

GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
KLEINER ORT 2
28357 BREMEN
TELEFON (0421) 20770-0
MOIN@GRUNDBAULABOR.DE

Projekt-Nr.: 24 14083
Datum: 14.05.2024
Zeichen: TS/Re
O:\24\14083\Export\GTB1.docx

Vertrags Nr. 24D0019 – Maßnahme 22020/235985
KLBM - MOS BRH - Gebäude 22 Mannschaftsheim,
Elbestr. 101, 27570 Bremerhaven

Geotechnischer Bericht Nr. 1

Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung

Auftraggeber:	Bundesrepublik Deutschland vertreten durch: Bundesministerium der Verteidigung vertreten durch: Senator für Finanzen-Bundesbau Bremen Fach- und Rechtsaufsicht Langenstr. 10/12 28195 Bremen diese vertreten durch:
Projektleitung:	Performa Nord Eigenbetrieb des Landes Bremen Geschäftsbereich Bundesbau Schillerstraße 1 28195 Bremen
Tragwerksplanung:	KSF Steimke, Dr. Hemmy & Partner Beratende Ingenieure mbB Kohlenkai 1 27572 Bremerhaven

INHALTSVERZEICHNIS

1	Veranlassung.....	4
2	Baumaßnahme.....	4
2.1	Unterlagen	4
2.2	Höhenbezug	5
2.3	Baugelände.....	5
2.4	Angaben zur Baumaßnahme	6
2.5	Bestandsbauwerke	6
3	Baugrund- und Grundwasserverhältnisse	7
3.1	Auswertung Kartenwerke / bautechnische Vorgeschichte	7
3.2	Erkundungs- und Untersuchungsumfang	8
3.2.1	Baugrundaufschlüsse	8
3.2.2	Bodenmechanische Laborversuche	9
3.3	Baugrundverhältnisse	9
3.3.1	Ermittlung von Bodenprofilen aus Drucksondierungen	9
3.3.2	Baugrundsichtung	11
3.3.3	Ermittlung der Baugrundfestigkeit	12
3.4	Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche	13
3.5	Grundwasserverhältnisse.....	15
3.5.1	Hauptgrundwasserstockwerk	15
3.5.2	Oberes Grundwasserstockwerk - Stauwasser	16
3.5.3	Bemessungswasserstände.....	16
4	Verunreinigungen von Boden	17
5	Beurteilung des Baugrundes.....	17
5.1	Baugrundmodell.....	17
5.2	Baugrundeigenschaften	18
5.3	Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke	18
5.4	Homogenbereiche.....	19
5.5	Bodenkennwerte	19
5.6	Befahrbarkeit	20
5.7	Baugrundrisiko	20

6	Gründungsempfehlung.....	21
6.1	Allgemeine Angaben und Gründungsmöglichkeiten	21
6.2	Tiefgründung.....	21
6.2.1	Pfahlsystem	21
6.2.2	Planungs- und Ausführungshinweise	22
6.2.3	Angaben zur Bemessung	23
6.2.4	Ausbildung von Betonböden.....	25
6.2.5	Zusatzbelastung auf Pfähle	26
7	Geotechnische Hinweise und Empfehlung zur Bauausführung	26
7.1	Erdarbeiten	26
7.2	Fundamentbaugruben.....	27
7.3	Trockenhaltung der Baugrube.....	27
7.4	Trockenhaltung von erdberührten Bauteilen.....	28
7.5	Maßnahmen gegen aggressives Grundwasser (Betonangriff).....	30
7.6	Kampfmittelüberprüfung.....	31
7.7	Besondere Anforderungen aus geotechnischer Sicht.....	31
8	Geotechnische Nachweise der Standsicherheit- und Gebrauchstauglichkeit....	32
8.1	Nachweis der äußeren Pfahlwiderstände	32
8.1.1	Berechnungsgrundlagen	32
8.1.2	Nachweis der äußeren Pfahlwiderstände - Druckbelastungen	34
8.1.3	Setzungen bei Pfahlgründungen	35
9	Qualitätskontrolle und Überwachung	36
9.1	Überprüfung der Pfahlarbeiten	36
9.2	Kontrollmessungen	36
10	Zusammenfassung.....	37
11	Anlagenverzeichnis.....	38

1 Veranlassung

Das Bundesministerium für Verteidigung plant den Neubau eines Mannschaftsheimes auf dem Gelände der Marineoperationsschule (MOS) in Bremerhaven. Das Grundbaulabor Bremen wurde vom Bauherrn beauftragt, für das Bauvorhaben eine Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung zu erstellen und die hierfür erforderlichen Baugrundaufschlüsse und Laborversuche durchzuführen.

Dieser Geotechnische Bericht Nr. 1 enthält die Ergebnisse der Baugrundaufschlüsse, der Feld- und Laborversuche sowie eine Baugrundbeurteilung und Gründungsempfehlung. Darüber hinaus wurde die Ermittlung des äußeren Pfahlwiderstandes mit Erläuterungen zum Bemessungsverfahren durchgeführt.

2 Baumaßnahme

2.1 Unterlagen

Performa Nord

U 1.1 Entwurfsplan Erdgeschoss, Plan-Nr. EP-GR-00-01, 29.01.2024

U 1.2 Entwurfsplan Schnitt, Plan-Nr. EP-SC-00, 08.01.2024

Ingenieurgesellschaft Northwest

U 2.1 Bestandslageplan, Blatt Nr. 1, 15.12.2023

Grundbaulabor Bremen

U 3.1 Geotechnischer Bericht Nr. 1, Objekt-Nr. 20 12771 vom 02.06.2020

KSF, Bremerhaven

U 4.1 Bemessungsschnittgrößen, 13.05.2024

2.2 Höhenbezug

Die m NHN-Höhen der Sondierpunkte wurden mit einem globalen Navigations-satellitensystem (GNSS-Technik), unter Verwendung der GPS- sowie GLONASS-Satelliten eingemessen (Genauigkeit ca. Lage = 1 bis 2 cm, Höhe = 1,5 bis 3 cm).

Der aktuell gültige Höhenbezug Normalhöhennull (NHN) entspricht in der betrachteten Region mit geringen Abweichungen im Millimeterbereich dem früheren Normalnull (NN). In einigen Kartenwerken sind die Angaben noch auf NN bezogen. Die regionalen Abweichungen liegen im Bereich der Messtoleranzen, so dass für den Geotechnischen Bericht alle Daten mit NHN bezeichnet werden.

2.3 Baugelände

Die Baufläche liegt auf dem Gelände der MOP in Bremerhaven an der Elbestraße 101. Einen Lageplan im Maßstab 1 : 5.000 zeigt die Anlage 1.1.

Bei der Ortsbesichtigung auf der Baufläche im Zuge der Baugrunderkundungen am 26.02. und 04.11.2023 wurde Folgendes festgestellt:

Im Bereich der Baufläche sind größere Laubbäume vorhanden. Die Geeste ist in etwa 90 m Entfernung westlich vorhanden. Das auf Pfählen tief gegründete Bestandsgebäude war zum Zeitpunkt der Sondierungen bereits oberirdisch zurückgebaut. Die Pfähle sind noch im Baugrund vorhanden.

Höhen

Festpunkt Kanaldeckel, siehe Lageplan	+ 4,47 m NHN bis	+ 3,84 m NHN
Gelände, min. (DS 4)		+ 3,96 m NHN
Gelände, max. (BS 3 – 20 12771)		+ 5,31 m NHN
Oberer Grundwasserstand – Stauwasser (BS 6 - 26.02.2024)		+ 3,06 m NHN
Hauptgrundwasserstand (BS 3 – 20 12771 – 24.04.2020)		+ 0,58 m NHN

2.4 Angaben zur Baumaßnahme

Das geplante Bauwerk ist ein nichtunterkellertes, zweigeschossiger Neubau, bei dem die zweite Ebene als Staffelgeschoss ausgebildet ist. Der zweischenklige Gebäudegrundriss hat eine Breite zwischen 14 m bis 17,5 m. Die jeweilige Gebäudeschenkel haben eine Länge zwischen 21 m bis 28 m und die maximale Gebäudehöhe beträgt 7,25 m.

Belastungsangaben

Bemessungswert der axialen Druckbelastung $F_{c,d}$ = 500 – 1980 kN

Höhenangaben

Zum Zeitpunkt der Bearbeitung lagen keine Höhenangaben mit Bezug auf m NHN vor. Für die Ausarbeitung dieses Geotechnischen Berichtes wurden unter Berücksichtigung der angrenzenden Straßenoberkante und der Geländehöhen folgende Annahmen getroffen, die planerseitig zu überprüfen sind:

Baunull	+ 5,20 m NHN
OK Erdgeschossfertigfußboden	+ 5,00 m NHN

2.5 Bestandsbauwerke

Im Einflussbereich des Bauwerkes befinden sich mehrere Gebäude in einer Entfernung ab 15 m von der geplanten Gebäudeaußenkante.

Im Bereich der geplanten Grundfläche des Neubaus war zum größten Teil ein auf Pfählen tief gegründetes Bestandsgebäude vorhanden, welches zum gegenwärtigen Zeitpunkt oberirdisch zurückgebaut wurde. Es ist zu beachten, dass die Pfahlgründung noch vorhanden ist.

3 Baugrund- und Grundwasserverhältnisse

3.1 Auswertung Kartenwerke / bautechnische Vorgeschichte

Nach der *Geotechnischen Planungskarte Bremerhaven* ist im Bereich der Baufläche mit einer künstlichen Auffüllung zu rechnen.

Die Basis der holozänen Weichschichten (Auelehm, Klei, Torf und Mudde), ist gemäß dem Kartenserver des GDfB, bei - 13,5 m NN zu erwarten.

Die Oberfläche der Lauenburger Schichten ist gemäß dem Kartenserver des GDfB bei - 28,5 m NN = ca. 33 m Tiefe zu erwarten.

Die Baufläche ist östlich angrenzend mit dem unterkellerten Gebäude 22 bebaut. Über die Herstellung der Baugrube bzw. Verfüllung der Arbeits- und Böschungsräume liegen uns keine Angaben vor, so dass Hindernisse innerhalb des Auffüllbereiches bzw. aus eventuell verbliebenen Verbauelementen nicht ausgeschlossen werden können.

Die Baufläche liegt außerhalb der gekennzeichneten Erdbebenzonen nach DIN EN 1998-1 / NA: 2011-01.

Die Radonkonzentration in der Bodenluft ist nach der bundeseinheitlichen Datei des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) „Radon in Bauwerken“ in der niedrigsten Belastungsstufe (kleiner 20 kBq/m³) zu erwarten.

3.2 Erkundungs- und Untersuchungsumfang

3.2.1 Baugrundaufschlüsse

Die Baugrundaufschlüsse wurden unter Berücksichtigung der Kenntnisse über die zu erwartenden Baugrundverhältnisse und des geplanten Bauwerkes festgelegt.

Zur Erkundung des Baugrundes wurden von unserem Labor 26.02.2024 und 11.04.2024 folgende Baugrundaufschlüsse durchgeführt:

Art	Anzahl Stk.	Tiefe m
<u>Direkte Aufschlüsse</u> Kleinrammbohrungen ^{*)} nach DIN EN ISO 22475-1 Durchmesser 45 mm bis 80 mm	2	23 - 25
<u>Indirekte Aufschlüsse</u> Elektrische Drucksondierungen CPT nach DIN EN ISO 22476-1 mit getrennter Messung von Spitzendruck und Mantelreibung.	6	22,7 - 26

^{*)} Es ist zu beachten, dass bei dem Bohrverfahren, Kleinrammbohrungen nach DIN EN ISO 22475-1 mit einem Durchmesser von 45 mm bis 80 mm, Steine > 63 mm nicht erkannt und gefördert werden können.

In den o. g. Tabellenangaben sind die Baugrundaufschlüsse aus dem Geotechnischen Bericht 1 vom 02.06.2020 (Objekt-Nr. 20 12771) enthalten.

Die Drucksondierung DS 7 musste hindernisbedingt in 3,1 m Tiefe abgebrochen und mit geringer Umpositionierung erneut angesetzt werden.

Die Drucksondierungsdiagramme im Maßstab 1 : 100 zeigen die Anlagen 2.2.1 bis 2.2.7.

Die Lage und das Ergebnis der Baugrundaufschlüsse, höhengerecht im Maßstab 1 : 100 als Bodenprofile mit den Sondierungsdiagrammen dargestellt, zeigt die Anlage 2.1.

3.2.2 Bodenmechanische Laborversuche

Die entnommenen gestörten Bodenproben wurden nach den Methoden der DIN EN ISO 14688-1 bodenmechanisch im Feld und Labor angesprochen. An ausgewählten Bodenproben wurden folgende klassifizierende Laborversuche durchgeführt:

Art	Anzahl Stk.
Wassergehalt, DIN EN ISO 17892-1	39
Siebanalyse, trocken, DIN EN ISO 17892-4	1
Siebanalyse, nass, DIN EN ISO 17892-4	5

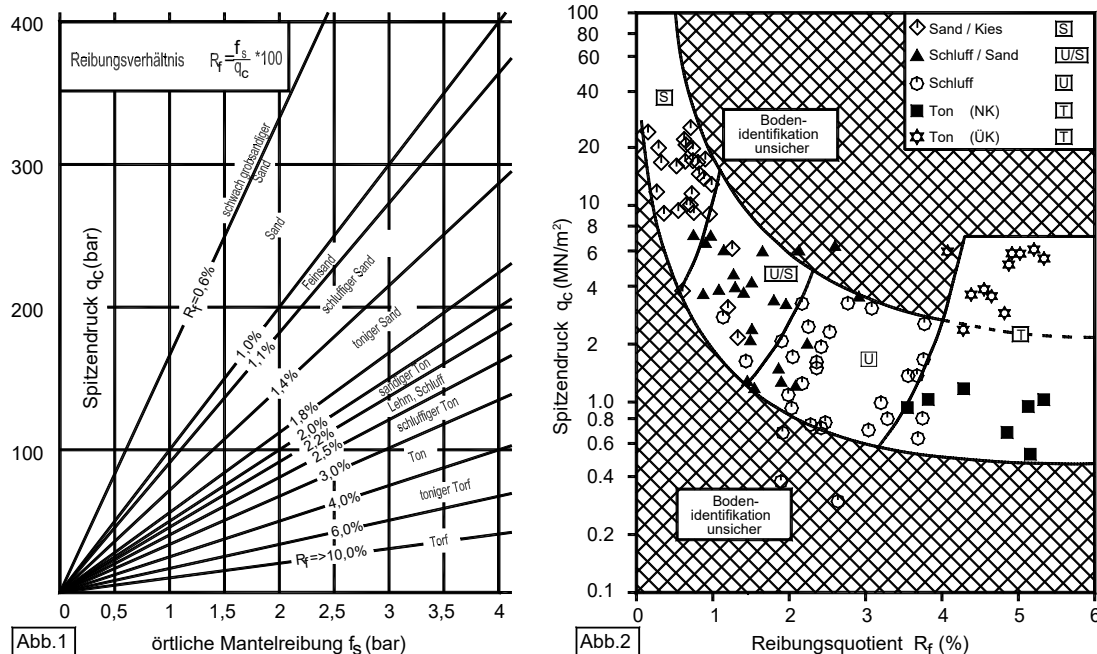
In den o. a. Laborversuchen sind die Laborversuche enthalten, die für die Obj.-Nr. 20 12771 ausgeführt wurden.

3.3 Baugrundverhältnisse

3.3.1 Ermittlung von Bodenprofilen aus Drucksondierungen

Bei Drucksondierungen (CPT) werden der Spitzenwiderstand q_c und die lokale Mantelreibung f_s fortlaufend elektrisch gemessen. Die Aufzeichnung einer physikalischen Messgröße (MPa) eröffnete die Möglichkeit, in Versuchen mit den Messwerten Zusammenhänge zu anderen bodenphysikalischen Größen zu ermitteln. Dabei wurde in den 50er Jahren von Begemann, Universität Delft, festgestellt, dass das Verhältnis von örtlicher Mantelreibung zum Spitzendruck charakteristisch für eine Bodenart ist und nicht von der Lagerungsdichte bzw. Konsistenz eines Bodens abhängt. Das Reibungsverhältnis $R_f = (f_s / q_c) \cdot 100$ weist danach bei reinen Sanden niedrige Werte $R_f = 0,5 \%$ bis $1,0 \%$ und bei schluffigen Sanden $R_f = 1,1 \%$ bis $2,0 \%$ auf. In bindigen Böden nimmt die Mantelreibung zu und der Spitzenwiderstand ab, so dass hier Reibungsverhältnisse von $R_f = 2 \%$ bis 4% und bei organischen Bodenarten $R_f = 6 \%$ bis 10% typisch sind.

Das Diagramm von Begemann mit den Bereichen der einzelnen Bodenarten zeigt die Abb. 1.



Im Rahmen eines Forschungsvorhabens an der Universität Hannover wurde ein Bodenidentifikationsdiagramm erarbeitet, das speziell die Belange für den norddeutschen Bereich berücksichtigt. Eine Zusammenfassung der Ergebnisse ist im Artikel „Bodenansprache anhand von CPT-Ergebnissen“ von VON BLOH/HARDER (Fachzeitschrift „Tiefbau, Ingenieurbau, Straßenbau“, 12.88) veröffentlicht.

Dabei sind im Allgemeinen nur die Hauptbodenarten sowie bei Sanden schluffige Beimengungen aus den Drucksondierungen eindeutig erkennbar. Es ist besonders bei geologisch jungen, nicht vorbelasteten Böden nicht genau möglich, zwischen stark organischem Schluff/Ton (Klei) und Torf zu unterscheiden. Falls weitergehende, insbesondere geologische Benennungen vorgenommen wurden, sind diese aus den direkten Aufschlüssen oder entsprechenden Erfahrungen abgeleitet worden.

Die aus den Drucksondierungsergebnissen ermittelten Bodenprofile zeigt die Anlage 2.1.

3.3.2 Baugrundsichtung

Aus den direkten Baugrundaufschlüssen sowie den aus den Drucksondierungen interpretierten Bodenprofilen ist die nachstehende Schichtenfolge erkennbar:

Unter einer 1,9 m bis 3 m mächtigen Auffüllung aus überwiegend schluffigen Sanden mit bereichsweise vorhandenen Bauschuttbeimengungen folgt eine rd. 15 m mächtige Weichschicht aus organischen Schluffen (Klei) mit weicher Konsistenz und unregelmäßig eingelagerten Torfschichten. In 16,6 m bis 18,2 m Tiefe = - 12,6 m NHN bis - 12,9 m NHN folgen pleistozäne Sande.

Klei ist geologisch ein Sammelbegriff für sedimentäre, holozäne Böden. An der Küste ist der Ursprung des Kleibodens die Sedimentation von Schlickwatt. Aufgrund der Kornverteilung kann der Klei als schwach toniger bis toniger Schluff mit teils sandigen Bestandteilen und überwiegend organischen Beimengungen beschrieben werden. In dem Klei sind unregelmäßig Sandstreifen eingelagert.

Die Sande wurden in der Endtiefe der Sondierbohrungen nicht durchteuft. Sie stehen erfahrungsgemäß in einer größeren Mächtigkeit an und werden nach der Baugrunderkarte Bremen ab ca. - 28,5 m NHN von Lauenburger Schichten unterlagert.

Die genaue Schichtenfolge und -mächtigkeit sowie weitere Angaben sind in den Bodenprofilen auf der Anlage 2.1 dargestellt.

3.3.3 Ermittlung der Baugrundfestigkeit

Aus den Sondierungswiderständen der Drucksonde (CPT) kann bei nichtbindigen Böden unmittelbar auf die Baugrundfestigkeit geschlossen werden. Als Festigkeit ist hier die Eigenschaft eines nichtbindigen Bodens bezeichnet, die durch Lagerungsdichte, Korngröße und -rauigkeit gekennzeichnet ist und sich in der Größe des Steifemoduls E_s sowie des Winkels der inneren Reibung φ' äußert. Ferner muss beachtet werden, dass der Eindringwiderstand vom Sondierungsansatzpunkt bis zu einer Oberflächeneinflusstiefe zunimmt und danach bei sonst gleichen Randbedingungen einen nahezu konstanten Wert aufweist. Dies ist auf den Einfluss des Überlagerungsdruckes auf die Verdrängung des Bodens zurückzuführen. Bei geringer Auflast sind dadurch zunächst auch geringe Spitzenwiderstände zu erwarten.

Außerdem ist zu berücksichtigen, dass beim Übergang vom festen zum weichen Baugrund der Eindringwiderstand bereits oberhalb der Weichschicht abnimmt, weil eine Verdrängung des festen in den weichen Boden stattfindet. Umgekehrt wird beim Übergang vom weichen zum festen Boden der Eindringwiderstand bereits oberhalb der eigentlichen Schichtgrenze ansteigen.

Unter Berücksichtigung eigener Erfahrungen und Versuche kann bei den vorliegenden Bodenverhältnissen von folgendem Zusammenhang zwischen dem Spitzendruck q_c und der Baugrundfestigkeit ausgegangen werden:

Drucksondierung CPT		
Spitzenwiderstand q_c [MPa]	Benennung der Festigkeit	Lagerung
0 - 2	sehr gering	sehr locker
2 - 4	gering	locker
4 - 10	mittel	mitteldicht
10 - 20	groß	dicht
> 20	sehr groß	sehr dicht

Bei den nichtbindigen Böden ist in den Bodenprofilen jeweils die Lagerung gemäß vorstehender Tabelle angegeben.

Die Schichtgrenzen in den nichtbindigen Böden wurden nach den Grenzfestlegungen des Spitzenwiderstandes der vorstehenden Tabelle vorgenommen und können aus den jeweiligen Darstellungen in den Bodenprofilen mit den daneben aufgezeichneten Drucksondierungsdiagrammen entnommen werden.

Die Drucksondierungen zeigen innerhalb der Sandauffüllung mit Spitzendruckwerten $q_c \geq 3 \text{ MPa}$ bis 10 MPa , lokal $q_c = 20 \text{ MPa}$, eine geringe bis mittlere Baugrundfestigkeit.

In den pleistozänen Sanden sind mit geringen lokalen Ausnahmen Spitzendruckwerte $q_c \geq 10 \text{ MPa}$ bis 30 MPa , lokal $q_c = 51 \text{ MPa}$, große bis sehr große Baugrundfestigkeiten vorhanden. Lediglich in geringmächtigen Tiefenbereichen $\leq 1 \text{ m}$ sind in den Drucksondierungen DS 6, DS 4, DS 1 (20 12771) und DS 2 (20 12771) mit Spitzendruckwerten $q_c \approx 5 \text{ MPa}$ mittlere Baugrundfestigkeiten vorhanden.

3.4 Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche

Die entnommenen gestörten Bodenproben wurden nach den Methoden der DIN EN ISO 14688-1 bodenmechanisch im Feld und Labor angesprochen. An ausgewählten Bodenproben wurden klassifizierende Laborversuche durchgeführt. Die detaillierten Ergebnisse sind in den Anlagen 3.1.1 bis 3.2.2 zusammengestellt und werden nachfolgend zusammengefasst:

Auffüllung: Sand, stark schluffig

Bodengruppe (DIN 18196)

SU*

Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)

Schluffkorn*	d = 0,002 - 0,06	mm	=	20	-	33	%
Sandkorn	d = 0,06 - 2,0	mm	=	46	-	55	%
Kieskorn	d \geq 2,0	mm	=	21	-	25	%

**Schluff, sandig, tonig, organisch**

Bodengruppe (DIN 18196)

UL, UM, OU

Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)

Schluffkorn* $d = 0,002 - 0,06 \text{ mm}$ = 79 - 93 %Sandkorn $d = 0,06 - 2,0 \text{ mm}$ = 7 - 21 %Kieskorn $d \geq 2,0 \text{ mm}$ = 0 - 1 %Wassergehalt (DIN EN ISO 17892-1) w_n = 24 - 135 %

* enthält Anteil Feinstes

Torf

Bodengruppe (DIN 18196)

HZWassergehalt (DIN EN ISO 17892-1) w_n = 137 - 273 %**Sand, pleistozän**

Bodengruppe (DIN 18196)

SE

Korngrößenverteilung (DIN EN ISO 17892-4)

Schluffkorn* $d = 0,002 - 0,06 \text{ mm}$ = 1 - 6 %Sandkorn $d = 0,06 - 2,0 \text{ mm}$ = 87 - 93 %Kieskorn $d \geq 2,0 \text{ mm}$ = 1 - 12 %

* enthält Anteil Feinstes

3.5 Grundwasserverhältnisse

3.5.1 Hauptgrundwasserstockwerk

Nach den durchgeführten Baugrundaufschlüssen sind die unteren Sande der Grundwasserleiter des Hauptgrundwasserstockwerkes. Den Grundwassernichtleiter bilden die Lauenburger Schichten in größerer Tiefe.

Aufgrund der Mächtigkeit der schwach durchlässigen bindigen Schichten ist ein gespannter Grundwasserspiegel vorhanden.

In der Kleinrammbohrung BS 3 wurde ein Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecke in den Sanden des Hauptgrundwasserleiters liegt. Während der Sondierarbeiten am 24.04.2020 wurde ein Grundwasserspiegel in Ruhe in 4,73 m Tiefe = + 0,58 m NHN eingemessen.

Vom Geologischen Dienst für Bremen (GDfB) wurden die Grundwasserverhältnisse des Hauptgrundwasserstockwerkes in einem umfangreichen Grundwassermessstellennetz im Zeitraum von Dezember 1962 bis Januar 2012 beobachtet.

Aus diesen Grundwasserbeobachtungen wurde die Hydrologische Karte für die Stadtgebiete Bremen und Bremerhaven erstellt, aus der die Grundwasserstände bezogen auf m NN abgelesen werden können. Danach sind im Bereich der Baufläche folgende Grundwasserstände des Hauptgrundwasserstockwerkes angegeben:

Höchster Grundwasserstand:

+ 0,75 m NHN

3.5.2 Oberes Grundwasserstockwerk - Stauwasser

Die eingelagerten, schwach durchlässigen, bindigen Bodenschichten wirken als Grundwasserstauer für ein oberes Grundwasserstockwerk (Stauwasser), für den die überlagernde Sandauffüllung den Grundwasserleiter bilden.

In der Kleinrammbohrung BS 6 wurde ein Peilfilter eingebaut, dessen Filterstrecke in den Sanden des oberen Grundwasserleiters liegt. Während der Sondierarbeiten am 26.02.2024 wurde ein Grundwasserspiegel in Ruhe in 1,1 m Tiefe = + 3,06 m NHN eingemessen.

Im Bereich der bindigen und organischen Bodenschichten ist mit stauendem Sickerwasser in Abhängigkeit von Niederschlägen und der örtlichen Entwässerungssituation zu rechnen. Bei lang anhaltenden Niederschlägen ist im ungünstigsten Fall davon auszugehen, dass sich Sickerwasser kurzfristig bis zur Geländeoberkante anstauen kann.

3.5.3 Bemessungswasserstände

Unter Berücksichtigung der vorstehend beschriebenen hydrologischen Verhältnisse sowie unserer hydrologischer Erfahrungen werden für das Bauvorhaben folgende Bemessungsgrundwasserstände festgelegt:

Hauptgrundwasserstockwerk

Maximaler Grundwasserstand: + 1,0 m NHN

Oberes Grundwasserstockwerk

Maximaler Grundwasserstand: + 5,3 m NHN

4 Verunreinigungen von Boden

Die bei den Baugrundaufschlüssen entnommenen Bodenproben zeigen nach der organoleptischen Ansprache vor Ort und im Labor Bauschuttbeimengungen, die auf eine Verunreinigung hinweisen.

Im Bereich der Baufläche befanden sich nach alten Unterlagen Bebauungen mit gewerblich/industrieller Nutzung. Es ist daher mit nutzungsspezifischen Substanzen im Baugrund zu rechnen.

Es ist erforderlich, im Zuge der weiteren Planungen chemische Analysen nach den Vorgaben der Ersatzbaustoffverordnung (EBV), der Bundesbodenschutzverordnung (BBodSchV) bzw. nach der Länderarbeitsgemeinschaft Abfall (LAGA) durchzuführen.

5 Beurteilung des Baugrundes

5.1 Baugrundmodell

Die ausgeführten Baugrundaufschlüsse geben eine exakte Aussage über die Baugrundsichtung nur für den jeweiligen Untersuchungspunkt. Für die dazwischen liegenden Bereiche sind nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich.

Für die nachfolgende Baugrundbeschreibung wurden neben den Baugrundaufschlüssen auch Informationen aus Baugrundkarten und geologischen Karten herangezogen. Weiterhin wurden die Erfahrungen aus geotechnischen Untersuchungen nahegelegener Bauvorhaben berücksichtigt. Unter Einbeziehung dieser Unterlagen und Erkenntnisse sind folgende Baugrundverhältnisse im Bereich der Baufläche zu erwarten:

Unter einer z.T. stark schluffigen Sandauffüllung folgt eine sehr mächtige Weichschicht aus organischen Schluffen mit Torfzwichenschichten, die von gut tragfähigen pleistozänen Sanden unterlagert wird.

Die Baugrundaufschlüsse zeigen insgesamt regelmäßige Baugrundverhältnisse, die den allgemeinen Erwartungen entsprechen.

5.2 Baugrundeigenschaften

Die angetroffenen Bodenarten weisen folgende Baugrundeigenschaften auf:

Bodenschichten	Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Wasserdurchlässigkeit ¹⁾	Rammbarkeit ²⁾	Frost- empfind- lichkeit ³⁾
Auffüllung	locker bis mitteldicht	durchlässig bis schwach durchlässig	leicht	F3
Schluff, sandig, organisch (Klei)	weich bis steif	schwach bis sehr schwach durchlässig	leicht bis mittelschwer	F3
Torf	---	schwach bis sehr schwach durchlässig	leicht, bei Holz schwer bis nicht möglich	---
Sand, z.T. kiesig, pleistozän	dicht bis sehr dicht	stark durchlässig bis durchlässig	schwer bis sehr schwer	F1

¹⁾ In Anlehnung an DIN 18130 ²⁾ Nach der Empfehlung des Arbeitskreises Ufereinfassung 2020 (EAU)

³⁾ Nach ZTV E-StB 17

5.3 Wiederverwendbarkeit für bautechnische Zwecke

Die Sandauffüllungen mit einem Schluffanteil < 15 % können für Arbeitsraumverfüllungen wieder verwandt werden.

5.4 Homogenbereiche

Mit der VOB 2016 wurden die jahrzehntelang geltenden Klassifizierungen in Boden- und Felsklassen durch Homogenbereiche vollständig ersetzt.

Die Festlegung von Homogenbereichen gemäß den Vorgaben der VOB 2019 ist von den eingesetzten Verfahrenstechniken abhängig und unter Berücksichtigung von vorgeschriebenen geotechnischen Parametern projektspezifisch mit geeigneten Bandbreiten auf Grundlage von umfangreichen zusätzlichen Feld- und Laboruntersuchungen festzulegen.

Für die Baugrundbeurteilung und Gründungsberatung ist die Einteilung in Homogenbereiche nicht erforderlich.

5.5 Bodenkennwerte

Aufgrund der Versuchsergebnisse der Labor- und Feldversuche und nach Erfahrungswerten mit vergleichbaren Bodenarten können für erdstatische Berechnungen folgende charakteristische Bodenkennwerte angesetzt werden:

Bodenart	BG n. DIN 18196	Wichte		Steifemodul $E_{s,k}$ [MN/m ²]	Scherfestigkeit	
		γ_k [kN/m ³]	γ'_k [kN/m ³]		φ'_k [°]	c'_k [kN/m ²]
Auffüllung: Sand, z.T. stark schluffig	[SU- SU*]	18 - 20	11 - 12	10 - 30	30,0 - 35,0	0
Schluff, sandig, organisch (Klei)	UL-UA /OU	15 - 17	5 - 7	0,7 - 2,0	17,5 - 22,5	5 - 10
Torf	HZ	11 - 13	1 - 3	0,2 - 0,5	15,0 - 20,0	2 - 5
Sand, pleistozän	SE	18 - 19	10 - 11	20 - 80	32,5 - 37,5	0

Die vorstehenden Werte gelten für die beschriebenen Bodenschichten im ungestörten Zustand. Bei baustellenbedingten Auflockerungen oder Verwässerungen der Bodenschichten muss mit entsprechenden Verschlechterungen gerechnet werden.

5.6 Befahrbarkeit

Bei den vorhandenen Baugrundverhältnissen ist für die Befahrbarkeit mit schweren Pfahlgeräten die Herstellung einer ausreichend tragfähigen Arbeitsebene aus Schotter oder Recyclingmaterial einzuplanen. Unter der Tragschicht kann zur Verbesserung der Tragfähigkeit ein Geotextil zweckmäßig sein. Der erforderliche Tragschichtaufbau ist über Standsicherheitsnachweise in Abhängigkeit von den eingesetzten Geräten zu ermitteln.

5.7 Baugrundrisiko

Da Bodenaufschlüsse immer nur eine exakte Aussage für den eigentlichen Untersuchungspunkt ergeben, sind für die dazwischen liegenden Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen möglich. Es bleibt daher immer ein Risiko, dass im Baugrund Abweichungen von den zu erwartenden zu den tatsächlichen Baugrundverhältnissen vorhanden sind. Dieses Risiko wird als Baugrundrisiko bezeichnet. Unter Baugrundrisiko versteht man auch die Gefahr, dass bei jeder Bebauung von Baugrund trotz vorhergehender, den Regeln der Technik entsprechender, bestmöglicher Untersuchung und Beschreibung der Boden- und Wasserverhältnisse, unvorhersehbare Erschwernisse auftreten können. Alles unerwartet im Baugrund Vorgefundene wird ebenfalls vom Begriff des „Baugrundrisikos“ generell ausgefüllt. Als Beispiele hierfür können Kellergewölbe, Fundamentreste, Tanks, Kanäle, mit Altlasten verunreinigte oder sonstige kontaminierte Bereiche genannt werden.

Ein restliches Baugrundrisiko kann daher auch durch eingehende geotechnische Untersuchungen nicht völlig ausgeschaltet werden, da kleinräumige Inhomogenitäten des Baugrundes nicht restlos zu erfassen sind.

Das Baugrundrisiko wird im vorliegenden Fall durch die geringe Tragfähigkeit der Klei- und Torfschichten geprägt und ist unter Berücksichtigung des Erkundungsumfangs und der empfohlenen Gründungsvariante als gering einzustufen.

6 Gründungsempfehlung

6.1 Allgemeine Angaben und Gründungsmöglichkeiten

Da baugrundverbessernde Maßnahmen (Bodenaustausch, Bodenverbesserung, Vorbelastung im Überschüttverfahren) aufgrund der großen Mächtigkeit der vorhandenen Weichschichten technisch nicht möglich sind, ist die Abtragung der Bauwerkslasten über Pfähle in den tragfähigen Baugrund erforderlich.

6.2 Tiefgründung

6.2.1 Pfahlsystem

Bei der Wahl der geeigneten Pfahlsysteme sind folgende Randbedingungen zu beachten:

- Gebäude im Einflussbereich der Pfahlherstellung
- Reduzierung von Lärmemissionen auf ein Mindestmaß
- unmittelbar angrenzenden Nachbarbebauung
- Weichschichten mit größerer Mächtigkeit
- hoher Grundwasserstand

Da im Einflussbereich der Pfahlherstellung Nachbargebäude vorhanden sind, sollten Bohrpfähle ausgeführt werden.

Aufgrund der Baugrundverhältnisse und der örtlichen Randbedingungen wird empfohlen, Vollverdrängungsbohrpfähle (VVB-Pfahl) gemäß DIN EN 12699 auszuführen.

Für die Herstellung von Vollverdrängungsbohrpfählen (i.d.R. System Fundex oder Atlas) wird ein Stahlrohr unten mit einer Bohrspitze wasserdicht verschlossen und mit vertikalem Vorschub drehend in den Baugrund eingebracht. Der Boden wird dabei vollständig verdrängt, weshalb kein Bohrgut anfällt und die Tragfähigkeit gegenüber konventionellen Bohrpfählen erhöht wird. Nach Erreichen der erforderliche Tiefe, wird Bewehrung und Beton eingebracht und das Bohrrrohr wieder gezogen. Der Herstellungsvorgang erfolgt nahezu erschütterungsfrei und mit geringer Lärmemission.

6.2.2 Planungs- und Ausführungshinweise

In Bodenschichten (z.B. Torf, Klei, Mudde) in denen unplanmäßiger Bodeneintritt (Einschnürungen) oder Abfluss von Frischbeton (Betonmehrverbrauch) in diese weichen Schichten eintreten kann, muss die Frischbetonsäule durch geeignete Maßnahmen, beispielsweise durch Verwendung von verbleibenden Stahlhülsen oder Hüllschläuchen, geschützt werden. Nach unseren bisherigen Erfahrungen wurden in Nähe des Baufeldes bei vergleichbaren Grundwasser- und Baugrundverhältnissen zahlreiche Ort betonverdrängungspfähle nach DIN EN 12699 und DIN EN 1536 ohne zusätzliche Maßnahmen erfolgreich hergestellt.

Ob zusätzliche Maßnahmen erforderlich sind, kann z. B. durch die Herstellung von Probepfählen überprüft werden oder ist anhand der örtlichen Erfahrung des Pfahlherstellers festzulegen und nachzuweisen.

Die Pfähle sind wegen der geringen Tragfähigkeit und der großen Mächtigkeit der Weichschichten durchgehend zu bewehren.

Bei der Anordnung der Pfähle für den Lastabtrag ist ein Mindestachsabstand von $3 \times$ Pfahlfußdurchmesser ($\geq 1,0 \text{ m} + D_b$) im Lasteinleitungsbereich zu berücksichtigen, wobei der größere Pfahldurchmesser maßgebend ist. Der lichte Mindestabstand zu den nicht mehr belasteten Altpfählen sollte 1 m betragen. Sofern unterschiedliche Pfahlabsetztiefen ausgeführt werden, ist eine Abtreppung von $\alpha \leq 45^\circ$ zur Horizontalen zwischen den Pfählen einzuhalten.

Die Abstände der frisch hergestellten Ortbetonpfähle sind unter Berücksichtigung der Vorgaben der DIN EN 12699 auszuführen. Die tiefer reichenden Pfähle sind zuerst herzustellen.

Über den aufgebrauchten Bohraufwand, der i.d.R. als Drehmoment oder Bohrdruck über die Tiefe gemessen und aufgezeichnet wird, lassen sich Rückschlüsse über die Tragfähigkeit der durchbohrten Bodenschichten ziehen.

Idealerweise sollten die ersten Bohrungen unmittelbar an den Standorten von durchgeführten Drucksondierungen ausgeführt werden, so dass eine Korrelation zwischen den aufgebrauchten Bohrdrücken und den anstehenden Bodenverhältnissen möglich ist. Auf Grundlage dieser Kenntnis ist dann eine Überprüfung der Baugrundsichten zwischen den Sondierungspunkten und ggf. eine Anpassung der Bohrlängen möglich.

Es wird empfohlen, die Bohrparameter (Drehmoment, Bohrdruck, Umdrehung, Bohrzeit, Ziehzeit, etc.) kontinuierlich und automatisch aufzuzeichnen.

6.2.3 Angaben zur Bemessung

Für die innere und äußere Bemessung von Pfählen sind die Nachweise für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit zu führen. Der axiale Pfahlwiderstand für den Nachweis der äußeren Tragfähigkeit wird dabei aus der Summe von Pfahlmantelreibung und Pfahlspitzenwiderstand bestimmt.

Die Ermittlung der äußeren Pfahlwiderstände erfolgt in der Regel durch Probelastungen, die vor Ort oder an anderer Stelle unter vergleichbaren Verhältnisse ausgeführt wurden. Bei einfachen Baugrundverhältnissen ist eine Ermittlung der äußeren Pfahlwiderstände auf Grundlage von allgemeinen Erfahrungswerten möglich, die durch den geotechnischen Sachverständigen zu bestätigen sind.

Zur Abtragung von Horizontalkräften können die Pfähle geneigt hergestellt werden. Für Pfähle nach DIN EN 12699 empfehlen wir eine Begrenzung der Neigung auf maximal 4 : 1. Zusätzlich ist zu beachten, dass die maximale Neigung vom Herstellungsgerät und den örtlichen Gegebenheiten abhängig ist.

Die Abtragung von Horizontallasten und Biegemomenten kann auch über eine horizontale Bettung des Pfahlschaftes in den Baugrund erfolgen. Dabei wird die Biegesteifigkeit des Pfahles in Anspruch genommen. Die Pfahlbeanspruchung kann näherungsweise nach dem Bettungsmodulverfahren rechnerisch ermittelt werden.

Der rechnerische Bettungsmodul $k_{s,k}$ wird näherungsweise aus dem Steifemodul $E_{s,k}$ des Bodens und dem jeweiligen Pfahldurchmesser nach der folgenden Gleichung ermittelt:

$$k_{s,k} = \frac{E_{s,k}}{d}$$

An der Geländeoberfläche ist der Bettungsmodul $k_{s,k} = 0$ anzusetzen. Mit zunehmender Tiefe bis mindestens 5fachem Pfahldurchmesser wird ein stetig zunehmender Bettungsmodul berücksichtigt. Nach den vorliegenden Erkenntnissen können folgende Steifeziffern angesetzt werden:

Boden	Schicht- unterkante [m NHN]	Steifeziffer $E_{s,k}$ MN/m ²	Reibungswinkel ϕ'_k °	Wichte γ_k / γ'_k kN/m ³
Sandauffüllung	+ 2,2	10	30	18/10
Klei*	- 4,3	1	17,5	16/6
Klei/Torf*	-12,9	0,5	17,5	15/5

*bei kurzzeitigen Belastungen, z. B. aus Wind oder Anpralllasten

Die berechnete Größe der Bettungsspannung darf den halben wirksamen Erdwiderstand nicht überschreiten. Der Erdwiderstand kann für ebene Gleitflächen mit einem Wandreibungswinkel $\delta = 2/3 \varphi'_k$ ermittelt werden. Gemäß DIN 1054 ist der Anwendungsbereich durch eine rechnerische Kopfverformung von 2 cm bzw. $0,03 \times D_s$ begrenzt, wobei der kleinere Wert maßgebend ist. Bei einem erforderlichen genauen Nachweis der Horizontalverformung des Pfahles durch die Biegebeanspruchung wird eine Probelastung empfohlen.

Zur Horizontallastabtragung kann neben den Schrägpfählen auch der Erdwiderstand vor den Pfahlkopffundamenten zur Lastabtragung herangezogen werden. Hierfür muss sichergestellt sein, dass die Arbeitsräume seitlich der Fundamente ordnungsgemäß verfüllt und verdichtet werden und dass der Boden neben den Fundamenten nicht durch Erosion oder menschliche Einwirkung entfernt wird. Um die zur Aktivierung des Erdwiderstandes notwendigen Verschiebungen möglichst klein zu halten, ist die Randbedingung $E_{p,mob} \leq 0,5 \cdot E_{p,k}$ einzuhalten. Es kann mit folgenden charakteristischen Bodenkennwerten in der verdichteten Sandauffüllung gerechnet werden:

Wichte des Bodens	γ_k/γ'_k	=	19/11	kN/m ³
Winkel der inneren Reibung	φ'_k	=	32,5	°
Kohäsion	c'_k	=	0	kN/m ²

6.2.4 Ausbildung von Betonböden

Der Erdgeschossfußboden muss wegen der geringen Tragfähigkeit der darunter anstehenden Böden freitragend ausgebildet werden. Die Ver- und Entsorgungsleitungen sowie ggf. Dämmung sind mit dem Fußboden kraftschlüssig zu verbinden.

6.2.5 Zusatzbelastung auf Pfähle

Zusätzliche Einwirkungen auf die geplante Pfahlgründung durch Auffüllungen oder Verkehrsbelastungen sind nicht bekannt, so dass keine Zusatzbelastungen auf die Pfähle zu berücksichtigen sind. Sofern diese Voraussetzungen im Zuge der weiteren Planungen verändert werden, sind mögliche Zusatzbelastungen auf die Pfähle durch negative Mantelreibung, Auflast auf Schrägpfählen oder Seitendruck zu überprüfen.

7 Geotechnische Hinweise und Empfehlung zur Bauausführung

7.1 Erdarbeiten

Bei der Ausschreibung und Durchführung der Erdarbeiten sind die ATV "Erdarbeiten" - DIN 18300 - zu beachten.

Im Zuge der Ausschreibung, spätestens jedoch vor der Vergabe der Erdarbeiten sind die Verbringungsmöglichkeiten für den Aushubboden zu klären. Hierfür sind mit dem Auftragnehmer für die Erd- und Gründungsarbeiten eindeutige vertragliche Regelungen, erforderlichenfalls auf der Grundlage vorliegender bzw. noch zu veranlassender Schadstoffuntersuchungen des Aushubbodens, zu treffen.

Bei der Bauausführung ist eine sorgfältige Überwachung der Erdarbeiten durchzuführen. Dabei ist besonders zu vergleichen, ob die angetroffenen Böden mit dem Ergebnis der Baugrunduntersuchung übereinstimmen, da Abweichungen des Baugrundes von den Baugrundaufschlüssen nicht auszuschließen sind.

Bei den Erdarbeiten ist darauf zu achten, dass die Pfähle nicht einseitig freigelegt und durch Erddruck horizontal belastet werden. Zudem sind mechanische Beschädigungen der Pfähle oder Seitendruck durch die Aushubgeräte zu verhindern.

7.2 Fundamentbaugruben

Die Baugrube kann bei ausreichenden Grenzabständen frei abgeböschet werden. Ohne gesonderten Nachweis der Standsicherheit darf bei Einhaltung der Voraussetzungen dabei ein Böschungswinkel $\alpha = 45^\circ$ nach DIN 4124 nicht überschritten werden. Es ist zu beachten, dass die ersten 2,00 m von der Böschungskrone nicht belastet werden dürfen. Bei einer Belastung der Böschungskrone durch Verkehrs- und Lagerlasten oder Erdaufschüttung sowie einer steileren Abböschung oder Leitungen und anderen baulichen Anlagen ist ein Nachweis der Böschungsbruchsicherheit erforderlich.

7.3 Trockenhaltung der Baugrube

Abhängig von den zum Zeitpunkt der Bauausführung anstehenden Grundwasserständen des oberen Grundwasserstockwerkes (Stauwasser) ist eine Absenkung für die Erd- und Gründungsarbeiten erforderlich. Ferner muss das anfallende Niederschlagswasser gefasst und abgeführt werden. Eine Absenkung des Grundwassers im Hauptgrundwasserleiter ist nicht erforderlich.

Im vorliegenden Fall wird nur eine Absenkung des oberen Grundwasserhorizontes durchgeführt und der Hauptgrundwasserhorizont ist nicht betroffen. Die Reichweite der Grundwasserabsenkung überschreitet nicht die Grundstücksgrenzen und die Grundwasserabsenkung ist nur kurzfristig während der Erd- und Gründungsarbeiten erforderlich. Es wird daher empfohlen, die Möglichkeit einer erlaubnisfreien Grundwasserabsenkung mit der Behörde abzustimmen.

Es wird empfohlen, das Grundwasser mit einer offenen Wasserhaltung abzusenken. Dafür ist zuerst ein Pumpensumpf herzustellen und anfallendes Grundwasser fortlaufend mit einer schwimmergeschalteten Tauchpumpe abzuführen. Mit den Aushubarbeiten ist fortschreitend von diesem Pumpensumpf aus eine Dränageleitung am Böschungsfuß zu verlegen und erforderlichenfalls sind weitere Pumpensümpfe herzustellen. Das über die Dränagerohre gesammelte Grundwasser ist den Pumpensümpfen zuzuführen und mittels schwimmergeschalteten Tauchpumpen fortlaufend abzupumpen.

Bei der Ausschreibung und Durchführung der Grundwasserabsenkung sind die ATV „Wasserhaltungsarbeiten“, DIN 18305, zu beachten.

Jede Grundwasserabsenkung ist nach dem Wasserhaushaltsgesetz genehmigungspflichtig und muss bei der zuständigen Wasserbehörde unter Beachtung der erforderlichen Bearbeitungszeiten beantragt werden.

Es ist zu beachten, dass in der sogenannten vegetationsreichen Zeit vom 01.03. bis zum 30.09. eines jeden Jahres eine Wasserbehördliche Erlaubnis in der Regel nur mit Auflagen wegen der Auswirkung auf die Vegetation erteilt wird.

Für die Abführung des abgepumpten Grundwassers ist die Kapazität des Vorfluters bzw. Kanales bei den zuständigen Behörden zu erfragen und eine entsprechende Genehmigung einzuholen. Dabei ist zu klären, in welchem Umfang Gebühren für die Einleitung des Grundwassers zu entrichten sind und welche Auflagen hinsichtlich der Einleitung zu erwarten sind.

7.4 Trockenhaltung von erdberührten Bauteilen

Die Trockenhaltung von erdberührten Bauteilen erfolgt in der Regel über eine „Weiße Wanne“ aus wasserundurchlässigem Beton oder über eine „Schwarze Wanne“ mit einer Abdichtung aus Bitumenschweißbahnen oder flüssiger Bitumenbeschichtung.

Für die Planung der Abdichtung ist neben den Anforderungen an die Nutzung oder die Rissbreiten des Bauwerkes die Kenntnis über den Bemessungswasserstand erforderlich. Der Bemessungswasserstand ist definiert als der höchste innerhalb der planmäßigen Nutzungsdauer zu erwartende Grundwasser-, Schichtenwasser- oder Hochwasserstand unter Berücksichtigung langjähriger Beobachtungen und zu erwartender zukünftiger Gegebenheiten → der höchste planmäßige Wasserstand

Unter Berücksichtigung der hydrologischen Verhältnisse wird folgender Bemessungswasserstand festgelegt:

Bemessungswasserstand = + 5,3 m NHN bzw. GOK

Variante „Weiße Wanne“: Herstellung aus wasserundurchlässigem Beton nach der WU-Richtlinie des DAfStb von 2017

Die Beanspruchungsklasse gemäß der WU-Richtlinie des DAfStb von 2017 beschreibt die Art der Beaufschlagung des Bauwerkes oder Bauteiles mit Feuchte oder Wasser und wird unter Berücksichtigung der Baugrundeigenschaften und des Bemessungswasserstandes wie folgt festgelegt:

Beanspruchungsklasse 1 für „ständig oder zeitweise drückendes Wasser“

⇒ Bauteile $\leq + 5,3$ m NHN bzw. GOK

Variante „Schwarze Wanne“: Abdichtung aus Bitumenschweißbahnen oder flüssiger Bitumenbeschichtung nach DIN 18533 Teil 1-3 (2017-07)

Für die Planung der Abdichtung von erdberührten Bauteilen mit flüssigen oder bahnenförmigen Abdichtungsstoffen nach DIN 18533 wird die erdseitige Wassereinwirkungsklasse wie folgt festgelegt:

W2.1-E Mäßige Einwirkung von drückendem Wasser ≤ 3 m Eintauchtiefe:

Die Abdichtungsebene liegt ≤ 3 m unter dem Bemessungswasserstand.

W4-E Spritzwasser und Bodenfeuchte am Wandsockel sowie Kapillarwasser in und unter Wänden:

Gilt für Wände, Fundamente und Bodenplatten bis 20 cm unterhalb und bis 30 cm oberhalb der Geländeoberkante, die durch Spritz-, Sicker- sowie kapillar aufsteigendes Wasser ohne hydrostatischen Druck belastet werden.

Im vorliegenden Fall liegt der maximale Grundwasserstand des Hauptgrundwasserleiters unterhalb der Abdichtungsebene und des Grundwasserstauers. Der höher liegende Bemessungswasserstand wird nur durch das obere Grundwasserstockwerk (Stau- und Schichtenwasser) bestimmt. Demnach wäre bei Anordnung einer dauerhaft wirksamen Drainage nach DIN 4095 eine Absenkung des Bemessungswasserstandes und Einstufung in die Wassereinwirkungsklasse W1.2-E möglich. Diese Vorgehensweise wird nicht empfohlen und es ist zu beachten, dass die Drainage fachtechnisch geplant, ordnungsgemäß ausgeführt, regelmäßig gewartet werden muss und i.d.R. genehmigungspflichtig ist.

Die Festlegungen in Bezug auf Wasserundurchlässigkeit und die Nutzungsklasse nach WU-Richtlinie bzw. Einwirkungen und Klassen nach DIN 18533 müssen durch den Objekt- bzw. Tragwerksplaner erfolgen.

Diese Hinweise zur Trockenhaltung des Bauwerkes ersetzen nicht die Planung der Konstruktion aus wasserundurchlässigem Beton nach WU-Richtlinie 2017 bzw. der Bauwerksabdichtungsmaßnahmen nach DIN 18533.

7.5 Maßnahmen gegen aggressives Grundwasser (Betonangriff)

Grundwasseruntersuchungen auf der Baufläche wurden nicht durchgeführt. Nach der Planungskarte Bremerhaven liegt die Baufläche im Grenzbereich zwischen nicht angreifend und schwach angreifend. Durch das verfahrensbedingt verbleibende Stahlrohr sind keine zusätzlichen Maßnahmen erforderlich.

7.6 Kampfmittelüberprüfung

Falls für die Kampfmittelsuche Erdarbeiten erforderlich werden, ist sicherzustellen, dass der ausgehobene Boden bei entsprechender Eignung lagenweise eingebaut und fachgerecht verdichtet wird. Anderenfalls sind erhebliche Mehrkosten bei den späteren Erd- und Gründungsarbeiten zu erwarten, die bei einer fachgerechten Durchführung der Erdarbeiten im Zuge der Kampfmittelsuche vermieden werden können. Es wird daher empfohlen, eine Abstimmung bereits in der Ausschreibungsphase vorzusehen. Vor Beginn der Arbeiten des Kampfmittelräumdienstes oder den von ihnen beauftragten Fachfirmen sollte der Arbeitsablauf abgestimmt werden, um unnötige Mehrkosten zu vermeiden.

Umfangreiche Hinweise zum Umgang mit einer möglichen Kampfmittelproblematik und eine Kurzübersicht zu den Pflichten von ausgewählten Baubeteiligten finden sich in dem Merkblatt „Kampfmittelfrei bauen, 2. überarbeitete Auflage 2023“ - www.kampfmittelportal.de.

7.7 Besondere Anforderungen aus geotechnischer Sicht

Im Zuge der Abrissarbeiten sind die Gründungspfähle des Bestandsbauwerkes bis 0,5 m unter Sohlenunterkante des Neubaus zu kappen. Die Pfähle dürfen nicht gezogen werden, da hierdurch eine Störung des Baugrundes im Einbindebereich des tragfähigen Baugrundes erfolgt und eine hydraulische Verbindung zum unteren Grundwasserleiter eintritt. Lage, Querschnitte sowie ggf. Neigungen der alten Pfähle sind zu dokumentieren und das Pfahlbild für den Neubau hierauf abzustimmen.

8 Geotechnische Nachweise der Standsicherheit- und Gebrauchstauglichkeit

8.1 Nachweis der äußeren Pfahlwiderstände

8.1.1 Berechnungsgrundlagen

Der Nachweis des äußeren Pfahlwiderstandes wird entsprechend DIN EN 1997-1 (EC 7 / Handbuch Eurocode 7 - Geotechnische Bemessungen) durchgeführt. Das Verfahren wird national als Ermittlung der axialen Pfahlwiderstände aus Erfahrungswerten bezeichnet. Dabei wurden die geotechnischen Untersuchungen so vorgenommen, dass eine sichere Einordnung der aus Probelastungsergebnissen abgeleiteten charakteristischen Erfahrungswerte für den Pfahlsitzenwiderstand und die Pfahlmantelreibung möglich ist.

Der äußere Pfahlwiderstand der Pfähle ist abhängig von der Bodenart und der Festigkeit des Baugrundes, den Abmessungen der Pfähle sowie deren Herstellungsverfahren. Die Festigkeit des Baugrundes kann aus Druck- oder Rammsondierungen nach DIN EN ISO 22476 abgeleitet werden. Für die Ermittlung des äußeren Pfahlwiderstandes der Pfähle muss eine ausreichende Sicherheit gegenüber dem Grenzzustand der Tragfähigkeit vorhanden sein und die Setzung des Pfahles darf ein aus der Bauwerkskonstruktion festgelegtes Maß der Setzungen s_{zul} nicht überschreiten (Gebrauchstauglichkeit).

Die Ermittlung des äußeren Pfahlwiderstandes der Pfähle basiert auf den Forschungsberichten "Verbesserungen der Angaben über die vertikale Pfahltragfähigkeit in der geplanten DIN 1054, Teil 5, Pfahlgründungen" und „Verbesserung der Genauigkeit der Tragfähigkeitsangaben für Ramm- bzw. Verdrängungspfähle im Zuge der Neubearbeitung der DIN 4026 unter Berücksichtigung von EC7“. Beide Forschungsberichte sind von Prof. Dr.-Ing. Franke, Institut für Grundbau, Boden- und Felsmechanik, Technische Hochschule Darmstadt, erstellt worden.

Auf dieser Grundlage wurden vom Grundbaulabor Bremen über 650 statische Probelastungen nach den verschiedenen Pfahlsystemen, Baugrundverhältnissen und Herstellverfahren getrennt ausgewertet.

Es wurden empirisch Zusammenhänge zwischen den Drucksondiererergebnissen (Sondierspitzenwiderstand q_c und lokale Mantelreibung f_s) und dem Pfahlfußwiderstand und -mantelwiderstand ermittelt. Mit den so ermittelten Bruchspannungen wurden Widerstände für den Spitzenwiderstand und die Mantelreibung ermittelt und daraus der Gesamtpfahlwiderstand $R_{c,k}$ ($s = \infty$).

Die Widerstands-Setzungs-Linie des Pfahles ist als Hyperbelfunktion aufgrund der Untersuchungen von Rollberg gewählt. Aufgrund der Streuung der statistischen Auswertung sind für die Widerstands-Setzungs-Linie der minimale, mittlere und maximale Wert dargestellt.

Die Ermittlung der axialen Pfahlwiderstände erfolgt gemäß folgender Gleichung:

$$R_{c,k}^{(s)} = R_{b,k}^{(s)} + R_{s,k}^{(s)} = A_b \cdot q_{b,k}^{(s)} + A_s \cdot q_{s,k}^{(s)}$$

Hierin bedeuten:

- $R_{b,k}^{(s)}$ Charakteristischer Wert des Pfahlfußwiderstandes
in Abhängigkeit von der Pfahlkopfsetzung s
- $R_{s,k}^{(s)}$ Charakteristischer Wert der Mantelreibungskraft eines Pfahles
in Abhängigkeit von der Pfahlkopfsetzung s
- A_b Pfahlfußfläche
- $q_{b,k}^{(s)}$ Pfahlspitzenwiderstand in Abhängigkeit von der Pfahlkopfsetzung s
- A_s Pfahlmantelfläche im Bereich der Einbindung im tragfähigen Baugrund
- $q_{s,k}^{(s)}$ Pfahlmantelreibung in Abhängigkeit von der Pfahlkopfsetzung s

Eine ausführliche Beschreibung des Verfahrens enthält die Veröffentlichung BEHNKE, D.; VON BLOH, G. (1998) „Tragfähigkeitsermittlung von Pfahlgründungen durch Drucksondiererergebnisse“ / Tagungsband der 25. Baugrundtagung 1998.

Die Zuverlässigkeit dieses Verfahrens gem. EC 7 und DIN 1054 ist durch den Vergleich der gemessenen Widerstands-Setzungs-Linie mit dem rechnerischen Verlauf nachgewiesen. Die Vergleichbarkeit der Verhältnisse ist bei nichtbindigen Böden durch den Bezug auf Druck- oder Rammsondierungen gewährleistet.

Beispiele von Probelastungen bei vergleichbaren Baugrundverhältnissen zeigen die Anlagen 4.1.1 und 4.1.2. Aus den Beispielen ist zu ersehen, dass die gemessenen Setzungen im Gebrauchslastbereich zwischen der minimalen und der maximalen berechneten Setzungen verlaufen.

Die aus den vorliegenden Drucksondiererergebnissen ermittelten äußeren Pfahlwiderstände für die Pfahlgründung sind auf den Anlagen 4.2.1 bis 4.3.6 dargestellt. In der Widerstands-Setzungs-Linie sind dabei der Mittelwert (dicke Linie) und die Minimal- und Maximalwerte (gestrichelte Linien) dargestellt.

Es wurde eine $\eta = 2,0$ -fache Sicherheit (globale Sicherheit) gegenüber der zulässigen Drucklast nachgewiesen.

8.1.2 Nachweis der äußeren Pfahlwiderstände - Druckbelastungen

Bei den Nachweisen wurde eine $\eta = 2,0$ -fache Sicherheit (globale Sicherheit) gegenüber der charakteristischen Einwirkung auf Druck ($F_{c,k}$) nachgewiesen. Bezogen auf das aktuell gültige Teilsicherheitskonzept entspricht diese globale Sicherheit der Bemessungssituation P mit einem Teilsicherheitsbeiwert für ständige Einwirkungen von $\gamma_G = 1,35$ und für veränderliche Einwirkungen von $\gamma_Q = 1,5$ sowie für Pfahlwiderstände auf Grundlage von Erfahrungswerten von $\gamma_t = 1,4$ bei einem Anteil ständiger und veränderlicher Einwirkungen von jeweils 50 %.

$$\begin{aligned}(0,5 \cdot \gamma_G + 0,5 \cdot \gamma_Q) \cdot \gamma_t &= \eta \\ (0,5 \cdot 1,35 + 0,5 \cdot 1,5) \cdot 1,4 &= 2,0\end{aligned}$$

Die aus den vorliegenden Drucksondierungsergebnissen ermittelten äußeren charakteristischen Pfahlwiderstände für die Einwirkung auf Druck $F_{c,k}$ sind auf den Anlagen 4.2.1 bis 4.3.6 für Vollverdrängungsbohrpfähle mit den Widerstands-Setzungskurven dargestellt.

Die Ergebnisse der äußeren axialen Pfahlwiderstandsnachweise sind nachfolgend tabellarisch zusammengefasst:

Pfahlsystem: Vollverdrängungsbohrpfahl gem. DIN EN 12699					
Anlage-Nr.	DS-Nr.	Pfahl Ø d [cm]	Einwirkung F_{c,k} [kN]	Widerstand R_{c,d} [kN]	Gründungstiefe [m NHN]
4.2.1 - 6	1, 2, 4, 5, 6, 7	38/45	700	1000	- 14,0 bis - 16,0
4.3.1 - 6			980	1400	- 14,5 bis - 17,5
4.4.1 - 6		44/56	1260	1800	- 15,0 bis - 17,0
4.5.1 - 6			1270	2100	- 15,5 bis - 19,0

F_{c,k} Charakteristischer Wert der Einwirkung, Druckbelastung

R_{c,d} Bemessungswert des Pfahlwiderstandes nach EC 7

Eine vollständige Auflistung der erforderlichen Gründungstiefen für jede Drucksondierung und Pfahlbelastung ist in den Anlagen 5.1 und 5.2 zusammengestellt.

8.1.3 Setzungen bei Pfahlgründungen

Aus der Lastsetzungslinie bei der Ermittlung der äußeren Tragfähigkeit ist zu ersehen, dass bei den zulässigen Pfahlbelastungen Setzungen $s \leq 1$ cm zu erwarten sind. Die Setzungen treten als Sofortsetzungen unmittelbar nach der Lastaufbringung auf.

Die rechnerisch ermittelten Setzungen und Setzungsunterschiede können nach DIN EN 1997-1 (Eurocode 7), Anhang H, von dem Bauwerk ohne Beeinträchtigung der Standsicherheit aufgenommen werden.

9 Qualitätskontrolle und Überwachung

9.1 Überprüfung der Pfahlarbeiten

Während der Herstellung der Bohrpfähle soll eine örtliche Überprüfung der Baugrundverhältnisse durchgeführt werden. Zur Kontrolle der Baugrundfestigkeiten wird empfohlen, während der Bohrarbeiten die Drehmomente und die Anzahl der Umdrehungen tiefenabhängig automatisch zu registrieren. Dabei sind die technischen Daten des Drehantriebes zu vermerken.

Die Pfahlherstellung ist entsprechend der DIN EN 12699 zu beaufsichtigen und zu überprüfen. Für sämtliche Pfähle sind die relevanten Daten gem. Abschnitt 10 zu protokollieren.

9.2 Kontrollmessungen

Ergänzend zu den Vorgaben gemäß DIN EN 12699 werden Integritätsprüfungen nach dem „Low-Strain“-Verfahren empfohlen. In Anlehnung an die EA-Pfähle (2012) sollten bei Pfahlgründungen mit bis zu 20 Pfählen möglichst alle Pfähle geprüft werden. Bei einer größeren Pfahlanzahl sollten mindestens 20 und dann 10 % der Pfähle geprüft werden. Sofern aus der Auswertung unter Beachtung der EA-Pfähle (2012) qualitätsrelevante Auffälligkeiten zu erkennen sind, ist der Untersuchungsumfang zu erhöhen.

10 Zusammenfassung

Die geplante Baumaßnahme ist die Errichtung eines zweigeschossigen, nichtunterkellerten Gebäudes auf dem Gelände der MOS in Bremerhaven.

Der Baugrund besteht unter einer rd. 2,5 m mächtigen Auffüllung aus schluffigen Sanden aus einer rd. 15 m mächtigen Weichschicht aus Klei und Torf, die von Sanden unterlagert wird.

Es wird empfohlen, die Bauwerkslasten über Pfähle in die gut tragfähigen Sande abzutragen.

Weitere Einzelheiten sowie Nachweise der äußeren Pfahlwiderstände sind im Bericht gegeben.

Bei einer wesentlichen Planungsänderung, insbesondere einer Änderung der Lage oder Höhenanordnung des Bauwerkes, bitten wir um eine Information, damit überprüft werden kann, ob und welche Auswirkungen sich für die Gründungskonstruktion ergeben.



Dipl.-Ing. Thorsten Schultze
Geschäftsführender Gesellschafter

Verteiler und Anlagen ...

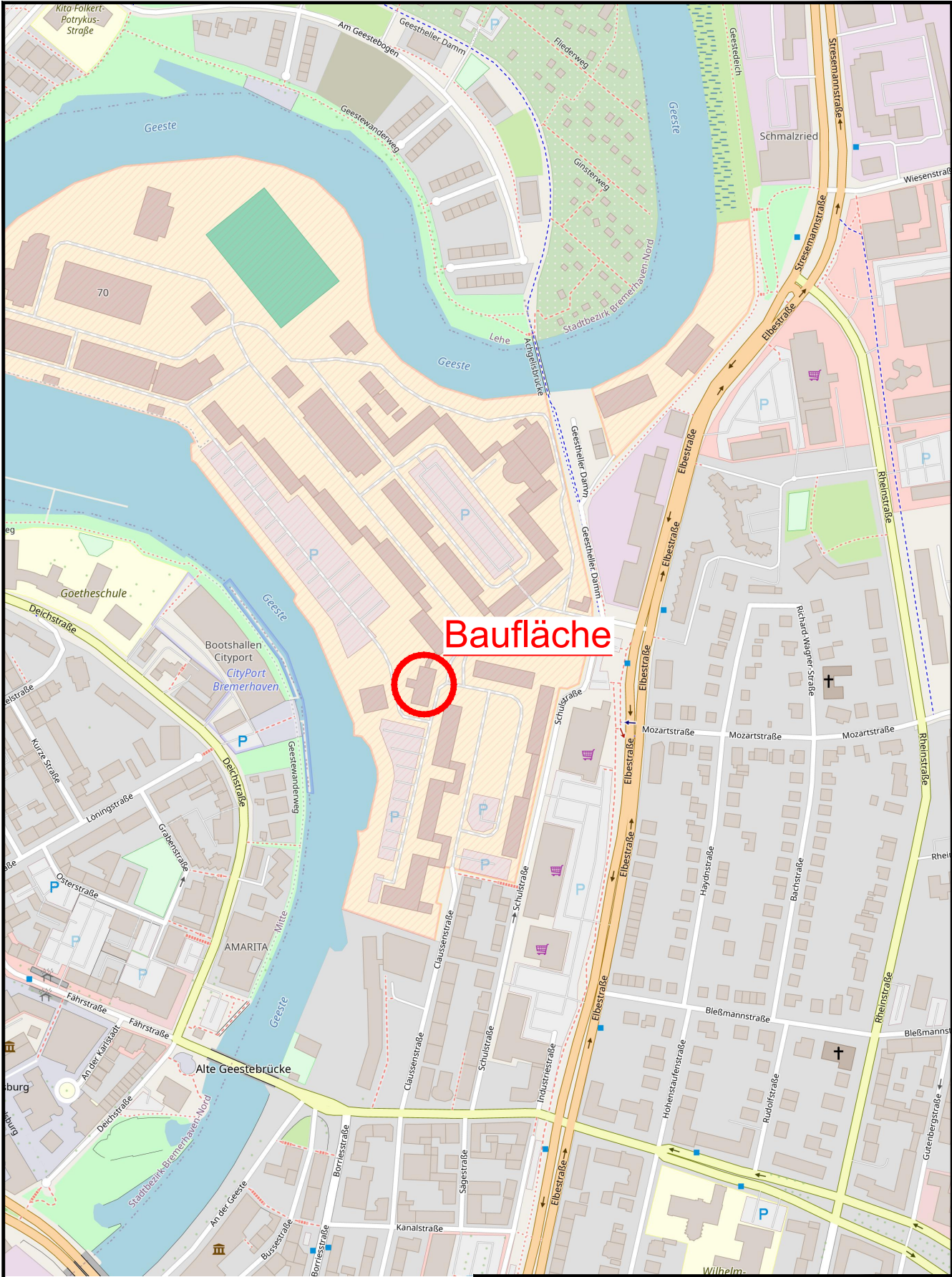
Verteiler:

Auftraggeber:	Bundesrepublik Deutschland	
	vertreten durch:	
	Bundesministerium der Verteidigung	
	vertreten durch:	
	Senator für Finanzen-Bundesbau Bremen	
	Fach- und Rechtsaufsicht	
	Langenstr. 10/12	
	28195 Bremen	
	diese vertreten durch:	
Projektleitung:	Performa Nord	
	Eigenbetrieb des Landes Bremen	
	Geschäftsbereich Bundesbau	
	Schillerstraße 1	
	28195 Bremen	digital
Tragwerksplanung:	KSF Steimke, Dr. Hemmy & Partner	
	Beratende Ingenieure mbB	
	Kohlenkai 1	
	27572 Bremerhaven	digital

11 Anlagenverzeichnis

I N H A L T		von	bis
1.	Lageplan	1.1	
2.	Felduntersuchungen		
2.1	Bodenprofile aus Sondierbohrungen, Drucksondierungen	2.1	
2.2	Drucksondierungsdiagramme	2.2.1	2.2.7
3.	Laboruntersuchungen		
3.1	Korngrößenverteilungen	3.1.1	3.1.2
3.2	Bodenmechanische Kennziffern	3.2.1	3.2.2
4.	Geotechnische Nachweise		
4.1	Vergleichbare Probelbelastungen	4.1.1	4.1.2
4.2	Nachweis der äußeren Pfahlwiderstände	4.2.1	4.5.6
4.3	Zusammenstellung Absetztiefen	5.1	5.2

O:\24\14083\CAD\14083-anl.1.1.dwg, Layout1, 30.04.2024 08:22:51, lan, 1:1



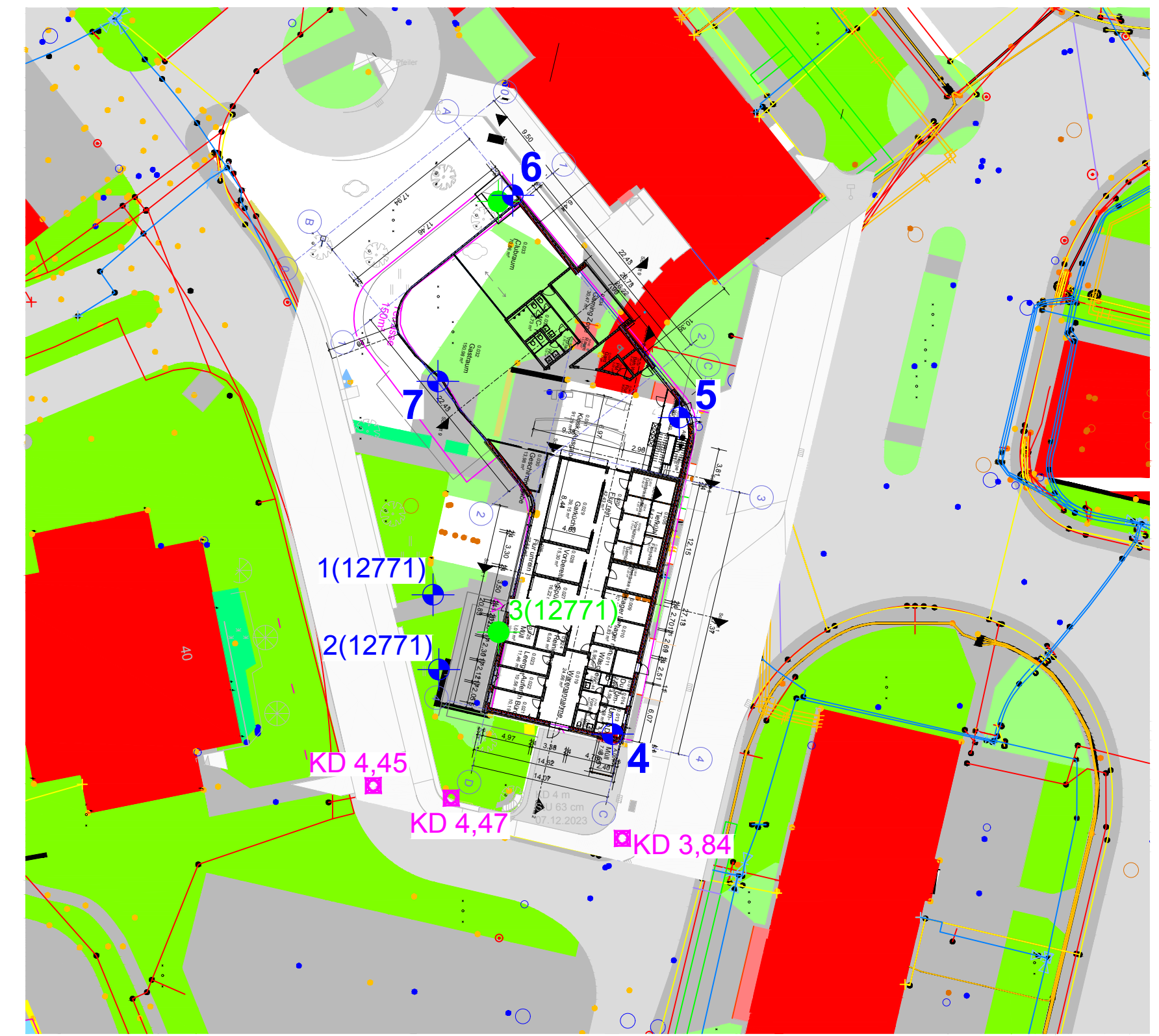
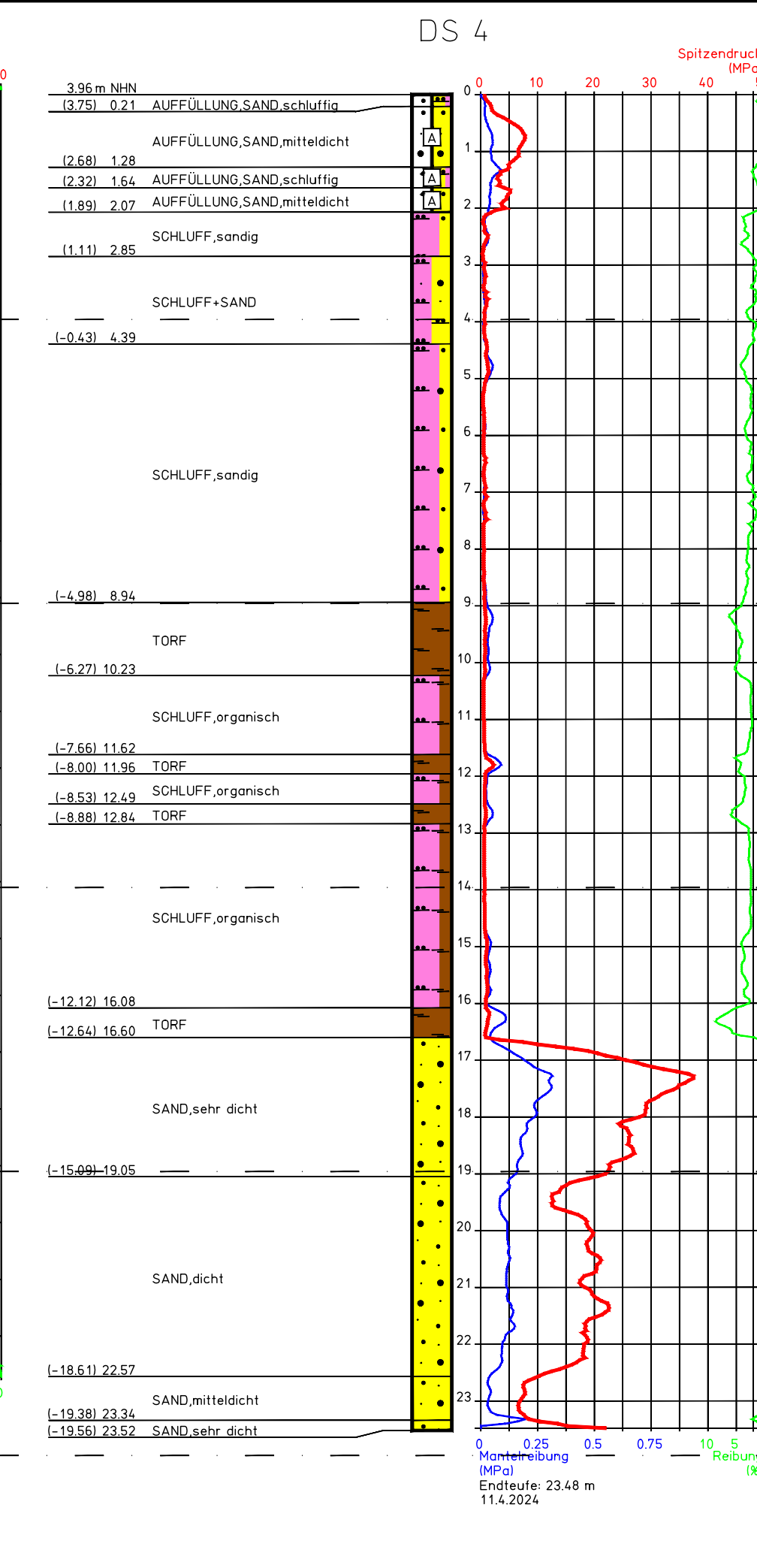
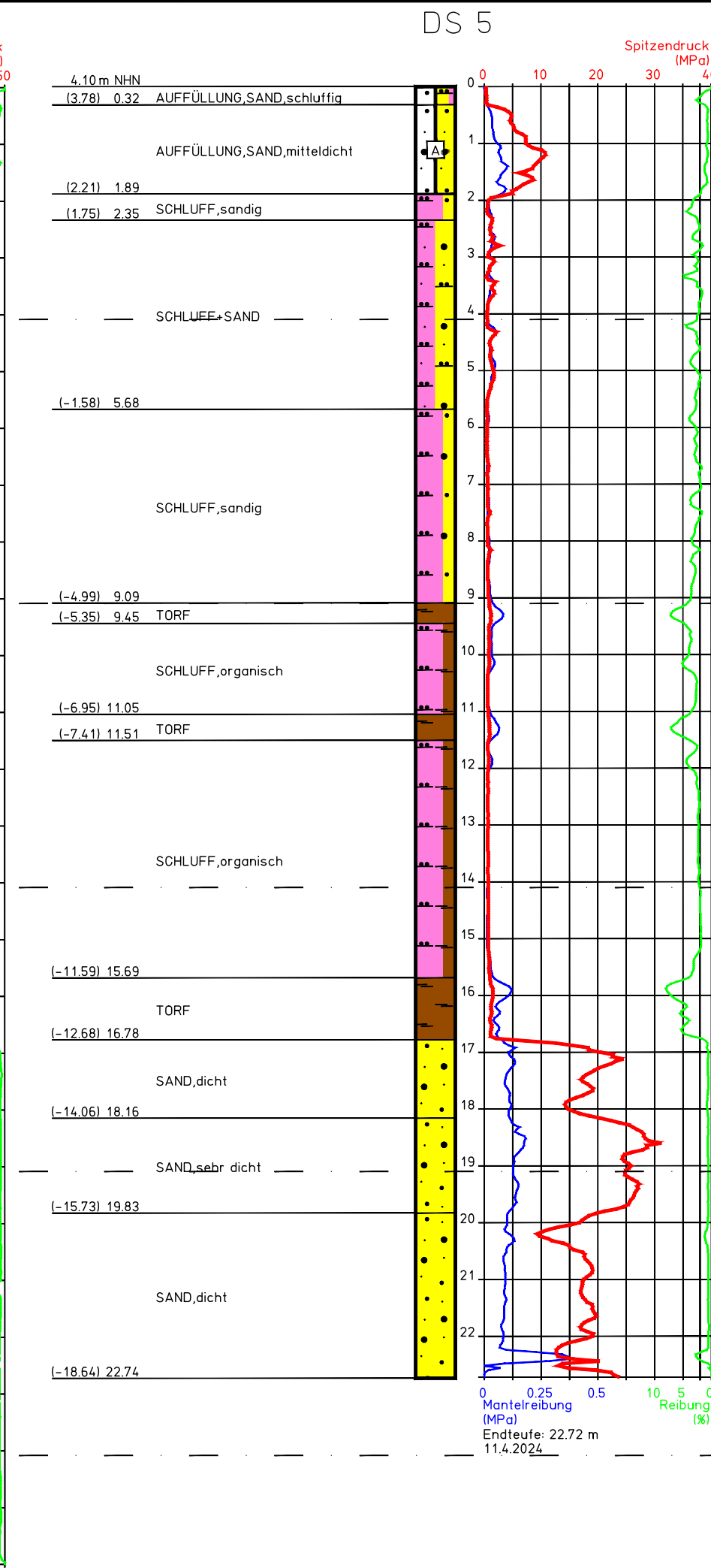
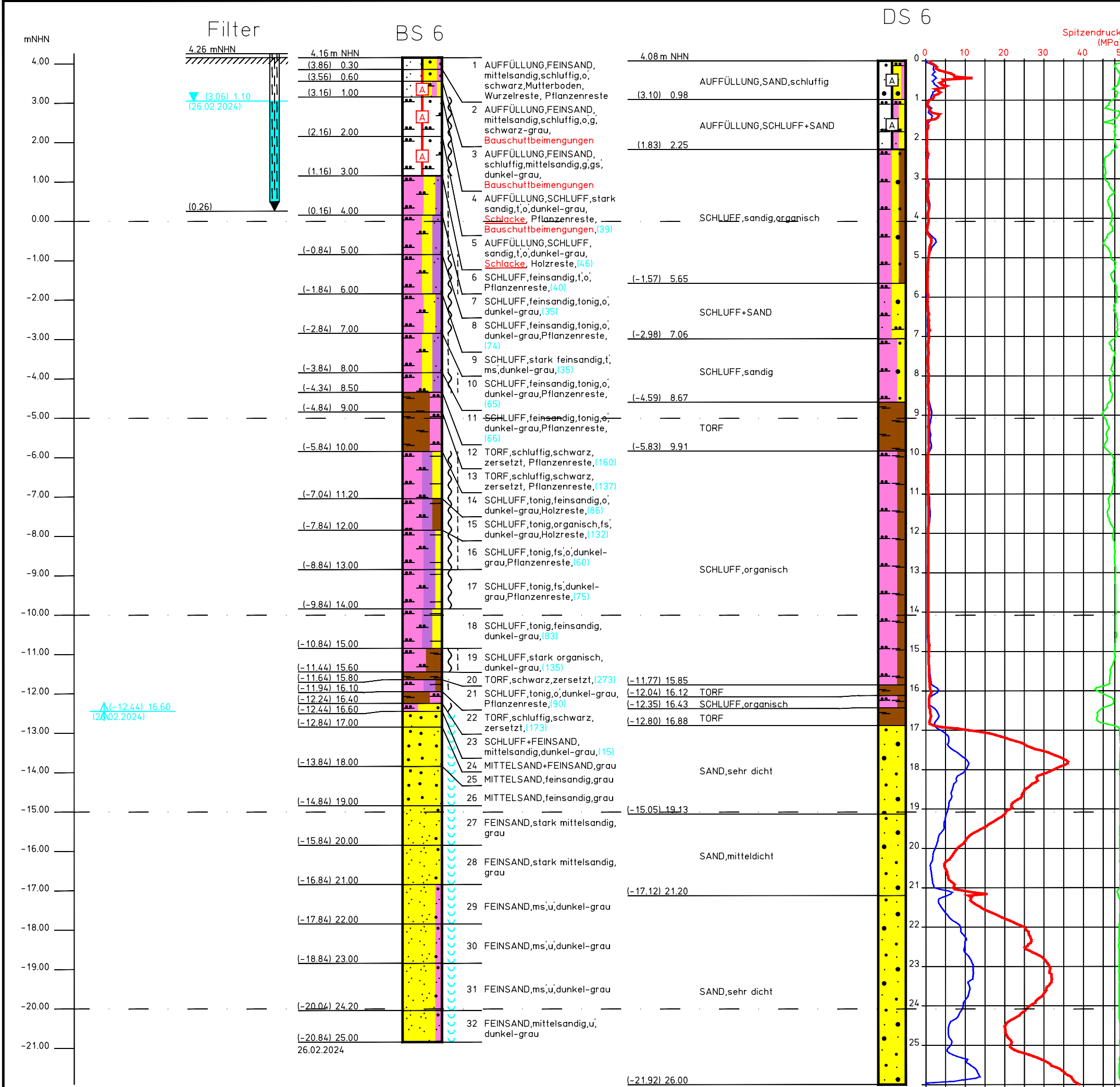
© OpenStreetMap-Mitwirkende



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
KLEINER ORT 2 - 28357 BREMEN

Auftrag:	Freie Hansestadt Bremen	Obj.Nr.	2414083
Bauwerk:	Mannschaftsheim, Geb.22	M	1:5000
Ort:	Bremerhaven, Elbestr. 101	Gez.	lan
Lageplan		Anl.	1.1

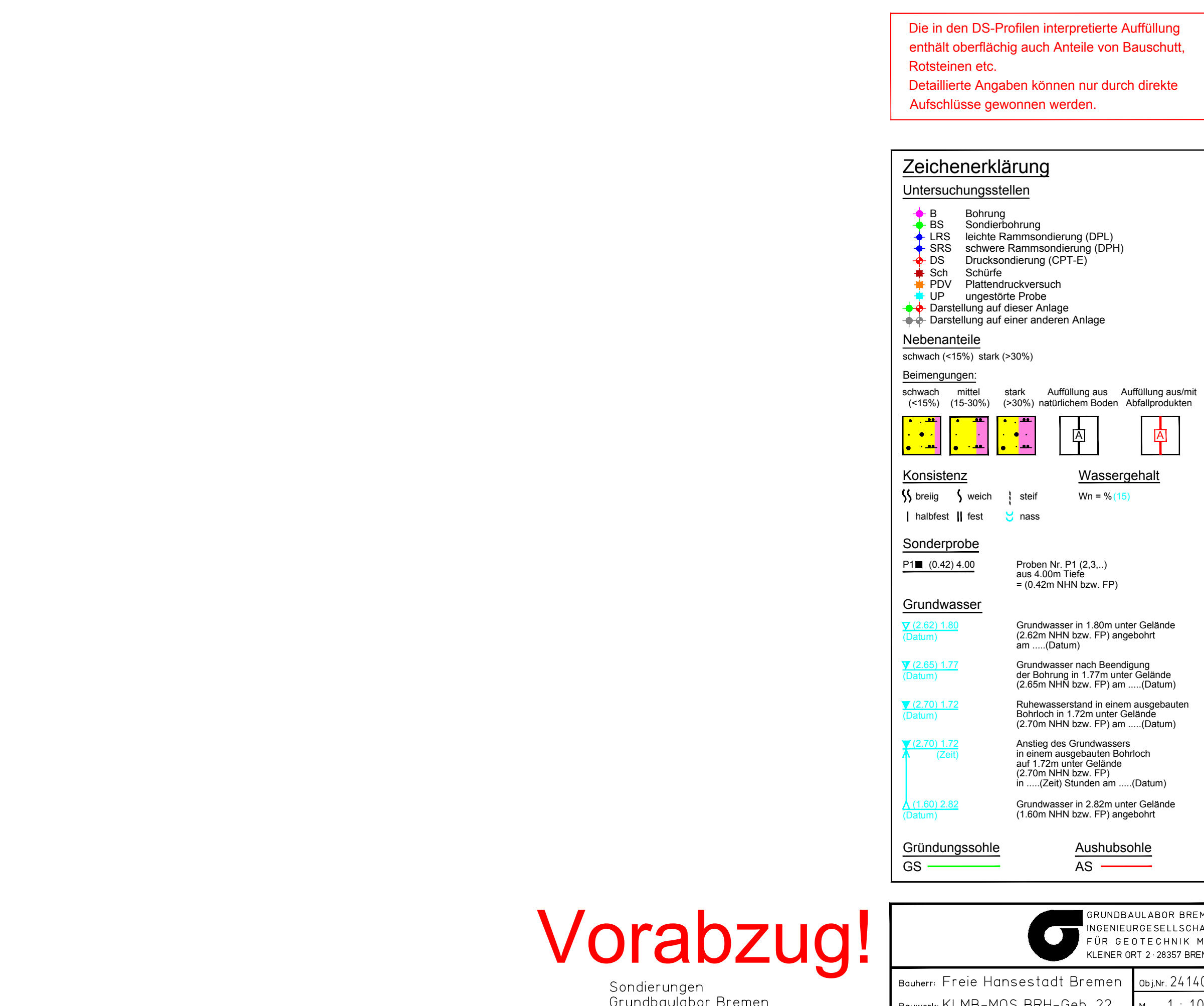
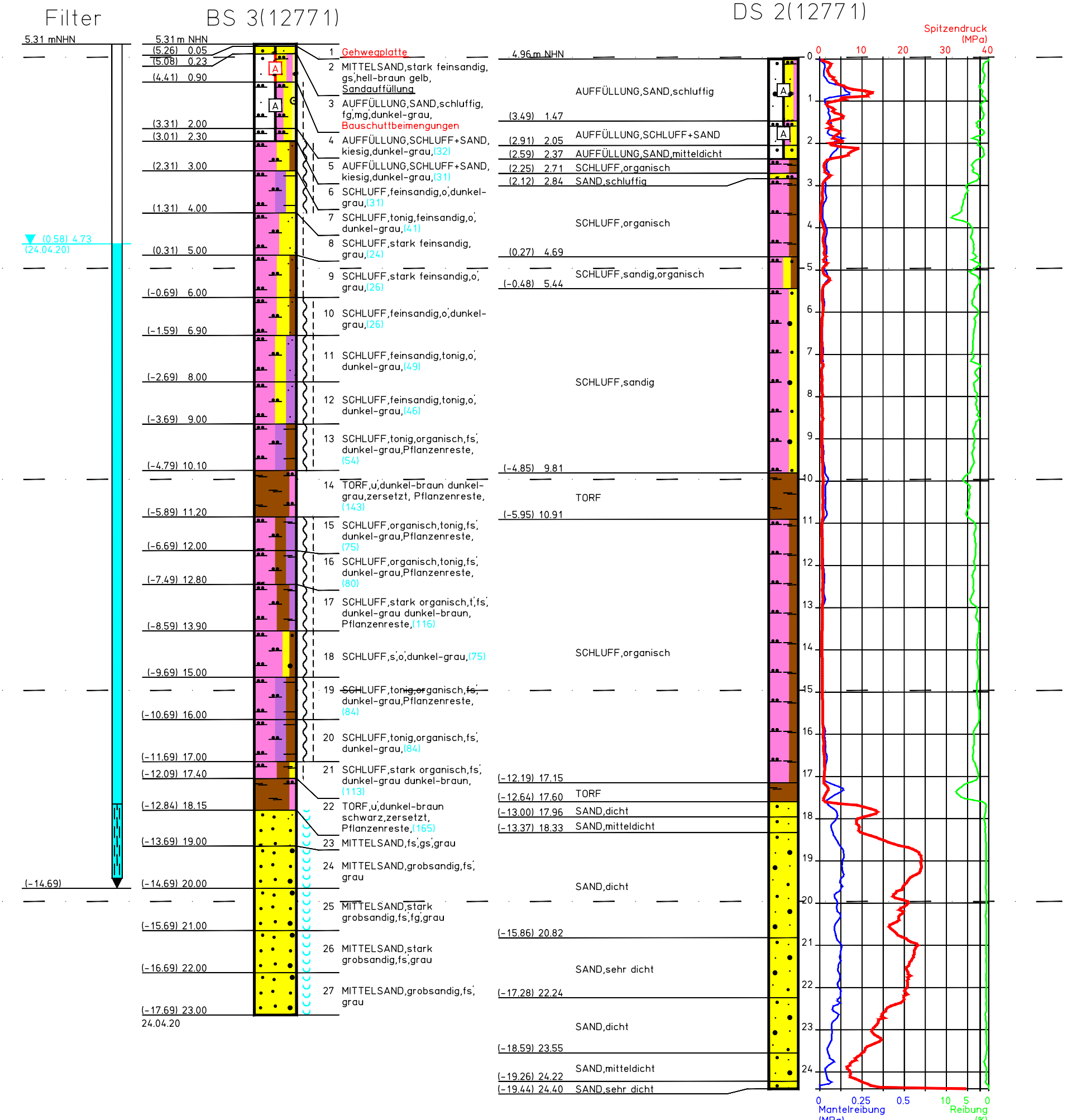
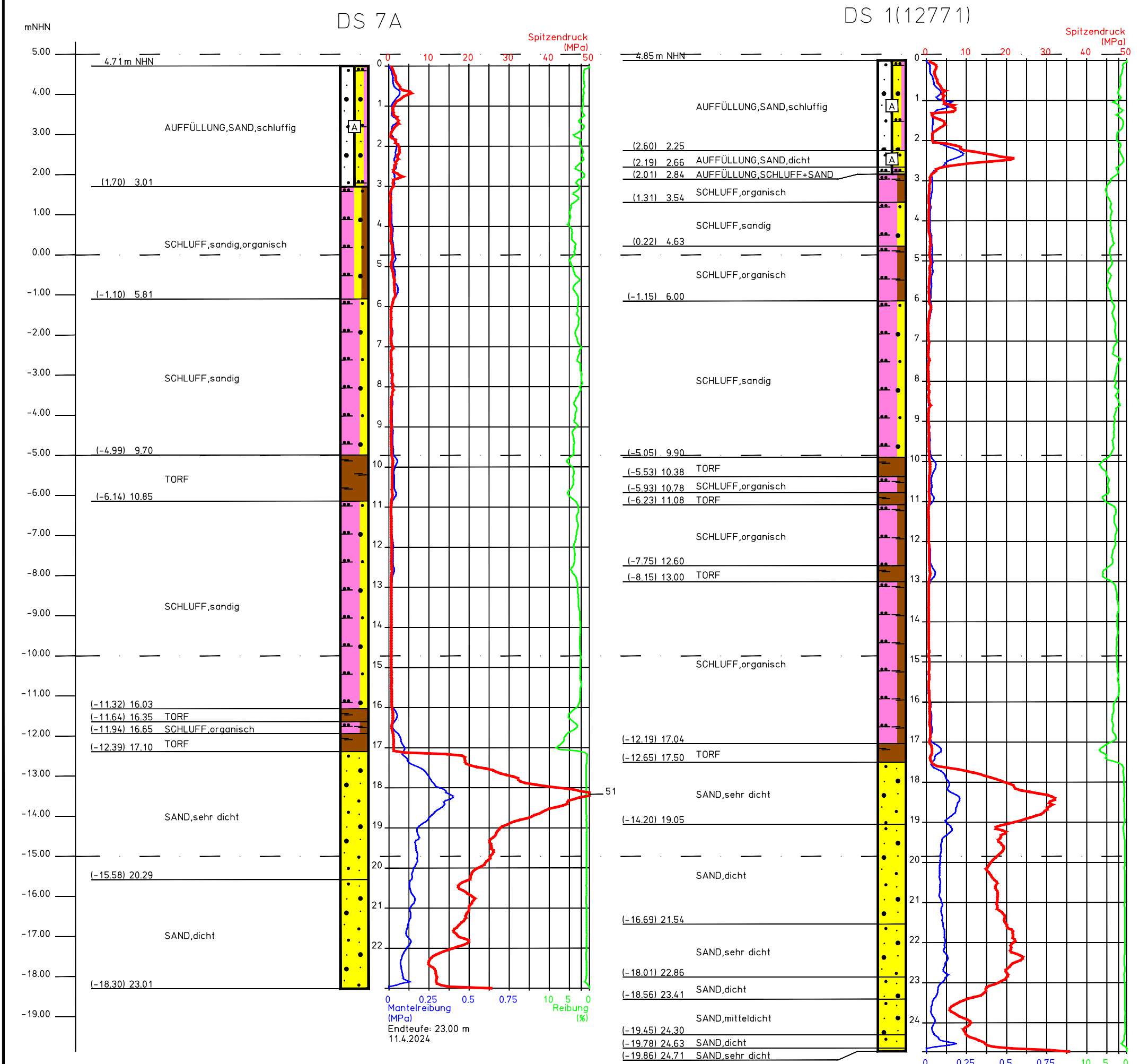
O:\24\14083\CAD\14083-anl.1.1.dwg



Die mit "DS" bezeichneten Bodenprofile wurden aus Drucksondierungen aufgrund des Verlaufes von Spitzendruck und Reibungswerten interpretiert. Die Bodenprofile enthalten keine Angaben über Grundwasser, weil ein Grundwasserspiegel in Drucksondierungen nicht ermittelt werden kann.

Die Lage und Höhe der Ansatz- und Geländepunkte wurden mit dem satellitengestützten Positionssystem Topcon via GNSS-Technik (GPS/GLONASS) eingemessen (Genauigkeit ca. Horiz. = 1 bis 2 cm, Vert. = 1,5 bis 3 cm).

Die in den DS-Profilen interpretierte Auffüllung enthält oberflächlich auch Anteile von Bauschutt, Rotsteinen etc. Detaillierte Angaben können nur durch direkte Aufschlüsse gewonnen werden.



Zeichenerklärung

Untersuchungsstellen

- B Bohrung
- BS Sondierbohrung
- LRS leichte Rammsondierung (DPL)
- SRS schwere Rammsondierung (DPH)
- DS Drucksondierung (CPT-E)
- Sch Schürfe
- PDV Plattendruckversuch
- UP ungestörte Probe
- Darstellung auf dieser Anlage
- Darstellung auf einer anderen Anlage

Nebenanteile

schwach (<15%) mittel (15-30%) stark (>30%)

Beimengungen:

schwach (<15%) mittel (15-30%) stark (>30%)

Konsistenz

fließfähig | weich | steif

Wassergehalt

W_n = % (15)

Sonderprobe

P1 (0.42) 4.00

Grundwasser

Grundwasser in 1.80m unter Gelände (2.62m NNN bzw. FP) angebohrt am ... (Datum)

Grundwasser nach Beendigung der Bohrung in 1.77m unter Gelände (2.65m NNN bzw. FP) am ... (Datum)

Ruhewasserstand in einem ausgebauten Bohrloch in 1.72m unter Gelände (2.70m NNN bzw. FP) am ... (Datum)

Anstieg des Grundwassers in einem ausgebauten Bohrloch auf 1.72m unter Gelände (2.70m NNN bzw. FP) in ... (Zeit) Stunden am ... (Datum)

Grundwasser in 2.62m unter Gelände (1.62m NNN bzw. FP) angebohrt

Gründungssohle

GS

Aushubssohle

AS

Vorabzug!

Sondierungen
Grundbaulabor Bremen
26.02. + 11.04.2024

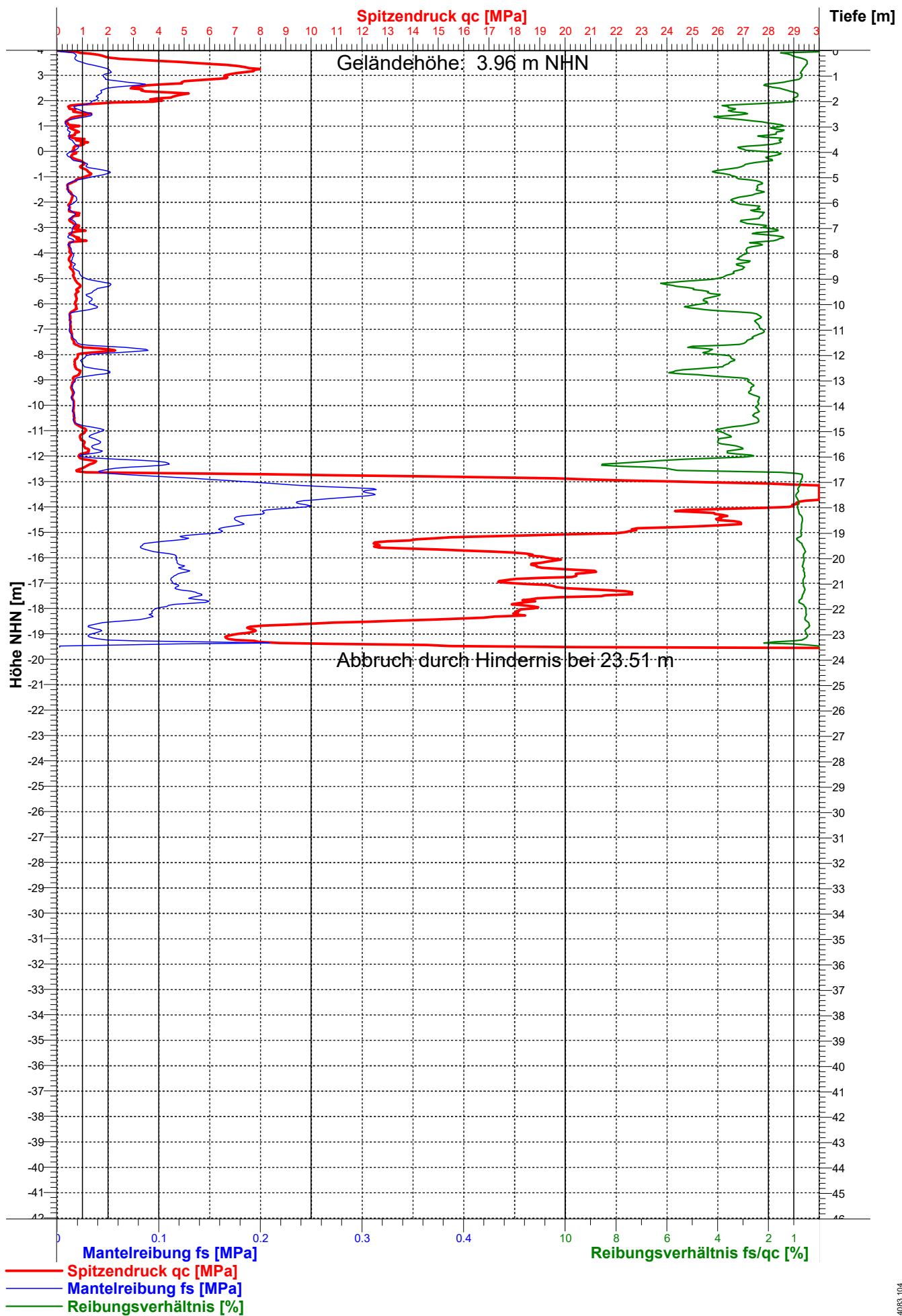
GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK MBH
KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLMB-MOS BRH-Geb. 22
Ort: Brhv., Elbestr.

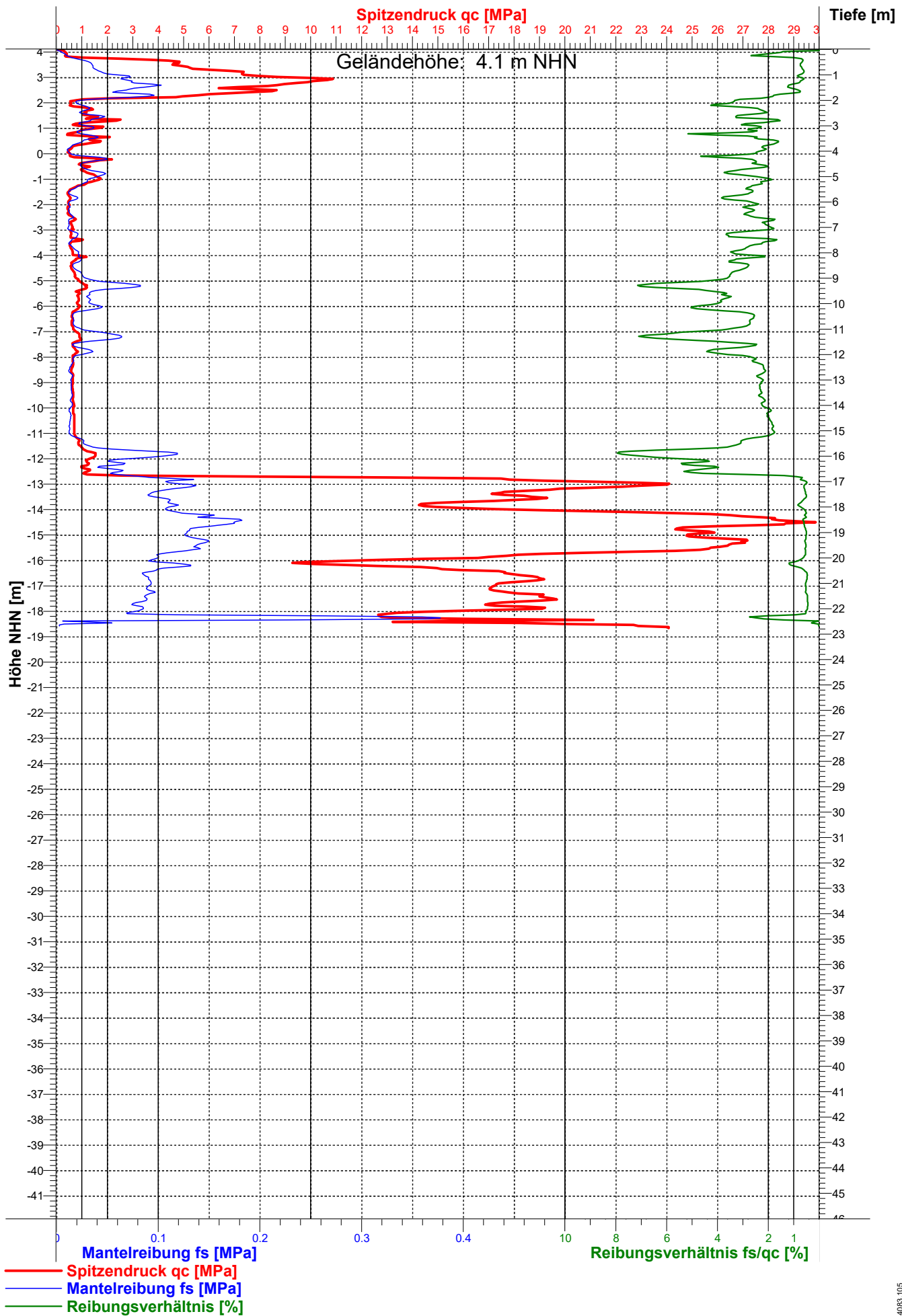
Obj.Nr.: 2414083
M: 1 : 100
Gez.: Ar

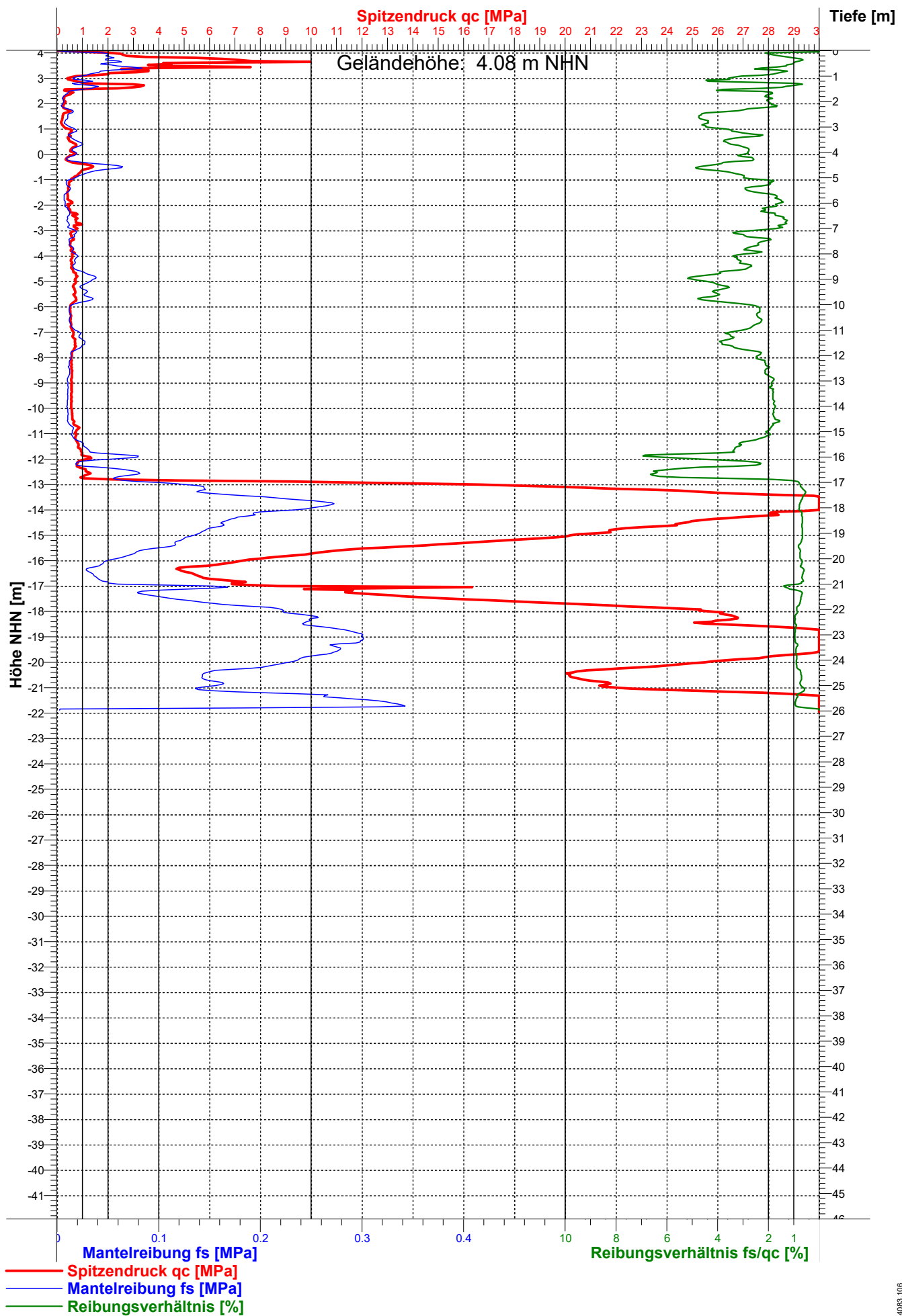
Sondierbohrung BS 6, 3(12771)
Bodenprofile DS 4 - 7, 1+2(12771)

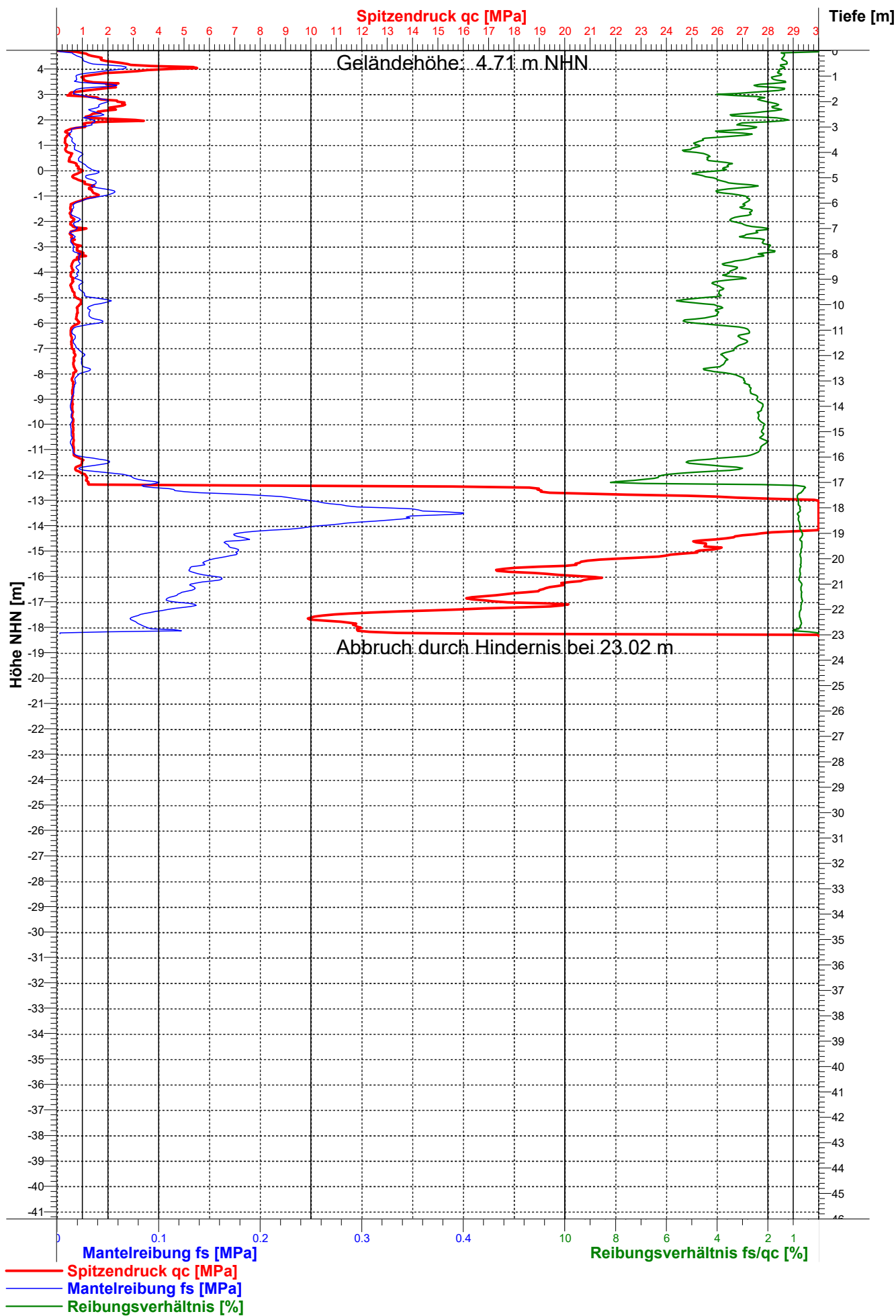
Anl. 2.1

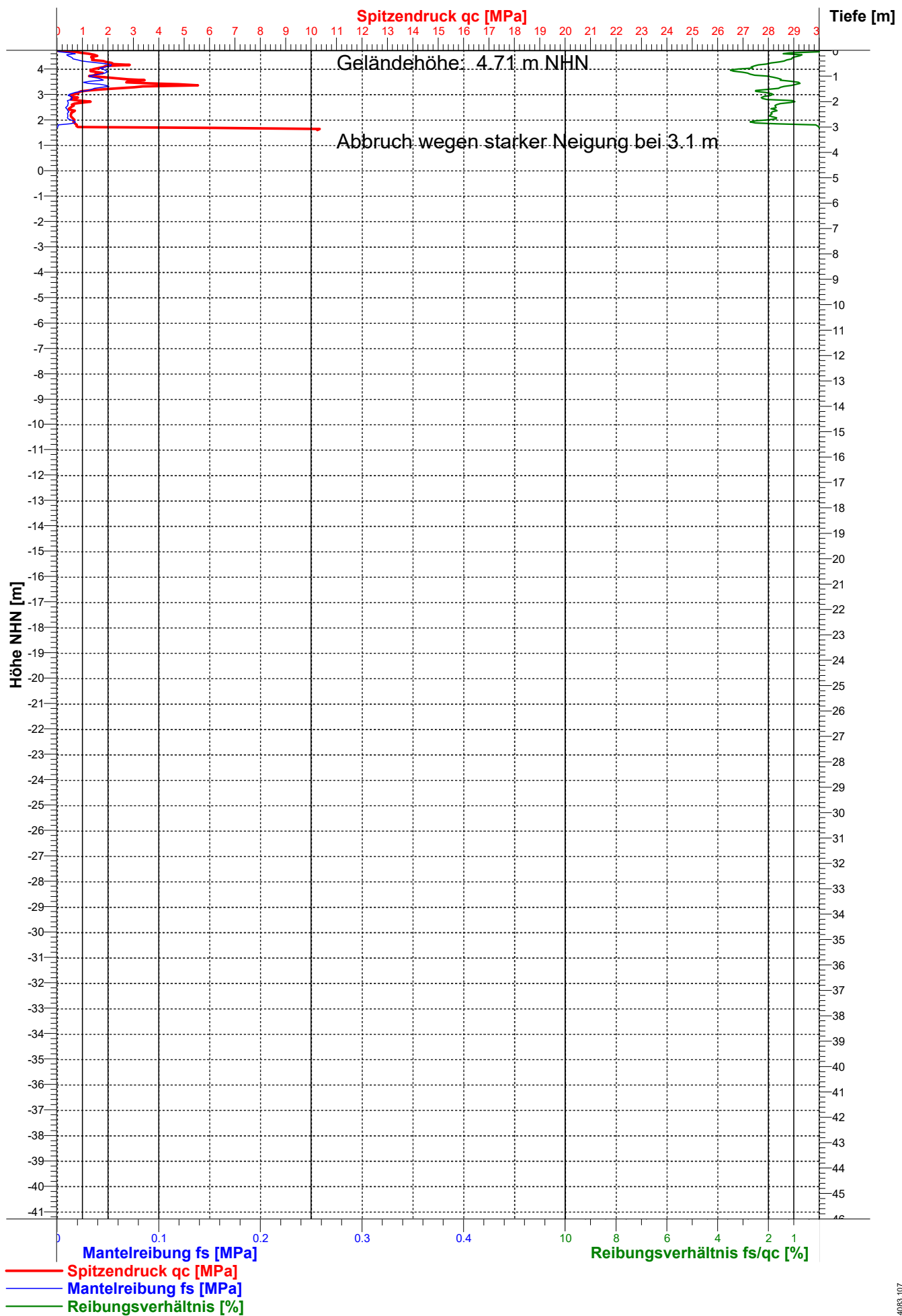


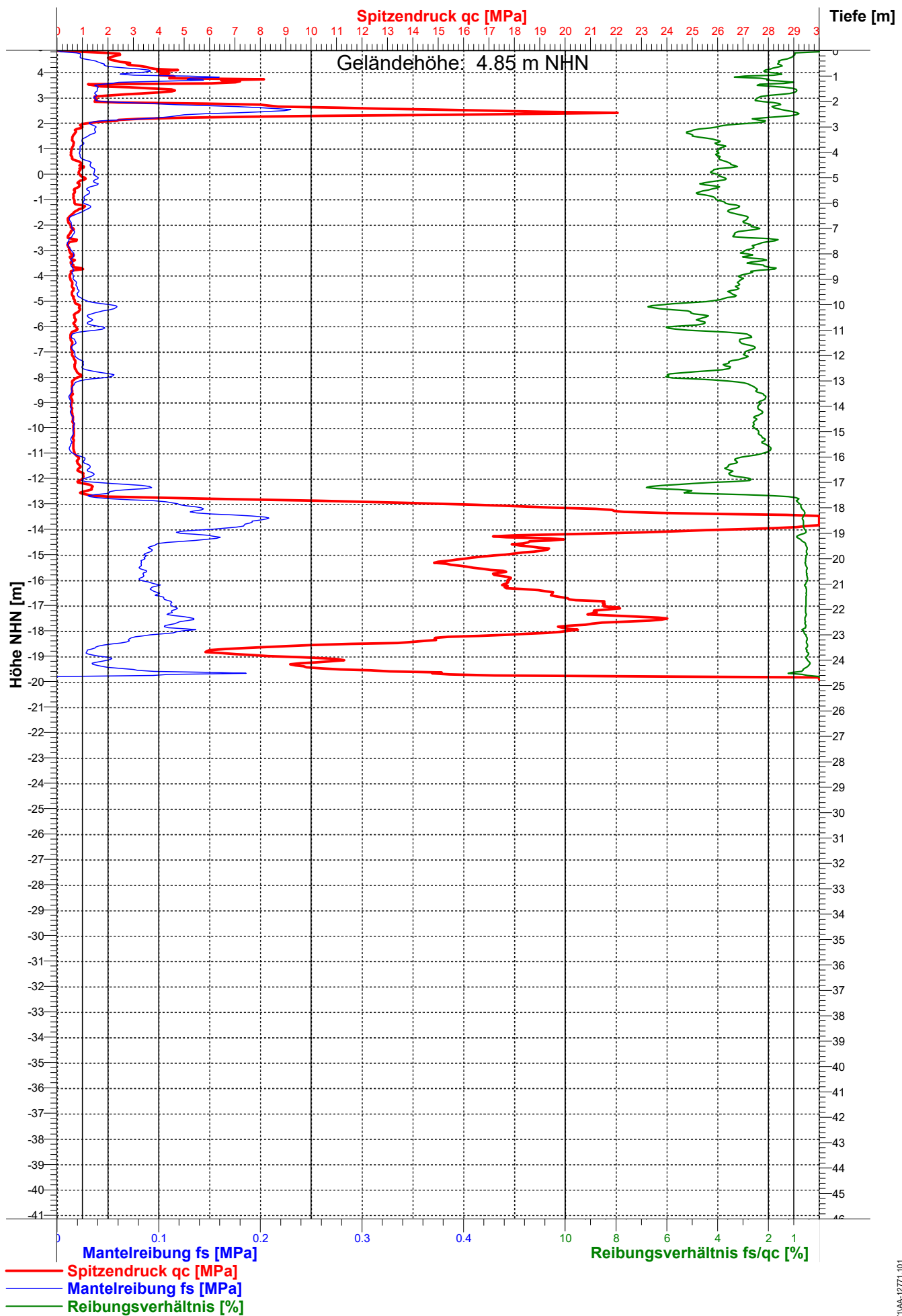
DS 5

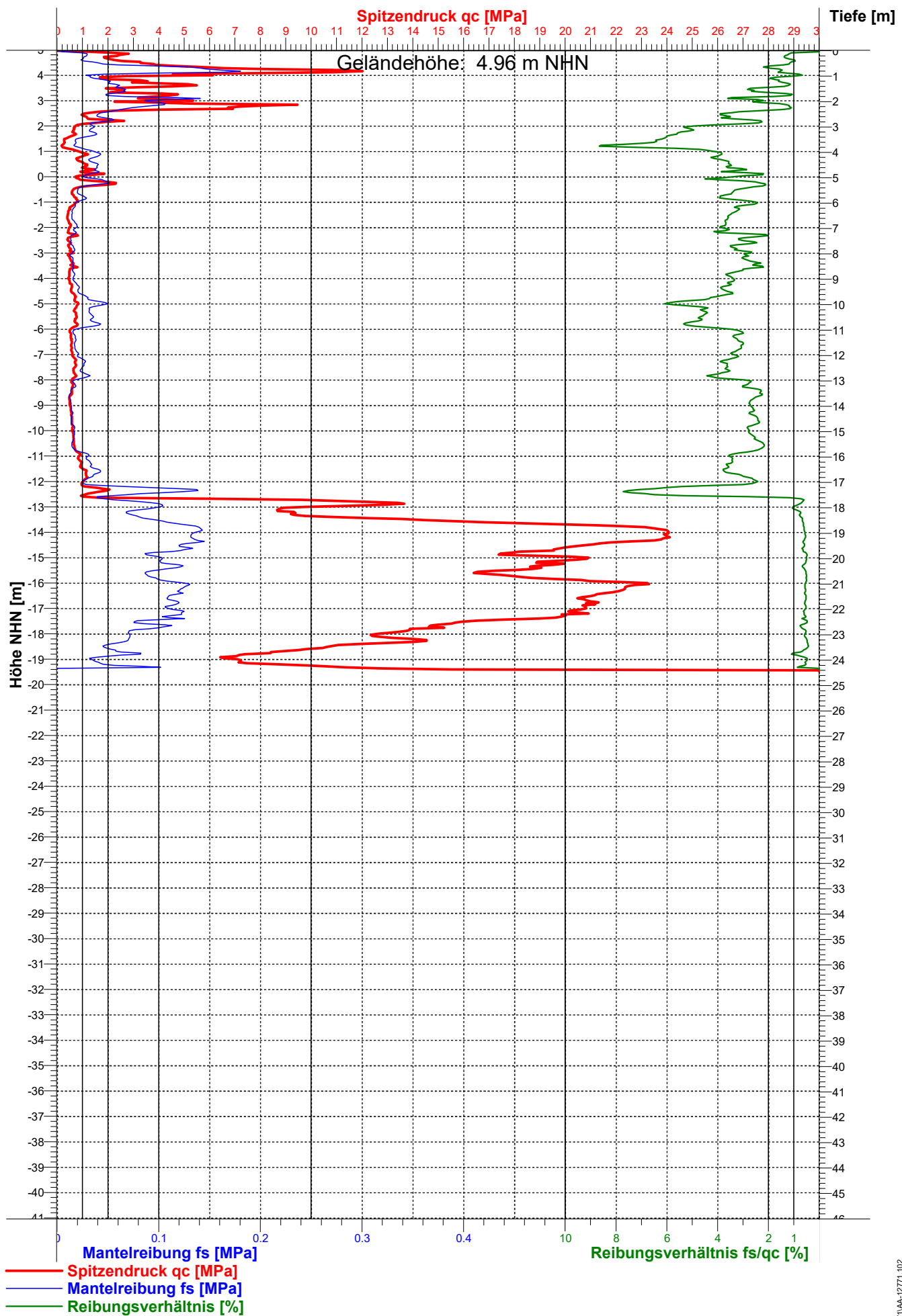


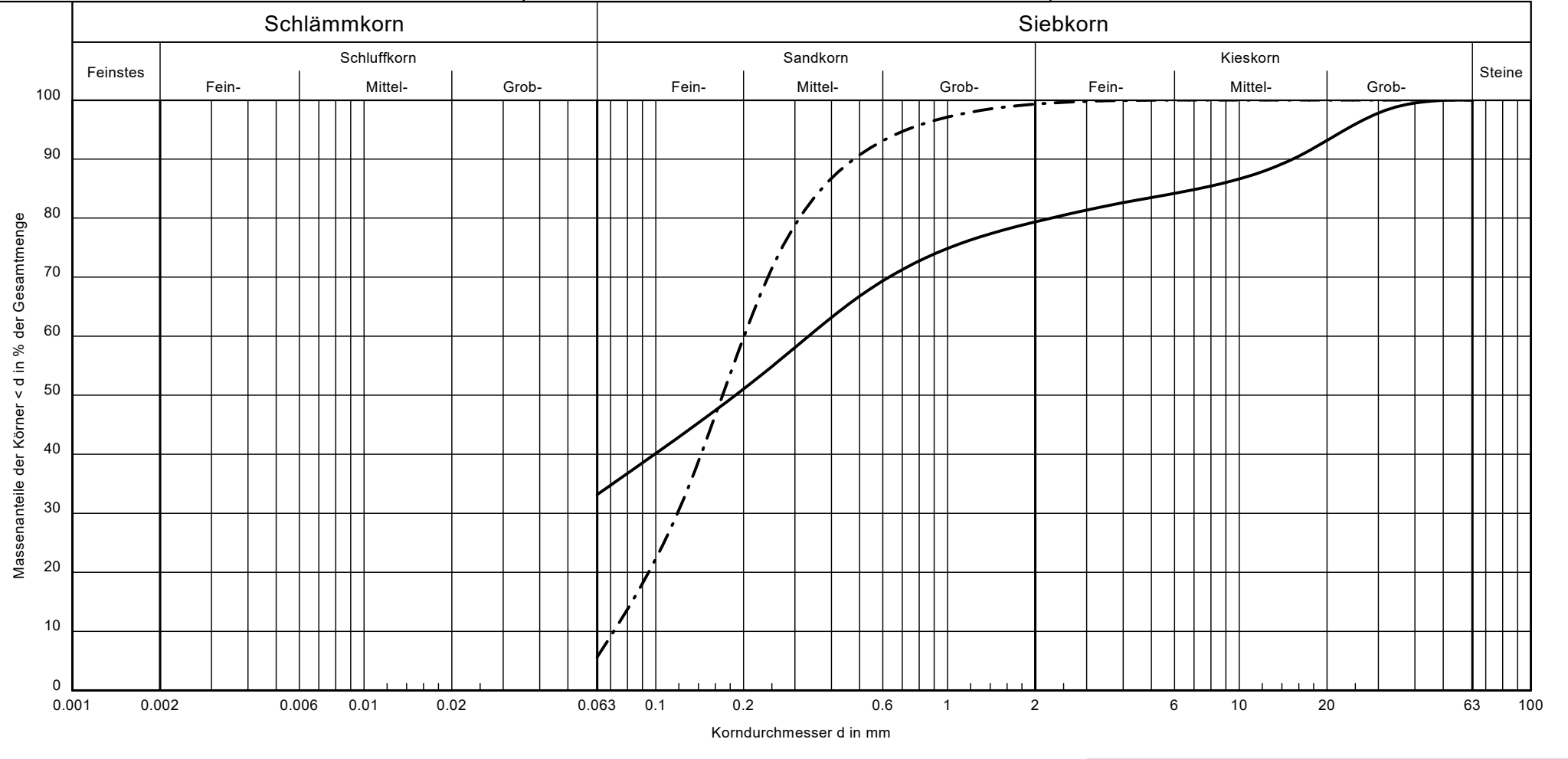










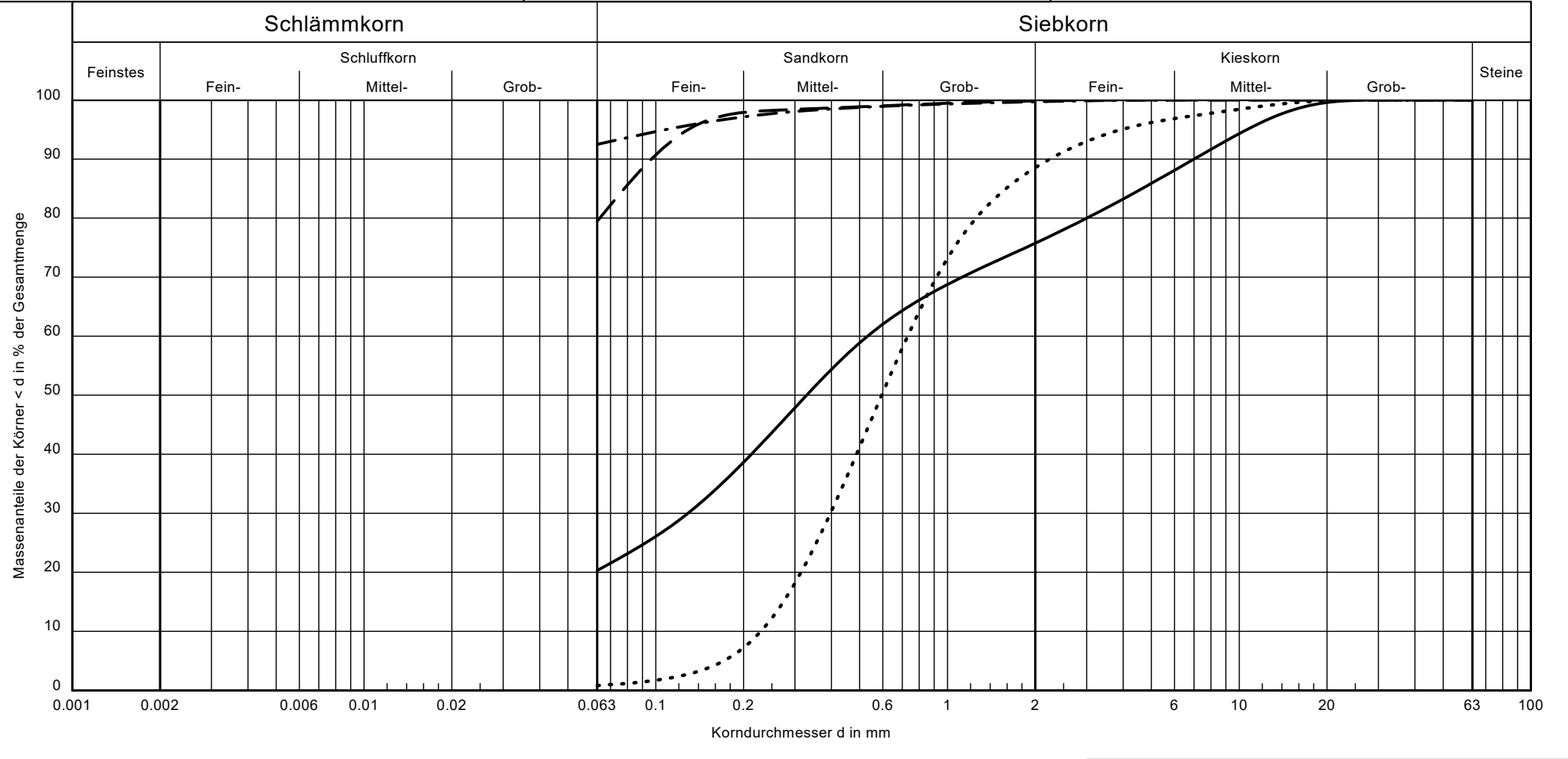


Entnahmestelle:	BS 6	BS 6	Obj.-Nr: 2414083
Tiefe:	0,60 - 1,00	21,00 - 22,00	Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bodenart:	S, ü, mg', gg', Auffüllung	fS, ms, u', gs'	Bauwerk: KLMB- MOS BRH- Geb.22
Cu/Cc:	-/-	2.8/1.0	Ort: Bremerhaven, Elbestr.
T/U/S/G [%]:	- /33.2/46.2/20.6	- /5.7/93.6/0.7	Gez.: MaO
Bodengruppe:	SU*	SU	Anl.: 3.1.1
Art der Siebung:	Nasssiebung	Nasssiebung	
Signatur			



Körnungslinie

Datum: 26.05.20




Bezeichnung:	3/3 n	3/10 n	3/18 n	3/25 t
Entnahmestelle:	BS 3	BS 3	BS 3	BS 3
Tiefe:	0,23 - 0,90	6,00 - 6,90	13,90 - 15,00	20,00 - 21,00
Bodenart:	S, u, fg', mg', Auffüllung, Bauschuttbeim.	U, fs, o'	U, s', o'	mS, gs, fs', fg'
Cu/Cc:	-/-	-/-	-/-	3.2/0.9
T/U/S/G [%]:	- /20.3/55.4/24.3	- /79.5/20.4/0.2	- /92.5/7.2/0.3	- /0.8/87.7/11.4
Bodengruppe:	SU*	UL	UL	SE
Signatur	_____	-----	-----	-----

Obj.-Nr:	2012771
Bauherr:	Immobilien Bremen AöR
Bauwerk:	Gebäude 22
Ort:	Brhv., Elbestr. 101
Gez.:	ga
Anl.:	3.1.2

Probe Nr.	Bohr- ungs- Nr.	Tiefe		Bodenart	geol. Zeit	BG	w _n [%]
		von [m]	bis [m]				
4	6	1,00	2,00	Schluff, st. sandig, schw. tonig, schw. organisch	HO	UL	39,2
5	6	2,00	3,00	Schluff, sandig, schwach tonig, schwach organisch	HO	UL	45,9
6	6	3,00	4,00	Schluff, feinsandig, schw. tonig, schw. organisch	HO	UL	40,0
7	6	4,00	5,00	Schluff, feinsandig, tonig, schwach organisch	HO	UM	34,7
8	6	5,00	6,00	Schluff, feinsandig, tonig, schwach organisch	HO	UM	74,0
9	6	6,00	7,00	Schluff, st. feinsandig, schw. tonig, schw. ms	HO	UL	35,0
10	6	7,00	8,00	Schluff, feinsandig, tonig, schwach organisch	HO	UM	65,4
11	6	8,00	8,50	Schluff, feinsandig, tonig, schwach organisch	HO	UM	65,9
12	6	8,50	9,00	Torf, schluffig	HO	HZ	160,0
13	6	9,00	10,00	Torf, schluffig	HO	HZ	137,4
14	6	10,00	11,20	Schluff, tonig, feinsandig, schwach organisch	HO	UM	86,5
15	6	11,20	12,00	Schluff, tonig, organisch, schwach feinsandig	HO	UM	131,5
16	6	12,00	13,00	Schluff, tonig, schw. feinsandig, schw. organisch	HO	UM	59,7
17	6	13,00	14,00	Schluff, tonig, schwach feinsandig	HO	UM	74,7
18	6	14,00	15,00	Schluff, tonig, feinsandig	HO	UM	82,9
19	6	15,00	15,60	Schluff, stark organisch	HO	OU	135,0
20	6	15,60	15,80	Torf	HO	HZ	273,4
21	6	15,80	16,10	Schluff, tonig, schwach organisch	HO	UM	90,0
22	6	16,10	16,40	Torf, schluffig	HO	HZ	173,2
23	6	16,40	16,60	Schluff + Feinsand, mittelsandig	HO	UL	15,5

Wassergehalte: 20

 GRUNDBAULABOR BREMEN INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK MBH KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN		Obj.Nr. 2414083	
		Dat.: 7.5.24	
Bauherr: Freie Hansestadt Bremen		Gez.: ga, MaO	
Bauwerk: KLBM-MOS BRH - Geb. 22		Anl.: 3.2.1	
Ort: Brhv., Elbestr.			
Bodenmechanische Kennziffern			

O:\24114083\FeldBS\14083bmk.xlsx

Probe Nr.	Bohr- ungs- Nr.	Tiefe		Bodenart	geol. Zeit	BG	w _n [%]
		von [m]	bis [m]				
4	3	0,90	2,00	Schluff + Sand, kiesig	HO	UL	31,5
5	3	2,00	2,30	Schluff + Sand, kiesig	HO	UL	30,7
6	3	2,30	3,00	Schluff, feinsandig, schwach organisch	HO	UL	31,4
7	3	3,00	4,00	Schluff, tonig, feinsandig, schwach organisch	HO	UM	41,3
8	3	4,00	5,00	Schluff, stark feinsandig	HO	UL	24,2
9	3	5,00	6,00	Schluff, stark feinsandig, schwach organisch	HO	UL	25,7
10	3	6,00	6,90	Schluff, feinsandig, schwach organisch	HO	UL	26,3
11	3	6,90	8,00	Schluff, feinsandig, tonig, schwach organisch	HO	UM	49,2
12	3	8,00	9,00	Schluff, feinsandig, tonig, schwach organisch	HO	UM	46,3
13	3	9,00	10,10	Schluff, tonig, organisch, schwach feinsandig	HO	OU	53,8
14	3	10,10	11,20	Torf, schwach schluffig	HO	HZ	142,7
15	3	11,20	12,00	Schluff, organisch, tonig, schwach feinsandig	HO	OU	75,5
16	3	12,00	12,80	Schluff, organisch, tonig, schwach feinsandig	HO	OU	79,6
17	3	12,80	13,90	Schluff, st. organisch, schw. tonig, schw. fs	HO	OU	116,0
18	3	13,90	15,00	Schluff, schwach sandig, schwach organisch	HO	UL	74,9
19	3	15,00	16,00	Schluff, tonig, organisch, schwach feinsandig	HO	OU	83,7
20	3	16,00	17,00	Schluff, tonig, organisch, schwach feinsandig	HO	OU	84,3
21	3	17,00	17,40	Schluff, stark organisch, schwach feinsandig	HO	OU	113,5
22	3	17,40	18,15	Torf, schwach schluffig	HO	HZ	165,0

Wassergehalte:

19

 GRUNDBAULABOR BREMEN INGENIEURGESELLSCHAFT FÜR GEOTECHNIK MBH KLEINER ORT 2 · 28357 BREMEN		Obj.Nr. 2012771	
		Dat.: 26.5.20	
Bauherr: Imm. HB AöR		Gez.: ga	
Bauwerk: Anbau Marineoperationsschule		Anl.: 3.2.2	
Ort: Brhv., Elbestraße 101			
Bodenmechanische Kennziffern			

O:\2012771\FeldBS12771bmk.xlsx

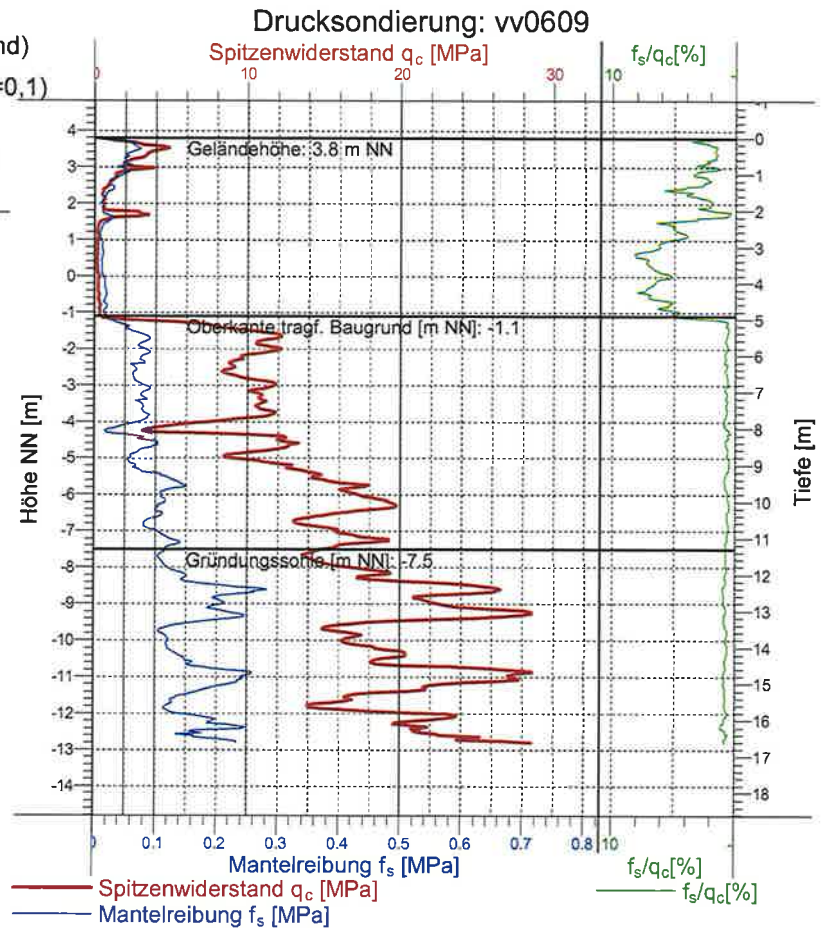
Vollverdrängungsbohrpfahl Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm

Oberkante Gelände: 3.80 m NN, Ok. tragf. Baugrund: -1.10 m NN, Gründungssohle: -7.50 m NN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 6.40 m, Pfahllänge u. GOK: 11.30 m

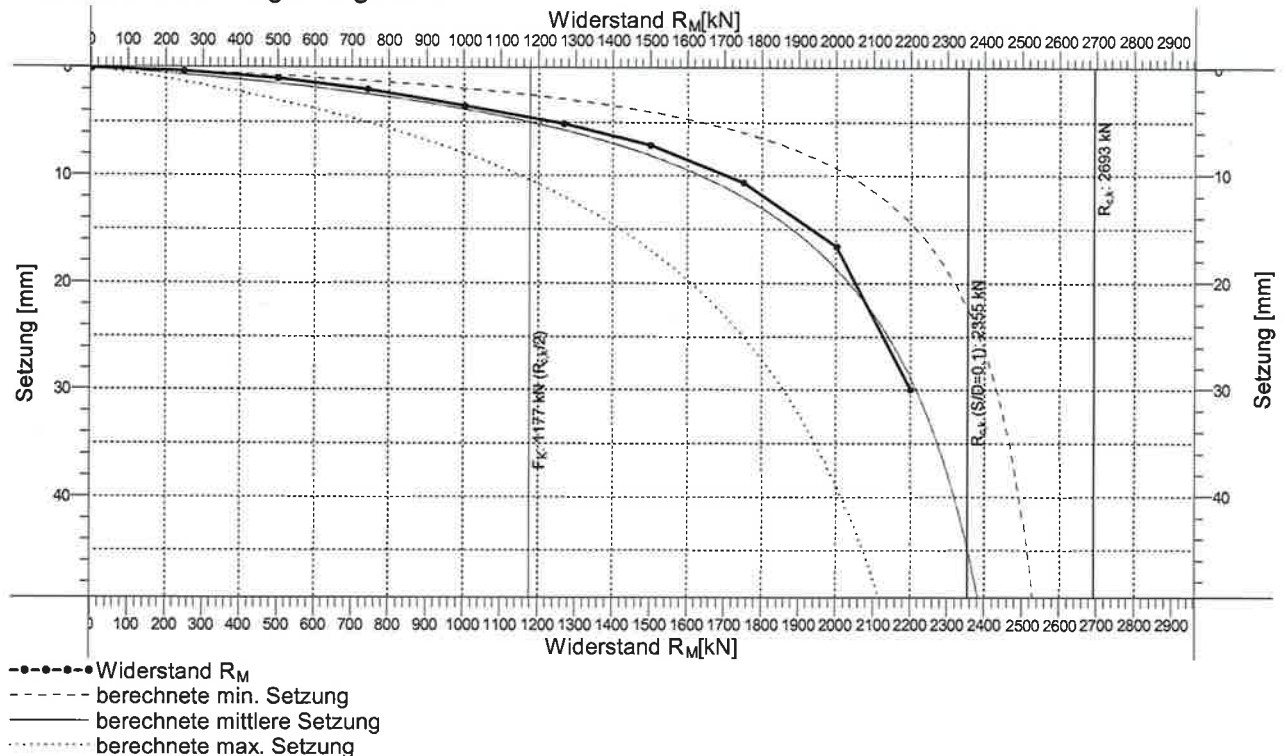
Berechnungswerte:

$$R_{c,k} = 2693 \text{ kN (Gesamtpfahlwiderstand)}$$
$$R_{c,k} = 2355 \text{ kN (Pfahlwiderstand, S/D=0,1)}$$

mittlere s [cm]	GLB R _M [kN]	Messung R _M [kN]
0.1	360	419
0.2	636	721
0.3	853	950
0.4	1029	1128
0.5	1174	1272
0.6	1296	1390
0.7	1400	1489
0.8	1489	1572
0.9	1567	1644
s _{zul} =1.0	1636	1706
2.0	2035	2058
3.0	2216	
4.0	2318	
s _g =4.5	2355	
s = ∞	2693	



Widerstand-Setzungs-Diagramm



Vollverdrängungsbohrpfahl Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm

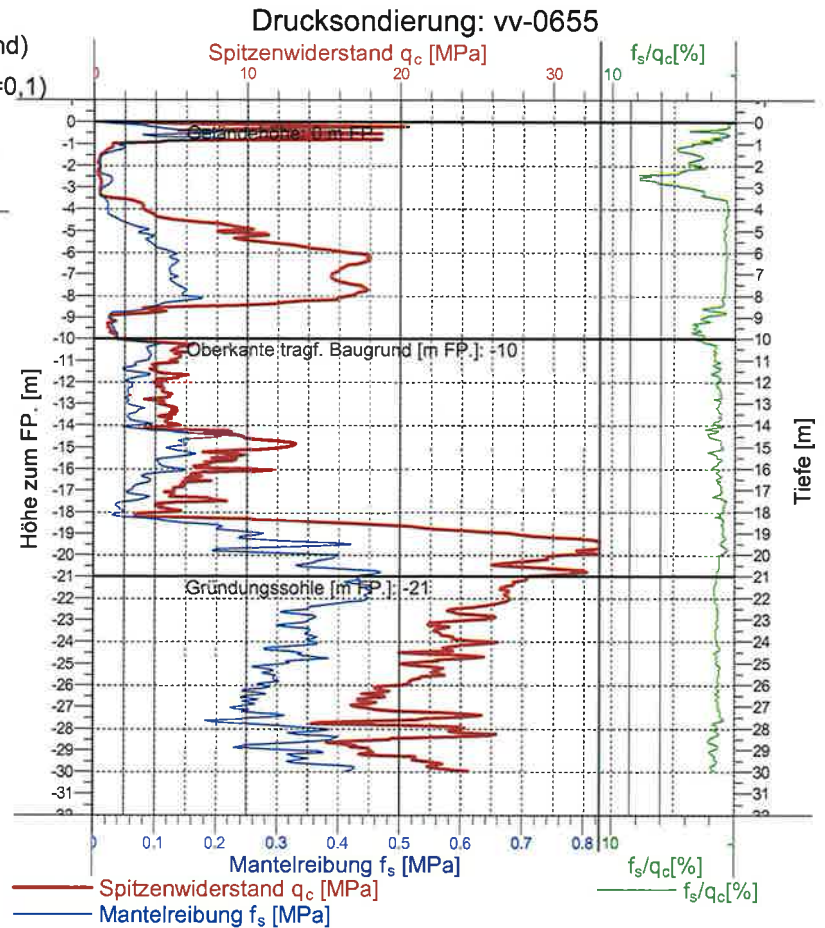
Oberkante Gelände: 0.00 m FP, Ok. tragf. Baugrund: -10.00 m FP, Gründungssohle: -21.00 m FP
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 11.00 m, Pfahlänge u. GOK: 21.00 m

Berechnungswerte:

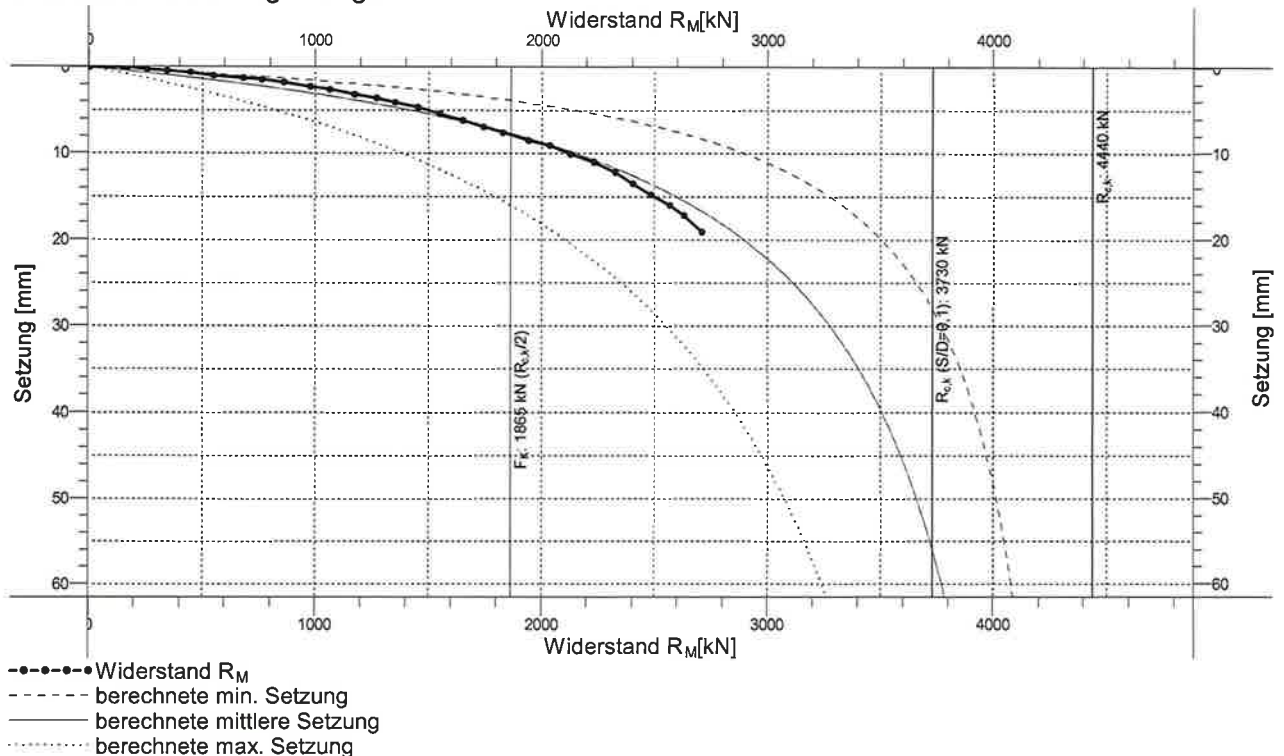
$R_{c,k} = 4440$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

$R_{c,k} = 3730$ kN (Pfahlwiderstand, $S/D=0,1$)

mittlere s [cm]	GLB R_M [kN]	Messung R_M [kN]
0.1	380	421
0.2	701	761
0.3	975	1039
0.4	1211	1272
0.5	1418	1469
0.6	1599	1639
0.7	1760	1787
0.8	1904	1916
0.9	2033	2030
$s_{zul}=1.0$	2149	2131
2.0	2896	
3.0	3276	
4.0	3506	
5.0	3660	
$s_g=5.6$	3730	
$s = \infty$	4440	



Widerstand-Setzungs-Diagramm



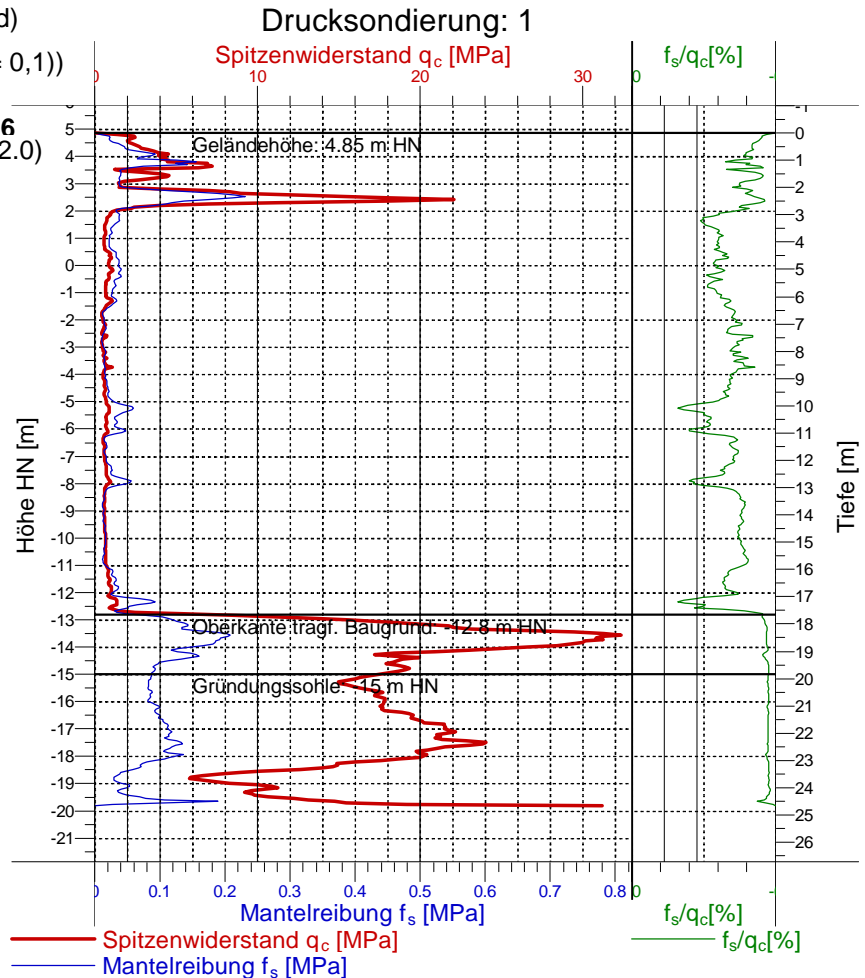
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 700 kN
Oberkante Gelände: 4.85 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -15.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 2.20 m, Pfahllänge u. GOK: 19.85 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 1561$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

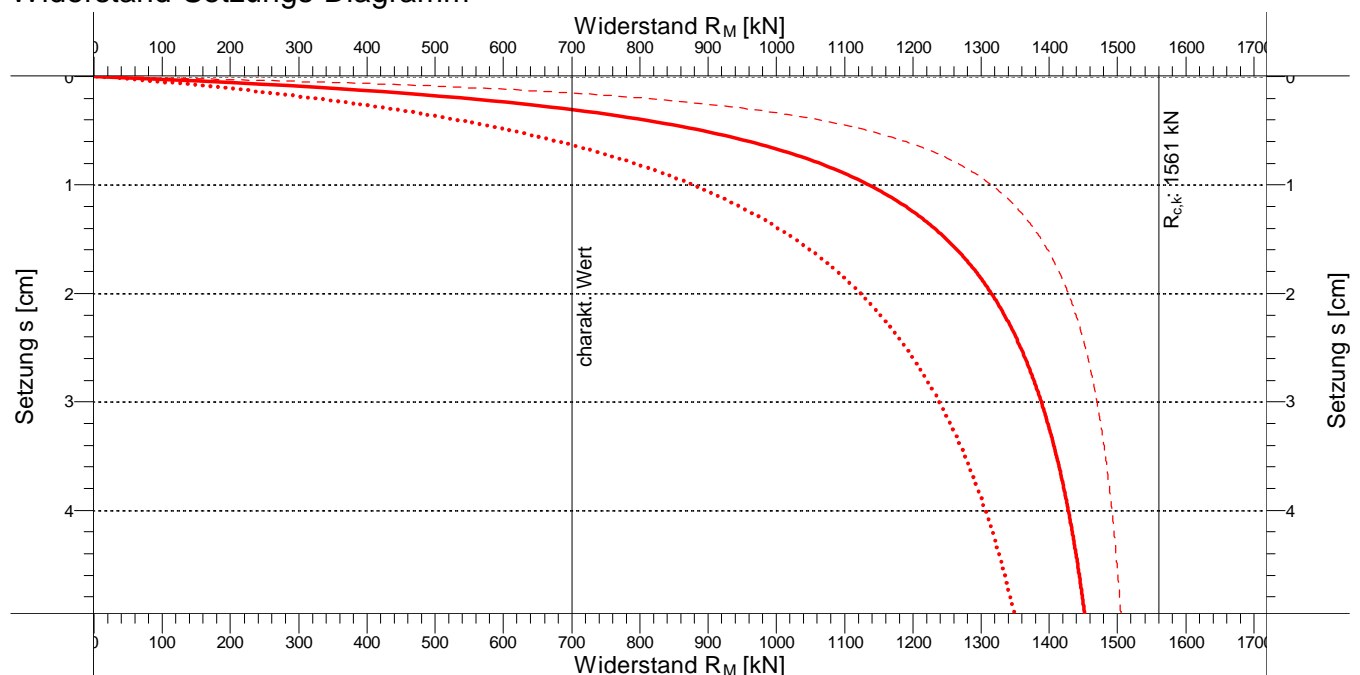
$R_{c,k} = 1441$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1441 \text{ kN}}{700 \text{ kN}} = 2.06 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	892
1.0	1135
$s_{zul}=1.50$	1249
2.0	1315
3.0	1388
4.0	1427
$s_g=4.50$	1441
$s = \infty$	1561



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Immobilien Bremen AöR
Bauwerk: Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestraße 101
Drucksondierung: 1
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2012771
Konus Nr.: C15CFIL.S18545
Datum: 24.4.2020
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.2.1

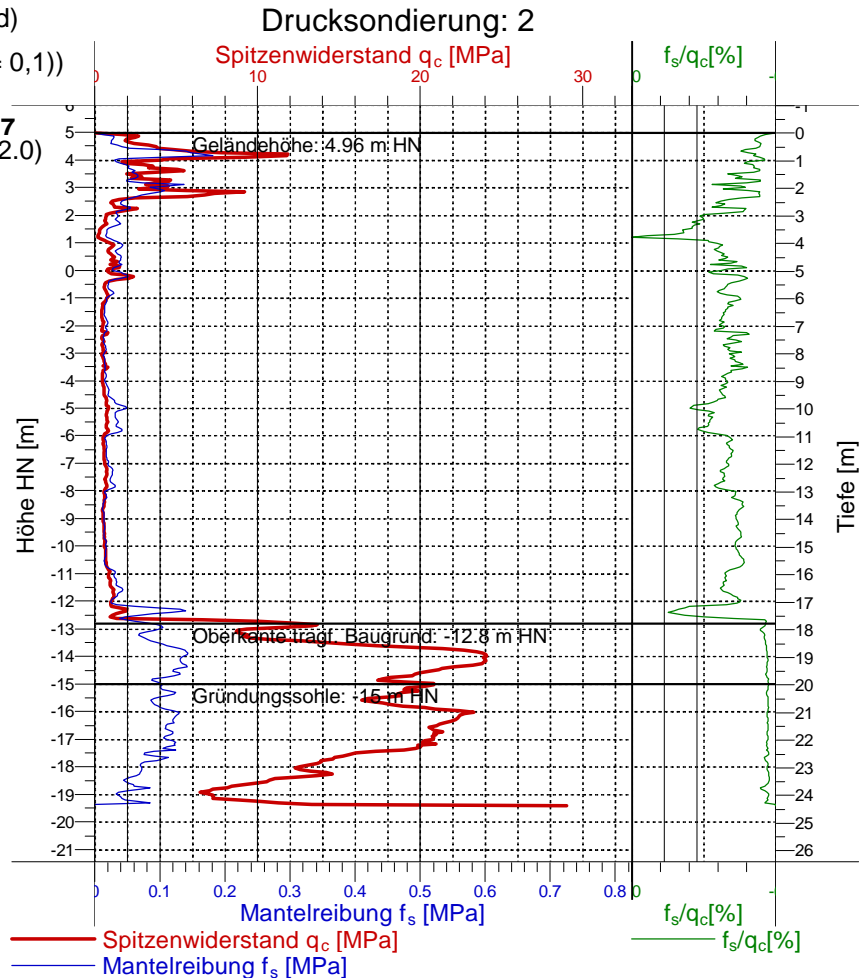
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 700 kN
Oberkante Gelände: 4.96 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -15.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 2.20 m, Pfahllänge u. GOK: 19.96 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 1568$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

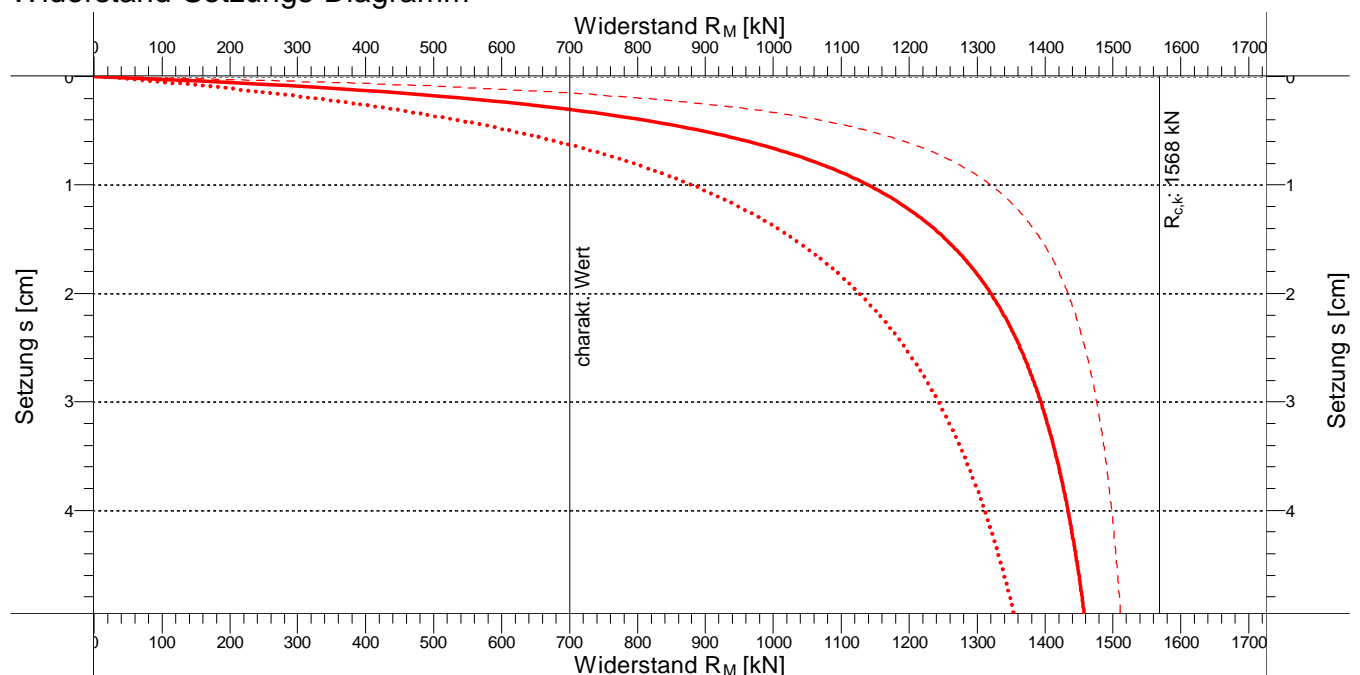
$R_{c,k} = 1447$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1447 \text{ kN}}{700 \text{ kN}} = 2.07 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	894
1.0	1139
$s_{zul}=1.50$	1253
2.0	1320
3.0	1393
4.0	1433
$s_g=4.50$	1447
$s = \infty$	1568



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Immobilien Bremen AöR
Bauwerk: Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestraße 101
Drucksondierung: 2
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2012771
Konus Nr.: C15CFIL.S18545
Datum: 24.4.2020
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.2.2

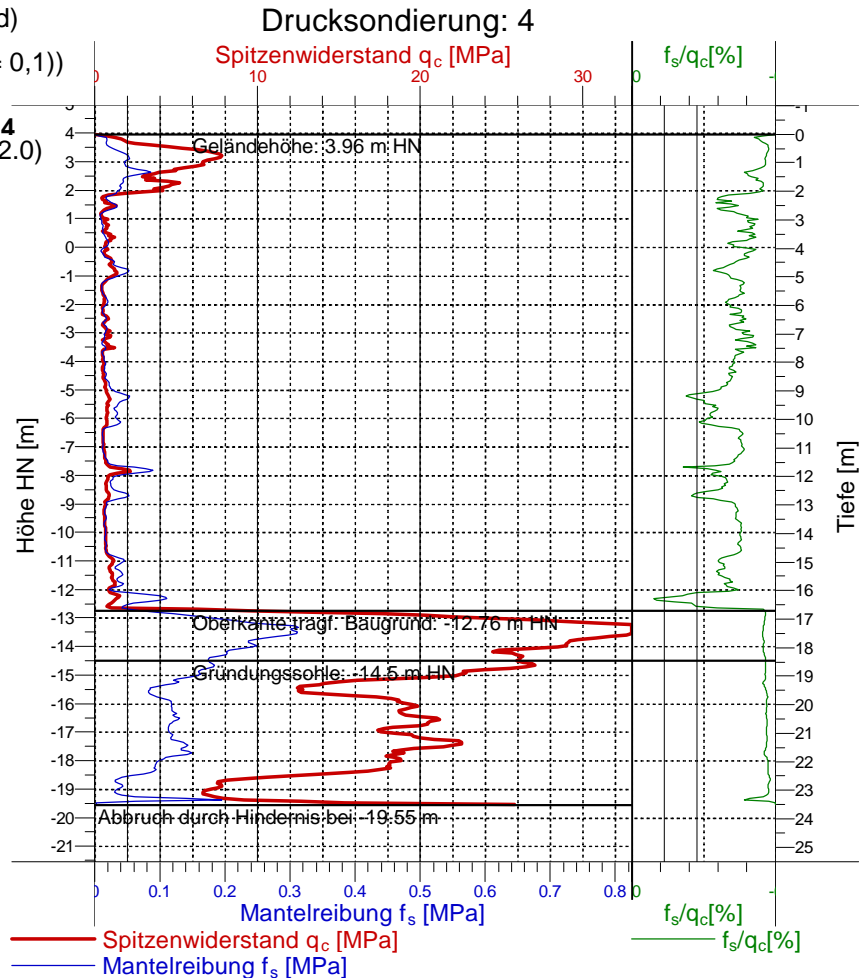
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 700 kN
Oberkante Gelände: 3.96 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.76 m HN, Gründungssohle: -14.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 1.74 m, Pfahllänge u. GOK: 18.46 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 1545$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

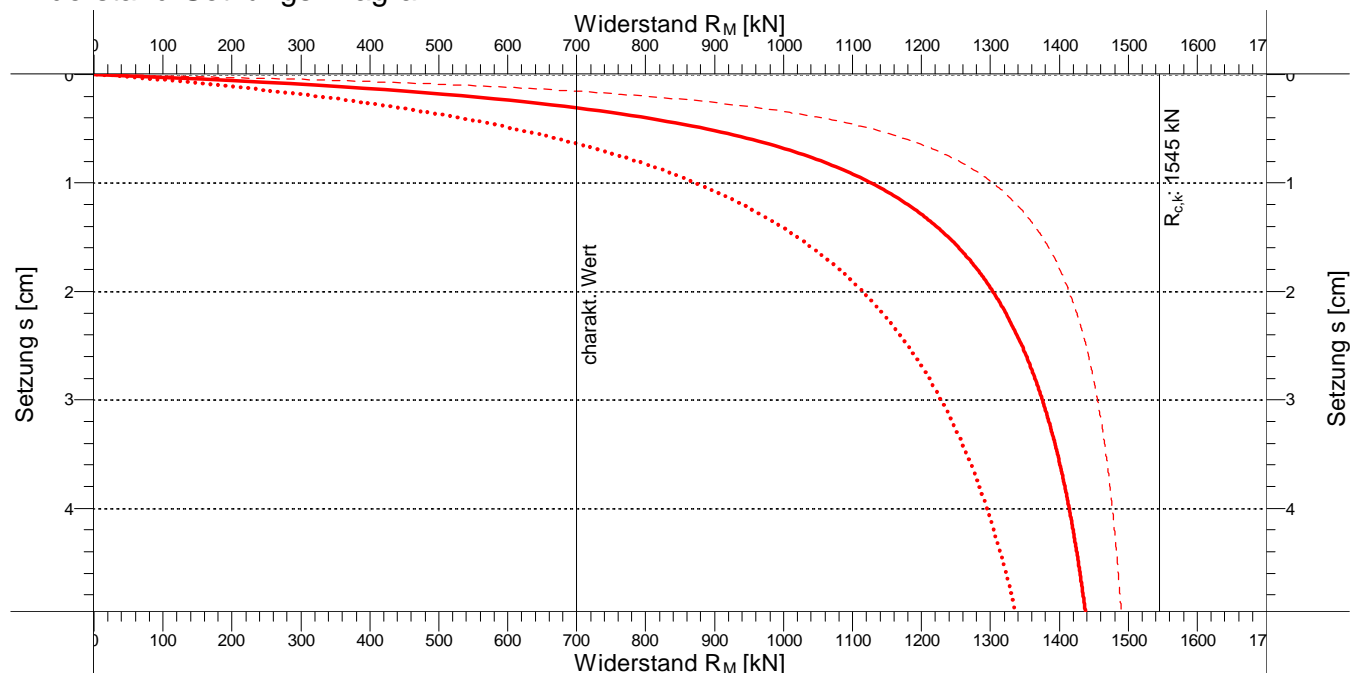
$R_{c,k} = 1427$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1427 \text{ kN}}{700 \text{ kN}} = 2.04 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	887
1.0	1127
$s_{zul}=1.50$	1238
2.0	1303
3.0	1375
4.0	1414
$s_g=4.50$	1427
$s = \infty$	1545



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbest.
Drucksondierung: 4
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.2.3

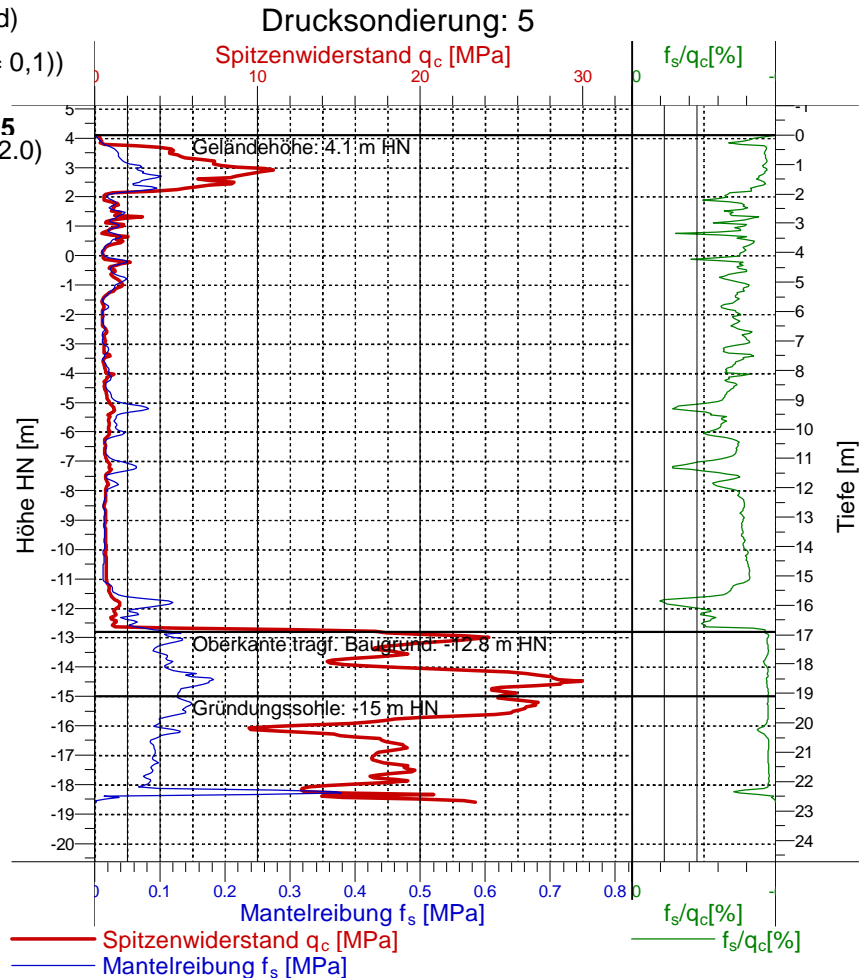
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 700 kN
Oberkante Gelände: 4.10 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -15.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 2.20 m, Pfahllänge u. GOK: 19.10 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 1557$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

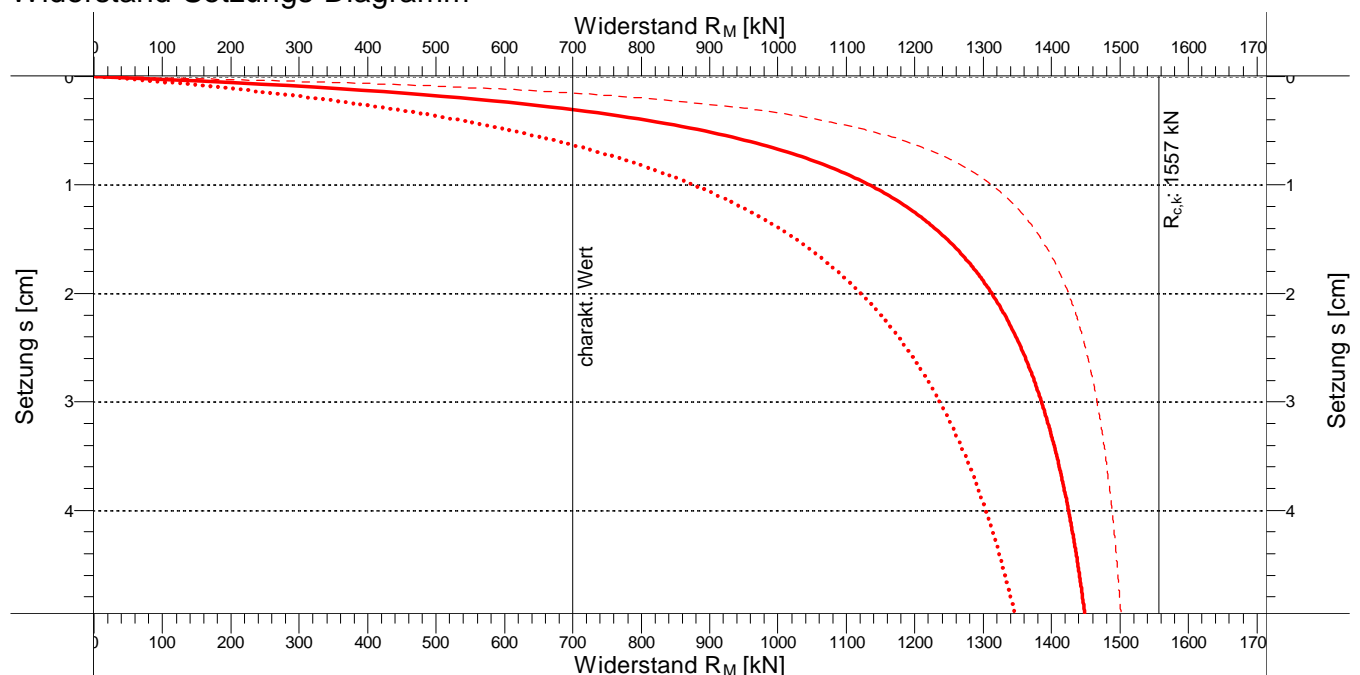
$R_{c,k} = 1438$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1438 \text{ kN}}{700 \text{ kN}} = 2.05 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	891
1.0	1133
$s_{zul}=1.50$	1247
2.0	1312
3.0	1385
4.0	1424
$s_g=4.50$	1438
$s = \infty$	1557



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 5
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFIIP.S181166
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.2.4

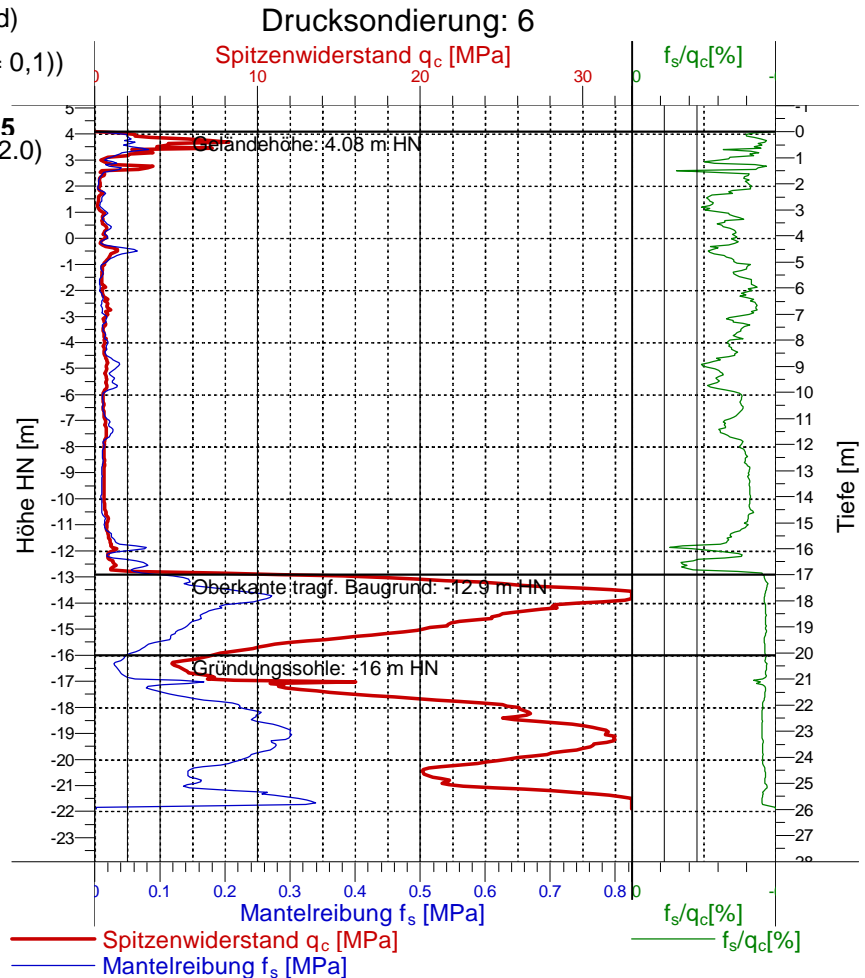
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 700 kN
Oberkante Gelände: 4.08 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.90 m HN, Gründungssohle: -16.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 3.10 m, Pfahllänge u. GOK: 20.08 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 1551$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

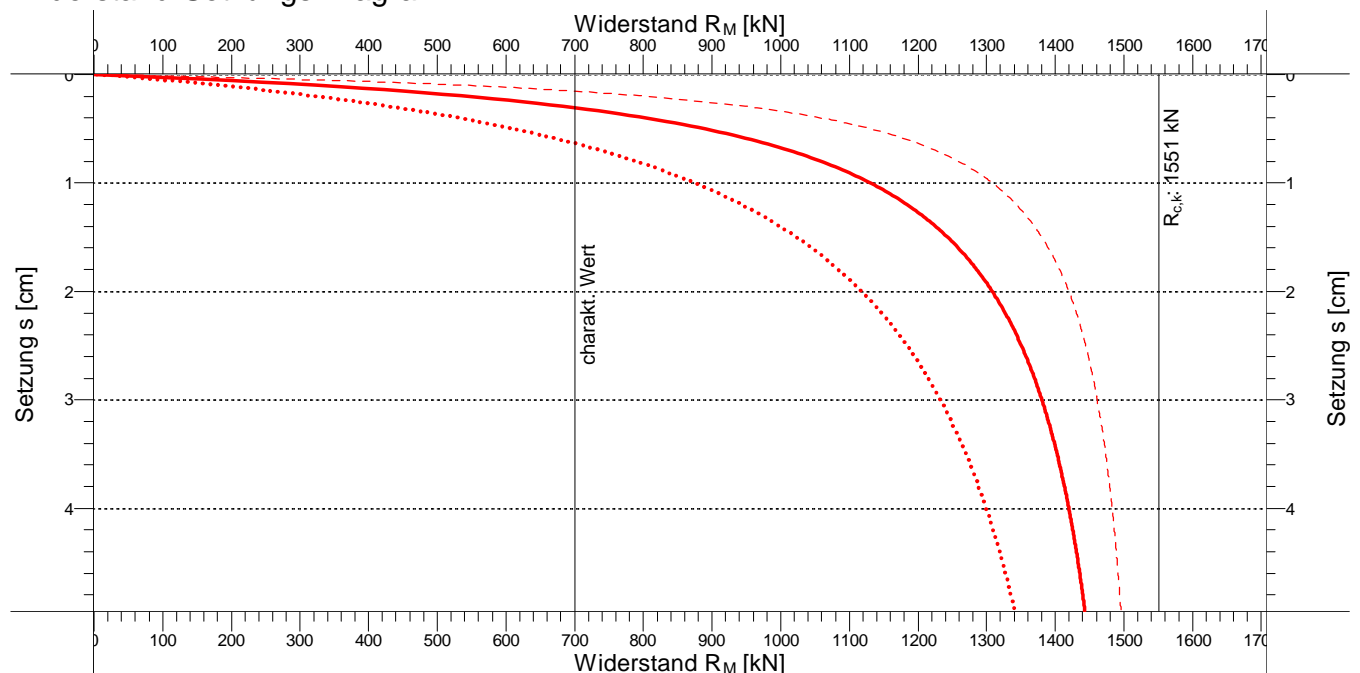
$R_{c,k} = 1433$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1433 \text{ kN}}{700 \text{ kN}} = 2.05 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	889
1.0	1130
$s_{zul}=1.50$	1243
2.0	1308
3.0	1380
4.0	1419
$s_g=4.50$	1433
$s = \infty$	1551



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 6
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.2.5

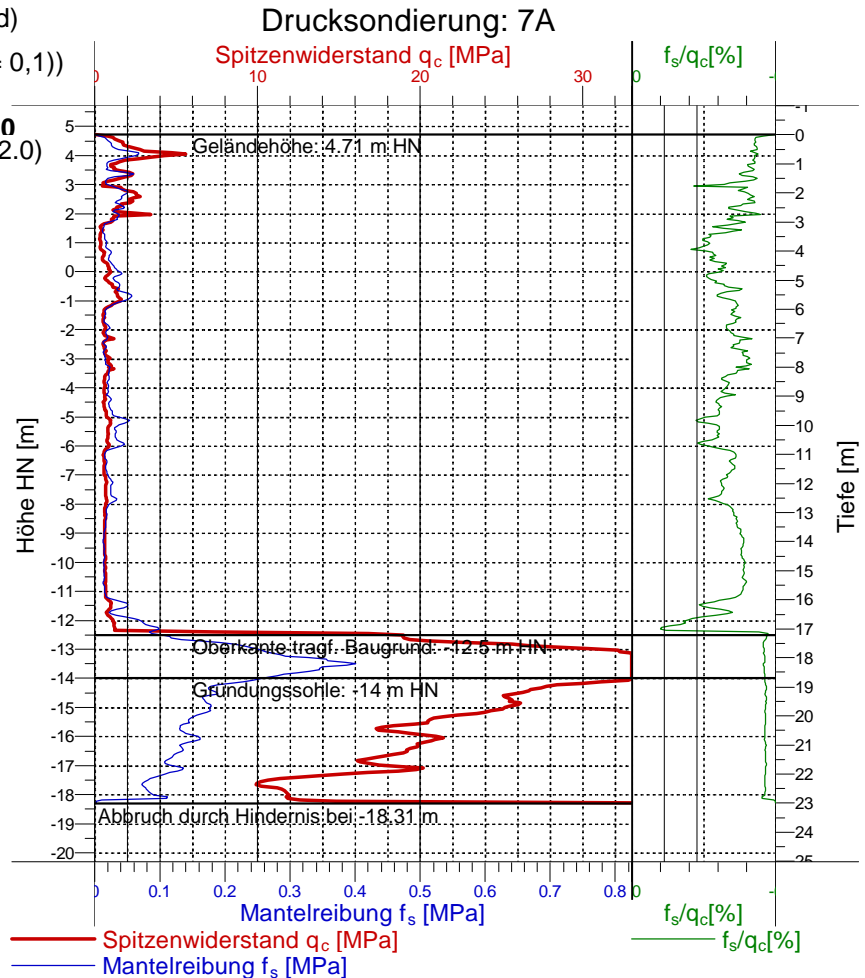
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 700 kN
Oberkante Gelände: 4.71 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.50 m HN, Gründungssohle: -14.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 1.50 m, Pfahllänge u. GOK: 18.71 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 1847$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

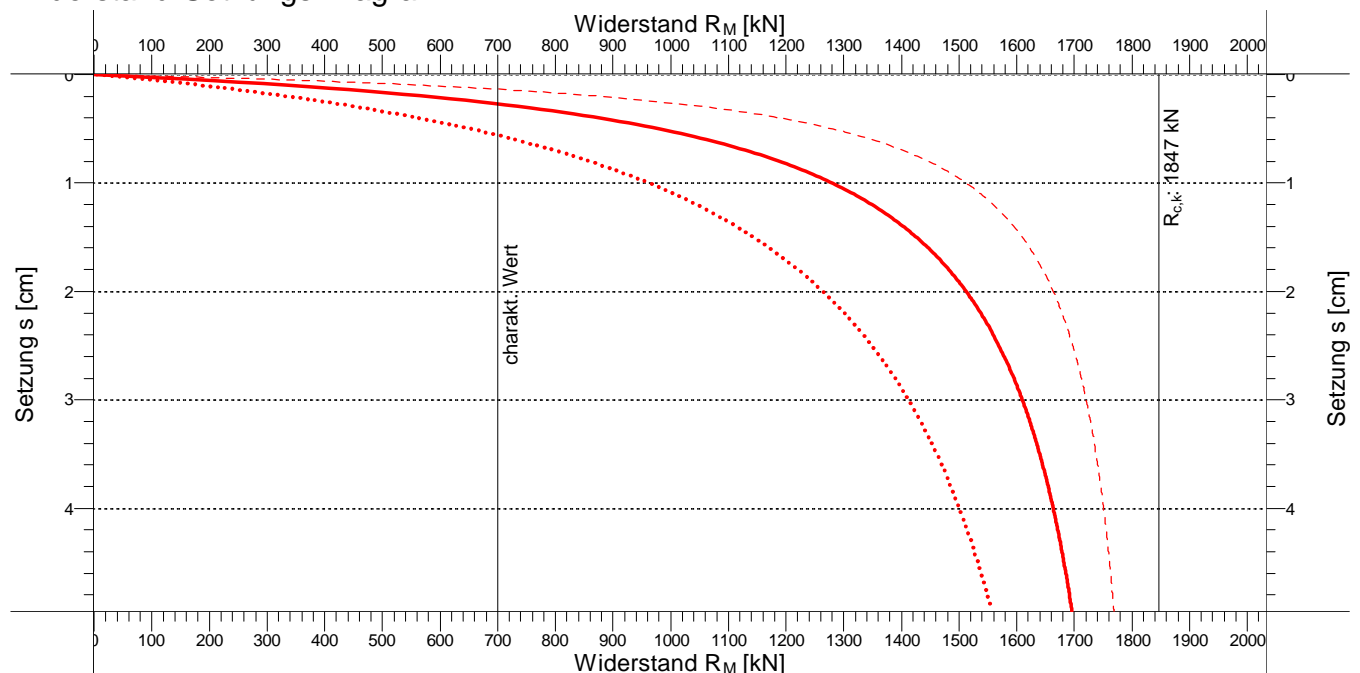
$R_{c,k} = 1682$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1682 \text{ kN}}{700 \text{ kN}} = 2.40 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	979
1.0	1280
$s_{zul}=1.50$	1426
2.0	1512
3.0	1609
4.0	1663
$s_g=4.50$	1682
$s = \infty$	1847



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 7A
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.2.6

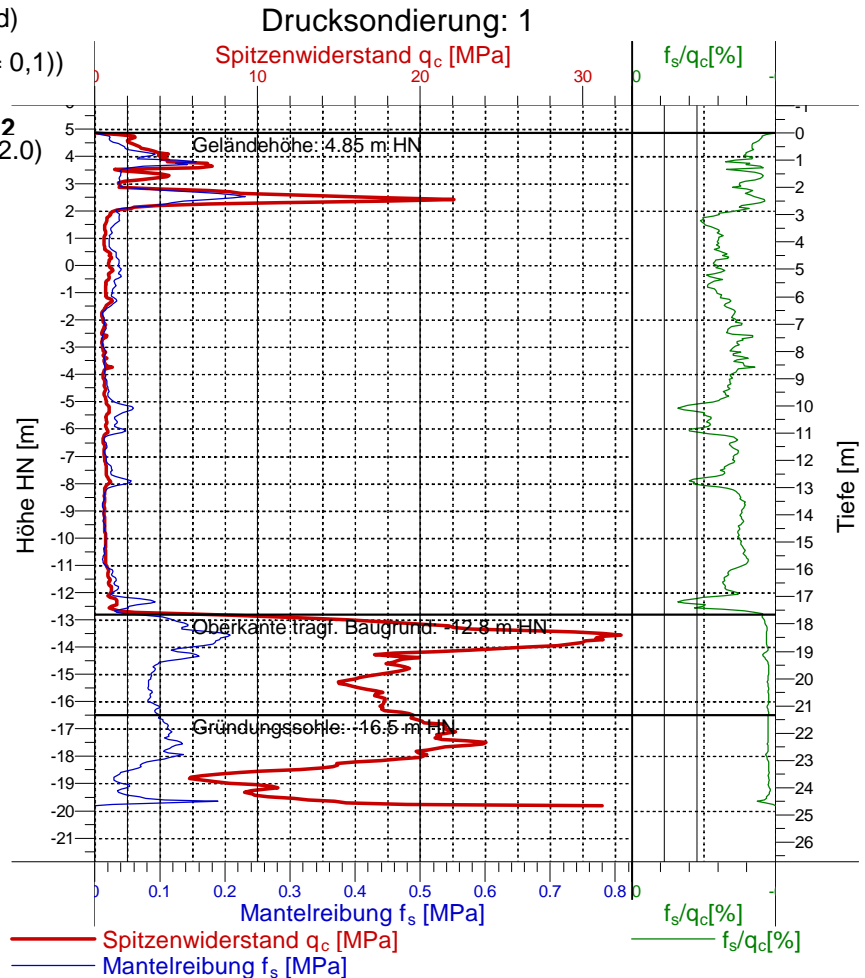
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 980 kN
Oberkante Gelände: 4.85 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -16.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 3.70 m, Pfahllänge u. GOK: 21.35 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2219$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

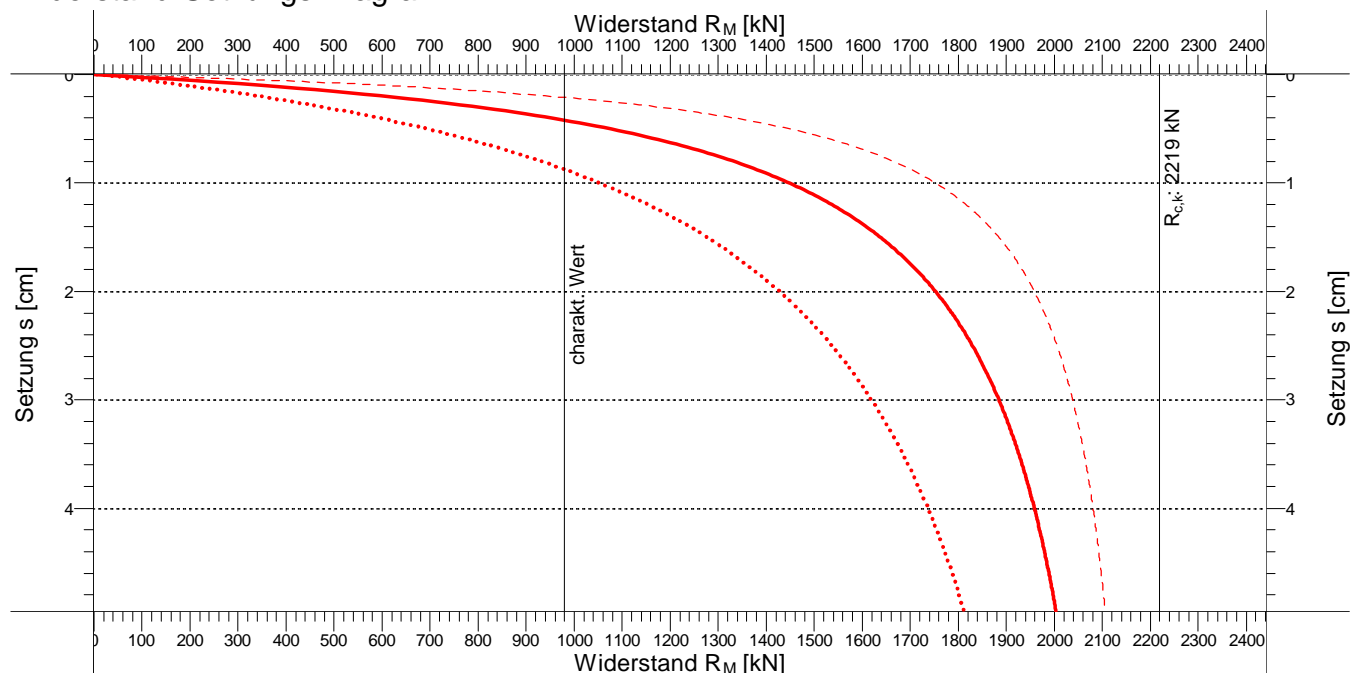
$R_{c,k} = 1984$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1984 \text{ kN}}{980 \text{ kN}} = 2.02 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1074
1.0	1448
$s_{zul}=1.50$	1637
2.0	1752
3.0	1884
4.0	1958
$s_g=4.50$	1984
$s = \infty$	2219



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Immobilien Bremen AöR
Bauwerk: Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestraße 101
Drucksondierung: 1
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2012771
Konus Nr.: C15CFII.S18545
Datum: 24.4.2020
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.3.1

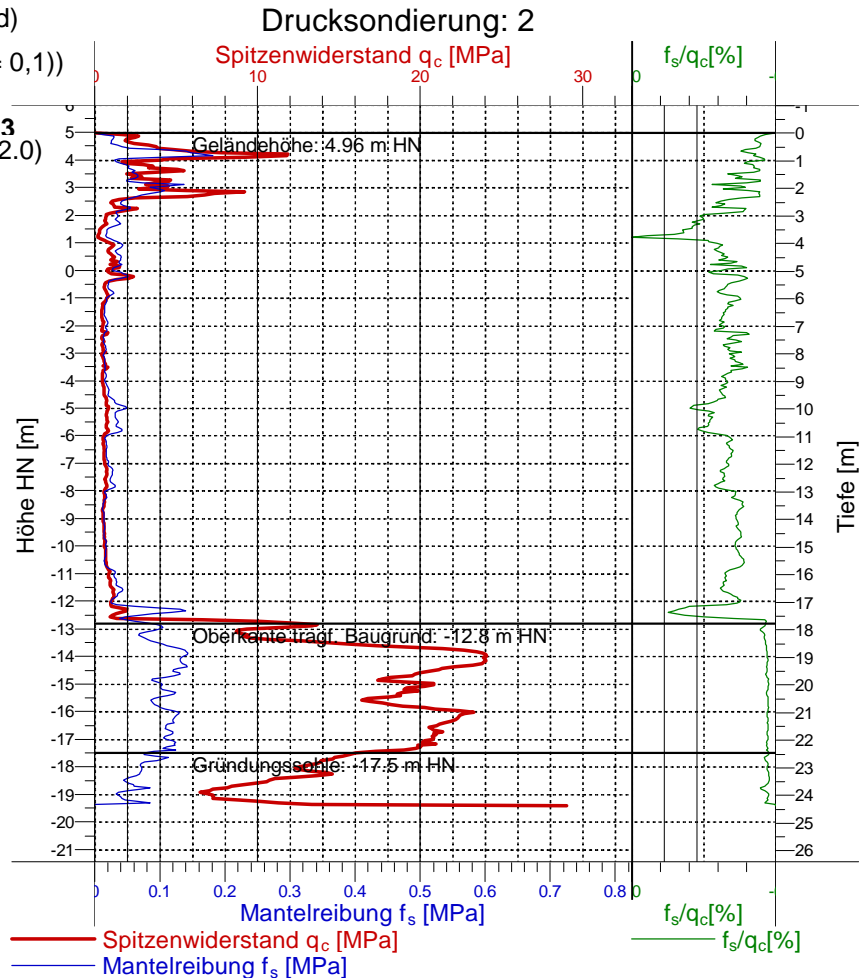
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 980 kN
 Oberkante Gelände: 4.96 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -17.50 m HN
 Einbindung in tragfähigen Baugrund: 4.70 m, Pfahllänge u. GOK: 22.46 m
 Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2220$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

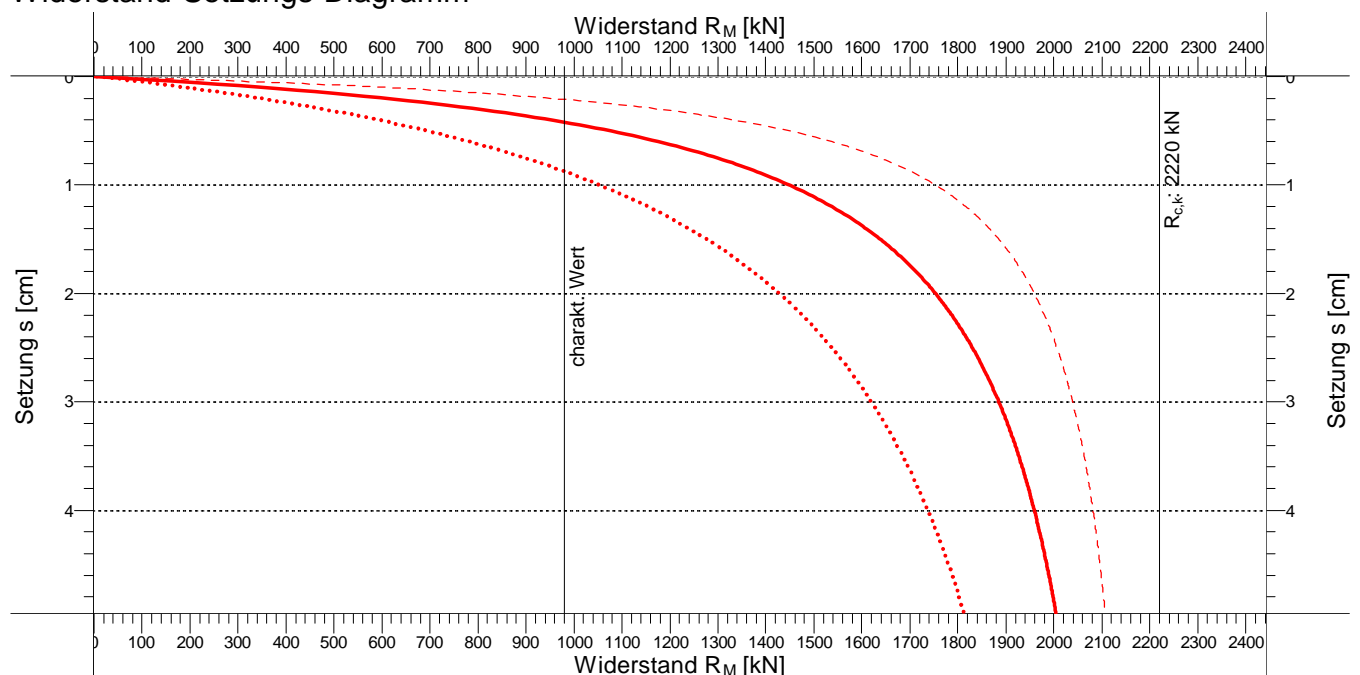
$R_{c,k} = 1985$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1985 \text{ kN}}{980 \text{ kN}} = 2.03 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1074
1.0	1448
$s_{zul}=1.50$	1638
2.0	1753
3.0	1885
4.0	1959
$s_g=4.50$	1985
$s = \infty$	2220



Widerstand-Setzungs-Diagramm



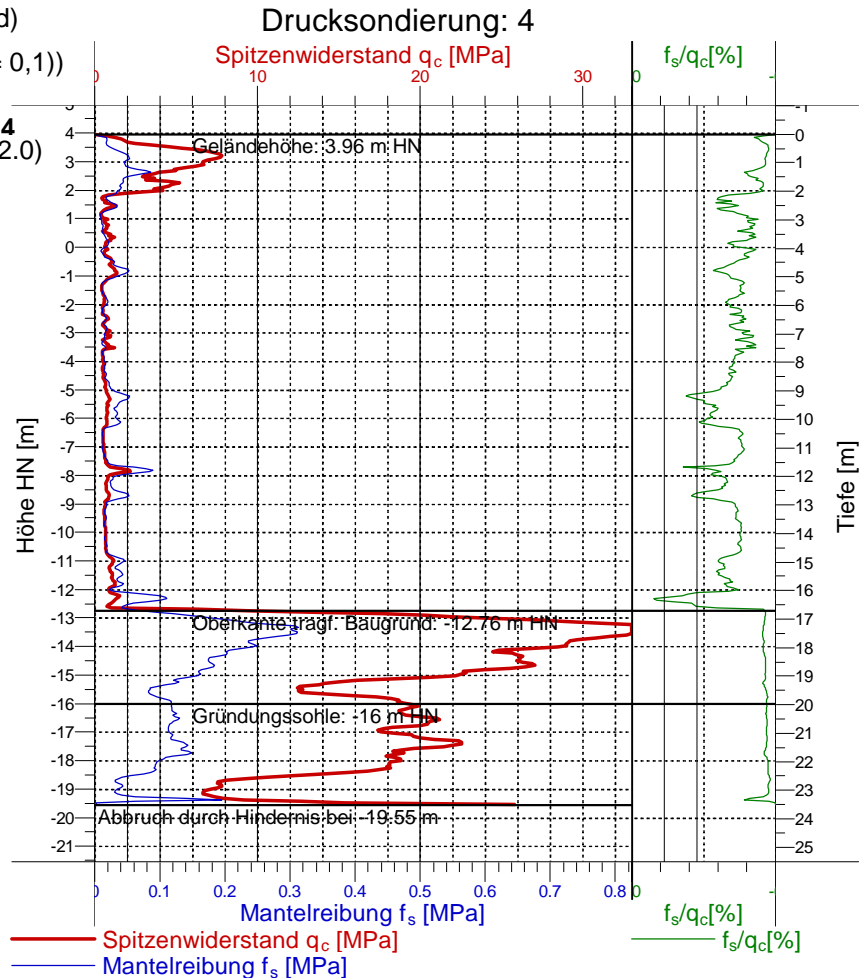
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 980 kN
Oberkante Gelände: 3.96 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.76 m HN, Gründungssohle: -16.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 3.24 m, Pfahllänge u. GOK: 19.96 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2232$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

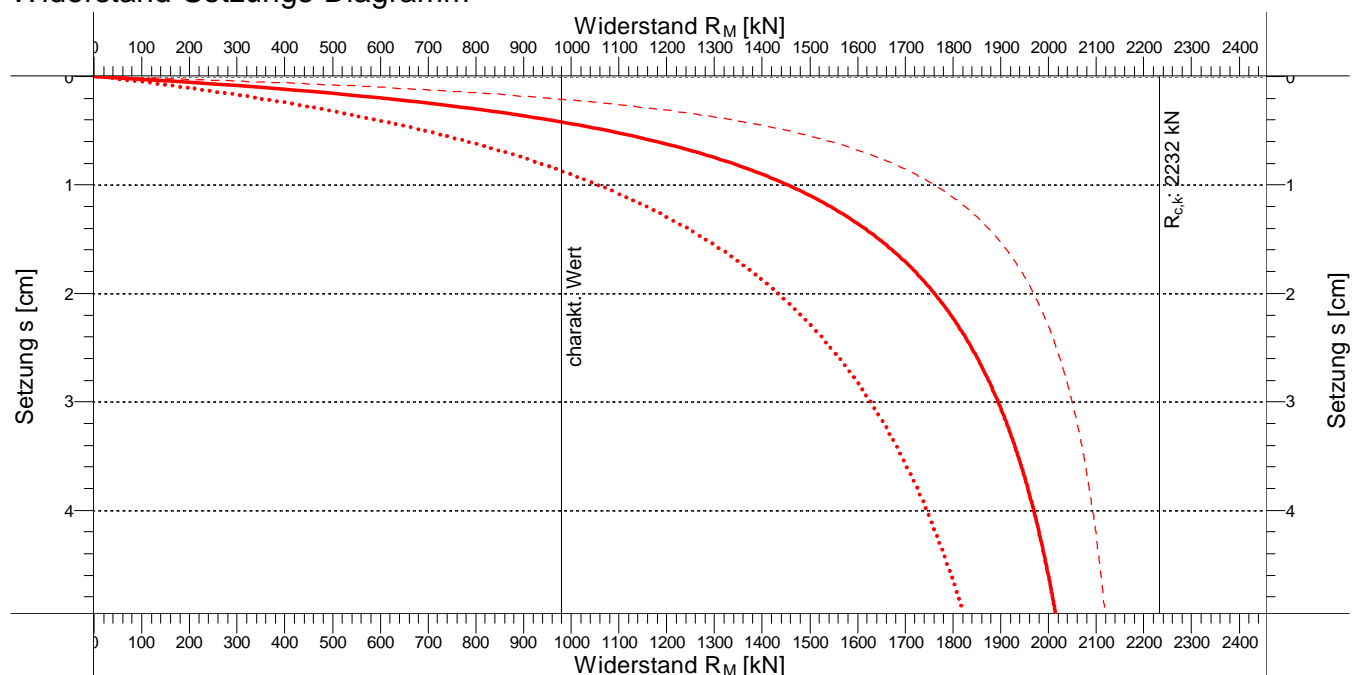
$R_{c,k} = 1995$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1995 \text{ kN}}{980 \text{ kN}} = 2.04 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1077
1.0	1453
$s_{zul}=1.50$	1645
2.0	1761
3.0	1894
4.0	1969
$s_g=4.50$	1995
$s = \infty$	2232



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbest.
Drucksondierung: 4
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.3.3

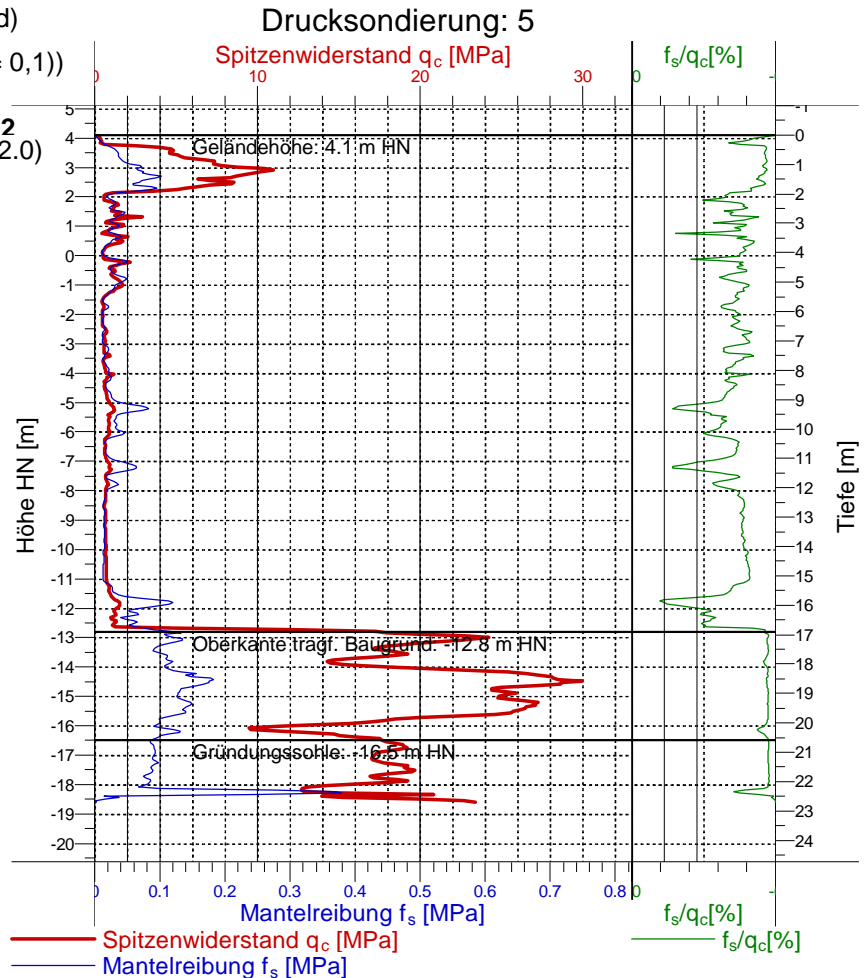
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 980 kN
Oberkante Gelände: 4.10 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -16.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 3.70 m, Pfahllänge u. GOK: 20.60 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2207$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

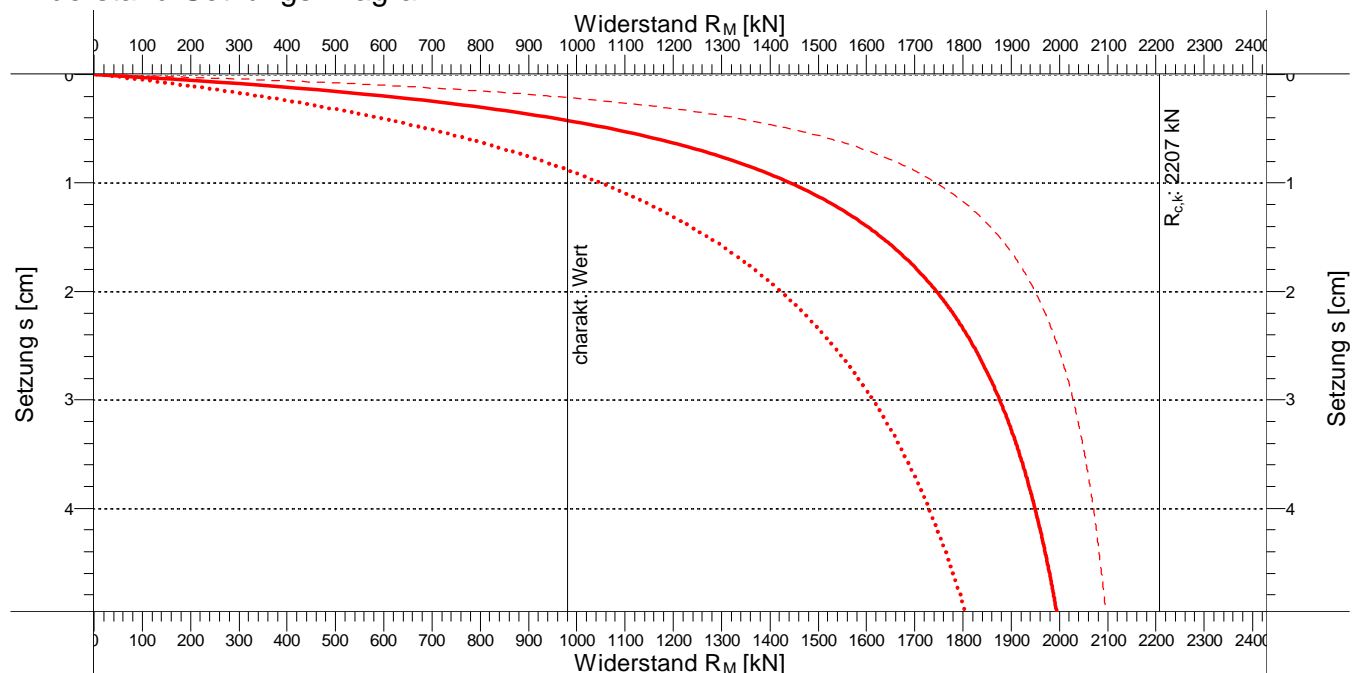
$R_{c,k} = 1974$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1974 \text{ kN}}{980 \text{ kN}} = 2.02 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1071
1.0	1442
$s_{zul}=1.50$	1631
2.0	1745
3.0	1876
4.0	1949
$s_g=4.50$	1974
$s = \infty$	2207



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 5
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFIIP.S181166
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.3.4

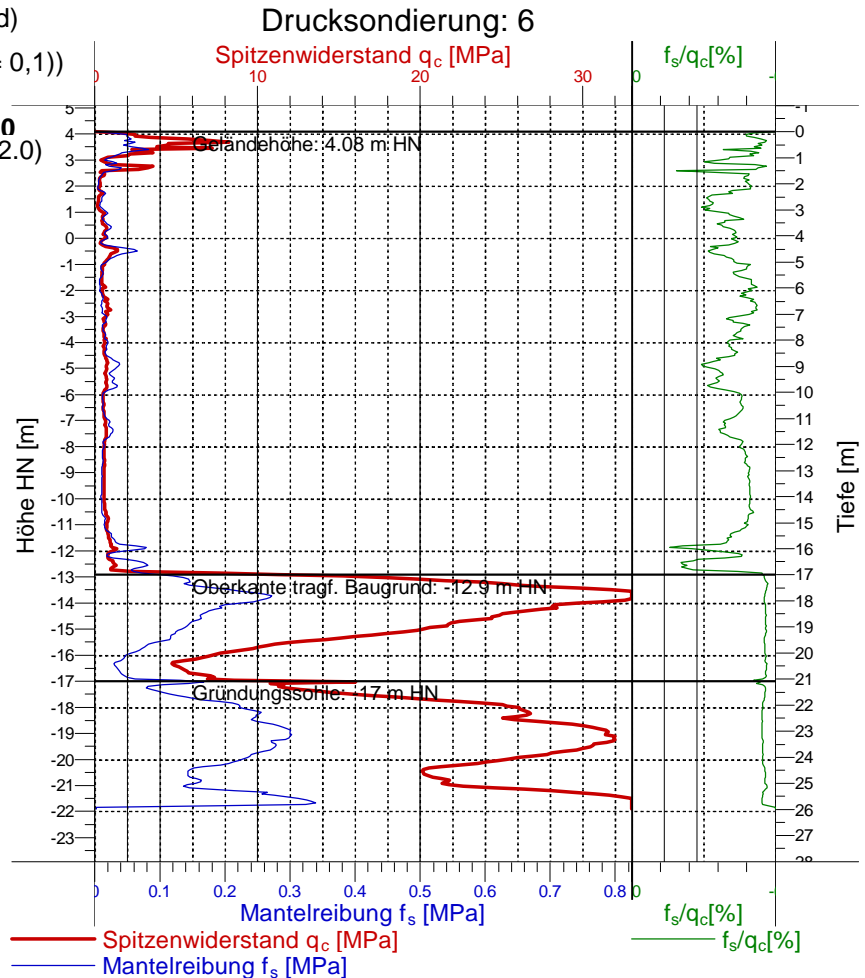
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 980 kN
Oberkante Gelände: 4.08 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.90 m HN, Gründungssohle: -17.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 4.10 m, Pfahllänge u. GOK: 21.08 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2194$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

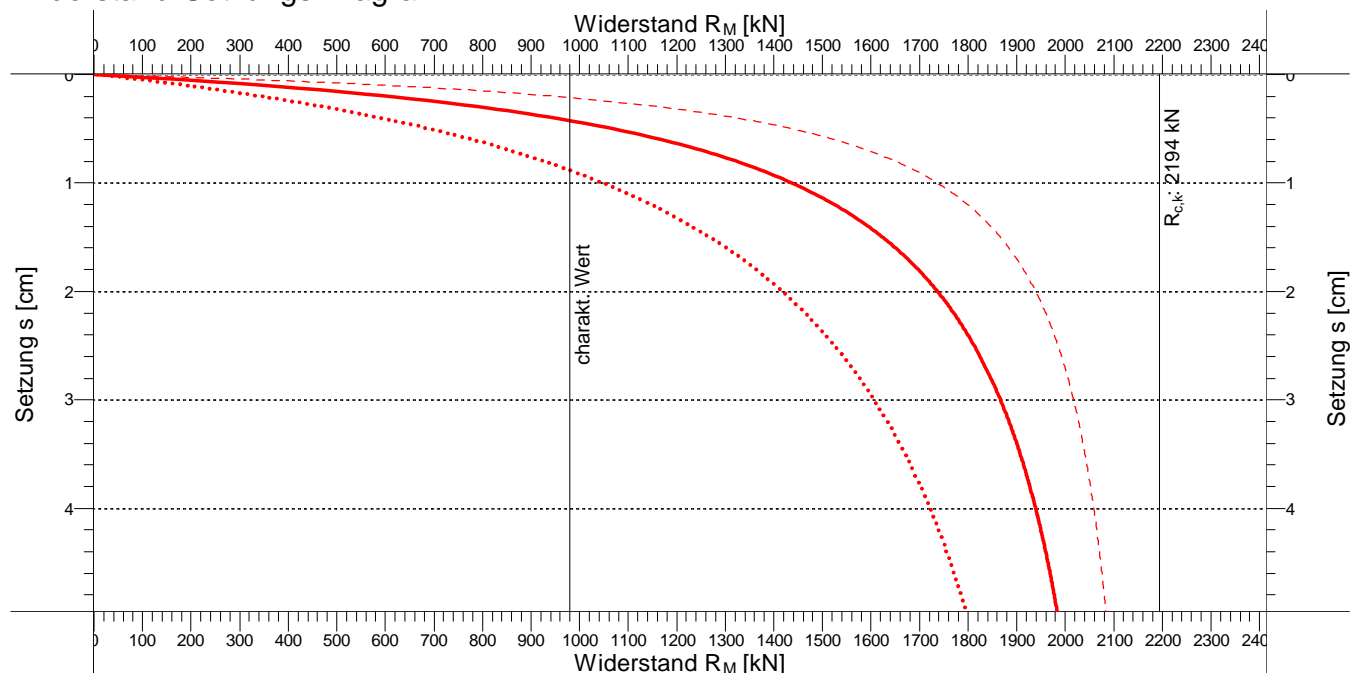
$R_{c,k} = 1964$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1964 \text{ kN}}{980 \text{ kN}} = 2.00 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1068
1.0	1437
$s_{zul}=1.50$	1624
2.0	1736
3.0	1866
4.0	1938
$s_g=4.50$	1964
$s = \infty$	2194



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 6
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.3.5

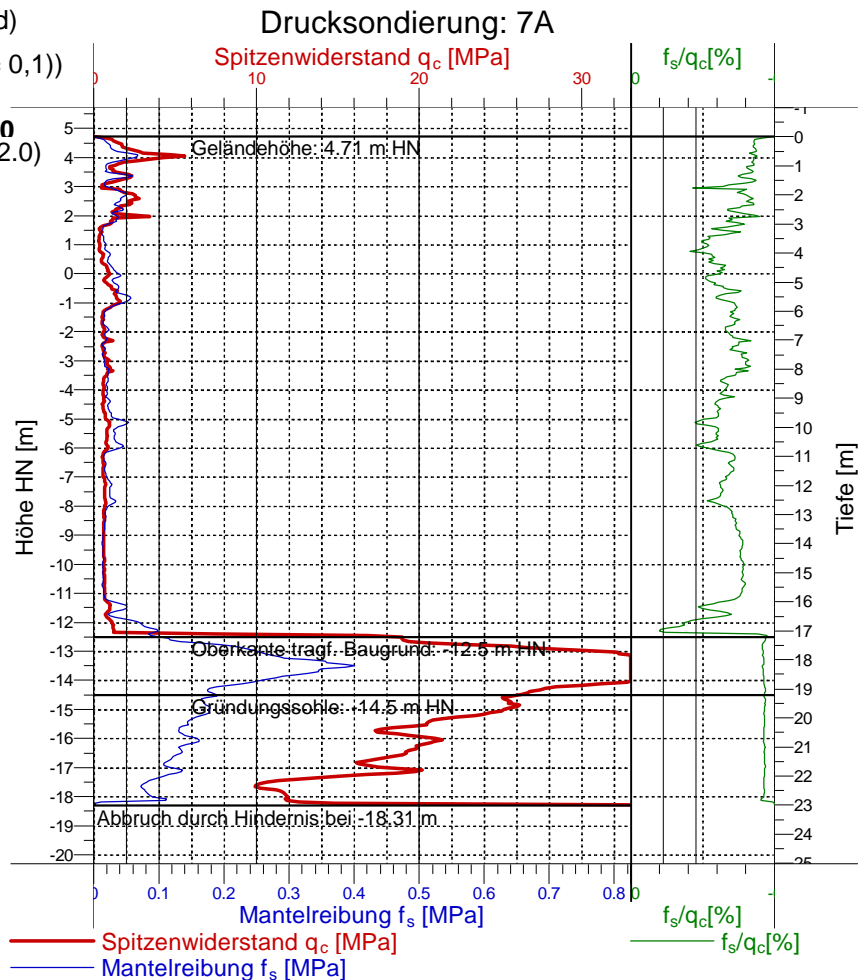
VVB-PFAHL: Ø: 38 cm, Fuß Ø: 45 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 980 kN
Oberkante Gelände: 4.71 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.50 m HN, Gründungssohle: -14.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 2.00 m, Pfahllänge u. GOK: 19.21 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2189$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

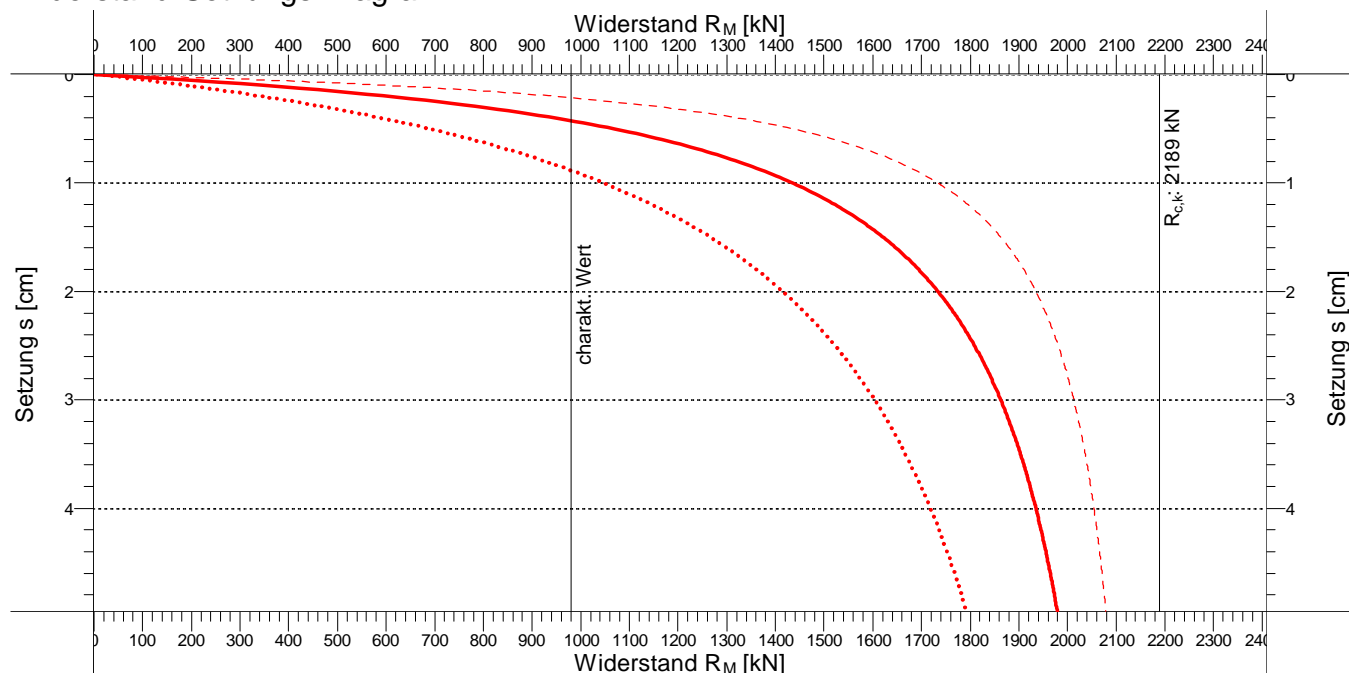
$R_{c,k} = 1960$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{1960 \text{ kN}}{980 \text{ kN}} = 2.00 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1067
1.0	1435
$s_{zul}=1.50$	1621
2.0	1733
3.0	1862
4.0	1935
$s_g=4.50$	1960
$s = \infty$	2189



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 7A
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.3.6

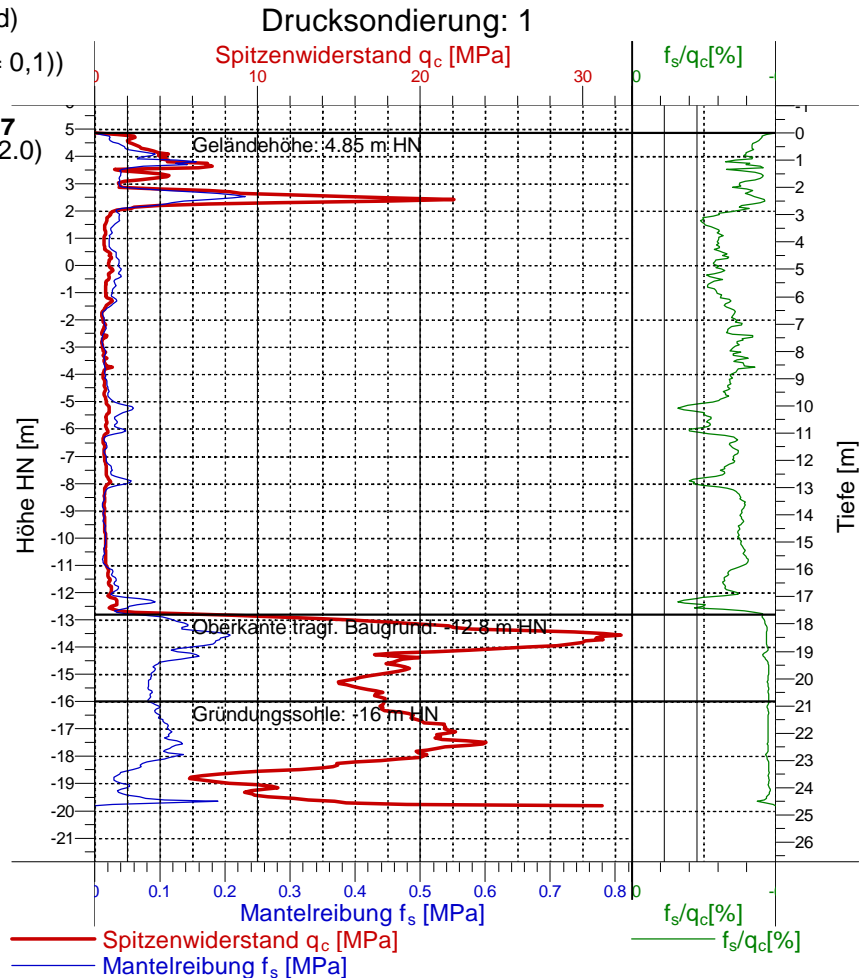
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1260 kN
Oberkante Gelände: 4.85 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -16.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 3.20 m, Pfahllänge u. GOK: 20.85 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2938$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

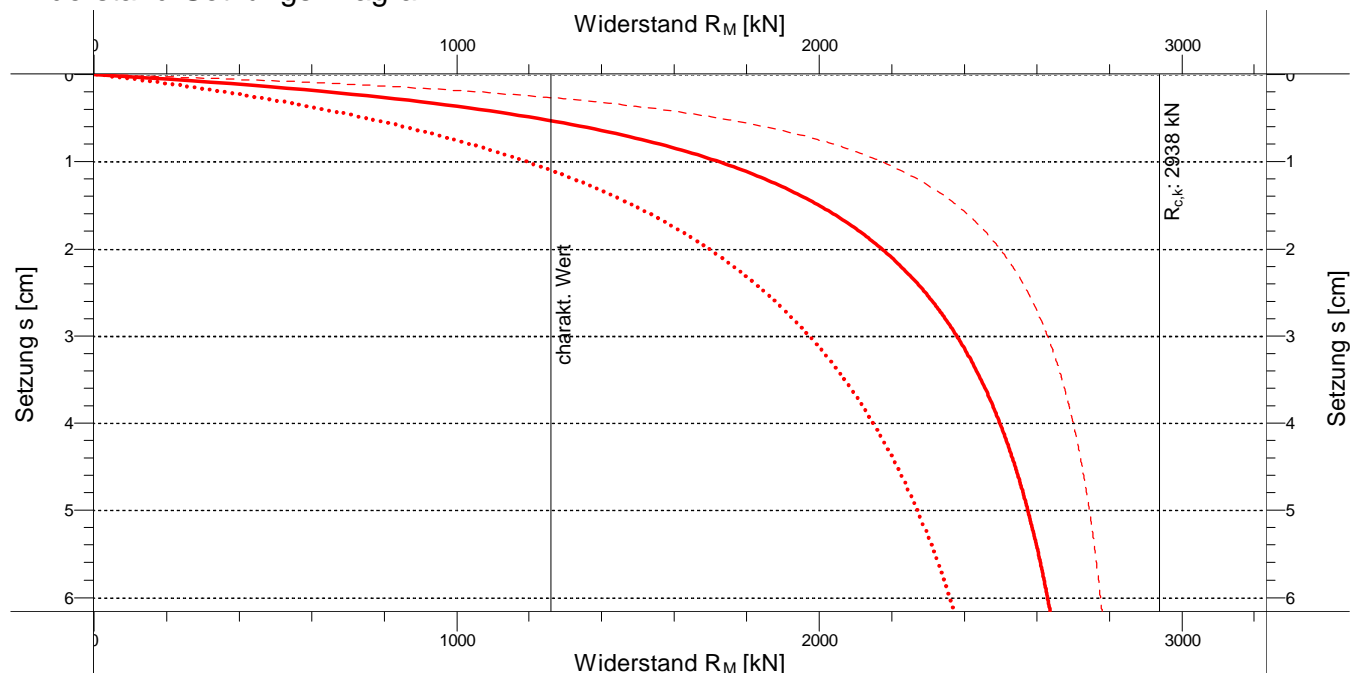
$R_{c,k} = 2609$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2609 \text{ kN}}{1260 \text{ kN}} = 2.07 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1219
1.0	1723
$s_{zul}=1.50$	1998
2.0	2172
3.0	2379
4.0	2498
5.0	2575
$s_g=5.60$	2609
$s = \infty$	2938



Widerstand-Setzungs-Diagramm



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Immobilien Bremen AöR
Bauwerk: Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestraße 101
Drucksondierung: 1
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2012771
Konus Nr.: C15CFII.S18545
Datum: 24.4.2020
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.4.1

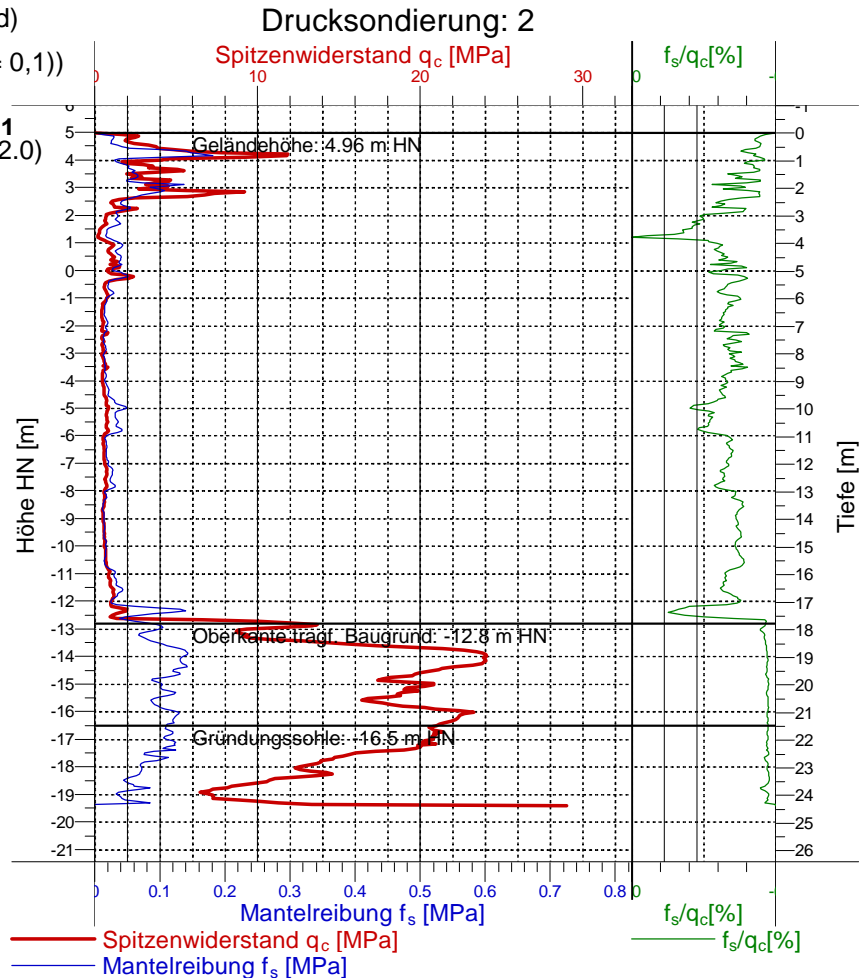
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1260 kN
Oberkante Gelände: 4.96 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -16.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 3.70 m, Pfahllänge u. GOK: 21.46 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2834$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

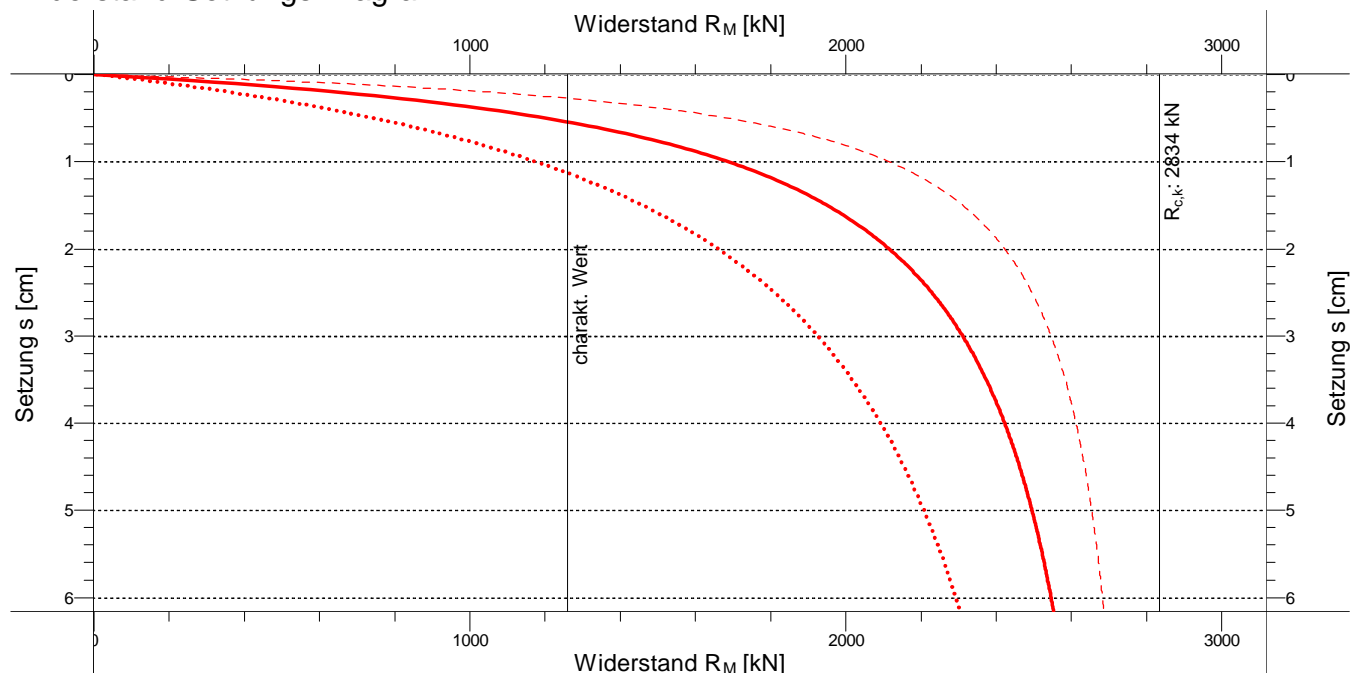
$R_{c,k} = 2527$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2527 \text{ kN}}{1260 \text{ kN}} = 2.01 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1200
1.0	1687
$s_{zul}=1.50$	1950
2.0	2115
3.0	2310
4.0	2422
5.0	2495
$s_g=5.60$	2527
$s = \infty$	2834



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Immobilien Bremen AöR
Bauwerk: Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestraße 101
Drucksondierung: 2
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2012771
Konus Nr.: C15CFII.S18545
Datum: 24.4.2020
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.4.2

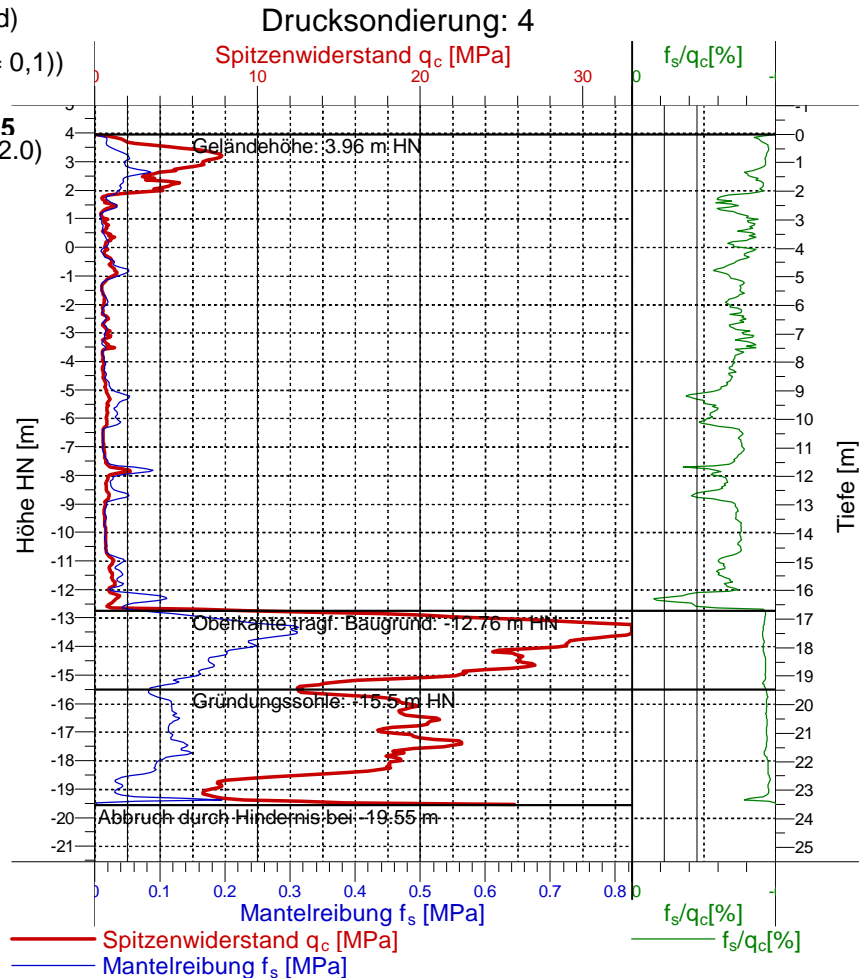
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1260 kN
Oberkante Gelände: 3.96 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.76 m HN, Gründungssohle: -15.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 2.74 m, Pfahllänge u. GOK: 19.46 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2899$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

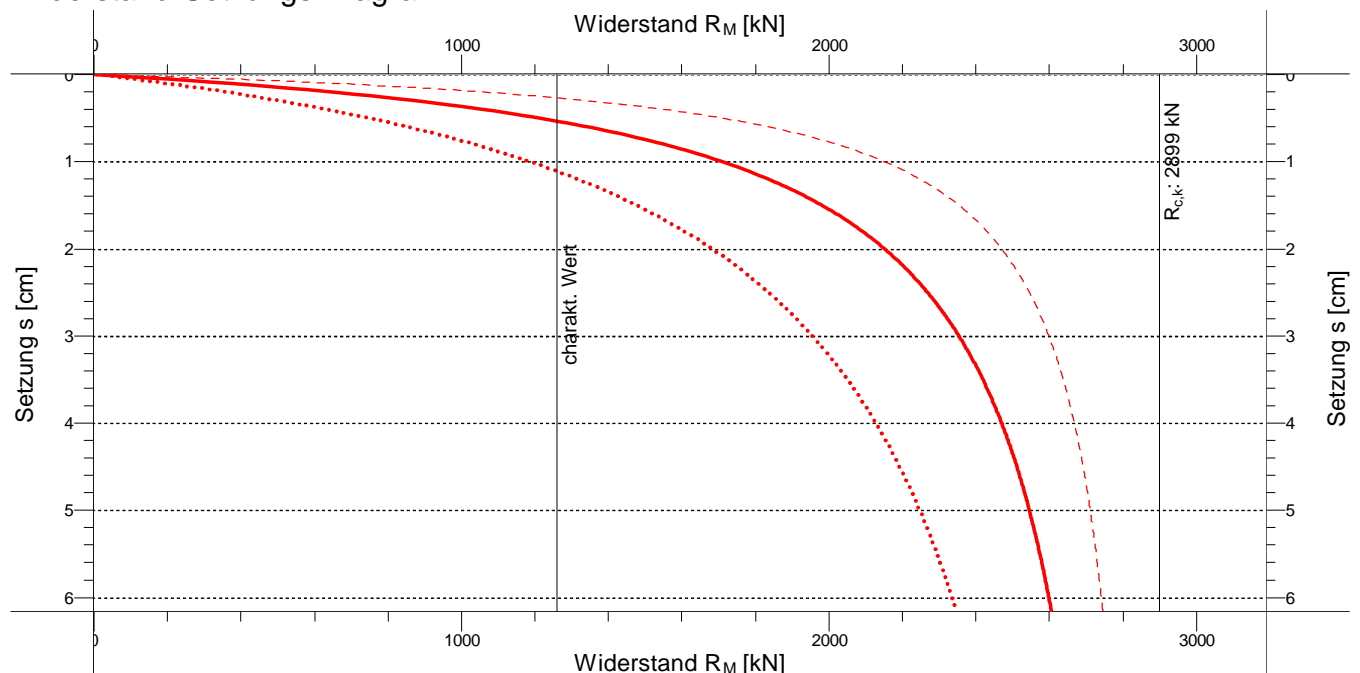
$R_{c,k} = 2579$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2579 \text{ kN}}{1260 \text{ kN}} = 2.05 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1212
1.0	1709
$s_{zul}=1.50$	1980
2.0	2151
3.0	2353
4.0	2470
5.0	2545
$s_g=5.60$	2579
$s = \infty$	2899



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 4
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.4.3

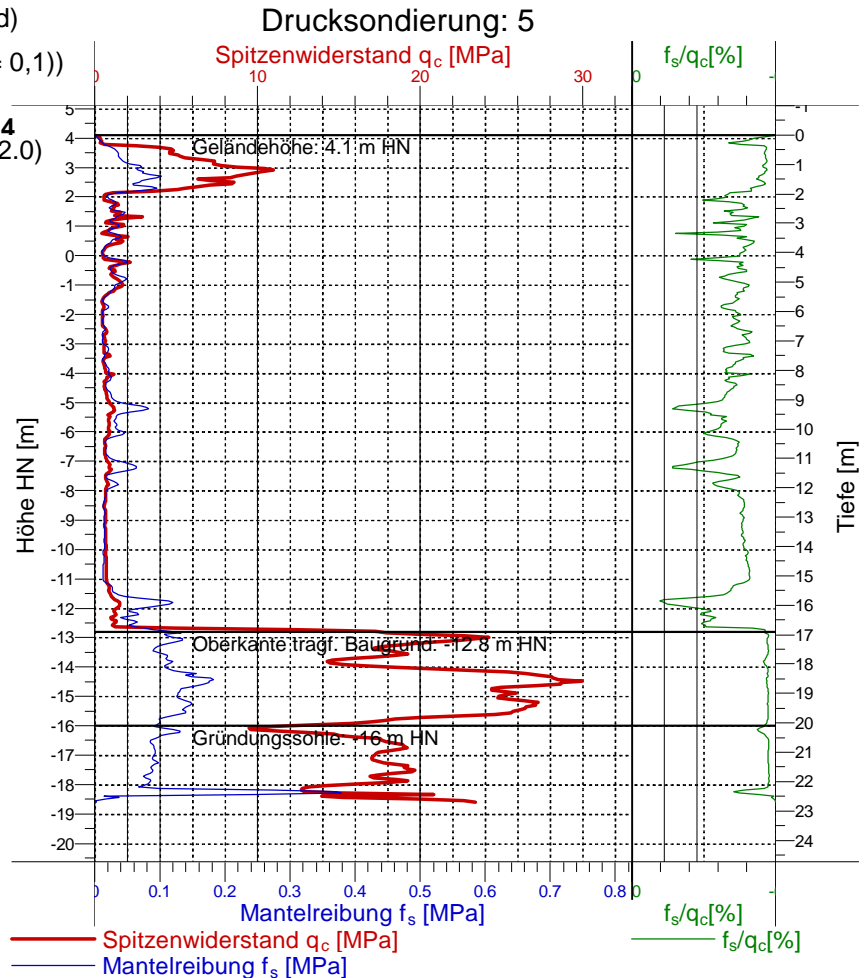
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1260 kN
Oberkante Gelände: 4.10 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -16.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 3.20 m, Pfahllänge u. GOK: 20.10 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 2896$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

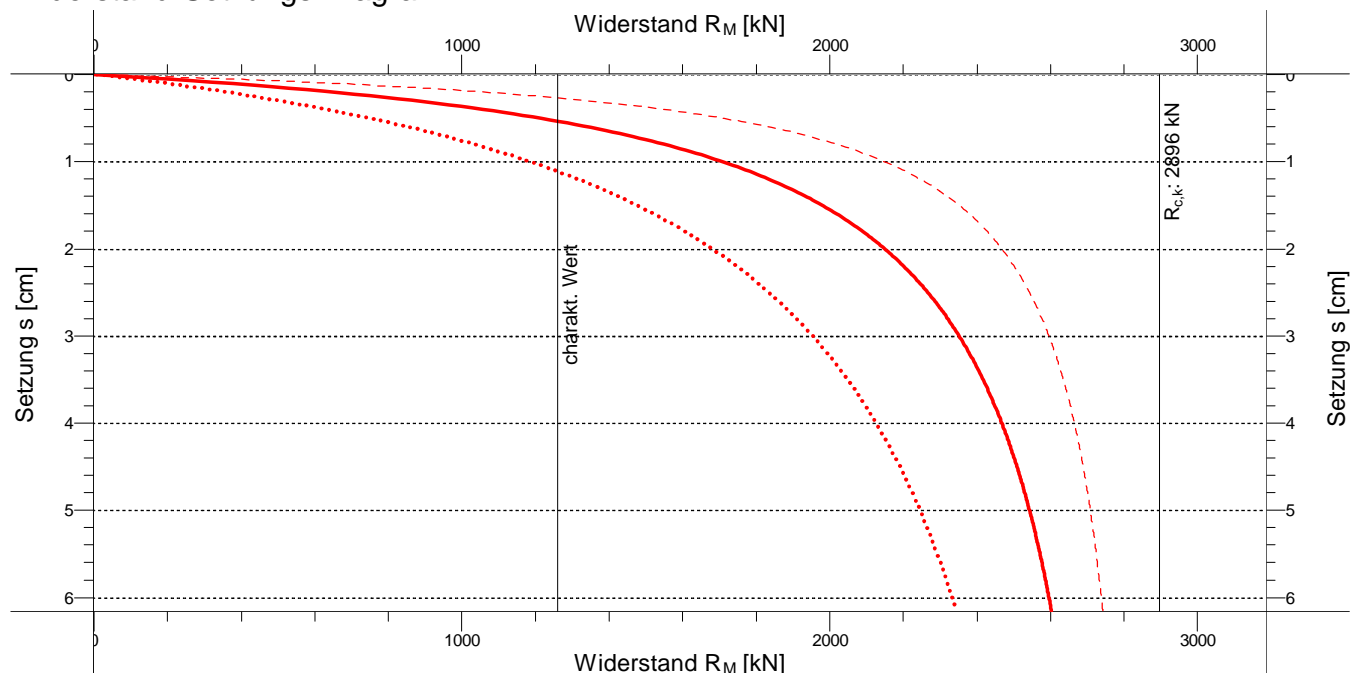
$R_{c,k} = 2576$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2576 \text{ kN}}{1260 \text{ kN}} = 2.04 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1211
1.0	1708
$s_{zul}=1.50$	1979
2.0	2149
3.0	2351
4.0	2467
5.0	2542
$s_g=5.60$	2576
$s = \infty$	2896



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 5
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFIIP.S181166
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.4.4

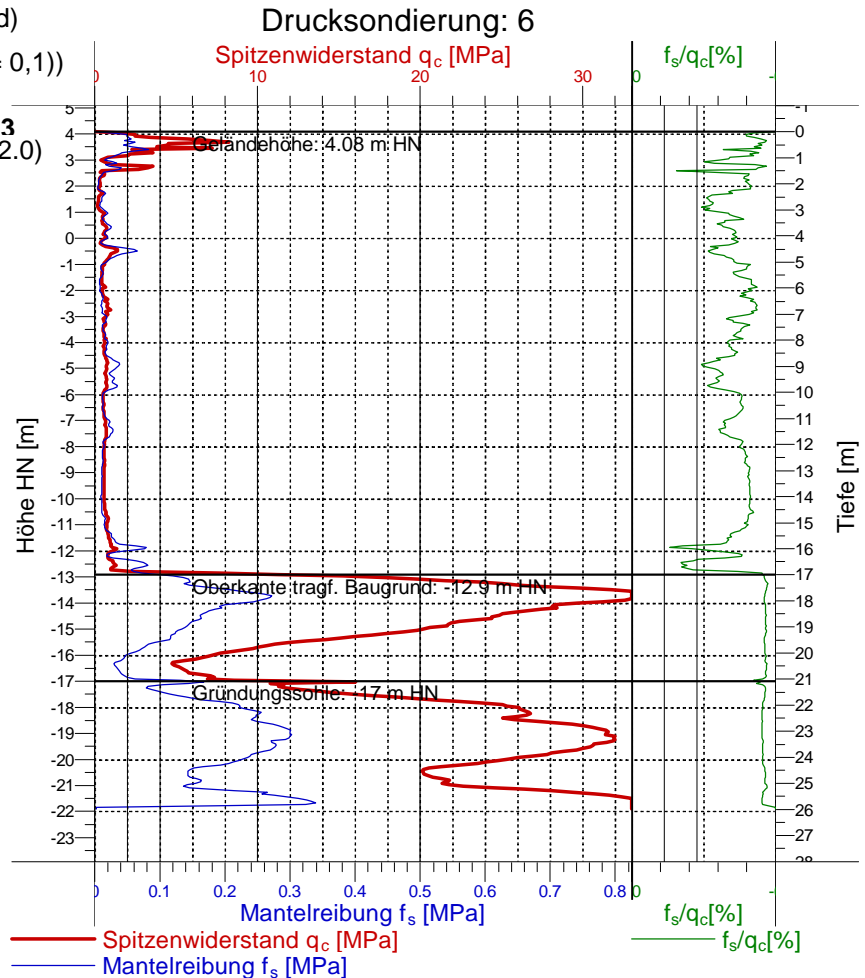
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1260 kN
Oberkante Gelände: 4.08 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.90 m HN, Gründungssohle: -17.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 4.10 m, Pfahllänge u. GOK: 21.08 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 3188$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

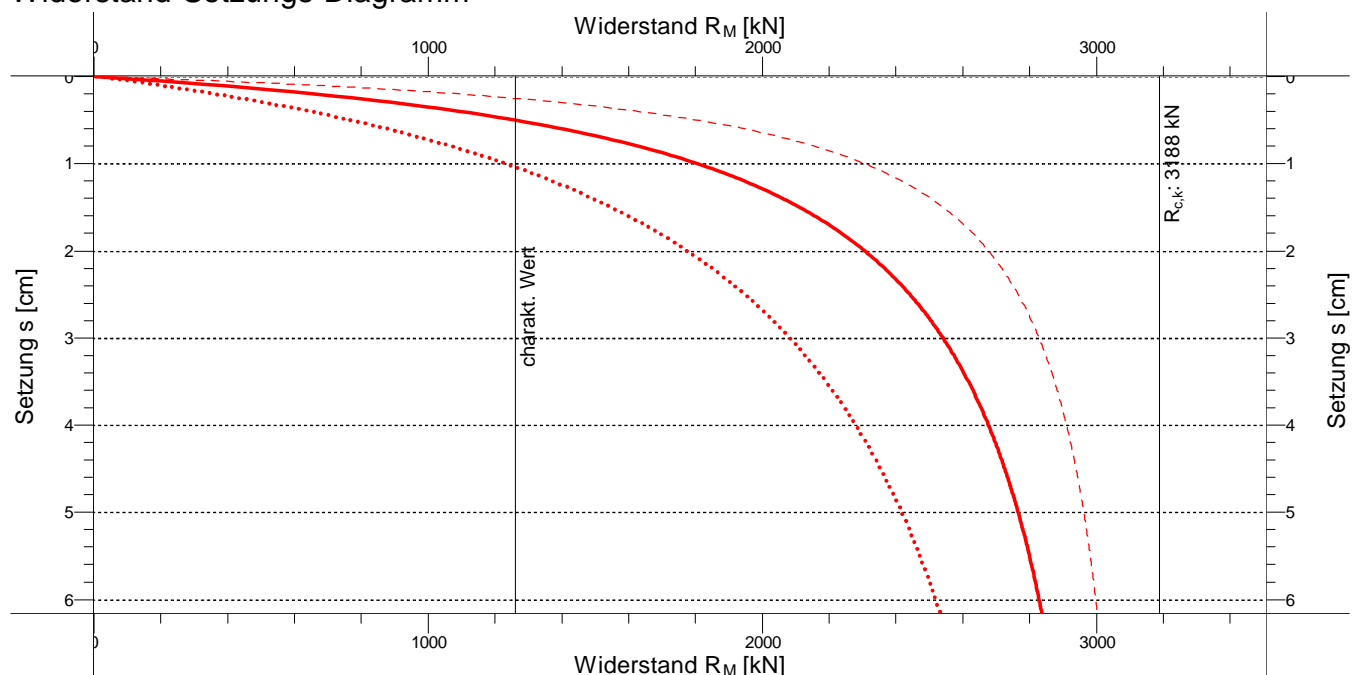
$R_{c,k} = 2805$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2805 \text{ kN}}{1260 \text{ kN}} = 2.23 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1260
1.0	1806
$s_{zul}=1.50$	2111
2.0	2306
3.0	2540
4.0	2676
5.0	2765
$s_g=5.60$	2805
$s = \infty$	3188



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 6
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.4.5

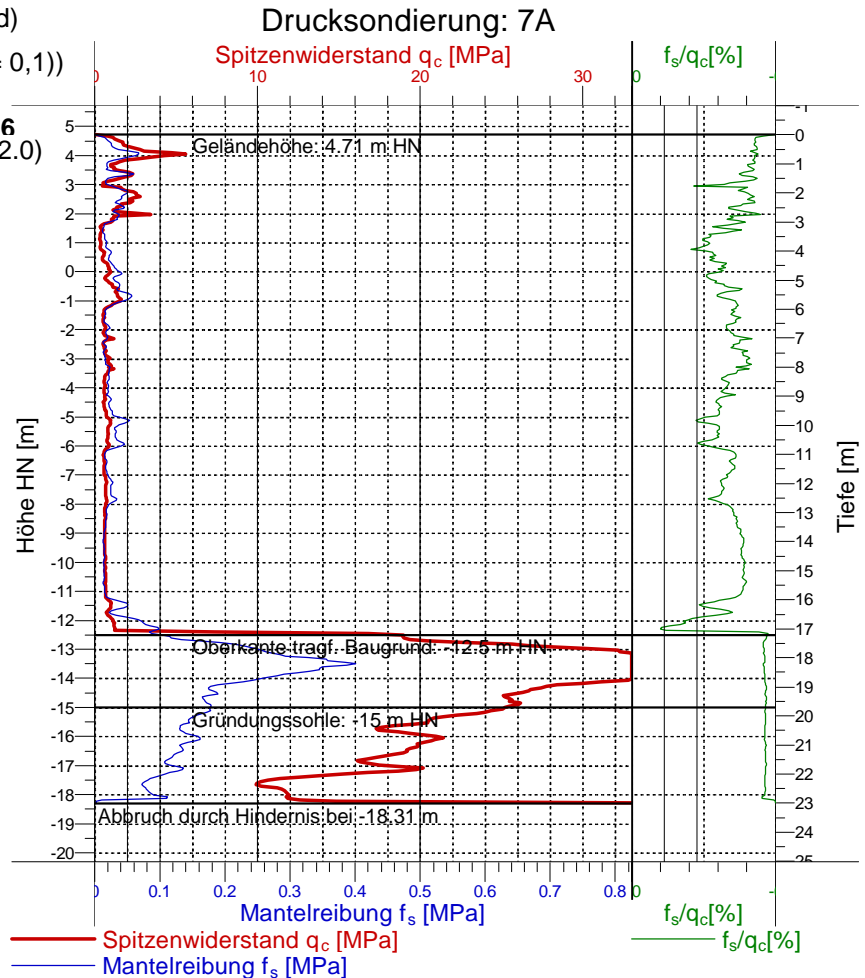
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1260 kN
Oberkante Gelände: 4.71 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.50 m HN, Gründungssohle: -15.00 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 2.50 m, Pfahllänge u. GOK: 19.71 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 3079$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

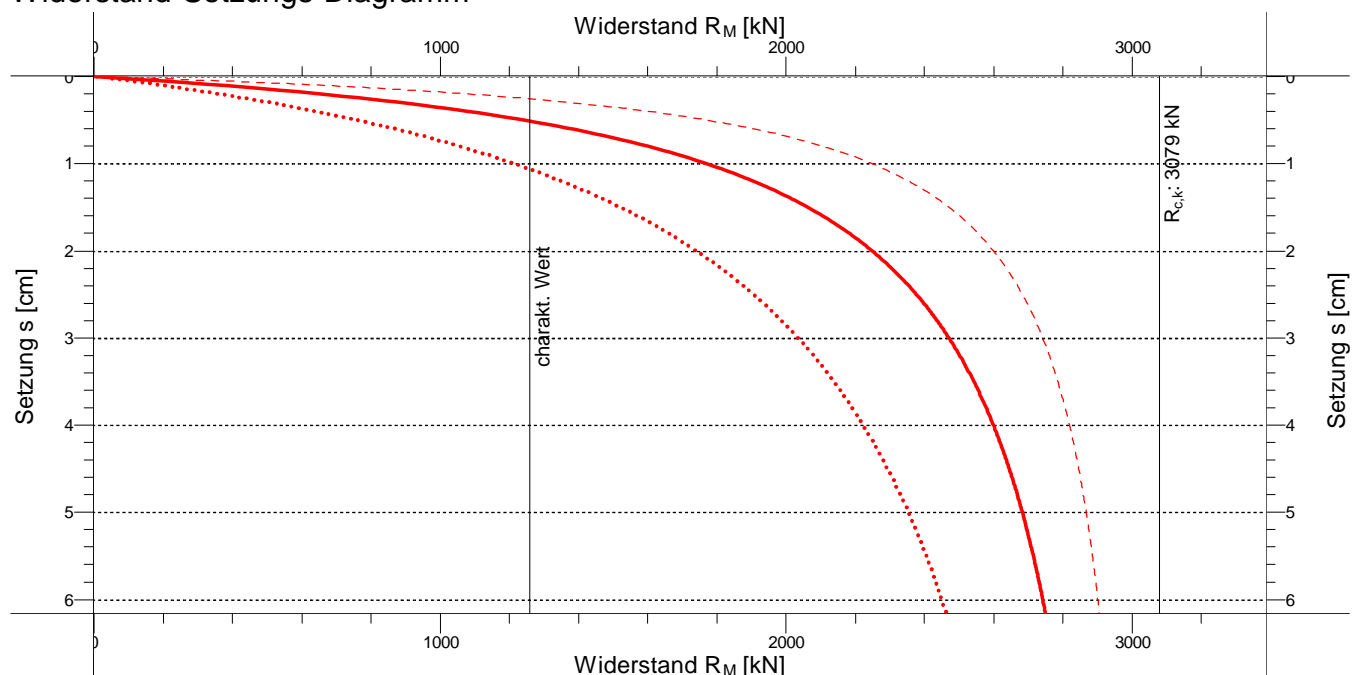
$R_{c,k} = 2720$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2720 \text{ kN}}{1260 \text{ kN}} = 2.16 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1242
1.0	1770
$s_{zul}=1.50$	2063
2.0	2248
3.0	2470
4.0	2599
5.0	2683
$s_g=5.60$	2720
$s = \infty$	3079



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbest.
Drucksondierung: 7A
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.4.6

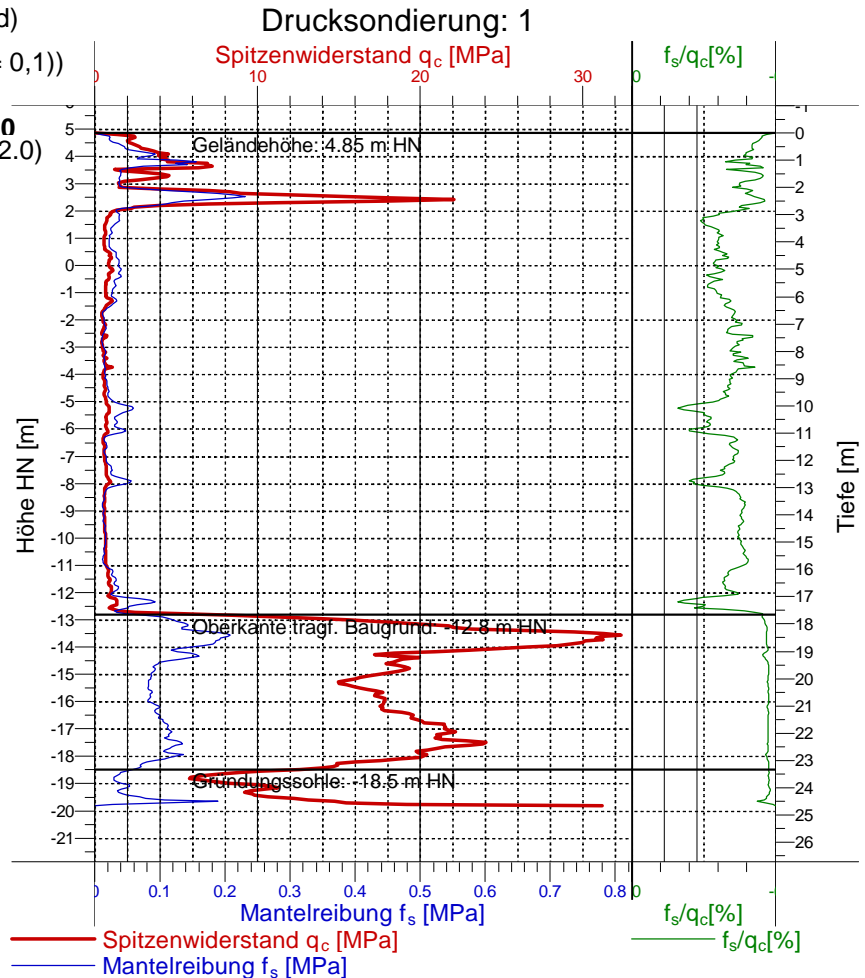
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1470 kN
Oberkante Gelände: 4.85 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -18.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 5.70 m, Pfahllänge u. GOK: 23.35 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 3369$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

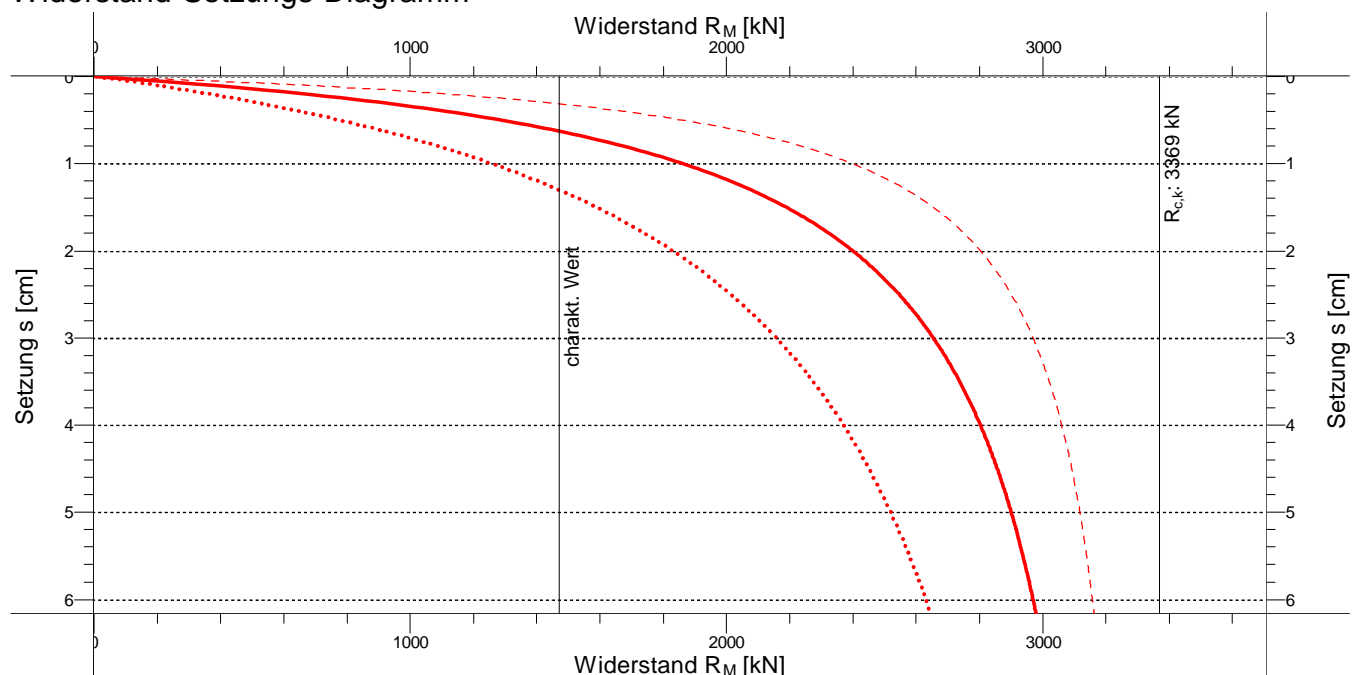
$R_{c,k} = 2944$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2944 \text{ kN}}{1470 \text{ kN}} = 2.00 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1287
1.0	1862
$s_{zul}=1.50$	2189
2.0	2399
3.0	2654
4.0	2802
5.0	2900
$s_g=5.60$	2944
$s = \infty$	3369



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Immobilien Bremen AöR
Bauwerk: Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestraße 101
Drucksondierung: 1
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2012771
Konus Nr.: C15CFII.S18545
Datum: 24.4.2020
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.5.1

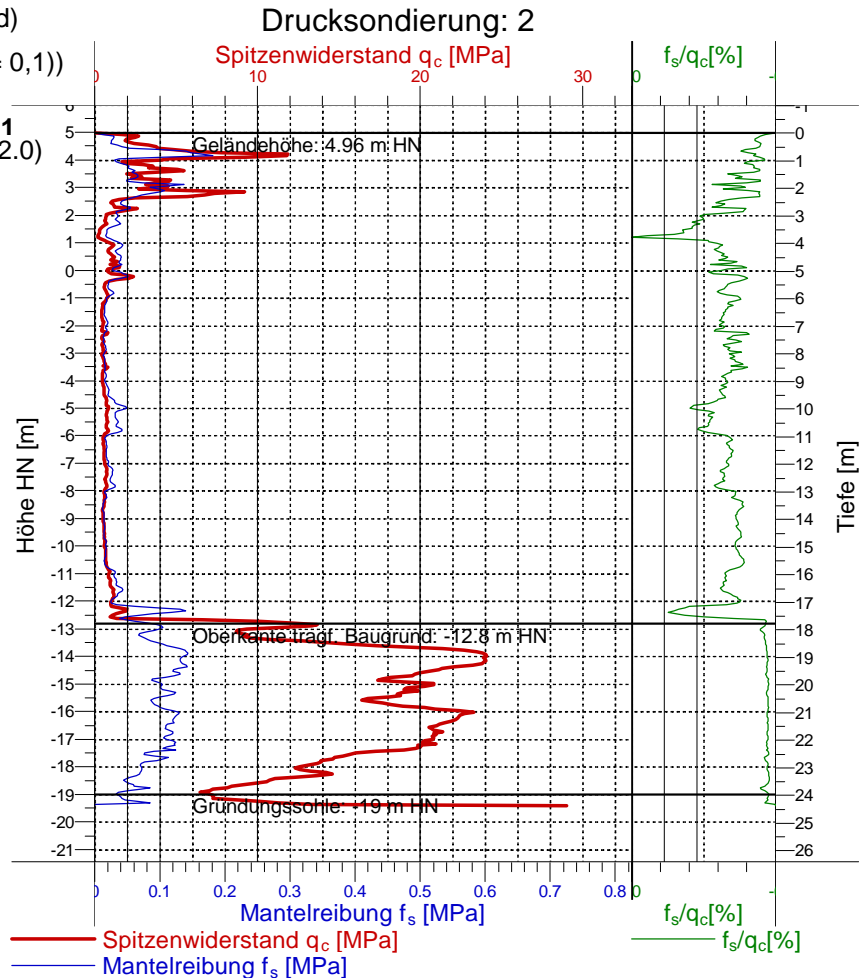
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1470 kN
 Oberkante Gelände: 4.96 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -19.00 m HN
 Einbindung in tragfähigen Baugrund: 6.20 m, Pfahllänge u. GOK: 23.96 m
 Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 3389$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

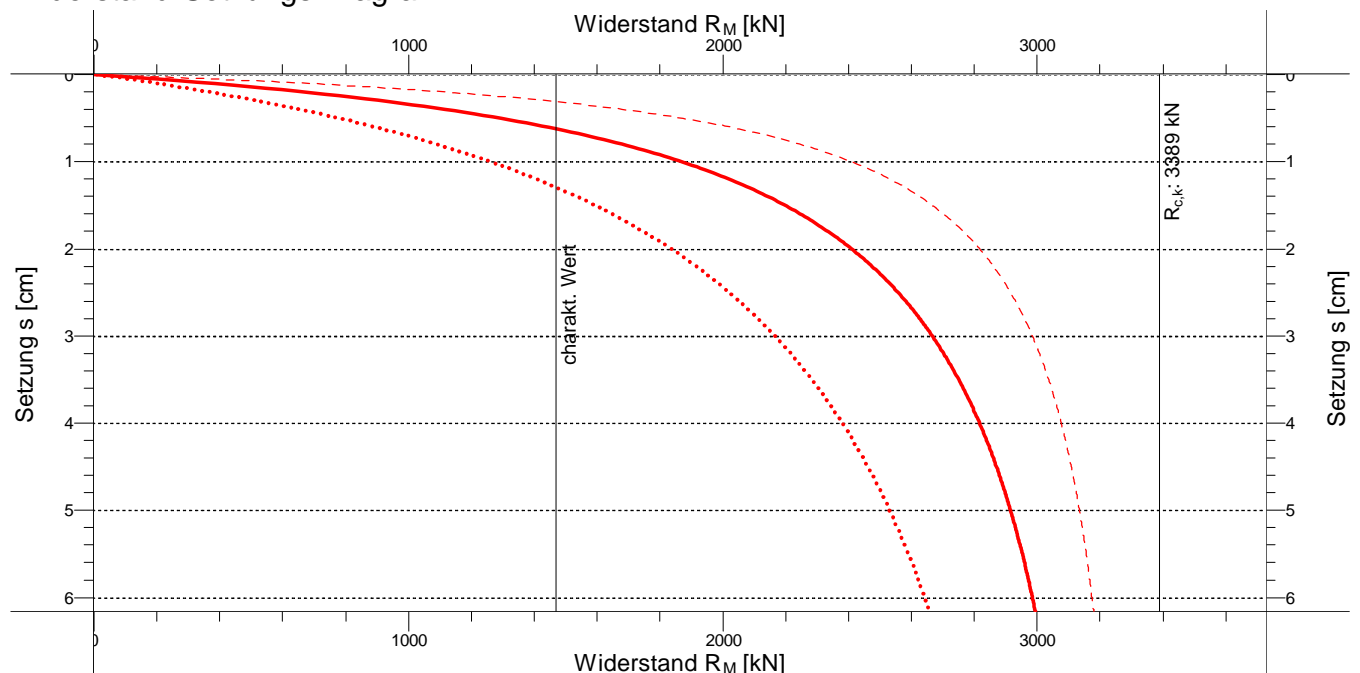
$R_{c,k} = 2959$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2959 \text{ kN}}{1470 \text{ kN}} = 2.01 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1290
1.0	1868
$s_{zul}=1.50$	2197
2.0	2409
3.0	2666
4.0	2816
5.0	2914
$s_g=5.60$	2959
$s = \infty$	3389



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
 INGENIEURGESELLSCHAFT
 FÜR GEOTECHNIK MBH
 28357 BREMEN

Bauherr: Immobilien Bremen AöR
 Bauwerk: Gebäude 22
 Ort: Brhv., Elbestraße 101
 Drucksondierung: 2
 Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2012771
 Konus Nr.: C15CFII.S18545
 Datum: 24.4.2020
 Bearbeiter: ts
 Anlage: 4.5.2

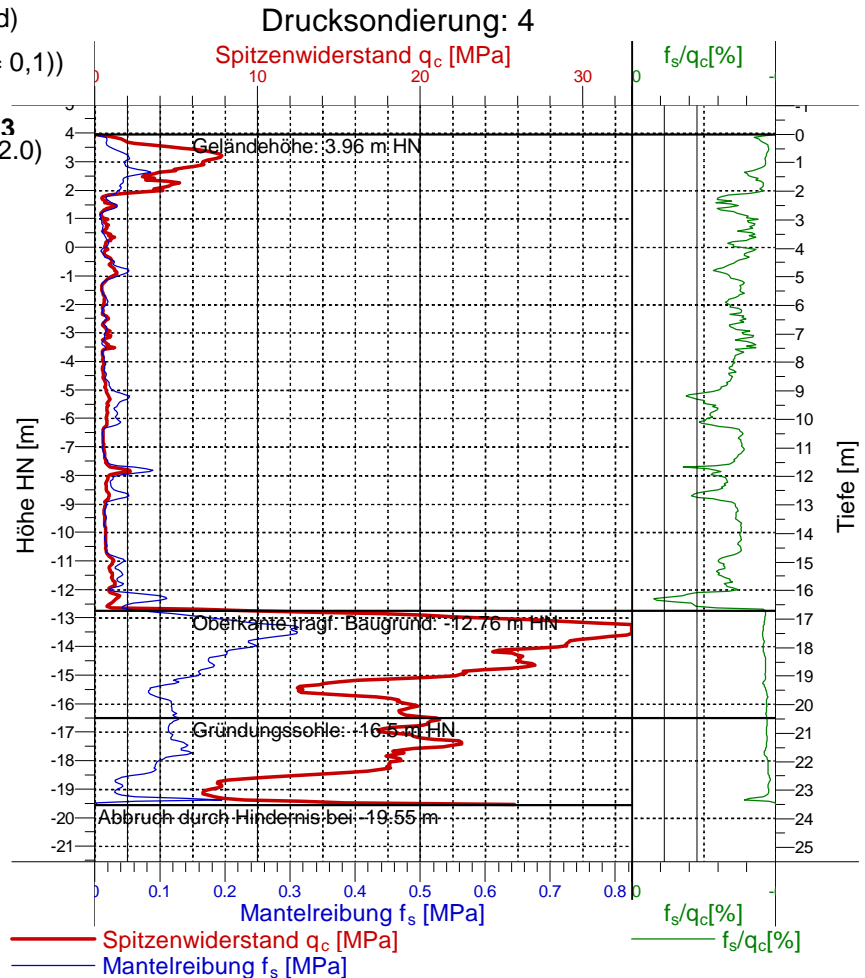
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1470 kN
Oberkante Gelände: 3.96 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.76 m HN, Gründungssohle: -16.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 3.74 m, Pfahllänge u. GOK: 20.46 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 3425$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

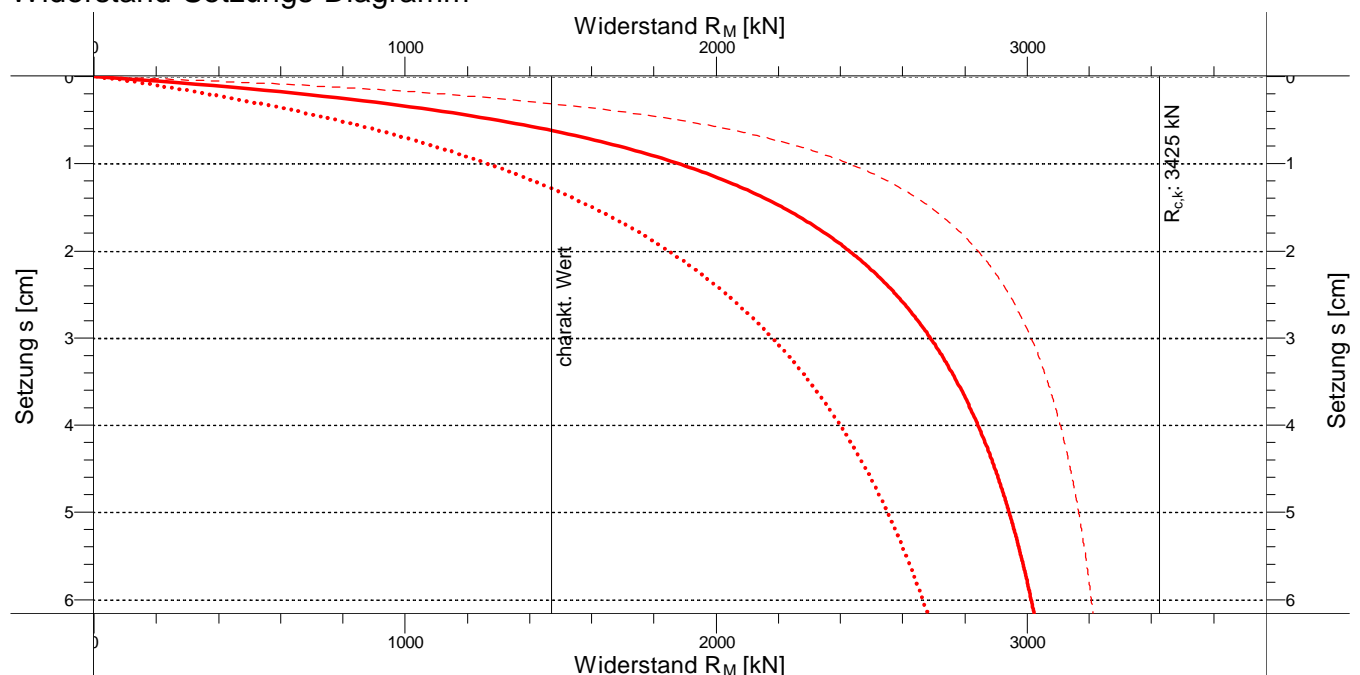
$R_{c,k} = 2987$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2987 \text{ kN}}{1470 \text{ kN}} = 2.03 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1295
1.0	1880
$s_{zul}=1.50$	2212
2.0	2427
3.0	2688
4.0	2841
5.0	2942
$s_g=5.60$	2987
$s = \infty$	3425



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 4
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.5.3

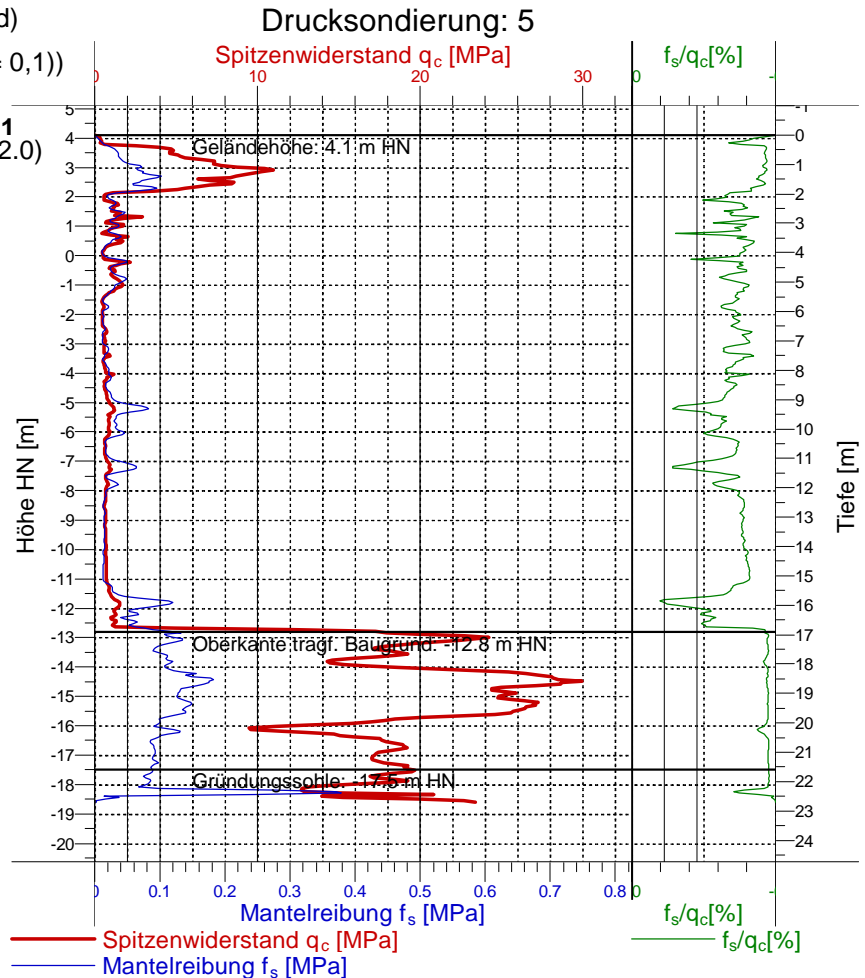
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1470 kN
Oberkante Gelände: 4.10 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.80 m HN, Gründungssohle: -17.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 4.70 m, Pfahllänge u. GOK: 21.60 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 3386$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

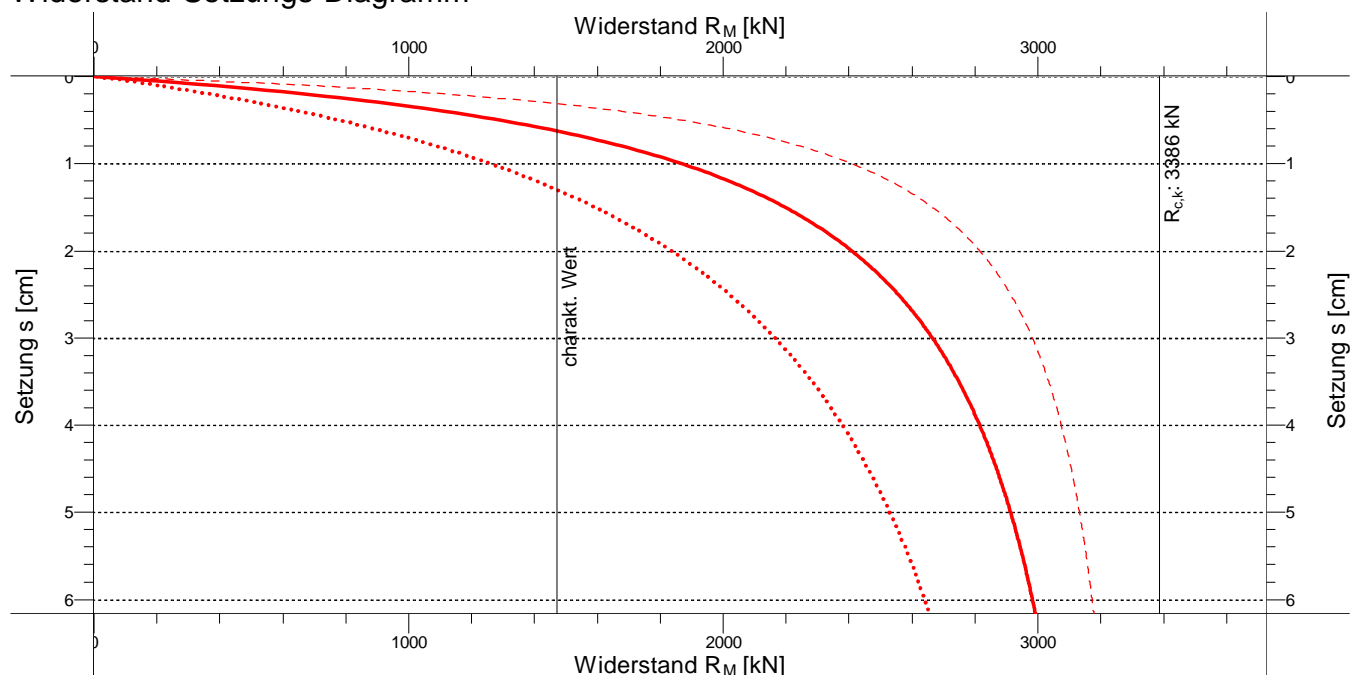
$R_{c,k} = 2957$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2957 \text{ kN}}{1470 \text{ kN}} = 2.01 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1289
1.0	1868
$s_{zul}=1.50$	2196
2.0	2408
3.0	2664
4.0	2814
5.0	2913
$s_g=5.60$	2957
$s = \infty$	3386



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 5
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFIIP.S181166
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.5.4

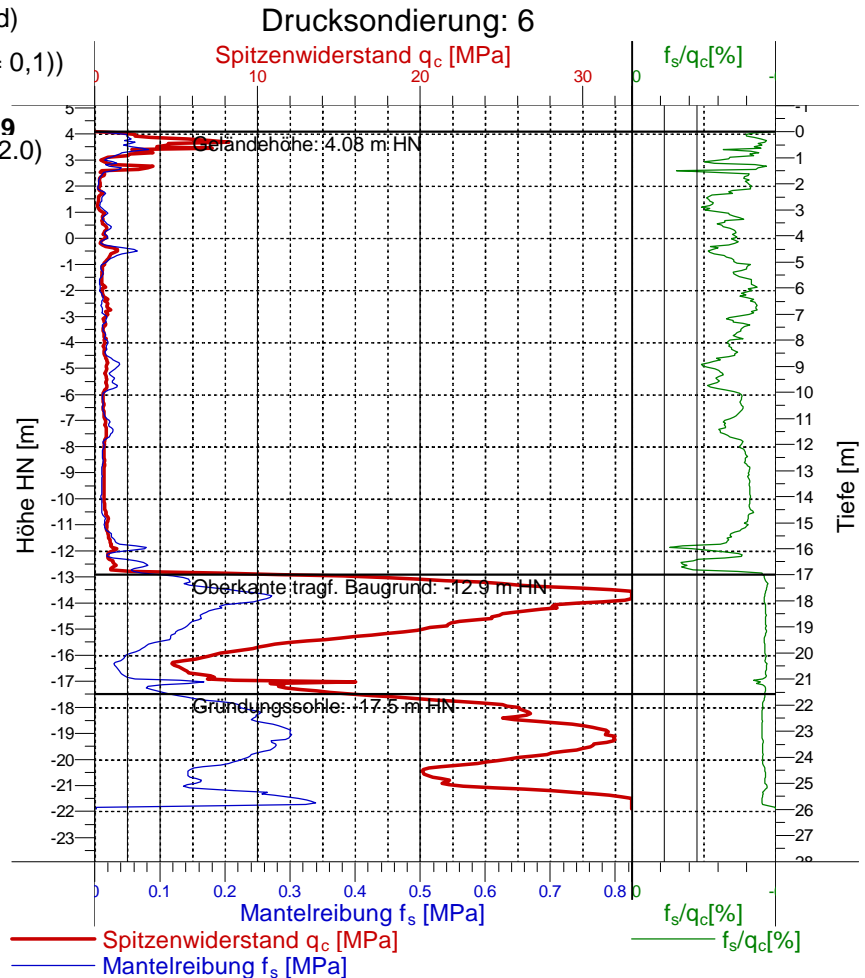
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1470 kN
Oberkante Gelände: 4.08 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.90 m HN, Gründungssohle: -17.50 m HN
Einbindung in tragfähigen Baugrund: 4.60 m, Pfahllänge u. GOK: 21.58 m
Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 3735$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

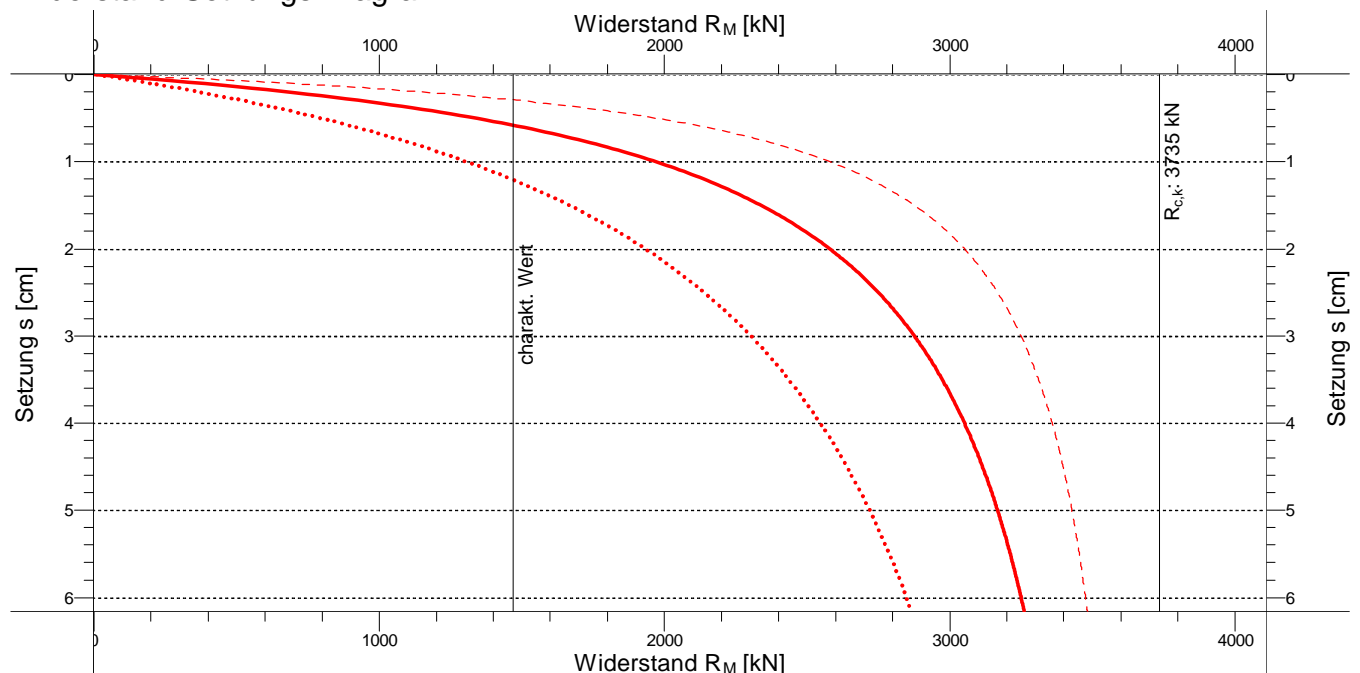
$R_{c,k} = 3220$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{3220 \text{ kN}}{1470 \text{ kN}} = 2.19 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1337
1.0	1969
$s_{zul}=1.50$	2338
2.0	2579
3.0	2876
4.0	3051
5.0	3167
$s_g=5.60$	3220
$s = \infty$	3735



Widerstand-Setzungs-Diagramm



- GLB: minimale Setzung
- GLB: mittlere Setzung
- GLB: maximale Setzung



GRUNDBAULABOR BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestr.
Drucksondierung: 6
Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
Konus Nr.: S15CFII.S20427
Datum: 11.4.2024
Bearbeiter: ts
Anlage: 4.5.5

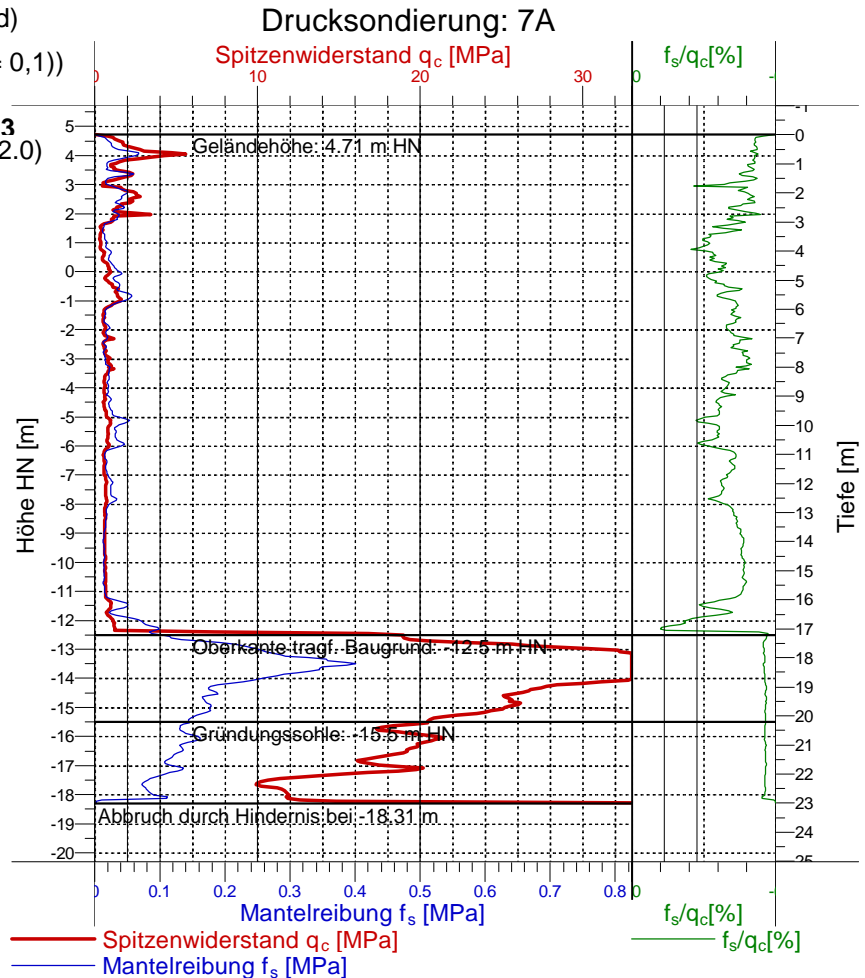
VVB-PFAHL: Ø: 44 cm, Fuß Ø: 56 cm charakt. Wert der Druckbelastung $F_{c,k}$: 1470 kN
 Oberkante Gelände: 4.71 m HN, Ok. tragf. Baugrund: -12.50 m HN, Gründungssohle: -15.50 m HN
 Einbindung in tragfähigen Baugrund: 3.00 m, Pfahllänge u. GOK: 20.21 m
 Zulässige Setzung: 1.50 cm

$R_{c,k} = 3422$ kN (Gesamtpfahlwiderstand)

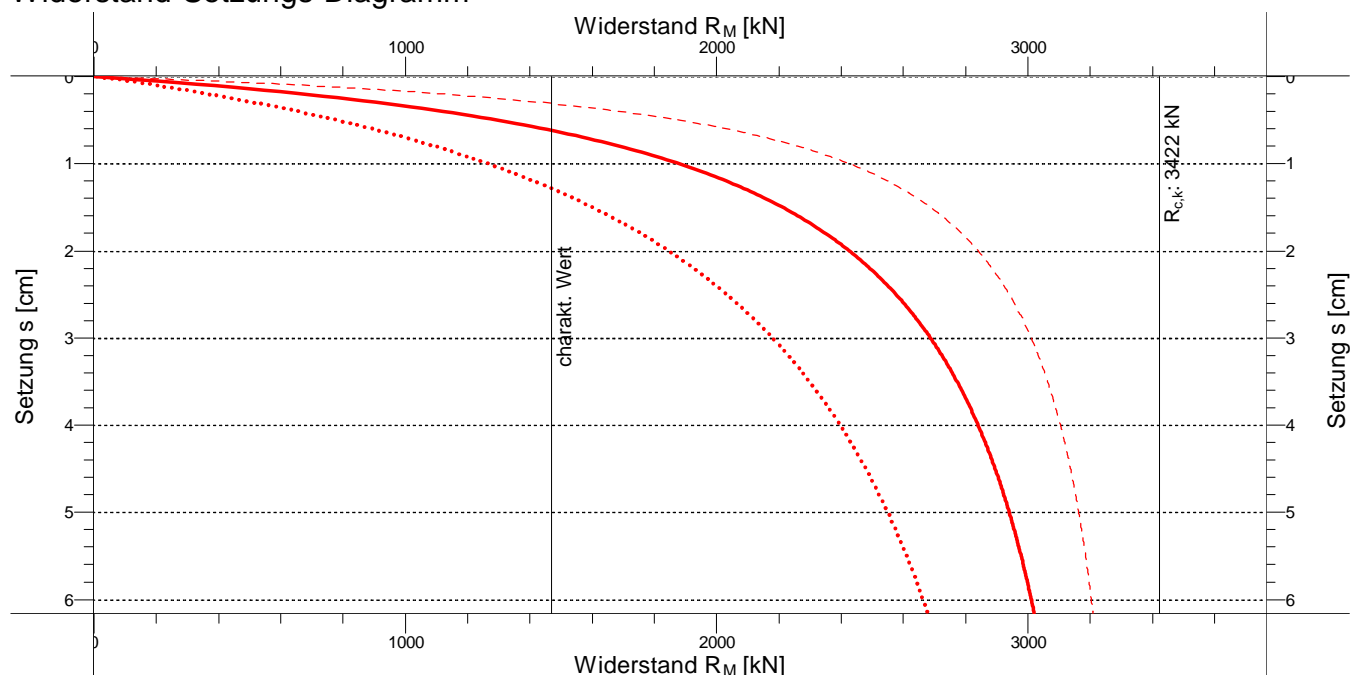
$R_{c,k} = 2984$ kN (Pfahlwiderstand (S/D = 0,1))

$$\eta = \frac{R_{c,k} (S/D=0,1)}{F_{c,k}} = \frac{2984 \text{ kN}}{1470 \text{ kN}} = 2.03 (> 2.0)$$

s [cm]	GLB R_M [kN]
0.5	1295
1.0	1879
$s_{zul}=1.50$	2211
2.0	2426
3.0	2686
4.0	2839
5.0	2939
$s_g=5.60$	2984
$s = \infty$	3422



Widerstand-Setzungs-Diagramm



GRUNDBAULABOR BREMEN
 INGENIEURGESELLSCHAFT
 FÜR GEOTECHNIK MBH
 28357 BREMEN

Bauherr: Freie Hansestadt Bremen
 Bauwerk: KLBM - MOS BRH - Gebäude 22
 Ort: Brhv., Elbest.
 Drucksondierung: 7A
 Pfahltragfähigkeit

Obj. Nr.: 2474083
 Konus Nr.: S15CFII.S20427
 Datum: 11.4.2024
 Bearbeiter: ts
 Anlage: 4.5.6

Pfahltyp: **VVB**

Schaftdurchmesser D[m]: **0.38**

Fußdurchmesser D_F[m]: **0.45**

Charakteristische Einwirkung E_k[kN]: **700**

DS-Nr.	Gründungssohle [m HN]	Länge u. GOK [m]	Anlage Nr.
1	-15.00	19.85	4.2.1
2	-15.00	19.96	4.2.2
4	-14.50	18.46	4.2.3
5	-15.00	19.10	4.2.4
6	-16.00	20.08	4.2.5
7A	-14.00	18.71	4.2.6

Min: -16.0 18.5

Mittel: -14.9 19.4

Max: -14.0 20.1

Pfahltyp: **VVB**

Schaftdurchmesser D[m]: **0.38**

Fußdurchmesser D_F[m]: **0.45**

Charakteristische Einwirkung E_k[kN]: **980**

DS-Nr.	Gründungssohle [m HN]	Länge u. GOK [m]	Anlage Nr.
1	-16.50	21.35	4.3.1
2	-17.50	22.46	4.3.2
4	-16.00	19.96	4.3.3
5	-16.50	20.60	4.3.4
6	-17.00	21.08	4.3.5
7A	-14.50	19.21	4.3.6

Min: -17.5 19.2

Mittel: -16.3 20.8

Max: -14.5 22.5

Pfahltyp: **VVB**

Schaftdurchmesser D[m]: **0.44**

Fußdurchmesser D_F[m]: **0.56**

Charakteristische Einwirkung E_k[kN]: **1260**

DS-Nr.	Gründungssohle [m HN]	Länge u. GOK [m]	Anlage Nr.
1	-16.00	20.85	4.4.1
2	-16.50	21.46	4.4.2
4	-15.50	19.46	4.4.3
5	-16.00	20.10	4.4.4
6	-17.00	21.08	4.4.5
7A	-15.00	19.71	4.4.6

Min: -17.0 19.5

Mittel: -16.0 20.4

Max: -15.0 21.5



Max: GRUNDBAULABOR-BREMEN
INGENIEURGESELLSCHAFT
FÜR GEOTECHNIK MBH
28357 BREMEN

Objektnummer: 2012771
Bauherr: Immobilien Bremen AöR
Bauwerk: Gebäude 22
Ort: Brhv., Elbestraße 101
Anlage: 5.1

Pfahltyp: **VVB**

Schaftdurchmesser $D[m]$: **0.44**

Fußdurchmesser $D_F[m]$: **0.56**

Charakteristische Einwirkung $E_k[kN]$: **1470**

DS-Nr.	Gründungssohle [m HN]	Länge u. GOK [m]	Anlage Nr.
1	-18.50	23.35	4.5.1
2	-19.00	23.96	4.5.2
4	-16.50	20.46	4.5.3
5	-17.50	21.60	4.5.4
6	-17.50	21.58	4.5.5
7A	-15.50	20.21	4.5.6
Min:	-19.0	20.2	
Mittel:	-17.4	21.9	
Max:	-15.5	24.0	

