I N G E N I E U R B Ü R O R.-U. W O D E
Beratende Ingenieure und Geologen Mitglieder der Ingenieurkammer Niedersachsen

Dipl.-Ing. R.-U. Wode • Dipl.-Geol. A. Pohl • Dipl.-Ing. A. Heumann • M. Sc. T. Leiser

Ingenieurbüro Wode * Kolberger Str. 13 * 31319 Sehnde

WindStrom
Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG

Am Torfstich 11
31234 Edemissen

Büro für Geotechnik
Baugrunderkundung
Gründungsberatung
Ingenieur- und Hydrogeologie
Bauschadenbegutachtung
Umweltgeologie / Altlasten
Deponie- u. Umwelttechnologie
Erdstatische Nachweise

Ihr Zeichen	Ihre Nachricht vom	Unser Zeichen	Datum
		Lei/Wo/se	27. März 2023

Betr.: **Neubau von 4 Windenergieanlagen**
(4 x Vestas V162,, 6.2 MW, NH 169 m)
Windpark Gremsheim

hier: Geotechnischer Bericht

Bezug: Ihre schriftliche Beauftragung vom 29. Dezember 2022

1. Vorgang und Aufgabenstellung

Die **WindStrom Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG**, Am Torfstich, 31234 Edemissen plant im Rahmen des Windparks Gremsheim den Neubau von 4 Windenergieanlagen.

Die Anlagenstandorte liegen im Bereich der Stadt Bad Gandersheim im Landkreis Northeim. Die geographische Lage des Planungsbereichs ist dem Übersichtslageplan (Anlage 1) zu entnehmen.

Von der WindStrom, Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG sind wir am 29.12.2022 schriftlich beauftragt worden, im Gründungsbereich der geplanten Windenergieanlagen nach Art und Umfang (durch den Anlagenhersteller) empfohlene Baugrunderkundungen durchzuführen.

Standort	Turmtyp	Geplante Gründungstiefe
WEA 1	Vestas V162 6.2 MW NH 169 m	0,24 m u. GOK
WEA 2	Vestas V162 6.2 MW NH 169 m	0,24 m u. GOK
WEA 3	Vestas V162 6.2 MW NH 169 m	0,24 m u. GOK
WEA 4	Vestas V162 6.2 MW NH 169 m	0,24 m u. GOK

Anhand der Ergebnisse der Baugrunduntersuchungen ist der Baugrund zu beurteilen und sind Empfehlungen zur Gründung abzugeben.

2. Bauwerk und örtliche Gegebenheiten

2.1 Windenergieanlagen

Die aus den Bauwerken resultierenden Lasten sollen vorrangig über eine Flachgründung in den Baugrund abgetragen werden.

Durch die Vestas GmbH wurden für das Fundament mit (Teil-)Auftrieb im Schalplan Anforderungen an den Baugrund formuliert.

Folgende geotechnischen Mindestwerte werden dort zugrunde gelegt:

Schiefstellung	Δs	$\leq$	3 mm/m
Drehfedersteifigkeit, statisch	$k_{\varphi,stat}$	$\geq$	40.000 MNm/rad
Drehfedersteifigkeit, dynamisch	$k_{\varphi,dyn}$	$\geq$	200.000 MNm/rad
Mindestwert der zulässigen Bodenpressung	$\sigma_{R,k}$	=	287 / 361 kN/m²

Im Sinne des EC 7 wird das Bauwerk in die Geotechnische Kategorie GK 3 eingeordnet.

2.2 Grundstück, örtliche Gegebenheiten

Die geplanten Standflächen der Windenergieanlagen liegen nordöstlich von Gremsheim, einer Ortschaft der Stadt Bad Gandersheim.
Nordöstlich wird das Gebiet durch den Heber-Höhenzug begrenzt. Das Gelände fällt allgemein kontinuierlich von Nordost nach Südwest (in Richtung Ortslage) ab.

Die Anlagenstandorte liegen dabei auf nahezu eben ausgebildeten Flächen innerhalb der Hanglage auf einer Höhe von rd. 240 bis 260 mNHN.

Zum Zeitpunkt der Aufschlussarbeiten (28.02.2023) unterlagen die Flächen der geplanten Standorte landwirtschaftlicher Nutzung.

Die Anlagenstandorte können über die Kreisstraße K 634 „Altgandersheimer Straße“ und abzweigende Wirtschaftswege erreicht werden.

Zwischen den Wirtschaftswegen und den Anlagenstandorten ist jeweils eine zusätzliche Zuwegung herzustellen.

3. Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

3.1 Allgemeine Angaben

Nach den uns vorliegenden geologischen Unterlagen sind im Untersuchungsbereich bereits oberflächennah überwiegend Kalkstein-Ablagerungen des Muschelkalks und dessen Verwitterungsprodukten zu erwarten. Auflagernd können vereinzelt äolische (Lössdecken) und Hangablagerungen anstehen (vgl. Abb. 1, Geologische Übersichts-karte).

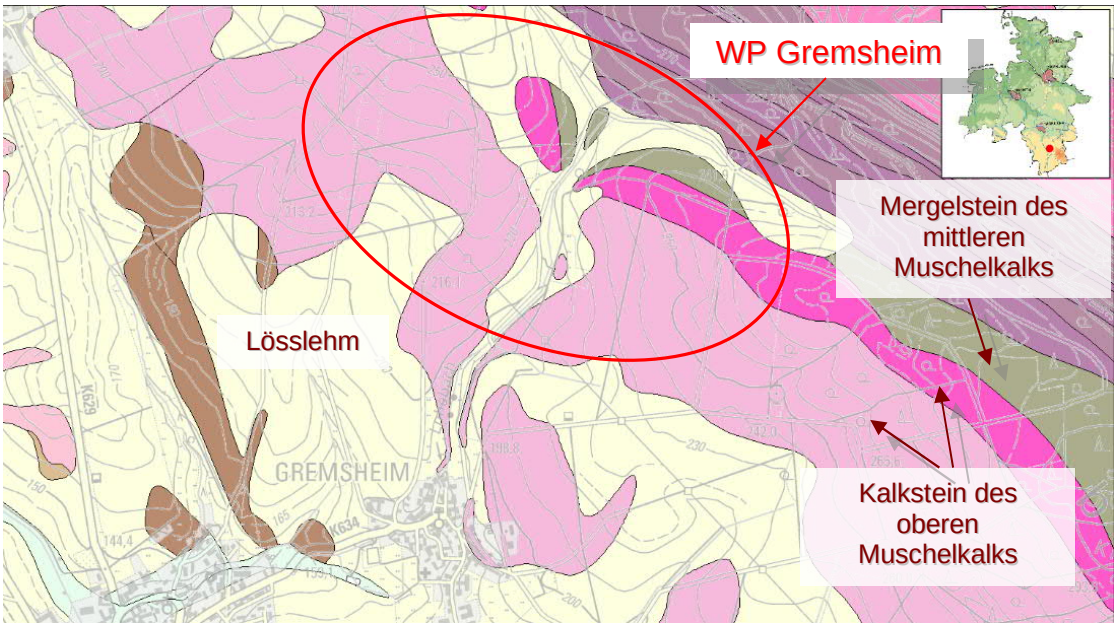


Abb. 1: Geologische Übersichtskarte (http://nibis.lbeg.de/cardomap3/; aufgerufen am 07.03.2023)

Der Untersuchungsbereich ist gemäß DIN 4149 als nicht erdbebengefährdet einzustufen.

Nach der *„Ingenieurgeologischen Karte von Niedersachsen 1 : 50.000“* ist das Planungsgebiet der vorgesehenen Anlagenstandorte als Erdfallgefährdungsgebiet, aufgrund von flächenhaft verbreitetem Sulfatkarst-Vorkommen, ausgewiesen.

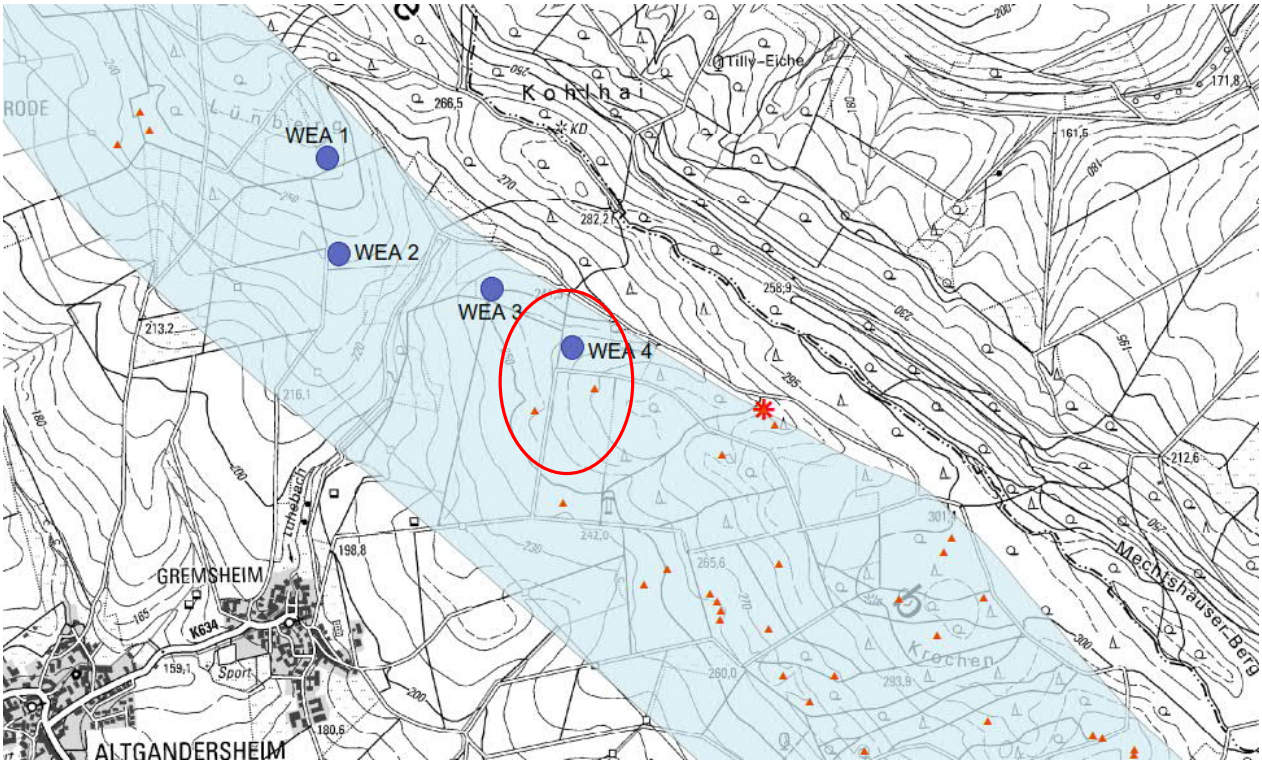


Abb. 2: Ingenieurgeologischen Karte von Niedersachsen 1 : 50.000 (vom LBEG zur Verfügung gestellt, Stand: 02.03.2023)

Die Entfernung der jeweiligen Anlagenstandorte zu einem einzelnen Erdfallereignis beträgt allerdings über 100 m, weshalb die Bauflächen allgemein in die Erdfall-gefährdungskategorie 3 einzustufen sind (Anlage 9).

Zur Erkundung der Baugrundschichtung wurde am 28.02.2023 an den geplanten Standorten der Windenergieanlagen von der Geländeoberkante aus je eine Kleinrammbohrung (KRB1 – KRB 4) nach DIN EN ISO 22475-1 in der Fundamentfläche ausgeführt.

Die erreichte Tiefe dieser direkten Aufschlüsse war vorrangig abhängig vom möglichen Sondierfortschritt (mit Kleinbohrgeräten) und den angetroffenen Bodenarten.

Dazu ergänzend wurden am selben Tag an jedem Anlagenstandort vier Drucksondierungen (CPT) nach DIN EN ISO 22476-1 abgeteuft (Abstand zur Fundamentmitte jeweils ca. 11 m). Die Tiefe der Sondierungen wurde durch die Auslastung des Gerätes begrenzt.

Die Lage der Erkundungspunkte ist auf Anlage 2 eingetragen.

3.2 Ergebnisse der Kleinrammbohrungen und Drucksondierungen

Die bei den Kleinrammbohrungen geförderten Bodenproben wurden visuell und manuell durch den begleitenden Diplom-Geologen beurteilt. Die Ergebnisse der Schürfe sind auf Anlage 3 als Bohrprofile nach DIN 4023 dargestellt und auf Anlage 2.1 bis 2.4 in Form von Schichtenverzeichnissen dokumentiert.
Danach ist im zukünftigen Baubereich folgender Baugrundaufbau angetroffen worden:

WEA 1:
Am Standort WEA 1 folgt unterhalb eines ca. 0,3 m mächtigen **Oberbodens**, bestehend aus schwach humosen bis humosen, sehr schwach tonigen und schwach feinsandigen Schluffen in weich bis steifer Konsistenz , bis in eine Tiefe von 1,7 m unter Ansatzpunkt **Lösslehm** der Weicheselkaltzeit. Dieser ist petrographisch als schwach feinsandiger Schluff in überwiegend steifer Konsistenz zu beschreiben.
Darunter wurde **Verwitterungslehm** (von Kalkstein) des Oberen Muschelkalks erbohrt. Dieser zeigt sich als sehr schwach steiniger, schwach kiesiger bis kiesiger Schluff und Ton in steif bis halbfester Konsistenz. Ab ca. 2,2 m nimmt der Verwitterungsgrad deutlich ab und es geht in **verwitterten Kalkstein** über. Bei 2,7 m unter GOK wurde die Bohrung aufgrund des fehlenden Bohrfortschritts und der zunehmenden Festigkeit beendet.

WEA 2:

Unterhalb der sehr geringen schwach humosen **Oberboden**bedeckung (0,1 m) wurde zunächst lössbürtiger **Hanglehm** in Form von sehr schwach kiesigem, sehr schwach tonigem und schwach feinsandigem Schluff in überwiegend steifer Konsistenz bis ca. 0,7 m unter Ansatzpunkt angetroffen. Es folgt **Verwitterungston** des oberen Muschelkalks. Dieser ist als sehr schwach steiniger bis steiniger (Kalksteinbruch), schwach kiesiger bis kiesiger und schwach schluffiger bis schluffiger Ton in steif bis halbfester Konsistenz zu beschreiben. Bei ca. 2,9 m unter GOK nimmt der Verwitterungsgrad deutlich ab und geht in **verwitterten Kalkstein** in fester Konsistenz über. Die Bohrung wurde bei 3,0 m beendet.

WEA 3:

Am Standort der WEA 3 wurde zunächst ein ca. 0,4 m mächtiger **Oberboden/Hanglehm**, der petrographisch als sehr schwach kiesiger (Kalksteinbruch), oben schwach humoser, sehr schwach toniger und feinsandiger Schluff in weich bis steifer Konsistenz zu beschreiben ist.

Es folgt **verwitterter Fels (Kalkstein)** des Oberen Muschelkalks, bei dem die Festigkeit mit der Tiefe schnell zunimmt. Aufgrund dessen wurde die Bohrung bei 1,0 m bereits beendet.

WEA 4:

In der Bohrung am Analgenstandort der WEA 4 wurde wie am Standort der Anlage 3 zunächst eine **Oberboden/Hanglehm**-Lage bis ca. 0,4 m unter Ansatzpunkt angetroffen, welche als vereinzelt schwach kiesiger, oben schwach humoser, sehr schwach toniger und schwach feinsandiger Schluff in weich bis steifer Konsistenz anzusprechen ist. Auch hier wurde unterhalb des Pflughorizonts direkt **Verwitterungslehm** bzw. **verwitterter Kalkstein** erbohrt, dieser ist als lagenweise stark schluffige und feinsandige, schwach schluffige bis schluffige und steinige Kiese (Kalksteinbruch) in halbfest bis fester Konsistenz zu beschreiben. Aufgrund der stark zunehmenden Festigkeit und Abnahme des Verwitterungsgrads des **Kalksteins** wurde diese Bohrung bei 1,0 m unter Ansatzpunkt beendet.

Anhand der Ergebnisse aus den Kleinrammbohrungen und Drucksondierungen, die im Sinne der DIN EN 1997-2, Anhang D interpretiert wurden, kann für geotechnischen Berechnungen für jeden Anlagenstandort ein individuelles standortgerechtes Baugrundmodell entworfen werden, das Homogenbereiche, Schichten und Diskontinuitäten im Untergrund der geplanten Windenergie-anlage angemessen berücksichtigt.

3.3 Bodenmechanische Eigenschaften und Kennwerte

Aufgrund der visuellen Beurteilung der entnommenen Bodenproben durch den begleitenden Diplom-Ingenieur vor Ort, der durchgeführten Laborversuche sowie unserer Erfahrungen mit geologisch und bodenmechanisch vergleichbaren Böden, können den angetroffenen Hauptbodenarten nachfolgende bodenmechanische Kennwerte und Eigenschaften zugeordnet werden.
Grundlage für die Festlegung der dynamischen Steifemoduli sind neben den Angaben GBT, 6. Auflage, Kap. 1.8 „Bodendynamik und Erdbeben“ weitere Literatur-quellen (z. B. Betonkalender[1] und Messwerte nach NIJBOER[2]). Die Festlegung der im Gutachten angegebenen Wertespanne erfolgte dabei unter Berücksichtigung der Konsistenz bzw. Lagerungsdichte der in situ angetroffenen Böden.

a) Oberboden	**Homogenbereich 1**
Benennung (DIN EN-ISO 14688-1)	Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig, schwach humos bis humos, wechselnd steinig
Bodengruppe (DIN 18 196)	OU
Konsistenz	allgemein steif

[1] Betonkalender 1997, 86. Jahrgang, S. 780ff und 2006, S. 135ff Ernst & Sohn, Berlin
[2] Handbuch ZTVE, Kommentar mit Kompendium Erd- und Felsbau, 4. Auflage, S. 667f, Kirschbaum Verlag, Bonn

b) <u>Hanglehm/Lösslehm</u>	**Homogenbereich 2**
Benennung (DIN EN-ISO 14688-1)	Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig, (lokal kiesig-Kalksteinbruch)
Bodengruppe (DIN 18 196)	UM (- OU), (UL, TL, GU*)
Wichte, erdfeucht	γ_k = 18,5 - 21,0 kN/m^3
Wichte, unter Auftrieb	γ'_k = 8,5 - 11,0 kN/m^3
Reibungswinkel	φ'_k = 27,5 - 29,5 °
Kohäsion	c'_k = 2 - 8 kN/m^2
Steifemodul (statisch)	$E_{s,k}$ = 10 - 25 MN/m^2
(dynamisch)	$E_{dyn,k}$ = 80 - 125 MN/m^2
Konsistenz	steif
Wasserdurchlässigkeit (DIN 18130)	$k_f \sim 1 \times 10^{-7}$ (schwach wasserdurchlässig)

c) <u>Verwitterungszone Kalkstein</u>	**Homogenbereich 3**
Benennung (DIN EN-ISO 14688-1)	Ton und Schluff, schwach kiesig bis kiesig, wechselnd steinig (Kalkstein)
Bodengruppe (DIN 18 196)	GU* - GU - GT
Wichte, erdfeucht	γ_k = 19,5 - 21,5 kN/m^3
Wichte, unter Auftrieb	γ'_k = 9,5 - 11,5 kN/m^3
Reibungswinkel	φ'_k = 22,5° - 27,5°
Kohäsion	c'_k = 5 - 15 kN/m^2
Steifemodul (statisch)	$E_{s,k}$ = 35 - 45 MN/m^2 (steif-halbfest)
	$E_{s,k}$ = 45 - 60 MN/m^2 (halbfest)
(dynamisch)	$E_{dyn,k}$ = 150 - 180 MN/m^2 (steif-halbfest)
	$E_{dyn,k}$ = 180 - 220 MN/m^2 (halbfest)
Konsistenz	steif bis halbfest
Wasserdurchlässigkeit (DIN 18130)	$k_f \sim 1 \times 10^{-7}$ - 1×10^{-8} m/s (schwach wasserdurchlässig)

d) Kalkstein	**Homogenbereich 4**
Benennung (DIN EN ISO 14689-1)	Kalkstein
Verwitterung (DIN EN ISO 14689-1)	angewittert - (teilweise) zersetzt
Einaxiale Druckfestigkeit (DIN 18141-1)	5 - 25 MPa
Trennflächen	grob laminiert
Gesteinskörperform	tafelförmiger Gesteinskörper

3.4 Beurteilung des Baugrundes

Nach den Ergebnissen der Baugrunderkundungen steht an Standorten WEA 1 und WEA 2 mit dem anstehenden überwiegend steifen Hanglehmen/Lösslehmen unterhalb der Gründungssohle ein mäßig tragfähiger Baugrund an.

Bei den Standorten WEA 3 und WEA 4 dagegen ist der in der Gründungsebene vorkommender angewitterter Kalkstein als gut tragfähig einzustufen.

Aus geotechnischer Sicht wird für den Standorte WEA 1 un WEA 2 deshalb die Ausführung von baugrundverbessernden Maßnahmen empfohlen.

Die aus diesen Bauwerken resultierenden Lasten können dabei unter Beachtung der in Abschnitt 4 genannten Maßnahmen und **einer geeigneten Baugrundverbesserung** (Teilbodenaustausch als Lastverteilungspolster bis 0,7 m unter GOK) über eine Flachgründung in den Untergrund eingeleitet werden.

3.5 Hydrologische Verhältnisse

Bei den durchgeführten Baugrunderkundungen am 07.03.2023 wurden in den Aufschlüssen kein Grund- oder Schichtwasser angetroffen.

Die Grundwasserstände unterliegen allgemein jahreszeitlichen und witterungsbedingten Schwankungen. Das Festgestein ist hier als Kluftgrundwasserleiter einzustufen.
Aufgrund der Höhenlage ist ein geschlossener Grundwasserleiter (auf den oberen 30 bis 40 m) nicht zu erwarten (vgl. Höhe der Quellaustritte und Grundwassergewinnung).

Die kleinräumige Grundwasserfließrichtung ist vergleichbar zum Abfluss der Oberflächengewässer in Richtung Süd bis Südwest zu erwarten.

Gemäß der Hydrogeologischen Übersichtskarte von Niedersachsen 1 : 200 000 ist das Schutzpotential der Grundwasserüberdeckung der Standorte WEA 1 und WEA 2 als „mittel“ und bei den Standorten WEA 3 und WEA 4 als „hoch“ einzustufen. (Entsprechende Schutzmaßnahmen siehe Abschnitt 4.3)
Die Durchlässigkeit von gekarstetem Kalkstein in den oberen Schichtlagen (< 300 m unter GOK) ist im Mittel bei ca. 8 x 10^{-5} m/s eingestuft (Quelle: *„Quantifizierung der Wasserdurchlässigkeit von Gesteinen als Voraussetzung für die Entwicklung von Kriterien zur Grundwasserbewegung Phase 2: Auswertung der Datensätze für die Kriterienentwicklung“* (2002) von Detlef Appel & Walter Habler).

Bei starken Niederschlägen kann sich (Oberflächen-)Wasser temporär auf dem bindigen Boden bzw. Fels stauen, jedoch ist die Strömungsrichtung vorwiegend durch das Geländegefälle bestimmt, dem es hangabwärts folgt.

4. Empfehlungen zur Bauwerksgründung und zu ihrer Bauausführung

4.1 Allgemeines

Im Rahmen des Windparks Gremsheim ist geplant, die Windenergieanlagen entsprechend der gewählten Fundamentvariante in der vorgegebenen Absetztiefe des Fundamentdatenblattes zu gründen.

Die in Kapitel 2.1 genannten Anforderungen an die Baugrundverhältnisse sind zur Ausführung einer typisierten Gründung einzuhalten bzw. zu bestätigen.

Die Empfehlungen zur Gründung sind für alle Anlagenstandorte tabellarisch in der Anlage 5 dargestellt.

Folgende Vorgehensweise wird zur Gründung der Windenergieanlagen empfohlen:

- Die jeweilige Baugrube ist bis zur planmäßig festgelegten Aushubebene herzustellen. Die Sohlebene ist sauber abzuziehen und zu glätten.
  Restmächtigkeiten des Oberbodens (Ackerkrume) sind dabei vollständigen aus der Sohlfläche zu entfernen.
  Auflockerungen in der Aushubsohle sind möglichst zu vermeiden bzw. bedarfsweise mit leichtem Gerät nachzuverdichten bzw. sind unvermeidbare Unebenheiten in der neuen Sohlfläche im Festgestein bei WEA 3 und WE 4 mit Magerbeton auszugleichen.
  Bei WEA 1 und WEA 2 ist der Baugrundersatz in einer Mächtigkeit von ca. 0,5 m aufzubringen. Dieser ist aus einem nichtbindigem, gebrochenen Erdbaustoff herzustellen, der lagenweise einzubringen und sorgfältig zu verdichten ist. Ein Verdichtungsgrad von Dpr > 100 % ist durch geeignete Erdbaukontrollprüfungen des AN nachzuweisen.

- Die Aushubsohle im Bereich der fein- und gemischtkörnigen Böden ist unbedingt vor Vernässungen (Niederschlag) und damit einhergehenden Konsistenzänderungen (Aufweichen) zu schützen (z. B. durch den unverzüglichen Einbau des Baugrundersatzes, Magerbetons). Dennoch vernässte, aufgeweichte Bereiche sind aus der gesamten Aushubsohle zu entfernen.

- Während der Erd- und Fundamentarbeiten am jeweiligen Anlagenstandort ist zum Schutz der Gründungsebene vor zutretendem Niederschlagswasser eine (vorlaufende) offene Wasserhaltung einzuplanen und bedarfsweise zu betreiben.

- Vorhandene Felddränagen sind vor Beginn der Aushubarbeiten außerhalb der Baugrube zu fassen, bauzeitig abzuleiten und dauerhaft um den Fundamentkörper herum funktionstüchtig umzuschließen.

- Die Baugrubenböschungen können mit einem Böschungswinkel bis zu $\beta = 45°$ hergestellt werden. Generell sind die Anforderungen der DIN 4124 zu beachten.

Die Wiederverwendung der anfallenden Aushubböden zur Hinterfüllung bzw. Fundamentüberdeckung, die frei von großen Steinen sein muss, sind im Rahmen der Gründungssohlabnahme durch den Gutachter abschließend zu beurteilen.
Der zum Wiedereinbau vorgesehene Aushubboden ist dabei in entsprechenden Bodenmieten zu lagern und vor Vernässung und Konsistenzverschlechterung zu schützen.

Die erforderlichen (Mindest-)Baugrundanforderungen des Anlagenherstellers können unter Beachtung der vorgenannten Arbeitsweise bzw. Baugrundverbesserung hinsichtlich der geotechnischen Eingangswerte gutachterlich bestätigt werden.
Die gemäß Fundamentdatenblatt erforderliche dynamische Drehfedersteifigkeit des Baugrundes ist rechnerisch nachgewiesen (vgl. Kap. 5.5).

4.2 Wegebau und Kranstellflächen

Für den Wegebau und die Kranstellflächen sollte der Oberboden vollständig aus der Baufläche entfernt werden.
Das Planum ist dann sorgfältig nachzuverdichten. bzw. Unebenheiten im Felsgestein ebenfalls durch geeignetes, verdichtungsfähiges Material auszugleichen.
Für die ungebundenen Tragschichten ist ein gebrochenes grobkörniges Material (mit entsprechend nachgewiesener Eignung in der Trinkwasserschutzzone III) lagenweise einzubringen und regelgerecht zu verdichten.

Zuwegungen und Kranstellflächen sind mit einem Quergefälle zum Ableiten von Niederschlagswasser auszubilden. Darüber hinaus ist eine aufstausichere Entwässerung, insbesondere der Kranstellflächen, durch geeignete Maßnahmen (z. B. Drainierung, umlaufende Entwässerungsgräben o. ä.) sicherzustellen.

Die aktuellen Vorgaben des Anlagenherstellers sind dabei zu berücksichtigen.

4.3 Windenergieanlagenbau in Trinkwasserschutzzone III

Die Anlagenstandorte WEA 1 und WEA 2 liegen laut den Umweltkarten-Niedersachen (www.umweltkarten-niedersachsen.de) in einer Trinkwasser-Schutzzone III (Abb. 3).

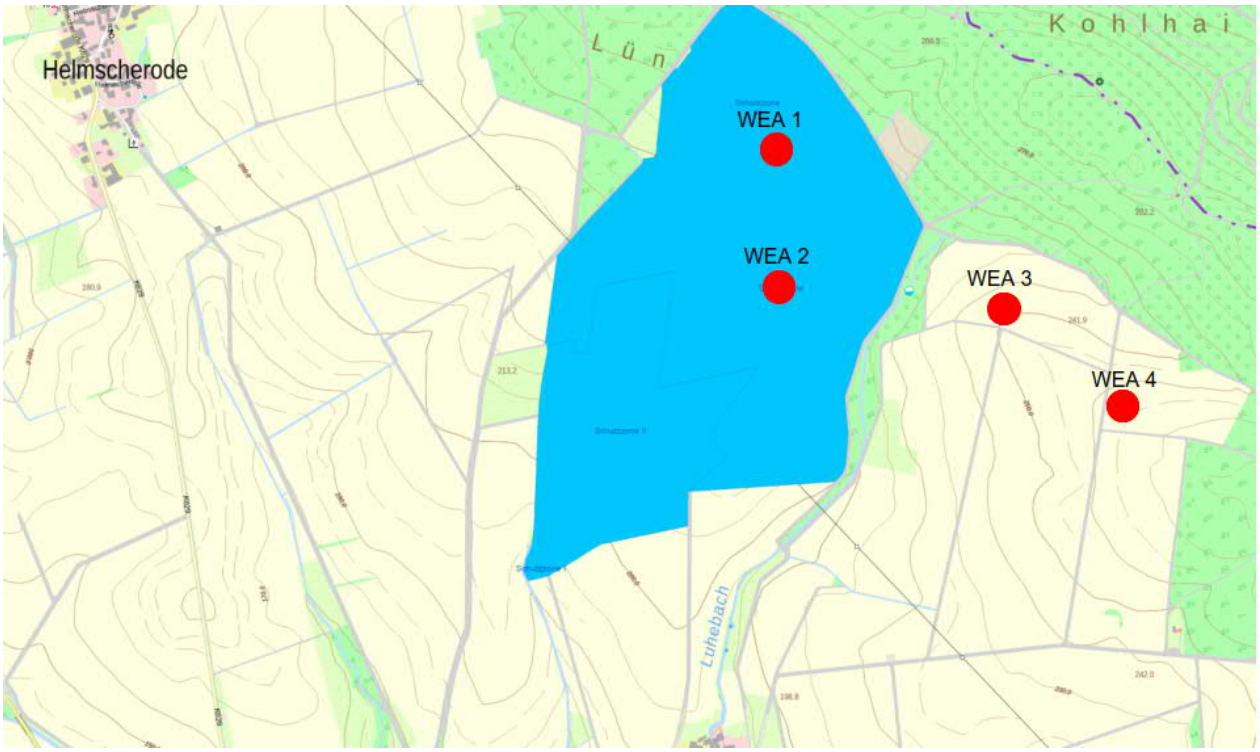


Abb. 3: Umweltkarte Hydrogeologie Trinkwassetschutzzonen mit Eintragung der Anlagenstandorte (http://www.umweltkarten-niedersachsen.de/Umweltkarten; aufgerufen am 20.02.2023)

Beim Bauen und Betreiben von Windenerigeanlagen in der Trinkwasserschutzzone III („*weitere Schutzzone*“) sind laut des Niedersächsischen Minesteriums für Umwelt, Energie und Klimaschutz einige Maßnahmen zum Grundwasserschutz zu beachten.
Dabei ist hauptsächlich auf den Schutz vor Kontamination mit Betriebstoffen beim Bau und Betrieb einzugehen.
Die Verwendung von geeigneten Betriebstoffen (z.B. biologisch abbaubare Hydraulik-Öle,Schmier- und Betriebsstoffe) sowie nicht auswaschbare oder auslaugende Baumaterialen ist einzuplanen und einzuhalten.

Dabe sind auch besondere Maßnahmen bei der Wartung der Anlagen (Kontrolle der Dichtigkeiten, Prüfung und ggf. Leerung der notwendigen Auffangwannen) und deren

Reinigung (Wahl der Reinigungsmittel und Verhinderung von deren Eindringen in den Untergrund z.B. durch Auslegung von Kunstoffbahnen) einzuhalten.
Handlungsvorgaben im Fall von Schadensfällen und Havarien hat die VAwS (*„Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdenden Stoffen und über Fachbetriebe*“) ebenfalls geregelt.
Während des Anlagenbaus sind die Auflagen / Nebenbestimmungen anzuwenden, die in der NLWKN- Handlungshilfe WSG Teil 2 für Baustellen unter Nr. 43 aufgeführt sind.

Die Bauarbeiten sind von einem/-er Hydrogeloge/-in und einem/-er Bodenkundler/-in gutachterlich zu begleiten und zu überwachen.

5. Erdstatische Nachweise und Berechnungen

Für geotechnische Nachweise liegen die nachfolgenden Unterlagen des Herstellers vor:

- „Statische Berechnung Max Bögl Hybridturm T20, VESTAS V162-5.6“, 15.10.2021 mit dem Schalplan Fundament Ø 24,5 m, NH 169 m, Dokument Nr. DE_T20_005_XX_X_, Rev. c, Datum 2021-12-03.

In dem Schalplan sind die Lasten an der Fundamentunterkante für den Fall BS-P, und BS-A angegeben.

5.1 Sicherheit gegen Kippen (klaffende Fuge)

Eine überschlägige Nachrechnung zeigt für die geplanten Anlagen, dass unter der Annahme eines Kreisringfundamentes keine klaffende Fuge auftritt (die Sohldruck-resultierende liegt innerhalb der 1. Kernweite).
Für den Lastfall 'Extremlasten' liegt die Sohldruckresultierende normgerecht innerhalb der 2. Kernweite.

5.2 Grundbruchsicherheit

Die Grundbruchsicherheit ist unter Annahme der aus den angegebenen Lasten resultierenden Sohlspannungen bei den Böden (Lastverteilungspolster bei WEA 1

und WEA 2) bzw. dem anstehenden Festgestein (WEA 3 und WEA 4) in der Gründungsebene erfahrungsgemäß sicher gewährleistet.

Ein rechnerischer Nachweis kann deshalb entfallen.

5.3 Gleitsicherheit

Die Gleitsicherheit gem. DIN 1054 ist für die Fundamente dieser Windenergieanlagen allgemein gewährleistet, wenn ein Sohlreibungswinkel von mindestens 20° gegeben ist.
Durch den anstehenden Boden bzw. dem Baugrundersatz in der Fundamentsohle ist diese Anforderung für alle Anlagen sicher erfüllt.

5.4 Setzungen

Am Standort WEA 3 und WEA 4 ist aufgrund des Untergrundes, bestehnend aus hauptsächlich angewitterten bis verwitterten Festgesteins keine signifikanten Setzungen zu erwarten.

Für die Standorte WEA 1 und WEA 2 wurden (exemplarisch WEA 1) auf der Grundlage des o. g. Schalplans erdstatische Berechungen zur Ermittlung der erwartbaren Setzungen ausgeführt.
Die Berechnungen erfolgten unter Annahme des in Kapitel 3 beschriebenen Baugrundmodells (Verwitterungszone).

Die Berechnungen wurden unter Zuhilfenahme von geotechnischer Software erarbeitet (Programm: GGU-SETTLE, Version6.22 / Verfasser: Prof. Dr. J. Buß).
Gemäß der durchgeführten Setzungsberechungen wurde folgende wahrscheinliche Maximal-Setzung ermittelt (siehe Anlage 7):

- WEA 1: s_{max} = 2,41 cm.

Im Ergebnis der Berechnung zur Schiefstellung wurde ermittelt, dass die <u>mögliche Schiefstellung</u> die gemäß Typenprüfung maximal zulässige Fundamentneigung von $\Delta s \leq 3$ mm/m deutlich unterschreitet.

5.5 Drehfedersteifigkeiten

Für den Anlagenstandort WEA 2 wurden auf der Grundlage des o. g. Fundamentdatenblattes beispielhaft erdstatische Berechungen zur Ermittlung der Drehfedersteifigkeit ausgeführt.

Dazu wurde zunächst die rechnerische Schiefstellung des Fundaments auf Grundlage der vorgegebenen Einwirkungen im Betriebslastfall (BS-P) bestimmt. Diese Schiefstellungsberechnung erfolgte seperat sowohl unter Berücksichtigung der statischen als auch der dynamischen Steifemoduli.

Aus der Schiefstellung und der Fundamentgeometrie wurde der Drehwinkel ermittelt. Der Quotient aus angreifendem Moment und Drehwinkel stellt die jeweilige Drehfedersteifigkeit dar.

Statische Drehfedersteifigkeit:
Die Berechnungen zur statischen Drehfedersteifigkeit erfolgten unter Annahme des in Kapitel 3 beschriebenen Baugrundmodells. Die Ergebnisse sind in den nachfolgenden Tabelle für die statischen sowie für die dynamischen Baugrundkennwerte am Standort der Windenergieanlage WEA 2 zusammengestellt.

Die für die statische Drehfedersteifigkeitsermittlung erforderliche Bestimmung der Schiefstellung ist in der Anlage 8.1 dokumentiert.

Standort	**Durch-messer** [m]	**Schief-stellung** [m]	**Drehwinkel** [rad]	**Moment** [kNm]	**Drehfeder-steifigkeit** [MNm/rad]
WEA 1	24,5	0,0217	0,0009	218.788	247.018

Die gemäß Fundamentdatenblatt erforderliche statische Drehfedersteifigkeit des Baugrundes von 40.000 MNm/rad ist rechnerisch nachgewiesen.

Dynamische Drehfedersteifigkeit:

Die für die dynamische Drehfedersteifigkeitsermittlung erforderliche Bestimmung der Schiefstellung ist in der Anlage 8.2 dokumentiert.

Standort	Durch-messer [m]	Schief-stellung [m]	Drehwinkel [rad]	Moment [kNm]	Drehfeder-steifigkeit [MNm/rad]
WEA 1	24,5	0,0055	0,00023	218.788	974.601

Die gemäß Fundamentdatenblatt erforderliche dynamische Drehfedersteifigkeit des Baugrundes von 200.000 MNm/rad ist rechnerisch nachgewiesen.

Soweit im Zuge der Ausführungsplanung bzw. der Fundamentherstellung Detailfragen in Bezug auf die Baugrundverhältnisse bzw. die erdbautechnische Behandlung des Bodens bestehen, steht der Unterzeichner zur Klärung zur Verfügung.

BERATENDER INGENIEUR · INGENIEURKAMMER EL-Nr.706 NIEDERSACHSEN
Dipl.-Ing. ULRICH WODE

Anlagen

Anl. 1.1	Übersichtslageplan WP Gremsheim
Anl. 1.2	Lageskizze mit Aufschlusspunkten
Anl. 1.3	Geologische Übersichtskarte
Anl. 2.1 - 2.4	Schichtenverzeichnisse
Anl. 3.1 – 3.4	Bohrprofilschnitte und Drucksondierungen
Anl. 4	Original-Drucksondiergramme
Anl. 5	Empfehlungen zur Gründung (tabellarisch)
Anl. 6	Fundamentdatenblatt Vestas
Anl. 7	Setzungs-Schiefstellung Lastfall N/A/T
Anl. 8.1 - 8.2	Schiefstellung BS-P stat. und dyn. Steifemoduli
Anl. 9	Kategorien der Erdfallgefährdung, LBEG

Anlage 1

Anl. 1.1 Übersichtslageplan des WP Gremsheim

Anl. 1.2 Lageskizze mit Aufschlusspunkten

Anl. 1.3 Geologische Übersichtskarte

WP Gremsheim
WEA GREM 01
V 162 NH169 - 6,2 MW

WP Gremsheim
WEA GREM 02
V 162 NH169 - 6,2 MW

WP Gremsheim
WEA GREM 03
V 162 NH169 - 6,2 MW

WP Gremsheim
WEA GREM 04
V 162 NH169 - 6,2 MW

Wege Bestand

Fundament, vollversiegelt

Zuwegung + Kranstellfläche, teilversiegelt

Montagefläche, temporär teilversiegelt

Plattenlösung für Rotorblatt-Transport

Zuwegung, teilversiegelt

Verrohrung, vorhanden

Verrohrung, erweitert

Verrohrung, temporär

REP Northheim 3.Entwurf
11.2020

M 1 : 8.000

0m 100m 200m 300m 400m

Bauvorhaben

WP Gremsheim

4x V162 NH169

- [x] Entwurfsplanung
- [ ] Genehmigungsantrag
- [ ] Ausführungsplanung

Antragsteller/Bauherr

WindStrom Unternehmensgruppe

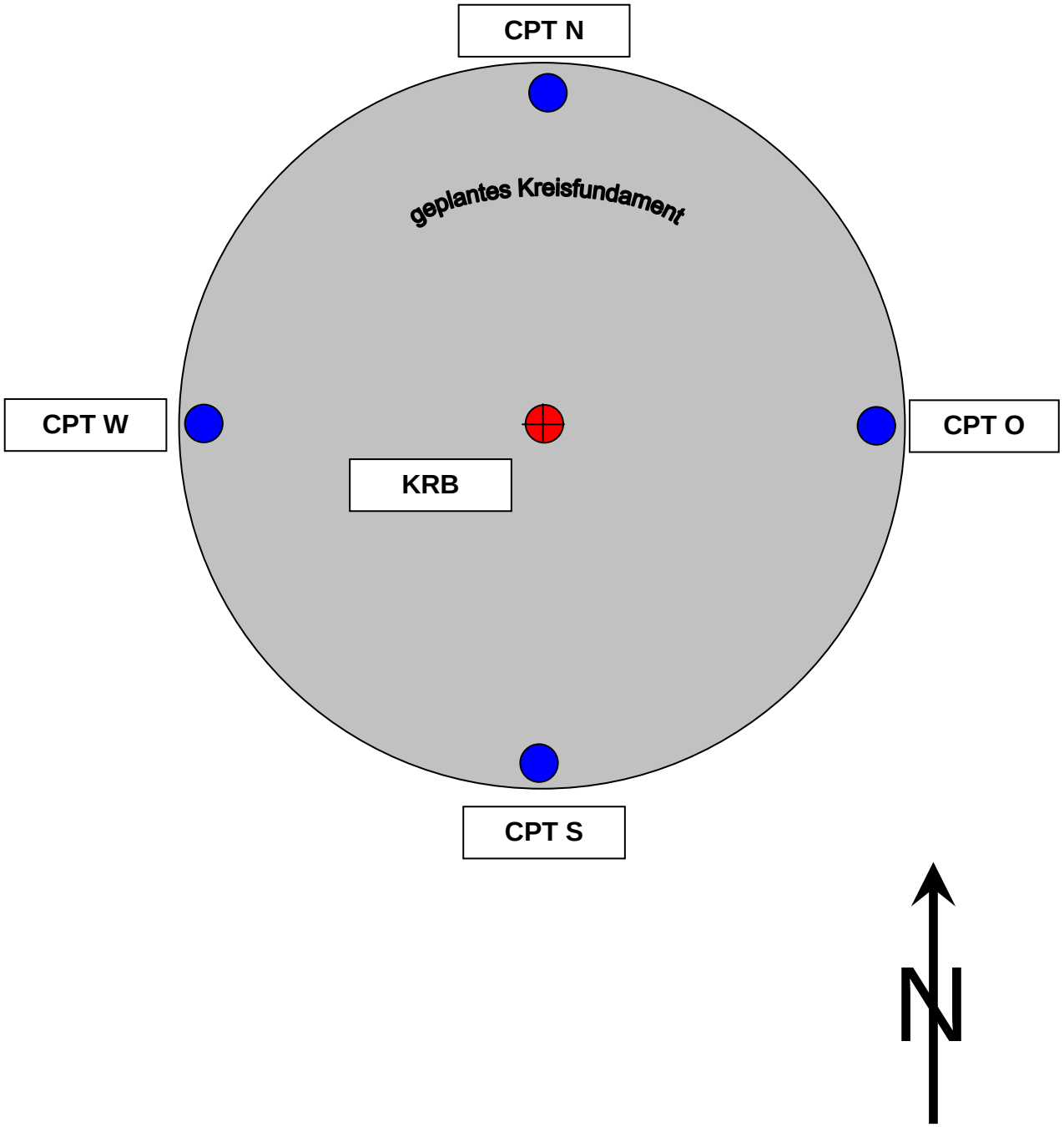
WindStrom Erneuerbare Energien GmbH & Co. KG
Am Torfstich 11
31234 Edemissen

	Datum	Name
Erstellt	22.03.2022	Susanne Tobinski
Zuletzt	22.03.2022	Stobinski

Datei
BA Gremsheim_(22-03-2022).dwg

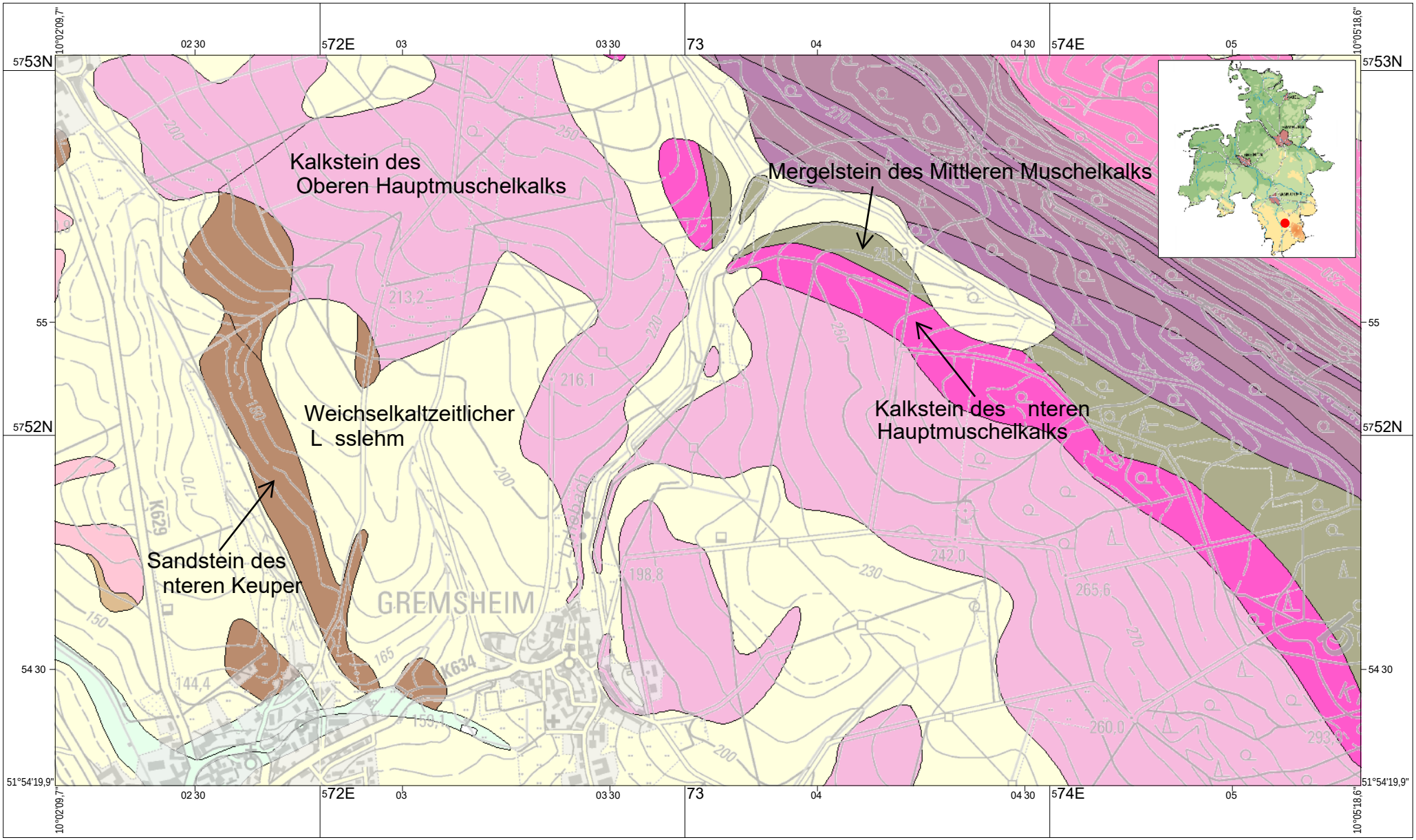
Format
ISO FULL BLEED A3 (297.00 X 420.00 MM)

Lageskizze mit Darstellung der Aufschlusspunkte



copyright @ Landesamt für Bergbau, Energie und Geologie

Karteninhalt: Geologische Karte 1 : 25 000



Maßstab 1 : 14 247

50 0 250 500 750 1000 m

Auszug aus den Geobasisdaten der niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung, © 2014.
Vervielfältigung, Verbreitung oder Veröffentlichung der topografischen Karten nur in Verknüpfung mit Fachdaten
des LBEG zulässig. Eine alleinige Nutzung bedarf der Erlaubnis der LGLN

Anlage 2

Schichtenverzeichnisse

ING.BÜRO R.-U. WODE
Beratende Ing. u. Geologen
Kolberger Straße 13
31319 Sehnde
Tel. 05138/6195-0 * Fax -15

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchg. Gewinnung von gekernten Proben

Bericht: Windstrom

Anlage: 2.1

Vorhaben: Neubau 4 WEA -Windpark Gremsheim - WEA 1

Bohrung KRB 1 / Blatt: 1 Höhe: 254 m NN

Datum: 28.02.2023

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung 1)	h) 1) Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.30	a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig, schwach humos - humos				erdfeucht			
	b)							
	c) weich - steif	d) leicht zu bohren mittelschwer z.b.	e) dunkelbraun					
	f) Oberboden	g) Holozän	h) OU	i)				
1.70	a) Schluff, schwach feinsandig							
	b)							
	c) steif	d) mittelschwer z.b.	e) hellbraun					
	f) Lößlehm	g) Weichsel-Kaltzeit	h) UM	i)				
2.20	a) Schluff - Ton, schwach kiesig - kiesig, sehr schwach steinig							
	b)							
	c) steif - halbfest	d) mittelschwer z.b. schwer z. b.	e) hellbeige - weiß					
	f) Verwitterungslehm	g) Oberer Muschelkalk	h) GU*-GU,GT*	i)				
2.70	a) Kalkstein, verwitterter Fels							
	b) kein Bohrfortschritt mehr							
	c) halbfest - fest	d) schwer z. b. - sehr schwer z. b.	e) weiß					
	f) Verwitterter Fels	g) Oberer Muschelkalk	h) GU-Fels	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ING.BÜRO R.-U. WODE
Beratende Ing. u. Geologen
Kolberger Straße 13
31319 Sehnde
Tel. 05138/6195-0 * Fax -15

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchg. Gewinnung von gekernten Proben

Bericht: Windstrom

Anlage: 2.2

Vorhaben: Neubau 4 WEA -Windpark Gremsheim - WEA 2

Bohrung KRB 2 / Blatt: 1 Höhe: 236 m u. NN

Datum: 28.02.2023

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung [1]					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung [1]	h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.10	a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig, schwach humos				erdfeucht			
	b)							
	c) weich	d) leicht zu bohren	e) dunkelbraun - braun					
	f) Oberboden	g) Holozän	h) OU	i)				
0.70	a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig, sehr schwach kiesig							
	b)							
	c) steif	d) mittelschwer z.b.	e) braun					
	f) Hanglehm	g) Holozän	h) UM	i)				
2.90	a) Ton, schwach schluffig - schluffig, schwach kiesig - kiesig, sehr schwach steinig - steinig, Kalkstein							
	b)							
	c) steif - halbfest	d) mittelschwer z.b. schwer z. b.	e) hellbraun - beige - weiß					
	f) Verwitterungston	g) Oberer Muschelkalk	h) GU*-GU,GT*	i)				
3.00	a) verwitterter Fels, Kalkstein							
	b) kein Bohrfortschritt mehr							
	c) fest	d) sehr schwer z. b.	e) hellbeige - weiß					
	f) Verwitterter Fels	g) Oberer Muschelkalk	h) Fels	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ING.BÜRO R.-U. WODE
Beratende Ing. u. Geologen
Kolberger Straße 13
31319 Sehnde
Tel. 05138/6195-0 * Fax -15

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchg. Gewinnung von gekernten Proben

Bericht: Windstrom

Anlage: 2.3

Vorhaben: Neubau 4 WEA -Windpark Gremsheim - WEA 3

Bohrung KRB 3 / Blatt: 1 Höhe: 246 m NN

Datum: 28.02.2023

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung 1)					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung 1)	h) 1) Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.40	a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig, oben (schwach humos), sehr schwach kiesig, Kalkstein							
	b)							
	c) weich - steif	d) mittelschwer z.b.	e) braun - weiß					
	f) Oberboden Hanglehm	g) Holozän	h) OU - UM	i)				
1.00	a) verwitterter Fels, Kalkstein							
	b) kein Bohrfortschritt mehr							
	c) halbfest - fest	d) schwer z. b. - sehr schwer z. b.	e) hellbeige - weiß					
	f) Verwitterter Fels	g) Oberer Muschelkalk	h) GW-GU-Fels	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

ING.BÜRO R.-U. WODE
Beratende Ing. u. Geologen
Kolberger Straße 13
31319 Sehnde
Tel. 05138/6195-0 * Fax -15

Schichtenverzeichnis

für Bohrungen ohne durchg. Gewinnung von gekernten Proben

Bericht: Windstrom

Anlage: 2.4

Vorhaben: 5754354.493

Bohrung KRB 4 / Blatt: 1 Höhe: 260 m NN

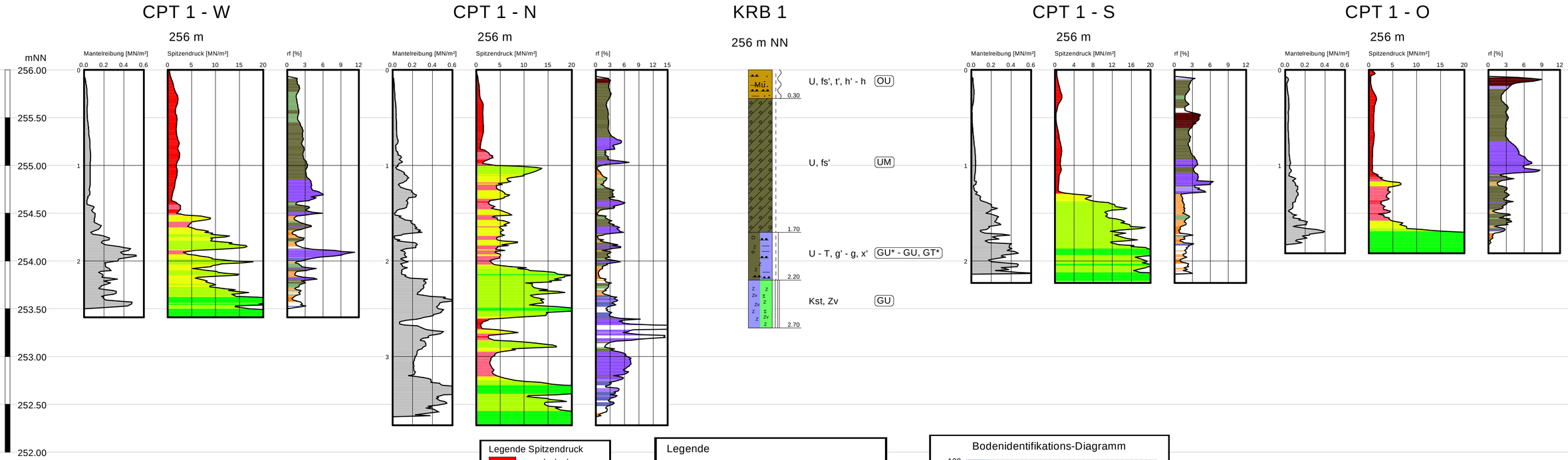
Datum: 28.02.2023

1	2				3	4	5	6
Bis ... m unter Ansatzpunkt	a) Benennung der Bodenart und Beimengungen				Bemerkungen Sonderprobe Wasserführung Bohrwerkzeuge Kernverlust Sonstiges	Entnommene Proben		
	b) Ergänzende Bemerkung [1]					Art	Nr	Tiefe in m (Unterkante)
	c) Beschaffenheit nach Bohrgut	d) Beschaffenheit nach Bohrvorgang	e) Farbe					
	f) Übliche Benennung	g) Geologische Benennung [1]	h) [1] Gruppe	i) Kalkgehalt				
0.30	a) Schluff, schwach feinsandig, sehr schwach tonig, oben (schwach humos), vereinzelt (schwach kiesig)							
	b)							
	c) weich - steif	d) mittelschwer z.b.	e) braun - weiß					
	f) Oberboden Hanglehm	g) Holozän	h) OU - UM	i)				
1.00	a) Kies, steinig, schwach schluffig - schluffig, lagenweise (stark schluffig, feinsandig)Kalkstein							
	b) kein Bohrfortschritt mehr							
	c) halbfest - fest	d) schwer z. b. - sehr schwer z. b.	e) hellbeige - weiß					
	f) Verwitterungslehm Verwitterter Fels	g) Oberer Muschelkalk	h) GU-Fels	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				
	a)							
	b)							
	c)	d)	e)					
	f)	g)	h)	i)				

1) Eintragung nimmt der wissenschaftliche Bearbeiter vor

Anlage 3

Bohrprofilschnitte und Drucksondierungen

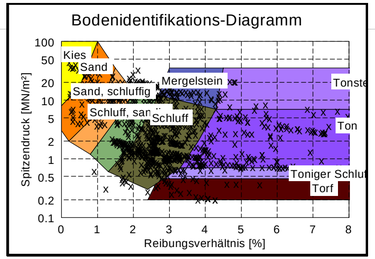


Legende Spitzendruck

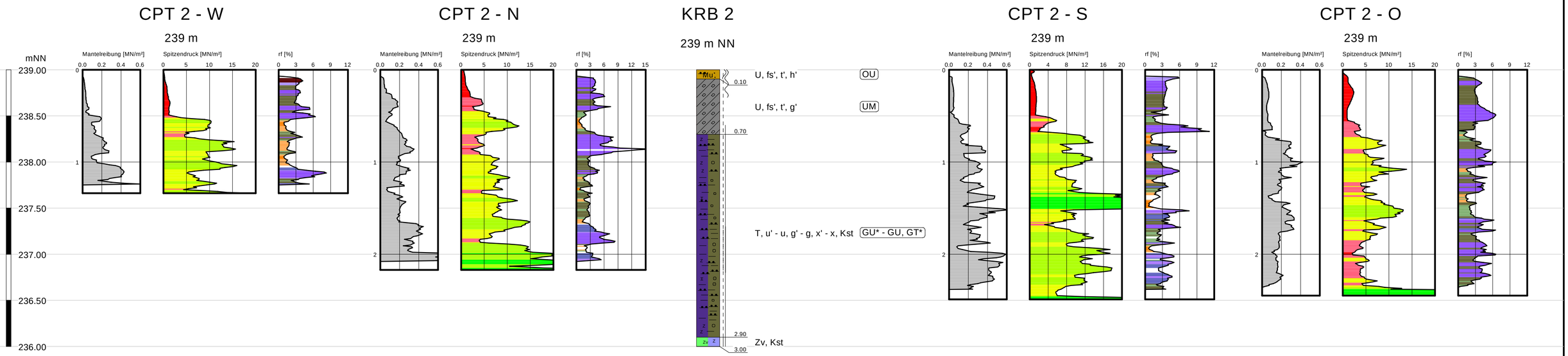
- sehr locker
- locker
- mitteldicht
- dicht
- sehr dicht
- breiig
- breiig - weich
- steif
- halbfest
- fest

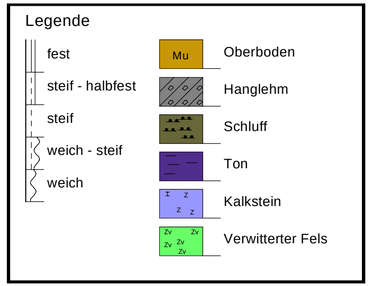
Legende

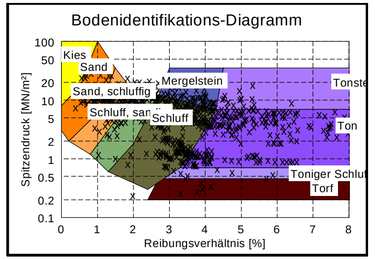
- halbfest - fest
- steif - halbfest
- steif
- weich - steif
- Kalkstein
- verwitterter Fels
- Lößlehm
- Oberboden
- Schluff



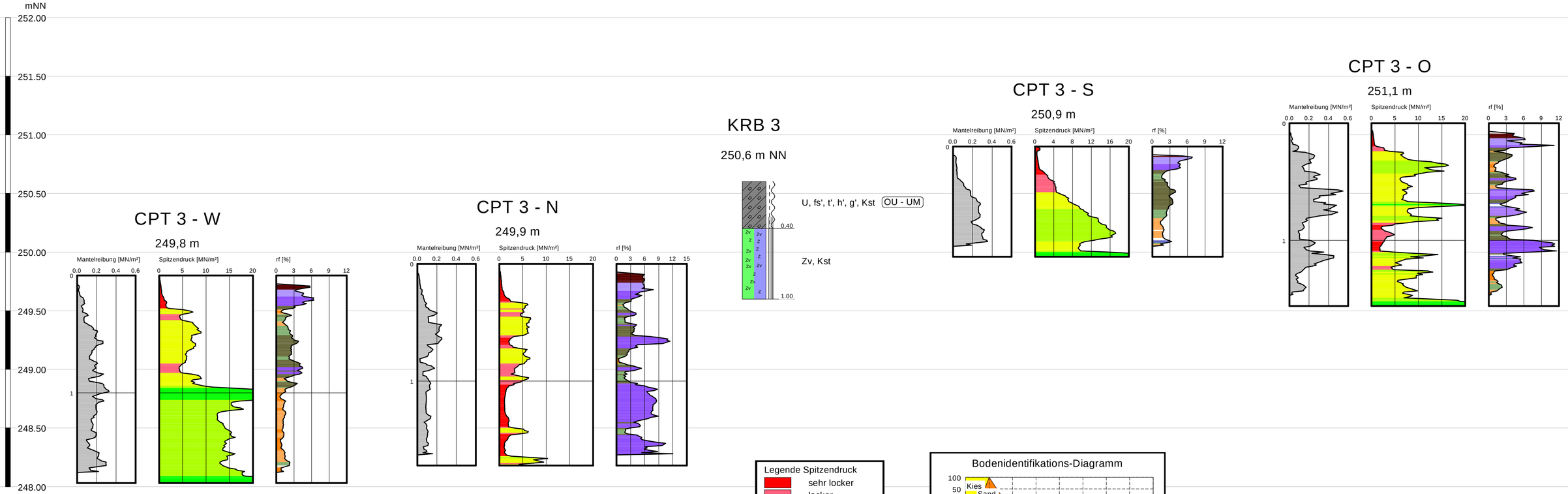
INGENIEURBÜRO R.-U. WODE Beratende Ingenieure und Geologen Kolberger Str. 13 * 31319 Sehnde Tel.: 05138/ 6195-0 * Fax 05138/ 6195-15	Baugrunderkundung WEA 1 Windpark Gremsheim	Maßstab 1 : 25 Anlage Nr. 3.1

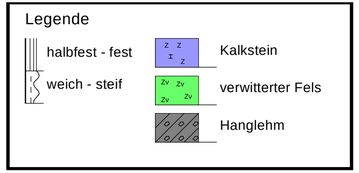


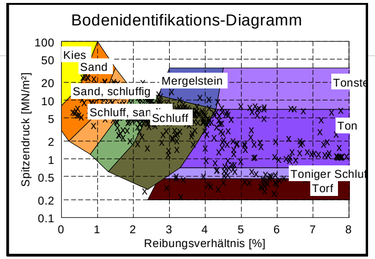




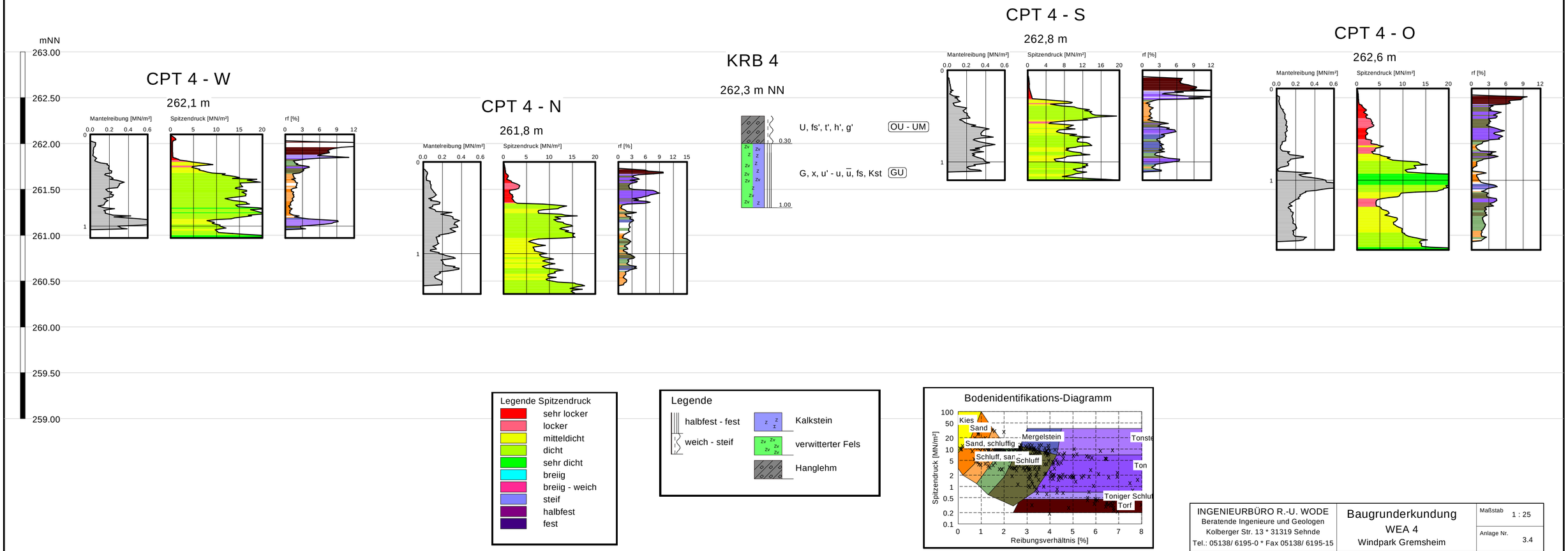
INGENIEURBÜRO R.-U. WODE Beratende Ingenieure und Geologen Kolberger Str. 13 * 31319 Sehnde Tel.: 05138/ 6195-0 * Fax 05138/ 6195-15	Baugrunderkundung WEA 2 Windpark Gremsheim	Maßstab 1 : 25 Anlage Nr. 3.2







INGENIEURBÜRO R.-U. WODE Beratende Ingenieure und Geologen Kolberger Str. 13 * 31319 Sehnde Tel.: 05138/ 6195-0 * Fax 05138/ 6195-15	Baugrunderkundung WEA 3 Windpark Gremsheim	Maßstab 1 : 20 Anlage Nr. 3.3



INGENIEURBÜRO R.-U. WODE Beratende Ingenieure und Geologen Kolberger Str. 13 * 31319 Sehnde Tel.: 05138/ 6195-0 * Fax 05138/ 6195-15	Baugrunderkundung WEA 4 Windpark Gremsheim	Maßstab 1 : 25 Anlage Nr. 3.4

Anlage 4

Original - Drucksondiergramme

Gremsheim

Windpark

Sondierungen
Sondierungs-Nr.:

CPT 1-N

CPT 1-O

CPT 1-S

CPT 1-W

CPT 2-N

CPT 2-O

CPT 2-S

CPT 2-W

CPT 3-N

CPT 3-O

CPT 3-S

CPT 3-W

CPT 4-N

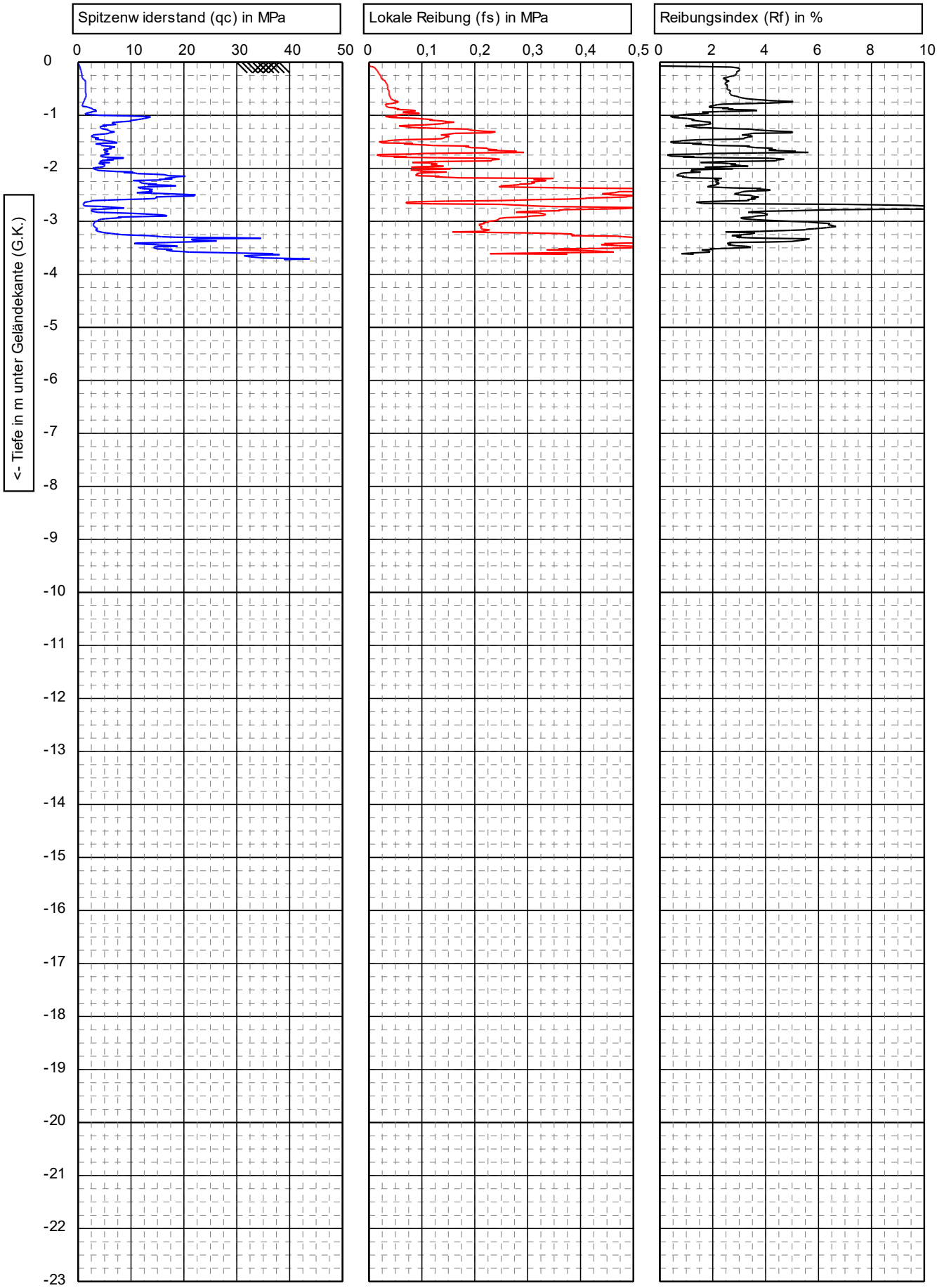
CPT 4-O

CPT 4-S

CPT 4-W

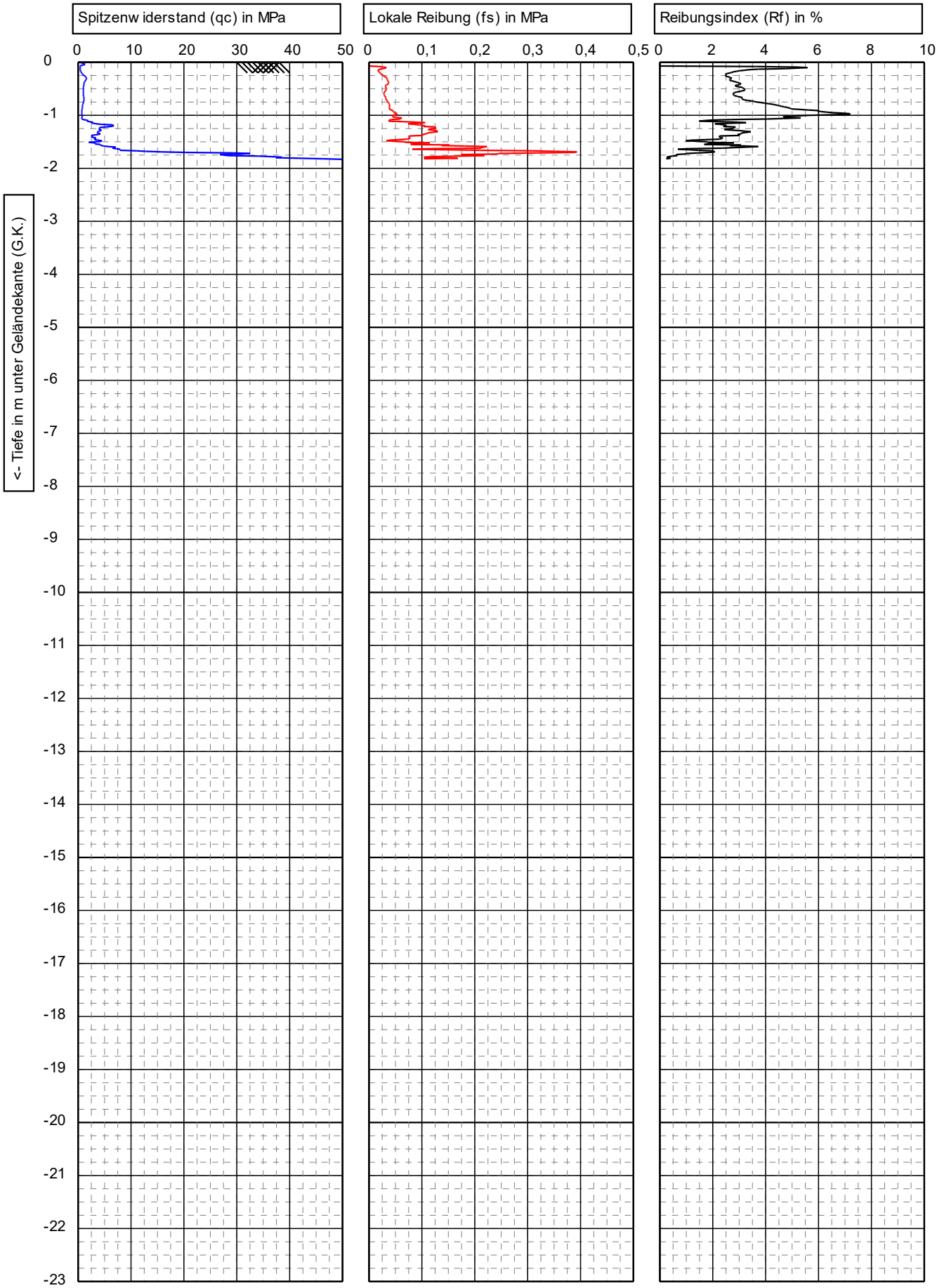
28. Februar 2023

Keller Grundbau GmbH Ernst-Grote-Straße 10 - 30916 Isernhagen (Hannover)
Tel.: 0511 616529-0 - Fax: 0511 616529-10 - hannover.de@keller.com



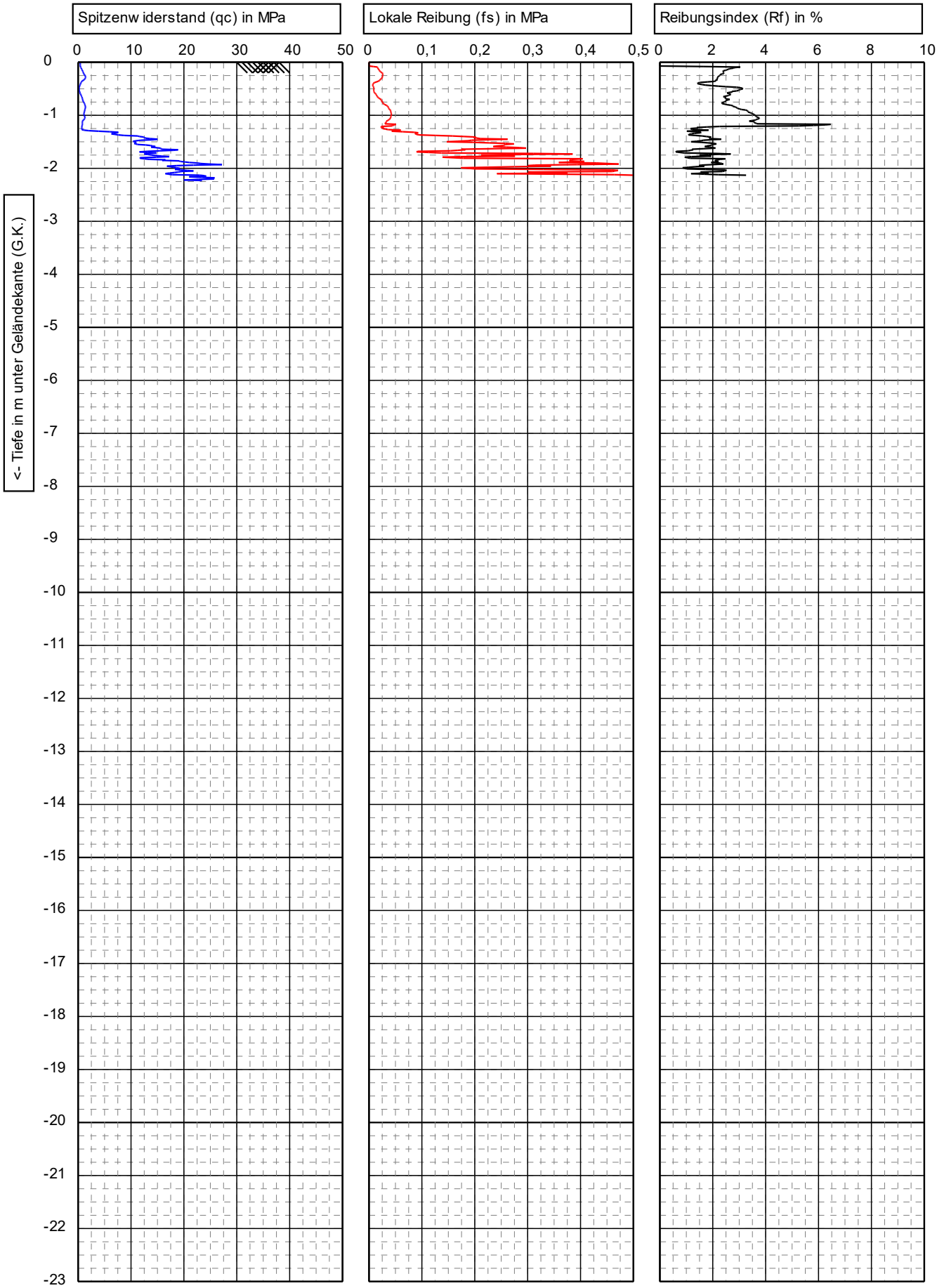
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 1-N** 1/1

1.49



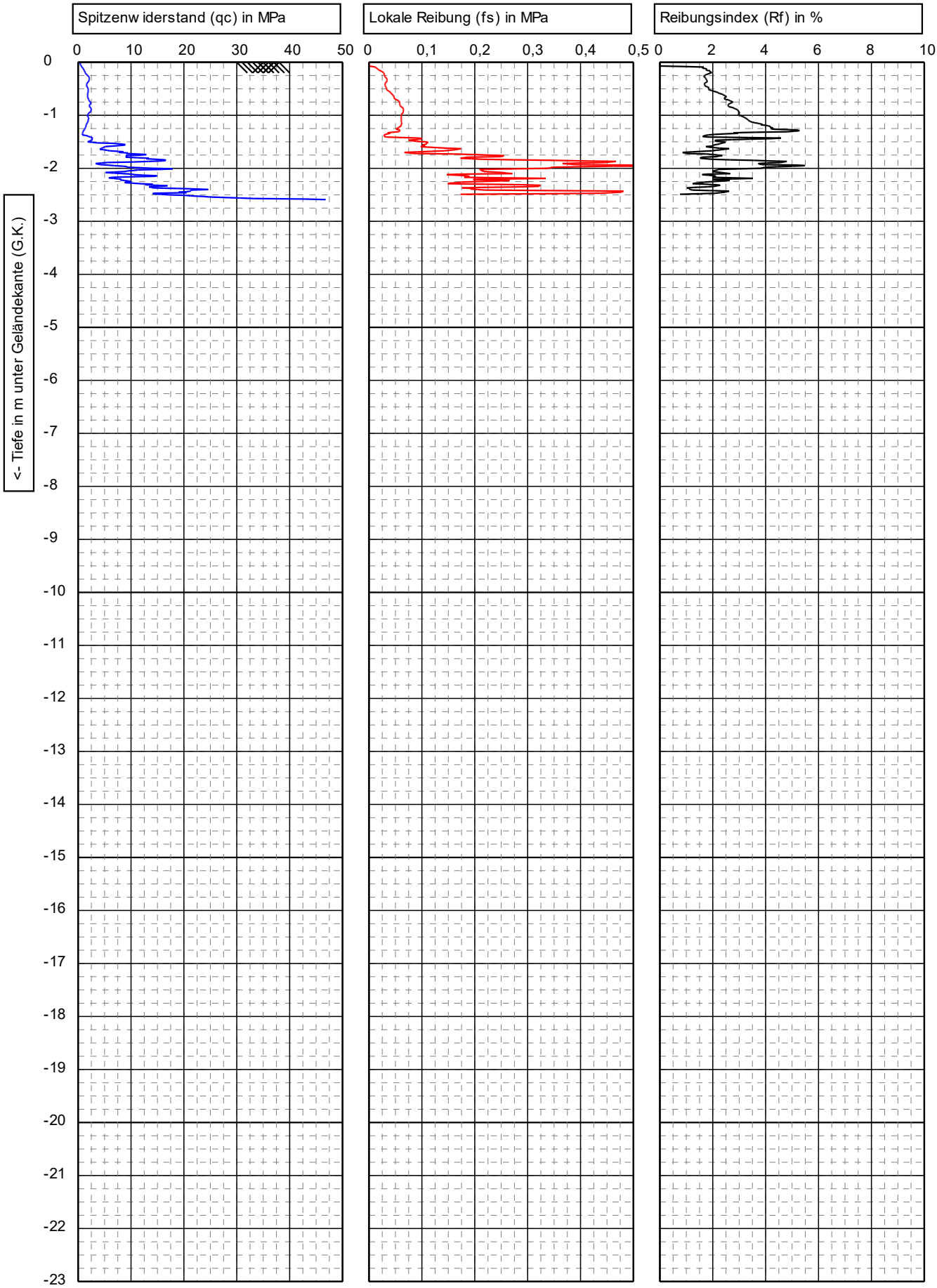
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 1-O** 1/1

1.49



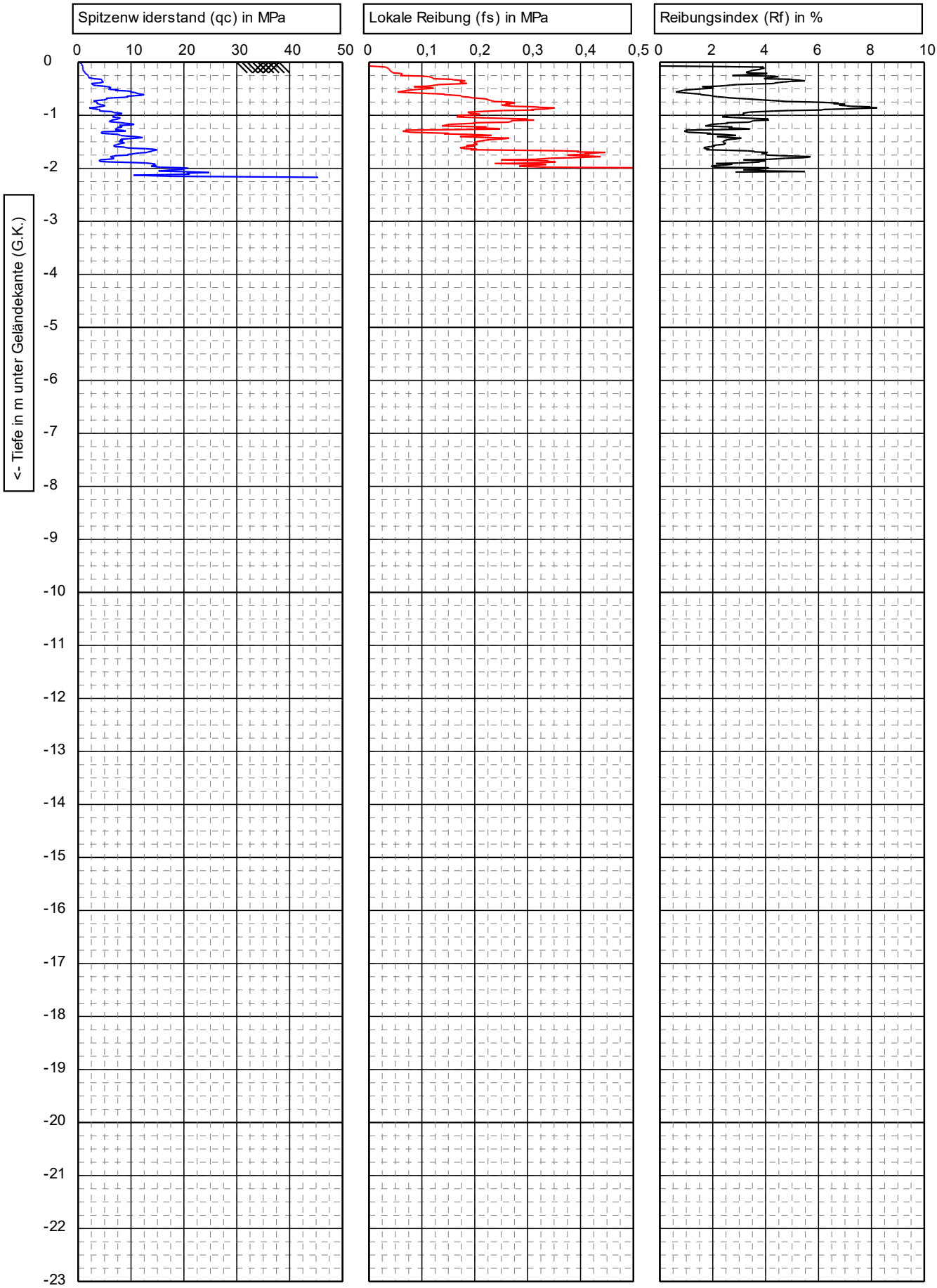
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 1-S** 1/1

1.49



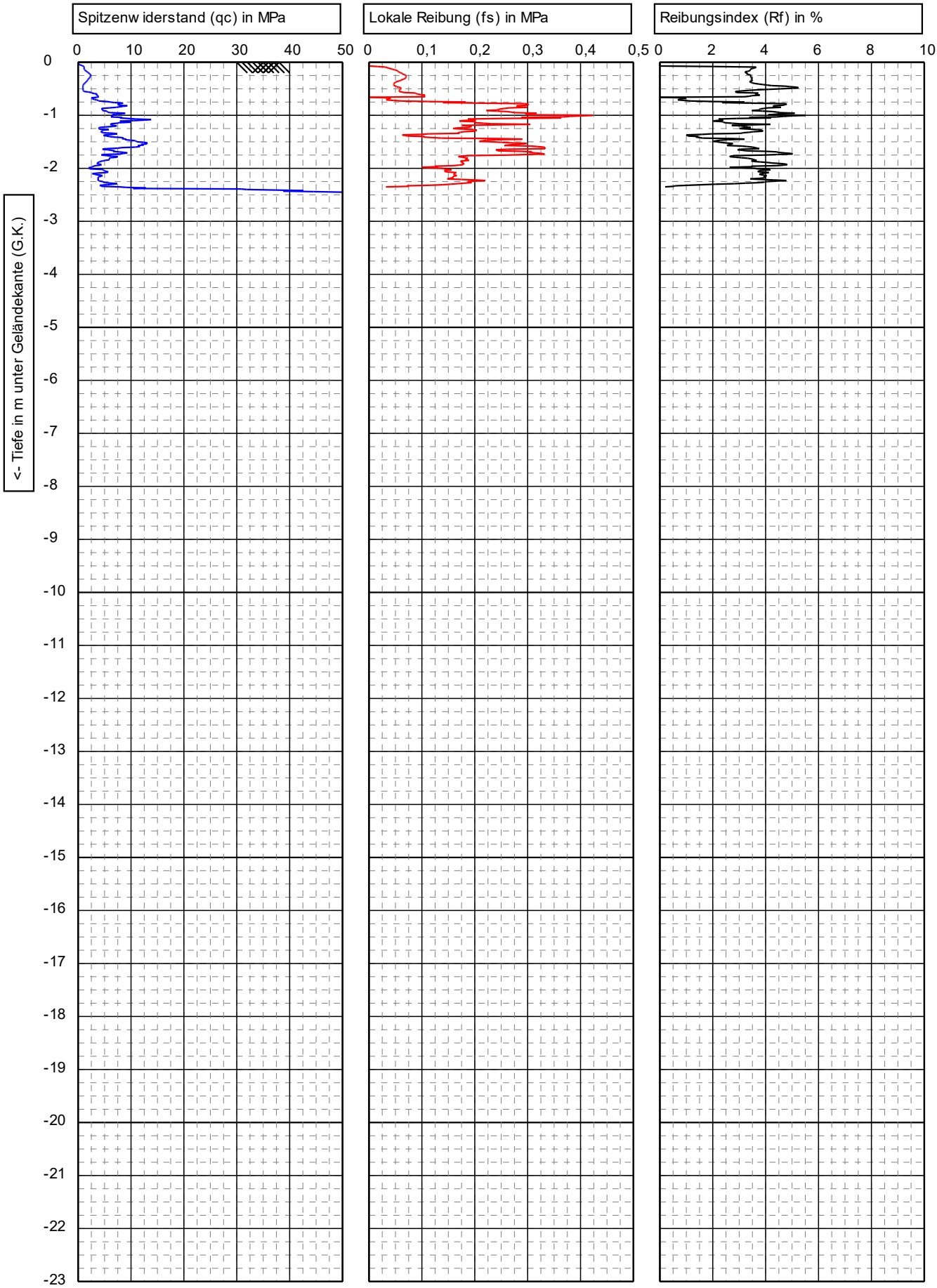
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 1-W** 1/1

1.49



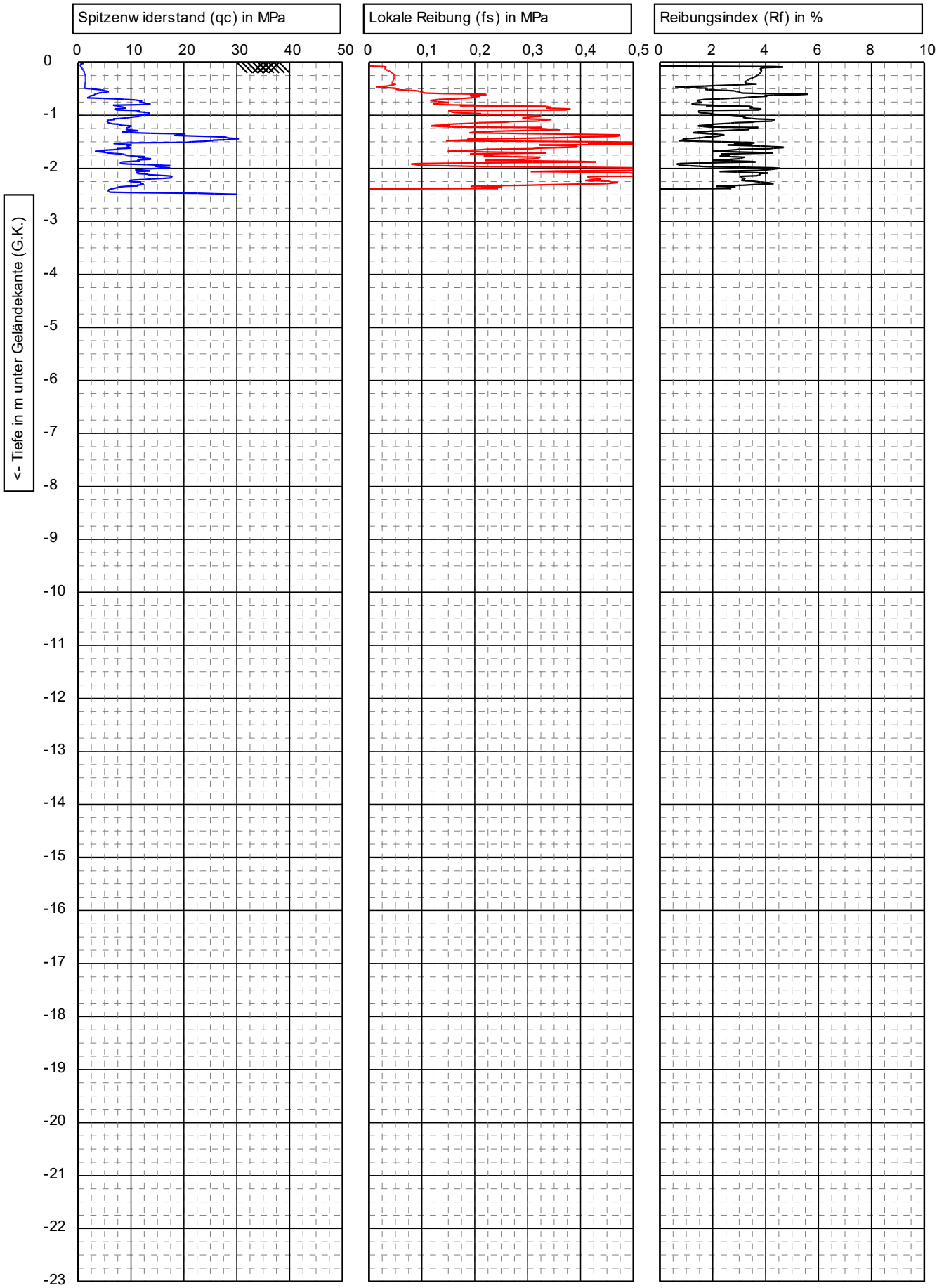
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 2-N** 1/1

1.49



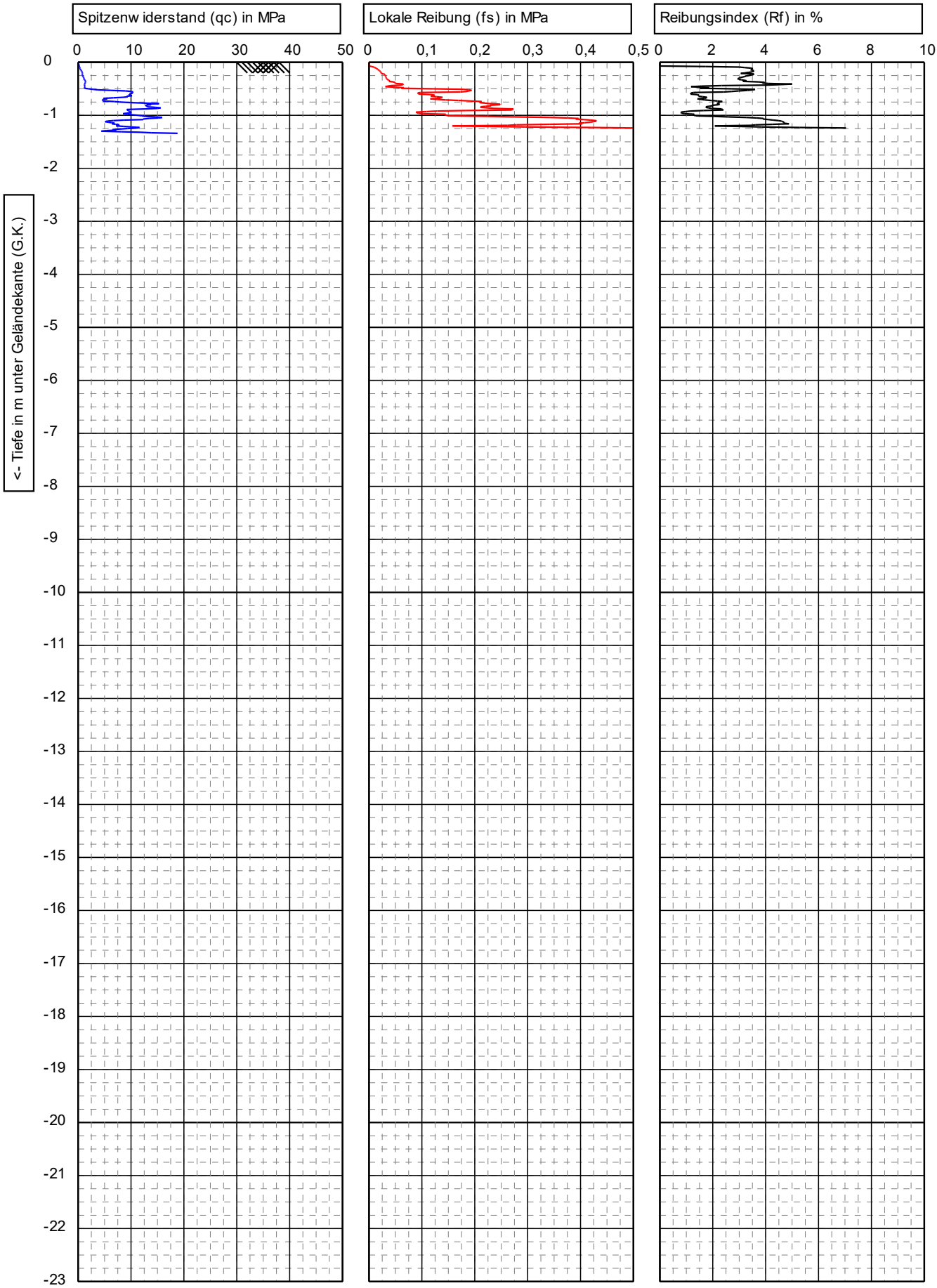
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 2-O** 1/1

1.49



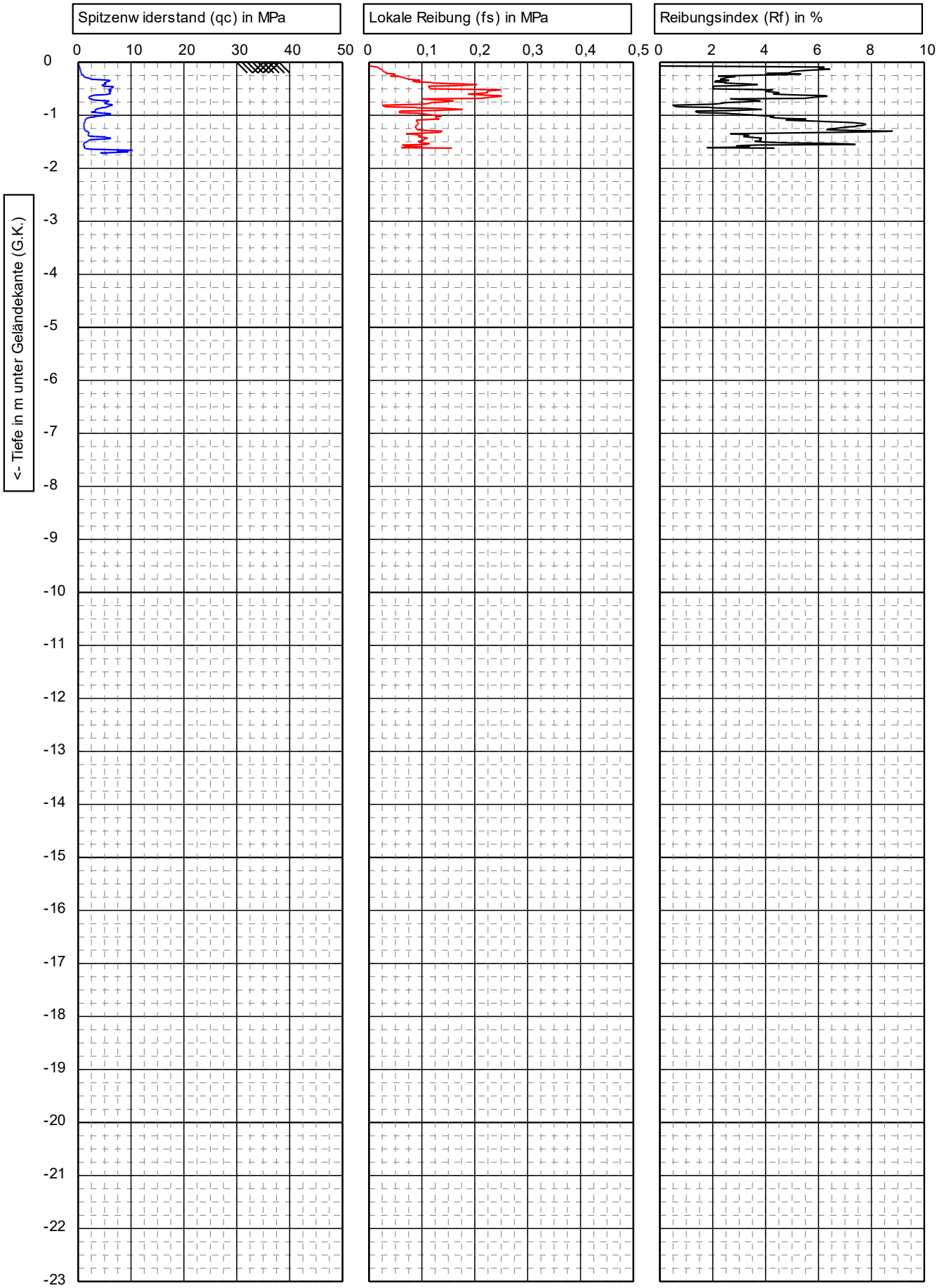
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 2-S** 1/1

1.49



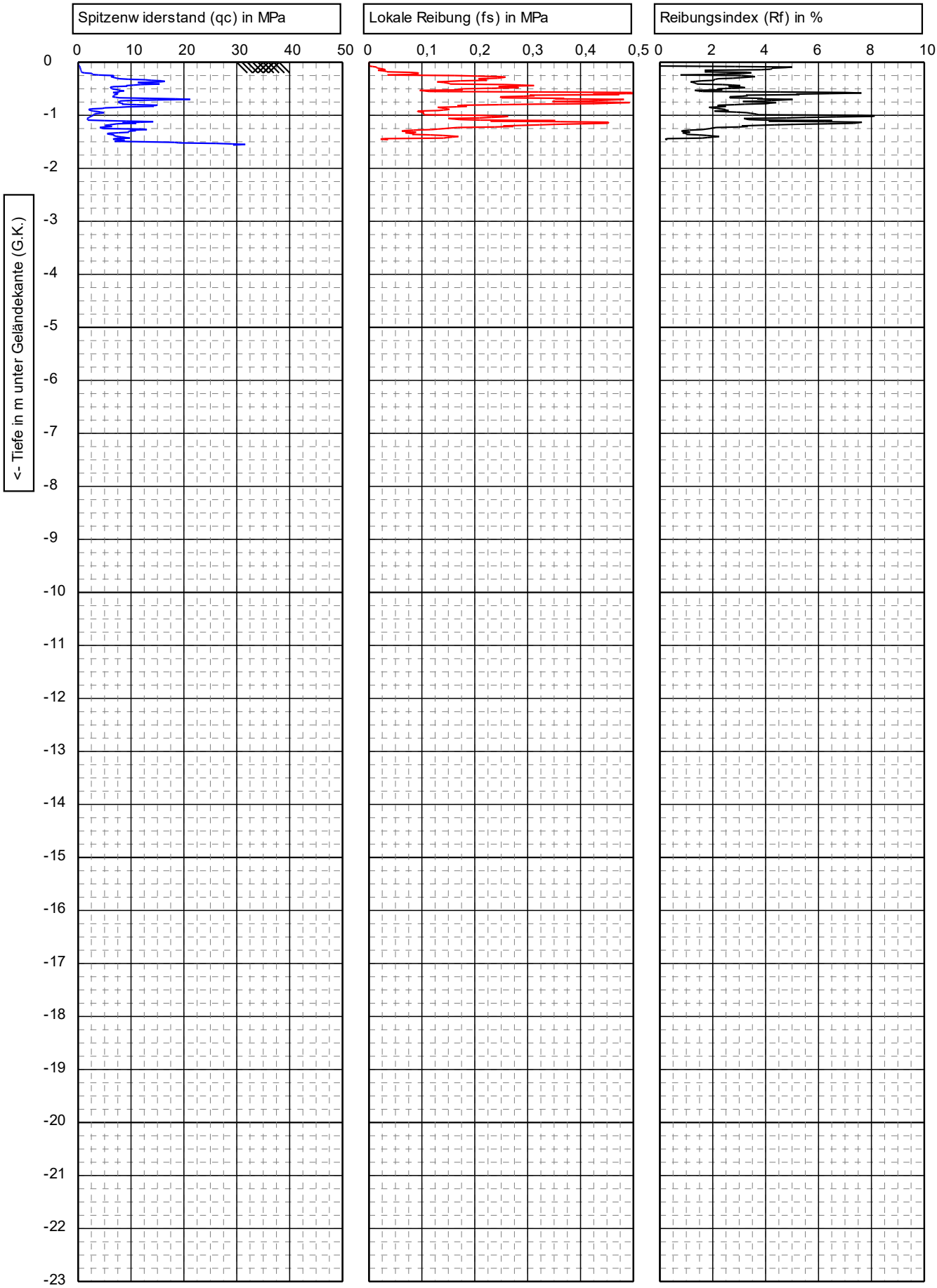
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 2-W** 1/1

1.49



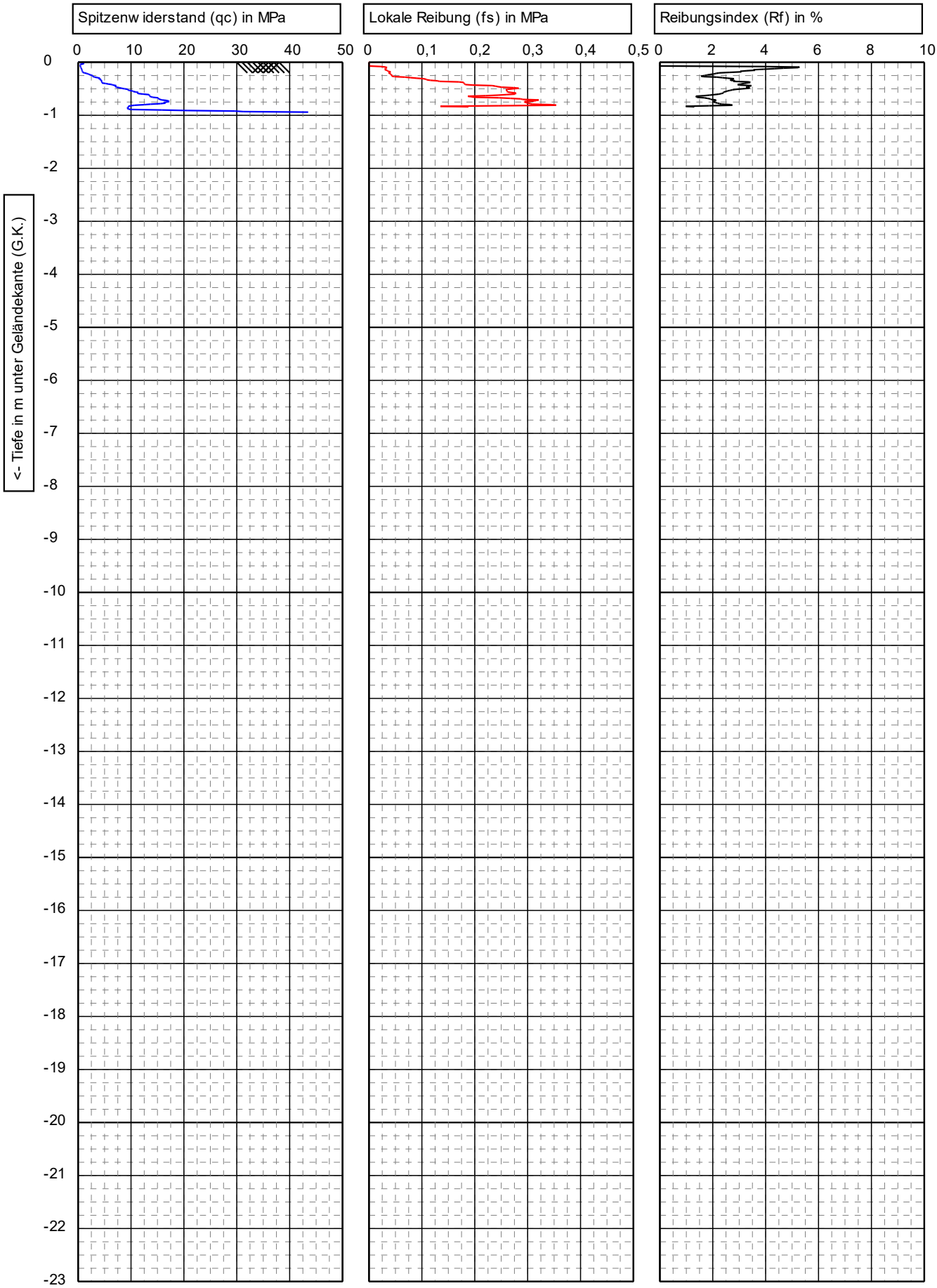
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 3-N** 1/1

1.49



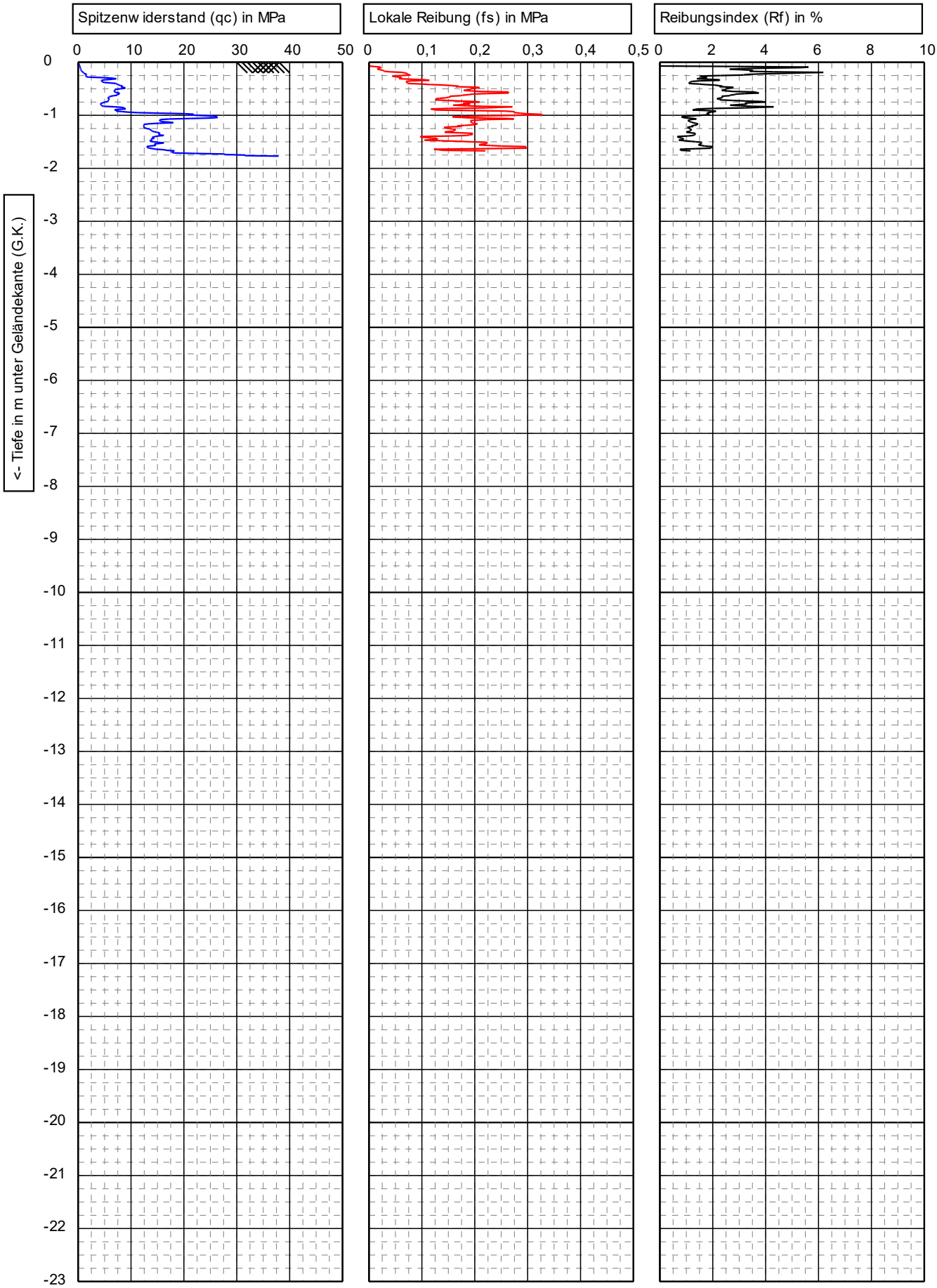
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 3-O** 1/1

1.49



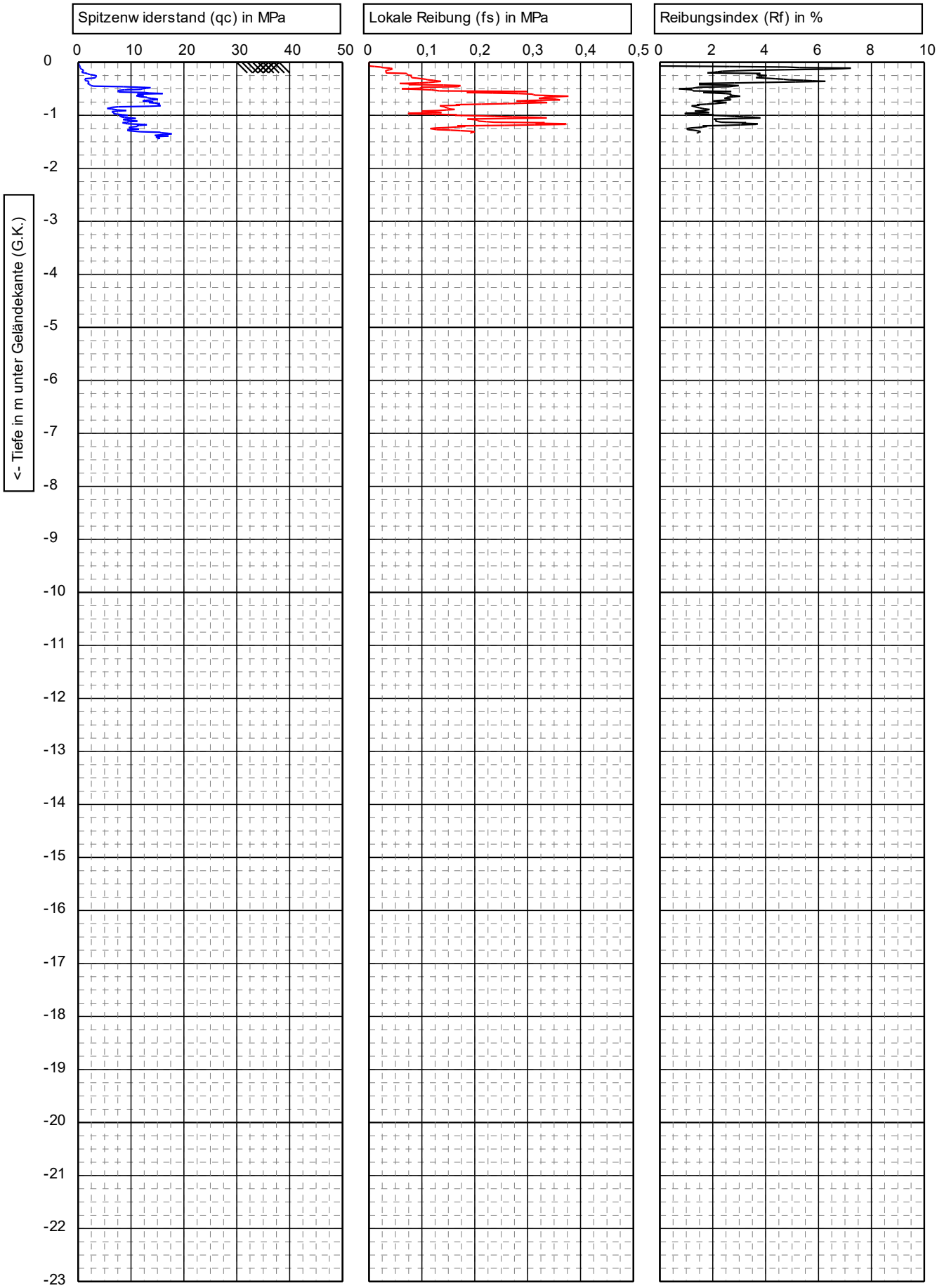
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 3-S** 1/1

1.49



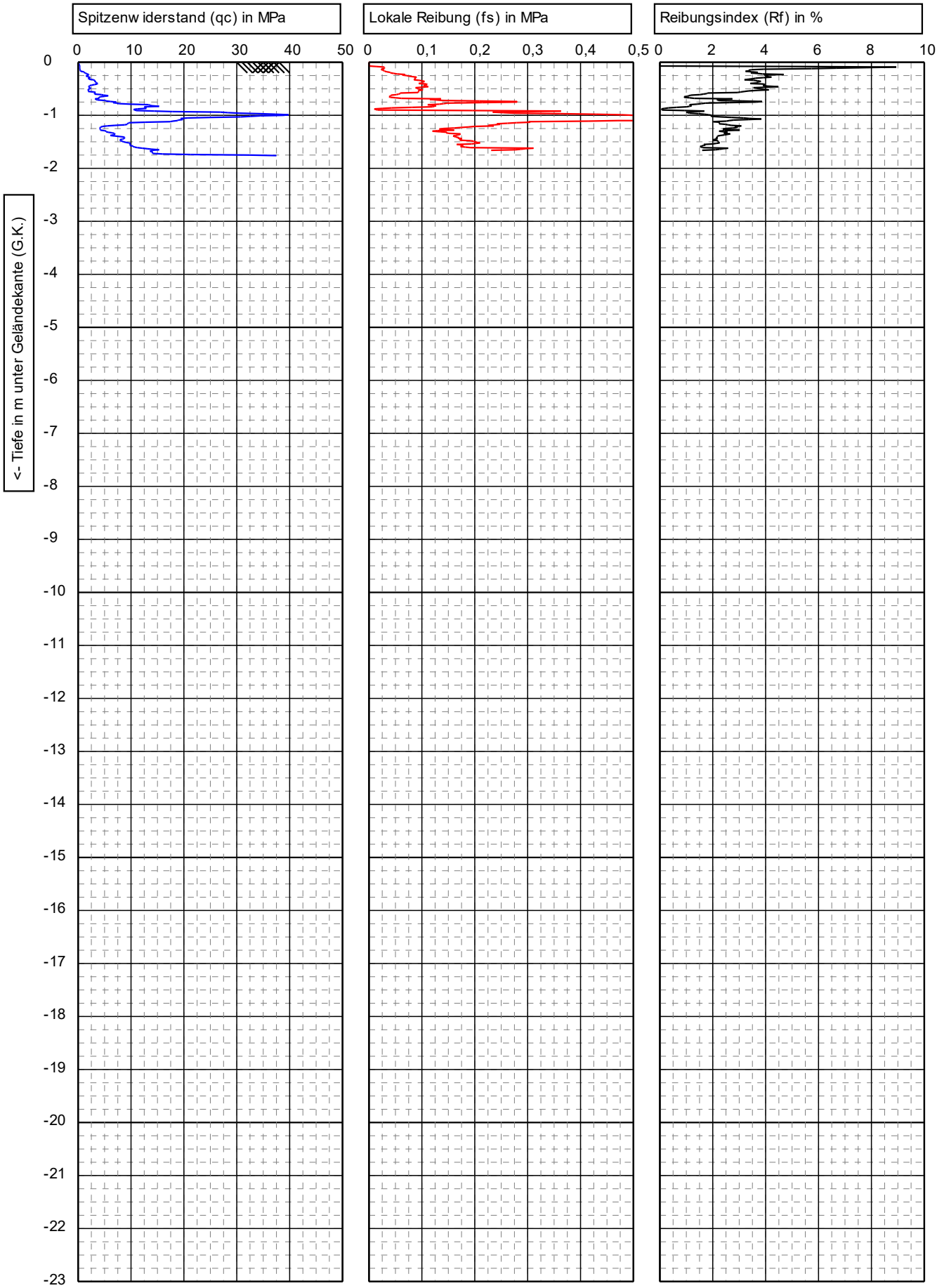
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 3-W** 1/1

1.49



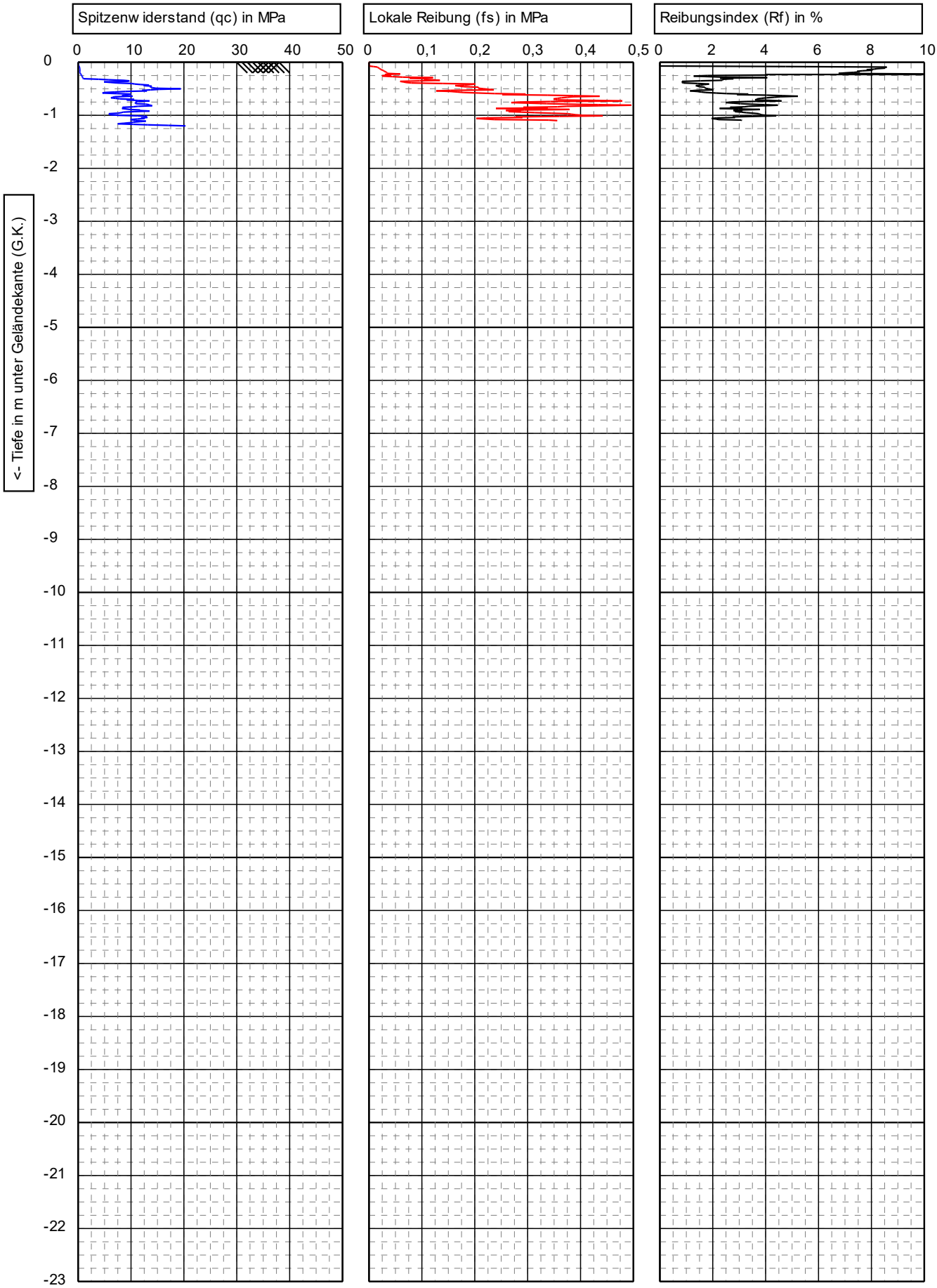
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 4-N** 1/1

1.49



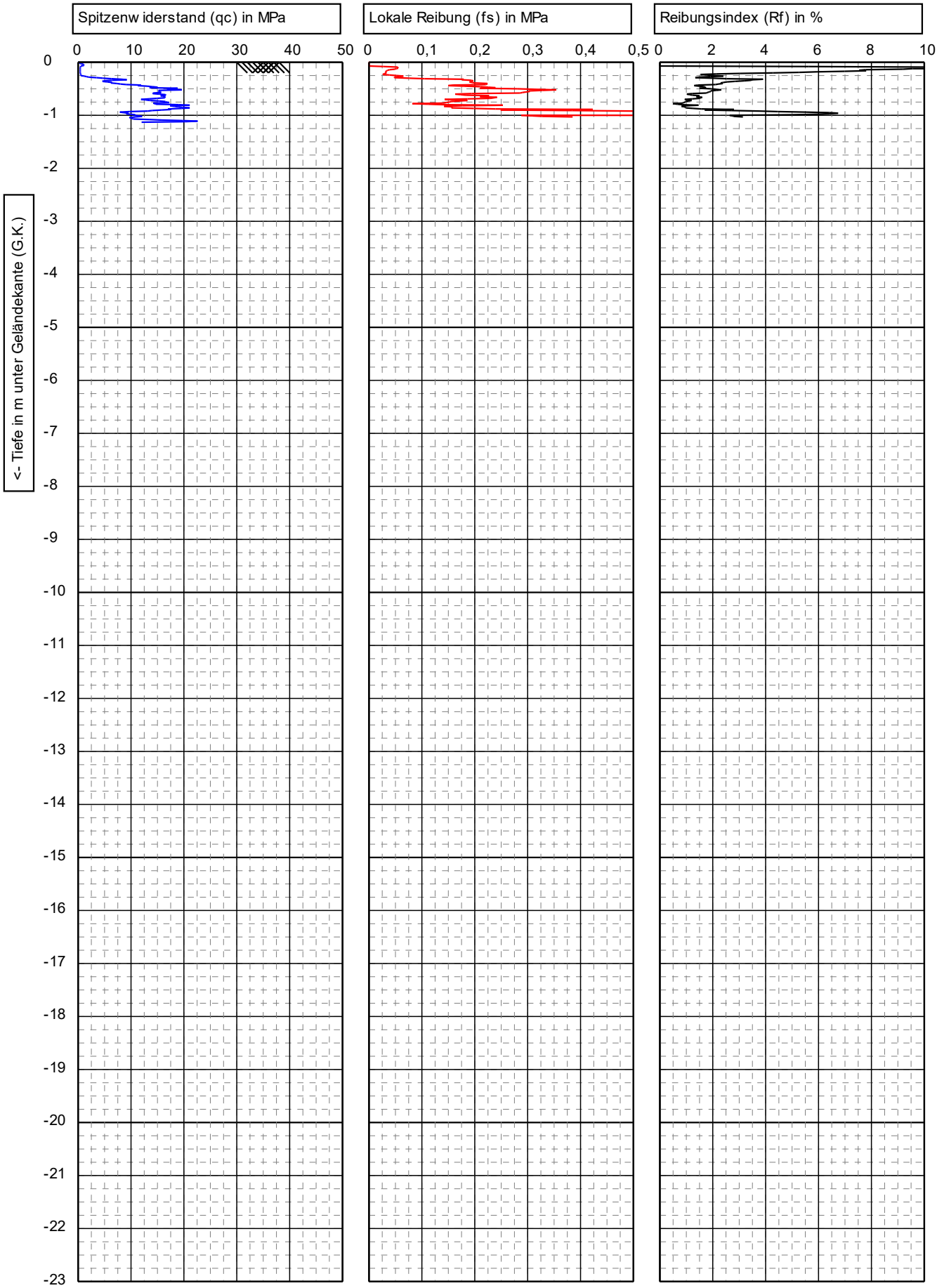
KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 4-O** 1/1

1.49



KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 4-S** 1/1

1.49



KELLER	225 cm² / 15 cm²	Test according DIN EN ISO 22476-1	Vorbohrung: **0,00 m Predrilled**
		G.K.: **0,00 m**	Datum: **28.02.2023**
	Projekt: Windpark Gremsheim		Konus Nr.: **S15CFIIP.S22490**
	Ort: Gremsheim		Projekt Nr.: **S/031/230001-011**
			CPT Nr.: **CPT 4-W** 1/1

1.49

Anlage 5

Empfehlungen zur Gründung (tabellarisch)

Empfehlungen zur Gründung

Projekt: Windpark Gremsheim

Anlagentyp	Vestas V162 NH 169 m	Vestas V162 NH 169 m	Vestas V162 NH 169 m	Vestas V162 NH 169 m	
Standort	GREM 01	GREM 02	GREM 03	GREM 04	
Vorgesehene Gründungsebene (unter GOK)	0,24 m	0,24 m	0,24 m	0,24 m	
Fundamenttyp	Flachgründung mit Auftrieb	Flachgründung mit Auftrieb	Flachgründung mit Auftrieb	Flachgründung mit Auftrieb	
Besondere Maßnahmen - Baugrundersatz (m u. GOK) - Wasserhaltung - weitere	 ≥ 0,70 offen -	 ≥ 0,70 offen -	 offen -	 offen -	
Nachweise - Drehfedersteifigkeit - Setzung - Schiefstellung	 + + +				
Zusätzliche Hinweise					

Anlage 6

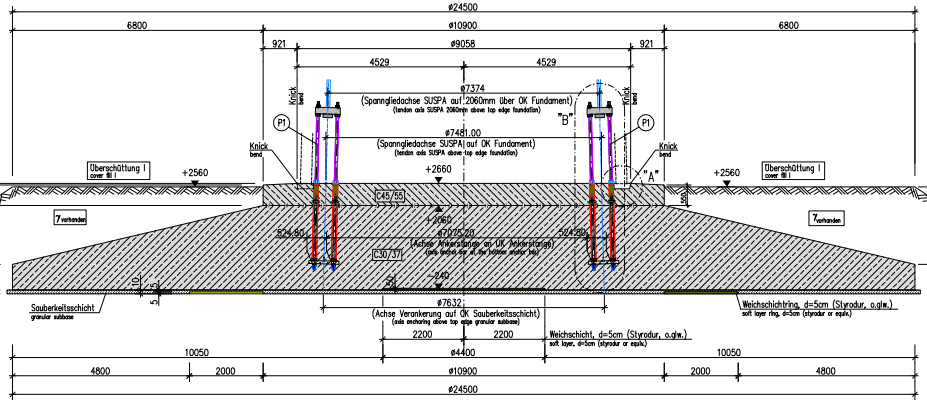
Fundamentdatenblatt VESTAS

CONFIDENTIAL

Arbeitsfuge zwischen Sockel und Fundamentkörper ist glatt herzustellen.
Construction joint must be produce smooth between pedestal and foundation body.

Die Betone können "frisch-in-frisch" oder mit Betonierabschnitten eingebaut werden.
The concretes can be poured "wet-on-wet" or with concrete sections.

SCHNITT 1–1
Section 1–1
M 1:50



Die planmäßige Wichte beträgt 1,8 to/m³. Bei Abweichungen kann die erforderliche Überschüttung mit nachfolgendeer Formel ermittelt werden: Die Erdauflast ist durch den Bodengutachter festzulegen.
The standard value of the soil density is 1,8 to/m³. In case of deviations, the required overfill can be calculated with following formula: The soil load must be determined by the land surveyor.

erforderliche Endauflast auf dem Fundamentkörper für Überschüttung I:
required earth cover on the foundation body for the cover fill I:

$A_{Auflast} = \frac{\pi}{4} \times (24{,}50^2 - 10{,}90^2) = 378{,}1\ m^2$

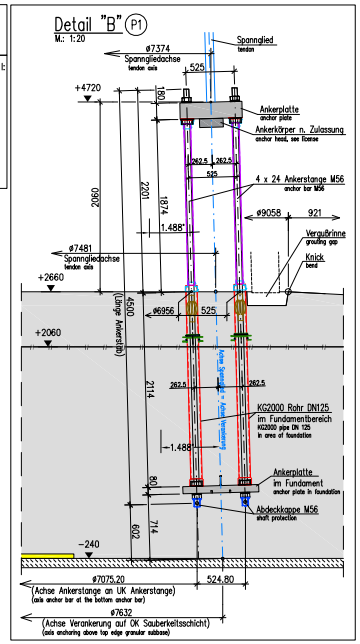
$V_{erf} = 530{,}3\ m^3$

$G_{erf} = V \times \gamma = 530{,}3\ m^3 \times 1{,}8\ to/m^3 = 954{,}5\ to$

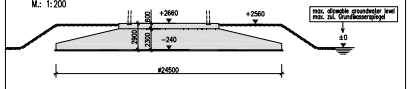
$$h_I\,[m] = \frac{\frac{G_{erf}}{\gamma_{earth}} - V_{erf}}{A_{Auflast}} = \frac{\frac{954{,}5\ [to]}{\gamma_{earth}\ [to/m^3]} - 530{,}3\ [m^3]}{378{,}1\ [m^2]}$$

Volumen: volume: 797m³
C45/55 = 54m³
C30/37 = 743m³
Gewicht: weight: 19925kN

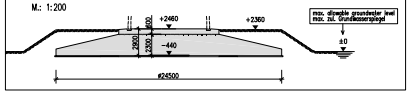
Detail "B" (P1)
M.: 1:20



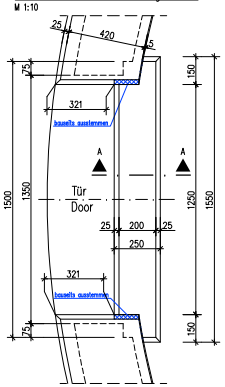
NH: 169m
M.: 1:200



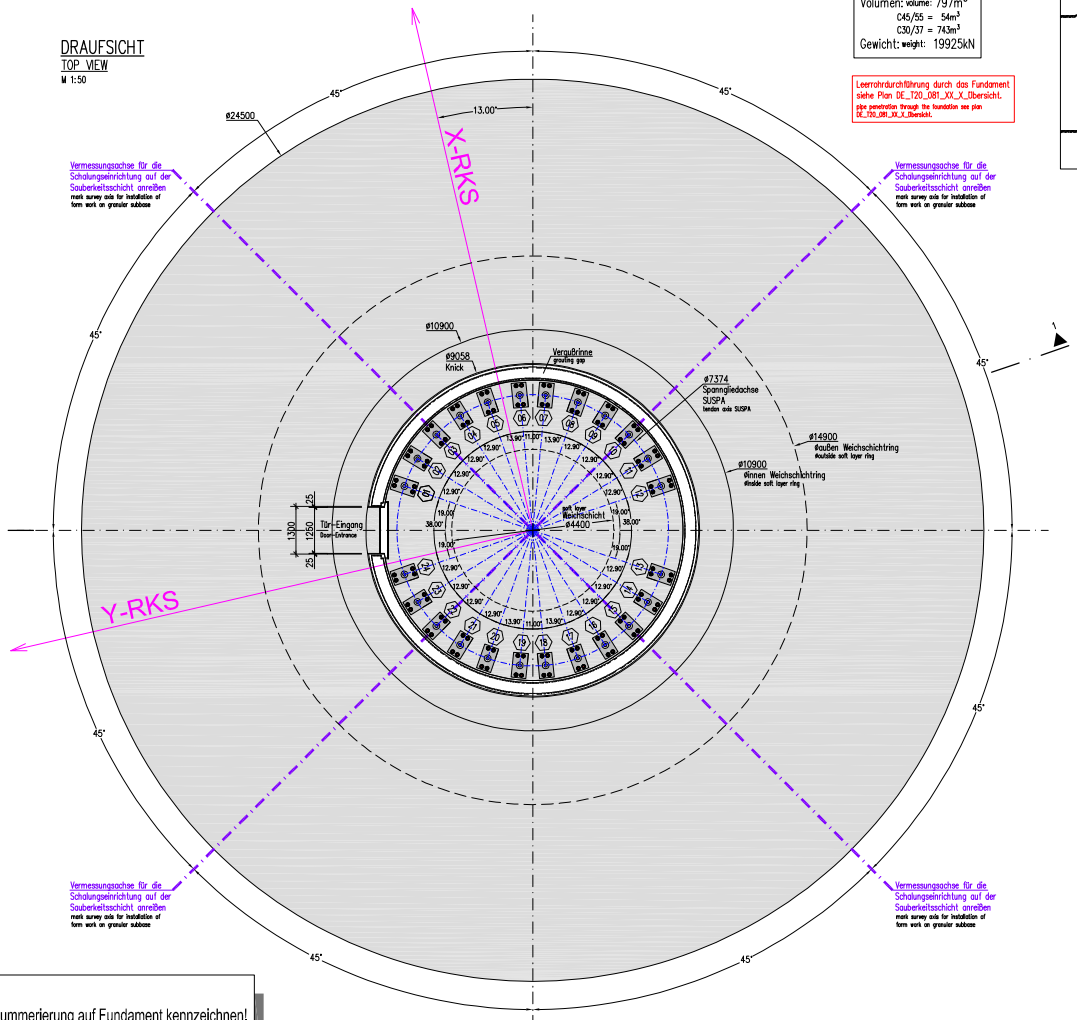
NH: 166m
M.: 1:200



DETAIL TÜR "Vergußbrett"
DETAIL DOOR " Overmoulding board"
M 1:10

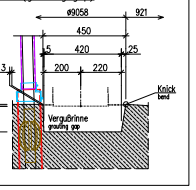


DRAUFSICHT
TOP VIEW
M 1:50



Leerrohrdurchführung durch das Fundament siehe Plan DE_T20_081_XX_X_Übersicht.
pipe penetration through the foundation see plan DE_T20_081_XX_X_Übersicht.

Detail "A" (Vergußrinne)
Detail "A" (grouting gap)
M 1:10



Die maximale Schiefstellung infolge Baugrundsetzungen in 25 Jahren darf Δs = 3mm/m gemäß der DIBt-Richtlinie, Fassung Oktober 2012, nicht überschreiten.
Dieses ist durch den Baugrundgutachter für den jeweiligen Standort zu bestätigen.
The maximum tilt due to differential settlements in 25 years must not exceed Δs = 3 mm/m according to DIBt- guidine, edition october 2012. This has to be verified by the building geotechnical expert for the specific location.

Im Lastfall BS-P nach DIN 1054:2010 ergibt sich rechnerisch eine max. charakteristische Kantenpressung von σ_{Rk} = 286,6 kN/m².
Im Lastfall BS-A nach DIN 1054:2010 ergibt sich rechnerisch eine max. charakteristische Kantenpressung von σ_{Rk} = 360,3 kN/m².
Dieser Wert ist vom Baugrundgutachter zu bestätigen.
In loadcase BS-P, DIN 1054:2010, a maximum characteristic edge pressure of σ_{Rk} = 286,6 kN/m² has been calculated. This value has to be confirmed by the building geotechnical expert.
In loadcase BS-A, DIN 1054:2010, a maximum characteristic edge pressure of σ_{Rk} = 360,3 kN/m² has been calculated. This value has to be confirmed by the building geotechnical expert.

Der Grundbruchnachweis ist vom Baugrundgutachter zu erbringen. Dabei ist die mittlere Bodenpressung mit den Lasten aus folgender Tabelle zu ermitteln:
Zusätzlich sind die Lasten der Erdüberschüttung und des Auftriebs gemäß den Planungen für den jeweiligen Standort der Windenergieanlagen anzusetzen.
The verification against soil rupture has to be carried out by the building geotechnical expert. For this, the mean soil pressure has to be calculated with the loads given in the following table:
Additionally the loads stemming from the earth cover and the buoyancy according to the design need to be taken into account for the respective wind turbine location.

Maximale charakteristische Lasten (γF=1,00) in der Sohlfuge der Gründung (exkl. Erdüberschüttung, Auftrieb und etwiger Ankerzahl) Maximum characteristic loads (γF=1,00) in the joint between bottom of foundation and soil (excl. earth cover fill, hydrostatic uplift and possible mounting parts)			
	BS-P (DIN 1054:2010)	BS-T (DIN 1054:2010)	BS-A (DIN 1054:2010)
Vk [kN]	38107	-	38147
Hk [kN]	1375	-	1850
Mk [kNm]	218788	-	262685

Baustoffe:
Fundament: Beton C30/37 und C45/55
Zementarten: CEM III-Zemente (alkalie)
oder CEM III-Zemente mit Flugasche
oder CEM II- und CEM II-Zemente mit Flugasche
Betondeckung Fundament: cv = 5,5cm
für Expositionsklassen: XC4, XD1, XF1 nach DIN EN 1992-1-1
wenn nicht von Baugrundgutachter höhere Anforderungen gestellt werden.
(Anmerkung: Expositionsklasse XD1 nur im Außenbereich ohne Erdüberdeckung erforderlich)

Feuchtigkeitsklasse: WF
Massenbeton nach DAfStb-Richtlinie: Massige Bauteile aus Beton
Fundamentausführung nach DIN EN 206-1 i.V.m. DIN 1045-2;
DIN EN 1992-1-1 & DIN EN 13670 i. V. m. DIN 1045-3

Fugenausbildung mit einem Vergussmortel
siehe zugehörigen Übersichtsplan

Grundlegende Anforderungen
Nennwert des Gewichtsanteils der Gesteinskörnung
Fundamentkopf: ≤16mm
verbleibender Fundamentkörper: ≤32mm
Klasse des Chloridgehaltes: Cl 0,40
Frischbetontemperatur nach Angabe Betontechnologie jedoch maximal 30°C

Zusätzliche Anforderungen
Erlich- und schwindarmen Beton für die Außenbauteile
geringe Hydratationswärme.
Wegen der großen Betondimensionen ist zur Vermeidung schandlicher Auswirkungen infolge Abbindewärme und Schwindeinflüsse ein Betontechnologe einzuschalten.
Betonrezeptur mit geringer Wärmeentwicklung während des Hydratationsprozesses wählen.
Probekörper sind gemäß baustellenbezogenen Prüfplan zu erstellen.
Fundamentoberfläche nachverdichten.
Fundamentfarbe und Leerrohre nach den Angaben der Firma VESTAS verlegen.

Der Auftragnehmer ist fuer alle Maßnahmen sowie die korrekte Arbeitsausführung vor Ort verantwortlich.
Es sind nur angegebene Bauformen zu verwenden.
Jegliche Unstimmigkeiten müssen dem Bauleiter gemeldet werden bevor die Arbeit fortgesetzt wird.

Die Aushubarbeiten sind von einem Fachgutachter zu überwachen.
Die Betonzusammensetzung ist durch entsprechende Lieferzeugnisse zu bestätigen.

Die Nachbehandlungsmaßnahmen sind mit dem Betontechnologen auf die Betoneigenschaften und die Witterungsverhältnisse abzustimmen.

Material:
foundation: concrete C30/37 and C45/55
grade of cement: CEM III-cement (exclusively)
or CEM III-cement with fly ash
or CEM II- and CEM II-cements with fly ash
concrete cover required: cv = 5,5cm
for exposition class: XC4, XD1, XF1 due to EN 1992-1-1
if there are not higher requirements from the building ground consultant (geologist)
(Note: Exposure class XD1 in outside areas without backfill / earth cover)

Humidity class: WF
Bulk concrete according to DAfStb-guideline: concrete structures
Foundation construction according to DIN EN 206-1 i.V.m. DIN 1045-2;
DIN EN 1992-1-1 & DIN 13670 i.V.m. DIN 1045-3

Joint construction with a grouting mortar
see associated layout complete tower

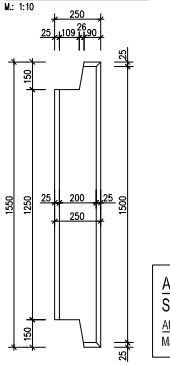
Fundamental requirements
maximal grain size of the aggregate:
foundation cap: ≤ 16mm
remaining foundation body: ≤ 32mm
class of the chloride concentration: Cl 0,40
Temperature of fresh concrete according to expert for concrete technology but not higher than 30°C

Additional requirements
low shrinking and creeping concrete shall be used for outside comp.
low heat of hydration.
An expert on concrete technology has to be consulted to avoid damage due to shrinkage, hydration or possible aggressive components of the ground.
A concrete formula with low thermal development during the hydration process has to be chosen.
Concrete test-specimens must be produced in accordance to the building-site related inspection plan.
Repress and mechanical abrade the foundation surface.
The earthing of the foundation and the layout of the ducts has to be done according to VESTAS
The contractor is responsible for all dimensions and for the correct setting out of the work on site.
Only figured dimensions are to be used.
Any discrepancies are to be reported to the engineer before proceeding.

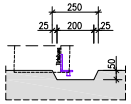
All excavations have to be inspected by a qualified engineer.
The composition of the concrete has to be confirmed by the delivery certification.

The after-treatment measures have to be adjusted and written down in consultation with the concrete technology expert according to the concrete properties and weather conditions.

DETAIL TÜR
OVERMOULDING BOARD DOOR
M.: 1:10



Schnitt A–A
Section A–A
M 1:10



Achtung:
Spanngliedernummerierung auf Fundament kennzeichnen!
Attention:
Mark the numbers of the tendons on the foundation!

Sichtbare Betonkanten 1,0/1,0cm fasen
Visible concrete edges chamfer 1,0/1,0cm

Einbau- und Zubehörteilliste					
Pos.	E-Nr.	Menge	Einheit	Bezeichnung	SAP-Nummer
P1	E365	24	Stück	MBC Verankerung TD mit 4 Ankerstangen	WEA005509

List of installation parts					
Pos.	E-Nr.	Quantity	Unit	Description	SAP-number
P1	E365	24	piece	MBC anchorage foundation with 4 anchor rods	WEA005509

ZUGEHÖRIGE PLÄNE		ASSOCIATED DRAWINGS
Plan NR. :	Planbezeichnung	
DE_T20_001_XX_X_Übersicht	Übersichtsplan Gesamtturm	layout complete tower
DE_T20_107_XX_X_Übersicht	Übersichtsplan Gesamtturm	layout complete tower
DE_T20_003_XX_X_Erdung	Erdungskonzept Übersichtsplan	general plan with earthing concept
DE_T20_004_XX_X_Erdung	Erdung für Fundament	grounding for foundation
DE_T20_006_XX_X_Bewehrung	Bewehrungsplan Fundament	foundation reinforcement plan
DE_T20_081_XX_X_Übersicht	Übersicht Leerrohrausritt	overview plan penetration
M532	Spanngliedverankerung Fundament	tendon anchoring foundation

VESTAS Windenergieanlage
WEA VESTAS V162
Stahl-Beton-Hybridturm (T20)
166m, 169m NH
Rotorblattdurchmesser 162m
DIBt 2

VESTAS wind turbine
WEC VESTAS V162
steel concrete hybridtower (T20)
166m, 169m HH
rotor blade diameter 162m
DIBt 2

Statik-Prüfbericht vom 31.01.2022
Mühlhausen
TÜV SÜD Industrie Service GmbH
Prüfamt für Standsicherheit
von Windenergieanlagen
Dipl. Ingenieur
Prüfamt Leiter

Gültigkeitsdauer 16.02.2025
5 Jahre/Wiedervorlage bis

3108363-23-d Rev. 3

In bautechnischer Hinsicht geprüft.

Änderung	Bezeichnung			
V	Angabe Akustand Hilfsdrv-Innenkante zu Vergussrinne ergänzt	Großmann	03.12.2021	
V	Vestas Planbezeichnung ergänzt	Lerzer	25.10.2021	
V	Prüfbelastungen übernommen (Lasten in der Sohlfuge gelnd.)	Reg.	08.01.2020	

MAX BÖGL
Fortschritt baut man aus Ideen.

Bauherr:	Max Bögl	Projekt Nr.:	21683
Bauvorhaben:	Windkraftanlage	Blattgr.:	1.60x.54m
Bauteile:	Schalplan Fundament ø24,50m NH=166m und 169m	Maßstab:	1:200; 1:50

erst.: Reg.	Dat.: 14.11.2019	Bögl-Planbezeichnung									
gepr.: Reitenspiß	Dat.: 14.11.2019	Land	Turmtyp	Kreis	Segment	Bauteil	Planart	Index			
freig.: Betz	Dat.: 15.11.2019	DE	T20	005	XX	X	Schalplan	c			

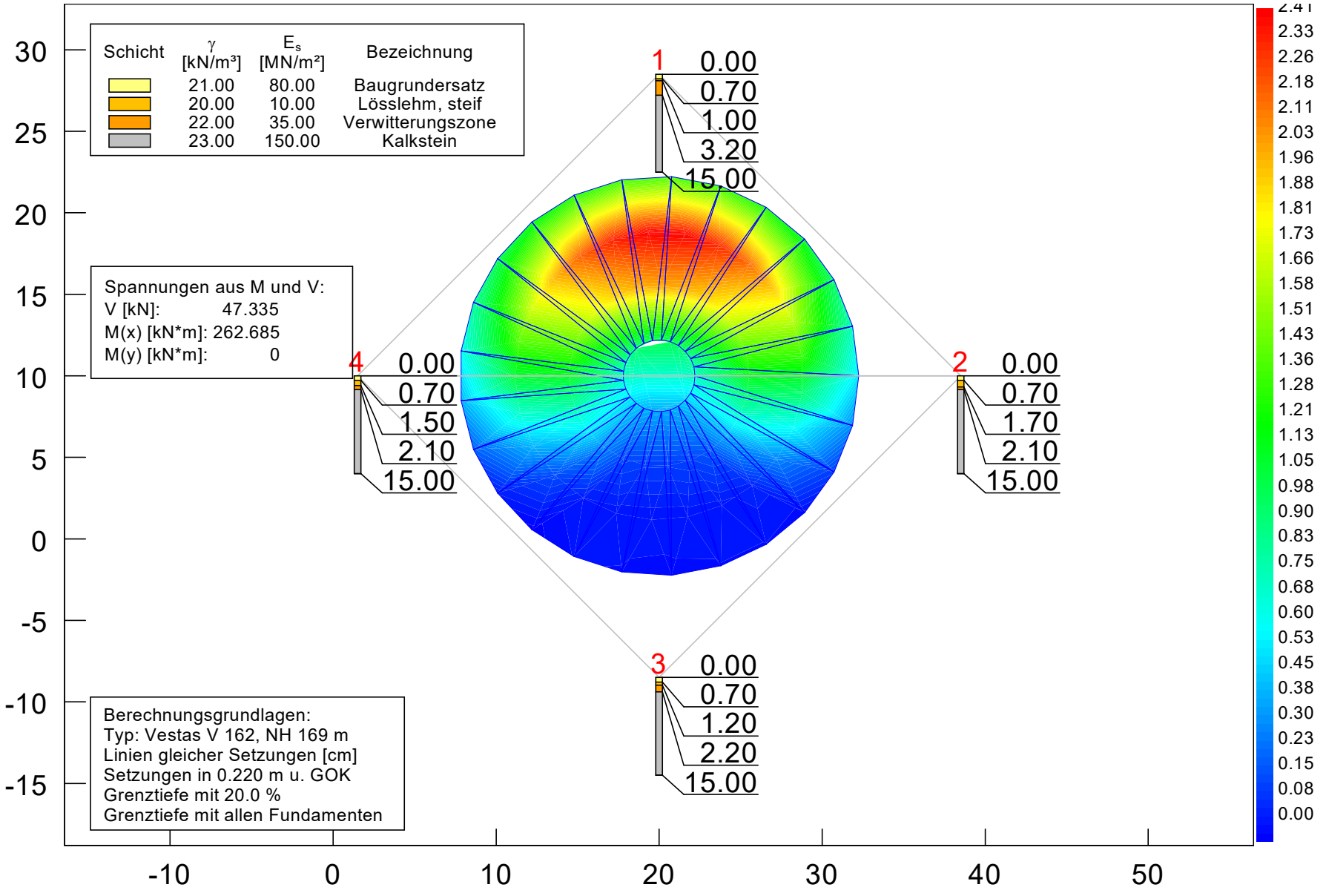
Vestas-Planbezeichnung: HA2A601 / HA2A901

Schaal-Dateiname: DE_T20_005_XX_X_Schalplan

Tpl.-Nr.:4798 Ver.16 - Allgemeinen Exportrat from EMB 2022-04-14 by INVOL

Anlage 7

Setzungs-Schiefstellung N/A/T



INGENIEURBÜRO R.-U. WODE
Beratende Ingenieure und Geologen
Kolberger Str. 13 * 31319 Sehnde
Tel.: 05138 / 6195-0 * Fax: 05138 / 6195-15

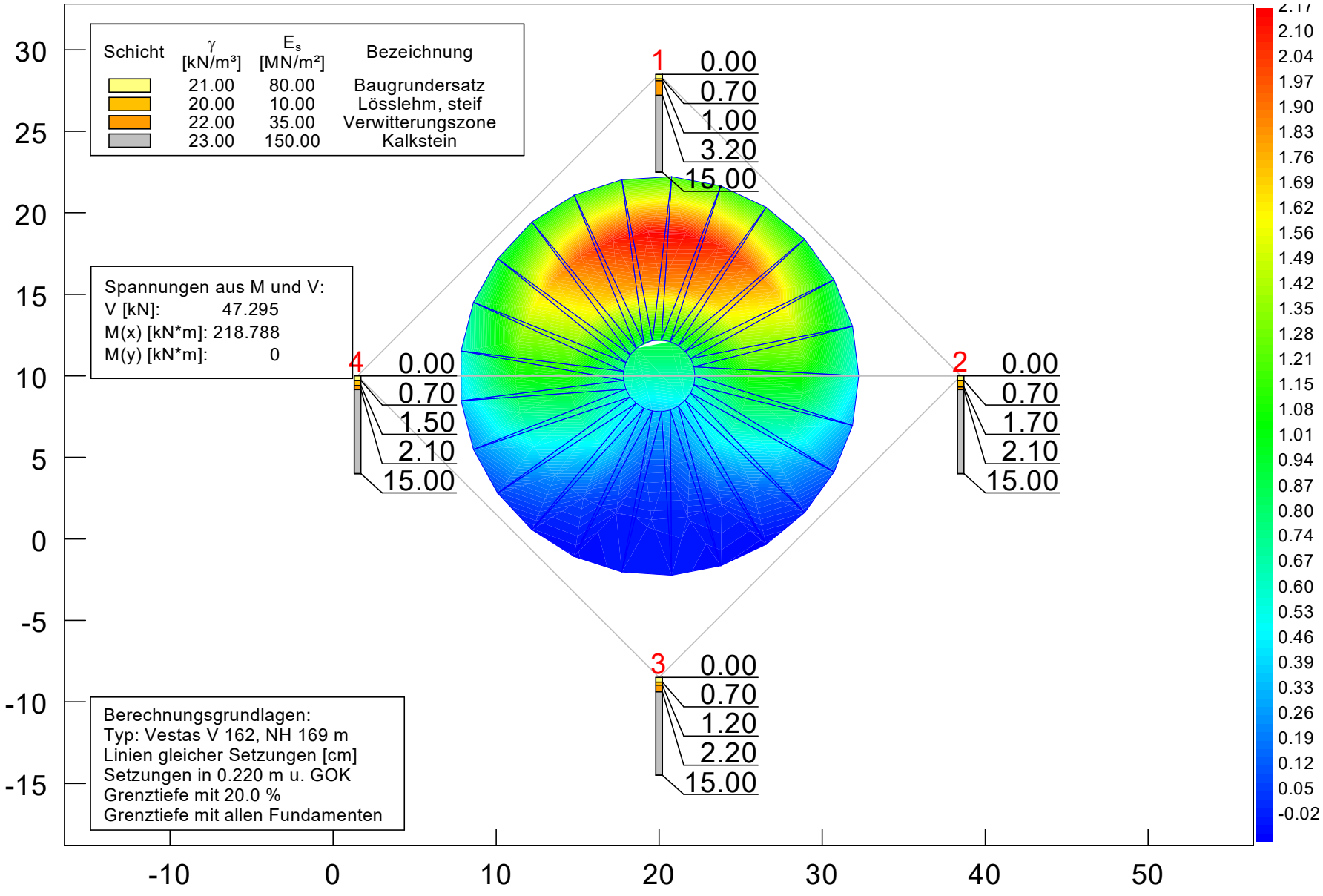
Setzung
WP Gremsheim WEA 1
WEA 1 (Stat. E-Modul)

Maßstab: 1 : 250

Anlage Nr.: 7

Anlage 8

Schiefstellung PS-P stat. und dyn. Steifemoduli

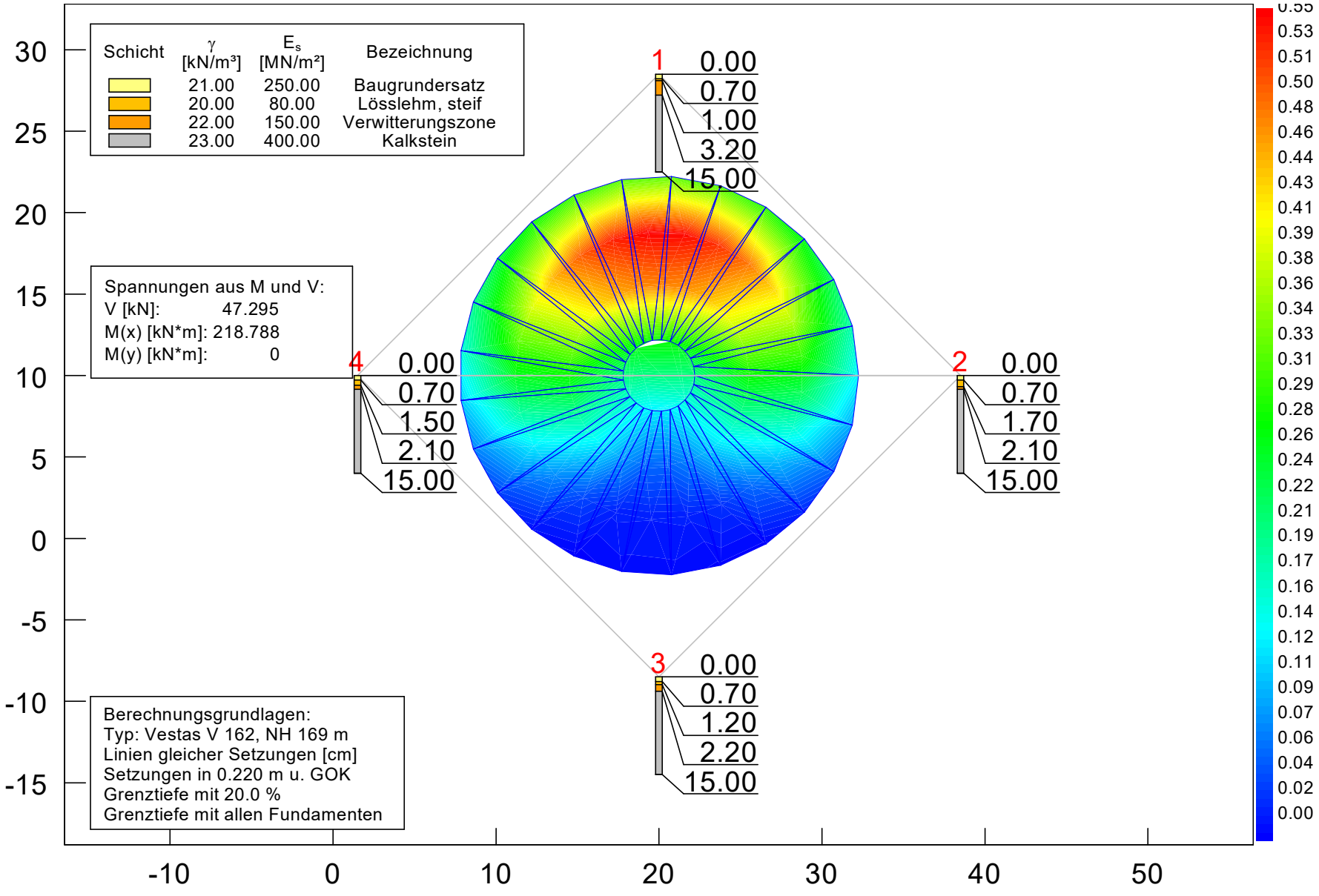


INGENIEURBÜRO R.-U. WODE
Beratende Ingenieure und Geologen
Kolberger Str. 13 * 31319 Sehnde
Tel.: 05138 / 6195-0 * Fax: 05138 / 6195-15

Schiefstellung
WP Gremsheim WEA 1
WEA 1 (Stat. E-Modul)

Maßstab: 1 : 250

Anlage Nr.: 8.1



INGENIEURBÜRO R.-U. WODE
Beratende Ingenieure und Geologen
Kolberger Str. 13 * 31319 Sehnde
Tel.: 05138 / 6195-0 * Fax: 05138 / 6195-15

Schiefstellung
WP Gremsheim WEA 1
WEA 1 (Dyn. E-Modul)

Maßstab: 1 : 250

Anlage Nr.: 8.2

Anlage 9

Kategorien der Erdfallgefährdung, LBEG

Kategorien der Erdfallgefährdung im Gips- und Karbonatkarst

Kategorie	Beschreibung
Kategorie 0	Im Untergrund sind keine wasserlöslichen Gesteine bekannt. Erdfälle sind auch theoretisch unmöglich.
Kategorie 1	Lösliche Gesteine im Untergrund liegen in so großer Tiefe, dass bisher kein Schadensfall bekannt geworden ist, der auf Verkarstung in dieser Tiefe zurückgeführt wird. Es besteht praktisch keine Erdfallgefahr.
Kategorie 2	Lösliche Gesteine liegen in einer Tiefe, in der lokal bereits Verkarstung bekannt ist (irreguläre Auslaugung). Erdfälle aus dieser Tiefe sind selten. Sofern in der Nähe überhaupt Erdfälle bekannt sind, liegen sie mindestens 300 m entfernt.
Kategorie 3	Lösliche Gesteine liegen in einer Tiefe, in der mit großer Wahrscheinlichkeit Auslaugung stattfindet (reguläre Auslaugung). Sofern Erdfälle bekannt sind, liegen sie mindestens 100 m entfernt.
Kategorie 4	Lösliche Gesteine liegen in einer Tiefe, in der mit großer Wahrscheinlichkeit Auslaugung stattfindet (reguläre Auslaugung). Im Umkreis von 100 m liegen 1 - 2 Erdfälle.
Kategorie 5	Lösliche Gesteine liegen in einer Tiefe, in der Auslaugung stattfindet. Im Umkreis von 100 m liegen 3 - 8 Erdfälle, bzw. im Umkreis von 50 m 1-2 Erdfälle.
Kategorie 6	Lösliche Gesteine liegen in einer Tiefe, in der Auslaugung stattfindet. Im Umkreis von 100 m liegen >8 Erdfälle, bzw. im Umkreis von 50 m >2 Erdfälle. Standorte über alten Erdfällen oder Subrosionssenken.
Kategorie 7	junger oder aktiver Erdfall
	Für Karbonatkarst gelten dieselben Kriterien, die Gefährdungskategorie ist um 1 kleiner