



GEOTECS

Inh. Dipl. Ing. Christian Schubert

Lindenallee 14

16831 Rheinsberg

+49 (0)151 - 61 40 29 29

c.schubert@geotecs.de

www.geotecs.de

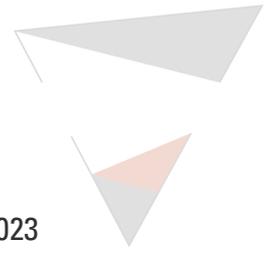
Geotechnischer Bericht 2023/2096

Bauvorhaben	Klosterfelde Neubau WEA Typ Enercon E138 NH 131 m
Bundesland	Brandenburg
Landkreis/Bezirk	Barnim
Geotechnische Kategorie	3
Untersuchungsstufe	Hauptuntersuchung
Bearbeiter	C. Schubert
Auftraggeber	Windpark Klosterfelde GmbH & Co. KG An der Plansche 4 16321 Bernau bei Berlin
Seitenzahl	12
Rheinsberg, den	10.11.2023

Dipl. Ing. Christian Schubert

Inhalt

1.	Unterlagen.....	3
2.	Anlagen	3
3.	Feststellungen	4
3.1	Veranlassung und Bauvorhaben	4
3.2	Örtliche Situation	5
3.3	Durchgeführte Untersuchungen	5
4.	Untersuchungsergebnisse	6
4.1	Baugrundverhältnisse	6
4.2	Hydrogeologische Verhältnisse	6
4.3	Eigenschaften der Böden	7
5.	Schlussfolgerungen und Hinweise	9
5.1	Standortwahl	9
5.2	Gründungsart und -tiefe der WEA.....	9
5.3	Gründungsart und -tiefe der Kranstellfläche	9
5.4	Gründungsart und -tiefe der Wege	10
5.5	Berechnungswerte.....	10
5.5.1	Bodenkennwerte.....	10
5.5.2	Typenspezifische Kenngrößen	10
a)	HGW maximal bei GOK.....	11
b)	Statische Drehfedersteifigkeit	11
c)	Dynamische Drehfedersteifigkeit.....	11
d)	Bodenpressung	11
e)	Schiefstellung.....	11
f)	Nachweis gegen Gleiten	11
5.6	Wasserhaltungsmaßnahmen während der Bauphase	12
5.7	Sicherung der Baugrubenwände	12
5.8	Weitere Hinweise und Empfehlungen	12



1. Unterlagen

- 1.1 Angebot vom 14.03.2023
- 1.2 Beauftragung des AN am 11.07.2023
- 1.3 Lageplan Repowering, übermittelt durch den AG am 06.03.2023
- 1.4 Lageplan Bestandsanlagen, übermittelt durch den AG am 29.09.2023
- 1.5 Baugrundgutachten Bestandsanlagen, erstellt durch das Ingenieurbüro Linke am 02.06.2001, übermittelt durch den AG am 05.10.2023
- 1.6 Technisches Datenblatt Fundamentgründung, Dok.Nr. E-138 EP3 E3-HST-131-FB-C-01 B 550B, übermittelt durch den AG am 06.11.2023
- 1.7 Digitale hydrogeologische Karte Land Brandenburg, URL: https://maps.brandenburg.de/WebOffice/?project=GWM_www_CORE, Zugriff 02.11.2023
- 1.8 Auskunftsplattform Wasser Land Brandenburg (Trinkwasserschutzgebiet), URL: <https://apw.brandenburg.de/#>, Zugriff am 02.11.2023
- 1.9 Geologische Karte Land Brandenburg, URL: <http://www.geo.brandenburg.de/lbgr/bergbau>, Zugriff 02.11.2023
- 1.10 Abfrage Erdbebenzone, URL: https://ebz.gfz-potsdam.de/index_ug cms.php?ortsname=Baumgarten&plz=17291&SuchenButton=Suchen&ExactMatch=1/#abfrage, Zugriff am 02.11.2023
- 1.11 Lagemäßige Absteckung der Ansatzpunkte der Sondierungen, vorgenommen vom AN am 05.10.2023
- 1.12 Ergebnisse der Rammkernsondierungen RKS1/23 bis RKS3/23, ausgeführt vom AN am 05.10. und 09.10.2023
- 1.13 Ergebnisse der Drucksondierungen CPT1/23 bis CPT4a/23, ausgeführt von der Joern Thiel Baugrunduntersuchung GmbH am 05.10.2023
- 1.14 5 x Bestimmung der Kornverteilung durch Nasssiebung bzw. Sieb-/Schlammanalyse, 1 x Bestimmung der Konsistenz und 2 x Bestimmung des Wassergehaltes, ausgeführt von der Umwelt- und Agrarlabor Fehrbellin GmbH
- 1.15 Objektbegehungen am 05.10. und 09.10.2023

2. Anlagen

- 2.1 Aufschlussplan
- 2.2.1 - 2.2.2 Aufschlussprofile RKS1/23 bis RKS3/23
- 2.3.1 - 2.3.5 Ergebnisse Drucksondierungskurven
- 2.4.1 - 2.4.5 Kornverteilungskurven
- 2.5.1 Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenzen (Konsistenz)
- 2.6 Prüfprotokoll Wassergehalts- und Glühverlustbestimmung
- 2.7.1 - 2.7.2 Berechnungsmodelle



3. Feststellungen

3.1 Veranlassung und Bauvorhaben

Am 11.07.2023 beauftragte die Windpark Klosterfelde GmbH & Co. KG das Ingenieurbüro GEOTECS mit der Durchführung einer Baugrunduntersuchung und der Erstellung eines Geotechnischen Berichts für das Bauvorhaben

Klosterfelde
Neubau WEA
Typ Enercon E138 NH 131 m

Der vorliegende Bericht wurde als Hauptuntersuchung gemäß DIN 4020 (Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke) bzw. in Anlehnung an den EUROCODE 7 abgefasst.

Der AG plant eine neue Windenergieanlage (WEA) vom Typ E138 zu errichten. Die Nabenhöhe soll 131 m betragen.

Gemäß Unterlage 1.6 ist das Fundament bei Flachgründung durch folgende bautechnische Daten gekennzeichnet:

- | | | |
|--|-------|---|
| - Außendurchmesser Fundament: | 22,95 | m |
| - Außendurchmesser Weichschichtring | 7,8 | m |
| - Gesamthöhe Fundament im Sockelbereich: | 2,7 | m |
| - UK Fundament unter GOK (o. Sauberkeitsschicht) | +0,1 | m |

Konzentrisch mit einem Durchmesser von 8,3 m ist das Fundament um ca. 0,5 m vertieft. Da dort die Weichschicht eingebracht wird, wird dies bei den nachfolgenden Berechnungen nicht berücksichtigt.

Unter dem gesamten Fundament wird eine Sauberkeitsschicht mit einer Mächtigkeit von 0,1 m aufgebracht.

Als Anforderungen für eine standartgerechte Gründung gelten folgende Werte:

- | | | |
|---|---------|-------------------|
| - Minimale Wichte der Bodenauflast γ | 16 | kN/m ³ |
| - Statische Drehfederkonstante $k_{\phi\text{stat}} \geq$ | 13,288 | GNm/rad |
| - Dynamische Drehfedersteifigkeit $k_{\phi\text{dyn}} \geq$ | 123,398 | GNm/rad |
| - Aufzunehmende char. Kantenpressung (BS-A) | 203 | kN/m ² |
| - Max. Schiefstellung | 3 | mm/m |
| - Max. Grundwasserstand unter GOK | 0,0 | m |
| - min Sohlreibungswinkel | 20 | ° |

3.2 Örtliche Situation

Bei dem Baufeld handelt es sich um eine Ackerfläche westlich der Ortslage Klosterfelde und nördlich der Verbindungsstraße zwischen den Ortslagen Klosterfelde und Stolzenhagen. Das Gelände ist leicht wellig, der Standort selbst liegt etwas erhöht. Das Gelände fällt in Richtung Westen ab. Etwa 130 m westlich des geplanten Standortes steht eine Windenergieanlage (WEA1) die im Rahmen des Projektes zurückgebaut wird. Von diesem Standort führt nach Süden entlang der WEA 4 die aktuelle und künftige Zuwegung zur Verbindungsstraße. Entlang dieses Weges sowie nordöstlich des Standortes sind Entwässerungsgräben vorhanden.

Der Standort der WEA, der Kranstellfläche und der Zufahrt kann Anlage 2.1 entnommen werden. Das Baufeld befindet sich in keiner Erdbebenzone (Unterlage 1.10).

3.3 Durchgeführte Untersuchungen

Die Aufschlussansatzpunkte wurden durch den Auftragnehmer lagemäßig abgesteckt und höhenmäßig eingemessen.

Es wurde zwei Rammkernsondierungen (RKS) im Bereich des Fundamentes sowie eine zusätzliche RKS im Bereich der Kranstellfläche abgeteuft. Auf weitere Bohrungen wurde aufgrund der Homogenität des Baugrundes und der vorliegenden Untersuchungsergebnisse der Bestandsanlagen WEA1 und WEA 4 verzichtet. Im Bereich des Fundamentes wurden vier Drucksondierungen angeordnet. Die Drucksondierung CPT4/23 musste wegen eines oberflächennahen, massiven Hindernisses (Stein) abgebrochen und versetzt wiederholt werden. Die Drucksondierungen CPT1/23 und CPT3/23 wurden wegen Auslastung des Gerätes vor Erreichen der geplanten Endteufe beendet. Bei der Bohrung RSK3/23 im Bereich der Kranstellfläche wurde zudem eine leichte Rammsondierung (DPL-5) angeordnet.

Die Lage der Aufschlüsse ist aus Anlage 2.1 ersichtlich.

Eine Übersicht der durchgeführten Laborversuche können der nachfolgenden Tabelle entnommen werden. Die Ergebnisse sind in den Anlagen 2.4ff + 2.6 aufgeführt.

Tab 1: Übersicht Probenahme

Bohrung	Probenbezeichnung	Entnahmetiefe (m unter GOK)	Laborversuch
RKS1/23	P1	1,6 – 3,2	Kornverteilung und Wassergehalt
	P2	4,1 – 4,6	Konsistenz
	P3	5,1 – 6,7	Kornverteilung
	P4	7,7 – 10,0	Kornverteilung
RKS2/23	P1	3,5 – 5,0	Kornverteilung
	P2	5,0 – 6,4	Kornverteilung
	P3	6,4 – 7,3	Wassergehalt

4. Untersuchungsergebnisse

4.1 Baugrundverhältnisse

Unter einer dünnen Lage organischer Decksande wurden bis ca. 1,6 m bindige Böden erbohrt. Im Liegenden bis zur Endteufe standen überwiegend Sande mit verschiedenen Feinkornanteilen in Wechsellagen an. Vereinzelt wurden zwischengelagerte Geschiebeböden angesprochen.

Die genaue Schichtenfolge der einzelnen Aufschlüsse kann den Anlagen 2.2.1 und 2.2.2 entnommen werden.

In der geologischen Karte (GK 1:25.000) werden am Standort eiszeitliche Geschiebeböden und in der näheren Umgebung Schmelzwassersande ausgewiesen. Dies wird durch die Bohrungen grundsätzlich bestätigt.

Bei den Baugrunduntersuchungen der Bestandsanlagen wurden bei der westlich gelegenen WEA 1 bis 7,3 m Schmelzwassersande angesprochen. Bei der Anlage WEA 4 standen bis 2,6 m Schmelzwassersande an, welche bis ca. 5 m unter GOK von Geschiebeböden unterlagert wurden (s. Anlage 2.2, Bohrungen B1/01, B2/01, B7/01 und B8/01). Organogene Böden wurden nicht festgestellt.

4.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Bei allen Bohrungen wurde Grundwasser angetroffen:

Tab. 2 Grundwasserstände

Aufschluss	Wasserstand [m unter GOK]	Wasserstand [+ m DHHN2016]
RKS1/23	3,6	46,97
RKS2/23	3,5	47,01
RKS3/23	2,7	47,28

In der hydrogeologischen Karte wird der mittlere Grundwasserspiegel mit ca. +48,5 m NHN und somit ca. 1,2 ... 1,5 m höher angegeben. Wahrscheinlich ist die Differenz durch die vergleichsweise trockenen Jahre begründet. Im Baufeld wird der Grundwasserstand zusätzlich über die tiefer liegenden Gräben im Westen und Nordosten reguliert.

Als zu erwartender höchster Grundwasserstand (zeHGW) kann basierend auf den Höhen der umliegenden Gräben und den Angaben der hydrogeologischen Karte ein konservativer Wert von +49,0 m NHN angesetzt werden.

Grundwasserstände sind Schwankungen unterworfen. Die höchsten Stände werden in der Regel im Frühjahr gemessen, die niedrigsten Stände treten im Spätsommer/Frühherbst nach der Vegetationsperiode auf.

Erfahrungsgemäß ist das Grundwasser in Brandenburg in mineralischen Böden nicht betonangreifend. Da ein ausreichender Abstand zwischen dem zeHGW und der Fundamentunterkante gegeben ist, wurde das Grundwasser daher nicht untersucht.

Das Baufeld liegt in keinem Trinkwasserschutzgebiet.

4.3 Eigenschaften der Böden

Die organischen Decksande sind für die Aufnahme von Lasten nicht geeignet. Die oberflächennahen Geschiebeböden waren von steifer Konsistenz und werden als tragfähig eingestuft.

Die mineralischen Sande sind bis ca. 5,0 m überwiegend mitteldicht gelagert und können als tragfähig bewertet werden.

Bis in eine Teufe von ca. 7,0 m standen vernässte und breiige Sande an. Diese sind nur bedingt tragfähig. Die darunter liegenden Sande waren bis ca. 10 ... 14 m überwiegend mitteldicht bis dicht gelagert. Bei dem indirekten Aufschluss CPT4a/23 wurden im Liegenden feinkörnige Sande mit z.T. schwach mitteldichter Lagerung bzw. steifer Konsistenz festgestellt.

Insgesamt liegen bis in eine Teufe von 10 m relativ homogene Verhältnisse vor.

Aus Bodenuntersuchungen bei vergleichbaren Baufeldern in der Uckermark und Brandenburg ist für die im Bereich des Fundamentes anstehenden mineralischen Decksande von keiner Betonaggressivität auszugehen. Diese Böden wurden stets als nicht betonangreifend nach DIN 4030 eingestuft.

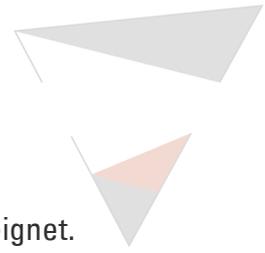
Die anstehenden Erdstoffe können in folgende Homogenbereiche aufgeteilt werden:



Tab 3: Homogenbereiche

		Einheit	Decksande	Bindige, gemischtkörnige Böden	Sande
Homogenbereich			A	B	C
Bezeichnung			Sande mit verschiedenen Feinkornanteilen	Stark schluffige Sande und Geschiebeböden	Nicht- bindige Sande
Korngrößen- verteilung	≤ 0,06 mm		5 – 40	30 – 50	< 15
	0,06-2,0 mm		60 – 95	< 60	85 – 95
	>2,0-63 mm		< 5	< 3	< 3
Messanteil an Steinen/ Blöcken	>63-200 mm		< 1	< 1	< 1
	>200-630 mm		< 1	< 1	< 1
	>630 mm		< 1	< 1	< 1
Dichte		g/cm ³	1,8 – 1,9	1,9 – 2,1	1,8 – 1,9
Wassergehalt		%	10 – 25	10 – 15 - 20 (ST* [w])	5 – 20
Plastizitätszahl		%	/	7 – 10	/
Konsistenzzahl		-	/	0,5 – 1,0	/
Kohäsion undrainiert		kN/m ²	/	30 – 60 (ST*[w]) 150 – 200 (ST*[st-hf])	/
Lagerungsdichte		-	Mitteldicht bis dicht	Schwach mitteldicht (SU*)	Mitteldicht bis dicht
Organischer Anteil		%	< 3	< 1	< 1
Bodengruppe		-	SU, SU*	SU*, ST*	SE, SU
Bodenklasse		-	3 – 4	4 - 5	3 - 4

In Geschiebeböden können Hindernisse bis zu einer Größe von Findlingen auftreten.



5. Schlussfolgerungen und Hinweise

5.1 Standortwahl

Der vorgesehene Standort ist aus baugrundmäßiger Sicht nur bedingt geeignet.

5.2 Gründungsart und -tiefe der WEA

Basierend auf den Ergebnissen der Berechnungen ist bei dem vorliegenden Fundamenttyp eine Flachgründung möglich, wenn eine ca. 1 m mächtige Schottertragschicht eingebaut wird. Der Boden ist bis 1 m unter GOK (Bezugshöhe) auszukoffern. Die Geschiebeböden im Bereich der Baugrubensohle sind vor Feuchtigkeit zu schützen. Aufgeweichte Böden sind zu entfernen und gegen Beton Recycling oder Natursteinschotter zu ersetzen. Ziegel Recycling ist im Bereich des Fundamentes nicht zulässig! Die Sohle ist durch einen Baugrundgutachter abzunehmen. Darauf ist die Schottertragschicht (0/56 oder 0/45) lageweise aufzubringen und zu verdichten ($D_{Pr} \geq 103\%$).

Es wird darauf hingewiesen, dass seit dem 01.08.2023 die Mantelverordnung in Kraft getreten ist. Es wird empfohlen, die zulässige Materialklasse der Tragschicht vorab mit der Fachbehörde abzustimmen.

Die mineralischen Erdstoffe weisen eine Wichte $\geq 16 \text{ kN/m}^3$ auf und sind somit für die Überschüttung des Fundamentes geeignet. Der organische Oberboden darf als Deckschicht auf die Überschüttung aufgebracht werden, um das Begrünen zu beschleunigen. Er ist jedoch nicht auf die Überschüttung anzurechnen.

5.3 Gründungsart und -tiefe der Kranstellfläche

Der organische Oberboden ist abzutragen. Aufgeweichte Böden sind zu entfernen. Hierauf kann eine 30 cm mächtige Lage Schotter (Empfehlung: 0/56 Körnung) aufgebracht und verdichtet werden. Im Anschluss kann eine weitere 30 cm mächtige Lage Schotter (Empfehlung: 0/45 oder 0/32 Körnung) aufgebracht und verdichtet werden.

Als Material für die Schottertragschicht wird Betonrecycling oder Natursteinschotter empfohlen. Ziegel Recycling ist im Bereich der Kranstellfläche nicht zulässig.

Es ist ratsam, nachweislich unbelastete Materialien einzubringen. Es wird darauf hingewiesen, dass seit dem 01.08.2023 die Mantelverordnung in Kraft getreten ist. Das Material soll frei von scharfkantigen Gegenständen und Metall sein. Als Verdichtungsgrad ist ein Wert von $D_{Pr} \geq 100\%$ zu erreichen. Dieser ist entsprechend der Vorgaben des WEA Herstellers nachzuweisen.

Der Standsicherheitsnachweis für den Kran ist separat zu führen.

5.4 Gründungsart und -tiefe der Wege

Die Zuwegung führt bis zur WEA 1 über bestehende Wege, die jedoch vor der Maßnahme ertüchtigt werden müssen. Hierzu sollte der Weg abgeschoben werden und nachverdichtet werden. Anschließend sollte eine 30 cm mächtige Lage Schotter oder Recycling aufgebracht werden. Es ist zu prüfen, ob die Zufahrt und die Kurvenradien ggf. angepasst werden müssen. Im Bereich zwischen WEA 1 und Kranstellfläche sollte eine 50 cm mächtige Lage Schotter in zwei Lagen eingebaut und verdichtet werden ($D_{Pr, OK} \geq 100\%$)

Bei der Wahl des Materials für die Tragschicht ist der geringe Grundwasserflurabstand zu berücksichtigen (Ersatzbaustoffverordnung). Es wird empfohlen dies vorab mit der zuständigen Fachbehörde abzustimmen.

5.5 Berechnungswerte

5.5.1 Bodenkennwerte

Den anstehenden Böden können folgende Bodenkennwerte zugeordnet werden:

Tab. 4 Bodenkennwerte

Erdstoff	γ_n [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ' [°]	c' [kN/m ²]	$E_{S, stat}$ [kN/m ²]	$E_{S, dyn}$ [kN/m ²]
Polster (d)	19,0	9,0	35	0	50.000	150.000
ST* (st)	20,0	10,0	28	5	15.000	90.000
SU-SU* (md)	19	9,5	30	1	20.000	80.000
SU*/ST* [w]	19,5	9,5	25	3	10.000	50.000
SE-SU (md - d)	19,0	9,5	34	0	50.000	200.000
SU*/ST* [st/hf]	20,0	10,0	30	7	30.000	150.000
SE (d)	18	9,0	37	0	100.000	300.000

5.5.2 Typenspezifische Kenngrößen

Die Ergebnisse der Bohrungen und Drucksondierungen waren bis 10 m unter Gelände relativ ähnlich. Bei der westlich des Mittelpunkts gelegenen Drucksondierung CPT4a/23 wurden im Liegenden statt Sanden bindige Böden ermittelt. Dies wurde bei dem Baugrundmodell berücksichtigt.

Die Bodenkennwerte wurden entsprechend Tabelle 4 gewählt.

Basierend auf den Angaben unter Absatz 3.2 wird zu den einzelnen Forderungen wie folgt Stellung bezogen (s. Anlage 2.7.1 + 2.7.2).

a) HGW maximal bei GOK.

Der zu erwartende höchste Grundwasserspiegel wird konservativ mit +49 m NHN und somit etwa 0,7 m unter der Bezugshöhe des Fundamentes abgeschätzt. Es ist unter Berücksichtigung der leicht erhöhten Lage des Standortes und der vorhandenen Gräben westlich und nordöstlich des Baufeldes davon auszugehen, dass weder Grund- noch Stauwasser über den angegebenen Bemessungswasserstand steigen.

Forderung erfüllt.

b) Statische Drehfedersteifigkeit

Für den Bautyp muss eine Drehfedersteifigkeit von $k_{\varphi\text{stat}} \geq 13,288 \text{ GNm/rad}$ erfüllt werden. Diese Forderung wird erfüllt.

$$k_{\varphi\text{stat}} (\text{min}) = 47 \text{ GNm/rad (s. Anlage 2.7.1, Lastfall BS-A)}$$

c) Dynamische Drehfedersteifigkeit

Gefordert ist eine dynamische Drehfedersteifigkeit von $k_{\varphi\text{dyn}} \geq 127,398 \text{ GNm/rad}$.

Diese Forderung wird erfüllt.

$$K_{\varphi\text{stat}} (\text{min}) = 330 \text{ GNm/rad (s. Anlage 2.7.2, Lastfall BS-A)}$$

d) Bodenpressung

Der Baugrund muss am Standort eine charakteristische Kantenpressung von $\sigma = 203 \text{ kN/m}^2$ (BS-A) aufnehmen können.

Die Berechnung ergibt mit 205 kN/m^2 nahezu den gleichen Wert. Die Grundbruchsicherheit kann dargestellt werden.

$$\mu (\text{max}) < 0,3 \text{ (s. Anlage 2.7.1, Lastfall BS-A)}$$

e) Schiefstellung

Die maximale Schiefstellung infolge von Baugrundsetzungen darf 3 mm/m nicht überschreiten. Diese Forderung wird erfüllt.

$$\text{Schiefstellung (max)} = 2,57 \text{ mm/m (s. Anlage 2.7.1, Lastfall BS-A)}$$

f) Nachweis gegen Gleiten

Der Ausnutzungsgrad für den Gleitwiderstand ist $\leq 0,1$. Die Forderung wird erfüllt.

Fazit: Sämtliche Forderungen werden erfüllt, wenn unter dem Fundament eine 1 m mächtige und nachweislich gut verdichtete Schottertragschicht eingebaut wird.

5.6 Wasserhaltungsmaßnahmen während der Bauphase

Für das Bauvorhaben sind keine Wasserhaltungsmaßnahmen erforderlich.

5.7 Sicherung der Baugrubenwände

Bis 1,25 m darf senkrecht geschachtet werden. Übersteigt die Tiefe der Baugruben diesen Wert, ist abzuböschten oder zu verbauen. Der Böschungswinkel in den Sanden darf 45° und in bindigen Böden 60° nicht überschreiten. Dieser Wert gelten nur für eine zeitweilige, unbelastete Böschung oberhalb des Wasserspiegels und bei Böschungshöhen bis 5m.

5.8 Weitere Hinweise und Empfehlungen

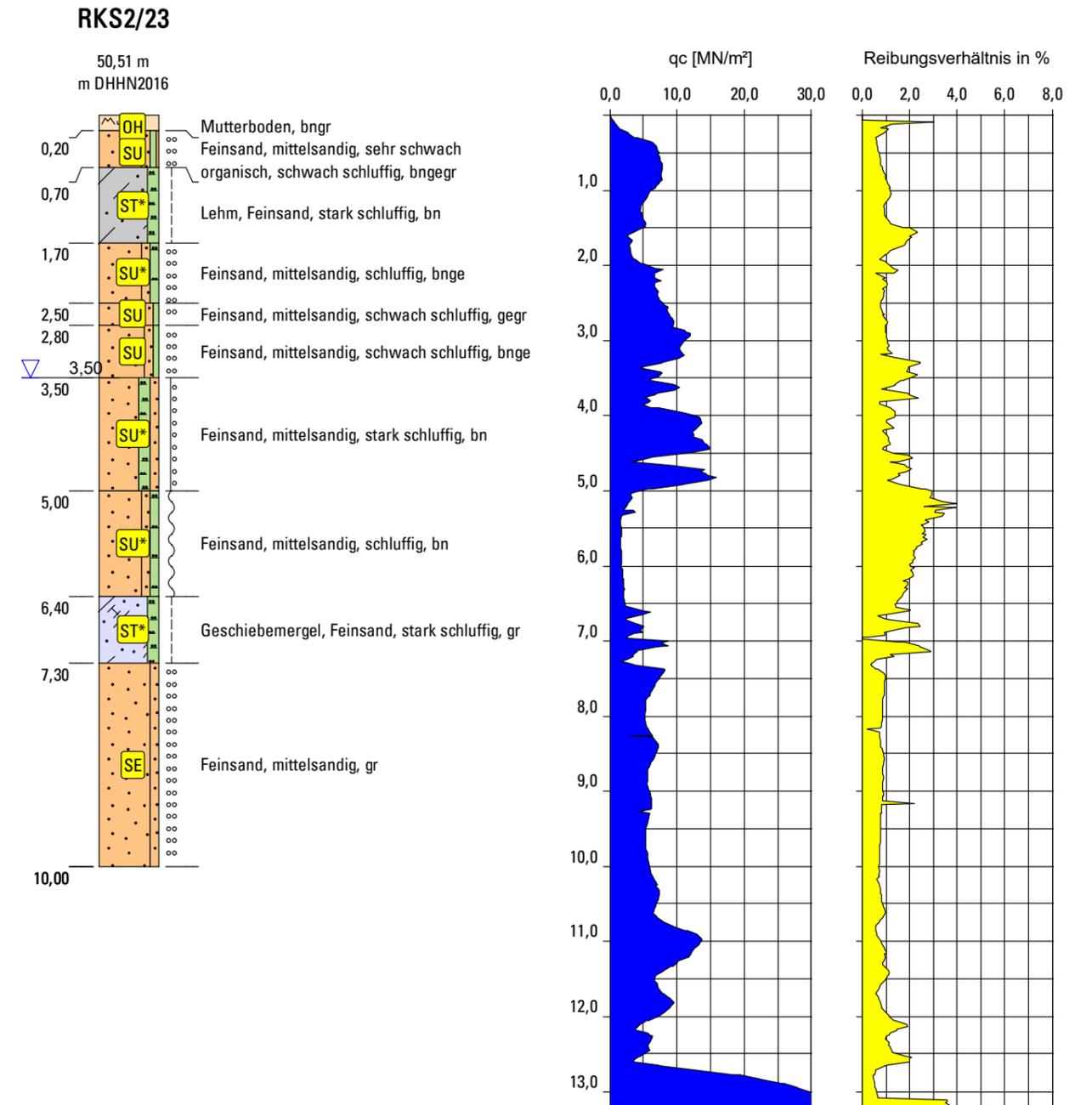
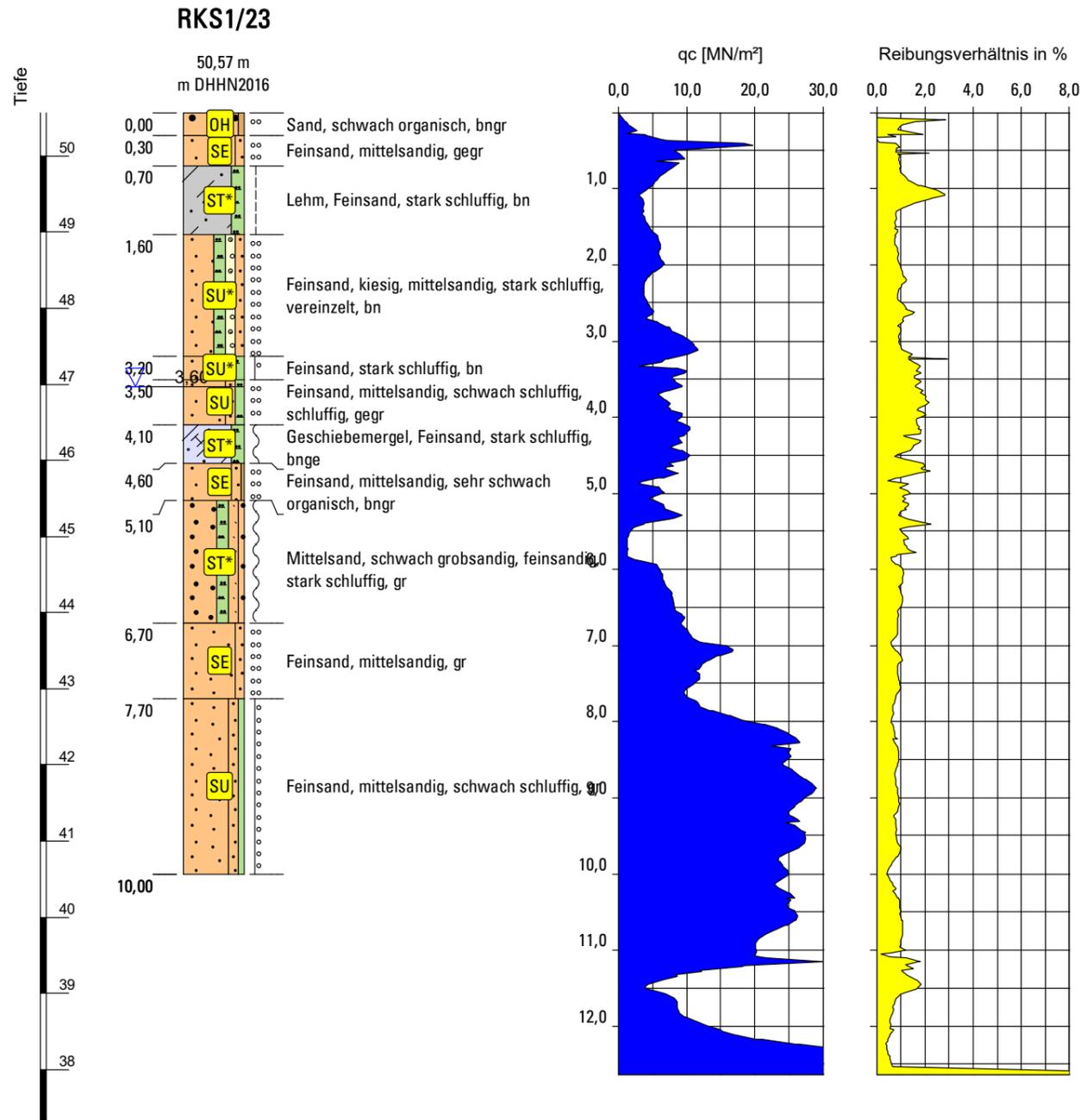
Das Auflockern nichtbindiger und das Aufweichen bindiger Böden auf der Bausohle ist möglichst zu vermeiden. Aufgelockerte Böden sind zu verdichten. Aufgeweichte Böden sind zu entfernen und durch Polstermaterial oder Magerbeton zu ersetzen. Die unterschiedlichen Bodenarten sind separat zu lösen und zu lagern.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Rammkernsondierungen, Drucksondierungen und Rammsondierungen punktförmige Aufschlüsse des Baugrunds darstellen und deshalb Abweichungen von der erkundeten Schichtung auftreten können. Erforderlichenfalls ist der Bearbeiter zu konsultieren.

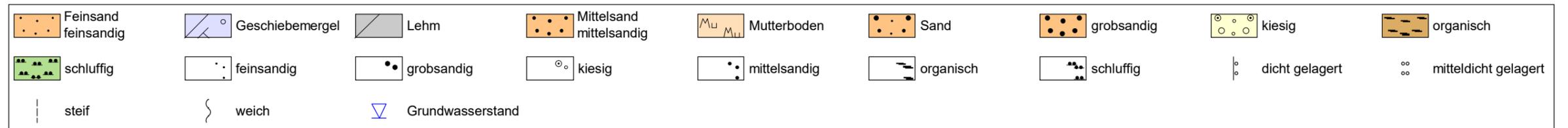
Die Gültigkeit des vorliegenden Berichts ist auf das beschriebene Bauvorhaben am untersuchten Standort beschränkt.

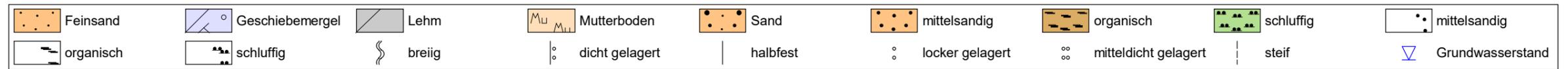
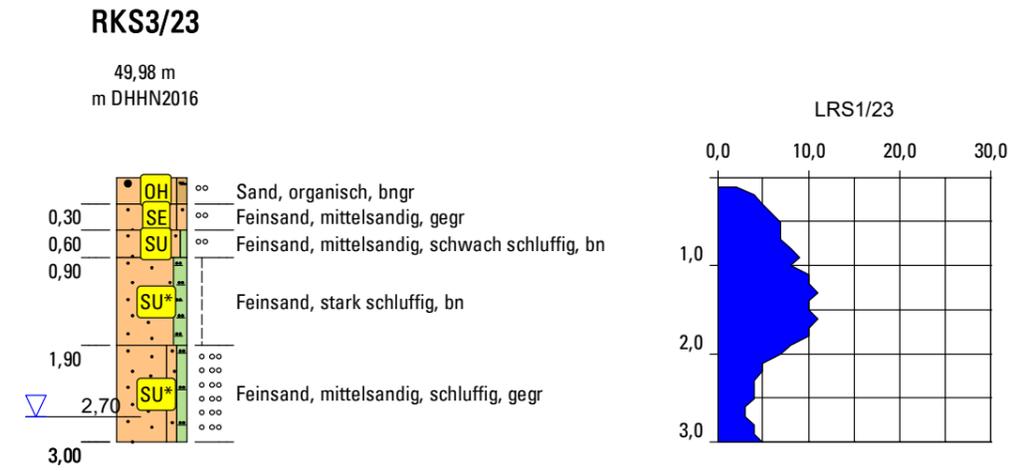
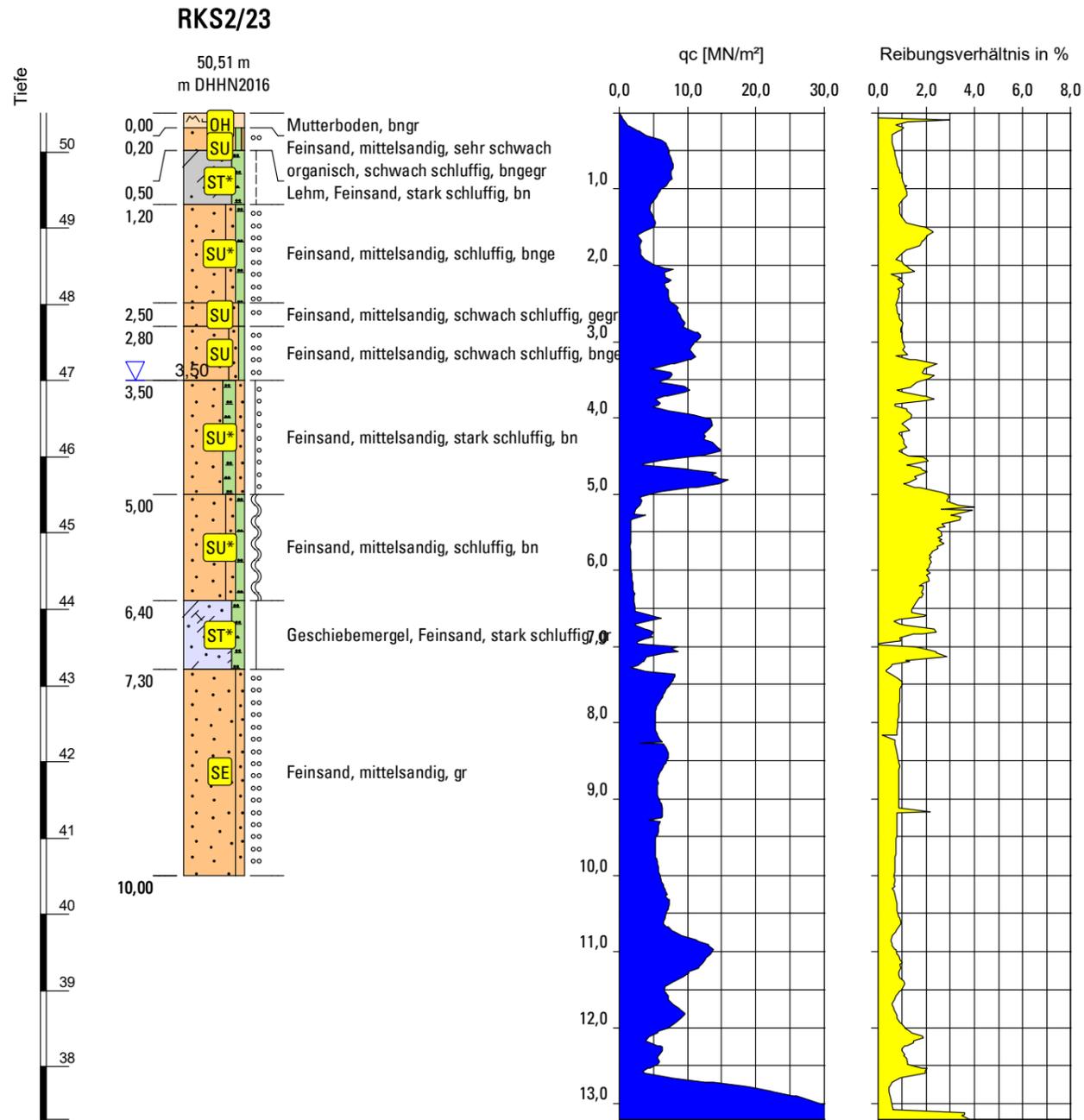
Christian Schubert

Dipl. Ing für Geotechnik und Bergbau



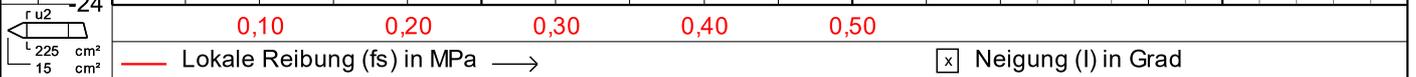
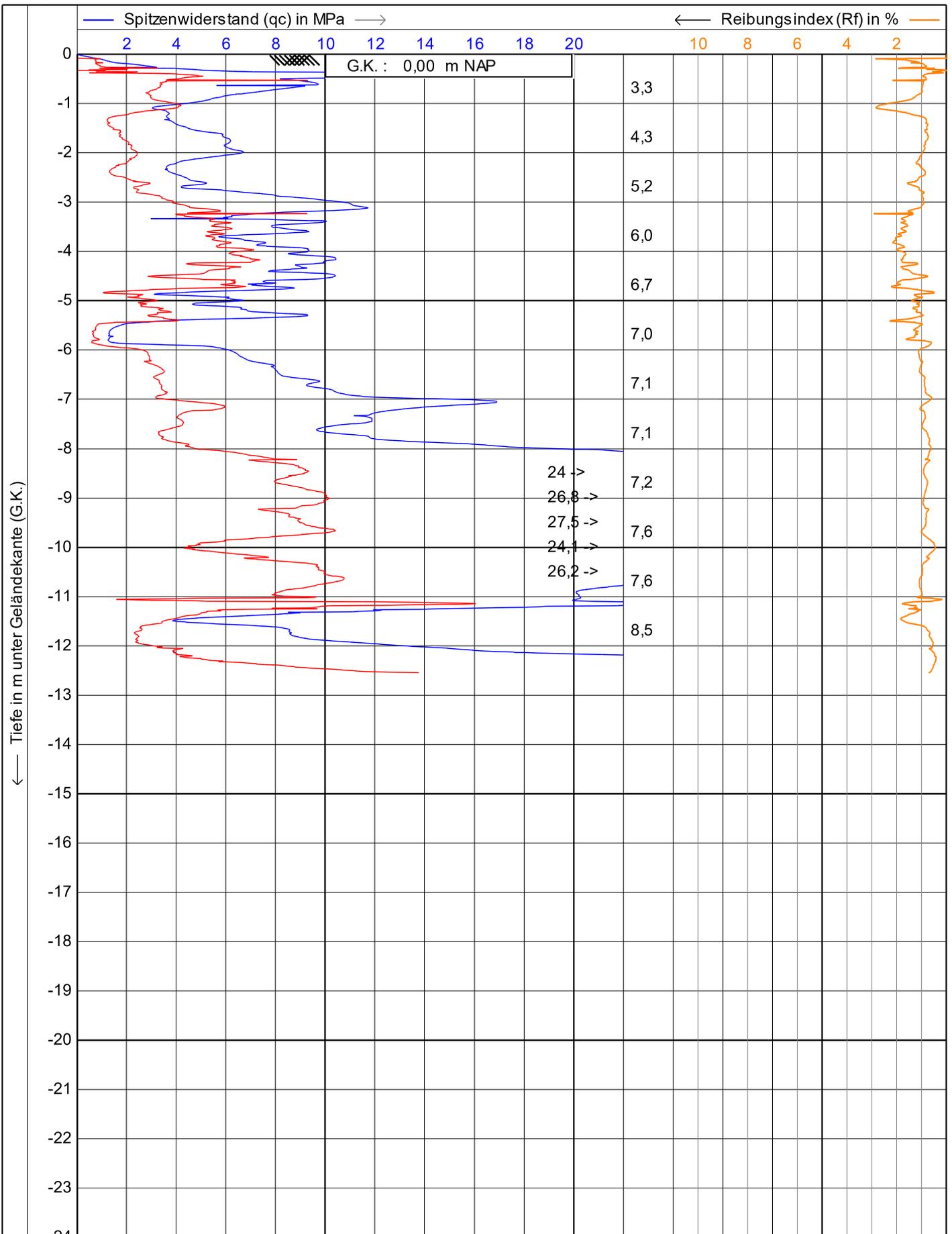
Höhenmaßstab: 1:80





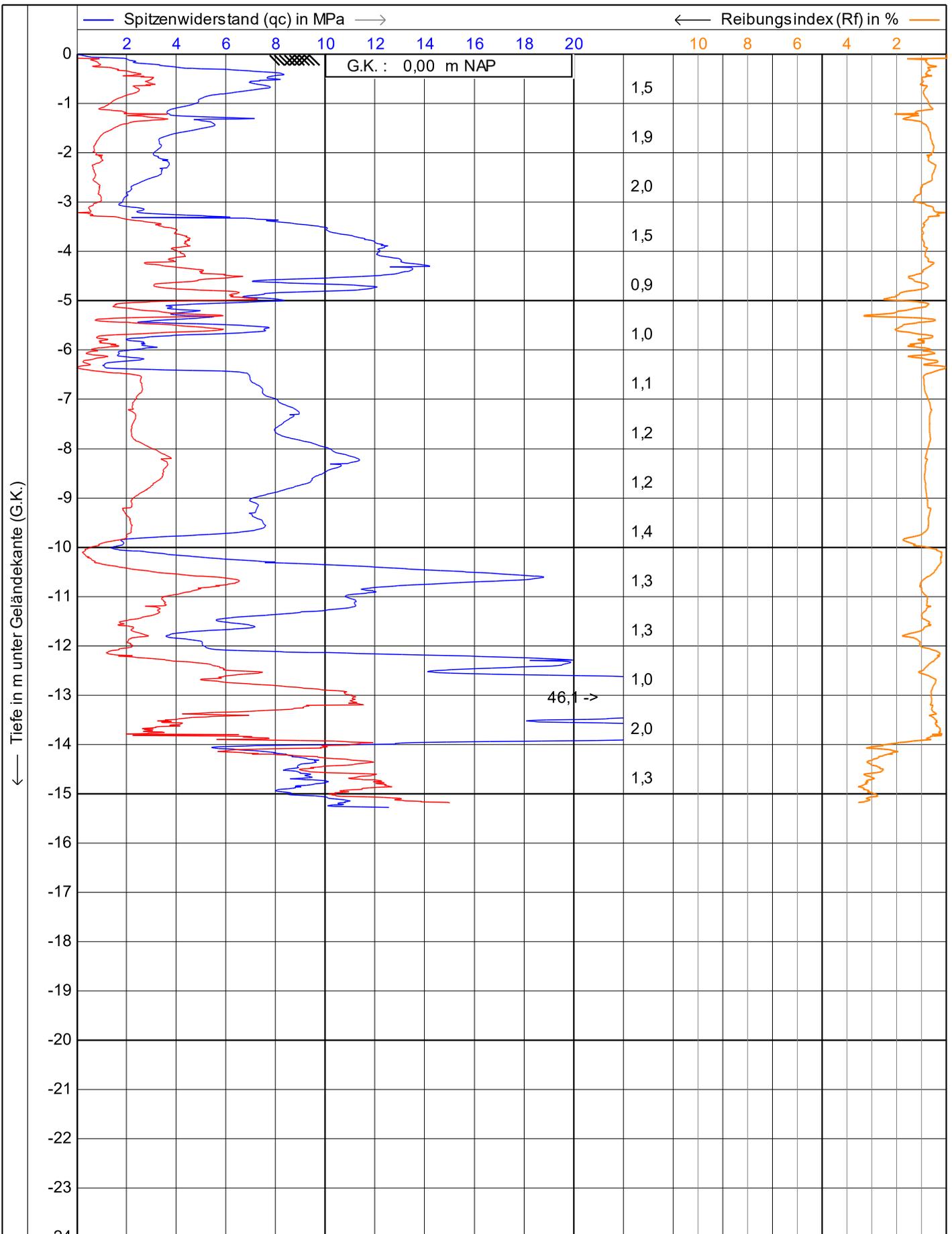
Höhenmaßstab: 1:80

Anlage 2.3.1



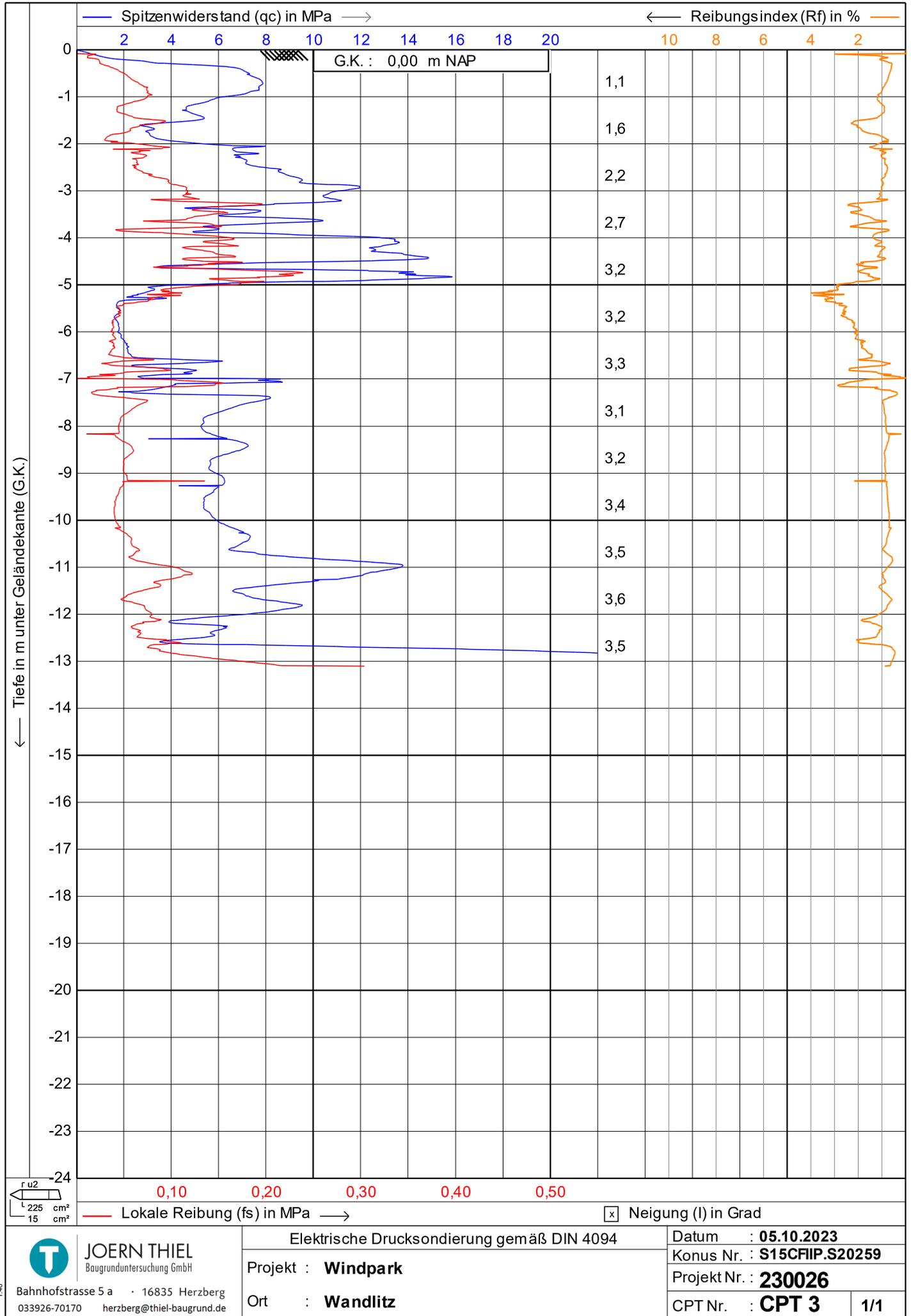
<p>JOERN THIEL Baugrunduntersuchung GmbH</p> <p>Bahnhofstrasse 5 a · 16835 Herzberg 033926-70170 herzberg@thiel-baugrund.de</p>	Elektrische Drucksondierung gemäß DIN 4094		Datum : 05.10.2023	
	Projekt : Windpark		Konus Nr. : S15CFIIP.S20259	
	Ort : Wandlitz		Projekt Nr. : 230026	
			CPT Nr. : CPT 1 1/1	

Anlage 2.3.2



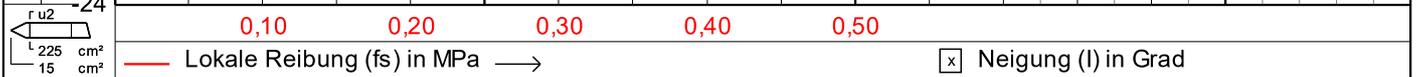
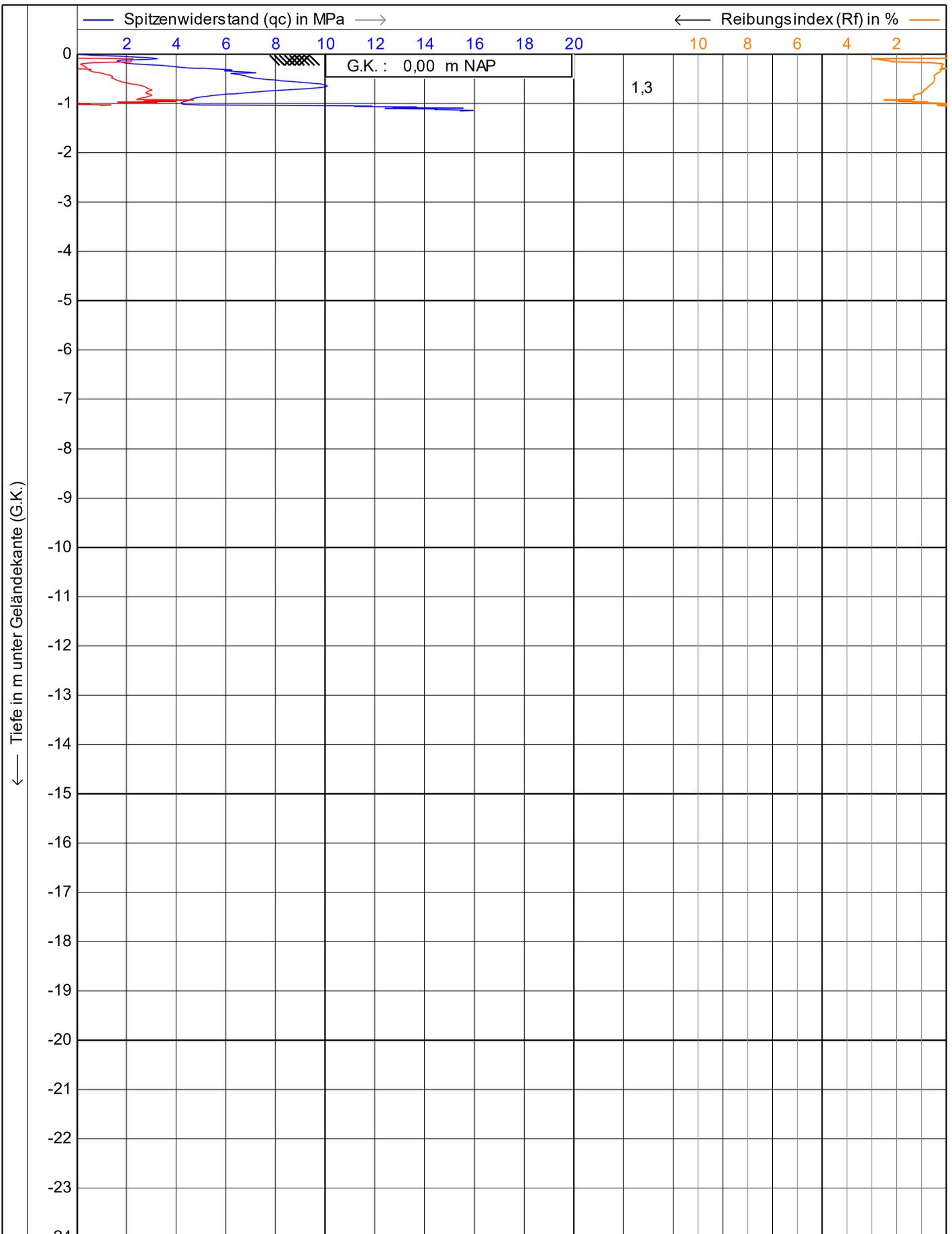
<p>JOERN THIEL Baugrunduntersuchung GmbH</p> <p>Bahnhofstrasse 5 a · 16835 Herzberg 033926-70170 herzberg@thiel-baugrund.de</p>	Elektrische Drucksondierung gemäß DIN 4094		Datum : 05.10.2023	
	Projekt : Windpark		Konus Nr. : S15CFIP.S20259	
	Ort : Wandlitz		Projekt Nr. : 230026	
			CPT Nr. : CPT 2	1/1

Anlage 2.3.3



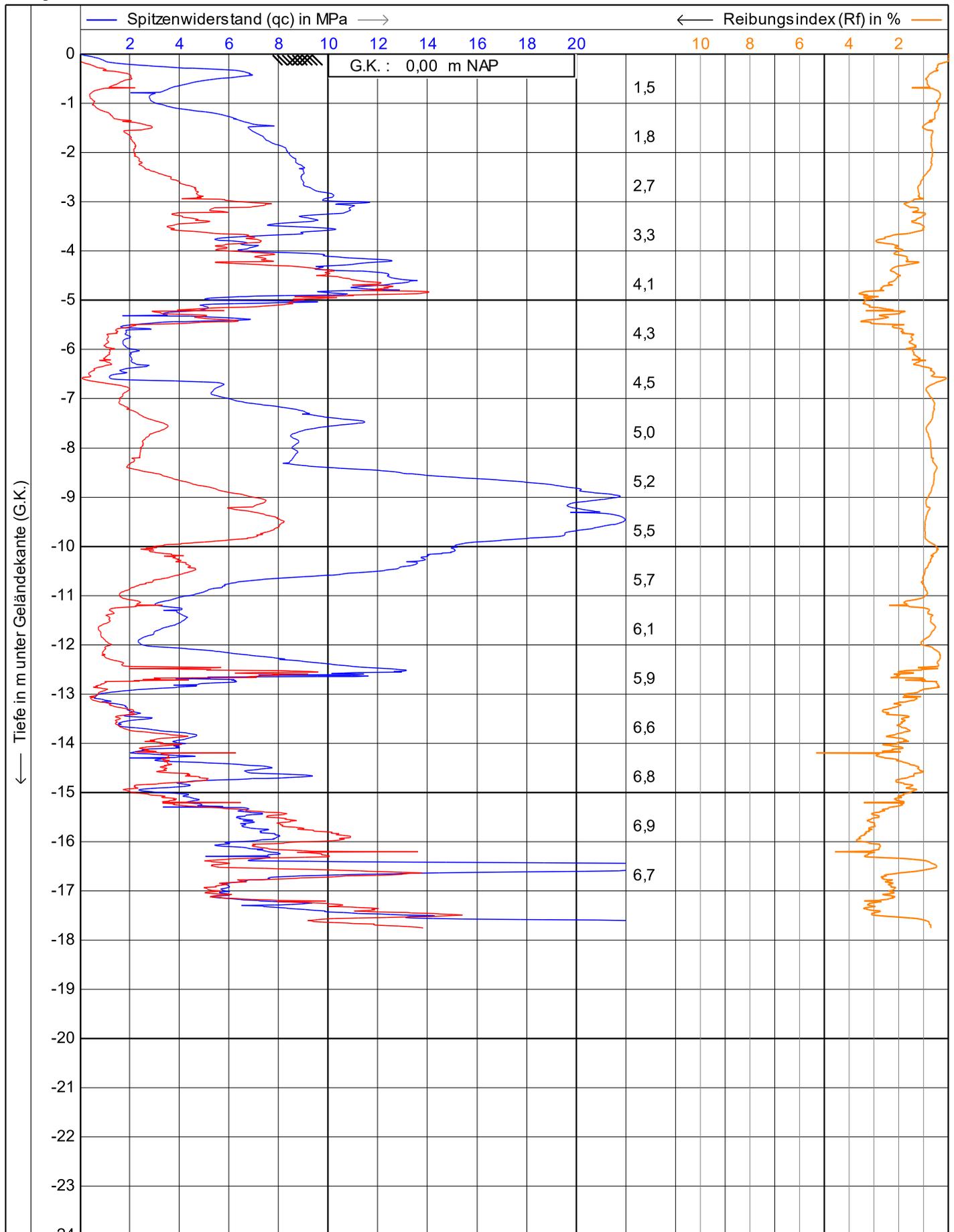
1.48

Anlage 2.3.4



<p>JOERN THIEL Baugrunduntersuchung GmbH</p> <p>Bahnhofstrasse 5 a · 16835 Herzberg 033926-70170 herzberg@thiel-baugrund.de</p>	Elektrische Drucksondierung gemäß DIN 4094		Datum : 05.10.2023	
	Projekt : Windpark		Konus Nr. : S15CFIIP.S20259	
	Ort : Wandlitz		Projekt Nr. : 230026	
			CPT Nr. : CPT 4	1/1

Anlage 2.3.5



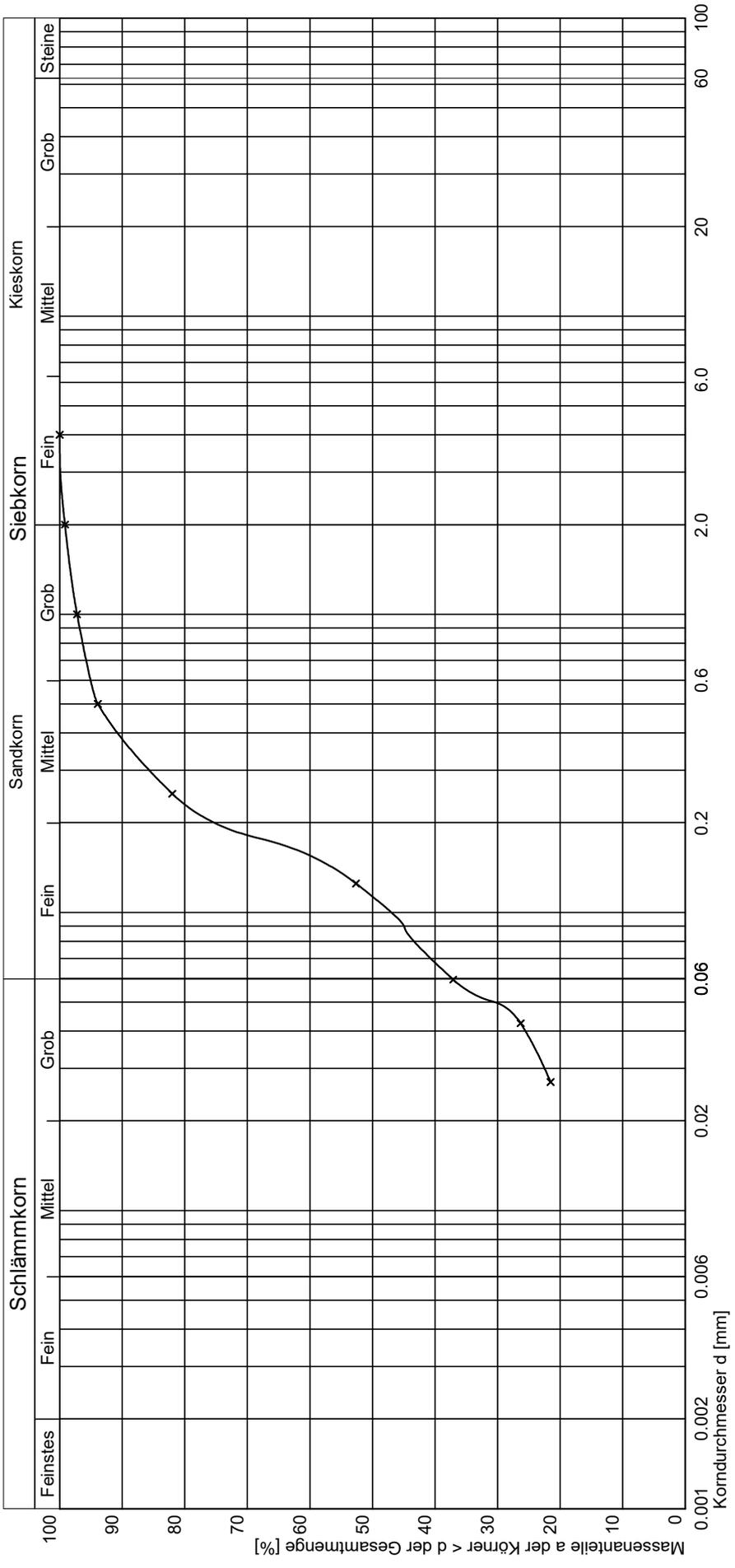
<p>JOERN THIEL Baugrunduntersuchung GmbH</p> <p>Bahnhofstrasse 5 a · 16835 Herzberg 033926-70170 herzberg@thiel-baugrund.de</p>	Elektrische Drucksondierung gemäß DIN 4094		Datum : 05.10.2023	
	Projekt : Windpark		Konus Nr. : S15CFIP.S20259	
	Ort : Wandlitz		Projekt Nr. : 230026	
			CPT Nr. : CPT 4a 1/1	

Umwelt-und Agrarlabor GmbH Alter Dechtower Weg 16833 Fehrbellin Tel. 033932/70297	Prüfungs-Nr. : 574.23 Anlage : 2.4.1 zu : 2023-2096
--	---

Entnahmestelle : RKS 1/23, P1
 Station : m rechts der Achse
 Entnahmetiefe : 1,6-3,2 m unter GOK
 Bodenart :
 Art der Entnahme :
 Entnahme am : 05.10.2023 durch : C. Schubert

Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse
 nach DIN 18 123

Ausgeführt durch : Burmann
 am : 23.10.2023
 Bemerkung :



Kurve Nr.:		Bemerkung (z.B. Kornform)
Arbeitsweise		
U = d60/d10 / C _u		
Bodengruppe (DIN 18196)	SU*	
Geologische Bezeichnung		
kf-Wert	6.000 * 10 ⁻⁷ [m/s]	
Kornkennziffer:	0 4 6 0 0 fS.ms.u*	

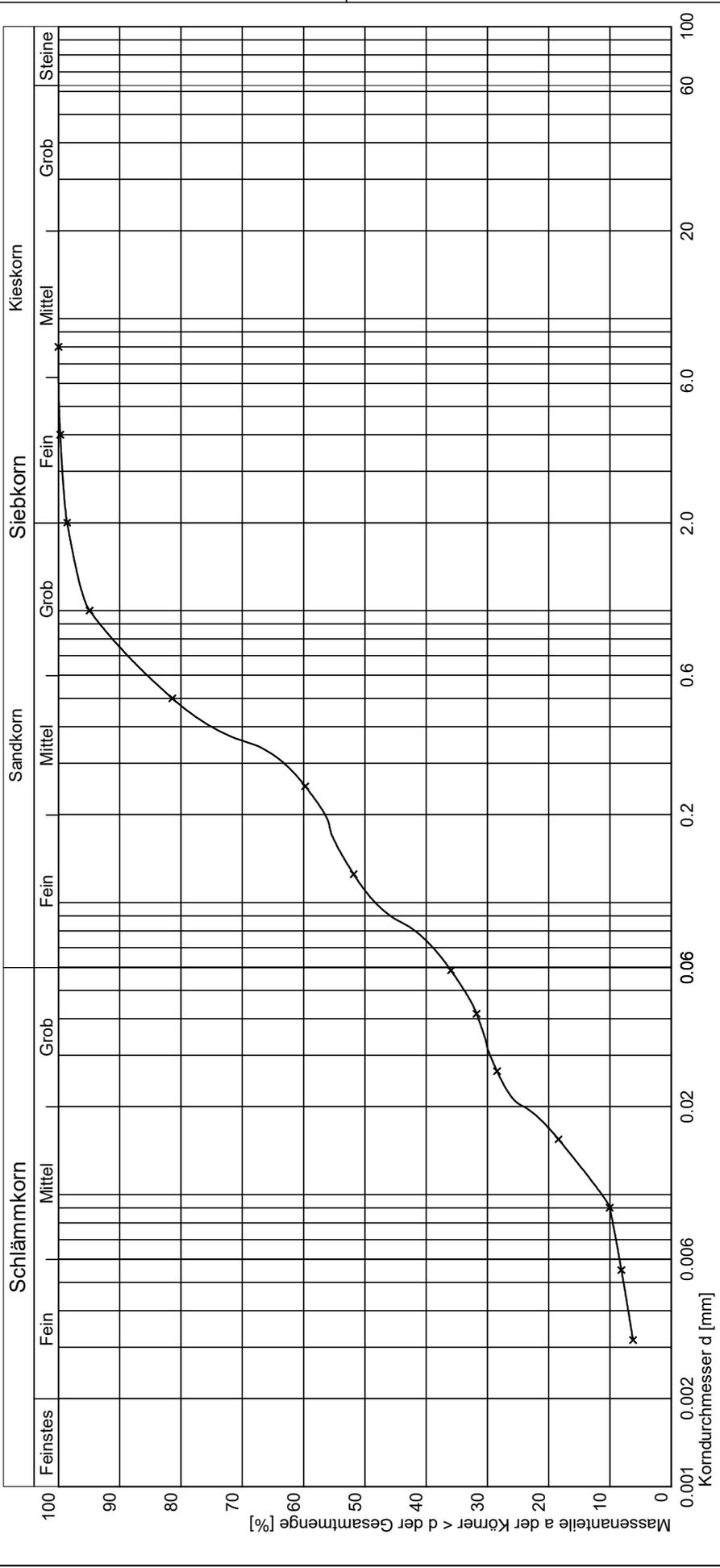
Umwelt-und Agrarlabor GmbH Alter Dechtower Weg 16833 Fehrbellin Tel. 033932/70297	Prüfungs-Nr. : 576.23 Anlage : 2.4.2 zu : 2023-2096
--	---

Entnahmestelle : RKS 1/23, P3
 Station :
 Entnahmetiefe : 5,1-6,7
 Bodenart :
 m rechts der Achse
 m unter GOK

Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse
 nach DIN 18 123

Ausgeführt durch : Burmann
 am : 23.10.2023
 Bemerkung :

Art der Entnahme :
 Entnahme am : 05.10.2023
 durch : C. Schubert



Kurve Nr.:		Bemerkung (z.B. Kornform)
Arbeitsweise		
U = d60/d10 / C _c	0,44	
Bodengruppe (DIN 18196)	SU*	
Geologische Bezeichnung		
kf-Wert	3,026 * 10 ⁻⁷ [m/s] nach USBR/Bialas	
Kornkennziffer:	0 4 6 0 0 mS,fs,gs,u*	

Prüfungs-Nr. : 577.23
 Bauvorhaben : Klosterfelde, Neubau WEA, HU

Ausgeführt durch : Burmann
 am : 23.10.2023

Bemerkung :

Bestimmung der Korngrößenverteilung
Naß-/Trockensiebung

nach DIN 18 123

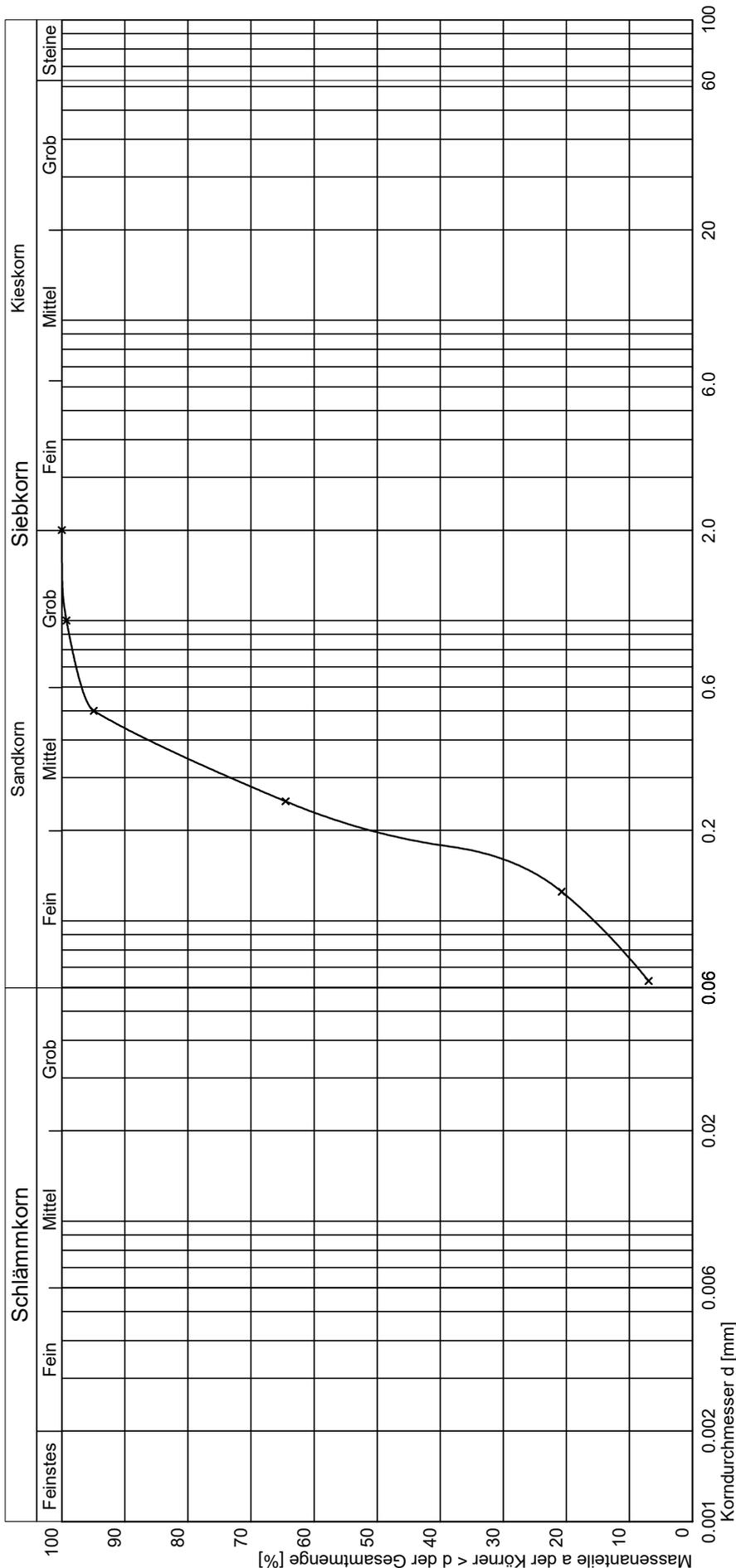
Entnahmestelle : RKS 1/23, P4
 Station :
 Entnahmetiefe : 7,7-10,0
 Bodenart :

m rechts der Achse
 m unter GOK

Art der Entnahme :
 Entnahme am : 05.10.2023
 durch : Christian Schubert

Umwelt-und Agrarlabor GmbH
 Alter Dechtower Weg
 16833 Fehrbellin
 Tel. 033932/70297

Prüfungs-Nr. : 577.23
 Anlage : 2.4.3
 zu : 2023-2067



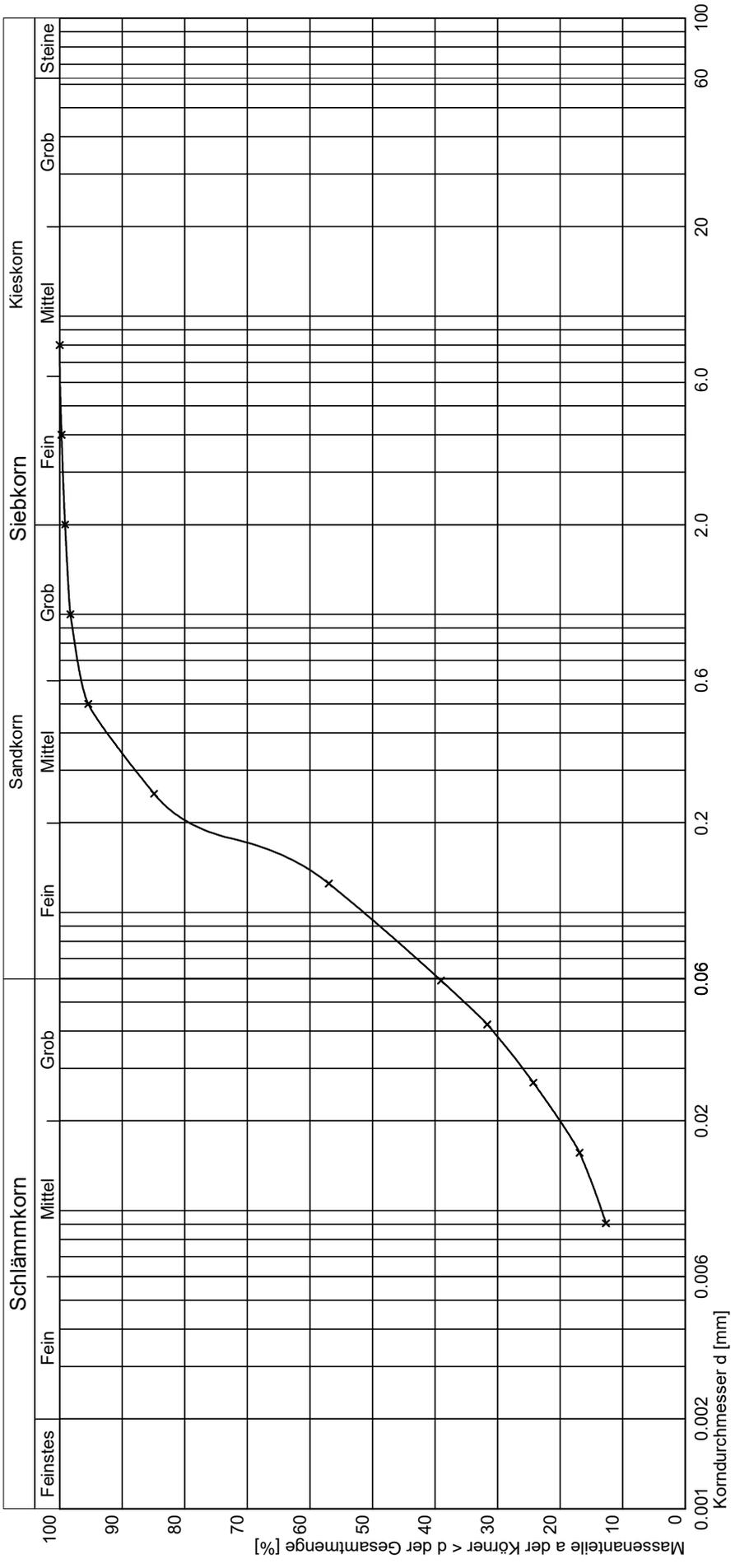
Kurve Nr.:		Bemerkung (z.B. Kornform)
Arbeitsweise	Nasssiebung	
U = d60/d10 / C _c	3,05	1,49
Bodengruppe (DIN 18196)	SU	
Geologische Bezeichnung		
kf-Wert	5,442 * 10 ⁻⁵ [m/s] nach Beyer	
Kornkennziffer:	0 1 9 0 0	mS-fs,u'

Entnahmestelle : RKS 2/23, P1
 Station :
 Entnahmetiefe : 3,5-5,0
 Bodenart :
 m rechts der Achse
 m unter GOK

Bestimmung der Korngrößenverteilung
kombinierte Sieb-/Schlämmanalyse
 nach DIN 18 123

Ausgeführt durch : Burmann
 am : 23.10.2023
 Bemerkung :

Art der Entnahme :
 Entnahme am :
 durch : C. Schubert



Kurve Nr.:		Bemerkung (z.B. Kornform)
Arbeitsweise		
U = d60/d10 / C _u		
Bodengruppe (DIN 18196)	UL	
Geologische Bezeichnung		
kf-Wert	4,439 * 10 ⁻⁷ [m/s] nach USBR/Bialas	
Kornkennziffer:	0 4 6 0 0 fS.ms.u*	

Prüfungs-Nr. : 579.23
 Bauvorhaben : Klosterfelde, Neubau WEA, HU

Ausgeführt durch : Burmann
 am : 23.10.2023

Bemerkung :

Bestimmung der Korngrößenverteilung
Naß-/Trockensiebung

nach DIN 18 123

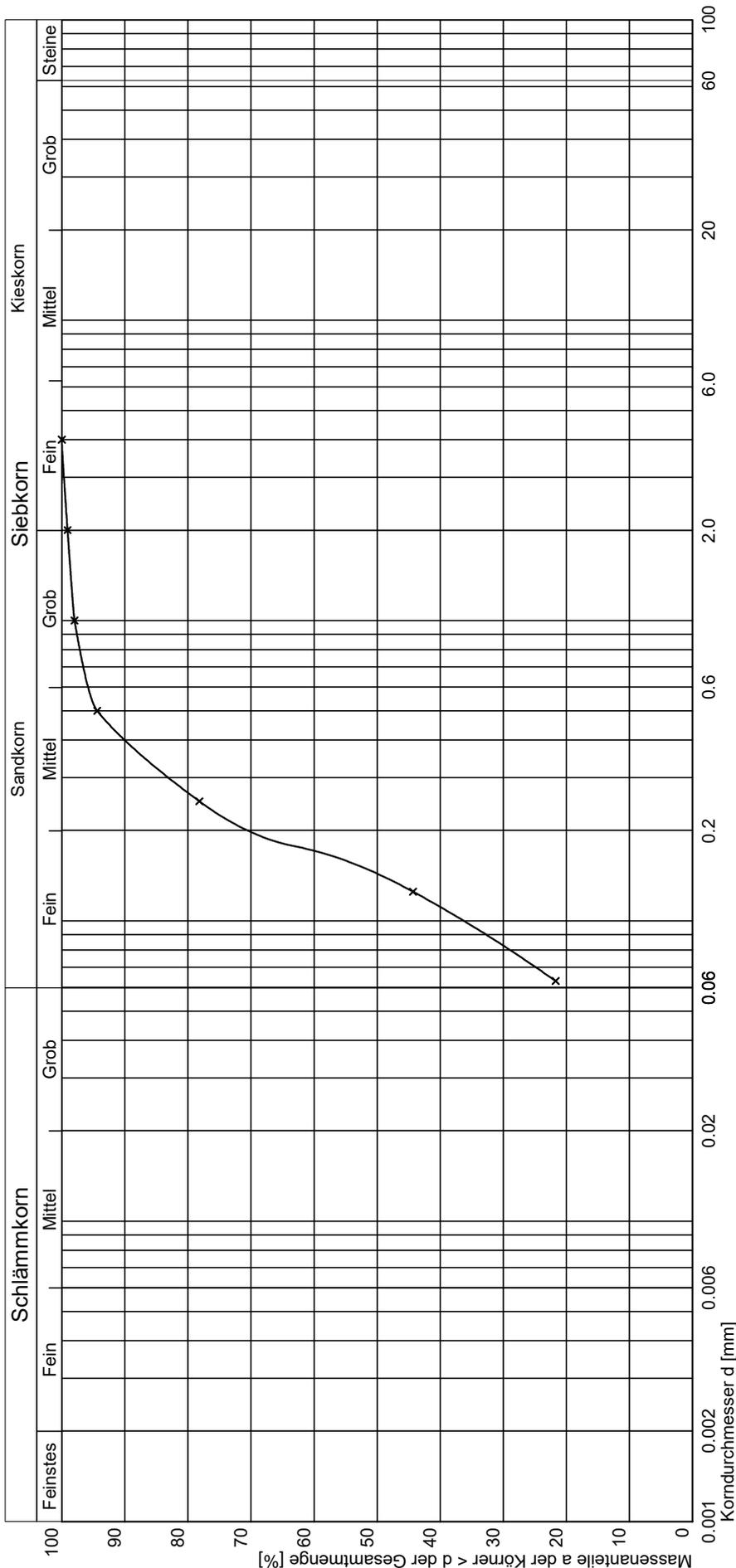
Entnahmestelle : RKS 2/23, P2
 Station :
 Entnahmetiefe : 5,0-6,4
 Bodenart :

m rechts der Achse
 m unter GOK

Art der Entnahme :
 Entnahme am : 05.10.2023
 durch : Christian Schubert

Umwelt-und Agrarlabor GmbH
 Alter Dechtower Weg
 16833 Fehrbellin
 Tel. 033932/70297

Prüfungs-Nr. : 579.23
 Anlage : 2.4.5
 zu : 2023-2067



Bemerkung (z.B. Kornform)	
Kurve Nr.:	
Arbeitsweise	Nasssiebung
U = d60/d10 / C _u	
Bodengruppe (DIN 18196)	SU*
Geologische Bezeichnung	
kf-Wert	5,200 * 10 ⁻⁵ [m/s]
Kornkennziffer:	0 2 8 0 0 fS.ms.u

Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122 - LM P

Prüfungs-Nr. : 575.23
 Bauvorhaben : Klosterfelde, Neubau WEA, HU

Ausgeführt durch : Burmann
 am : 24.10.2023
 Bemerkung :

Entnahmestelle : RKS 1/23, P2

Km : m rechts der Achse
 Entnahmetiefe : 4,1-4,6 m unter GOK
 Bodenart :

Art der Entnahme :
 Entnahme am : 05.10.2023 durch : Ch.Schubert

Fließgrenze

Ausrollgrenze

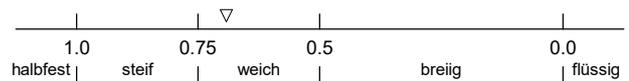
Behälter Nr. :	x	72	6	82	
Zahl der Schläge :	37	32	24	18	
Feuchte Probe + Behälter $m+m_B$ [g] :	40,82	40,37	43,93	42,21	
Trockene Probe + Behälter m_d+m_B [g] :	38,77	38,32	41,27	39,82	
Behälter m_B [g] :	28,15	27,89	27,92	28,01	
Wasser $m - m_d = m_w$ [g] :	2,05	2,05	2,66	2,39	
Trockene Probe m_d [g] :	10,62	10,43	13,35	11,81	
Wassergehalt $m_w / m_d * 100$ [%] :	19,30	19,65	19,93	20,24	
Wert übernehmen	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

14	11	31	
19,41	19,80	19,88	
19,15	19,56	19,65	
16,71	17,20	17,51	
0,26	0,24	0,23	
2,44	2,36	2,14	
10,66	10,17	10,75	

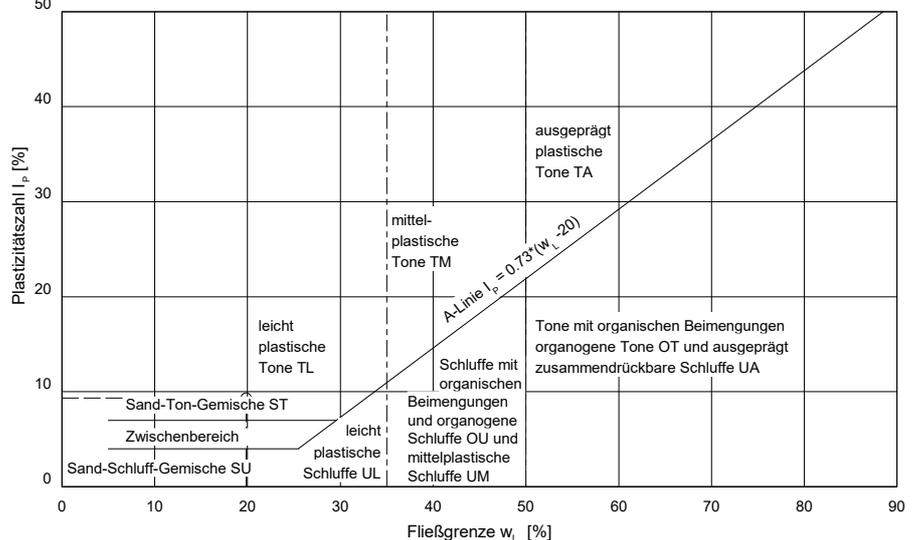
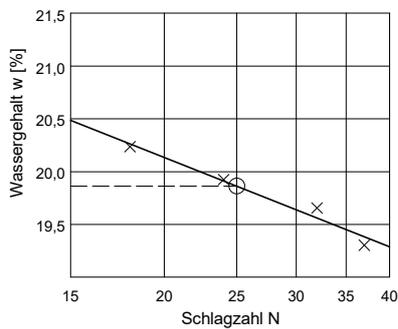
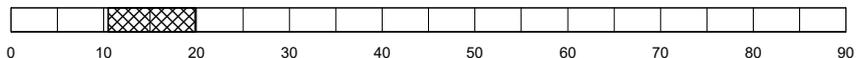
Natürlicher Wassergehalt : $w = 13,40$ %
 Durchgang < 0.002 mm : $m_{dT} / m_d =$ %
 Größtkorn : mm
 Masse des Überkorns : g
 Trockenmasse der Probe : g
 Überkornanteil : $\ddot{u} = 0,00$ %
 Anteil < 0.4 mm : $m_d = 100,00$ %
 Wassergehalt (Überkorn) $w_{\ddot{u}} = 0,00$ %
 korr. Wassergehalt : $w_k = \frac{w - w_{\ddot{u}} * \ddot{u}}{1.0 - \ddot{u}} = 13,40$ %

Bodengruppe = ST
 Fließgrenze $w_L = 19,86$ %
 Ausrollgrenze $w_P = 10,52$ %
 Plastizitätszahl $I_P = w_L - w_P = 9,34$ %
 Konsistenzzahl $I_C = \frac{w_L - w_k}{w_L - w_P} = 0,69 \triangleq$ weich
 Liquiditätszahl $I_L = 1 - I_C = 0,31$
 Aktivitätszahl $I_A = \frac{I_P}{m_{dT} / m_d} =$

Zustandsform



Bildsamkeitsbereich (w_p bis w_L)



Umwelt- und Agrarlabor GmbH Fehrbellin
Alter Dechtower Weg 16833 Fehrbellin
Tel. 033932/70297 Fax. 72389

Anlage: 2.6
Zu: 2023-2096

Prüfprotokoll Wassergehaltbestimmung

nach DIN 18121

Bauvorhaben: Klosterfelde, Neubau 1 WEA,
HU

entnommen durch: C. Schubert
am: 05.10.2023
Ausgeführt durch: A. Burmann
am: 17.10.- 23.10.2023

Aufschluss	Labor- Nr.	Entnahmetiefe in m	Wassergehalt in %
RKS 1/23 P 1	574.23	1,6 – 3,2	10,8
RKS 2/23 P 3	580.23	6,4 – 7,3	14,0

Digital
unterschrieben
von Gisela Kühl
Datum: 2023.10.24
16:09:16 +02'00'

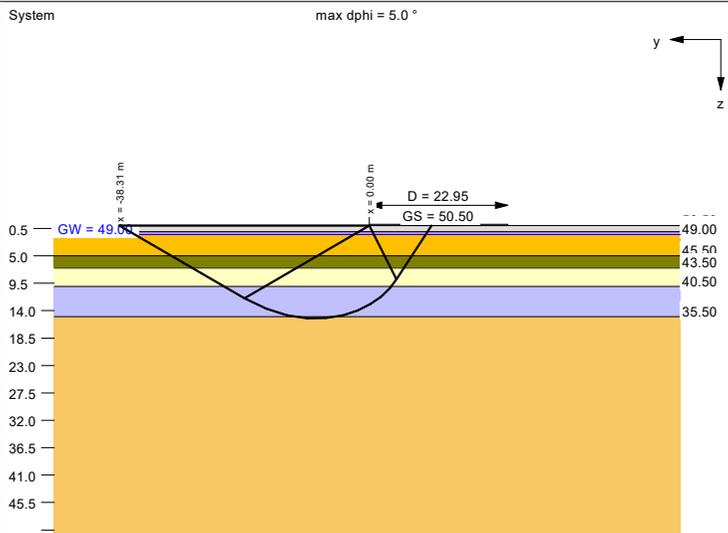
Gisela Kühl
Laborleiterin

Proben werden, wenn nicht anders vereinbart oder fachlich begründet, 6 Monate im Labor aufbewahrt. Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die vorliegenden Prüfgegenstände. Sofern die Proben nicht ein Mitarbeiter/in unseres Labors genommen hat, wird die Verantwortung für die Richtigkeit der Probenahme abgelehnt. Der Prüfbericht ist nur mit Unterschrift gültig. Dieser Prüfbericht darf nur vollständig und unverändert weiterverbreitet werden. Auszüge oder Änderungen bedürfen in jedem Einzelfall der Genehmigung der UAL GmbH Nach DIN EN ISO 17025 durch die DAkKS GmbH akkreditiertes Prüflaboratorium. Die Akkreditierung gilt für die in der Urkunde aufgeführten Parameter.



Boden	Tiefe [mDHHN]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	φ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
	49.50	19.0	9.0	35.0	0.0	50.0	Polster (d)
	49.00	20.0	10.0	28.0	5.0	15.0	ST* (st)
	45.50	19.0	9.5	30.0	1.0	20.0	SU-SU* (md)
	43.50	19.5	9.5	25.0	3.0	10.0	SU*/ST* (w)
	40.50	19.0	9.5	34.0	0.0	50.0	SE-SU (md - d)
	35.50	20.0	10.0	30.0	7.0	30.0	SU*/ST* (st)
	<35.50	19.0	9.5	37.0	0.0	100.0	SE (d - sehr d)

Oberkante Gelände = 50.50 mDHHN



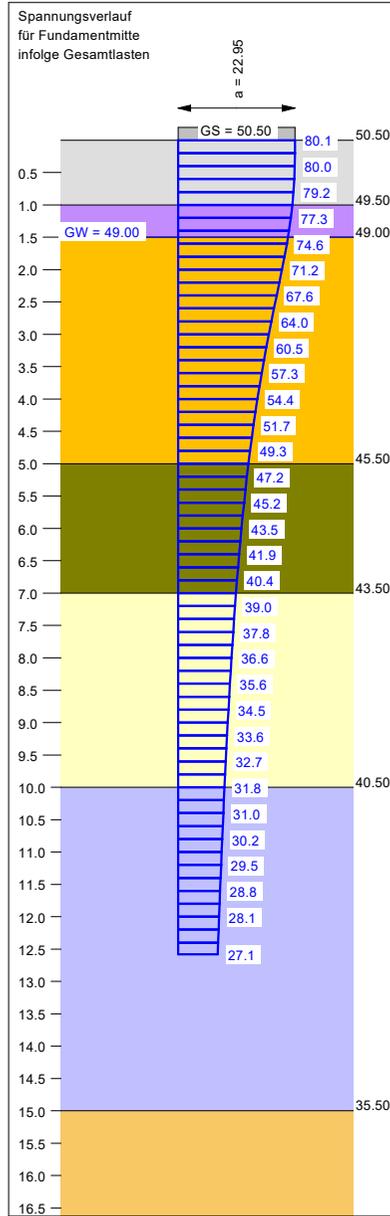
Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 29317.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / -1100.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 138320.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 22.950 m
 Durchmesser (innen) d = 7.800 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.718$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.942 m)
 $a' = 10.281$ m
 $b' = 16.429$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.718$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.942 m)
 $a' = 10.281$ m
 $b' = 16.429$ m

cal $\gamma_2 = 11.08$ kN/m³
 cal $\sigma_u = 0.00$ kN/m²
 UK log. Spirale = 15.23 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 62.30 m
 Fläche log. Spirale = 495.30 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 30.05$; $N_{d0} = 18.32$; $N_{b0} = 9.99$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.331$; $v_d = 1.313$; $v_b = 0.812$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.937$; $i_d = 0.940$; $i_b = 0.905$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 29317.00 \cdot \tan(35.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\varphi) / \gamma_{R,h} = 18661.80$ kN
 $T_d = 1210.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.065$

Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.58$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 3.08 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.27 cm
 unten = 5.89 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 345.6
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\varphi,x} = 47808.8$ MN·m/rad
 Nachweis EQU:
 $M_{s,b} = 29317.0 \cdot 22.95 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 319591.9$
 $M_{d,st} = 138320.0 \cdot 1.00 = 138320.0$
 $\mu_{EQU} = 138320.0 / 319591.9 = 0.433$

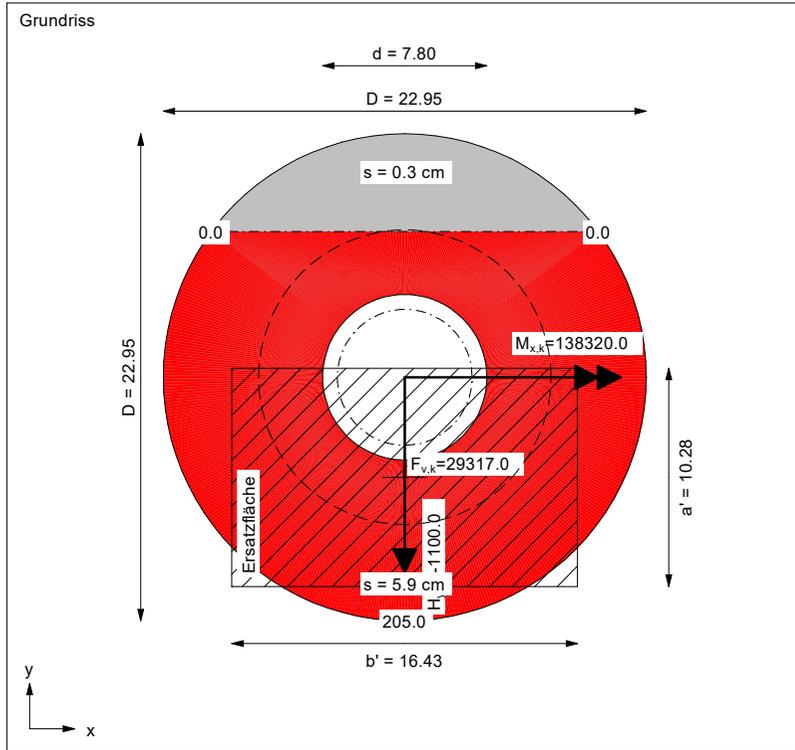
Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht,
 aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 961.7 / 801.38$ kN/m²
 $R_{n,k} = 162430.51$ kN
 $R_{n,d} = 135358.76$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 29317.00 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 32248.70$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.238
 cal $\varphi = 30.0^\circ$
 φ wegen 5° Bedingung abgemindert
 cal c = 3.35 kN/m²



Berechnungsgrundlagen:
 Klosterfelde, WEA E138 NH160
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)

$\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,sto} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Oberkante Gelände = 50.50 mDHHN
 Gründungssohle = 50.50 mDHHN
 Grundwasser = 49.00 mDHHN
 Grenztiefe mit p = 20.0 %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

$\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
 Grenzzustand EQU:

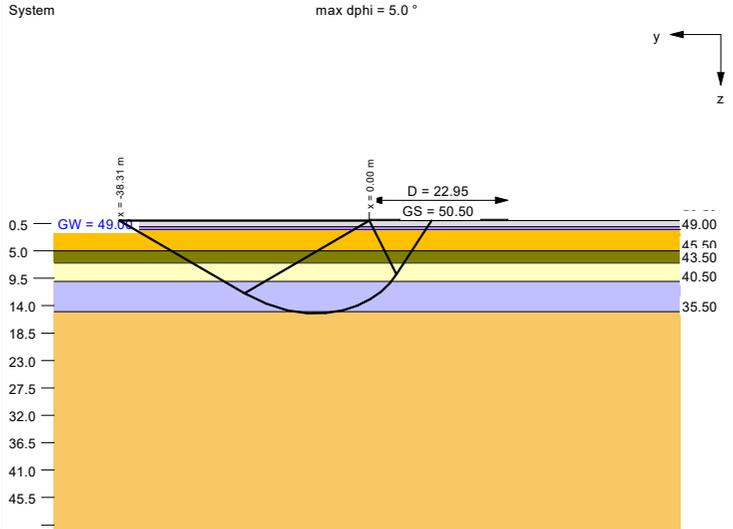


Anlage 2.7.1 WEA Klosterfelde (CPT4a/23) (stat. Steifem.)
 Lastfall: BS-A (N / A / T)
 BV Klosterfelde, Repowering, Neubau WEA E138 NH 131 m
 Proj. nr.: 2023-2096



Boden	Tiefe [mDHHN]	γ [kN/m ³]	γ' [kN/m ³]	ϕ [°]	c [kN/m ²]	E _s [MN/m ²]	Bezeichnung
	49.50	19.0	9.0	35.0	0.0	50.0	Polster (d)
	49.00	20.0	10.0	28.0	5.0	90.0	ST* (st)
	45.50	19.0	9.5	30.0	1.0	80.0	SU-SU* (md)
	43.50	19.5	9.5	25.0	3.0	50.0	SU*/ST* (w)
	40.50	19.0	9.5	34.0	0.0	200.0	SE-SU (md - d)
	35.50	20.0	10.0	30.0	7.0	180.0	SU*/ST* (st)
	<35.50	19.0	9.5	37.0	0.0	300.0	SE (d - sehr d)

Oberkante Gelände = 50.50 mDHHN



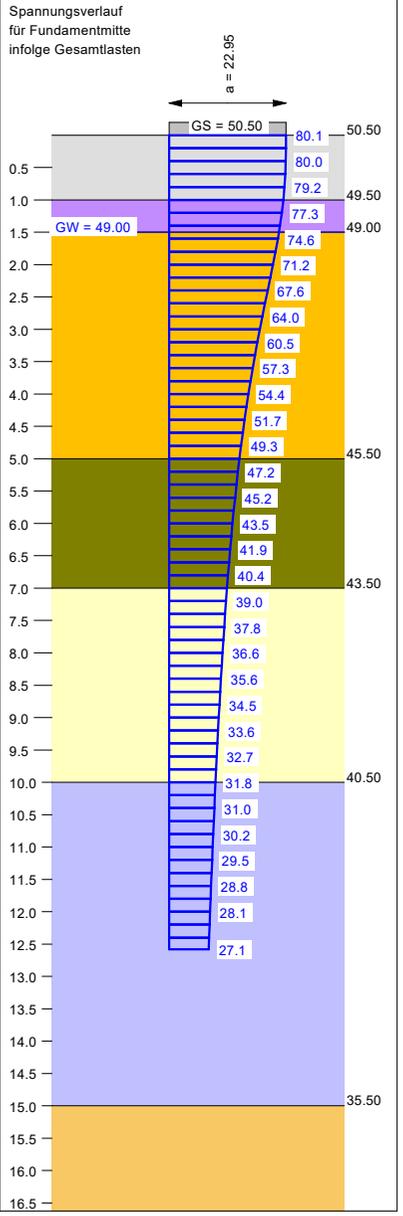
Ergebnisse Einzelfundament:
 Lasten = ständig / veränderlich
 Vertikallast $F_{v,k} = 29317.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,x,k} = 0.00 / 0.00$ kN
 Horizontalkraft $F_{h,y,k} = 0.00 / -1100.00$ kN
 Moment $M_{x,k} = 138320.00 / 0.00$ kN·m
 Moment $M_{y,k} = 0.00 / 0.00$ kN·m
 Durchmesser D = 22.950 m
 Durchmesser (innen) d = 7.800 m
 Unter ständigen Lasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.718$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.942 m)
 $a' = 10.281$ m
 $b' = 16.429$ m
 Unter Gesamtlasten:
 Exzentrizität $e_x = 0.000$ m
 Exzentrizität $e_y = -4.718$ m
Resultierende im 2. Kern (= 6.942 m)
 $a' = 10.281$ m
 $b' = 16.429$ m

Grundbruch:
 Durchstanzen untersucht, aber nicht maßgebend.
 Teilsicherheit (Grundbruch) $\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\sigma_{of,k} / \sigma_{of,d} = 961.7 / 801.38$ kN/m²
 $R_{n,k} = 162430.51$ kN
 $R_{n,d} = 135358.76$ kN
 $V_d = 1.10 \cdot 29317.00 + 1.10 \cdot 0.00$ kN
 $V_d = 32248.70$ kN
 μ (parallel zu y) = 0.238
 $\text{cal } \phi = 30.0^\circ$
 ϕ wegen 5° Bedingung abgemindert
 $\text{cal } c = 3.35$ kN/m²

$\text{cal } \gamma_2 = 11.08$ kN/m³
 $\text{cal } \sigma_u = 0.00$ kN/m²
 UK log. Spirale = 15.23 m u. GOK
 Länge log. Spirale = 62.30 m
 Fläche log. Spirale = 495.30 m²
 Tragfähigkeitsbeiwerte (y):
 $N_{c0} = 30.05$; $N_{d0} = 18.32$; $N_{b0} = 9.99$
 Formbeiwerte (y):
 $v_c = 1.331$; $v_d = 1.313$; $v_b = 0.812$
 Neigungsbeiwerte (y):
 $i_c = 0.937$; $i_d = 0.940$; $i_b = 0.905$

Gleitwiderstand:
 Teilsicherheit (Gleitwiderstand) $\gamma_{R,h} = 1.10$
 $N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 29317.00 \cdot \tan(35.00^\circ) / 1.10$
 $R_{t,d} = N_k \cdot \tan(\phi) / \gamma_{R,h} = 18661.80$ kN
 $T_d = 1210.00$ kN
 $\mu = T_d / R_{t,d} = 0.065$

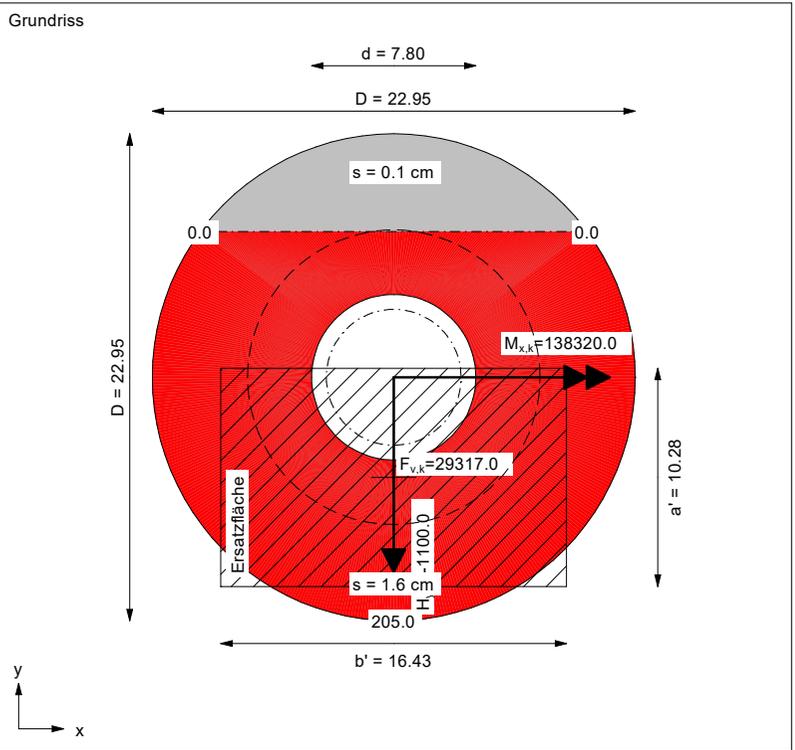
Setzung infolge Gesamtlasten:
 Grenztiefe $t_g = 12.58$ m u. GOK
 Setzung (Mittel aller KPs) = 0.81 cm
 Setzungen der KPs:
 oben = 0.06 cm
 unten = 1.57 cm
 Verdrehung(x) (KP) = 1 : 1279.6
 Drehfedersteifigkeit:
 $k_{\phi,x} = 176997.4$ MN·m/rad
 Nachweis EQU:
 $M_{sfb} = 29317.0 \cdot 22.95 \cdot 0.5 \cdot 0.95 = 319591.9$
 $M_{dst} = 138320.0 \cdot 1.00 = 138320.0$
 $\mu_{EQU} = 138320.0 / 319591.9 = 0.433$



Berechnungsgrundlagen:
 Klosterfelde, WEA E138 NH160
 Norm: EC 7
 BS: DIN 1054: BS-A
 Grundbruchformel nach DIN 4017:2006
 Teilsicherheitskonzept (EC 7)

$\gamma_{G,dst} = 1.00$
 $\gamma_{G,sto} = 0.95$
 $\gamma_{Q,dst} = 1.00$
 Oberkante Gelände = 50.50 mDHHN
 Gründungssohle = 50.50 mDHHN
 Grundwasser = 49.00 mDHHN
 Grenztiefe mit $p = 20.0$ %
 - - - - - 1. Kernweite
 - - - - - 2. Kernweite

$\gamma_{R,v} = 1.20$
 $\gamma_G = 1.10$
 $\gamma_Q = 1.10$
 $\gamma_{R,h} = 1.10$
 Grenzzustand EQU:



Anlage 2.7.2 WEA Klosterfelde (CPT4a/23) (dyn. Steifem.)
 Lastfall: BS-A (N / A / T)
 BV Klosterfelde, Repowering, Neubau WEA E138 NH 131 m
 Proj. nr.: 2023-2096