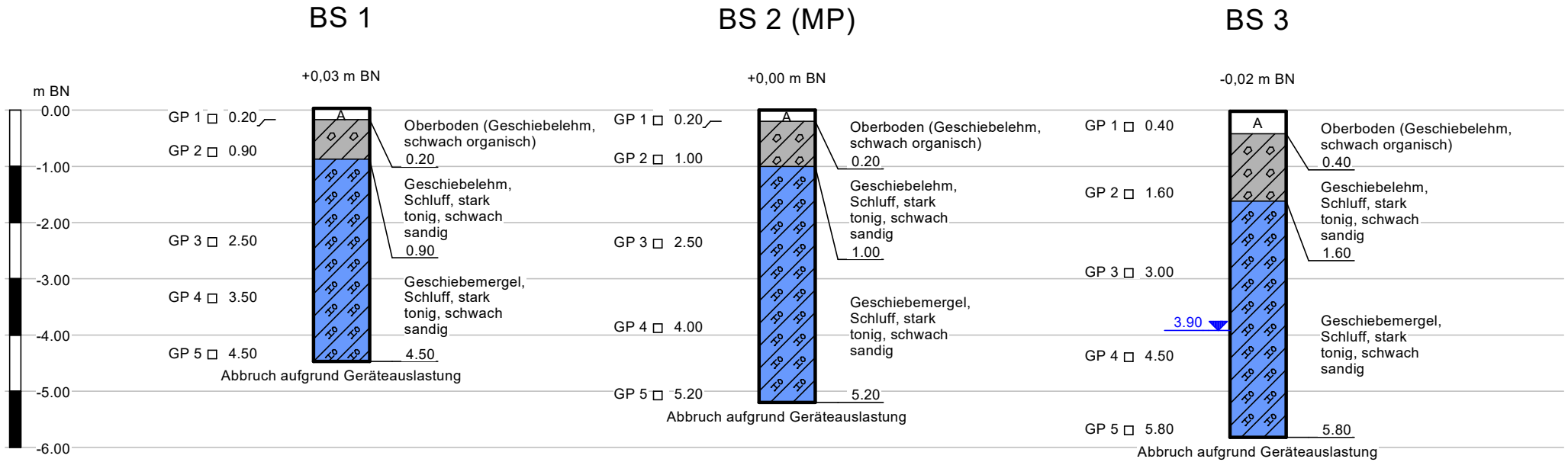
3520076

Anlage Nr. 2.1.2

## Bodenprofile - WP Volkmarsdorf WEA 2

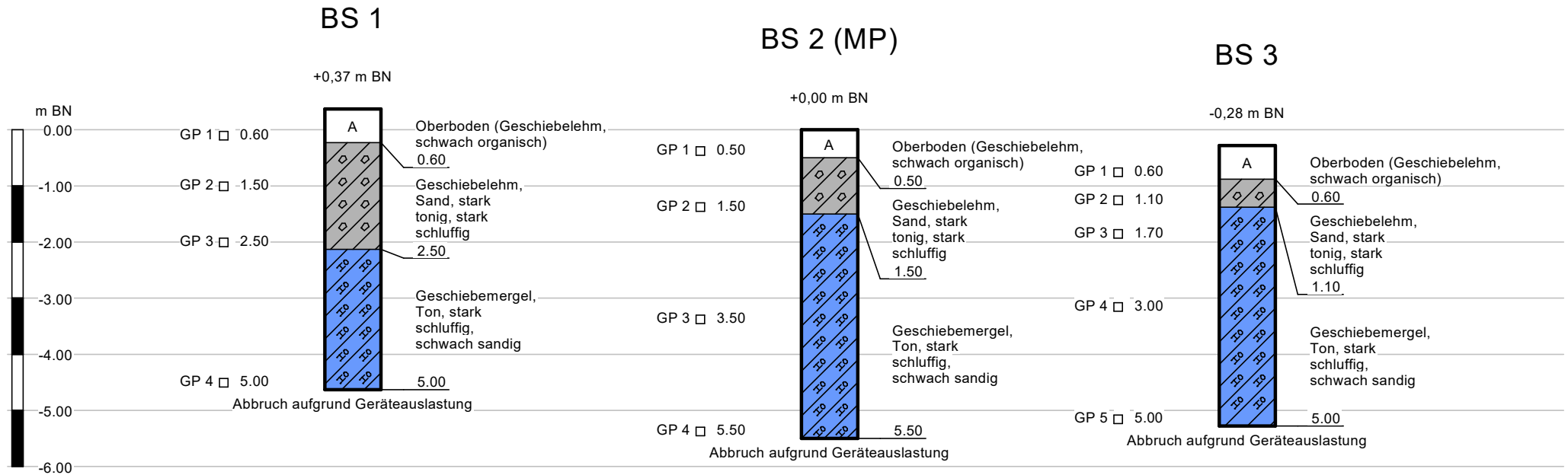


## Bodenprofile - WP Volkmarsdorf WEA 3



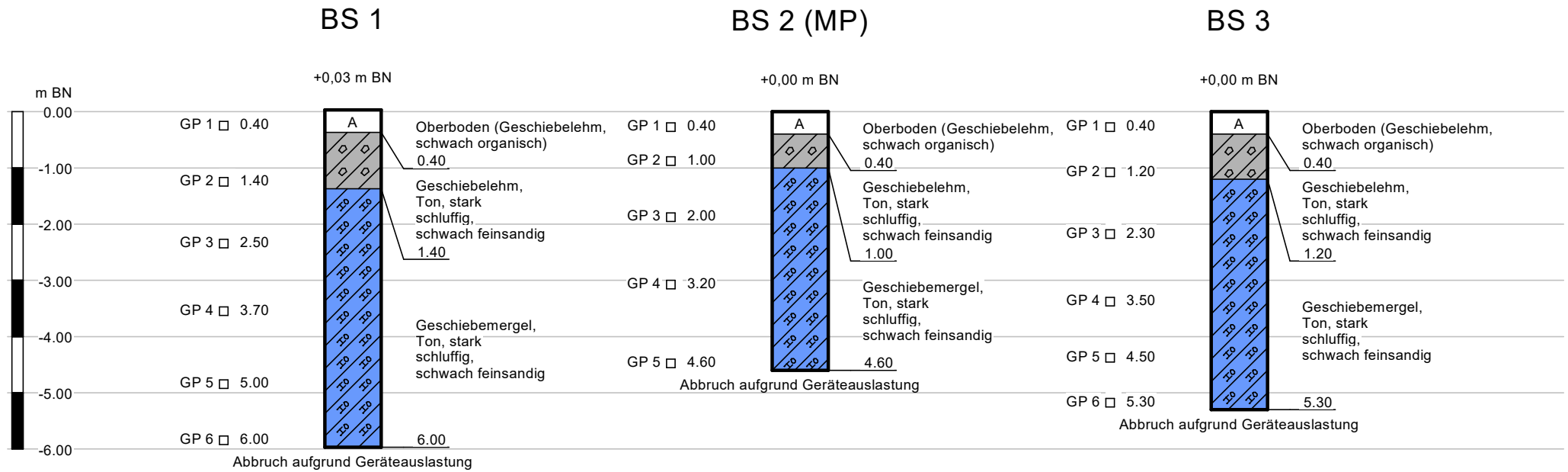
<b>IGU mbH</b> Im Neuen Felde 109 D - 29525 Uelzen www.igu-uelzen.de	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Bericht Nr. 3520076
		Anlage Nr. 2.1.4

## Bodenprofile - WP Volkmarsdorf WEA 4



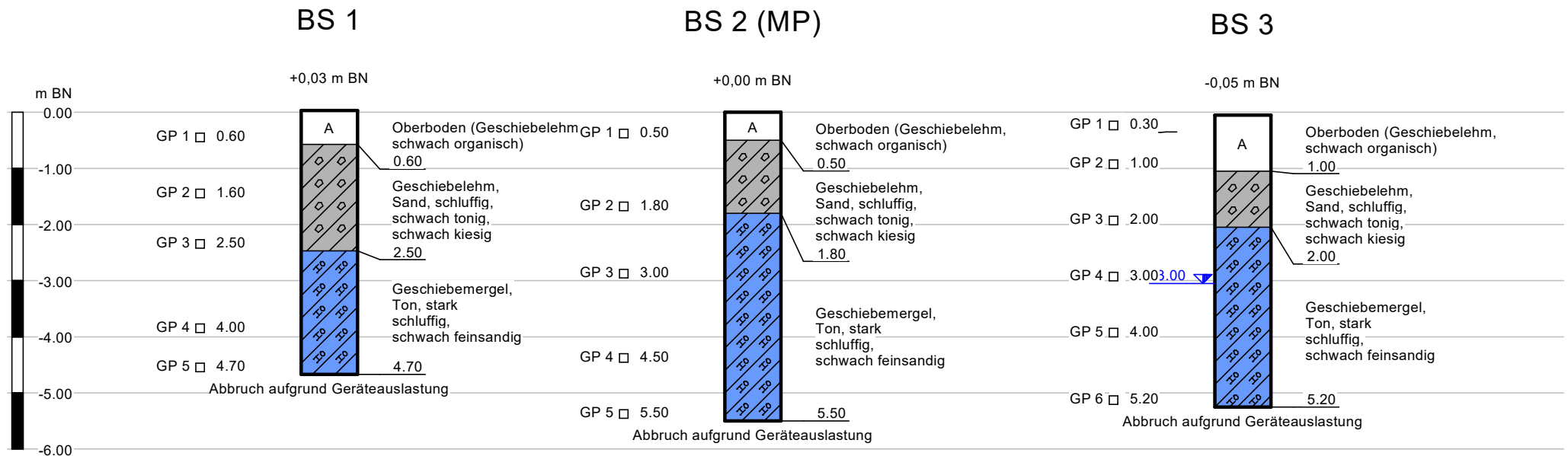
<b>IGU mbH</b> Im Neuen Felde 109 D - 29525 Uelzen www.igu-uelzen.de	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen nach DIN 4023	Bericht Nr. 3520076
		Anlage Nr. 2.1.5

## Bodenprofile - WP Volkmarsdorf WEA 5

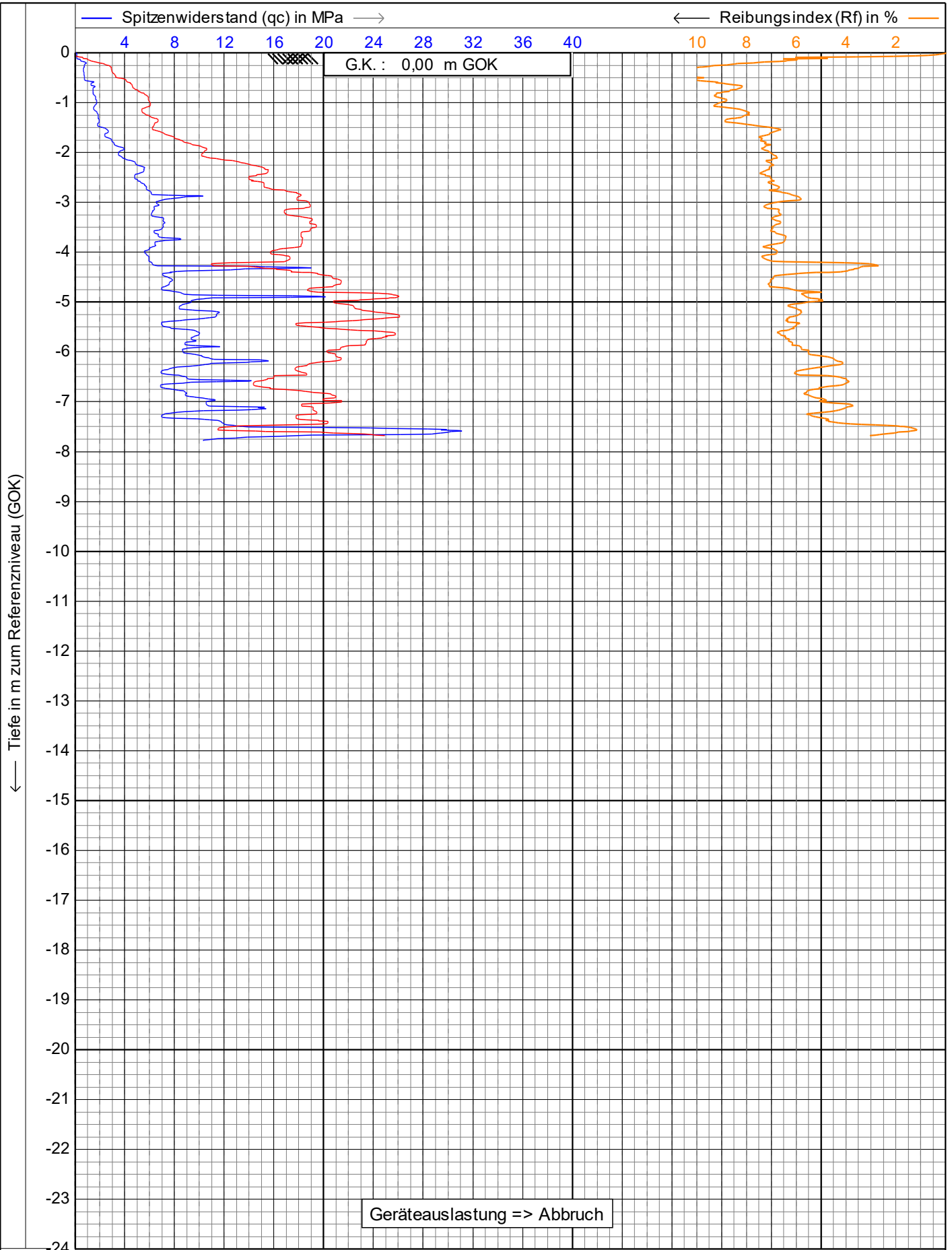


<b>IGU mbH</b> Im Neuen Felde 109 D - 29525 Uelzen www.igu-uelzen.de	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen  nach DIN 4023	Bericht Nr. 3520076
		Anlage Nr. 2.1.6

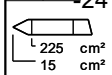
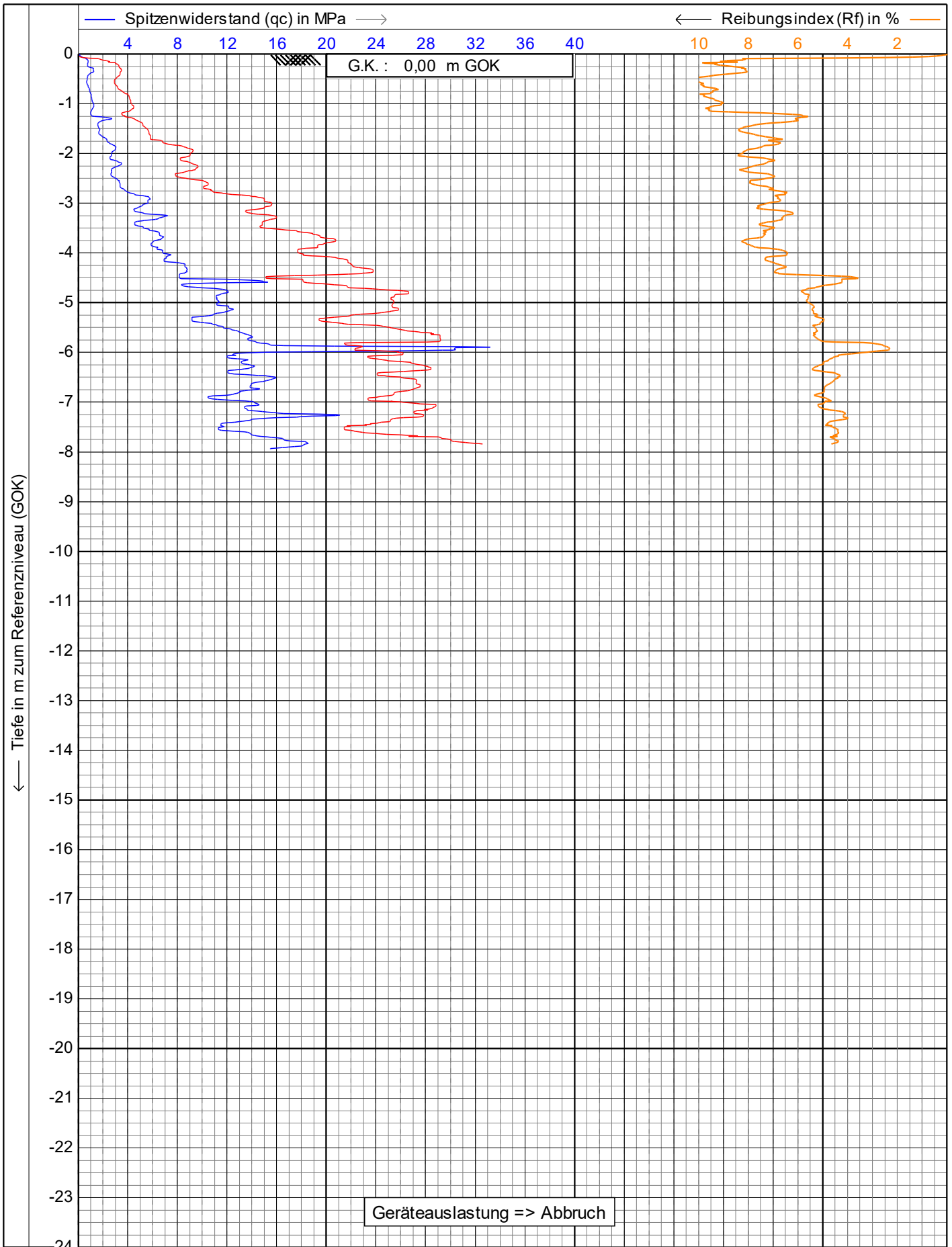
## Bodenprofile - WP Volkmarsdorf WEA 6



Anlage 2.2.1

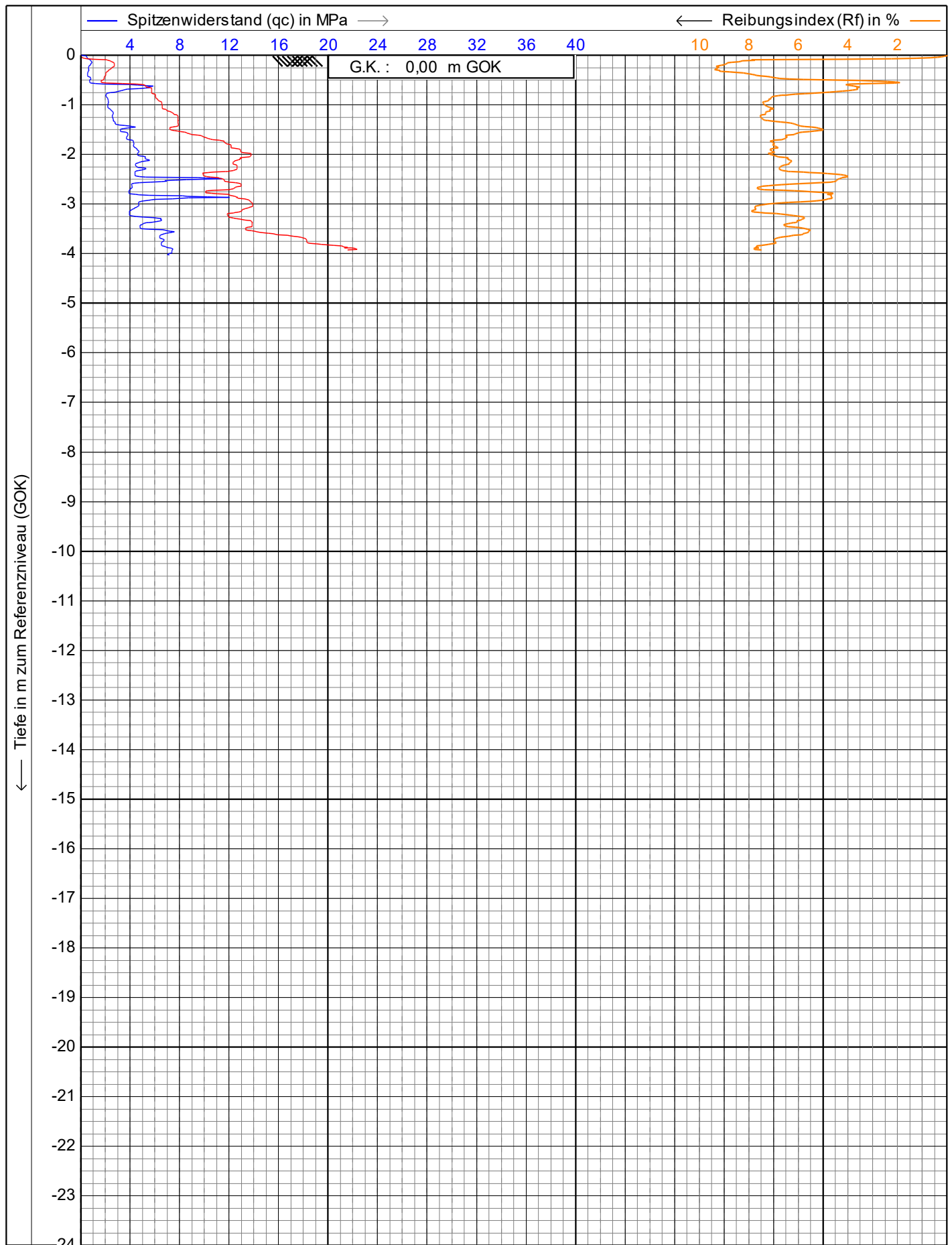


	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>03.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>WEA1 CPT1</b>	
			1/1	



	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : 03.02.2021
	Projekt : WP Volkmarsdorf		Konus Nr. : S15CFIL1782
	Ort : Twülpstedt		Projekt Nr. : 321-005
			CPT Nr. : WEA1 CPT2
			1/1

Anlage 2.2.3

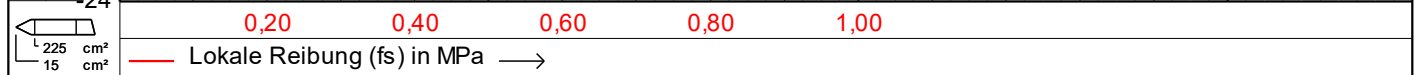
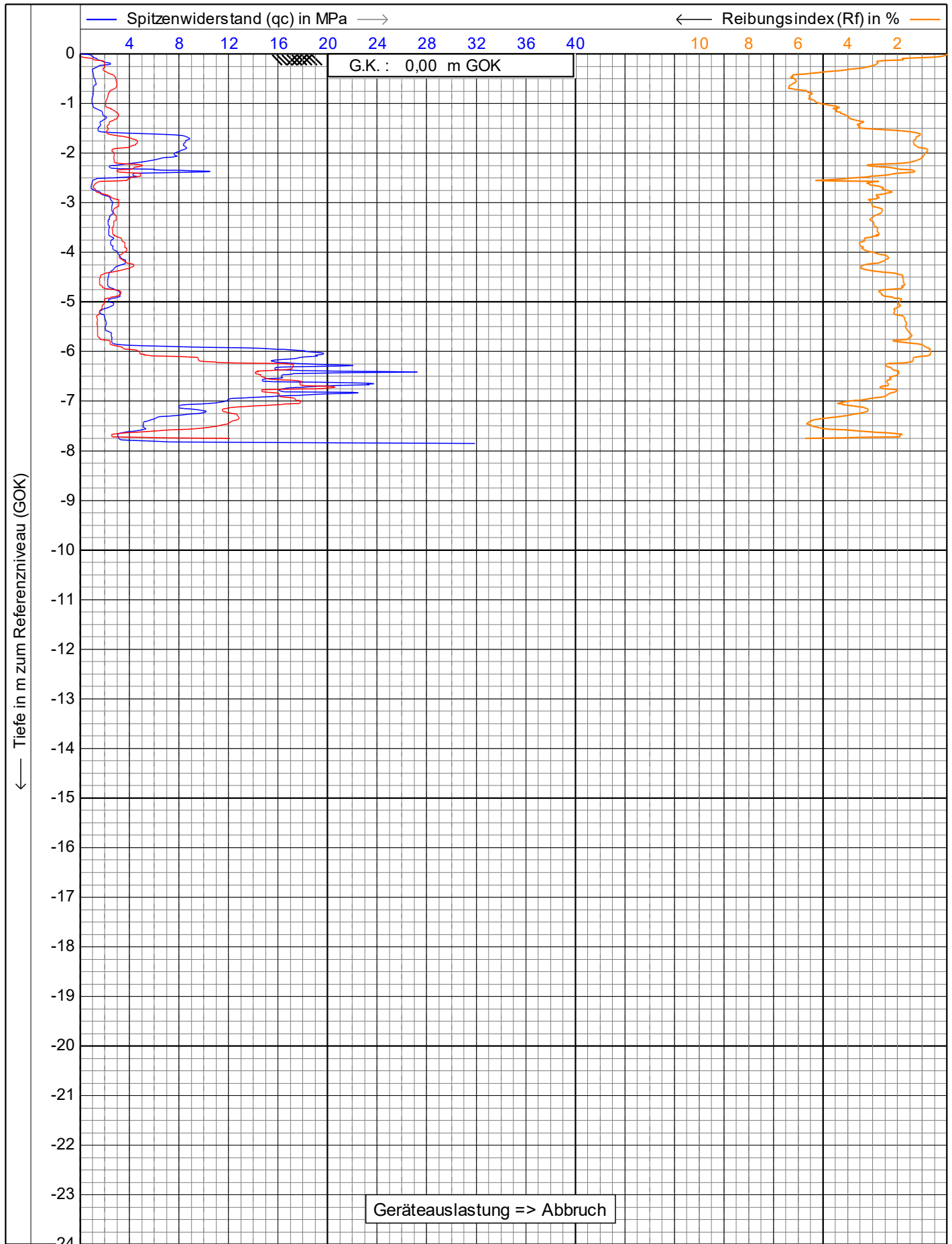


225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>

	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>03.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT KSF1</b> 1/1	

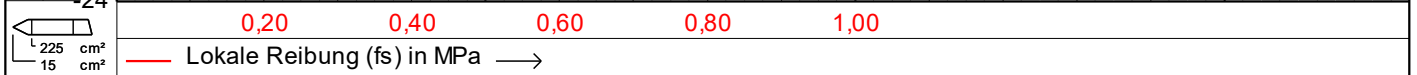
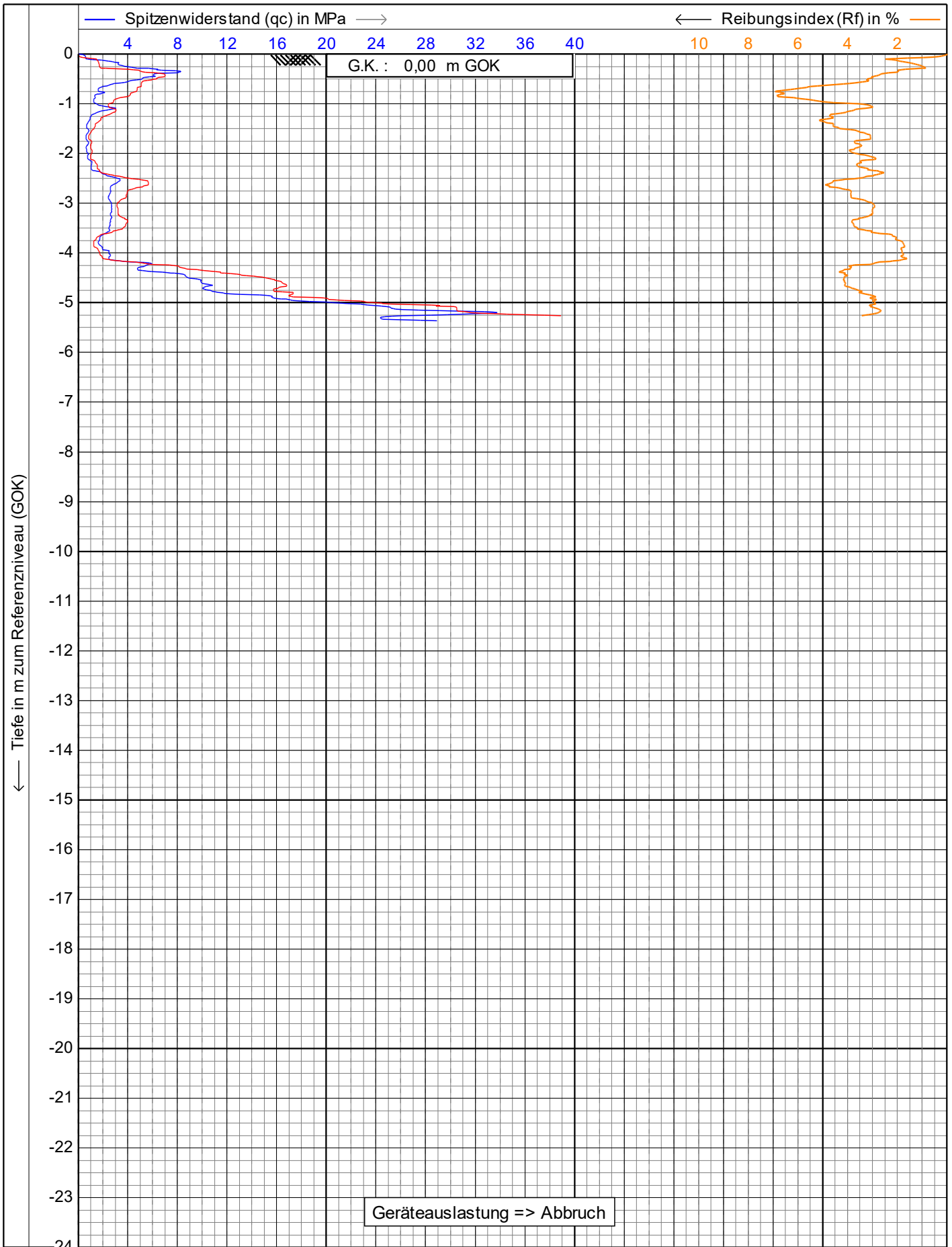


Anlage 2.2.4



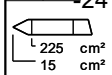
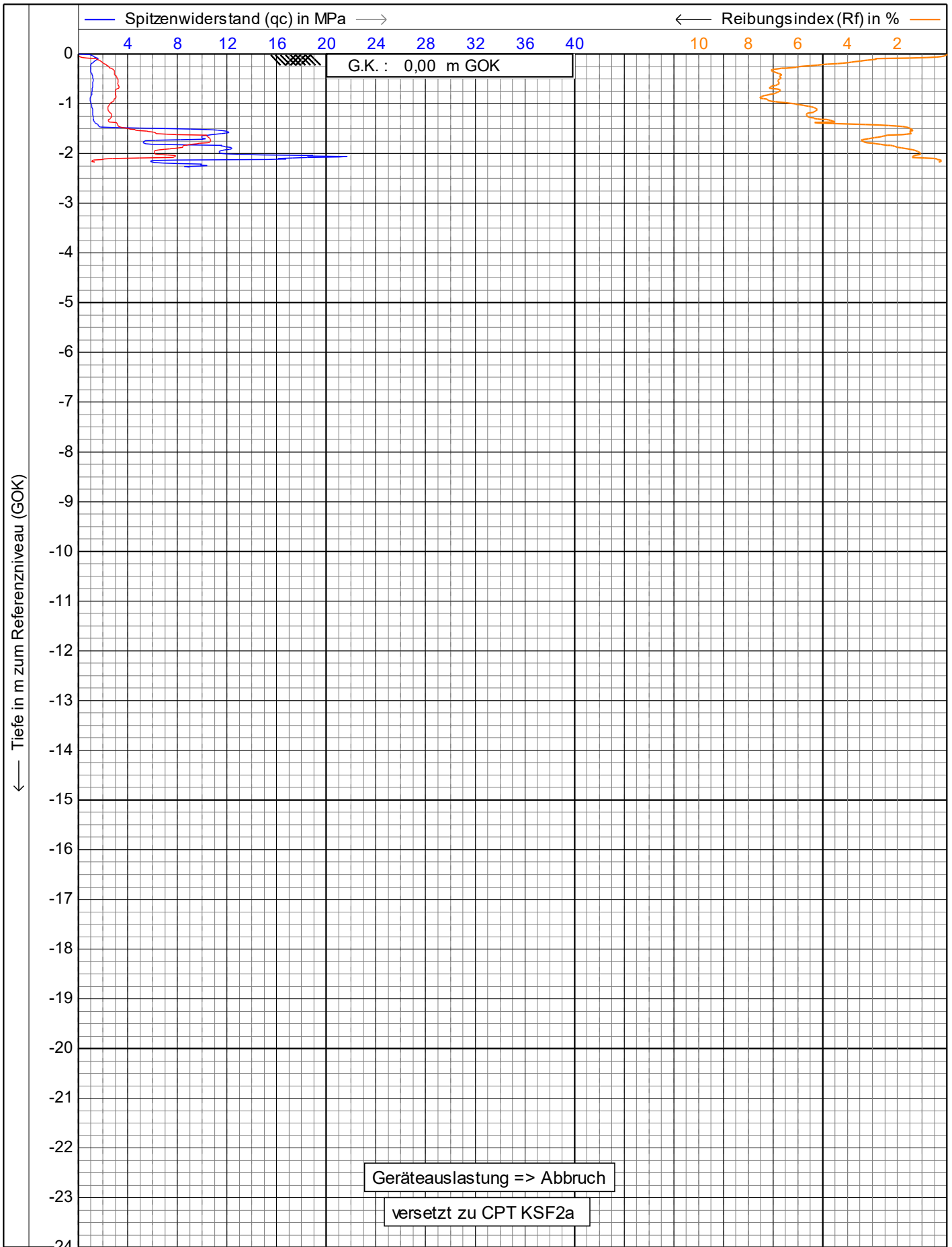
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>WEA2 CPT1</b>   1/1	

Anlage 2.2.5



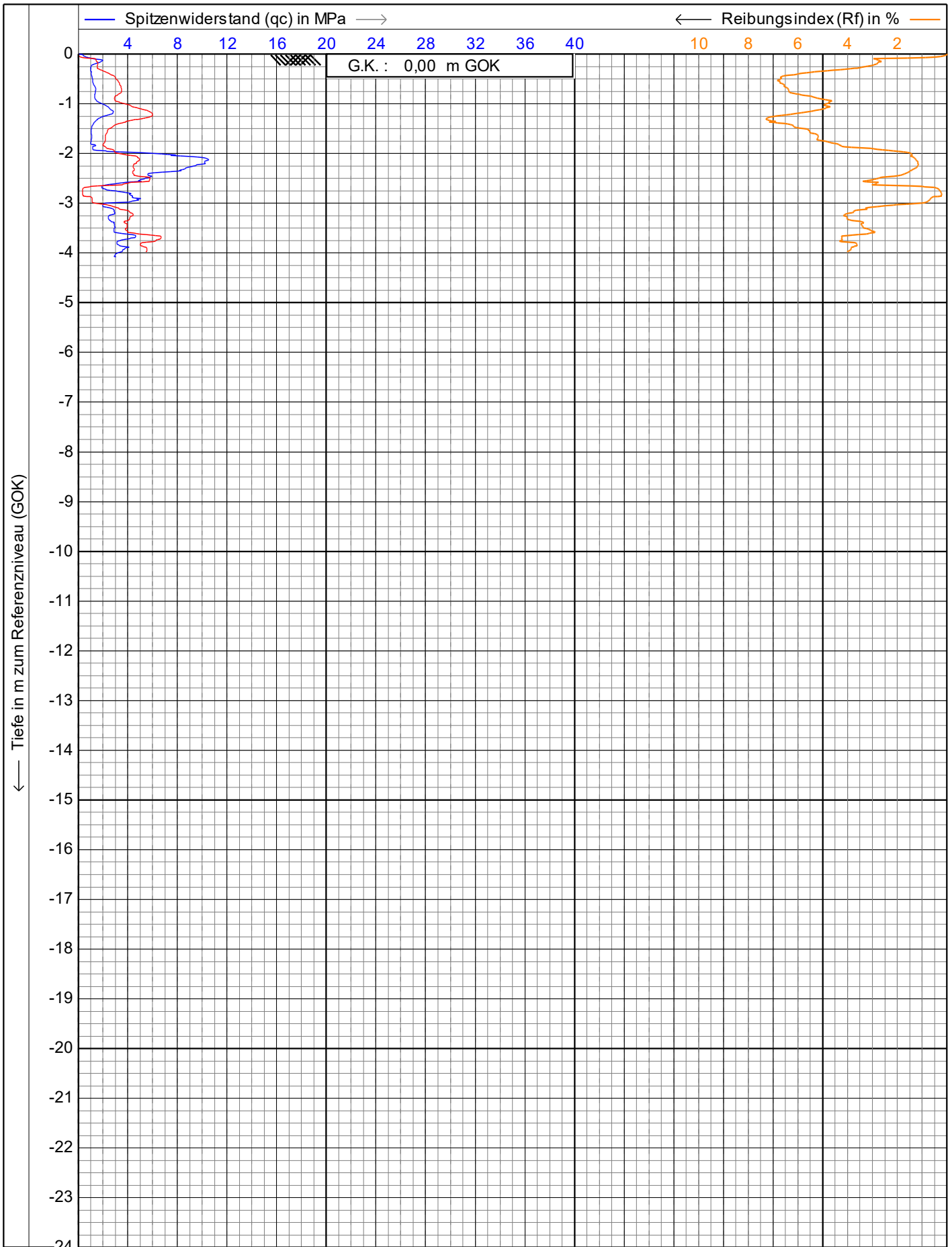
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>
			CPT Nr. : <b>WEA2 CPT2</b>
			<b>1/1</b>

Anlage 2.2.6



	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT KSF2</b> 1/1	

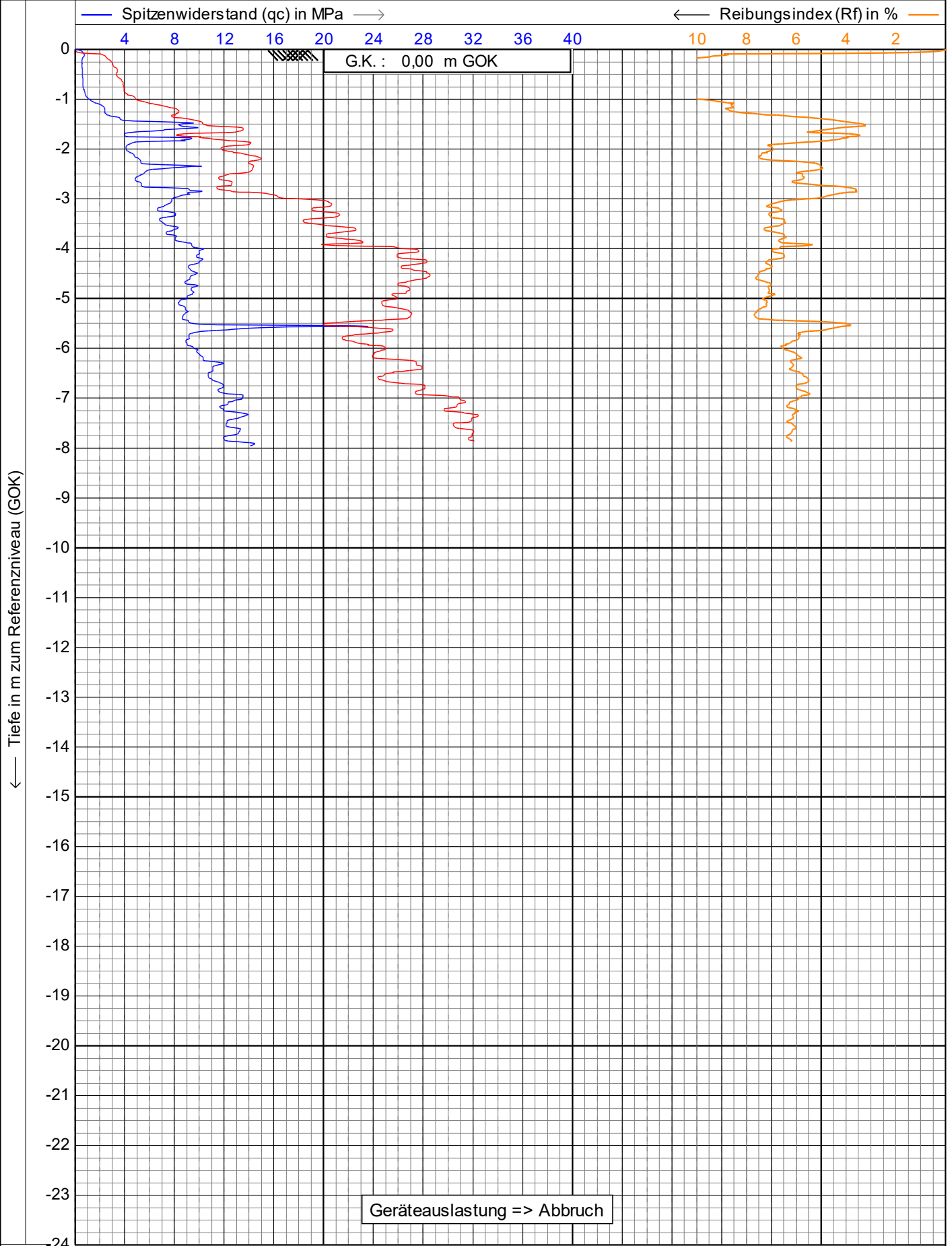
Anlage 2.2.7



225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>

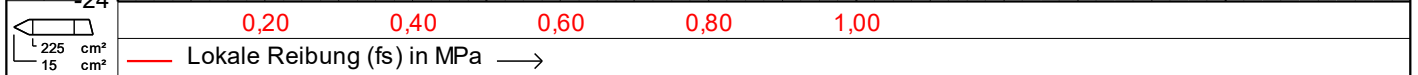
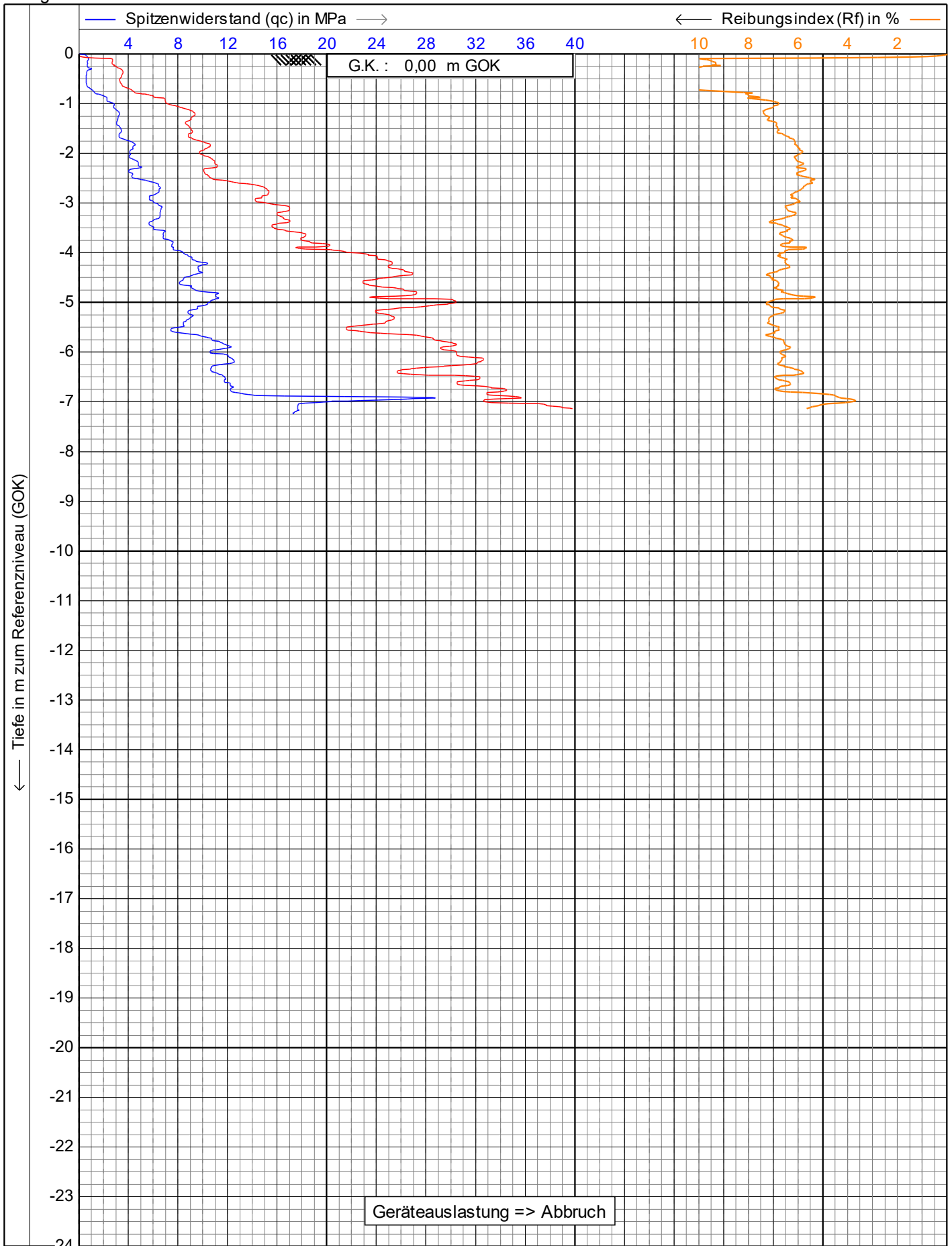
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFil.1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT KSF2a</b>	1/1

Anlage 2.2.8



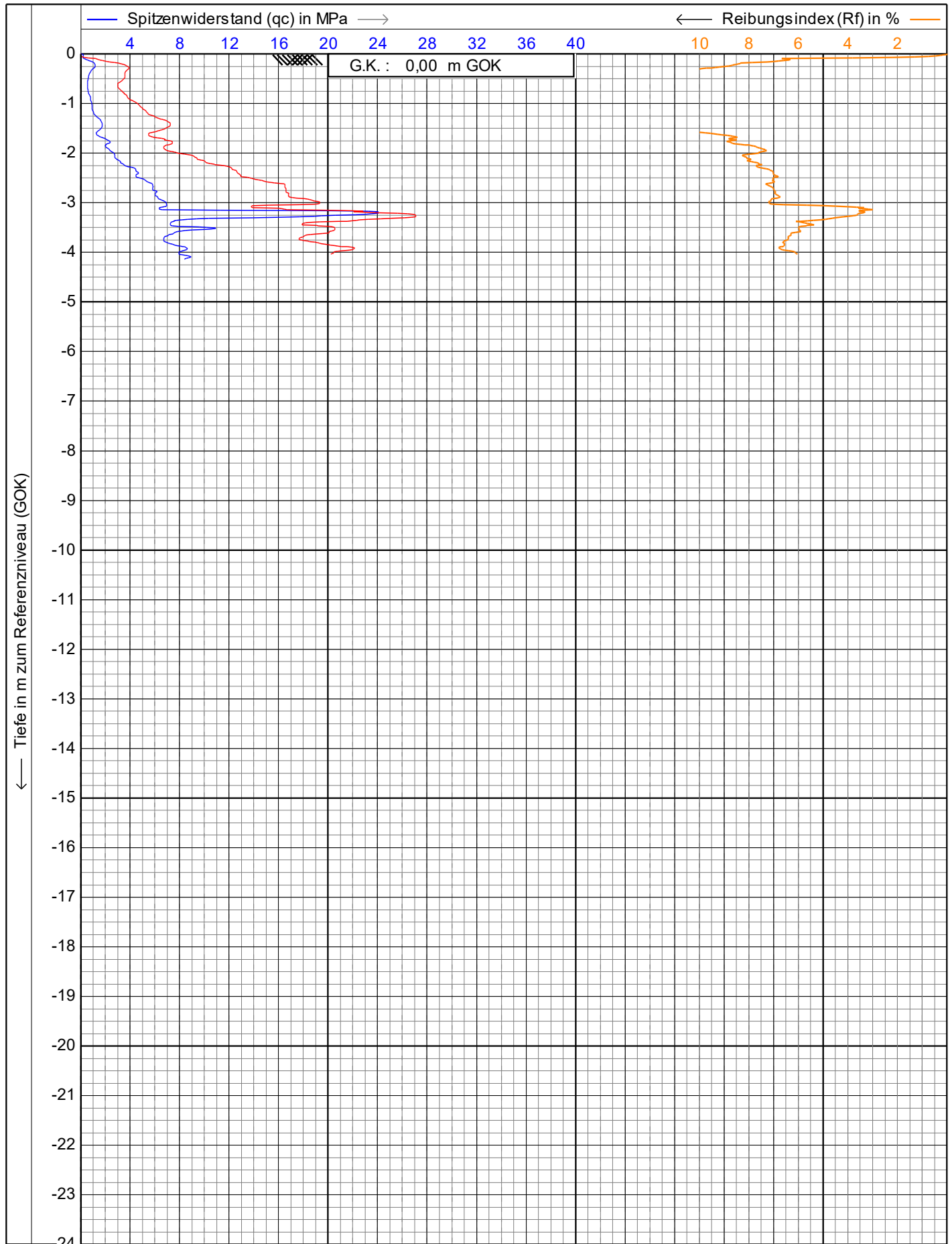
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>01.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>WEA3 CPT1</b>	
			1/1	

Anlage 2.2.9



	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : 01.02.2021
	Projekt : WP Volkmarsdorf		Konus Nr. : S15CFIL1782
	Ort : Twülpstedt		Projekt Nr. : 321-005
			CPT Nr. : WEA3 CPT2
			1/1

Anlage 2.2.10

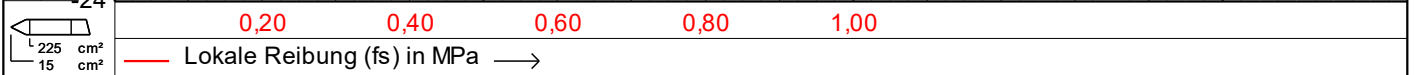
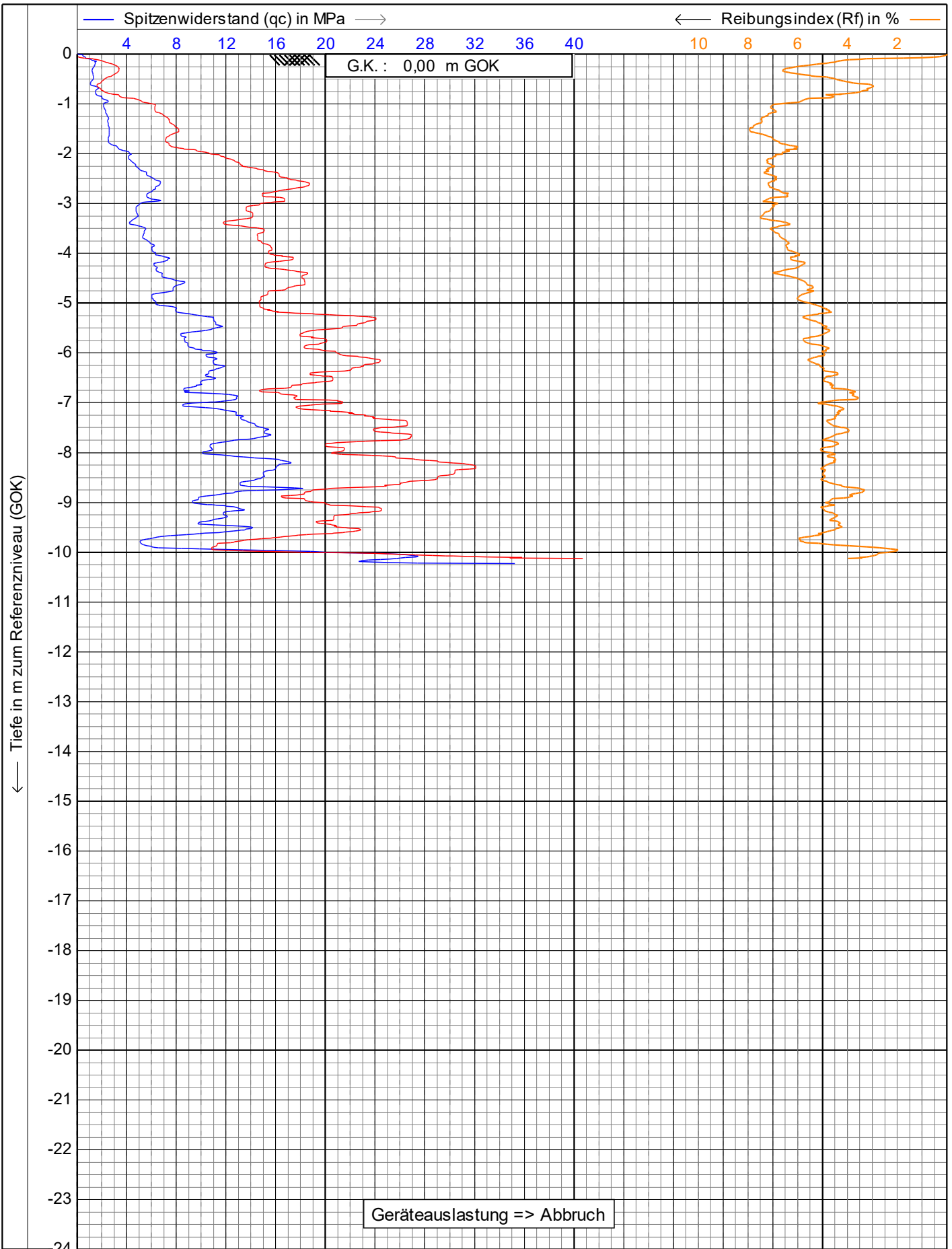


225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>

**GTC**

Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1  
 Projekt : **WP Volkmarsdorf**  
 Ort : **Twülpstedt**

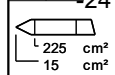
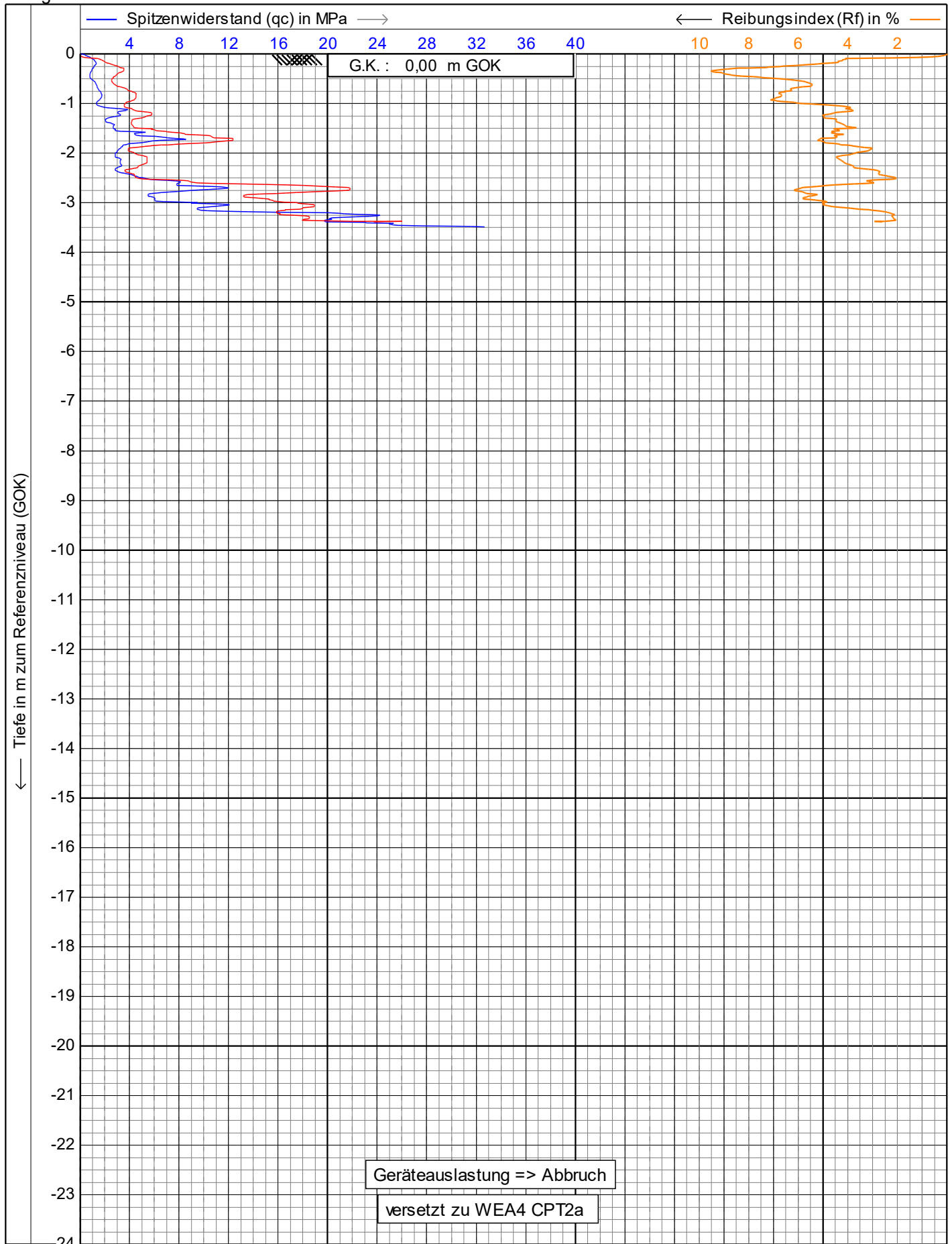
Datum : **01.02.2021**  
 Konus Nr. : **S15CFIL1782**  
 Projekt Nr. : **321-005**  
 CPT Nr. : **CPT KSF3** 1/1



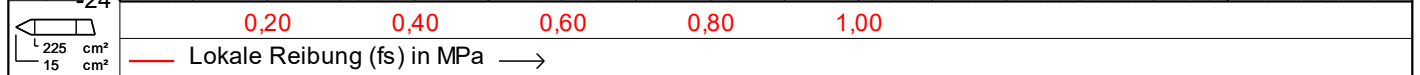
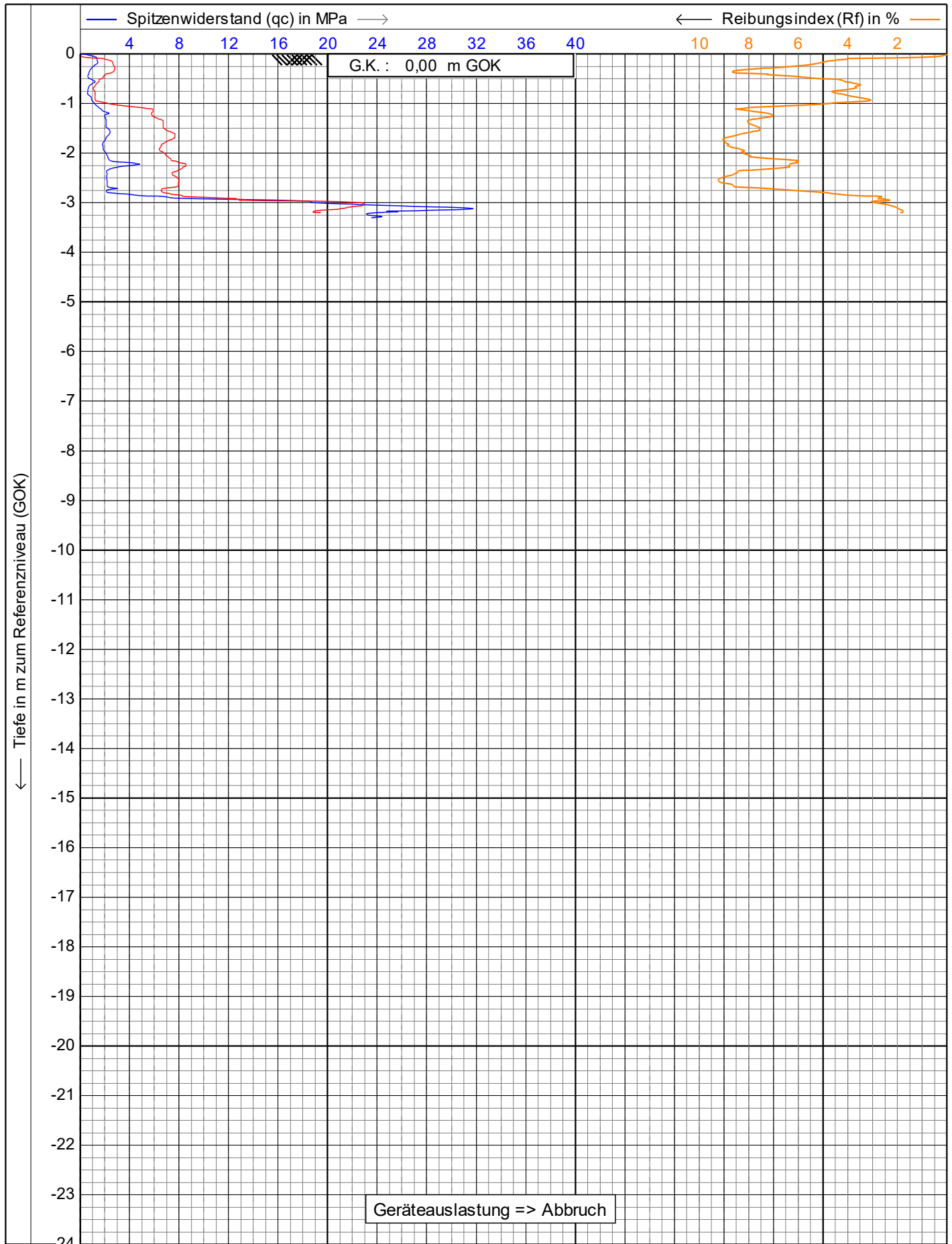
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>WEA4 CPT1</b>	
			1/1	



Anlage 2.2.12

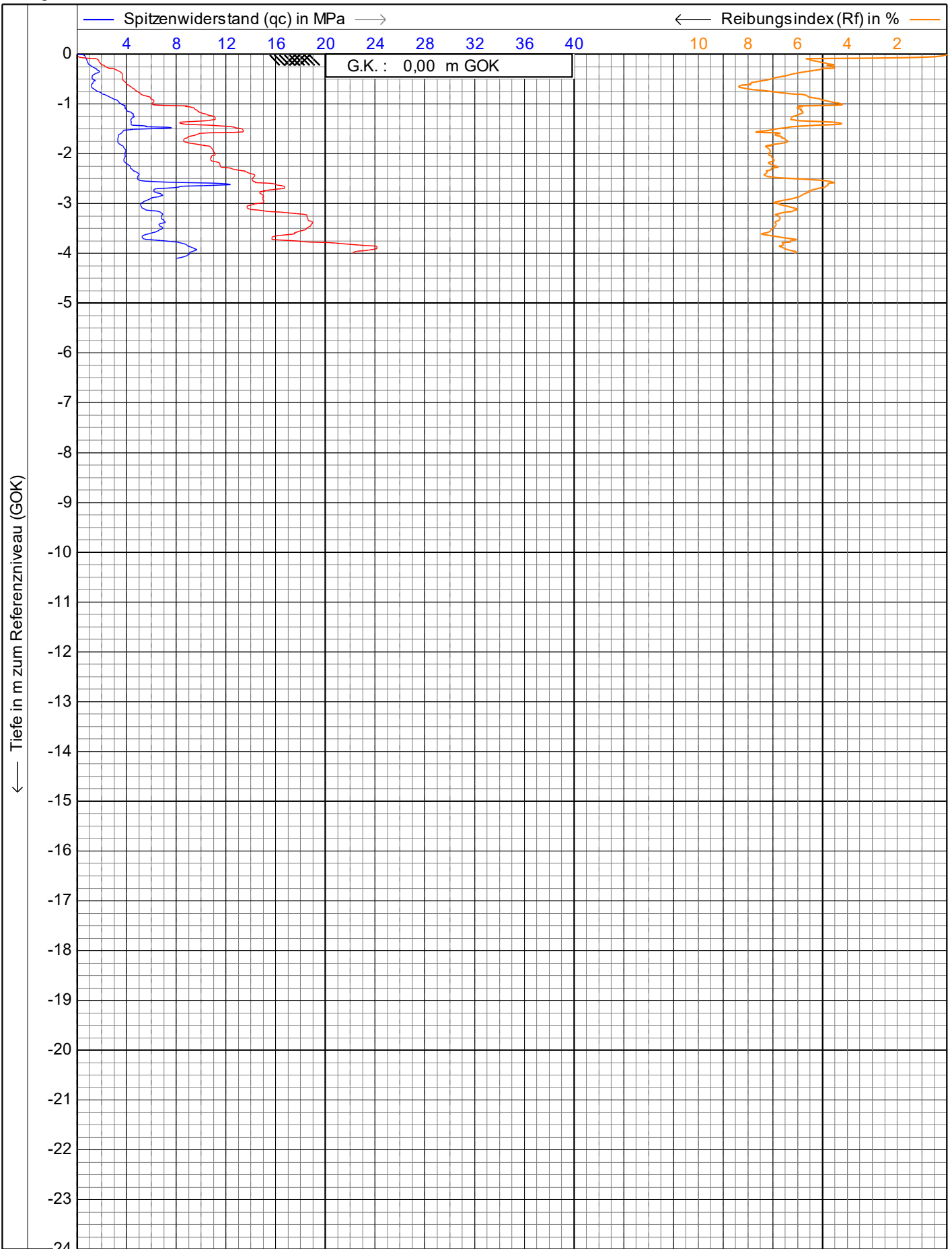


	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>WEA4 CPT2</b> 1/1	



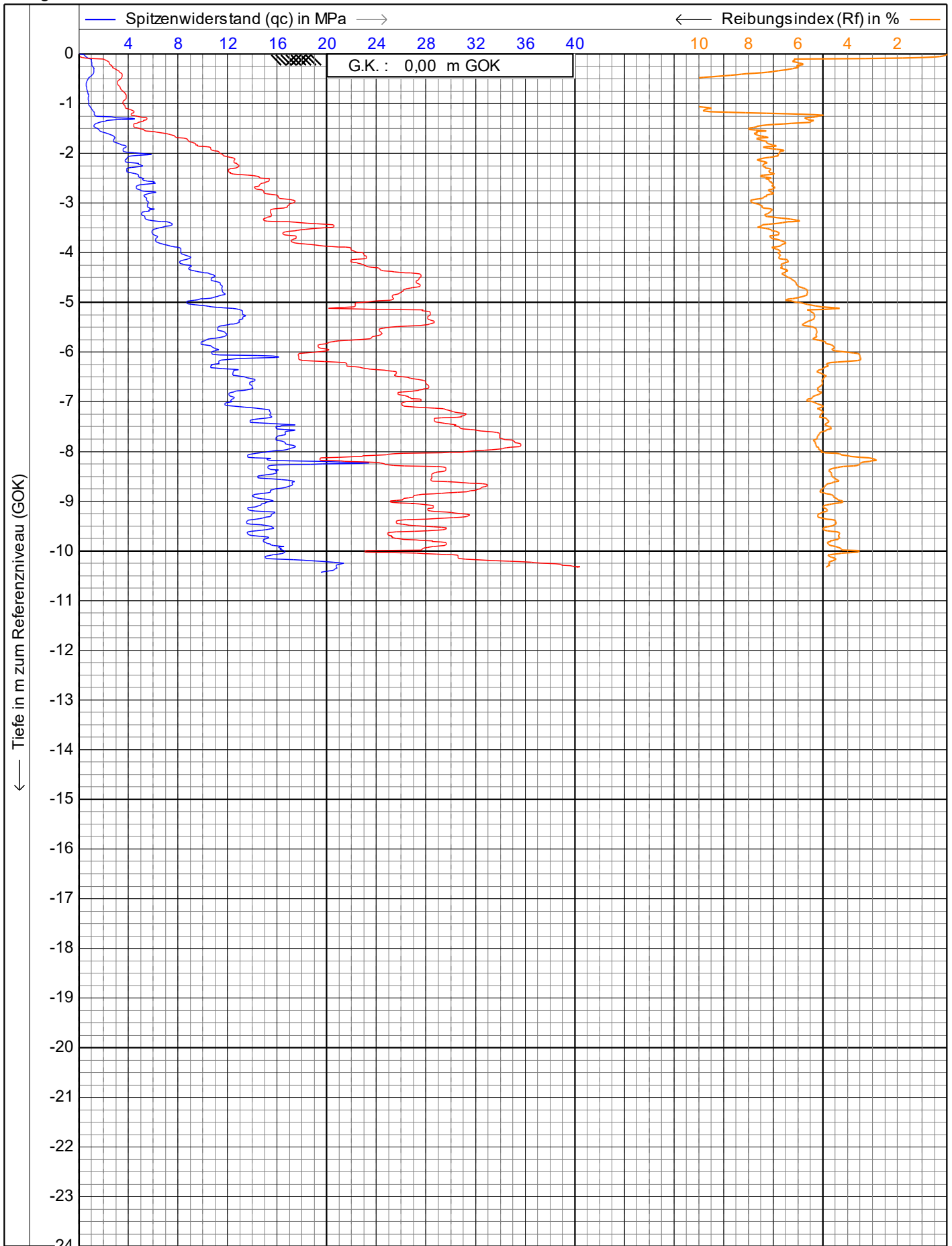
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>WEA4 CPT2a</b>   1/1	

Anlage 2.2.14



225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>

	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>01.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT KSF4</b> 1/1	

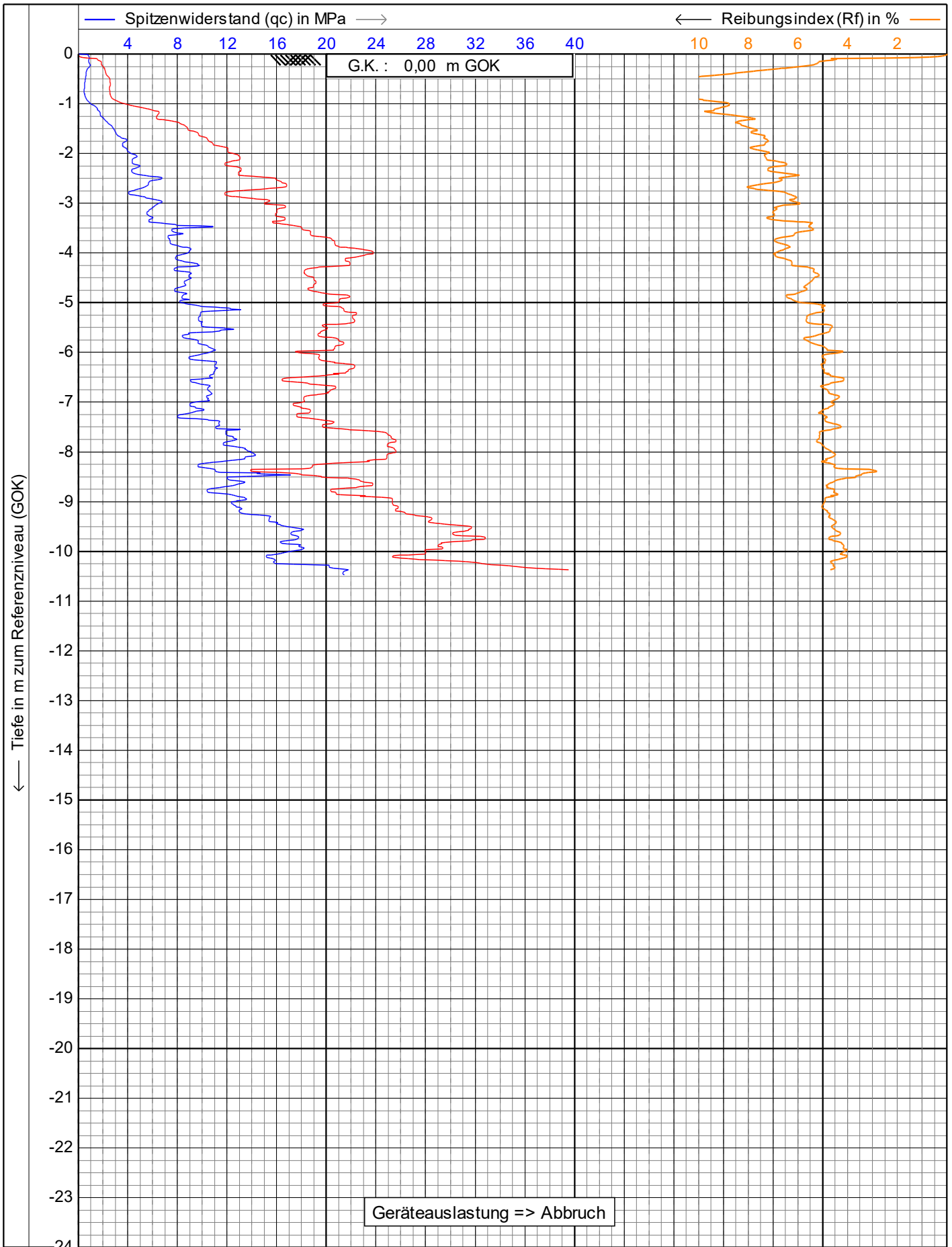


225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>



Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1  
 Projekt : **WP Volkmarsdorf**  
 Ort : **Twülpstedt**

Datum : **02.02.2021**  
 Konus Nr. : **S15CFIL1782**  
 Projekt Nr. : **321-005**  
 CPT Nr. : **WEA5 CPT1** 1/1

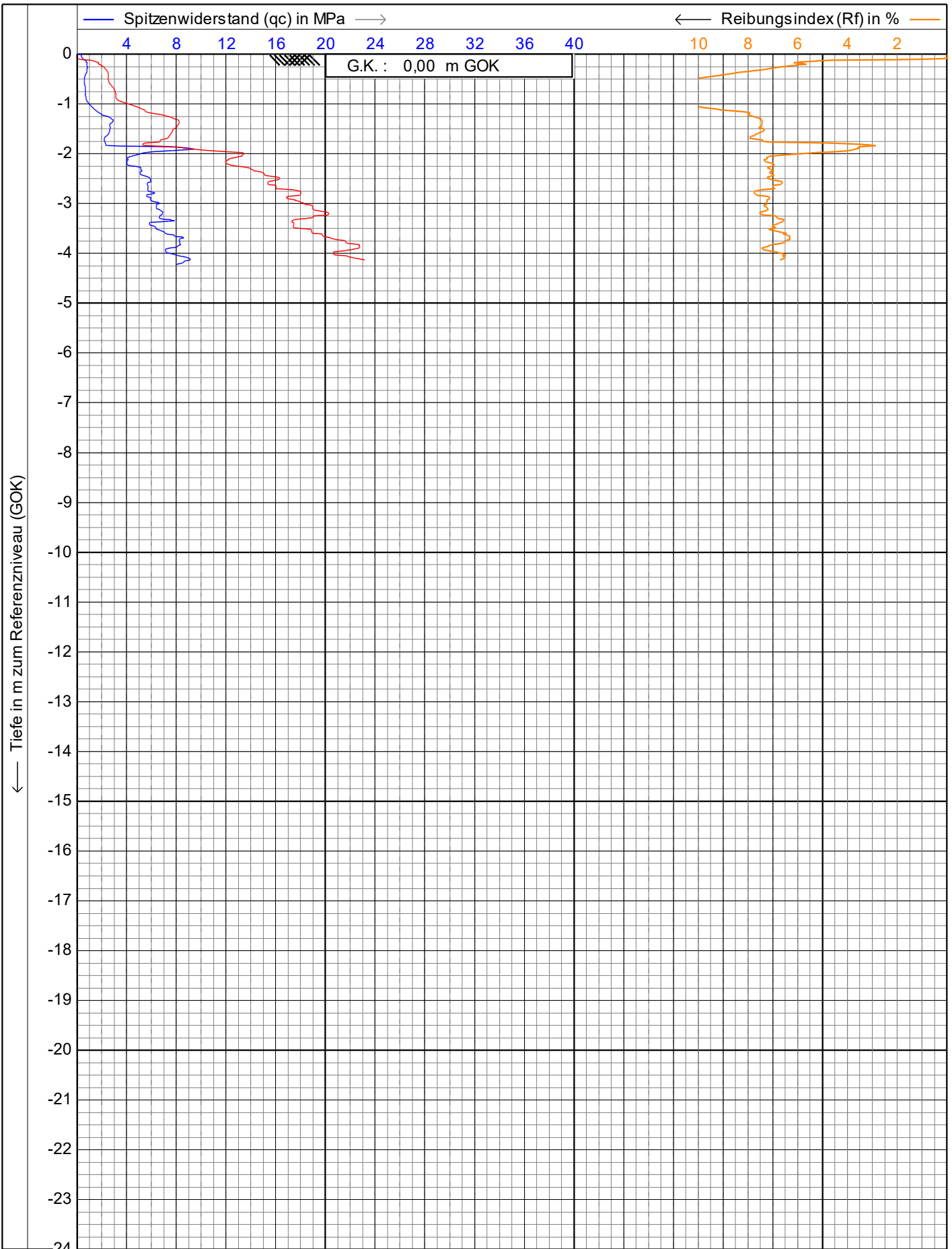


225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>

**GTC**

Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1  
 Projekt : **WP Volkmarsdorf**  
 Ort : **Twülpstedt**

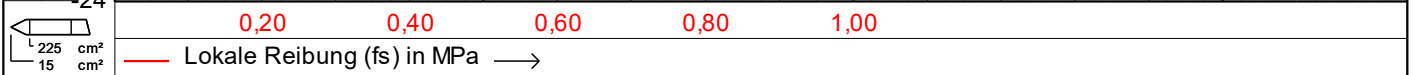
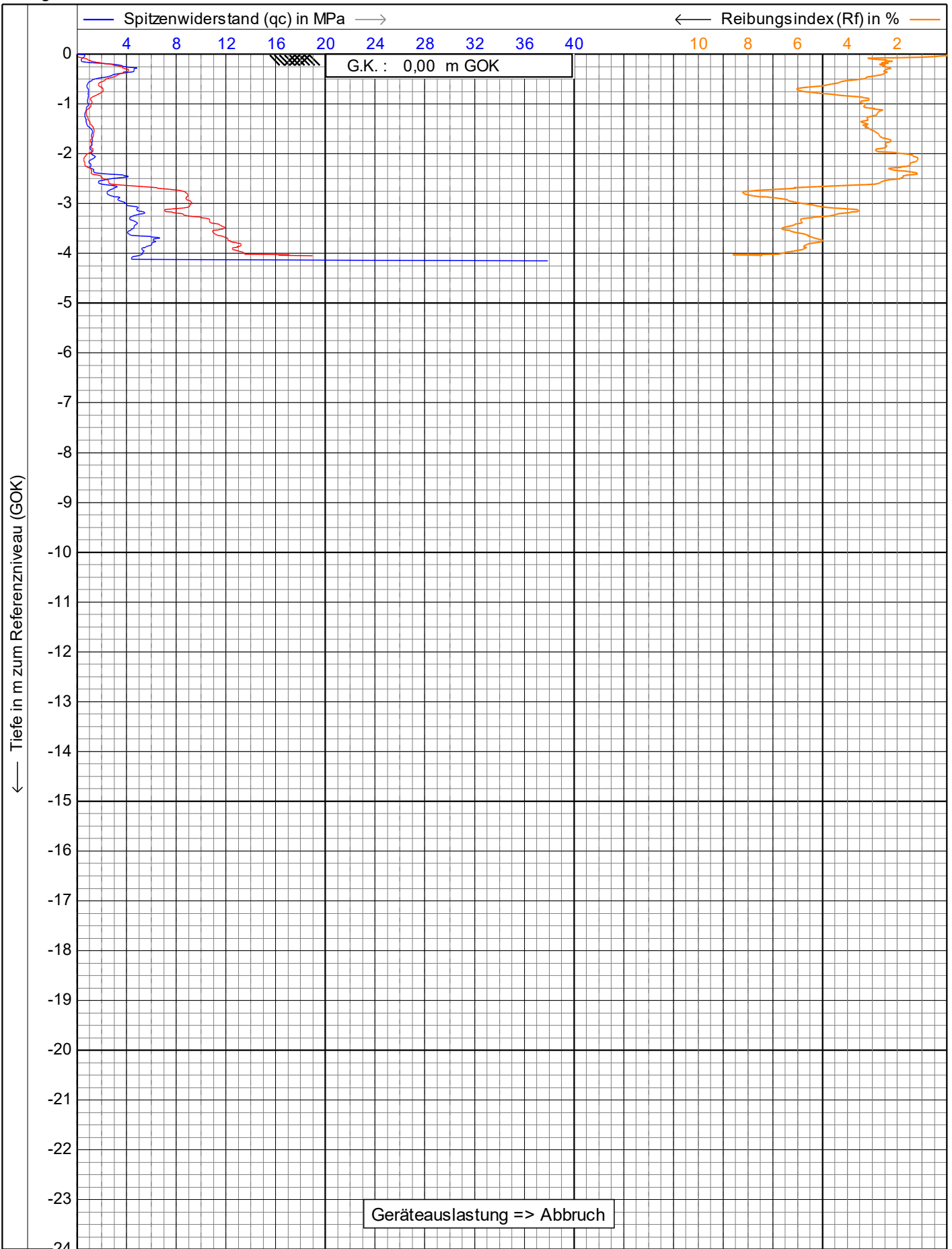
Datum : **02.02.2021**  
 Konus Nr. : **S15CFil.1782**  
 Projekt Nr. : **321-005**  
 CPT Nr. : **WEA5 CPT2** 1/1



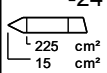
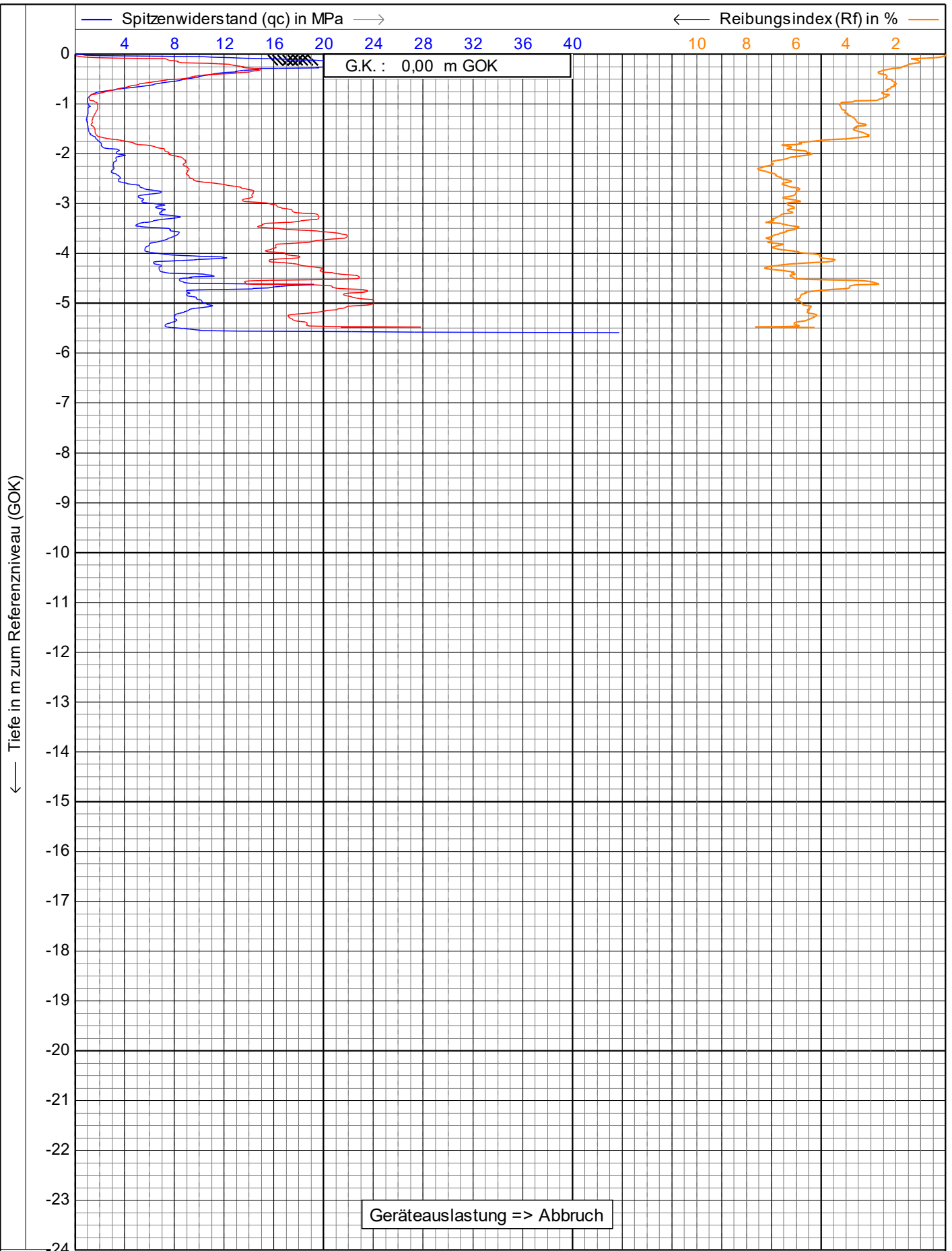
225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>

	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>
			CPT Nr. : <b>CPT KSF5</b> 1/1

Anlage 2.2.18

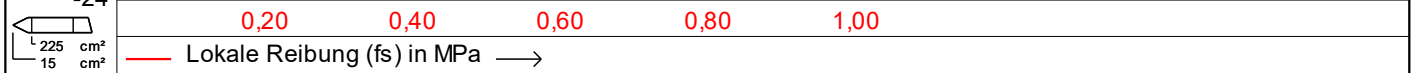
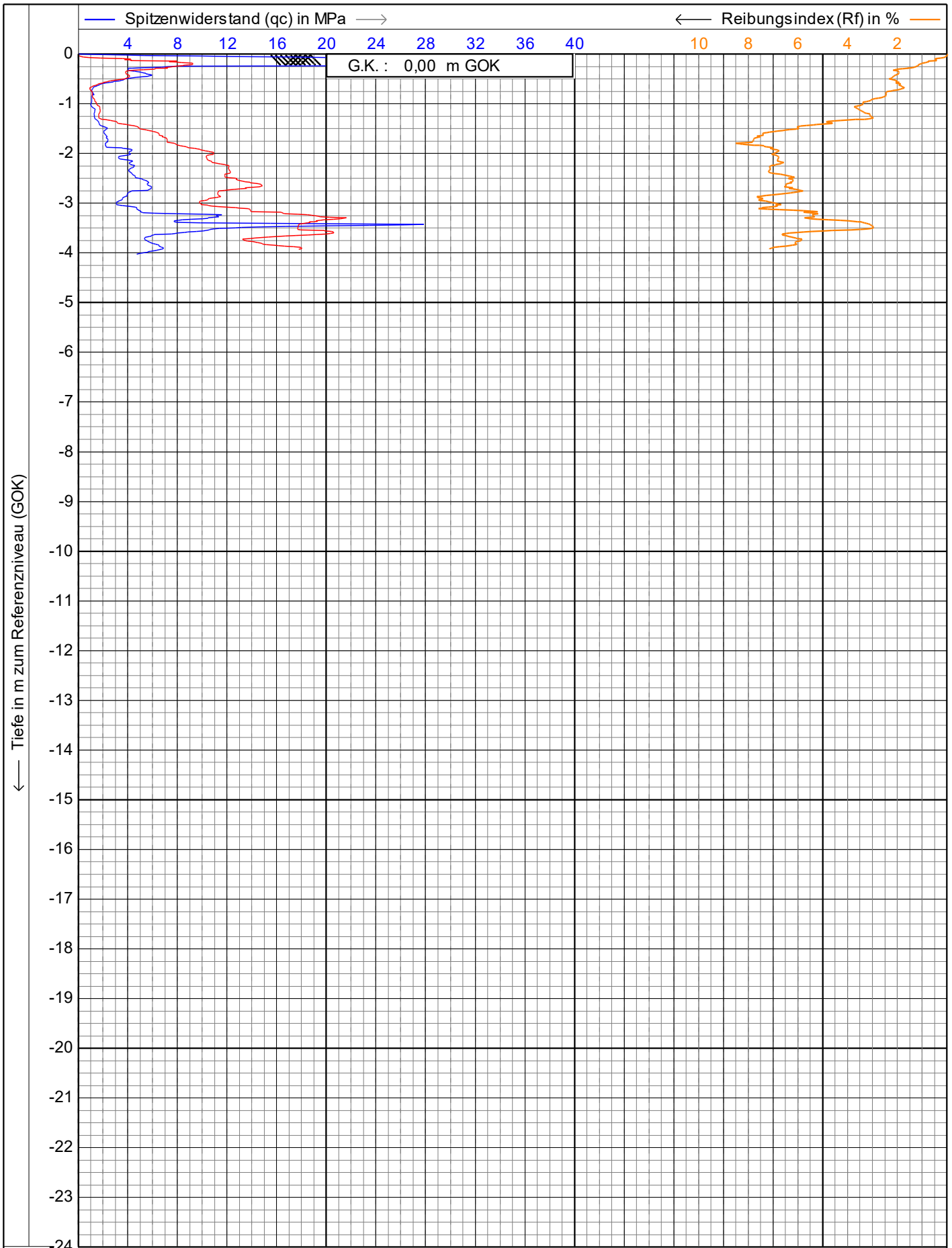


	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : 12.02.2021	
	Projekt : WP Volkmarsdorf		Konus Nr. : S15CFIL1782	
			Projekt Nr. : 321-005	
	Ort : Twülpstedt		CPT Nr. : WEA6 CPT1	1/1



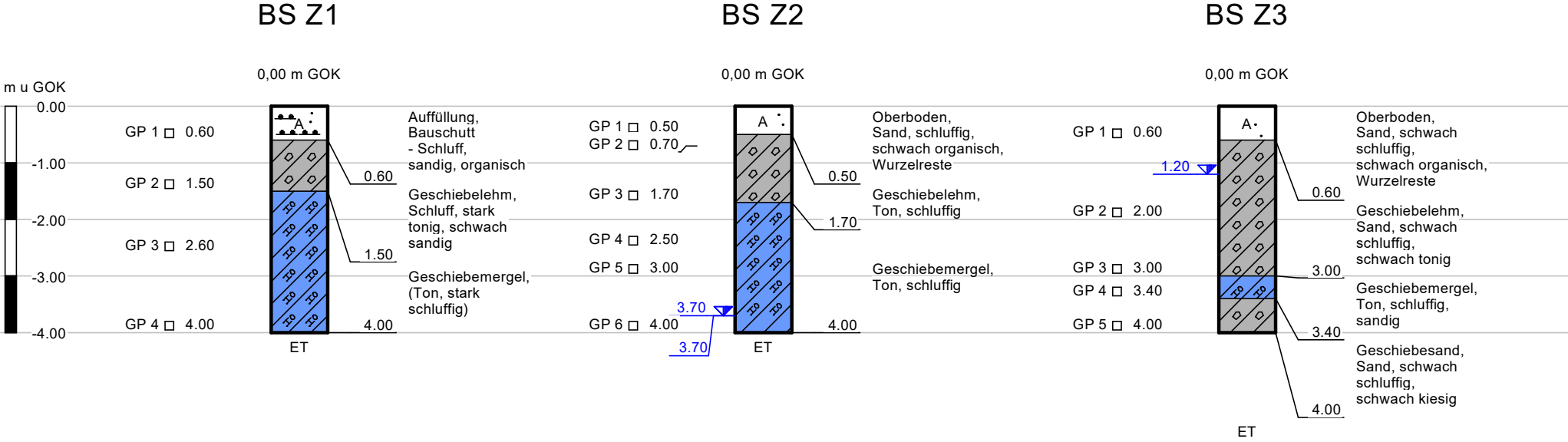
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : 12.02.2021	
	Projekt : WP Volkmarsdorf		Konus Nr. : S15CFIL1782	
	Ort : Twülpstedt		Projekt Nr. : 321-005	
			CPT Nr. : WEA6 CPT2 1/1	





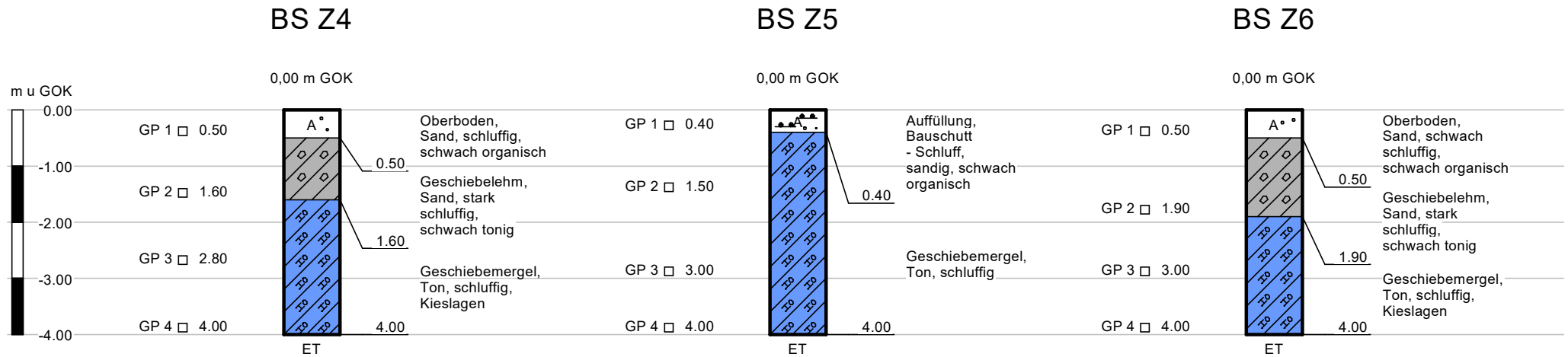
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : 12.02.2021
	Projekt : WP Volkmarsdorf		Konus Nr. : S15CFIL1782
	Ort : Twülpstedt		Projekt Nr. : 321-005
			CPT Nr. : CPT KSF6
			1/1

# Bodenprofile - WP Volkmarsdorf Zuwegungen



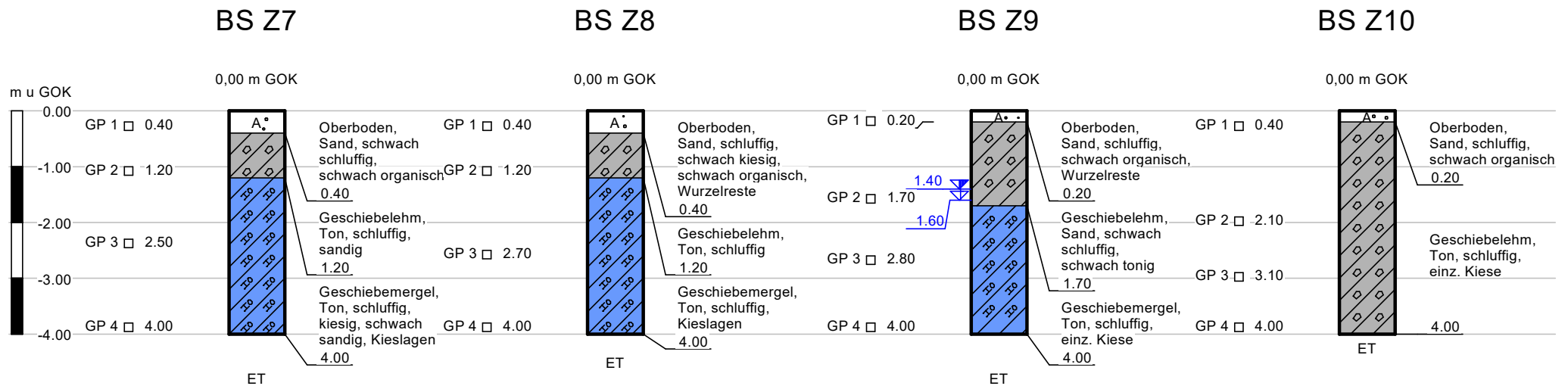
<b>IGU mbH</b> Im Neuen Felde 109 D - 29525 Uelzen www.igu-uelzen.de	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen  nach DIN 4023	Bericht Nr. 3520076
		Anlage Nr. 3.1.2

## Bodenprofile - WP Volkmarsdorf Zuwegungen

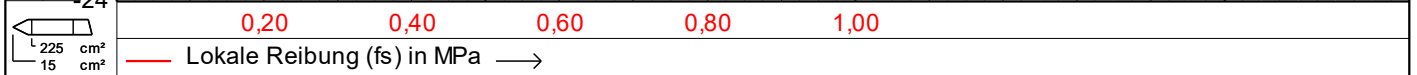
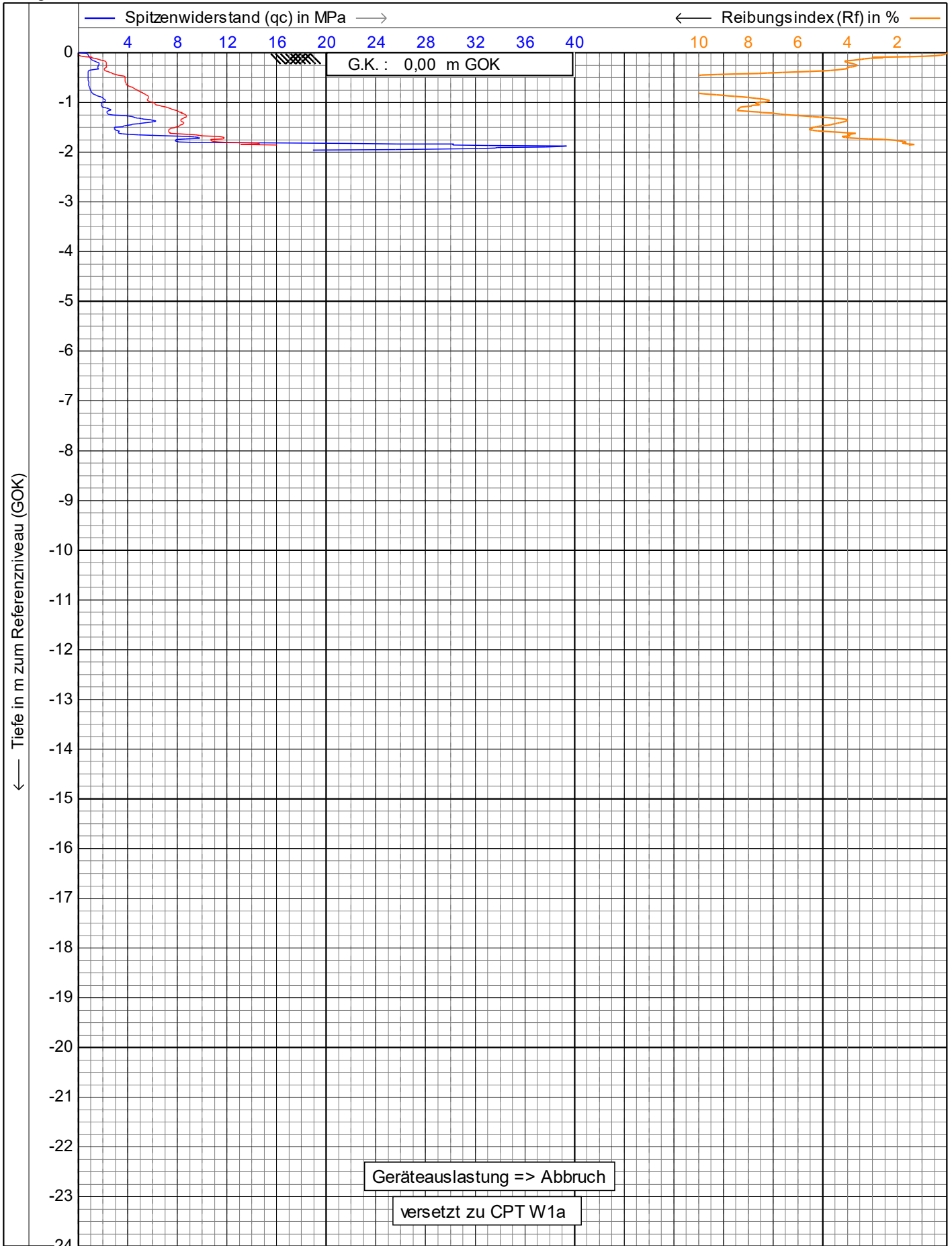


<b>IGU mbH</b> Im Neuen Felde 109 D - 29525 Uelzen www.igu-uelzen.de	Zeichnerische Darstellung von Bohrprofilen  nach DIN 4023	Bericht Nr. 3520076
		Anlage Nr. 3.1.3

## Bodenprofile - WP Volkmarsdorf Zuwegungen

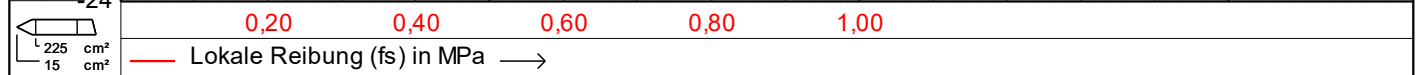
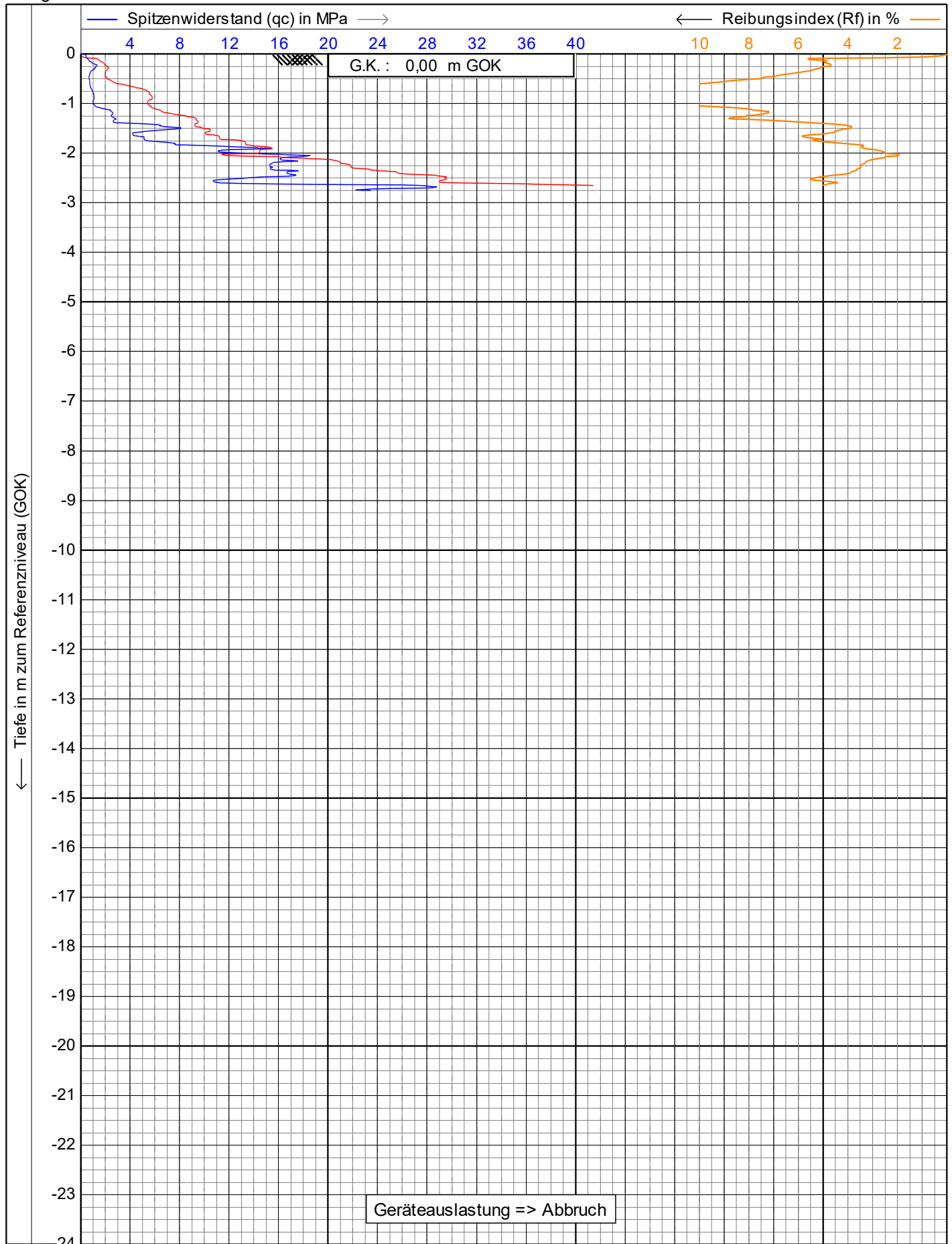


Anlage 3.2.1



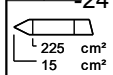
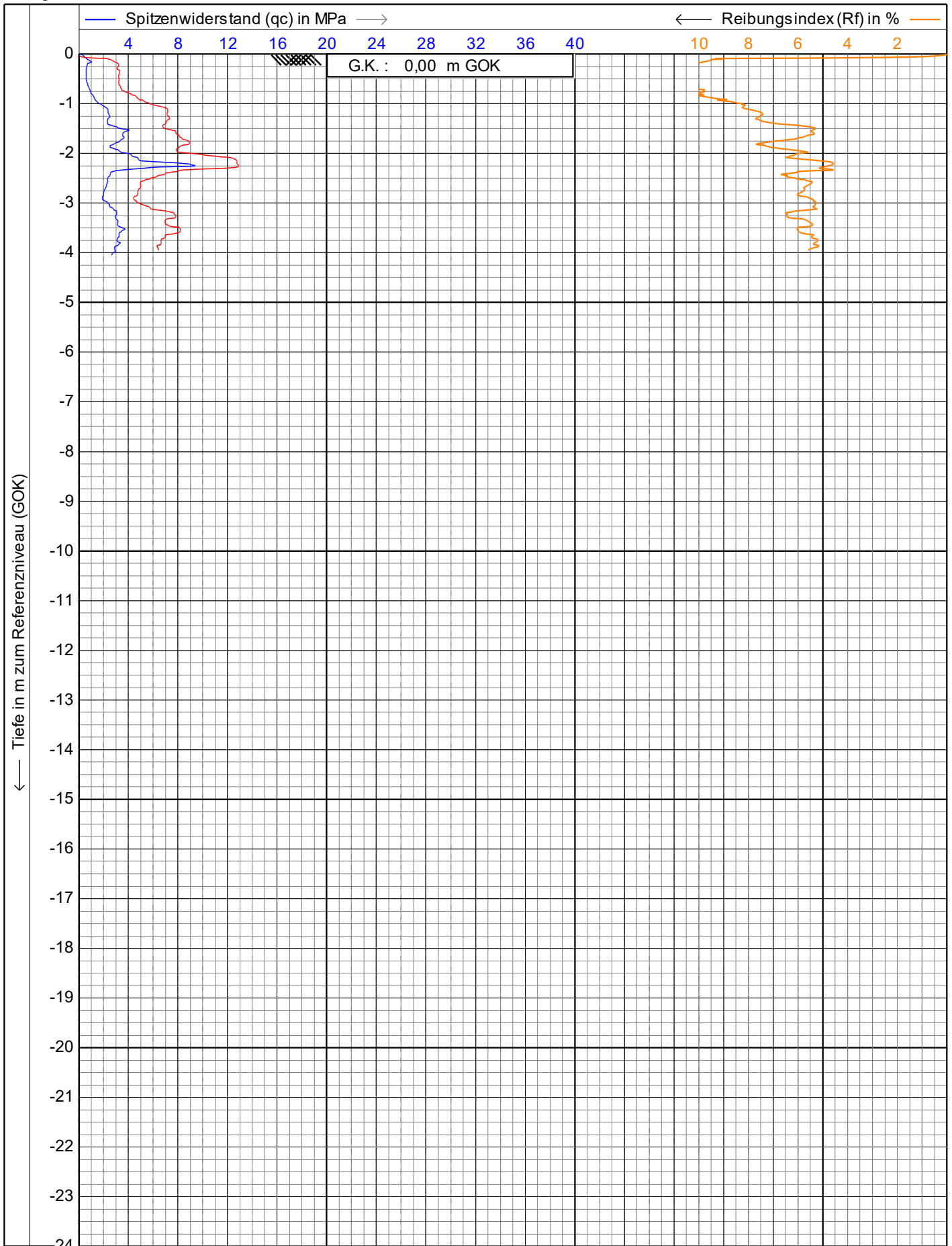
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1	Datum : 01.02.2021
	Projekt : WP Volkmarsdorf	Konus Nr. : S15CFIL1782
	Ort : Twülpstedt	Projekt Nr. : 321-005
		CPT Nr. : CPT W1 1/1

Anlage 3.2.2



	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>01.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT W1a</b> 1/1	

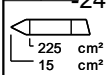
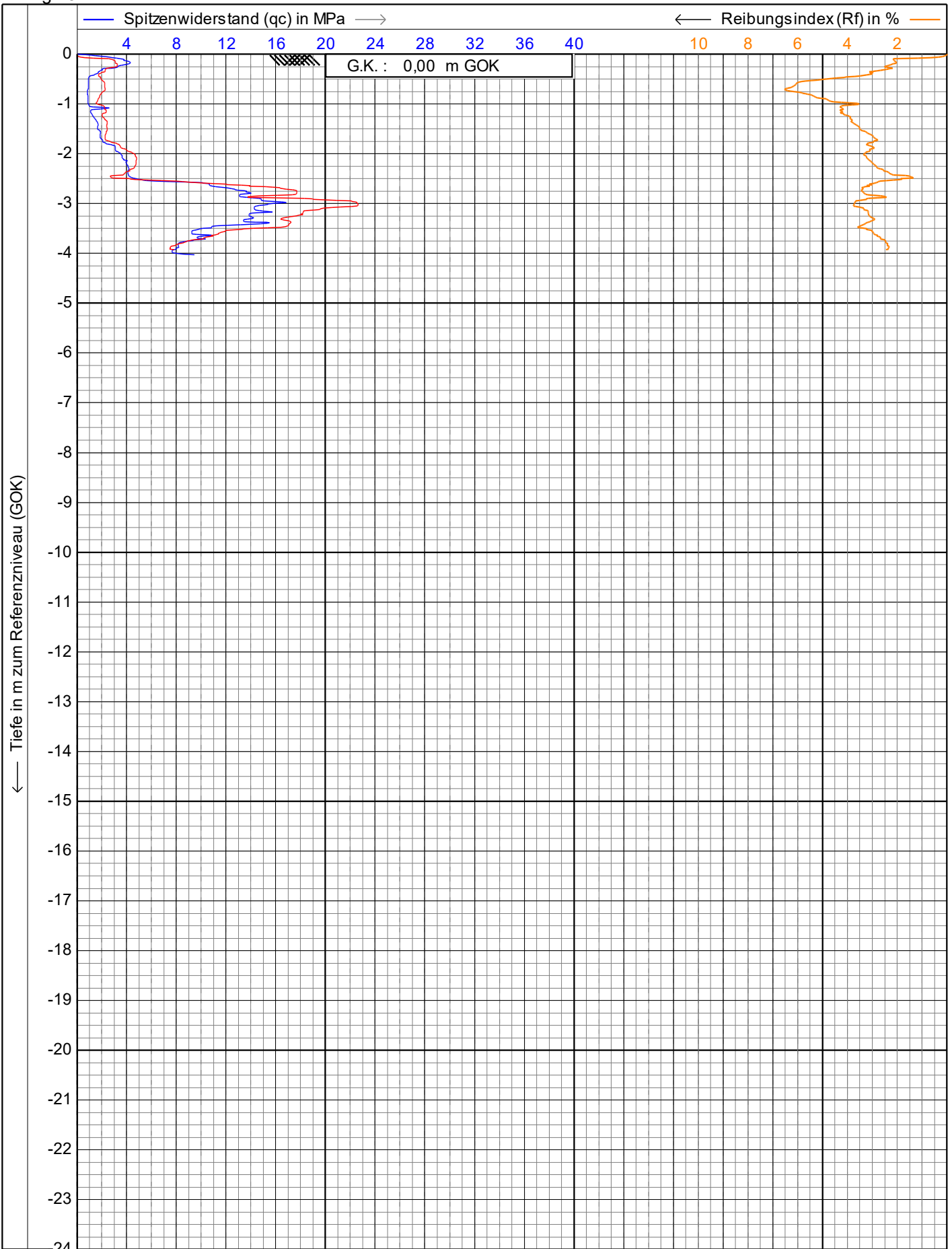
Anlage 3.2.3



0,20 0,40 0,60 0,80 1,00

	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>01.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT W2</b> 1/1	

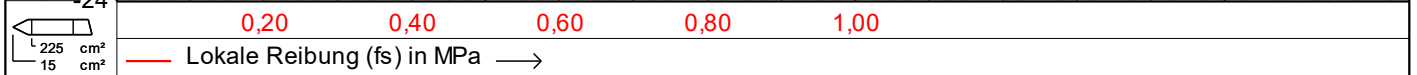
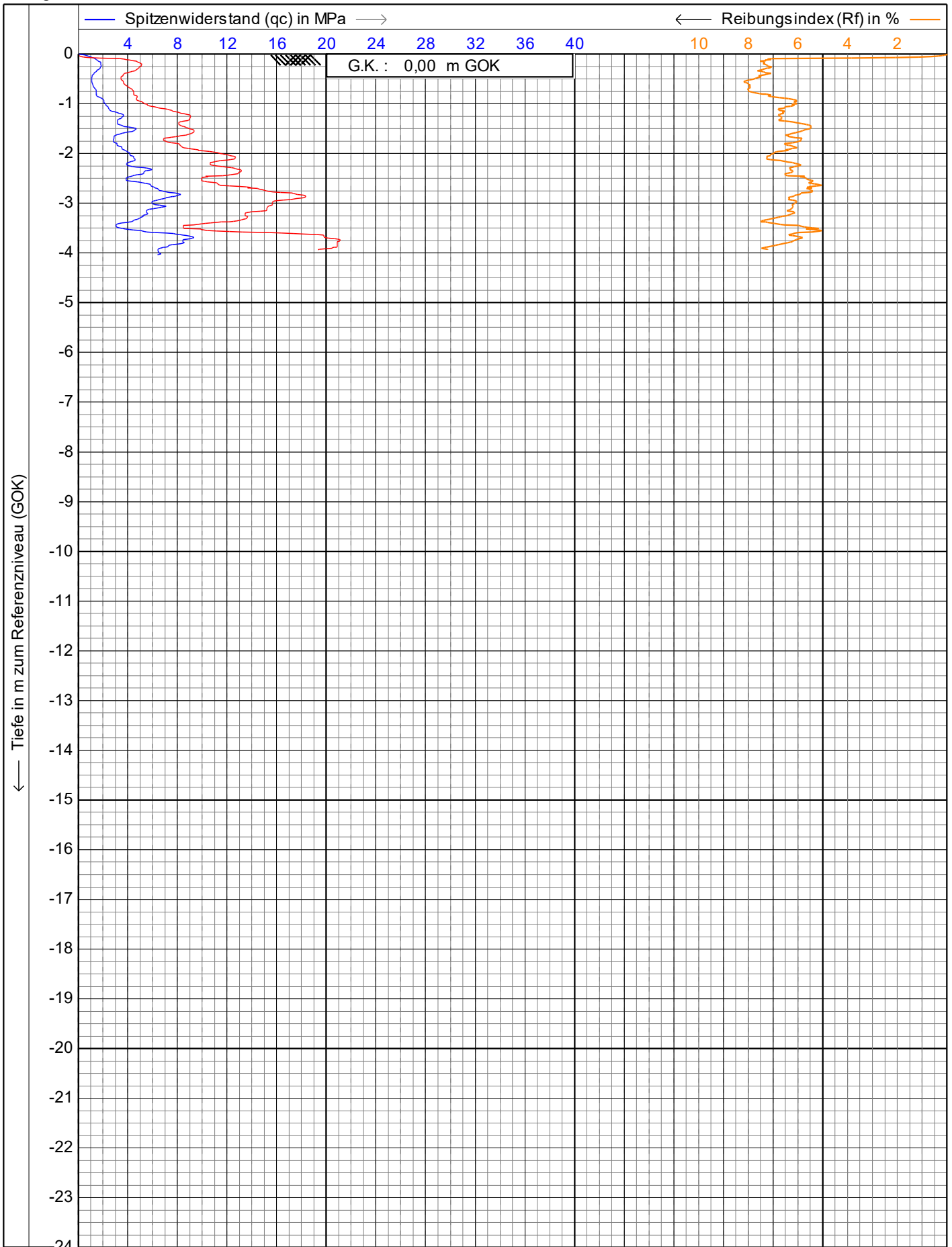
Anlage 3.2.4



	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT W3</b> 1/1	

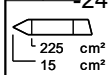
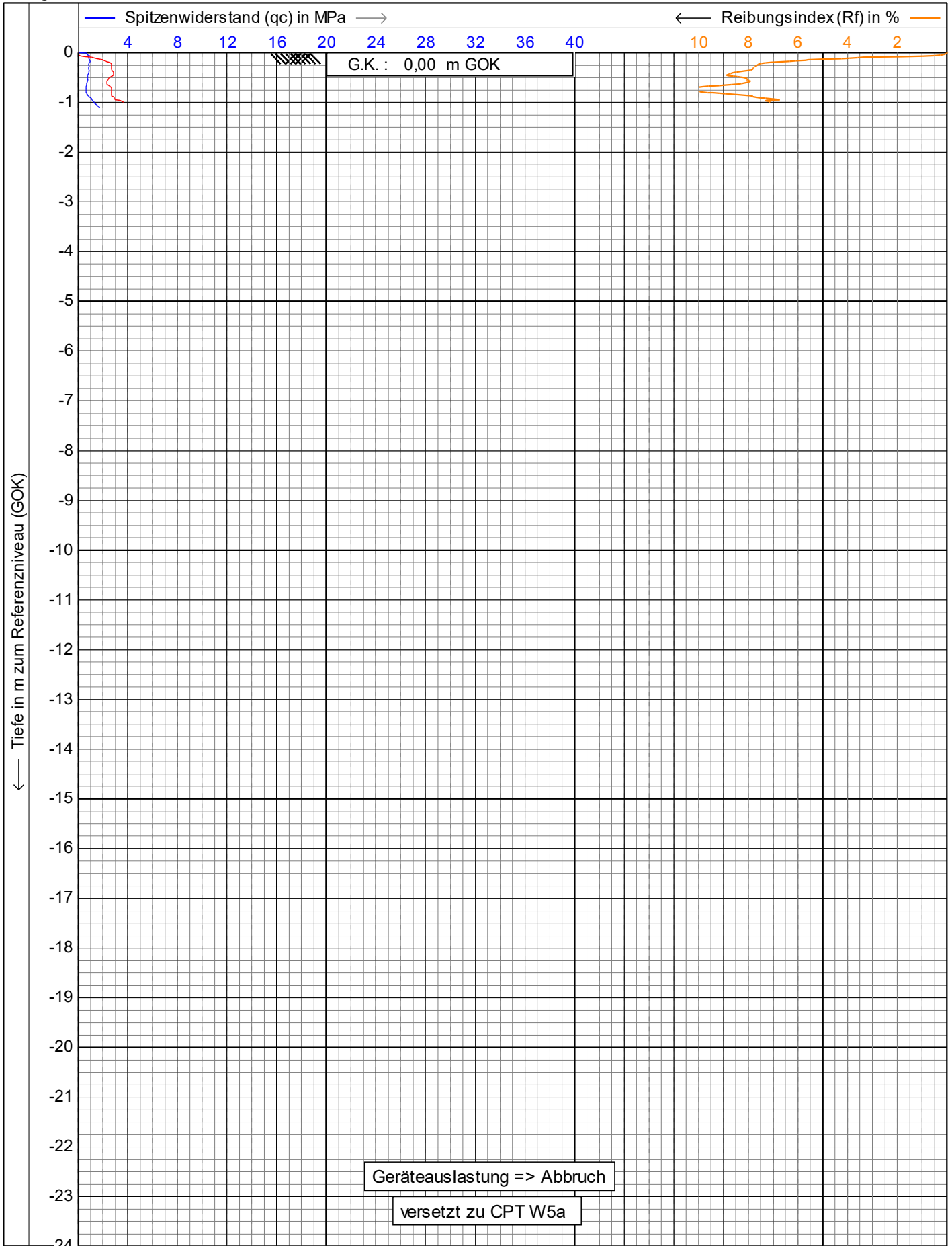


Anlage 3.2.5



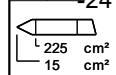
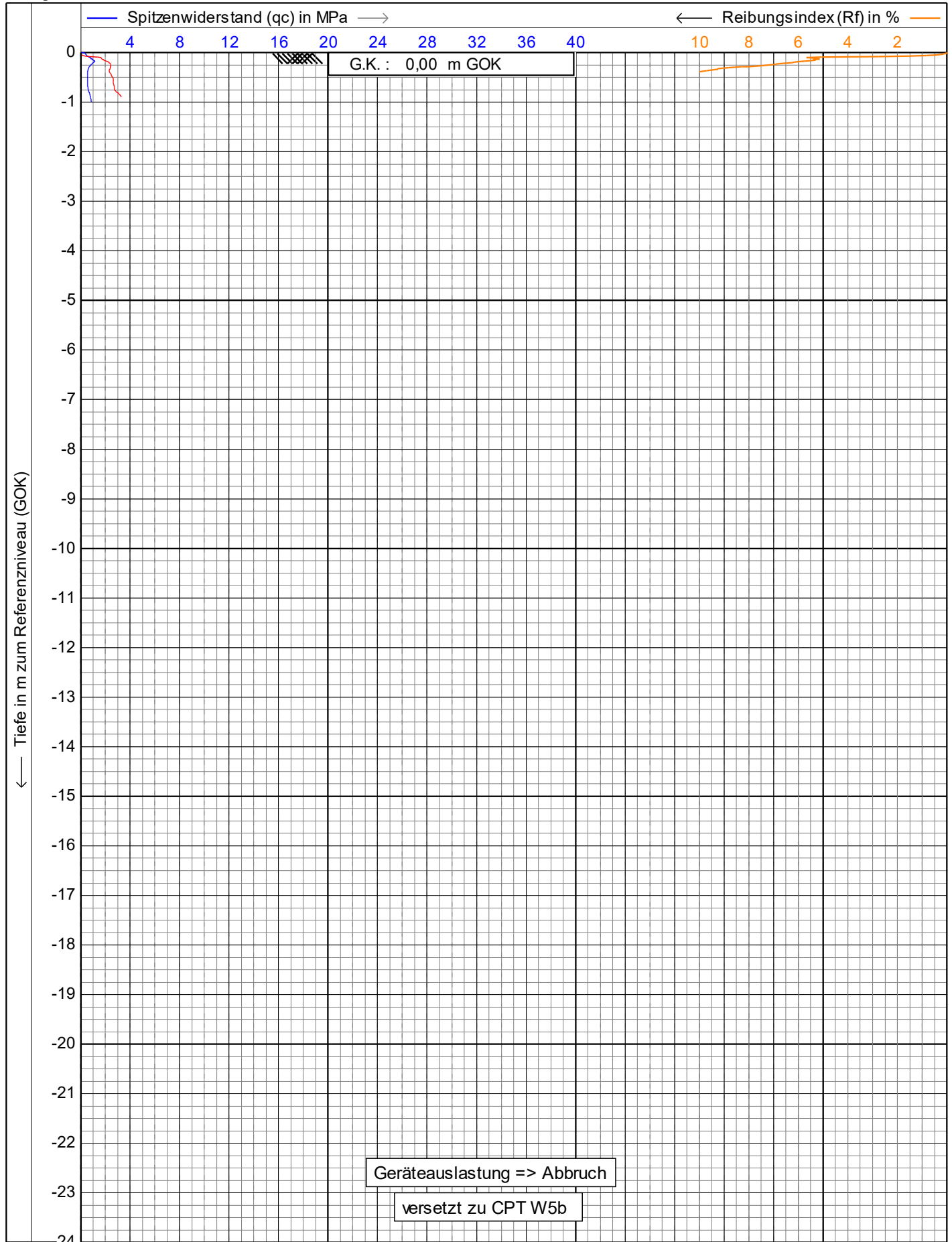
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : 03.02.2021	
	Projekt : WP Volkmarsdorf		Konus Nr. : S15CFIL1782	
	Ort : Twülpstedt		Projekt Nr. : 321-005	
			CPT Nr. : CPT W4 1/1	

Anlage 3.2.6



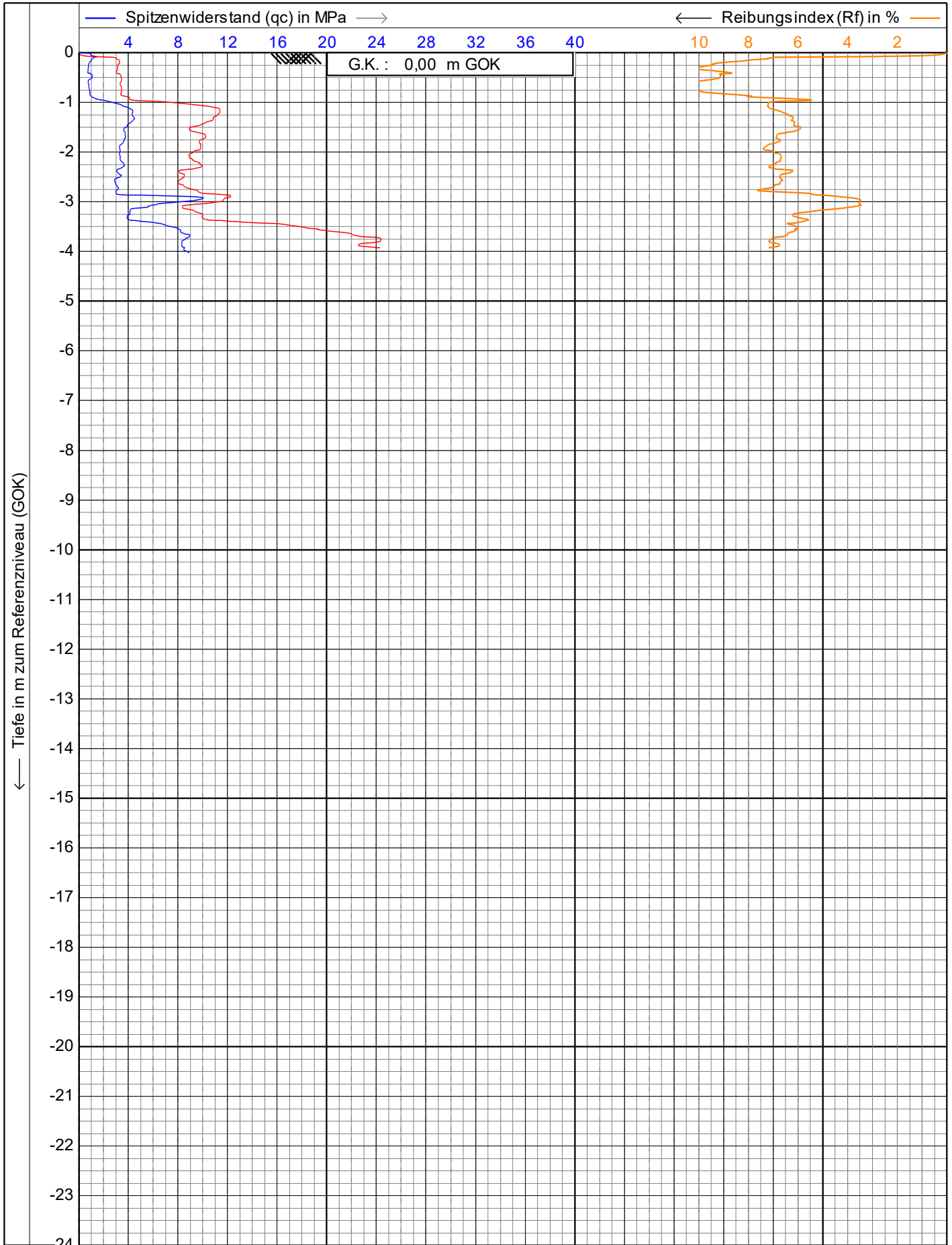
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFII.1782</b>
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>
			CPT Nr. : <b>CPT W5</b> 1/1

Anlage 3.2.7



	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>
			CPT Nr. : <b>CPTW5a</b> 1/1

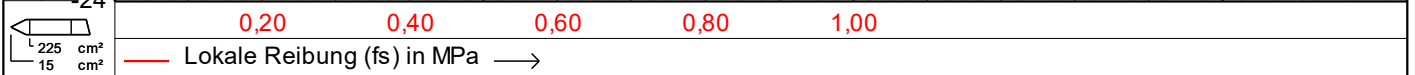
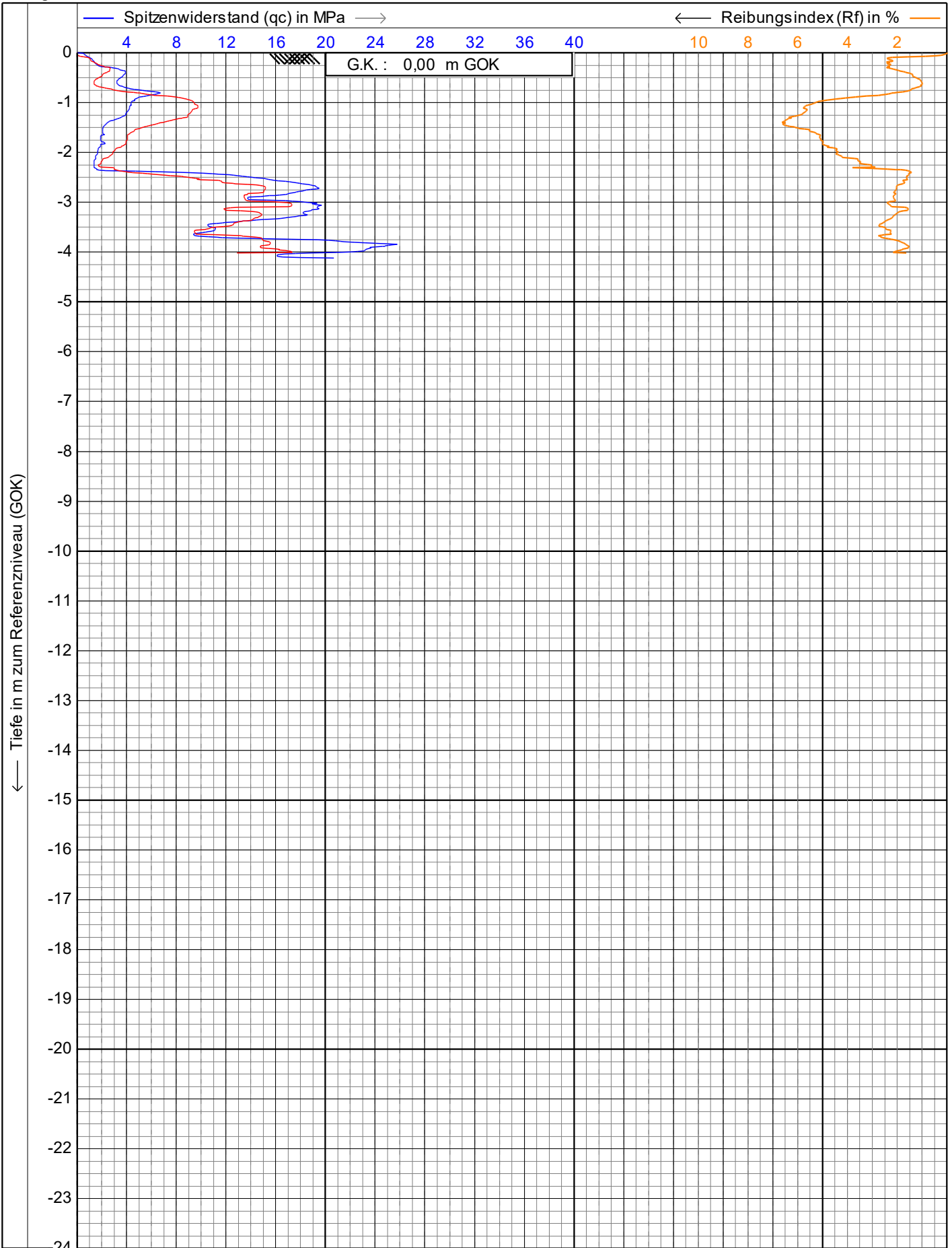
Anlage 3.2.8



225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>

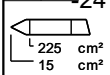
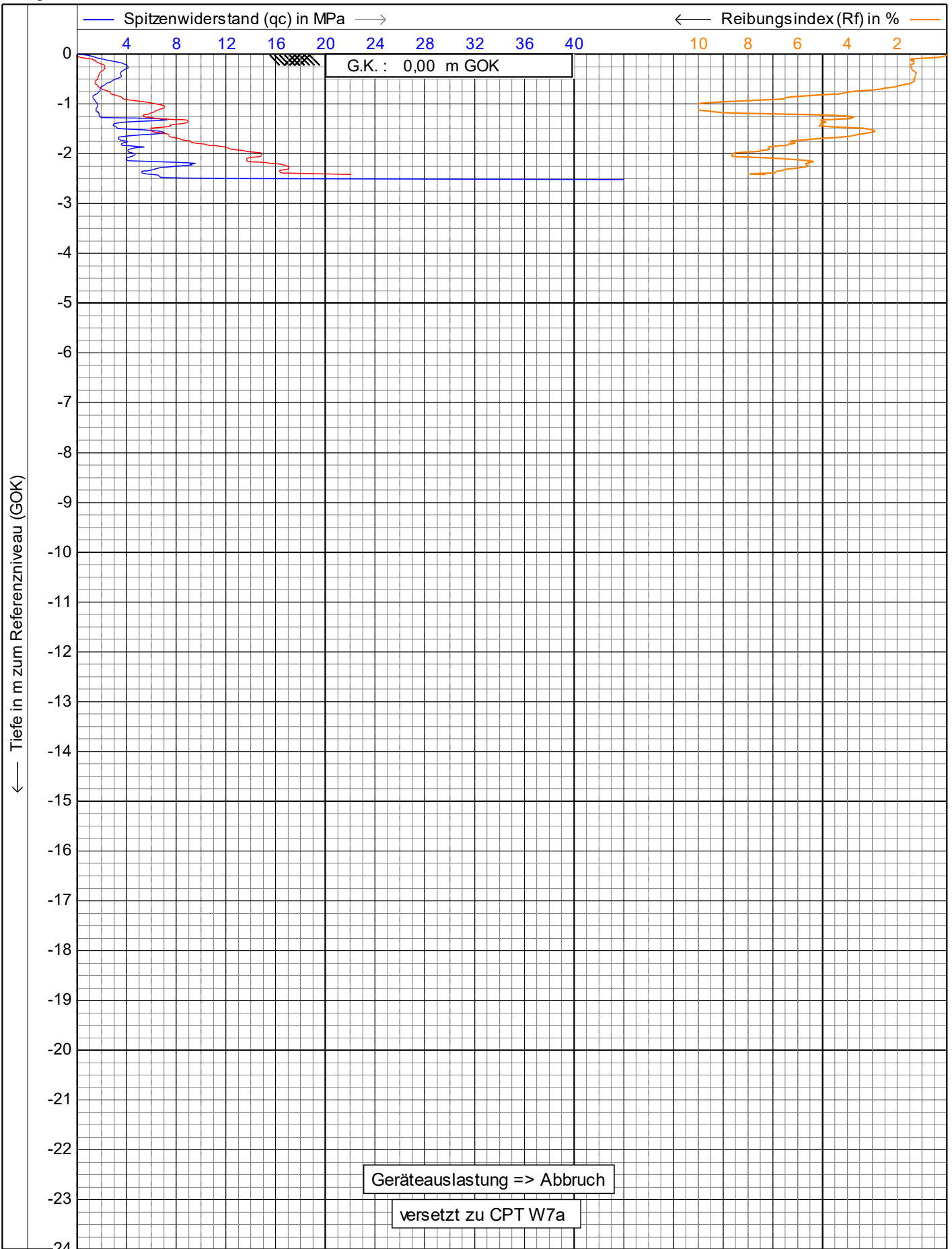
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT W5b</b> 1/1	

Anlage 3.2.9



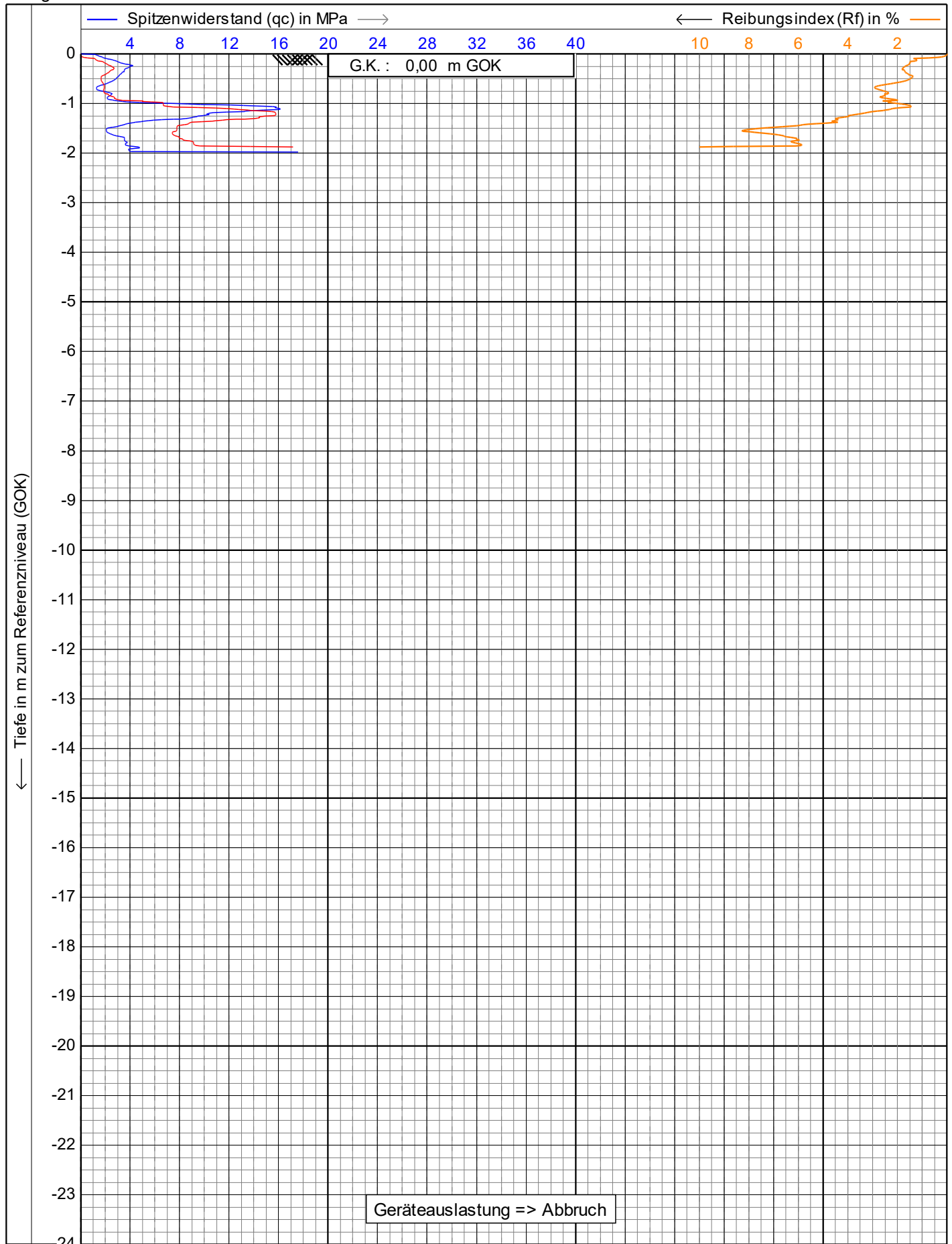
	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT W6</b> 1/1	

Anlage 3.2.10



	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : 02.02.2021
	Projekt : WP Volkmarsdorf		Konus Nr. : S15CFIL1782
	Ort : Twülpstedt		Projekt Nr. : 321-005
			CPT Nr. : CPT W7
			1/1

Anlage 3.2.11



225 cm<sup>2</sup>  
15 cm<sup>2</sup>

	Elektronische Messung gemäß DIN EN ISO 22476-1		Datum : <b>02.02.2021</b>	
	Projekt : <b>WP Volkmarsdorf</b>		Konus Nr. : <b>S15CFIL1782</b>	
	Ort : <b>Twülpstedt</b>		Projekt Nr. : <b>321-005</b>	
			CPT Nr. : <b>CPT W7a</b> 1/1	

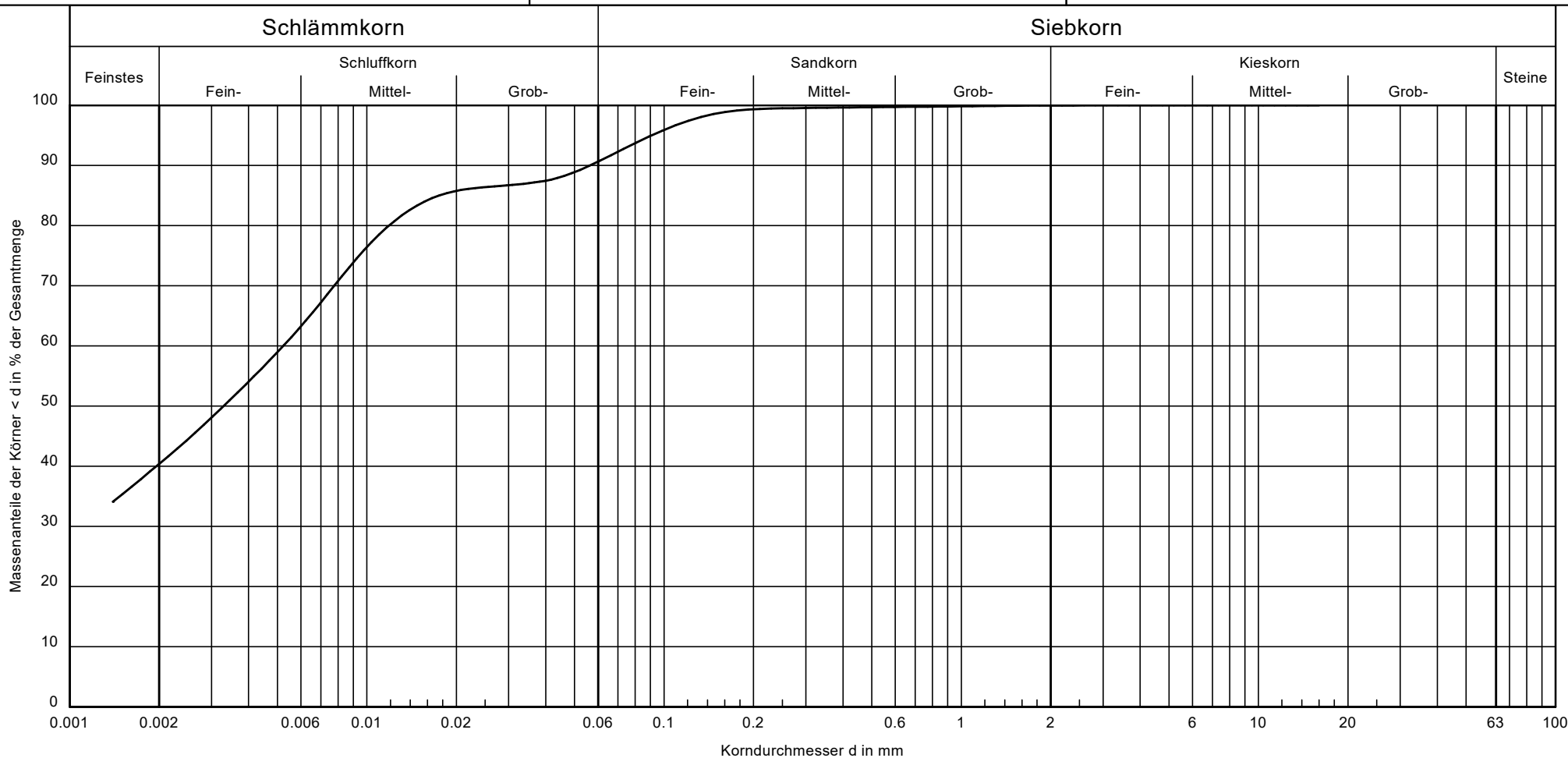
IGU mbH  
 Im Neuen Felde 109, 29525 Uelzen  
 Tel. 0581/97605-0; Fax 0581/97605-99  
 www.igu-uelzen.de

Bearbeiter: Ch./Zo.

Datum: 10.03.2021

**Bestimmung der Korngrößenverteilung**  
 nach ISO 17892-4:2016  
**WP Volkmarsdorf**

Projektnummer: 3520076  
 Arbeitsweise: Sedimentation  
 Laborauftrag: 17/21



Körnungslinie:	GP 5
Probenbezeichnung:	0965-3521
Lfd.-Nr.:	WEA 1 BS 2
Entnahmestelle:	3.50 - 5.00 m
Tiefe:	
Material:	
Bodenart:	T, U, fs'
Materialklassifizierung:	fsaCl/Si
T/U/S/G [%]:	40.4/50.8/8.8/0.0
K-Wert:	-
Frostsicherheit	-

Bemerkungen:

Bericht:  
 3520076\_019  
 Anlage:  
 4.1



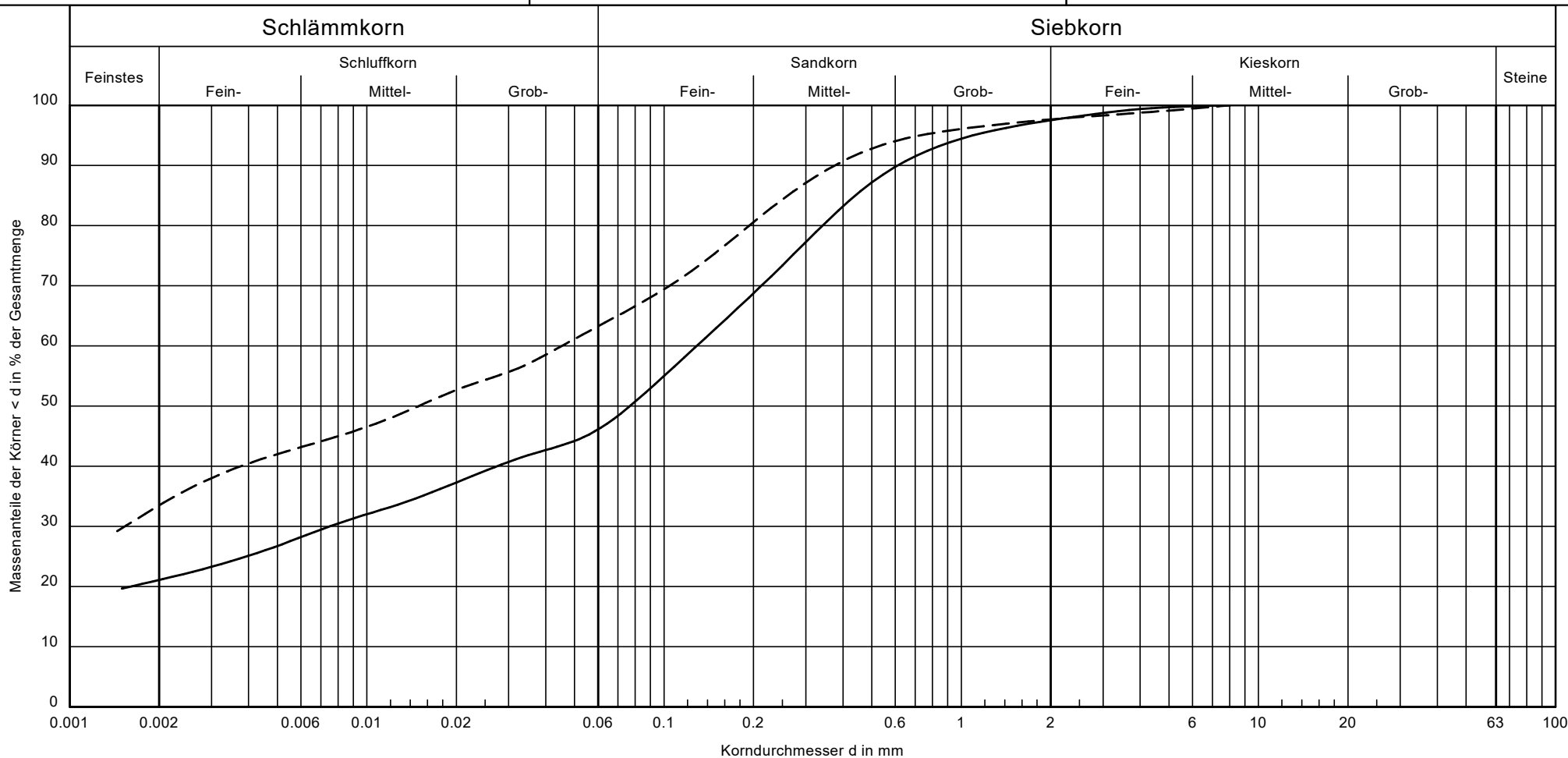
IGU mbH  
 Im Neuen Felde 109, 29525 Uelzen  
 Tel. 0581/97605-0; Fax 0581/97605-99  
 www.igu-uelzen.de

Bearbeiter: Ch./Zo.

Datum: 10.03.2021

**Bestimmung der Korngrößenverteilung**  
 nach ISO 17892-4:2016  
**WP Volkmarsdorf**

Projektnummer: 3520076  
 Arbeitsweise: Sedimentation  
 Laborauftrag: 17/21



Körnungslinie:	GP 4	GP 4
Probenbezeichnung:	GP 4	GP 4
Lfd.-Nr.:	0966-3521	0969-3521
Entnahmestelle:	WEA 2 BS1	WEA 2 BS 2
Tiefe:	1.80 - 3.00 m	1.50 - 2.50 m
Material:		
Bodenart:	S, t, u	S, t, u
Materialklassifizierung:	fsimsicsicSa	msifsicsicSa
T/U/S/G [%]:	21.1/25.7/50.7/2.5	33.5/30.4/33.8/2.3
K-Wert:	-	-
Frostsicherheit	-	-

Bemerkungen:

Bericht: 3520076\_019  
 Anlage: 4.2

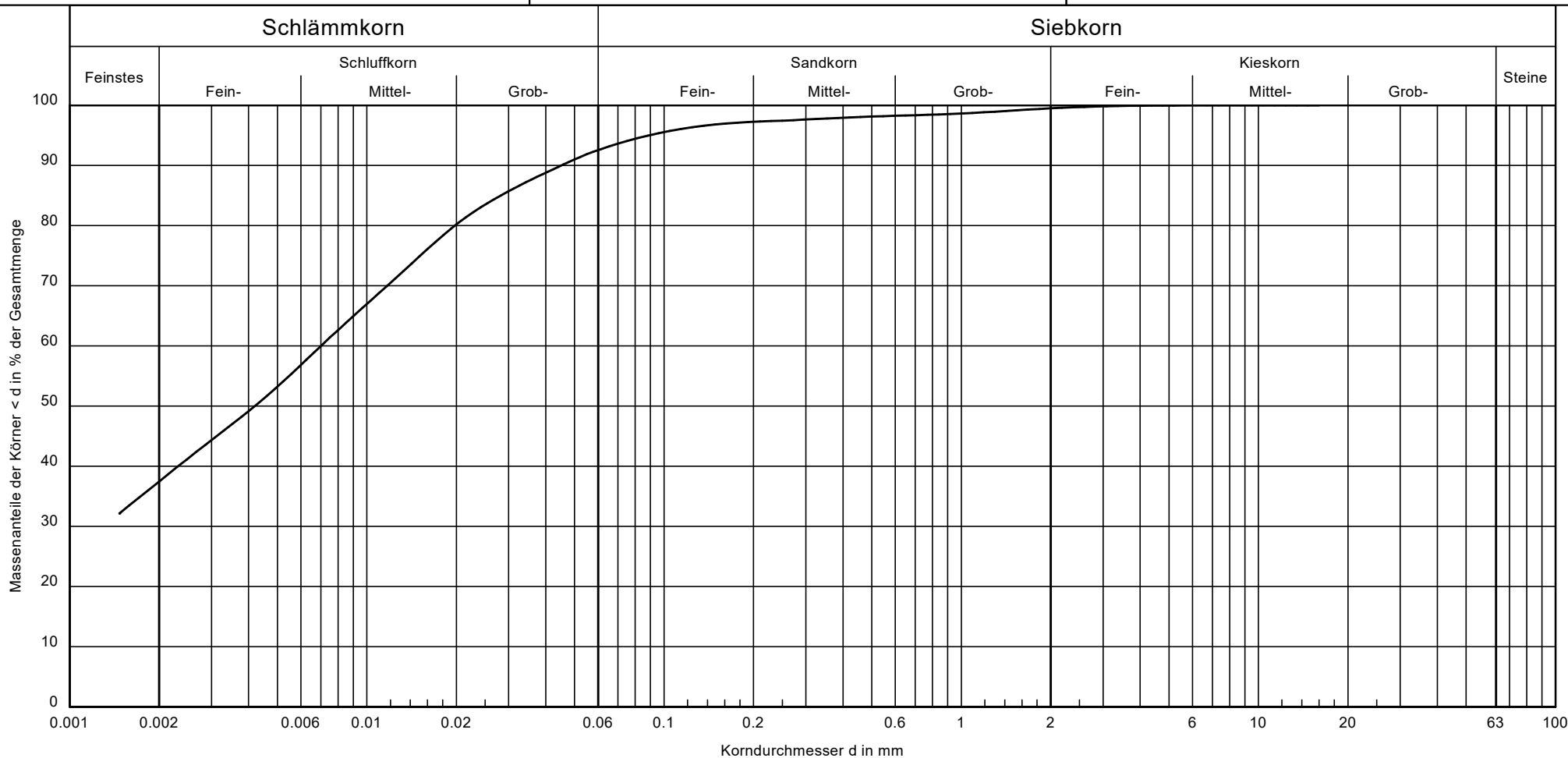
IGU mbH  
 Im Neuen Felde 109, 29525 Uelzen  
 Tel. 0581/97605-0; Fax 0581/97605-99  
 www.igu-uelzen.de

Bearbeiter: Ch./Zo.

Datum: 10.03.2021

**Bestimmung der Korngrößenverteilung**  
 nach ISO 17892-4:2016  
**WP Volkmarsdorf**

Projektnummer: 3520076  
 Arbeitsweise: Sedimentation  
 Laborauftrag: 17/21



Körnungslinie:	GP 3
Probenbezeichnung:	0968-3521
Lfd.-Nr.:	WEA 3 BS 3
Entnahmestelle:	1,60 - 3,00 m
Tiefe:	
Material:	
Bodenart:	U, T, s'
Materialklassifizierung:	clSi
T/U/S/G [%]:	37.5/55.4/6.6/0.5
K-Wert:	-
Frostsicherheit	-

Bemerkungen:

Bericht:  
 3520047\_019  
 Anlage:  
 4.3

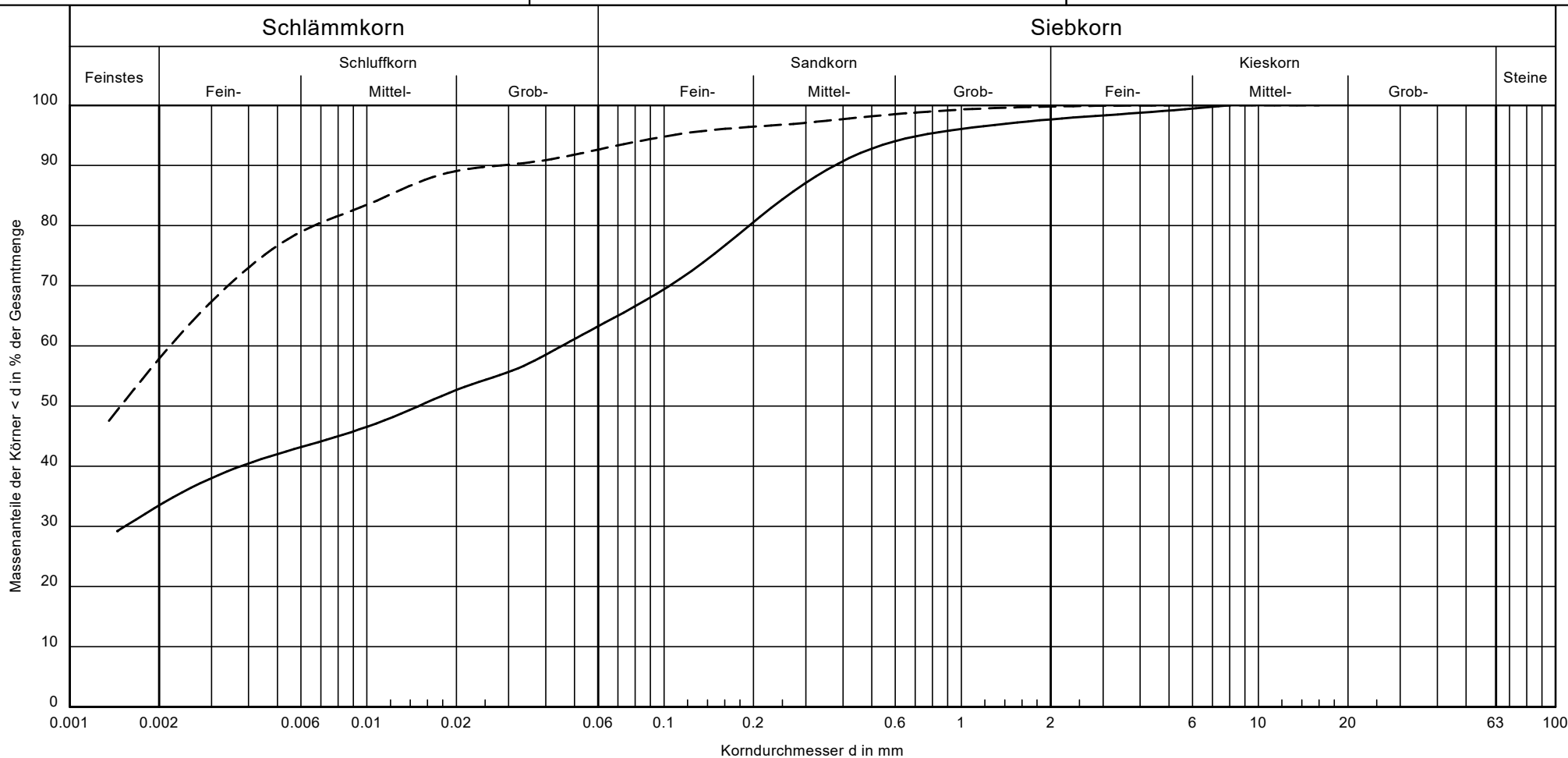
IGU mbH  
 Im Neuen Felde 109, 29525 Uelzen  
 Tel. 0581/97605-0; Fax 0581/97605-99  
 www.igu-uelzen.de

Bearbeiter: Ch./Zo.

Datum: 10.03.2021

**Bestimmung der Korngrößenverteilung**  
 nach ISO 17892-4:2016  
**WP Volkmarsdorf**

Projektnummer: 3520076  
 Arbeitsweise: Sedimentation  
 Laborauftrag: 17/21



Körnungslinie:	GP 3	GP 3
Probenbezeichnung:	0969-3521	0970-3521
Lfd.-Nr.:	WEA 4 BS 1	WEA 4 BS 2
Entnahmestelle:	1,50 - 2,50 m	1,50 - 3,00 m
Tiefe:		
Material:		
Bodenart:	S, T, ū	T, ū, s'
Materialklassifizierung:	msifsicsiSa	msifsiCl
T/U/S/G [%]:	33.5/30.4/33.8/2.3	57.9/35.0/6.9/0.2
K-Wert:	-	-
Frostsicherheit	-	-

Bemerkungen:

Bericht:  
 3520047\_019  
 Anlage:  
 4.4

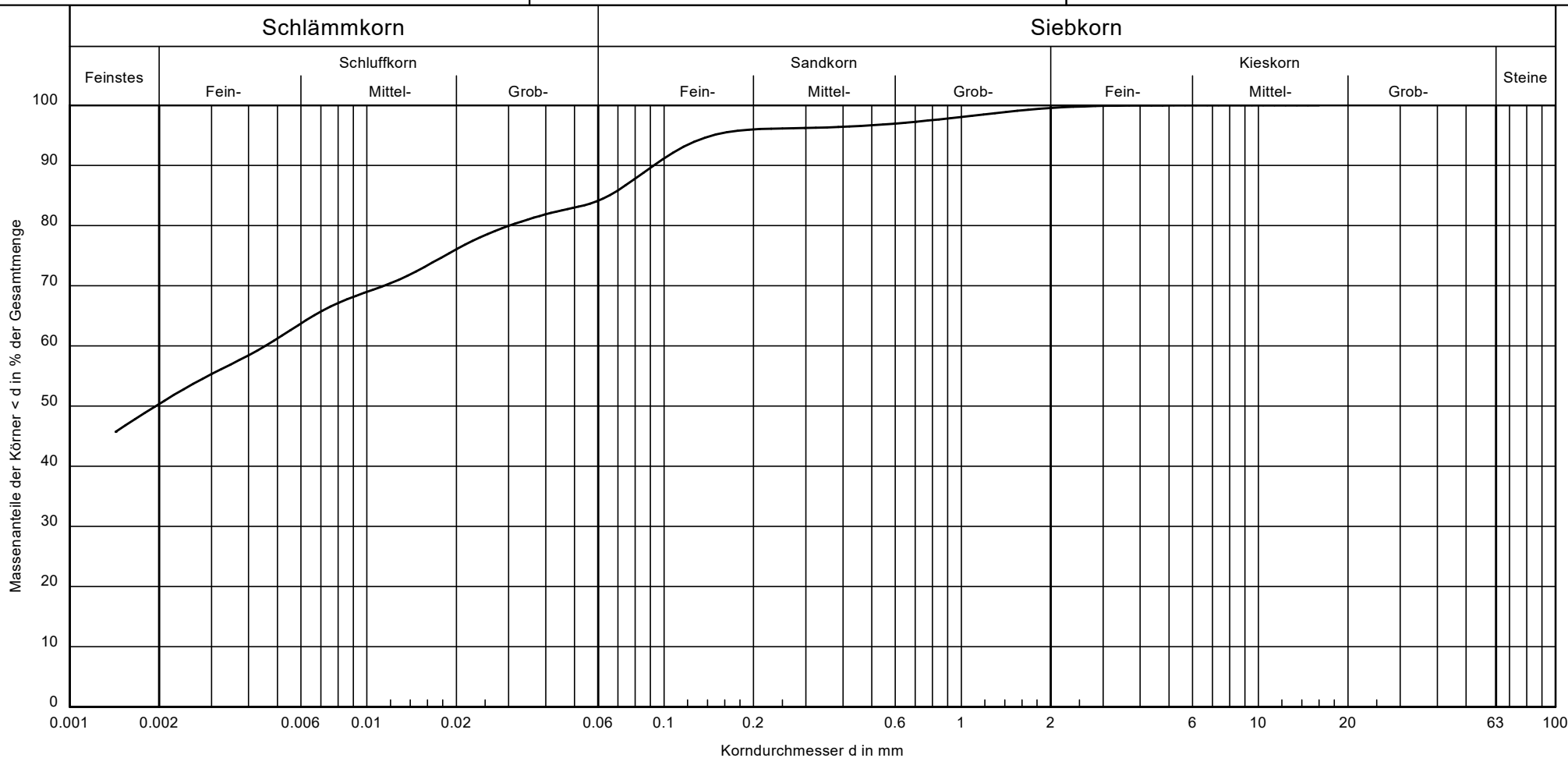
IGU mbH  
 Im Neuen Felde 109, 29525 Uelzen  
 Tel. 0581/97605-0; Fax 0581/97605-99  
 www.igu-uelzen.de

Bearbeiter: Ch./Zo.

Datum: 10.03.2021

**Bestimmung der Korngrößenverteilung**  
 nach ISO 17892-4:2016  
**WP Volkmarsdorf**

Projektnummer: 3520076  
 Arbeitsweise: Sedimentation  
 Laborauftrag: 17/21



Körnungslinie:	GP 4
Probenbezeichnung:	0971-3521
Lfd.-Nr.:	WEA 5 BS 2
Entnahmestelle:	2.00 - 3.20 m
Tiefe:	
Material:	
Bodenart:	T, ũ, fs'
Materialklassifizierung:	csifsamsfsiCl
T/U/S/G [%]:	50.4/34.3/14.9/0.4
K-Wert:	-
Frostsicherheit	-

Bemerkungen:

Bericht: 3520076\_019  
 Anlage: 4.5

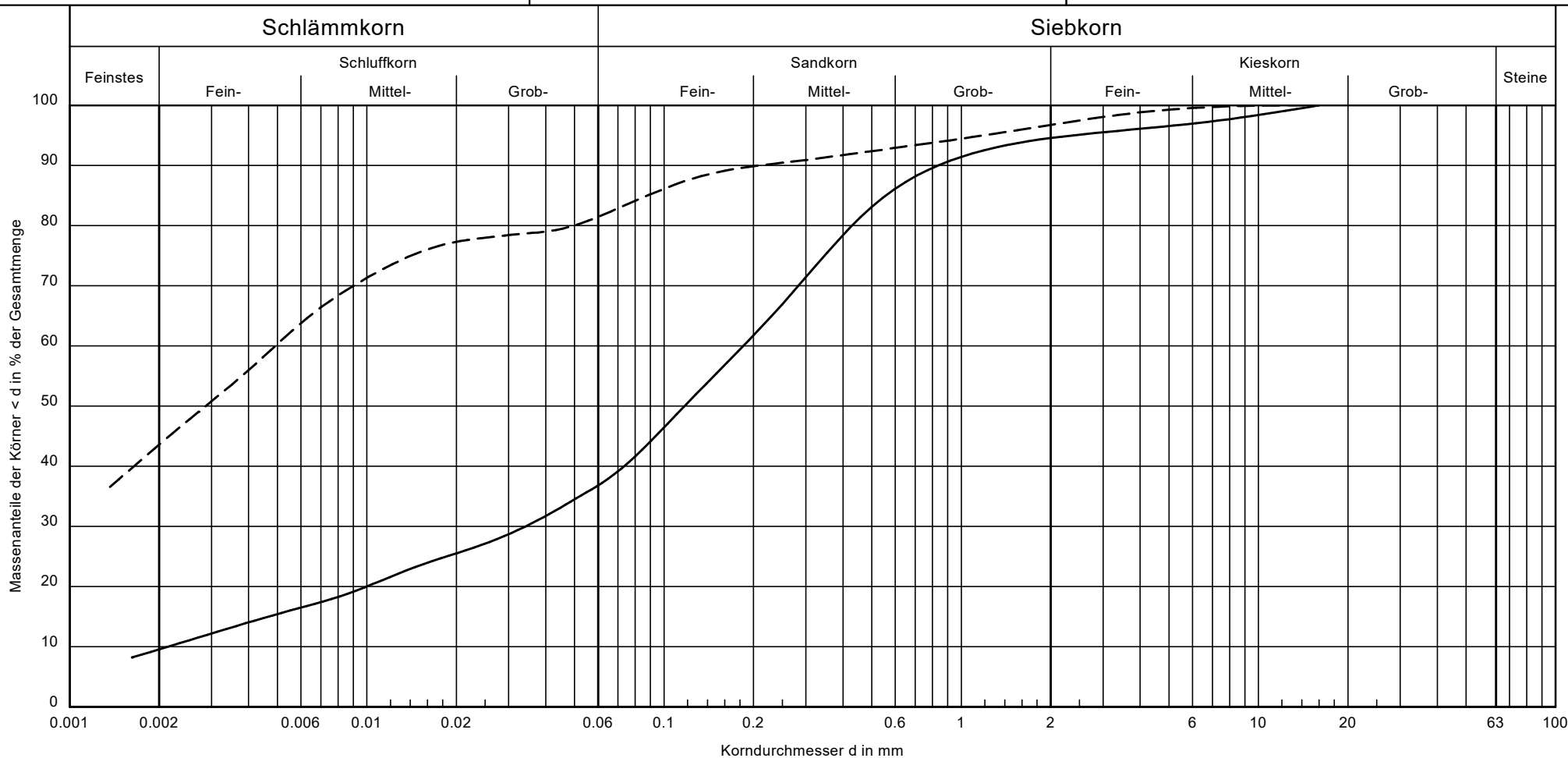
IGU mbH  
 Im Neuen Felde 109, 29525 Uelzen  
 Tel. 0581/97605-0; Fax 0581/97605-99  
 www.igu-uelzen.de

Bearbeiter: Ch./Zo.

Datum: 10.03.2021

**Bestimmung der Korngrößenverteilung**  
 nach ISO 17892-4:2016  
**WP Volkmarsdorf**

Projektnummer: 3520076  
 Arbeitsweise: Sedimentation  
 Laborauftrag: 17/21



Körnungslinie:	GP 3	GP 4
Probenbezeichnung:	0972-3521	0973-3521
Lfd.-Nr.:	WEA 6 BS 1	WEA 6 BS 3
Entnahmestelle:	1.60 - 2.50 m	2.00 - 3.00 m
Tiefe:		
Material:		
Bodenart:	S, u, t', g'	T, ü, fs'
Materialklassifizierung:	fsimsiclsSa	fsamsifsICl
T/U/S/G [%]:	9.6/27.9/57.1/5.4	43.6/38.3/14.8/3.3
K-Wert:	-	-
Frostsicherheit	F3	-

Bemerkungen:

Bericht: 3520076\_019  
 Anlage: 4.6

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

IGU Ingenieurgesellschaft  
Im Neuen Felde 109

29525 UELZEN

1. März 2021

## PRÜFBERICHT 230221004

Auftragsnr. Auftraggeber: 3520076  
Projektbezeichnung: WP Volkmarsdorf  
Probenahme: durch Auftraggeber am 03.02.2021  
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH am 22.02.2021  
Probeneingang: 23.02.2021  
Prüfzeitraum: 23.02.2021 – 01.03.2021  
Probennummer: 109494 - 109496 / 21  
Probenmaterial: Wasser  
Verpackung: PE-Gefäß (1,5 L)  
Bemerkungen: -  
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.

Analysenbefunde: Seite 3 - 5  
Messverfahren: Seite 2  
Qualitätskontrolle:

M. Sc. Farzin Mostaghimi  
(Projektleiter)

Dr. Joachim Döring  
(Geschäftsführer)

Messverfahren:	pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (C 5): 2012-04
	kalklös. Kohlensäure	DIN 38404-C10: 2012-12
	Ammonium	DIN 38406-E5-1: 1983-10
	Kalzium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Magnesium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Säurekapazität	DIN 38409-H 7: 2005-12
	Chlorid (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Sulfat (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07

Labornummer	109494			
Probenbezeichnung	<b>WP WEA 1</b>	<b>Angriffsgrad</b>		
Entnahmetiefe	-			
Dimension	[mg/L]	[mg/L]		
pH-Wert b. 20 °C	7,1	6,5 – 5,5	< 5,5 – 4,5	< 4,5
kalklösende Kohlensäure	< 1,0	15 – 40	> 40 – 100	> 100
Ammonium	5,8	15 – 30	> 30 – 60	> 60 – 100
Sulfat	2.000	200 – 600	> 600 – 3.000	> 3.000 – 6000
Magnesium	160	300 – 1.000	> 1.000 – 3.000	> 3.000
Angriffsgrad n. DIN 4030	<b>XA2 mäßig angreifend</b>	<i>XA1 schwach angreifend</i>	<i>XA2 mäßig angreifend</i>	<i>XA3 stark angreifend</i>

Labornummer		109494	
Probenbezeichnung		<b>WP WEA 1</b>	
Entnahmetiefe		-	
Dimension		[mg/L]	
pH-Wert b. 20 °C		7,1	
Säurekapazität [mmol/L]		5,1	
Chlorid		50	
Sulfat		2.000	
Kalzium		190	



Labornummer	109495			
Probenbezeichnung	<b>WP WEA 2</b>	<b>Angriffsgrad</b>		
Entnahmetiefe	-			
Dimension	[mg/L]	[mg/L]		
pH-Wert b. 20 °C	7,7	6,5 – 5,5	< 5,5 – 4,5	< 4,5
kalklösende Kohlensäure	< 1,0	15 – 40	> 40 – 100	> 100
Ammonium	1,2	15 – 30	> 30 – 60	> 60 – 100
Sulfat	30	200 – 600	> 600 – 3.000	> 3.000 – 6000
Magnesium	18	300 – 1.000	> 1.000 – 3.000	> 3.000
Angriffsgrad n. DIN 4030	*	XA1 <i>schwach angreifend</i>	XA2 <i>mäßig angreifend</i>	XA3 <i>stark angreifend</i>

\* die Analysenwerte liegen jeweils unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad: XA1 schwach angreifend

Labornummer		109495	
Probenbezeichnung		<b>WP WEA 2</b>	
Entnahmetiefe		-	
Dimension		[mg/L]	
pH-Wert b. 20 °C		7,7	
Säurekapazität [mmol/L]		3,2	
Chlorid		17	
Sulfat		30	
Kalzium		65	

Labornummer	109496	Angriffsgrad		
Probenbezeichnung	<b>WP WEA 3</b>	Angriffsgrad		
Entnahmetiefe	-	Angriffsgrad		
Dimension	[mg/L]	[mg/L]		
pH-Wert b. 20 °C	7,2	6,5 – 5,5	< 5,5 – 4,5	< 4,5
kalklösende Kohlensäure	< 1,0	15 – 40	> 40 – 100	> 100
Ammonium	4,6	15 – 30	> 30 – 60	> 60 – 100
Sulfat	110	200 – 600	> 600 – 3.000	> 3.000 – 6000
Magnesium	29	300 – 1.000	> 1.000 – 3.000	> 3.000
Angriffsgrad n. DIN 4030	*	XA1 <i>schwach angreifend</i>	XA2 <i>mäßig angreifend</i>	XA3 <i>stark angreifend</i>

\* die Analysenwerte liegen jeweils unterhalb der Grenzwerte für den Angriffsgrad: XA1 schwach angreifend

Labornummer	109496
Probenbezeichnung	<b>WP WEA 3</b>
Entnahmetiefe	-
Dimension	[mg/L]
pH-Wert b. 20 °C	7,2
Säurekapazität [mmol/L]	4,9
Chlorid	17
Sulfat	110
Kalzium	88

Laboratorien Dr. Döring Haferwende 21 28357 Bremen

IGU Ingenieurgesellschaft  
Im Neuen Felde 109

29525 UELZEN

25. Februar 2021

## PRÜFBERICHT 180221060

Auftragsnr. Auftraggeber: 3520076  
Projektbezeichnung: WP Volkmarsdorf  
Probenahme: durch Auftraggeber am 12.02.2021  
Probentransport: durch Laboratorien Dr. Döring GmbH am 18.02.2021  
Probeneingang: 19.02.2021  
Prüfzeitraum: 19.02.2021 – 25.02.2021  
Probennummer: 108815 / 21  
Probenmaterial: Wasser  
Verpackung: PE-Gefäß (1 L)  
Bemerkungen: -  
Sonstiges: Der Messfehler dieser Prüfungen befindet sich im üblichen Rahmen. Näheres teilen wir Ihnen auf Anfrage gerne mit. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die angegebenen Prüfgegenstände. Eine auszugsweise Vervielfältigung dieses Prüfberichts bedarf der schriftlichen Genehmigung durch die Laboratorien Dr. Döring GmbH.

Analysenbefunde: Seite 3  
Messverfahren: Seite 2  
Qualitätskontrolle:



M. Sc. Farzin Mostaghimi  
(Projektleiter)



Dr. Joachim Döring  
(Geschäftsführer)




Messverfahren:	pH-Wert	DIN EN ISO 10523 (C 5): 2012-04
	kalklös. Kohlensäure	DIN 38404-C10: 2012-12
	Ammonium	DIN 38406-E5-1: 1983-10
	Kalzium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Magnesium	DIN EN ISO 11885 (E22): 2009-09
	Säurekapazität	DIN 38409-H 7: 2005-12
	Chlorid (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07
	Sulfat (E)	DIN EN ISO 10304-1 (D20): 2009-07

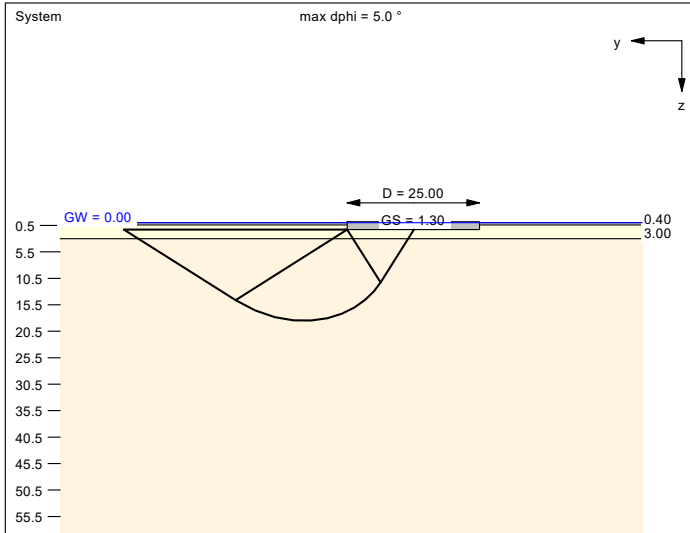
Labornummer	108815			
Probenbezeichnung	<b>WP WEA 6</b>	<b>Angriffsgrad</b>		
Entnahmetiefe	3,0 m, etwa 1,5 L			
Dimension	[mg/L]	[mg/L]		
pH-Wert b. 20 °C	7,3	6,5 – 5,5	< 5,5 – 4,5	< 4,5
kalklösende Kohlensäure	< 1,0	15 – 40	> 40 – 100	> 100
Ammonium	< 0,010	15 – 30	> 30 – 60	> 60 – 100
Sulfat	500	200 – 600	> 600 – 3.000	> 3.000 – 6000
Magnesium	17	300 – 1.000	> 1.000 – 3.000	> 3.000
Angriffsgrad n. DIN 4030	<b>XA1 schwach angreifend</b>	<i>XA1 schwach angreifend</i>	<i>XA2 mäßig angreifend</i>	<i>XA3 stark angreifend</i>

Labornummer		108815	
Probenbezeichnung		<b>WP WEA 6</b>	
Entnahmetiefe		3,0 m, etwa 1,5 L	
Dimension		[mg/L]	
pH-Wert b. 20 °C		7,3	
Säurekapazität [mmol/L]		5,3	
Chlorid		41	
Sulfat		500	
Kalzium		40	

# Windpark Volkmarsdorf WEA 5

## Standsicherheitsnachweis BS-P

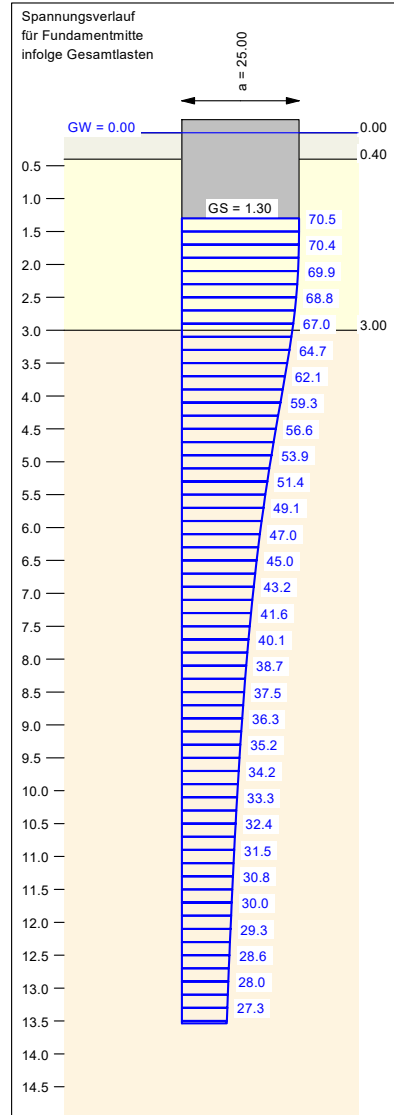
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	22.5	10.0	1.6	0.42	Oberboden
	18.0	10.0	35.0	0.0	27.0	0.33	Austauschboden
	20.0	10.0	25.0	10.0	15.7	0.42	Geschiebemergel (steif/halbfest)



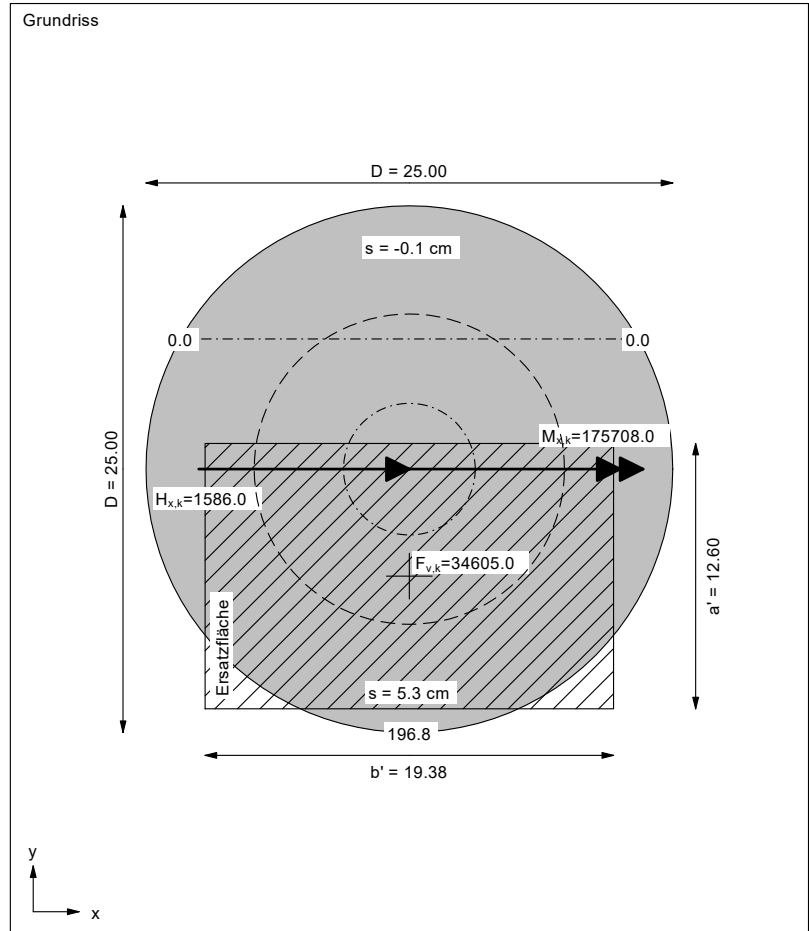
**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 34605.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,x,k} = 1586.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{h,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 175708.00 / 0.00$  kN-m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN-m  
 Durchmesser  $D = 25.000$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -5.078$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 12.596$  m  
 $b' = 19.384$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -5.078$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 12.596$  m  
 $b' = 19.384$  m

$\text{cal } \sigma_{0d} = 12.60$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 18.48 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 67.27 m  
 Fläche log. Spirale = 595.96 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{c0} = 21.37$ ;  $N_{d0} = 11.16$ ;  $N_{b0} = 4.83$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.307$ ;  $v_d = 1.279$ ;  $v_b = 0.805$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.930$ ;  $i_d = 0.937$ ;  $i_b = 0.894$   
 Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 13.54$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.63 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = -0.08 cm  
 unten = 5.33 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 390.4  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stb} = 34605.0 \cdot 25.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 389306.3$   
 $M_{dst} = 175708.0 \cdot 1.10 = 193278.8$   
 $\mu_{EQU} = 193278.8 / 389306.3 = 0.496$

**Grundbruch:**  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\sigma_{0r,k} / \sigma_{0fd} = 846.4 / 604.59$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 206666.96$  kN  
 $R_{n,d} = 147619.26$  kN  
 $V_d = 1.35 \cdot 34605.00 + 1.50 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 46716.75$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.316  
 $\text{cal } \varphi = 25.4^\circ$   
 $\varphi$  wegen 5° Bedingung abgemindert  
 $\text{cal } c = 9.23$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\text{cal } \gamma_2 = 10.00$  kN/m<sup>3</sup>






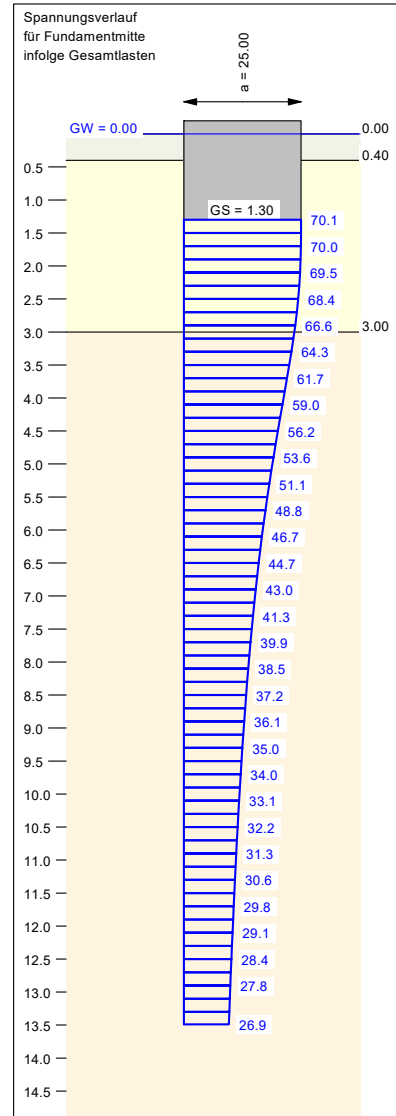
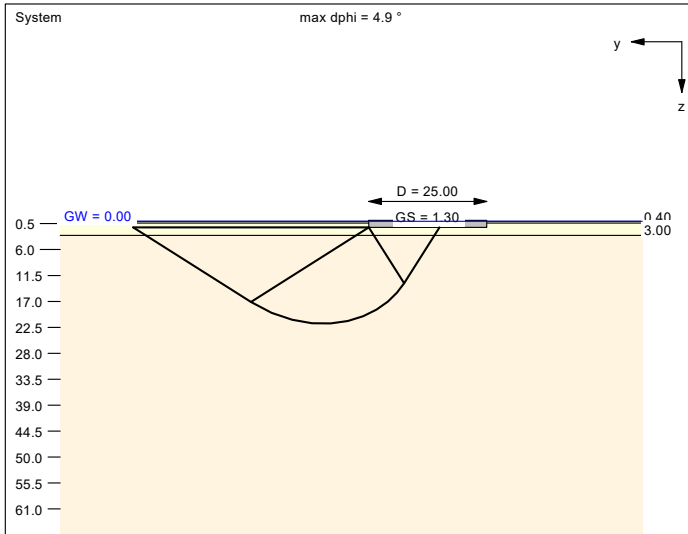
**Berechnungsgrundlagen:**  
 Kreisring Volkmarsdorf WEA 5  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.40$   
 $\gamma_G = 1.35$   
 $\gamma_Q = 1.50$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.10$   
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.50$   
 Gründungssohle = 1.30 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 - - - - - 1. Kernweite  
 - - - - - 2. Kernweite



# Windpark Volkmarsdorf WEA 5

## Standsicherheitsnachweis BS-T

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	22.5	10.0	1.6	0.42	Oberboden
	18.0	10.0	35.0	0.0	27.0	0.33	Austauschboden
	20.0	10.0	25.0	10.0	15.7	0.42	Geschiebemergel (steif/halbfest)



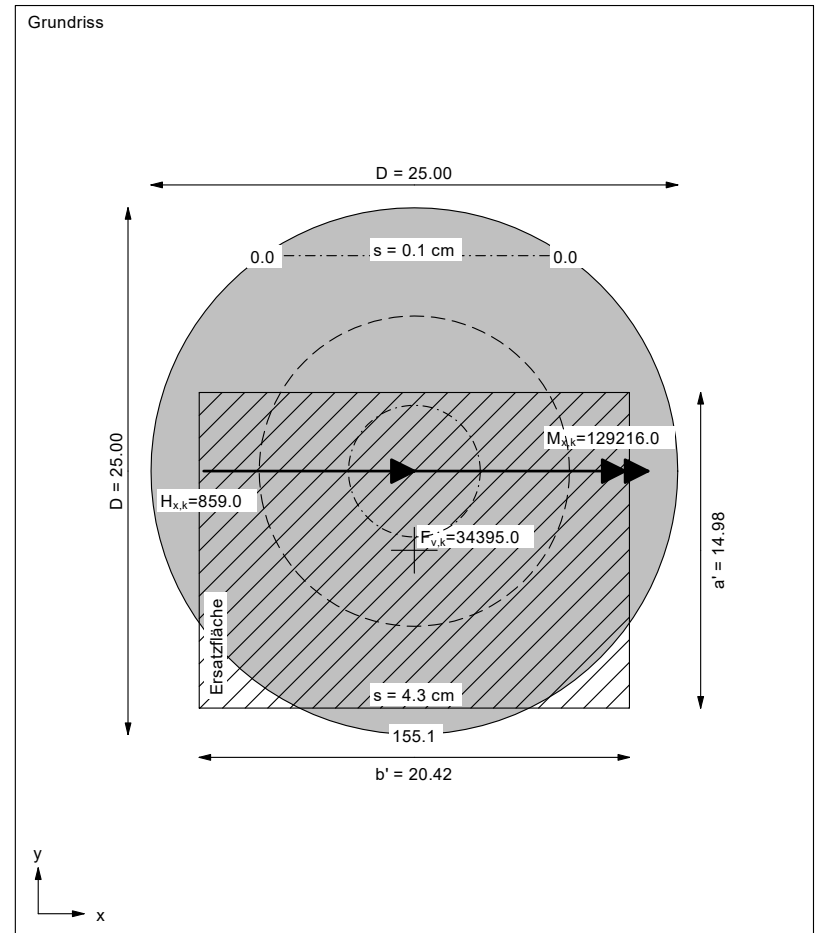
Berechnungsgrundlagen:  
 Kreisring Volkmarsdorf WEA 5  
 Norm: EC 7  
 Teilsicherheitsformel nach DIN 4017:2006  
 $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.05$   
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.25$   
 Gründungssohle = 1.30 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit p = 20.0 %  
 - - - - - 1. Kernweite  
 - - - - - 2. Kernweite

Ergebnisse Einzelfundament:  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 34395.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,x,k} = 859.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 129216.00 / 0.00$  kN-m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN-m  
 Durchmesser D = 25.000 m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -3.757$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 14.978$  m  
 $b' = 20.424$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -3.757$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 14.978$  m  
 $b' = 20.424$  m  
 Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\sigma_{0f,k} / \sigma_{0f,d} = 958.6 / 737.41$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 293246.00$  kN  
 $R_{n,d} = 225573.85$  kN  
 $V_d = 1.20 \cdot 34395.00 + 1.30 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 41274.00$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.183  
 $\text{cal } \varphi = 25.4^\circ$   
 $\varphi$  wegen 5° Bedingung abgemindert  
 $\text{cal } c = 9.35$  kN/m<sup>2</sup>  
 $\text{cal } \gamma_2 = 10.00$  kN/m<sup>3</sup>




$\text{cal } \sigma_0 = 12.60$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 21.68 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 79.75 m  
 Fläche log. Spirale = 837.98 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{c0} = 21.26$ ;  $N_{d0} = 11.08$ ;  $N_{b0} = 4.78$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.345$ ;  $v_d = 1.314$ ;  $v_b = 0.780$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.961$ ;  $i_d = 0.965$ ;  $i_b = 0.941$

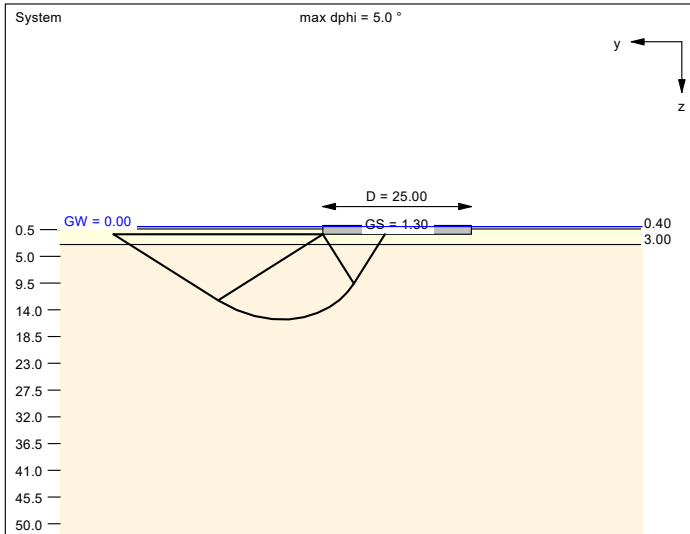
Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 13.49$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.23 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.14 cm  
 unten = 4.32 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 505.7  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stab} = 34395.0 \cdot 25.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 386943.8$   
 $M_{dst} = 129216.0 \cdot 1.05 = 135676.8$   
 $\mu_{EQU} = 135676.8 / 386943.8 = 0.351$



# Windpark Volkmarsdorf WEA 5

## Standsicherheitsnachweis BS-A

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	22.5	10.0	1.6	0.42	Oberboden
	18.0	10.0	35.0	0.0	27.0	0.33	Austauschboden
	20.0	10.0	25.0	10.0	15.7	0.42	Geschiebemergel (steif/halbfest)



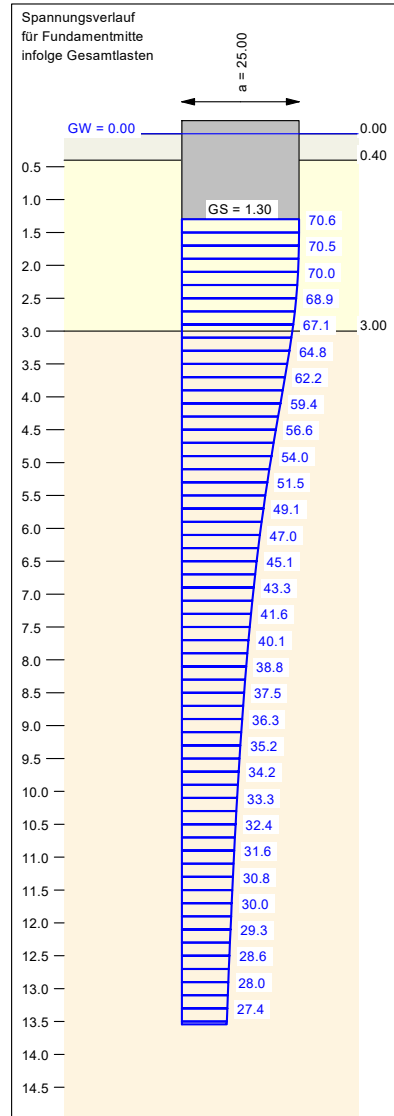
Ergebnisse Einzelfundament:  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 34636.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,x,k} = 1372.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 217919.00 / 0.00$  kN-m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN-m  
 Durchmesser  $D = 25.000$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -6.292$  m

**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 10.454$  m  
 $b' = 18.187$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -6.292$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 10.454$  m  
 $b' = 18.187$  m

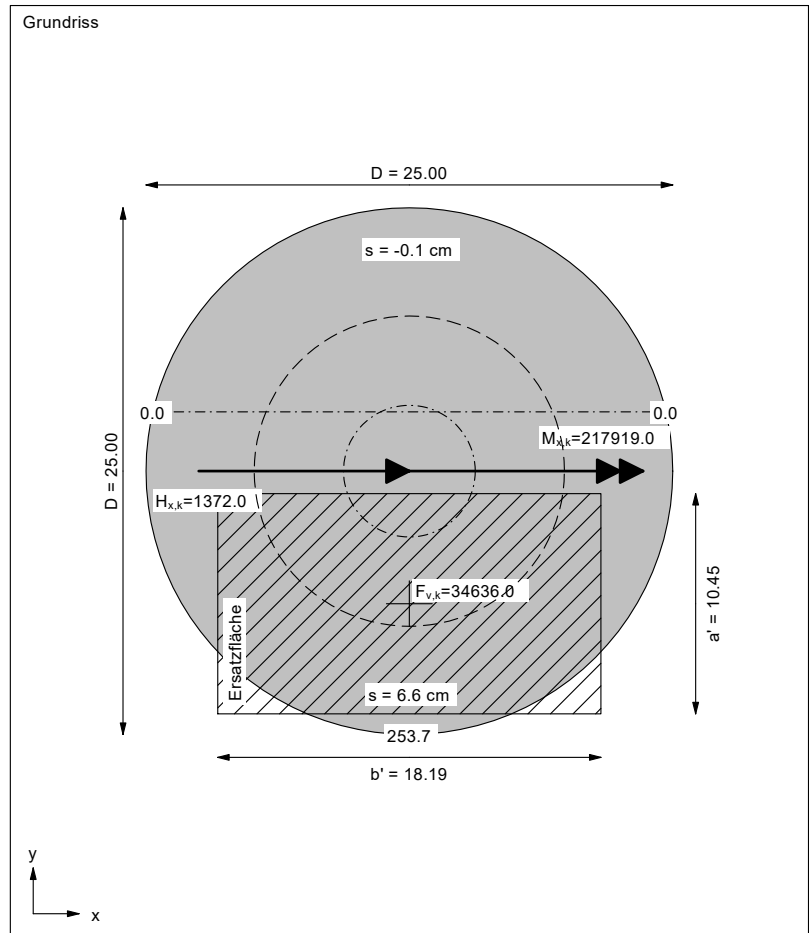
Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\sigma_{0r,k} / \sigma_{0f,d} = 787.6 / 605.87$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 149752.54$  kN  
 $R_{n,d} = 115194.26$  kN  
 $V_d = 1.20 \cdot 34636.00 + 1.30 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 41563.20$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.361  
 cal  $\varphi = 25.5^\circ$   
 $\varphi$  wegen  $5^\circ$  Bedingung abgemindert  
 cal c = 9.07 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.00$  kN/m<sup>3</sup>

cal  $\sigma_0 = 12.60$  kN/m<sup>2</sup>  
 UK log. Spirale = 15.60 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 56.04 m  
 Fläche log. Spirale = 413.44 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{c0} = 21.52$ ;  $N_{d0} = 11.28$ ;  $N_{b0} = 4.91$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.272$ ;  $v_d = 1.248$ ;  $v_b = 0.828$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.941$ ;  $i_d = 0.946$ ;  $i_b = 0.909$

Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 13.54$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 3.23 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = -0.13 cm  
 unten = 6.60 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 313.6  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stb} = 34636.0 \cdot 25.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 389655.0$   
 $M_{dst} = 217919.0 \cdot 1.05 = 228815.0$   
 $\mu_{EQU} = 228815.0 / 389655.0 = 0.587$






Berechnungsgrundlagen:  
 Kreisring Volkmarsdorf WEA 5  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.05$   
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.25$   
 Gründungssohle = 1.30 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 - - - - - 1. Kernweite  
 - - - - - 2. Kernweite

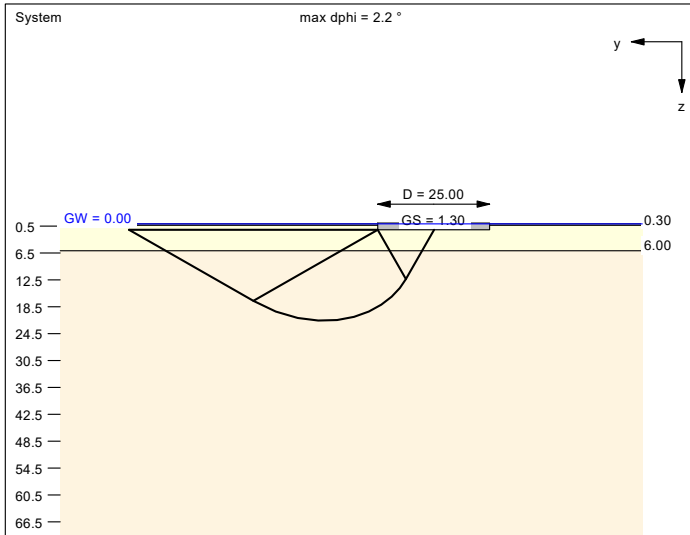




# Windpark Volkmarsdorf WEA 2

## Standsicherheitsnachweis BS-P

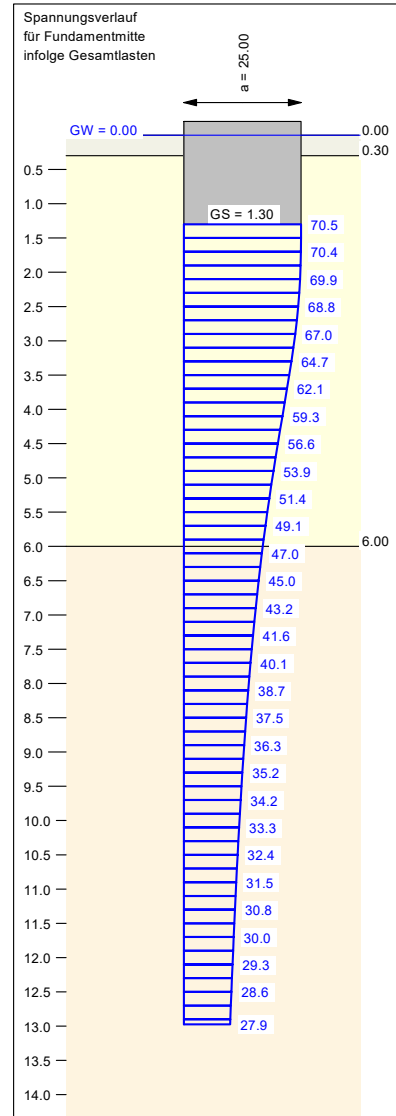
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	22.5	10.0	1.6	0.42	Oberboden
	20.0	10.5	32.5	0.0	15.8	0.43	Bodenverbesserung (Lehm/Mergel)
	21.0	11.0	30.0	5.0	15.7	0.42	Geschiebemergel (halbfest)



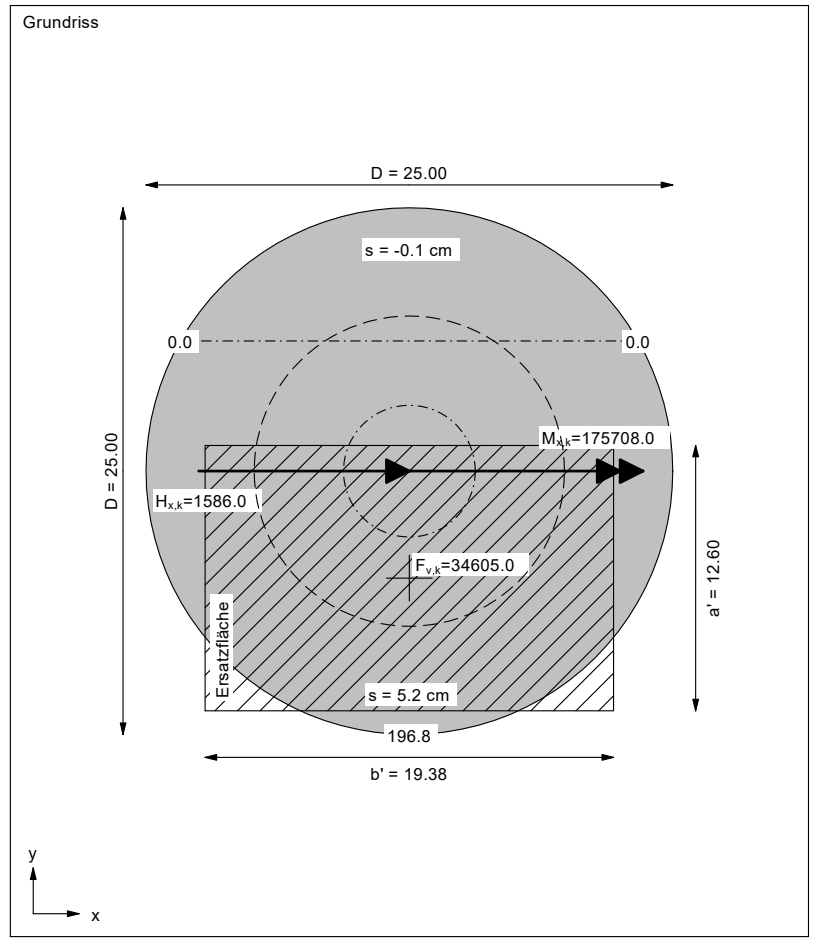
**Ergebnisse Einzelfundament:**  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 34605.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,x,k} = 1586.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 175708.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 25.000$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -5.078$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 12.596$  m  
 $b' = 19.384$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -5.078$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 12.596$  m  
 $b' = 19.384$  m

UK log. Spirale = 21.57 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 82.63 m  
 Fläche log. Spirale = 873.72 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{c0} = 31.27$ ;  $N_{d0} = 19.39$ ;  $N_{b0} = 10.82$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.347$ ;  $v_d = 1.329$ ;  $v_b = 0.805$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.933$ ;  $i_d = 0.937$ ;  $i_b = 0.894$   
 Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 12.97$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.56 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = -0.11 cm  
 unten = 5.23 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 395.5  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stb} = 34605.0 \cdot 25.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 389306.3$   
 $M_{dst} = 175708.0 \cdot 1.05 = 184493.4$   
 $\mu_{EQU} = 184493.4 / 389306.3 = 0.474$

**Grundbruch:**  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\sigma_{0f,k} / \sigma_{0f,d} = 1541.7 / 1185.89$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 376416.05$  kN  
 $R_{n,d} = 289550.81$  kN  
 $V_d = 1.20 \cdot 34605.00 + 1.30 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 41526.00$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.143  
 cal  $\varphi = 30.5^\circ$   
 cal c = 4.10 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.83$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 13.20$  kN/m<sup>2</sup>






**Berechnungsgrundlagen:**  
 Kreisring Volkmarsdorf WEA 5  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.05$   
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.25$   
 Gründungssohle = 1.30 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0$  %  
 - - - - - 1. Kernweite  
 - - - - - 2. Kernweite



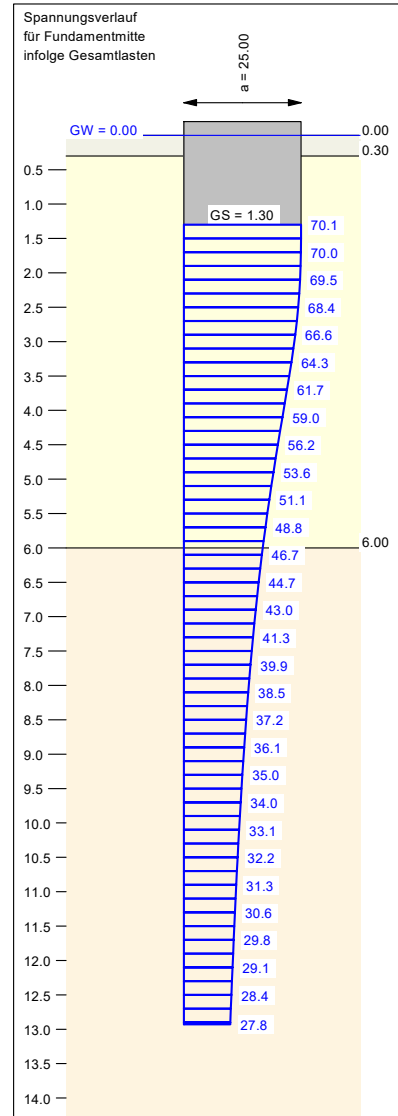
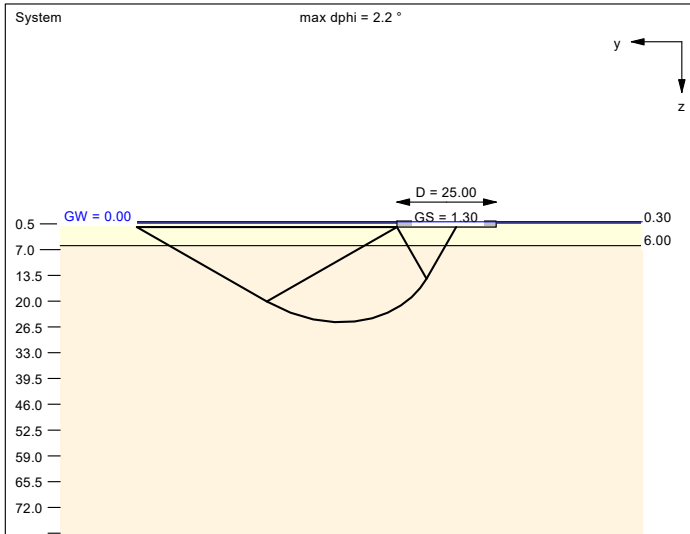
# Windpark Volkmarsdorf WEA 2

## Standsicherheitsnachweis BS-T

Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	22.5	10.0	1.6	0.42	Oberboden
	20.0	10.5	32.5	0.0	15.8	0.43	Bodenverbesserung (Lehm/Mergel)
	21.0	11.0	30.0	5.0	15.7	0.42	Geschiebemergel (halbfest)

Berechnungsgrundlagen:  
 Kreisring Volkmarsdorf WEA 5  
 Norm: EC 7  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 Grenzzustand EQU:

$\gamma_{G,dst} = 1.05$   
 $\gamma_{G,stab} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.25$   
 Gründungssohle = 1.30 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 - - - - - 1. Kernweite  
 - - - - - 2. Kernweite

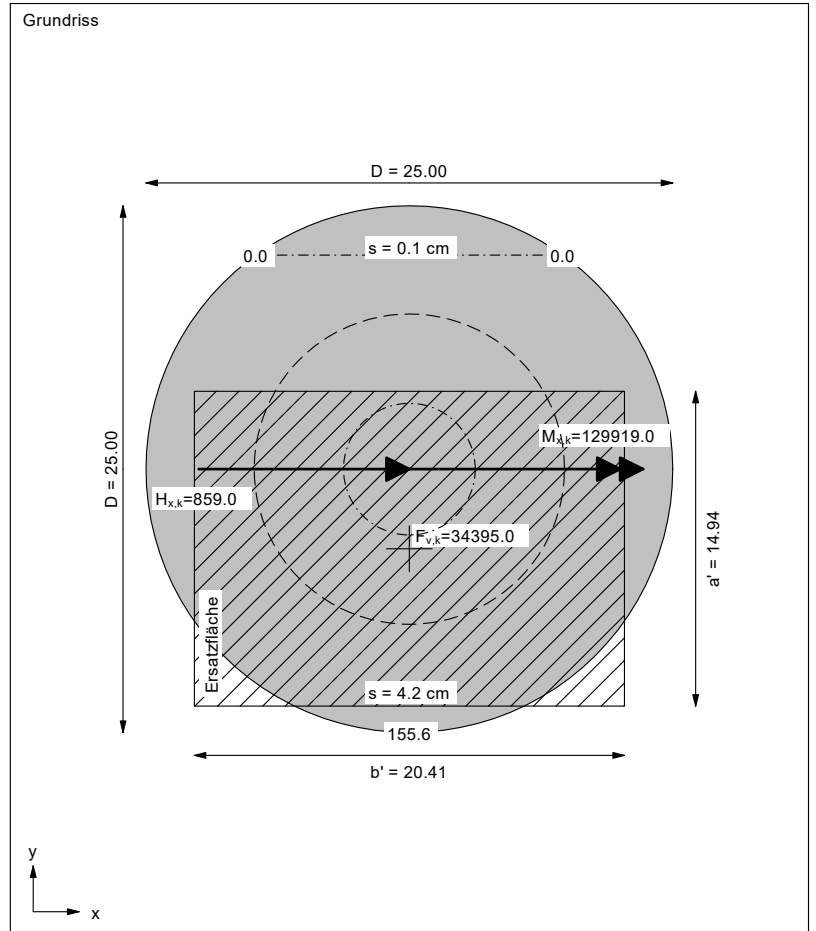


Ergebnisse Einzelfundament:  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 34395.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,k} = 859.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 129919.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser D = 25.000 m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -3.777$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 14.940$  m  
 $b' = 20.409$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -3.777$  m  
 Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)  
 $a' = 14.940$  m  
 $b' = 20.409$  m

UK log. Spirale = 25.28 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 97.73 m  
 Fläche log. Spirale = 1222.56 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{d0} = 31.09$ ;  $N_{d10} = 19.23$ ;  $N_{b0} = 10.69$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_a = 1.391$ ;  $v_d = 1.370$ ;  $v_b = 0.780$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.963$ ;  $i_d = 0.965$ ;  $i_b = 0.941$

Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 12.93$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 2.16 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = 0.08 cm  
 unten = 4.24 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 508.1  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stab} = 34395.0 \cdot 25.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 386943.8$   
 $M_{dst} = 129919.0 \cdot 1.05 = 136415.0$   
 $\mu_{EQU} = 136415.0 / 386943.8 = 0.353$

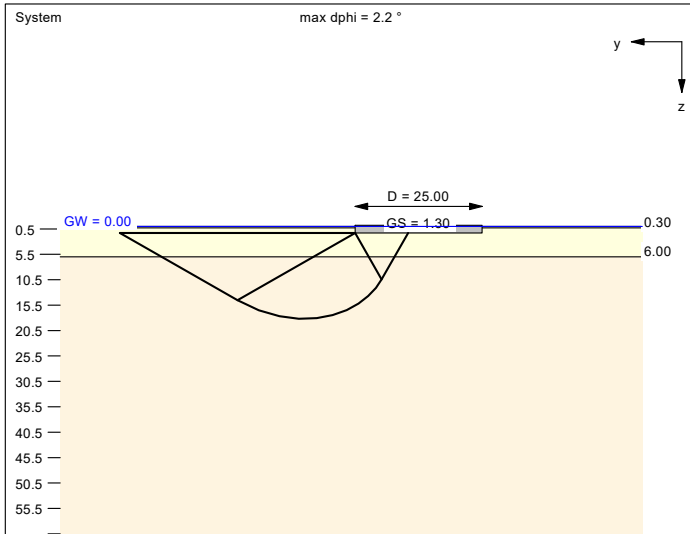
Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\sigma_{0r,k} / \sigma_{0f,d} = 1785.0 / 1373.11$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 544304.50$  kN  
 $R_{n,d} = 418695.77$  kN  
 $V_d = 1.20 \cdot 34395.00 + 1.30 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 41274.00$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.099  
 cal  $\varphi = 30.4^\circ$   
 cal c = 4.24 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.86$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 13.20$  kN/m<sup>2</sup>



# Windpark Volkmarsdorf WEA 2

## Standsicherheitsnachweis BS-A

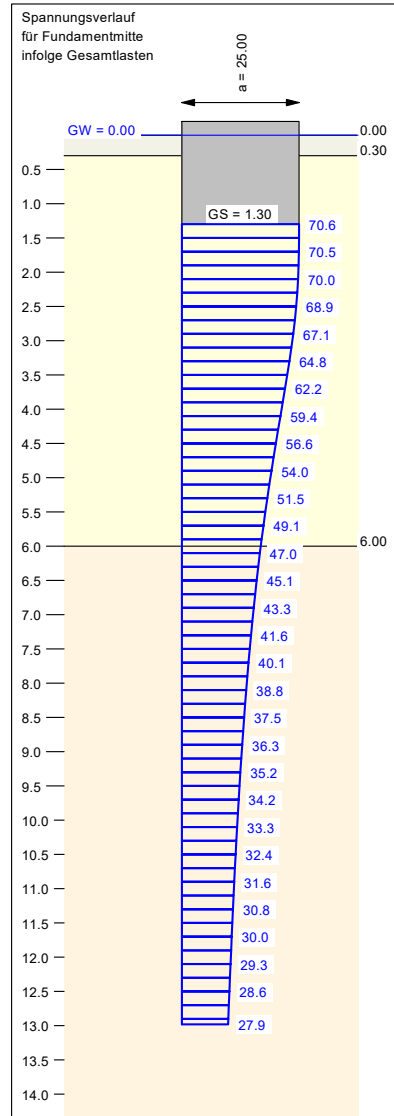
Boden	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\gamma'$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi$ [°]	c [kN/m <sup>2</sup> ]	E [MN/m <sup>2</sup> ]	v [-]	Bezeichnung
	19.0	9.0	22.5	10.0	1.6	0.42	Oberboden
	20.0	10.5	32.5	0.0	15.8	0.43	Bodenverbesserung (Lehm/Mergel)
	21.0	11.0	30.0	5.0	15.7	0.42	Geschiebemergel (halbfest)



Ergebnisse Einzelfundament:  
 Lasten = ständig / veränderlich  
 Vertikallast  $F_{v,k} = 34636.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,k} = 1372.00 / 0.00$  kN  
 Horizontalkraft  $F_{n,y,k} = 0.00 / 0.00$  kN  
 Moment  $M_{x,k} = 217919.00 / 0.00$  kN·m  
 Moment  $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$  kN·m  
 Durchmesser  $D = 25.000$  m  
 Unter ständigen Lasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -6.292$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 10.454$  m  
 $b' = 18.187$  m  
 Unter Gesamtlasten:  
 Exzentrizität  $e_x = 0.000$  m  
 Exzentrizität  $e_y = -6.292$  m  
**Resultierende im 2. Kern (= 7.363 m)**  
 $a' = 10.454$  m  
 $b' = 18.187$  m

UK log. Spirale = 18.17 m u. GOK  
 Länge log. Spirale = 68.84 m  
 Fläche log. Spirale = 606.09 m<sup>2</sup>  
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):  
 $N_{c0} = 31.50$ ;  $N_{d0} = 19.60$ ;  $N_{b0} = 10.98$   
 Formbeiwerte (y):  
 $v_c = 1.308$ ;  $v_d = 1.292$ ;  $v_b = 0.828$   
 Neigungsbeiwerte (y):  
 $i_c = 0.943$ ;  $i_d = 0.946$ ;  $i_b = 0.909$   
 Setzung infolge Gesamtlasten:  
 Grenztiefe  $t_g = 12.98$  m u. GOK  
 Setzung (Mittel aller KPs) = 3.18 cm  
 Setzungen der KPs:  
 oben = -0.15 cm  
 unten = 6.50 cm  
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 317.4  
 Nachweis EQU:  
 $M_{stb} = 34636.0 \cdot 25.00 \cdot 0.5 \cdot 0.90 = 389655.0$   
 $M_{dst} = 217919.0 \cdot 1.05 = 228815.0$   
 $\mu_{EQU} = 228815.0 / 389655.0 = 0.587$

Grundbruch:  
 Durchstanzen untersucht,  
 aber nicht maßgebend.  
 Teilsicherheit (Grundbruch)  $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 1400.8 / 1077.51$  kN/m<sup>2</sup>  
 $R_{n,k} = 266327.11$  kN  
 $R_{n,d} = 204867.01$  kN  
 $V_d = 1.20 \cdot 34636.00 + 1.30 \cdot 0.00$  kN  
 $V_d = 41563.20$  kN  
 $\mu$  (parallel zu y) = 0.203  
 cal  $\varphi = 30.6^\circ$   
 cal c = 3.92 kN/m<sup>2</sup>  
 cal  $\gamma_2 = 10.80$  kN/m<sup>3</sup>  
 cal  $\sigma_u = 13.20$  kN/m<sup>2</sup>



Berechnungsgrundlagen:  
 Kreisring Volkmarsdorf WEA 5  
 Norm: EC 7  
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006  
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)  
 $\gamma_{R,v} = 1.30$   
 $\gamma_G = 1.20$   
 $\gamma_Q = 1.30$   
 Grenzzustand EQU:  
 $\gamma_{G,dst} = 1.05$   
 $\gamma_{G,stb} = 0.90$   
 $\gamma_{Q,dst} = 1.25$   
 Gründungssohle = 1.30 m  
 Grundwasser = 0.00 m  
 Grenztiefe mit  $p = 20.0\%$   
 - - - - - 1. Kernweite  
 - - - - - 2. Kernweite

