

Kerzers Umfahrungsstrasse

Baugrunduntersuchung

Version 1.00 | 05.03.2020

Impressum

Auftragsnummer	BE.N.
Auftraggeber	Tiefbauamt TBA, rue des Chanoines 17, 1700 Fribourg
Datum	05.03.2020
Version	1.00
Autor(en)	Sara Montani (sara.montani@emchberger.ch), Nicolas Badertscher (nicolas.badertscher@geo-online.com)
Freigabe	Charles De Gasparo, Emch+Berger AG Bern
Verteiler	Rolf Loosli, TBA Kt. Fribourg
Datei	J:\F_STRAB\2019\INF_190026_Umfahrung Kerzers\4_PLAN\42_VORP\Ing\5_Geologie\20200305 Umfahrungsstrasse Baugrund.docx
Seitenanzahl	9
Copyright	© Emch+Berger AG Bern

Inhalt

1	Allgemeines	1
1.1	Vertragspartner	1
1.2	Ausgeführte Arbeiten	1
1.3	Verwendete Unterlagen	1
2	Geotechnische Kennwerte	1
3	Bautechnische Folgerungen	2
3.1	Projekt	2
3.2	Allgemeine Einschätzung	2
3.3	Brücke	2
3.3.1	Foundation und Setzungen	2
3.3.2	Verbau und Wasserhaltung	3
3.4	Aushub und Wiederverwendbarkeit	3
3.5	Strasse	4
3.6	Versickerung	4
4	Weiteres Vorgehen	4
4.1	Messungen	4
4.2	Überwachung	5
4.3	Schlussbemerkung	5
	Anhang A	A-1
	A.1 Geologischer Bericht	A-1

1 Allgemeines

1.1 Vertragspartner

Bauherrschaft	Tiefbauamt TBA Rue des Chanoines 17 1700 Fribourg
Bauingenieur	Bächtold & Moor AG Giacomettistrasse 15 3000 Bern 31
Projektphase	Vorprojekt
Auftrag	Durchführung einer Baugrunduntersuchung und Erstellung eines schriftlichen Berichts gemäss Auftrag vom 22. Oktober 2019

1.2 Ausgeführte Arbeiten

Der vorliegende Bericht beinhaltet zwei Teile.

Die Organisation der Felduntersuchungen sowie deren Aufnahmen und Bodenansprache wurde durch die Geotechnisches Institut AG als Subunternehmer durchgeführt. Der dazugehörige Bericht liegt im Anhang A-1 bei.

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse, die Bestimmung der charakteristischen Kennwerte sowie die Erarbeitung der bautechnischen Folgerungen erfolgt durch die Emch+Berger AG. Sie sind in den nachstehenden Kapiteln dargelegt.

1.3 Verwendete Unterlagen

Die verwendeten Grundlagen sind in der Beilage A-1 abgebildet.

2 Geotechnische Kennwerte

Die für das vorliegende Projekt zu verwendenden charakteristischen Kennwerten werden wie folgt definiert. Sie werden in Anlehnung an die im Kapitel 3.1 beschriebene Planungsaufgabe gewählt. Die Angaben für die Pfahlwiderstände (q_b Spitzenwiderstand, q_s Mantelreibung) beziehen sich auf verrohrte Bohrpfähle.

Tabelle 1: Charakteristische Kennwerte

Schicht	g [kN/m ³]	j' [°]	c' [kN/m ²]	M_E [MN/m ²]	q_b [MN/m ²]	q_s [kN/m ²]	Tragfähigkeitsklasse
Deckschicht a2	19	28	1	3	-	-	S0
Torf b	14	17	2	1	-	-	S0
Verlandungssedimente c	20	3	1	7	-	-	S0 bis S1
Fluviatile Ablagerungen d	20.5	34	0	50	-	80	S3
Aufgearbeitete Moräne e1	21	31	2	30	-	60	Nicht relevant
Moräne e2	21.5	34	5	60	4	100	Nicht relevant

Untere Süsswasser- molasse f	23	28	80	90	6	120	Nicht relevant
---------------------------------	----	----	----	----	---	-----	----------------

3 Bautechnische Folgerungen

3.1 Projekt

Zur Verkehrsentslastung des Ortskerns von Kerzers (FR) wird eine Ortsumfahrung geplant. Die Umfahrung soll westlich von Kerzers die Kantonsstrasse 10 (ab Kreisel) direkt mit der Kantonsstrasse 22 nördlich von Kerzers verbinden und dabei die Eisenbahnstrecke (Kerzers – Lyss) queren. Die Anbindungen an die bestehenden Strassen sollen durch Kreisel realisiert werden. Die bestehende Bahnstrecke wird mit einer Brücke mit einer Länge von ca. 300 m überquert. Zur Erhebung der Pfahlwiderstände wurden Rotationskernbohrungen im Wechsel mit CPT-Sondierungen durchgeführt.

Im Bereich der künftigen Strasse kamen Baggerschächte und Rammsondierungen zum Einsatz.

3.2 Allgemeine Einschätzung

Die Deckschichten (Schicht a2) sowie der Torf (Schicht b) sind auf der ganzen Länge des Projektes mit einer Mächtigkeit von 0.5 – 2.5 m vorhanden. Diese Schichten wirken sich für den Strassenbau negativer aus, als dies bei der Brücke der Fall ist.

Als Gründungshorizont bietet sich bei der Brücke die Moräne (Schicht e2) resp. die untere Süsswassermolasse (Schicht f) an. Die eher tiefe Lage dieser Schichten erfordert Tiefengründungen. Einzig im Nordosten des Gebietes keilen die setzungsempfindlichen Schichten aus und machen Flachfundationen verbunden mit einem Materialersatz durchaus sinnvoll.

3.3 Brücke

3.3.1 Foundation und Setzungen

Die Deckschichten, der Torf (Schicht b) sowie die Verlandungssedimenten (Schicht c) eignen sich in keiner Weise für einen Abtrag von Lasten der Brückenfundation. In reduziertem Masse könnten Lasten auf die fluviatilen Ablagerungen (Schicht d) oder die aufgearbeitete Moräne (Schicht e1) abgetragen werden. In Anbetracht der Nähe der eigentlichen Moräne (Schicht e2) und der Süsswassermolasse (Schicht f) bietet sich bei den **Stützen** ein Abtrag über Spitzentpfähle an.

Je nach Grösse der Lasten können Verdrängungspfähle in Frage kommen. Das aber bei praktisch allen Bohrungen beobachtete artesisch gespannte Grundwasser dürfte die Wahl des Bohrverfahrens massgebend beeinflussen. Entweder werden verrohrte Bohrpfähle gewählt, die ein Betonieren mit entsprechender Wassersäule ermöglichen oder aber es kommen geschlossene Systeme, wie vorfabrizierte Vollverdrängungspfähle in Frage, die die wasserführenden Schichten unterbinden. Letztere dürften jedoch deutlich unwirtschaftlicher sein, da die verfügbaren Durchmesser limitiert sind und somit der Abtrag über Spitzenwiderstand reduziert ist.

Bei den **Widerlagern** weichen die Gegebenheiten etwas ab. Bei beiden Widerlagern kann nach Abtrag der Schichten a und b auch flach fundiert werden. Allerdings muss wegen den bis zu 10 m hohen Schüttungen und damit verbundenen grossen Lasten mit grösseren Setzungen gerechnet werden. Diese resultieren auch aus der tiefer liegenden Schicht e1. Unabhängig von

der Fundationsart ist vorzusehen, die Schüttungen möglichst früh aufzubringen und mit einer Vorbelastung die Setzungen vorwegzunehmen. Wir schätzen, dass die Konsolidationszeiten in den Verlandungssedimenten und der Moräne bis zu 1 – 2 Monate betragen können. Mit Hilfe einer Überschüttung kann der Konsolidationsvorgang beschleunigt werden.

Werden die Widerlager gepfählt, ist die negative Mantelreibung infolge Schüttung zu berücksichtigen. Diese dürften in erster Linie aus der Schicht e1 resultieren.

Nach Vorliegen der effektiven Lasten sowie Geometrien ist eine genauere Betrachtung der Setzungen und Setzungsdifferenzen sowie der Konsolidationszeiten unablässig.

3.3.2 Verbau und Wasserhaltung

Bei den Stützen sind Baugruben nötig. Die genaue Tiefenlage dieser kann aktuell nur geschätzt werden und wir gehen von Tiefen von ca. 3 – 4 m aus. Bei allen Bohrungen wurde **artesisch gespanntes** Wasser angetroffen. Diese Druckniveaus stammen allesamt aus den tieferliegenden Piezometern, d.h. aus der eigentlichen Moräne (Schicht e2) oder aus der Unteren Süsswassermolasse (Schicht f). Die festgestellten Druckniveaus liegen wenige Dezimeter bis ca. 1.50 m über Terrain. Solange die Baugruben die angesetzten Tiefen von 3 – 4 m nicht überschreiten, liegt keine **Auftriebsgefährdung** vor. Ein entsprechender Nachweis wäre im Bedarfsfall zu führen.

Der obere Grundwasserspiegel liegt auf ca. 1 – 2 m unter OK Terrain und zirkuliert in den stark durchlässigen fluviatilen Ablagerungen und ist durch die darüberliegenden schlecht durchlässigen Schichten leicht gespannt.

Für die Erstellung der Baugruben sind somit **geschlossene Systeme** notwendig, die mit Vorteil in die Halbstauer (Schichten e1 und e2) einbinden um dadurch die abzapfenden Mengen reduzieren. Die oberhalb der eigentlichen Moräne (Schicht e2) liegenden Böden sind gut rammbar und für den Verbau empfehlen wir den Einsatz von Spundwänden. Alternative Systeme wie gebohrte Verfahren sind denkbar, weisen aber den grossen Nachteil einer Abdichtung des Grundwasserträgers auf, was im Grundsatz im Gewässerschutzbereich A₀ nicht zulässig ist.

Für die allenfalls notwendige **Abstützung** kommt am ehesten eine Spriessung in Frage. Die oberflächennah anstehenden Schichten eignen sich nicht für einen Abtrag von Ankerkräften. Inwiefern ein frei auskragender Verbau in Frage kommt, muss noch Vorliegen der Baugrubentiefen geprüft werden. Die Verlandungssedimente (Schicht c) lassen keine bis nur eine geringe Einspannung zu, resp. die Deformationen dürften zu gross sein. Die fluviatilen Ablagerungen (Schicht d) sind diesbezüglich vorteilhafter, wobei auch hier die Aufnahme der horizontalen Bettung begrenzt ist.

Bindet der Verbau in die abdichtenden Schichten ein, ist neben einem Leersaugen der Baugrube einzig noch eine **Restwasserhaltung** infolge Undichtigkeiten notwendig. Die Pumpmengen erlauben den Einsatz von Pumpensäugern.

3.4 Aushub und Wiederverwendbarkeit

Die Schichten a, b und c sind für eine Wiederverwendung im geotechnischen Sinn nicht geeignet. Unter Vorbehalt allfälliger Verschmutzungen sind die Deckschichten und der Torf allenfalls in der Landwirtschaft wiederverwendbar.

Die fluviatilen Ablagerungen können als minder- bis hochwertig eingestuft werden und entsprechend wiederverwendet werden.

Sämtliche Materialien sind mässig bis gut baggerbar. In der Moräne können Blöcke nicht ausgeschlossen werden, wodurch in erster Linie beim Abteufen der Tiefengründungen Schwierigkeiten auftreten können.

3.5 Strasse

Der Strassenverlauf führt über weite Strecken über 2.5 m mächtige Deckschichten, Torfe und Verlandungssedimente. Abgesehen von Gesamtsetzungen aus den Verlandungssedimenten führen die Torfschichten je nach Gehalt an organischem Material zu unterschiedlich verlaufenden Langzeitsetzungen.

Der Strassenoberbau ist über die ganze Strecke auf die Tragfähigkeitsklasse S0 auszulegen. Folgende Vorgehen kommen in Frage:

- Teilersatz des anstehenden Materials. In Anbetracht der hohen Wasserstände dürfte dies aus wirtschaftlichen Gründen wohl nur bis zu den gemessenen Druckniveaus Sinn machen. Bei tieferen Aushüben zeigte sich das Material als kaum standfest. Entsprechend wären Verbauten und eine Wasserhaltung notwendig.
- Nachverdichten der anstehenden Schichten. Ist maschinell (Vibrowalzen) wegen der Wasserempfindlichkeit der Böden und der Nähe des Grundwassers kaum machbar. Der Boden würde sich verflüssigen.
- Stabilisierung. Kann ins Auge gefasst werden. Der Einbau führt zu den zuvor erwähnten Problemen bei der Verdichtung.
- Verdichten mittels Rüttelstopfsäulen. Gegen diese Methode spricht die durch das Rütteln verbundene Verdichtung des Grundwasserleiters. Ein solches Vorgehen ist im Grundsatz im Gewässerschutzbereich A_u nicht zulässig, könnte aber unter Auflagen bewilligt werden.
- Aufbau mit Geogittern/Geogewebe und Überschüttung der Strecke. Damit könnten Setzungen vorweggenommen werden. Nachteilig sind die Dauer der Vorbelastung und die Materialmengen, die es für die Erstellung der Schüttungen braucht. Wird allerdings parallel zu den Arbeiten ein Zwischendepot benötigt, könnte es sich hier um eine machbare Option handeln. In dem Zusammenhang wäre zu prüfen, ob das Niveau der Strasse leicht angehoben wird.

Alle genannten Verfahren sind mit ein paar Einschränkungen machbar. Wir empfehlen für die Wahl der Methode eine Risiko-Kosten-Analyse durchzuführen.

3.6 Versickerung

Die an der Oberfläche anstehenden Böden sind schlecht durchlässig. Der obere Grundwasserspiegel liegt zudem knapp unter OK Terrain, was eine Versickerung im üblichen Sinn nicht zulässt.

4 Weiteres Vorgehen

4.1 Messungen

Die Grundwasserstände sind aktuell nur an einem Tag bestimmt worden. Für die Brücke ist das Schwankungsverhalten nicht von besonderer Bedeutung. Für die Fragen rund um den Strassenbau und die Entwässerung empfehlen wir den Einbau von Dataloggern. Damit können die Schwankungen über einen längeren Zeitraum erfasst werden. Die **repräsentativen Grundwasserstände** dürften nicht zuletzt für die Wahl des Vorgehens bei der Strasse entscheidend sein.

4.2 Überwachung

Der Beurteilung der Setzungen kommt eine sehr hohe Bedeutung zu. Im Rahmen der Ausführung ist ein umfassendes Messkonzept vorzusehen. Bei den Schüttungen sollten auch die Deformationen zur Tiefe mit Hilfe von Inkremessungen erfasst werden. Nur so ist eine saubere Dokumentation der Konsolidation möglich. Diese ist entscheidend für die Bestimmung der definitiven Liegezeit der eventuellen Überschüttungen.

Die Auswirkungen auf die SBB-Geleise sind ebenfalls messtechnisch zu erfassen.

4.3 Schlussbemerkung

Die in diesem Bericht gemachten Angaben gelten für das erwähnte Bauvorhaben. Eine Übertragung der Aussagen auf andere Fragestellungen und Bauvorhaben ist nicht zulässig. Die Aussagen beruhen auf Interpretationen aus einzelnen Aufschlüssen. Eine Überprüfung und allfällige Anpassung des Modells bei zusätzlichen Informationen aus weiteren Aufschlüssen bleiben vorbehalten. Wir empfehlen die Begleitung der Projektierungsarbeiten und der Ausführung durch einen Geotechniker (Beurteilung der Baugrubensohlen, Pfahlaufnahmen etc.)

Datum: 05.03.20



Charles-Etienne de Gasparo
Projektleiter BHU



Sara Montani
Projektleiterin Geotechnik

Anhang A

A.1 Geologischer Bericht

Umfahrungsstrasse

Kerzers

Baugrunduntersuchung

Auftrags-Nr. 36.0252.001
Moutier, 24. Februar 2020 / Stjü

Geotechnisches Institut

Aktiengesellschaft

Zertifiziert nach SN EN ISO 9001: 2015

Zertifikat Nr. CH10116118 / 04.09.2018

www.geo-online.ch

info@geo-online.ch

4053 Basel, Pfeffingerstrasse 41

2854 Bassecourt, Rue du Vieux Moulin 4

3027 Bern, Bümplizstrasse 15

3900 Brig, Bahnhofstrasse 4a

2740 Moutier, Rue des Prés 11

2000 Neuchâtel, Rue de la Serre 11

3700 Spiez, Postfach 474, Seestrasse 7

061 365 10 70

032 461 20 48

031 389 34 11

027 923 58 90

032 493 40 43

032 846 24 61

033 650 72 82

info@geo-online-bs.ch

info.ju@geo-online.ch

info.be@geo-online.ch

info.vs@geo-online.ch

info.ju@geo-online.ch

info.ne@geo-online.ch

info.sp@geo-online.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Ausgeführte Arbeiten	1
1.3	Verwendete Unterlagen	2
1.4	Lage und Beschaffenheit des Projektareals	3
2	Baugrundverhältnisse	5
2.1	Geologischer Überblick	5
2.2	Schichtaufbau	5
2.2.1	Schicht a1 / künstliche Auffüllung	6
2.2.2	Schicht a2 / Deckschicht	6
2.2.3	Schicht b / Torf	7
2.2.4	Schicht c / Verlandungssedimente	8
2.2.5	Schicht d / fluviatile Ablagerungen	9
2.2.6	Schicht e1 / aufgearbeitete Moräne	10
2.2.7	Schicht e2 / Moräne	11
2.2.8	Schicht f / Untere Süsswassermolasse	12
3	Grundwasserverhältnisse	13
3.1	Planerischer Grundwasserschutz	13
3.2	Grundwasservorkommen	13
3.2.1	Oberes Vorkommen	13
3.2.2	Unteres Vorkommen	14
4	Weitere Hinweise	15
4.1	Prognosestand/Unsicherheiten	15
4.2	Überwachung	15
4.3	Schlussbemerkung	15

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Einträge des Projektareals im Geoportal des Kantons Fribourg betreffend Naturgefahren und belasteten Standorten [7]
Tabelle 2:	Eintrag des Projektareals im Geoportal des Kantons Fribourg betreffend Baugrundklassen [7]
Tabelle 3:	Eintrag des Projektareals im Geoportal des Kantons Fribourg betreffend Gewässerschutzzonen [7]

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Situationsplan mit der Linienführung der geplanten Umfahrungsstrasse
--------------	--

Beilagenverzeichnis

Beilage 1:	Situation	1 : 2'000
Beilage 2:	Längenprofil	1 : 400
Beilage 3:	Rotationskernbohrungen FCR1/P/19 bis FCR5/P/19	1 : 100
Beilage 4:	Elektrische Drucksondierungen CPTu1/19 bis CPTu5/19	
Beilage 5:	Rammsondierungen EPD1/P/19 bis EPD8/19	1 : 50
Beilage 6:	Baggerschächte SPR1/19 bis SPR4/19	
Beilage 7:	Grundwassermessungen	

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Bauherrschaft	Tiefbauamt TBA Rue des Chanoines 17 1700 Fribourg
Geotechniker	Emch+Berger AG Bern Schlösslistrasse 23 Postfach 6025 3001 Bern
Projektphase	Vorprojekt
Auftrag	Durchführung einer Baugrunduntersuchung und Erstellung eines schriftlichen Berichts gemäss unserer Offerte vom 4. September 2019.
Auftragserteilung	Schriftlich per E-Mail am 13. September 2019.

1.2 Ausgeführte Arbeiten

durch KIBAG Bohrungen AG, Ried b. Kerzers

- Abteufen von 6 Rotationskernbohrungen FCR1/P/19 bis FCR5/P/19 (mit FCR4bis/P/19) in Tiefen von 15.0 - 24.2 m (totale Bohrlänge 113.1 m);
- Durchführung von SPT-Versuchen in regelmässigen Tiefen;
- Ausbau der 6 Bohrungen mit Piezometern: FCR1/P/19 und FCR2/P/19 mit je zwei 2"-Piezometern in unterschiedlichen Tiefen; FCR3/P/19 bis FCR5/P/19 (mit FCR4bis/P/19) mit je einem 3"-Piezometer;
- Rückbau des Piezometers in der Bohrung FCR4/P/19 und Abdichtung des Bohrlochs sowie Ausinjizieren des Piezometers in der Bohrung FCR5/P/19 aufgrund von artesisch gespanntem Grundwasser;
- Versetzen von Überstandsrohren zum Schutz der Einbauten.

durch Geoprofile GmbH, Adligenswil (Subunternehmer von KIBAG Bohrungen AG)

- Ausführung von 4 CPTu-Sondierungen CPTu1/19 bis CPT5u/19 (ohne CPTu4/19) bis in Tiefen von 6.9 - 8.5 m (totale Sondierlänge 31.3 m), inkl. Durchrammen von harten Lagen.

durch Widmer Traxbetrieb AG, Kleingümmenen (Subunternehmer von KIBAG Bohrungen AG)

- Öffnen und Wiedereindecken von 4 Baggerschächten SPR1/19 bis SPR4/19 in Tiefen von 1.7 - 4.6 m ab Terrain.

durch Emch+Berger AG, Bern

- Absteckung und Einmessung der Sondierstellen in Lage und Höhe.

durch Geotechnisches Institut AG, Moutier

- Archivrecherche, Aufbereitung der bestehenden Unterlagen;

- Organisation und Ausschreibung der Fremdleistungen, Organisation der Feldarbeiten, Einholen der Bohrbewilligungen, Information der Grundeigentümer/Pächter, Werkleitungsabklärung;
- Begleitung der Bohrarbeiten, geologisch-geotechnische Aufnahme der Bohrkerns, Begleitung der Baggerschächte, geologische Aufnahme der Baggerschächte, Entnahme von Rückstellproben;
- Grundwassermessungen;
- Abteufung von 8 mittelschweren Rammsondierungen (Typ "von Moos") EPD1/19 bis EPD8/19 in Tiefen von 5.0 - 6.9 m ab Terrain (totale Ramlänge: 41.9 m) sowie einer superschweren Rammsondierung (Typ "DPSH-A") EPD8bis/19 bis in eine Tiefe von 8.6 m ab Terrain;
- Auswertung aller Versuche und Messungen, Darstellung der Sondierungen auf einem Situationsplan und einem Längenprofil, Verfassen des vorliegenden Berichts.

1.3 Verwendete Unterlagen

- [1] Tiefbauamt TBA, Fribourg / Emch+Berger AG, Bern: "Achse 3450, Umfahrungsstrasse Kerzers – Konzeptplan", Situation 1 : 1'000 vom 15. März 2019.
- [2] Tiefbauamt TBA, Fribourg: "Achse 3450, Umfahrungsstrasse Kerzers – Machbarkeitsstudie Brücke Kantonsstrasse", Situation 1 : 200, Längsschnitt 1 : 200, Querschnitte 1 : 100 und 1 : 50 vom 30. November 2017.
- [3] Sondierungen aus dem Archiv des Kantons Fribourg, Stand September 2019.
- [4] Sondierungen aus dem Archiv des Bundesamts für Umwelt, Stand September 2019.
- [5] Geotechnisches Institut AG, Bern: "Kerzers, Gewächshaus Moser – Baugrunduntersuchung", Bericht GI-Nr. 31.4851.001 vom 3. Juli 2017.
- [6] Geotechnisches Institut AG, Bern: "Kerzers, Landi, Neubau Betriebsgebäude – Baugrunduntersuchung", Bericht GI-Nr. 31.5091.001 vom 14. November 2019.
- [7] Geoportal des Kantons Fribourg, Stand Februar 2020:
 - Naturgefahrenkarte;
 - Karte der Boden- und Hanginstabilitäten;
 - Karte der belasteten Standorte;
 - Karte der seismischen Baugrundklassen nach der Baunorm SIA 261;
 - Grundwasserschutzkarte.
- [8] Bundesamt für Umwelt, Stand Februar 2020:
 - Erdbebenzone nach der Baunorm SIA 261.

1.4 Lage und Beschaffenheit des Projektareals

In Kerzers ist der Neubau einer Umfahrungsstrasse geplant. Die geplante Abzweigung von der bestehenden Kantonstrasse erfolgt in der Nähe des Parkplatzes des Papilioramas über den Anschluss Nord (ca. Km 1+300.0; Koordinaten ca. 2'581'930/1'203'890). Anschliessend verläuft die Umfahrungsstrasse mit leichtem Gefälle in westsüdwestliche Richtung, überquert die bestehenden Bahngleise (ca. Km 0+950.0; Zentrumskoordinaten der geplanten Brücke ca. 2'581'620/1'203'790), um in südwestlicher Richtung zum Anschluss Süd (Km 0+000.0; Koordinaten ca. 2'581'010/1'203'170) weiter zu verlaufen. Der Abschnitt zwischen dem Anschluss Süd und der Brücke ist näherungsweise eben und befindet sich auf ca. 434 - 435 m ü. M. Von der Brücke bis zum Anschluss Nord steigt das Terrain von ca. 436 m ü. M. auf ca. 452 m ü. M. an. Mit Ausnahme der Feldwege und des Bahntrasses wird das Projektareal landwirtschaftlich genutzt.

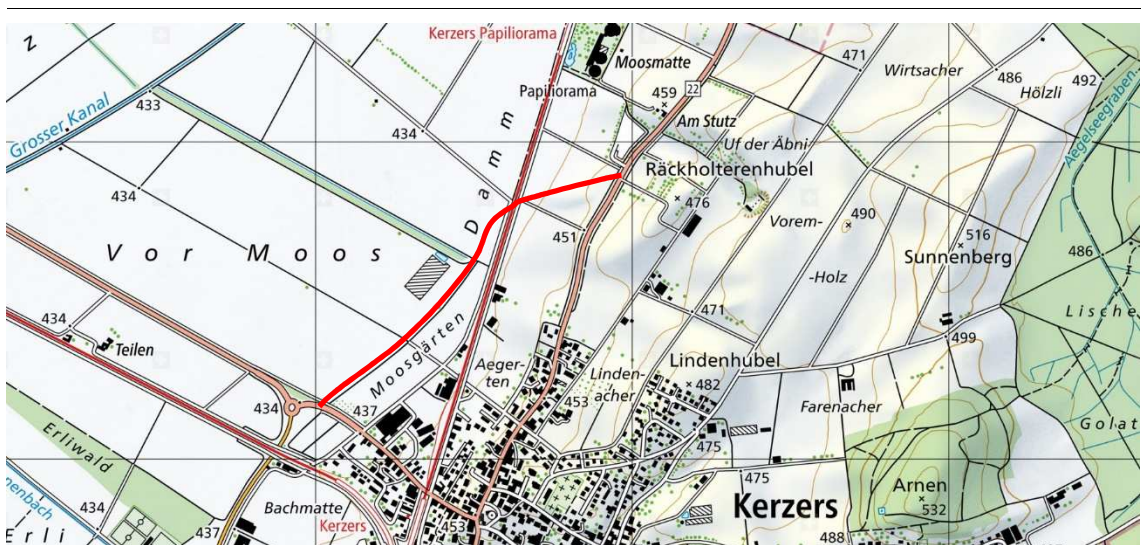


Abbildung 1:
Situationsplan mit der Linienführung der geplanten Umfahrungsstrasse

Reproduziert mit der Bewilligung von swisstopo (JA032201).

Die im Geoportal des Kantons Fribourg enthaltenen Einträge zu den Naturgefahren und den belasteten Standorten im Bereich des Projektareals sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.




Karte	Auszug aus dem Geoportal des Kantons FR [7]	Beschreibung
Naturgefahren		rosé: Gefahrenhinweis Hochwasser blau/weiss gestrichelt: Überschwemmungsgefahr (in Revision befindlich)
Boden- und Hang- instabilitäten		hellblau: potenzielle Absenkungen auf kompressiblem Untergrund
Belastete Standorte		kein Eintrag im Projektareal gelb: Betriebsstandorte Nr. 2265-1011 (links) und Nr. 2265-1016 (rechts), beide jeweils ausserhalb des Projektareals

Tabelle 1:

Einträge des Projektareals im Geoportal des Kantons Fribourg betreffend Naturgefahren und belasteten Standorten [7]

2 Baugrundverhältnisse

2.1 Geologischer Überblick

Das Projektareal befindet sich am südöstlichen Rand des "Grossen Moos" im Seeland, wo zur Tiefe der nach Nordwesten abfallende **Fels der Unteren Süsswassermolasse (Schicht f)** ansteht. Während der letzten Vergletscherung wurde vom Rhonegletscher eine gemischtkörnige **Moräne (Schicht e2)** abgelagert, welche oberflächlich durch die nachfolgenden Prozesse aufgelockert wurde (**aufgearbeitete Moräne, Schicht e1**). Durch die Aare entstanden im Anschluss in der Talebene **fluviale Ablagerungen (Schicht d)**, welche meist grobkörnig, aufgrund des sich wechselnden Flussverlaufs in Zonen geringerer Fliessenergien jedoch teils auch feinkörnig ausgebildet sind. In Zonen mit stehendem Wasser bildeten sich **Verlandungssedimente (Schicht c)**, in den sumpfigen Gebieten **Torf (Schicht b)**. Die **Deckschicht (Schicht a2)** wurde lokal durch **künstliche Auffüllungen (Schicht a1)** ersetzt.

Das Projektareal befindet sich gemäss der Norm SIA 261 in der Erdbebenzone Z1 [8].

Gemäss [7] liegt das Projektareal grösstenteils in der Baugrundklasse F1, im ansteigenden nordöstlichen Teil in der Baugrundklasse C (siehe Tabelle 2). Aufgrund der durchgeführten Sondierungen würden wir das gesamte Gebiet jedoch der Baugrundklasse E zuordnen, da die strukturempfindlichen Schichten (Torf, Schicht b und evtl. Verlandungssedimente, Schicht c) deutlich weniger mächtig als 10 m sind sowie die Felsoberfläche in Tiefen < 20 m unter Terrain ansteht.


Karte	Auszug aus dem Geoportal des Kantons FR [7]	Beschreibung
Baugrundkarte		blau: Baugrundklasse F1 gelb: Baugrundklasse C

Tabelle 2:

Eintrag des Projektareals im Geoportal des Kantons Fribourg betreffend Baugrundklassen [7]

2.2 Schichtaufbau

Auf dem Längenprofil (Beilage 2) wurden die Deckschicht (Schicht a2) und der Torf (Schicht b) aus darstellungstechnischen Gründen zusammengefasst, da einerseits in den indirekten Aufschlüssen (Rammsondierungen, elektrische Drucksondierungen) eine Unterscheidung zwischen diesen Schichten schwierig ist und andererseits der Torf teilweise als Einlagerung innerhalb oder anstelle der Deckschicht angetroffen wurde. Auf den Bohr- und Baggerschachtprofilen wurden die Schichten jedoch separat ausgeschieden.

2.2.1 Schicht a1 / künstliche Auffüllung

Im Projektareal wurde diese Schicht einzig im Bereich der Kantonsstrasse beim Anschluss Süd in der Rammsondierung EPD1/P/19 angetroffen. Im gesamten restlichen, aktuell landwirtschaftlich genutzten Bereich wurde diese Schicht nicht mehr angetroffen, weshalb auf einen genaueren Beschrieb dieser Schicht verzichtet wird.

2.2.2 Schicht a2 / Deckschicht

Im Rahmen der Bearbeitung eines benachbarten Projekts [6] wurde festgestellt, dass auf jenen Parzellen, auf welchen Bio-Landwirtschaft betrieben wird, der Boden mit Kupfer belastet ist. Wir gehen davon aus, dass diese Thematik durch die Umwelt- resp. bodenkundliche Baubegleitung für das vorliegende Projektgebiet abgehandelt wird.

Zusammensetzung	Feinsand, sauber bis stark siltig, teils schwach tonig, teils schwach kiesig; teils mit Wurzelresten, teils mit organischen Einschlüssen; dunkelbraun bis schwarz, braun, beige-grau.			
Mächtigkeit und Verbreitung	Mit Ausnahme von EPD1/P/19 in sämtlichen Sondierungen angetroffen. Zusammen mit den Lagen aus Torf (Schicht b) ergeben sich Mächtigkeiten von ca. 0.5 - 2.5 m. Die Schichtunterkante folgt mit Unregelmässigkeiten der Geländeoberfläche.			
Lagerungsdichte resp. Konsistenz	Sehr locker resp. weich, teils mitteldicht resp. mittelsteif.			
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ	=	18 – 20	kN/m ³
	ϕ'	=	26 – 30	°
	c'	=	0 – 2	kN/m ²
	M_E	=	2 – 6	MN/m ²
	M'_E/M_E	=	2 – 4	
Allgemeine geotechnische Beurteilung	<p>Schlecht bis mässig tragfähig, stark setzungsempfindlich, zur Aufnahme von Gründungslasten ungeeignet (Tragfähigkeitsklasse S0 gemäss SN 640 324).</p> <p>Mittel bis stark frostempfindlich (G2 bis G4 nach SNV 670 140b).</p> <p>Wasser- und erschütterungsempfindlich.</p> <p>Gut bagger-, ramm- und bohrbar, feinkörnige Lagen neigen zum Verkleben der Abbauwerkzeuge.</p> <p>Zur Wiederverwendung im geotechnischen Sinn ungeeignet. Unter Vorbehalt allfälliger Verschmutzungen allenfalls zur Wiederverwendung in der Landwirtschaft geeignet.</p>			

2.2.3 Schicht b / Torf

Zusammensetzung	Torf (meist mässig bis gut zersetzt, schwach faserig bis faserig; untergeordnet auch schlecht zersetzt und stark faserig), teils feinsandig und siltig, schwarz bis braun, teils hellbraun bis graubraun. In SPR1/19, SPR2/19 und SPR3/19 mit schlecht zersetztem Holz (Äste bis Baumstammstücke).				
Mächtigkeit und Verbreitung	Diese Schicht wurde in den meisten Sondierungen angetroffen. Die Mächtigkeiten der eigentlichen Torflagen betragen ca. 0.1 - 0.8 m, im SPR1/19 auch ca. 2.1 m. Zusammen mit der Deckschicht (Schicht a2) ergeben sich die bereits in Kapitel 2.2.2 erwähnten Mächtigkeiten von ca. 0.5 - 2.5 m mit einer näherungsweise der Geländeoberfläche folgenden Schichtunterkante.				
Lagerungsdichte resp. Konsistenz	Sehr locker resp. weich.				
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ	=	12	–	16 kN/m ³
	ϕ'	=	16	–	20 °
	c'	=	0	–	5 kN/m ²
	M_E	=	0.5	–	2 MN/m ²
	M'_E/M_E	=	3	–	6
Allgemeine geotechnische Beurteilung	<p>Sehr schlecht tragfähig, sehr stark setzungsempfindlich, zur Aufnahme von Gründungslasten ungeeignet (Tragfähigkeitsklasse S0 gemäss SN 640 324).</p> <p>Leicht bis stark frostepfindlich (G2 bis G4 nach SNV 670 140b).</p> <p>Wasser- und erschütterungsempfindlich.</p> <p>Gut bagger-, ramm- und bohrbar, neigt zum Verkleben der Abbauwerkzeuge.</p> <p>Zur Wiederverwendung im geotechnischen Sinn ungeeignet. Unter Vorbehalt allfälliger Verschmutzungen allenfalls zur Wiederverwendung in der Landwirtschaft geeignet.</p>				

2.2.4 Schicht c / Verlandungssedimente

Zusammensetzung	Sand (Fein- bis Mittelsand), schwach bis stark siltig (bis Silt, stark sandig), teils schwach tonig, teils einzelne Kieskörner, beigebraun bis (hell-)grau, teils mit einzelnen schlecht zersetzten organischen Einschlüssen.			
Mächtigkeit und Verbreitung	Diese Schicht wurde nur im Bereich der Kantonsstrasse beim Anschlusses Süd in ca. 1.9 - 2.4 m Tiefe (EPD1/P/19 und SPR1/19; die Schichtunterkanten wurden nicht erreicht) sowie in zwei weiteren einzelnen Sondierungen in 0.6 m resp. 1.3 m Tiefe (EPD4/19, SPR4/19; Mächtigkeiten ca. 0.2 - 2.2 m) angetroffen.			
Lagerungsdichte resp. Konsistenz	Sehr locker resp. sehr weich bis weich.			
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ	=	19 – 21	kN/m ³
	ϕ'	=	28 – 32	°
	c'	=	0 – 2	kN/m ²
	M_E	=	3 – 10	MN/m ²
	M'_E/M_E	=	2 – 4	
Allgemeine geotechnische Beurteilung	<p>Mässig tragfähig, stark setzungsempfindlich, zur Aufnahme von Gründungslasten kaum geeignet (Tragfähigkeitsklasse S0 bis S1 gemäss SN 640 324).</p> <p>Leicht bis mittel frostempfindlich (G2 bis G3 nach SNV 670 140b).</p> <p>Stark wasser- und erschütterungsempfindlich (Bodenverflüssigung).</p> <p>Gut bagger-, ramm- und bohrbar, feinkörnige Lagen neigen zum Verkleben der Abbauwerkzeuge.</p> <p>Zur Wiederverwendung im geotechnischen Sinn ungeeignet.</p>			

2.2.5 Schicht d / fluviatile Ablagerungen

Zusammensetzung Kies, sandig bis stark sandig, sauber bis siltig, teils mit vereinzelt Steinen (bis Ø 20 cm); Sand, teils schwach bis stark kiesig, sauber bis siltig, teils schwach tonig; untergeordnet auch Feinsand bis Silt und Ton; vereinzelt mit organischen Einschlüssen; Kornform kantengerundet bis gut gerundet, graubraun, teils beige-braun, vereinzelt grüngrau.

Mächtigkeit und Verbreitung Mit Ausnahme der Bereiche bei den beiden Anschlüssen Nord und Süd in sämtlichen Sondierungen im Abschnitt von ca. Km 0+150.0 bis ca. Km 1+100.0 angetroffen. Richtung Anschluss Süd taucht die Schicht vermutlich unter die sondierten Tiefen ab, Richtung Anschluss Nord keilt die Schicht bei ca. Km 1+100.0 aus. Sowohl die Schichtoberkante in Tiefen von ca. 0.7 - 2.5 m wie auch die Schichtunterkante in Tiefen von ca. 3.9 - 6.0 m folgen näherungsweise der Geländeoberfläche. Die Schichtmächtigkeiten liegen im Bereich von ca. 2.5 - 5.2 m.

Lagerungsdichte Mitteldicht bis dicht, teils auch locker.
N_{SPT}: 8, 20, 22, 22, 29

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte

γ	=	20	–	21	kN/m ³
ϕ'	=	32	–	36	°
c'	=	0			kN/m ²
M_E	=	40	–	60	MN/m ²
M'_E/M_E	=	2	–	3	

Allgemeine geotechnische Beurteilung Gut bis sehr gut tragfähig, wenig setzungsempfindlich, zur Aufnahme von konzentrierten Gründungslasten aufgrund der relativ geringen Mächtigkeit bedingt geeignet (Tragfähigkeitsklasse S3 gemäss SN 640 324).

Vernachlässigbar bis leicht frostempfindlich (G1 bis G2 nach SNV 670 140b). Rollig.

Mässig bis gut bagger- und bohrbar, schwer bis mässig rammbaar, mit Erschwernissen infolge Zonen hoher Lagerungsdichten sowie grösseren Steinen und Blöcken ist zu rechnen.

Zur Wiederverwendung als minder- bis hochwertiges Schüttgut geeignet.

2.2.6 Schicht e1 / aufgearbeitete Moräne

Zusammensetzung	Sand (v.a. Fein- bis Mittelsand, vereinzelt auch Grobsand), sauber bis siltig, teils schwach kiesig, teils schwach tonig, teils einzelne Steine (bis Ø 10 cm); untergeordnet auch Silt bis Ton; beige(-braun) bis grüngrau.		
Mächtigkeit und Verbreitung	Die ungefähren Angaben zu den Tiefen der Schichtoberkanten und der Schichtunterkanten sowie den Mächtigkeiten sind nachfolgend zusammengestellt:		
	Km 0+800.0 - Km 0+950.0	ab Km 1+100.0	
	Schichtoberkante	4.4 - 6.0 m	0.6 - 1.9 m
	Schichtunterkante	6.4 - 8.0 m	6.0 - 7.0 m
	Mächtigkeit	1.6 - 3.0 m	4.5 - 6.3 m
Lagerungsdichte resp. Konsistenz	Mitteldicht resp. mittelsteif bis steif, teils auch locker und dicht. N _{SPT} : 11, 20, 30, 46		
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ	= 20 – 22	kN/m ³
	ϕ'	= 28 – 34	°
	c'	= 0 – 5	kN/m ²
	M_E	= 20 – 40	MN/m ²
	M'_E/M_E	= 2 – 3	
Allgemeine geotechnische Beurteilung	<p>Gut tragfähig, mässig bis wenig setzungsempfindlich, zur Aufnahme von konzentrierten Gründungslasten bedingt geeignet (Tragfähigkeitsklasse S2 bis S3 gemäss SN 640 324).</p> <p>Mittel bis stark frostempfindlich (G3 bis G4 nach SNV 670 140b). Wasser- und erschütterungsempfindlich.</p> <p>Mässig bis gut bagger- und bohrbar, schlecht bis mässig rammbar, mit Erschweren infolge Zonen hoher Lagerungsdichten sowie grösseren Steinen und Blöcken ist zu rechnen.</p> <p>Zur Wiederverwendung im geotechnischen Sinn ungeeignet.</p>		

2.2.7 Schicht e2 / Moräne

Zusammensetzung	Sand (v.a. Fein- bis Mittelsand, teils Grobsand), schwach siltig bis siltig, teils einzelne Kieskörner bis stark kiesig, teils schwach tonig bis tonig, teils mit vereinzelt Steinen (bis Ø 10 cm); untergeordnet auch Silt bis Ton; untergeordnet auch Blöcke; Kornform kantig bis angerundet, beigebraun bis teils beigegrau, rotbraun, grau und bordeauxrot.			
Mächtigkeit und Verbreitung	Diese Schicht wurde ab ca. Km 0+800.0 bis ca. Km 1+1500.0 erschlossen. Die Schichtoberkante befindet sich in Tiefen von ca. 4.3 - 8.0 m, die Schichtunterkante in Tiefen von ca. 10.0 - 14.6 m (ergibt Mächtigkeiten von ca. 5.0 – 7.6 m). Sowohl die Schichtoberkante als auch die Schichtunterkante steigen mit zunehmender Kilometrierung – analog der Geländeoberkante – leicht an.			
Lagerungsdichte resp. Konsistenz	Generell dicht bis sehr dicht resp. sehr hart; lokal auch mitteldicht resp. hart (FCR5/P/19). N _{SPT} : 20, 21, 38, 46, 58, 62, 82, >50, >50			
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ	=	21 – 22	kN/m ³
	ϕ'	=	30 – 36	°
	c'	=	0 – 10	kN/m ²
	M_E	=	40 – 80	MN/m ²
	M'_E/M_E	=	2 – 3	
Allgemeine geotechnische Beurteilung	Gut bis sehr gut tragfähig, kaum setzungsempfindlich, zur Aufnahme von konzentrierten Gründungslasten gut geeignet (Tragfähigkeitsklasse S3 bis S4 gemäss SN 640 324). Wasser- und erschütterungsempfindlich. Mässig bohrbar, kaum rammbar, mit Erschwernissen infolge Zonen hoher Lagerungsdichten sowie grösseren Steinen und Blöcken ist zu rechnen. Zur Wiederverwendung im geotechnischen Sinn ungeeignet.			

2.2.8 Schicht f / Untere Süsswassermolasse

Zusammensetzung	Feinsandstein (untergeordnet auch Mittelsandstein), Siltstein und Tonstein ("Mergel"); beigebraun, grau und bordeauxrot, teils hellbraun.			
Festigkeit	<p>Abschätzung der einaxialen Druckfestigkeit gemäss SN 670 006-1:</p> <p>Sandstein ausserordentlich gering bis hoch</p> <p>Tonstein ausserordentlich gering</p> <p>Eine tiefenabhängige Festigkeit wurde nicht festgestellt.</p> <p>N_{SPT}: 39 (Übergang Schicht e/Schicht f), 92, >50</p>			
Mächtigkeit und Verbreitung	<p>Angetroffen ab ca. Km 0+850.0 bis ca. Km 1+150.0 mit der Schichtoberkante in ca. 10.0 - 14.6 m Tiefe liegend. Diese Schicht ist von sehr grosser Mächtigkeit (> 100 m). Im südwestlichen Bereich wurde diese Schicht einzig bei ca. Km 0+200.0 an das Projektareal angrenzend im Rahmen von [6] in ca. 10.7 m Tiefe erreicht.</p>			
Geschätzte, mittlere felsmechanische Kennwerte	γ	=	22 – 24	kN/m ³
	ϕ'	=	25 – 30	°
	c'	=	10 – 100	kN/m ²
	M_E	≥	60 – 100	MN/m ²
	M'_E/M_E	=	1 – 2	
Allgemeine geotechnische Beurteilung	<p>Sehr gut tragfähig, setzungsunempfindlich, zur Aufnahme auch von hohen konzentrierten Gründungslasten sehr gut geeignet (Tragfähigkeitsklasse S4 gemäss SN 640 324).</p> <p>Wasser- und erschütterungsempfindlich.</p> <p>Schlecht bis mässig bohrbar, nicht rammbar.</p> <p>Zur Wiederverwendung im geotechnischen Sinn ungeeignet.</p>			

3 Grundwasserverhältnisse

3.1 Planerischer Grundwasserschutz

Das Projektareal befindet sich mehrheitlich im Gewässerschutzbereich üB. Im Abschnitt zwischen Km 0+400.0 und Km 0+500.0 sowie ab ca. Km 1+100.0 bis zum Anschluss Nord kommt es in den Gewässerschutzbereich Au zu liegen (Tabelle 3). Der Gewässerschutzbereich Au umfasst gemäss der Gewässerschutzverordnung die nutzbaren unterirdischen Gewässer sowie die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete.

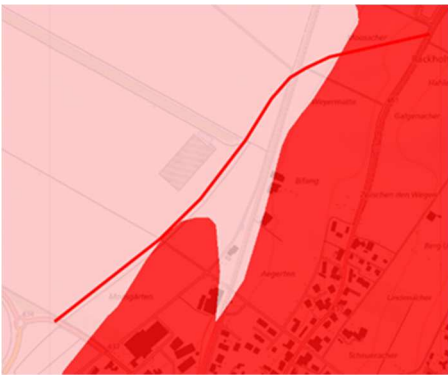
Karte	Auszug aus dem Geoportal des Kantons FR [7]	Beschreibung
Grundwasserschutzkarte		rosa: üB rot: Au

Tabelle 3:
Eintrag des Projektareals im Geoportal des Kantons Fribourg betreffend Gewässerschutzzonen [7]

3.2 Grundwasservorkommen

Im Projektareal wurden zwei Grundwasservorkommen angetroffen:

- Das obere Vorkommen befindet sich mehrheitlich in den fluviatilen Ablagerungen (Schicht d) als freispiegelndes resp. lokal in den Verlandungssedimenten (Schicht c) als leicht gespanntes Grundwasser.
- Das untere, gespannte Grundwasser zirkuliert in der Moräne (Schicht e2) resp. am Übergang zur Unteren Süsswassermolasse (Schicht f).

Das obere Grundwasservorkommen ist insbesondere bei allfälligen Wasserhaltungsmassnahmen während Aushubarbeiten zu beachten, das untere bei Tiefgründungen.

3.2.1 Oberes Vorkommen

Im Bereich von ca. Km 0+100.0 befindet sich das Druckniveau des oberen Vorkommens in ca. 2 m Tiefe in den Verlandungssedimenten. Gemäss SPR1/19 dürfte das Grundwasser in den durchlässigeren Lagen der Verlandungssedimente zirkulieren und aufgrund von darüberliegenden, weniger durchlässigen Lagen teilweise gespannt sein. Dies wurde auch im Rahmen von [6] beobachtet.

Ab ca. Km 0+200.0 wurde das obere Grundwasservorkommen in den relativ durchlässigen fluviatilen Ablagerungen mit Flurabständen von ca. 1 - 3 m angetroffen. Die darunterliegende (aufgearbeitete) Moräne, welche eine um einiges geringere Durchlässigkeit aufweist, fungiert dabei als (Halb-) Stauer.

Die Durchlässigkeitsbeiwerte der fluviatilen Ablagerungen im Bereich von ca. Km 0+100.0 bis Km 0+300.0 wurden in [6] mittels Pumpversuchen in zwei Bohrungen zu $k_f = 2 \cdot 10^{-3}$ resp. $9 \cdot 10^{-4}$ m/s ermittelt.

3.2.2 Unteres Vorkommen

Im Bereich von ca. Km 0+850.0 bis ca. Km 1+150.0 wurde innerhalb der relativ gering durchlässigen Moräne resp. am Übergang zum Fels der Unteren Süsswassermolasse gespanntes Grundwasser angetroffen. Dabei dürfte es sich um Grundwasser handeln, welches auf der Schichtgrenze von der Moräne zur Unteren Süsswassermolasse innerhalb durchlässigeren Lagen der Moräne und allenfalls auch in verwitterten Zonen der Unteren Süsswassermolasse zirkuliert und das vermutlich durch den süd-östlich gelegenen Räckholterenhübel alimentiert wird.

Das Druckniveau befindet sich bei FCR1/P/19 ca. 0.5 m über Terrain, bei FCR5/P/19 stieg das Wasser während den Sondierungsarbeiten bis auf ca. 1.5 m über Terrain.

Nach Auswertung der durchgeführten Sondierungen und den ersten Grundwassermessungen bestehen bei diesem Grundwasservorkommen noch gewisse Unsicherheiten bezüglich des Druckniveaus in den restlichen Sondierungen:

- In der Sondierung FCR2/P/19 lag das Druckniveau am 7. Februar 2020 über OKR.
- Beim Grundwasserstand in den beiden Sondierungen FCR3/P/19 und FCR4/P/19 handelt es sich vermutlich um ein Mischpotential, das eher für die fluviatilen Ablagerungen repräsentativ sein dürfte.
- In den beiden Sondierungen FCR4bis/P/19 und FCR5/P/19 liegen nur ungefähre Angaben vor, welche während den Bohrarbeiten beobachtet resp. gemessen wurden.

Bezüglich Möglichkeiten zur Behebung der oben aufgeführten Unsicherheiten verweisen wir auf das Kapitel 4.1.

4 Weitere Hinweise

4.1 Prognosestand/Unsicherheiten

Die in Kapitel 3.2 erwähnten Unsicherheiten bezüglich des unteren, gespannten Grundwasservorkommens könnten in der Sondierung FCR2/P/19 durch Einbau eines Loggers zur Messung des Druckniveaus behoben werden, bei FCR4bis/P/19 und FCR5/P/19 müsste erneut sondiert werden und anschliessend könnte das Druckniveau beispielsweise mittels Porenwasserdruckgeber gemessen werden.

Bei gleichzeitigem Einbau von Loggern in einigen bestehenden Sondierungen bestünde zusätzlich die Möglichkeit, das Schwankungsverhalten des Grundwassers zu ermitteln und bei Bedarf daraus die repräsentativen Grundwasserstände abzuleiten.

4.2 Überwachung

Bei Arbeiten in der Nähe des Bahntrasses dürfte von den SBB eine Überwachung der Gleise gefordert werden.

In den Bereichen mit hohen Schüttungen (Rampen der Brücke, Anschluss Süd) sind allenfalls Setzungsmessungen vorzusehen.

4.3 Schlussbemerkung

Die in diesem Bericht gemachten Angaben gelten für das erwähnte Bauvorhaben. Eine Übertragung der Aussagen auf andere Fragestellungen und Bauvorhaben ist nicht zulässig. Die Aussagen beruhen auf Interpretationen aus einzelnen Aufschlüssen. Eine Überprüfung und allfällige Anpassung des Modells bei zusätzlichen Informationen aus weiteren Aufschlüssen bleiben vorbehalten. Wir empfehlen die Begleitung der Projektierungsarbeiten und der Ausführung durch einen Geotechniker (Beurteilung der Böschungen, Kontrolle der Baugrubensohle, etc.).

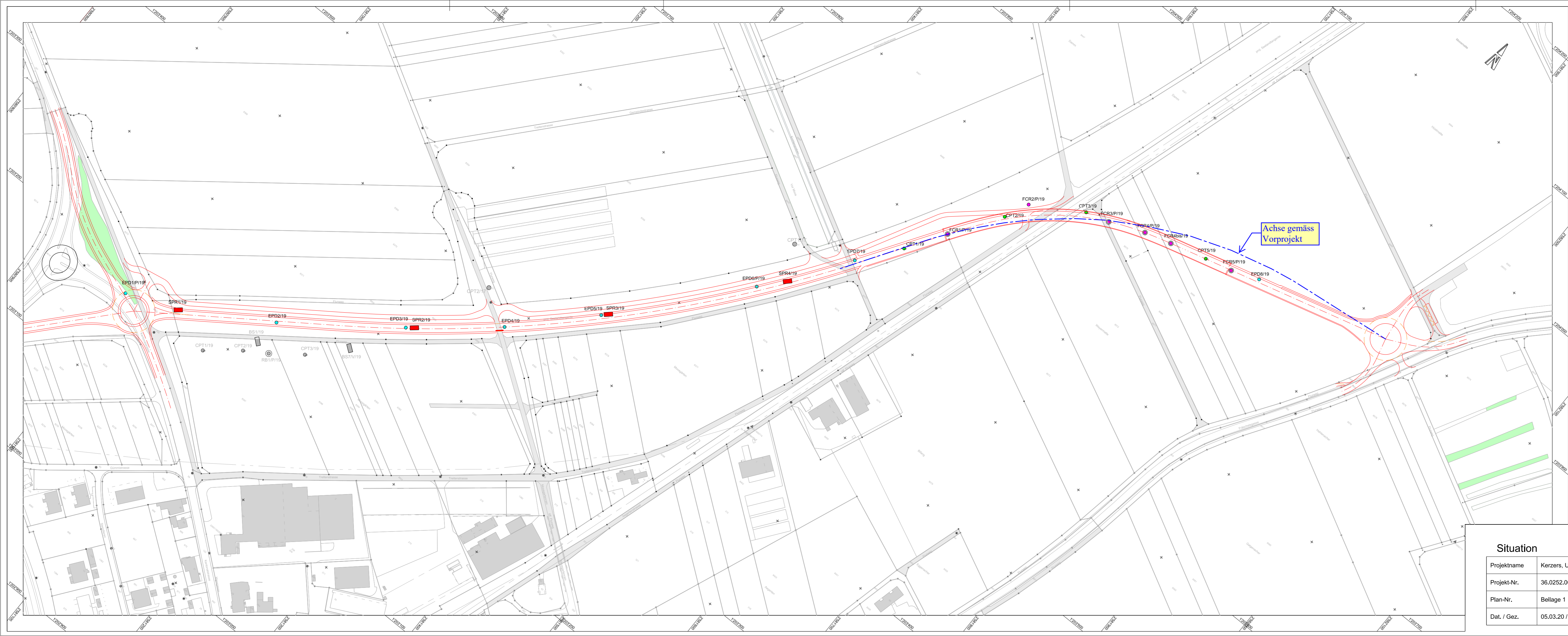
Geotechnisches Institut AG

Nicolas Badertscher
Dr. Geologe CHGEOL^{cert}

ppa. Elodie Brunet-Manquat
Geotechnikingenieurin Polytech'Grenoble

Projektbearbeitung

TTH. Nguyen, Dr. Geotechnikingenieurin, Ponts et Chaussées Paris
S. Jüstrich, MSc Bauingenieur EPFL



Legende

●

FCR1/P/19

●

EPD1/19

●

CPT1/P/19

■

SPR1/19

...

/P/...

●

Rotationskernbohrung

●

Rammsondierung

●

elektrische Drucksondierung

■

Baggerschacht

...

/P/... Piezometer

●

CPT1/17

●

●

RB1/P/19

■

BS1/19

●

elektrische Drucksondierung

●

Rotationskernbohrung

■

Baggerschacht

Bericht Gt.Nr. 31.4851.001 vom 3. Juli 2017

Bericht Gt.Nr. 31.5091.001 vom 14. Nov. 2019

Projekt vom 15.03.2019

Situation

Projektname	Kerzers, Umfahrungsstrasse		
Projekt-Nr.	36.0252.001	Massstab	1 : 2'000
Plan-Nr.	Beilage 1	Format	297 x 880
Dat. / Gez.	05.03.20 / cgi	Revidiert	...

Geotechnisches Institut

Société anonyme

Rue de Prés 11

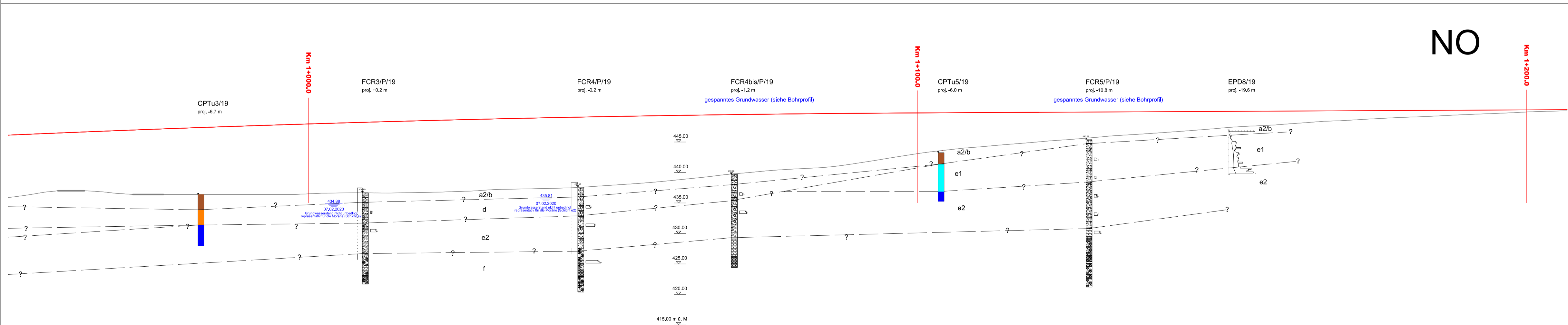
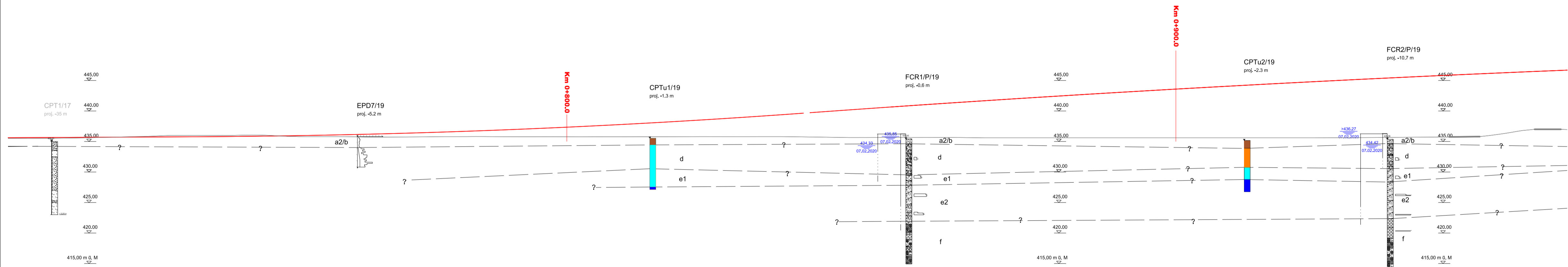
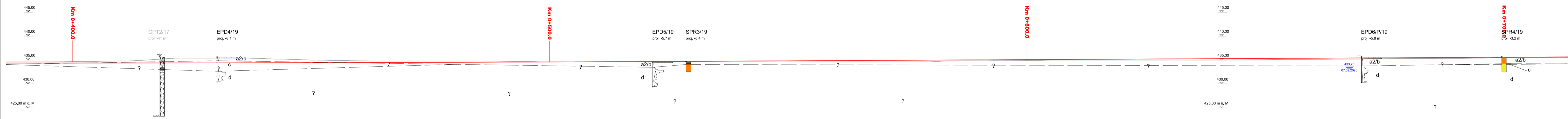
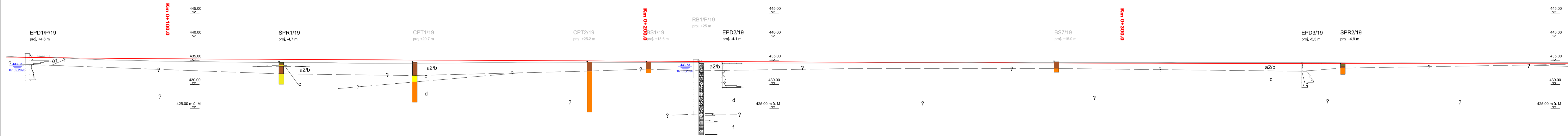
2740 Moutier

certifié ISO-9001

032 493 40 43

www.geo-online.ch

SW



Beilage 2

Legende

a1	Künstliche Auffüllung
a2	Deckschicht
b	Torf
c	Verlandungssedimente
d	fluviale Ablagerungen
e1	aufgearbeitete Moräne
e2	Moräne
f	Untere Süsswassermolasse

Bericht GLNr. 31.4851.001 vom 3. Juli 2017

CPT1/17 elektrische Drucksondierung

Bericht GLNr. 31.5091.001 vom 14. Nov. 2019

CPT1/P/19 elektrische Drucksondierung

RB1/P/19 Rotationskernbohrung

BS1/19 Baggerschacht

Bemerkung: beim dargestellten Projekt handelt es sich um das ursprüngliche Projekt vom 31.11.2017

Längenprofil

Projektname	Kerzers, Umfahrungsstrasse		
Projekt-Nr.	36.0252.001	Massstab	1 : 400
Plan-Nr.	Beilage 2	Format	297 x 880
Dat. / Gez.	05.03.20 / cgi	Revidiert	...

Geotechnisches Institut

Société anonyme

Rue de Prés 11
2740 Moullet

certifié ISO 9001
032 493 40 43
www.geo-online.ch

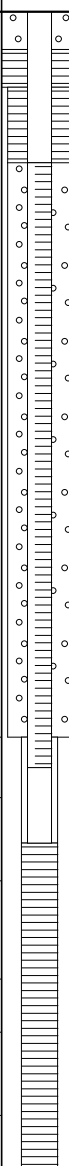
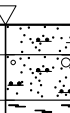














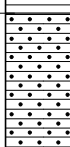
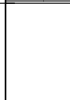






\\gis\serv\ad001\projekte\36 Moullet\36_0252_evitem Kerzers\001\2_bases\PLANS\travail\Ker_41_1009_b_Kantonstrasse_2013.dwg

Rotationskernbohrung FCR1/P/19							Geologische Aufnahme				S. Jüstrich		Beilage		3.1	
							<div>Geotechnisches Institut</div> <div>Aktiengesellschaft</div> <div>zertifiziert nach ISO-Norm 9001</div> <div>Rue des Prés 11</div> <div>2740 Moutier</div> <div>032 493 40 43</div> <div>www.geo-online.ch</div>									
Bauherrschaft		Tiefbauamt TBA, Fribourg					Bohrfirma		KIBAG Bohrungen AG, Ried b. Kerzers							
Bohrmeister		James Clavreul					Massstab		1:100							
Ausführungsdatum		09.01.2020 - 13.01.2020					Projekt-Nr.		36.0252.001							
Koordinaten		2581554 / 1203708					Projekt		Kerzers, Umfahrungsstrasse							
Höhe		OKT: 435.43 m ü. M. OKR: 436.23 m ü. M.														
Hartmetallkone Bohrart, - Ø	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Taschenpenetro- meter [kN/m2]	Taschenscher- flügel [kN/m2]	Grundwasserstand [m ü. M.]				Bohrloch- messungen (SPT, DMT, ROD, FVT)		
				0.00 = 435.43						Durchlässigkeits- beiwert k [m/s]						
Hartmetallkone Ø 244 mm			FCR1-8(R)	0.80		Torf	Torf (gut zersetzt, schwach faserig), schwarz, zur Tiefe auch graubraun, erdfeucht, schwach Vollkern.	50 300-350	50-60 >100	▽	434.33	(unteres Piezometer)	8 10 N_SPT = 20			
			FCR1-1(R)	2.40		fluviatile Ablagerungen	Kies (gut abgestuft), stark sandig, schwach siltig bis siltig, mit vereinzelt Steinen (bis Ø 10 cm), Kornform angerundet bis gerundet, graubraun, feucht.									
			FCR1-2(R)	3.20			Sand (v.a. Grobsand), schwach kiesig, schwach siltig, Kornform angerundet bis gerundet, graubraun.									
				4.30			Sand (v.a. Grob- bis Mittelsand), kiesig, schwach siltig, Kornform angerundet bis gerundet, graubraun, feucht.									
				5.20			Sand (v.a. Mittelsand), schwach kiesig, schwach siltig, Kornform angerundet bis gerundet, graubraun, feucht.									
			FCR1-3(R)	5.70		aufgearbeitete Moräne	Kies (gut abgestuft), stark sandig, schwach siltig, Kornform angerundet bis gerundet, graubraun, feucht.									
				6.00			Feinsand, siltig, schwach kiesig, schwach tonig, beigebraun, nass. (Übergangszone zur aufgearbeiteten Moräne)									
				6.80			Silt bis Ton, beigebraun, mittelsteif, erdfeucht bis feucht, Vollkern, bei 6.4 m Feinsandlage mit einzelnen Kieskörnern.									
			Hartmetallkone Ø 203 mm			FCR1-3(R)	7.60								Moräne	Feinsand, siltig, schwach kiesig, lokal schwach tonig, beige, steif bis hart, erdfeucht bis feucht, Vollkern, matrixgestützt, Negativabdrücke.
							FCR1-4(R)							7.60		
10.80		Feinsand, teils auch Mittelsand, schwach siltig, beigebraun, nass, einzelne Kieskörner.														
12.10		Feinsand, siltig, beigebraun, erdfeucht, Vollkern.														
12.60		Fein- bis Mittelsand, schwach siltig, beigebraun, feucht.														
12.60		Feinsand, siltig, teils einzelne Kieskörner, beigebraun, erdfeucht, Vollkern.														
13.50		Feinsandstein bis Siltstein, 14.6-14.8 m auch Tonstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), zu Vollkernen, Vollkernscheiben und vereinzelt Bruchstücken zerbohrt (Einfachkernrohr).														
FCR1-4(R)	14.00						Feinsandstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), kurze Vollkerne, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert mässig mit Salzsäure.									
	15.30						Mittelsandstein, grau, kurze Vollkerne, mit Messer ritzbar, zerbricht bei leichtem Hammerschlag, reagiert stark mit Salzsäure, stark absandend.									
	15.60		Siltstein bis Tonstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), kurze Vollkerne, 15.5-15.7 m Bruchstücke, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert mässig mit Salzsäure.													
	FCR1-5(R)	16.50		Siltstein, beigebraun und grau mit bordeauxroten Flecken, Vollkern, mit Messer ritzbar, zerbricht bei mehreren festen Hammerschlägen, reagiert stark mit Salzsäure.												
		FCR1-6(R)	17.70		Siltstein bis Tonstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), Vollkern, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert nicht mit Salzsäure.											
			18.50		Siltstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), Vollkern, mit Messer ritzbar.											
	FCR1-7(R)	19.00		Siltstein bis Feinsandstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), Vollkern, mit Messer ritzbar, zerbricht bei mehreren festen Hammerschlägen, reagiert stark mit Salzsäure.												
		19.20														
Doppelkernrohr Ø 115 mm			FCR1-7(R)	20.50												
Bemerkungen														Beilage 3.1		
- (R): Rückstellprobe - Piezometer: 2 x Ø 2"																

Rotationskernbohrung FCR2/P/19							Geologische Aufnahme S. Jüstrich				Beilage 3.2																							
							<div>Geotechnisches Institut</div> <div>Aktiengesellschaft zertifiziert nach ISO-Norm 9001</div> <div>Rue des Prés 11 032 493 40 43 2740 Moutier www.geo-online.ch</div>																											
Bauherrschaft		Tiefbauamt TBA, Fribourg					Bohrfirma		KIBAG Bohrungen AG, Ried b. Kerzers																									
Bohrmeister		James Clavreul					Massstab		1:100																									
Ausführungsdatum		15.01.2020 - 17.01.2020					Projekt-Nr.		36.0252.001																									
Koordinaten		2581596 / 1203778					Projekt		Kerzers, Umfahrungsstrasse																									
Höhe		OKT: 435.36 m ü. M. OKR: 436.27 m ü. M.																																
Hartmetallkone Bohrart, - Ø Ø 244 mm	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Taschenpenetro- meter [kN/m2]	Taschenscher- flügel [kN/m2]	Grundwasserstand [m ü. M.]						Bohrloch- messungen (SPT, DMT, ROD, FVT)																		
				0.00 = 435.36						Durchlässigkeits- beiwert k [m/s]																								
Hartmetallkone Hartmetallkrone Ø 203 mm			FCR2-8(R)	0.70		Deck- schicht	Feinsand, siltig, schwach tonig, schwarz, erdfeucht, Wurzelreste. (Oberboden)	75-125	60	▽	434.42	07.02.2020	(oberes Piezometer)	(GW-Stand unteres Piezo- meter: siehe Bemerkungen)	 N_SPT = 22																			
				1.40		fluviatile Ablagerungen	Kies, stark sandig, siltig, Kornform angerundet bis gut gerundet, beigebraun, erdfeucht bis feucht, in den oberen ca. 0.3 m mit Oberboden vermischt.																											
				2.50			Kies, stark sandig, schwach siltig bis lokal auch Sand, stark kiesig, schwach siltig, Kornform angerundet bis gut gerundet, graubraun, nass.																											
				2.60			Feinsand, siltig, beigebraun, steif, erdfeucht, Vollkern.																											
				FCR2-1(R)	4.20		aufgearbeitete Moräne									Kies, stark sandig, schwach siltig, Kornform angerundet bis gut gerundet, graubraun, nass.			150	110						 N_SPT = 22								
					4.40											Silt, tonig, mit lokal kiesig-sandigen Einschlüssen, beigebraun, hart, erdfeucht, Vollkern.																		
					4.80											Kies, stark sandig, schwach siltig, Kornform angerundet bis gut gerundet, graubraun, nass.																		
					7.00											Feinsand, siltig, lokal tonig, beigebraun, erdfeucht, meist Vollkern, Block bei 6.7 m.																		
				FCR2-2(R)	10.00		Moräne									Feinsand, siltig, einzelne Kieskörner, beigebraun, erdfeucht, verbackene Stücke erdfeucht bis trocken, kompakt, matrixbestützt, meist verbacken, Vollkerne und Vollkern-Scheiben bis teils Bruchstücke, Block bei 7.6 m.			1'300							 N_SPT = 30								
					13.00											Feinsand, schwach siltig bis siltig, einzelne Kieskörner, bei 11.7 m stark kiesig (v.a. Grobkies, vermutlich zerbohrter Block), Kornform kantengerundet bis angerundet, beigebraun, erdfeucht, verbackene Stücke erdfeucht bis trocken, 11.6-12.0 nass, Komponenten teils gekritz, verkittete Stücke bis Vollkerne, meist matrixgestützt und Negativabdrücke, teils verbackene Stücke.																		
					16.20											Feinsandstein, hellbraun bis beigebraun, zu Bruchstücken zerbohrt (Einfachkernrohr), Bruchstücke können von Hand zerbrochen werden.																		
					Doppelkernrohr Ø 115 mm											FCR2-4(R)	16.90		Untere Süsswassermolasse	Mittelsandstein, hellgrau bis beigebraun, zu Sand und einzelnen Stücken zerbohrt (Einfachkernrohr), Bruchstücke können von Hand zerbrochen werden.			>1'400							 N_SPT > 50				
FCR2-5(R) FCR2-6(R)	17.80		Siltstein bis Tonstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), kurze Vollkerne (Einfachkernrohr), mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert schwach mit Salzsäure.																															
	19.40		Siltstein bis Tonstein, bordeauxrot, beigebraun und grau (gefleckt), Vollkerne, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert nicht mit Salzsäure.																															
	20.40		Feinsandstein bis Siltstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), Vollkerne, mit Messer ritzbar, zerbricht bei festem Hammerschlag, reagiert mässig mit Salzsäure.																															
	FCR2-7(R)	20.90		Siltstein bis Tonstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), Vollkerne, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert nicht mit Salzsäure.				>1'400								 N_SPT > 50																		
			Feinsandstein bis Siltstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), Vollkerne, mit Messer ritzbar, zerbricht bei festem Hammerschlag, reagiert stark mit Salzsäure.																															
			Siltstein bis Tonstein, bordeauxrot, beigebraun und grau (gefleckt), Vollkerne, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert mässig mit Salzsäure.																															
			Feinsandstein bis Siltstein, beigebraun, grau und bordeauxrot (gefleckt), Vollkerne, mit Messer ritzbar, zerbricht bei festem Hammerschlag, reagiert stark mit Salzsäure.																															
		Siltstein bis Tonstein, bordeauxrot, beigebraun und grau (gefleckt), Vollkerne, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert mässig mit Salzsäure.																																
<div>Bemerkungen</div> <div>- (R): Rückstellprobe</div> <div>- oberes Piezometer: Ø 1.5" (Ramppiezometer)</div> <div>- unteres Piezometer: Ø 2"; GW-Stand am 07.02.2020 mind. bis OKR = 436.27 m ü. M. (leichter GW-Austritt nach Entfernen der Abschlusskappe)</div>																		Beilage 3.2																

Rotationskernbohrung FCR3/P/19					Geologische Aufnahme S. Jüstrich					Beilage 3.3													
					<div>Geotechnisches Institut</div> <div>Aktiengesellschaft zertifiziert nach ISO-Norm 9001</div> <div>Rue des Prés 11 032 493 40 43</div> <div>2740 Moutier www.geo-online.ch</div>																		
Bauherrschaft Tiefbauamt TBA, Fribourg					Projekt-Nr. 36.0252.001					Projekt Kerzers, Umfahrungsstrasse													
Bohrfirma KIBAG Bohrungen AG, Ried b. Kerzers																							
Bohrmeister James Clavreul					Massstab 1:100																		
Ausführungsdatum 06.01.2020 - 07.01.2020					Projekt																		
Koordinaten 2581664 / 1203812																							
Höhe OKT: 436.69 m ü. M. OKR: 437.48 m ü. M.																							
Bohrart, - Ø	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Taschenpenetro- meter [kN/m2]	Taschenscher- flügel [kN/m2]	Grundwasserstand [m ü. M.]					Bohrloch- messungen (SPT, DMT, ROD, FVT)								
				0.00 = 436.69						Durchlässigkeits- beiwert k [m/s]													
Hartmetallkone Ø 244 mm			FCR3-8(R)	0.40		Deck- torf- schicht	Feinsand, siltig, dunkelbraun, erdfeucht, Wurzelreste. (Oberboden)	<25	30	▽	434.88	07.02.2020											
			FCR3-1(R)	0.80		Deck- torf- schicht	Feinsand, schwach siltig, einzelne Kieskörner, braun, erdfeucht, schwach verkittete Stücke.																
				1.20		Deck- torf- schicht	Torf (gut zersetzt), schwarz, erdfeucht, schwach verkittete Stücke, schwach modriger Geruch.																
				1.60		Deck- torf- schicht	Feinsand, siltig, beige-grau, weich, erdfeucht bis feucht, schwach Vollkern, mit schlecht zersetzten organischen Einschlüssen.																
			FCR3-2(R)	2.40		fluviale Ablagerungen	Sand (Fein- bis Mittelsand), schwach siltig, beige-grau, erdfeucht bis feucht, einzelne Kieskörner, mit einzelnen schlecht zersetzten organischen Einschlüssen.																
				4.00		fluviale Ablagerungen	Sand (Fein- bis Mittelsand), schwach siltig, teils schwach kiesig, Kornform angerundet bis gerundet, grau, nass.																
			FCR3-3(R)	5.00		fluviale Ablagerungen	Kies, stark sandig, schwach siltig, Kornform kantengerundet bis angerundet, grau, zur Tiefe beige-braun, nass.																
				5.50		fluviale Ablagerungen	Feinsand, siltig, einzelne Kieskörner, beige-braun, erdfeucht, Vollkern, matrixgestützt, mit Negativabdrücken, kompakt.																
			FCR3-4(R)	6.00		Moräne	Sand, stark bis schwach kiesig (mit der Tiefe abnehmend), schwach siltig bis siltig (mit der Tiefe zunehmend), Kornform kantengerundet bis angerundet, beige-braun, feucht, schwach Vollkern.																
				8.40		Moräne	Feinsand, schwach siltig, ab 6.9 m einzelne Kieskörner, beige-braun, erdfeucht, 6.0-6.3 m Vollkern, 6.3-6.9 m einzelne verkittete Stücke, 6.9-7.5 m verbackene Stücke, 7.5-8.0 m Vollkern, matrixgestützt, Negativabdrücke, kompakt, vereinzelt subhorizontale Schichtung erkennbar, 8.0-8.4 m einzelne verkittete Stücke.																
Doppelkernrohr Ø 115 mm				10.00		Untere Süsswassermolasse	Feinsand bis Silt, schwach tonig, beige-grau, nass.	350 >450															
			FCR3-5(R)	10.70		Untere Süsswassermolasse	Feinsand, lokal auch Mittelsand, schwach siltig, lokal auch schwach tonig, beige-braun, erdfeucht, Vollkern.																
				12.00		Untere Süsswassermolasse	Tonstein bis Siltstein, grau, beige-braun und bordeauxrot (gefleckt), meist Vollkerne, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert mässig mit Salzsäure.																
				13.00		Untere Süsswassermolasse	11.2-11.3 m: mit Messer ritzbar, zerbricht bei festem Hammerschlag																
			FCR3-6(R)	13.60		Untere Süsswassermolasse	Feinsandstein, grau, beige-braun und teils bordeauxrot (gefleckt), meist Vollkerne, mit Messer ritzbar, zerbricht bei festem Hammerschlag, reagiert stark mit Salzsäure.																
				14.20		Untere Süsswassermolasse	Tonstein bis Siltstein, grau, beige-braun und bordeauxrot (gefleckt), meist Vollkerne, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert mässig mit Salzsäure.																
			FCR3-7(R)	15.00		Untere Süsswassermolasse	Feinsandstein bis Siltstein, grau, beige-braun und teils bordeauxrot (gefleckt), Vollkerne, mit Messer ritzbar, zerbricht bei mehreren festen Hammerschlägen, reagiert stark mit Salzsäure.																
							Siltstein bis Tonstein, teils auch Feinsandstein, grau, beige-braun und bordeauxrot (gefleckt), meist Vollkerne, mit Messer ritzbar, zerbricht bei festem Hammerschlag, reagiert stark mit Salzsäure.																
<div>Bemerkungen</div> <div>- (R): Rückstellprobe</div> <div>- Piezometer: Ø 3"; Grundwasserstand nicht repräsentativ für die Moräne (Schicht e2)</div> <div>- SPT bei 9.0 m misslungen (Wasser)</div> <div>- TP: * = Matrix</div>																							
Beilage 3.3																							

Rotationskernbohrung FCR4/P/19										Geologische Aufnahme					S. Jüstrich					Beilage					3.4																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																
Bauherrschaft										Tiefbauamt TBA, Fribourg										Geotechnisches Institut																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																					
Bohrfirma										KIBAG Bohrungen AG, Ried b. Kerzers										Aktiengesellschaft										zertifiziert nach ISO-Norm 9001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Bohrmeister										James Clavreul										Rue des Prés 11										032 493 40 43																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Ausführungsdatum										12.12.2019 - 16.12.2019										2740 Moutier										www.geo-online.ch																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Koordinaten										2581697 / 1203826										Projekt-Nr.										36.0252.001																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Höhe										OKT: 437.58 m ü. M. OKR: 438.40 m ü. M.										Projekt										Kerzers, Umfahrungsstrasse																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																											
Bohrart, - Ø										Kernzüge										Bohrlochausbau										Proben										Tiefe										Profil										Geologie										Geotechnische Beschreibung										Taschenpenetro- meter [kN/m2]										Taschenscher- flügel [kN/m2]										Grundwasserstand [m ü. M.]										Durchlässigkeits- beiwert k [m/s]										Bohrloch- messungen (SPT, DMT, RQD, FVT)																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																	
Hartmetallkronen Ø 244 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen Ø 203 mm										Hartmetallkronen									

Rotationskernbohrung FCR4bis/P/19					Geologische Aufnahme S. Jüstrich					Beilage 3.5								
Bauherrschaft Tiefbauamt TBA, Fribourg					<div>Geotechnisches Institut</div> <div>Aktiengesellschaft zertifiziert nach ISO-Norm 9001</div> <div>Rue des Prés 11 032 493 40 43</div> <div>2740 Moutier www.geo-online.ch</div>													
Bohrfirma KIBAG Bohrungen AG, Ried b. Kerzers					Massstab 1:100													
Bohrmeister James Clavreul					Projekt-Nr. 36.0252.001													
Ausführungsdatum 17.12.2019 - 19.12.2019					Projekt Kerzers, Umfahrungsstrasse													
Koordinaten 2581722 / 1203833																		
Höhe OKT: 439.70 m ü. M. OKR: 439.70 m ü. M.																		
Hartmetallkone Bohrart, - Ø	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Taschenpenetro- meter [kN/m2]	Taschenscher- flügel [kN/m2]	Grundwasserstand [m ü. M.]						Bohrloch- messungen (SPT, DMT, ROD, FVT)		
				0.00 = 439.70						Durchlässigkeits- beiwert k [m/s]								
Hartmetallkone Ø 244 mm			FCR4bis-7 (R) FCR4bis-1 (R) FCR4bis-2 (R) FCR4bis-3 (R) FCR4bis-4 (R) FCR4bis-5 (R) FCR4bis-6 (R)	0.40		Deck- schicht	Feinsand, siltig, schwach tonig, dunkelbraun, erdfeucht. (Oberboden)	50	60							 N_SPT = 22		
				1.00		Torf	Feinsand, siltig bis stark siltig, teils schwach kiesig, graubraun, erdfeucht, Vollkern.	75	60									
				1.70		fluviale Ablagerungen	Torf (gut zersetzt), dunkelbraun, erdfeucht, Vollkern, schwach organischer Geruch.											
				2.70			Sand (viel Feinsand, etwas Mittelsand), schwach siltig, einzelnes Grobkieskorn, grüngrau, feucht.											
				3.00			Feinsand, siltig, einzelne Kieskörner, beigebraun, feucht.											
				3.80			Sand (viel Feinsand, etwas Mittelsand), schwach siltig, graubraun, feucht.											
				4.30		Moräne	Feinsand bis Mittelsand, sauber bis schwach siltig, beigebraun, nass.											
				5.30			Sand (v.a. Fein- bis Mittelsand), schwach siltig, teils schwach tonig, zur Tiefe schwach kiesig und mit vereinzelt Steinen (bis Ø 10 cm), Kornform kantig bis kantengerundet, beigebraun, nass.	>450*										
							Sand (viel Fein- bis Mittelsand), siltig (ab 6.0 m schwach siltig), schwach kiesig, mit vereinzelt Steinen (bis Ø 10 cm), Kornform kantengerundet, beigebraun, 5.3-6.0 m feucht, 6.0-6.7 m erdfeucht, 6.7-7.0 m trocken, 7.0-8.3 m erdfeucht, Vollkern, Vollkernscheiben und teils verkittete Stücke, matrixgestützt, mit Negativabdrücken, kompakt.	>450*										
				8.30			Feinsand, siltig, einzelne Kieskörner, rotbraun, erdfeucht, Vollkern, matrixgestützt, mit Negativabdrücken, kompakt.	>450*										
				8.80			Feinsand, schwach siltig, einzelnes Kieskorn, beigebraun, teils rotbraun, trocken, Vollkern, verbacken, mit Negativabdrücken, kompakt.	>450*										
				9.60			Feinsand, schwach siltig, einzelnes Kieskorn, beigebraun, teils rotbraun, Vollkern, matrixgestützt, mit Negativabdrücken, kompakt.	>450*										
Doppelkernrohr Ø 115 mm			FCR4bis-4 (R) FCR4bis-5 (R) FCR4bis-6 (R)	10.40		Untere Süsswassermolasse	Feinsandstein, grau mit bordeauxroten Flecken, zu Scheiben und teils Bruchstücken zerbohrt, mit Messer schwer ritzbar, zerbricht bei festem Hammerschlag, reagiert stark mit Salzsäure.								18			
				10.60			Mittelsandstein, grau und beigebraun mit vereinzelt bordeauxroten Flecken, Vollkern, Scheiben und teils Bruchstücke, kann problemlos von Hand zerbrochen werden, stark absandend, mit Messer schwer ritzbar, zerbricht bei festem Hammerschlag, reagiert mässig bis stark mit Salzsäure.								70			
							11.0-11.3 m: ca. 90° geneigte Trennfläche								31			
				13.50			11.1-11.2 m: ca. 45° geneigte Trennfläche								71			
							12.4-12.9 m: subvertikale, leicht gekrümmte Trennfläche								45			
							Mittelsandstein bis Feinsandstein, grau und beigebraun, Vollkerne, zur Tiefe Bruchstücke (evtl. bohrbedingt), mit Messer schwer ritzbar, zerbricht bei festem Hammerschlag, reagiert mässig mit Salzsäure.								0			
															0			
				15.30														
<div>Bemerkungen</div> <div>- (R): Rückstellprobe</div> <div>- gemäss Aussage Bohrmeister während Bohrvorgang gespanntes Wasser angetroffen (keine genaueren Angaben)</div> <div>- Piezometer: Ø 3", wegen gespanntem Wasser rückgebaut und abgedichtet</div> <div>- SPT bei 9.0 m misslungen (Wasser)</div> <div>- TP: * = Matrix</div>																		
															Beilage 3.5			

Rotationskernbohrung FCR5/P/19						Geologische Aufnahme S. Jüstrich			Beilage		3.6								
Bauherrschaft						Tiefbauamt TBA, Fribourg						<div>Geotechnisches Institut</div> <div>Aktiengesellschaft</div> <div>zertifiziert nach ISO-Norm 9001</div> <div>Rue des Prés 11</div> <div>2740 Moutier</div> <div>032 493 40 43</div> <div>www.geo-online.ch</div>							
Bohrfirma						KIBAG Bohrungen AG, Ried b. Kerzers													
Bohrmeister						Kay Kleinz						Massstab		1:100					
Ausführungsdatum						12.12.2019 - 17.12.2019						Projekt-Nr.		36.0252.001					
Koordinaten						2581781 / 1203849						Projekt		Kerzers, Umfahrungsstrasse					
Höhe						OKT: 445.39 m ü. M. OKR: 445.79 m ü. M.													
Bohrart, - Ø	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung				Taschenpenetro- meter [kN/m2]	Taschenscher- flügel [kN/m2]	Grundwasserstand [m ü. M.]				Bohrloch- messungen (SPT, DMT, ROD, FVT)		
				0.00 = 445.39															
Hartmetallkrone Ø 203 mm			FCR5-8(R)	0.60		Deck- Tuff-Schicht	Geländeoberfläche mit Grasnarbe, Feinsand, siltig, dunkelbraun, erdfeucht, Wurzeln. (Oberboden)												
				0.70			Torf (mässig zersetzt, schwach faserig), dunkelbraun, erdfeucht bis feucht, leicht modriger Geruch.												
				1.40			Sand (v.a. Fein- bis Mittelsand), schwach siltig, schwach kiesig, grüngrau, erdfeucht, mit wenigen schlecht zersetzten organischen Einschlüssen, leicht modriger Geruch.												
			FCR5-1(R)	2.00			Sand (v.a. Fein- bis Mittelsand), schwach siltig, schwach kiesig, einzelner Stein (Ø 10 cm), grüngrau, erdfeucht, Vollkern.												
				3.30		aufgearbeitete Moräne	Sand (v.a. Fein- bis Mittelsand), schwach siltig, einzelne Kieskörner, Kornform kantengerundet bis angerundet, grüngrau, erdfeucht, Vollkern, matrixgestützt, kompakt, Komponenten teils schwach gekritz.												
				4.30			Sand (v.a. Fein- bis Mittelsand), schwach siltig, einzelne Kieskörner, Kornform kantengerundet bis angerundet, beigebraun, erdfeucht, einzelne verkittete Stücke bis schwach Vollkern, Komponenten teils gekritz.												
				4.70			Feinsand bis Mittelsand, sauber bis schwach siltig, beigebraun, erdfeucht.												
				5.00			Sand (v.a. Fein- bis Mittelsand), schwach siltig, einzelne Kieskörner, Kornform kantengerundet bis angerundet, beigebraun, erdfeucht, Vollkern, matrixgestützt, kompakt.												
			FCR5-2(R)	6.00			Sand (Mittel- bis Grobsand), schwach kiesig, sauber bis schwach siltig, 5.3-5.5 m auch feinsandig und siltig (Vollkern), Kornform kantengerundet bis angerundet, beigebraun, feucht bis nass.												
				7.00		Moräne	Sand (viel Mittelsand), schwach siltig, einzelne Kieskörner, beigebraun, erdfeucht, einzelne verkittete Stücke bis schwach Vollkern.												
				7.30			Sand (Fein- bis Mittelsand), siltig, schwach kiesig, Kornform kantengerundet bis angerundet, beigebraun, erdfeucht, Vollkern, matrixgestützt, kompakt, Komponenten teils gekritz.												
			FCR5-3(R)	10.20			Sand (Mittel- bis Grobsand), kiesig bis stark kiesig, schwach siltig, einzelner Stein (Ø 10 cm), Kornform kantengerundet bis angerundet, beigebraun, erdfeucht, teils schwach verkittete Stücke.												
				12.80			Sand, stark kiesig, schwach siltig, Kornform kantengerundet bis angerundet, beigebraun, erdfeucht bis feucht, teils schwach verkittete Stücke, wenige Feinsandsteinbruchstücke.												
				13.40			Sand, siltig, beigebraun, erdfeucht, Vollkern.												
			FCR5-4(R)	14.60		Untere Süsswassermolasse	Sand (Fein- bis Mittelsand), schwach siltig, schwach kiesig, Kornform kantengerundet bis gerundet, beigebraun, trocken bis erdfeucht, wenige Feinsandsteinbruchstücke, Vollkern, kompakt, matrixgestützt, Negativabdrücke.												
				16.00			Mittelsandstein, graugrün, trocken, zu Scheiben, Bruchstücken und Sand zerbohrt, stark absandend, können von Hand zerbrochen werden.												
				16.20			Sand (v.a. Mittelsand), schwach siltig, beigebraun, feucht bis nass.												
				16.40			Sand (v.a. Mittelsand), schwach siltig, grau, feucht bis nass, schwach Vollkern mit vereinzelt Feinsandsteinbruchstücken.	>450											
							Siltstein bis Tonstein, zur Tiefe auch Feinsandstein, bordeauxrot mit beigebraunen und grauen Flecken, erdfeucht bis trocken, meist Vollkerne, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert nicht mit Salzsäure.	>450											
				19.00			Feinsandstein bis Siltstein, mit Feinsand und Silt, tonig, grau mit beigebraunen und bordeauxroten Flecken, nass, zu Bruchstücken zerbohrt, reagiert stark mit Salzsäure.												
				20.00			Feinsandstein, grau und beigebraun, bis 20.3 m zu Bruchstücken zerbohrt, anschliessend Vollkern, mit Messer ritzbar, bei Hammerschlag Kerben, reagiert stark mit Salzsäure.	>450											
				20.30			Feinsandstein bis Siltstein, grau und beigebraun, Vollkern.	>450											
			FCR5-5(R)	20.80			Siltstein bis Tonstein, bordeauxrot, beigebraun und grau (gefleckt), Vollkern bis teils kurze Vollkerne (Kern beim 1. Kernzug verloren), mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, bei Hammerschlag Kerben, reagiert nicht mit Salzsäure.	>450											50
				22.10			Feinsandstein bis Siltstein, beigebraun mit grauen und bordeauxroten Flecken, Vollkerne, mit Messer schwer ritzbar, bei Hammerschlag Kerben und mit einem festen Schlag zu zerbrechen, reagiert stark mit Salzsäure.	>450											46
			FCR5-6(R)	22.80			Siltstein bis Tonstein, bordeauxrot mit beigebraunen und grauen Flecken, Vollkern und Vollkernscheiben, mit Fingernagel ritzbar, mit Messer schneidbar, reagiert schwach mit Salzsäure.	>450											57
			24.20														75		
																	50		
<div>Bemerkungen</div> <div>- (R): Rückstellprobe</div> <div>- während Bohrvorgang gespanntes Wasser in ca. 19.7 m Tiefe angetroffen, Anstieg über Nacht bis ca. 0.1 m über Terrain</div> <div>- Piezometer: Ø3", Wasserstand 19.12.2019 ca. 1.5 m über Terrain, am 20.12.2019 Piezometer verfüllt/abgedichtet</div>																		Beilage	
																		3.6	

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNGEN

BAU UNTERFÜHRUNG UMFAHRUNGSSTRASSE KERZERS TREITENSTRASSE 3210 KERZERS

Projekt Nr.: 60-1561
Bericht Nr.: 1561 / 1

Geoprofile GmbH

**ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNGEN
BAU UNTERFÜHRUNG
TREITENSTRASSE
3210 KERZERS**

Bauherrschaft

Auftraggeber Geotechnisches Institut AG

Adresse Bümplizstrasse 15
3027 Bern
Herr Stefan Jüstrich

Referenz Nr. des Auftraggebers -

Projekt Nr. Geoprofile GmbH **60-1561**

Band 1 von 1

Vertraulichkeit Verteilung des Berichts beschränkt auf vom Auftraggeber genehmigten Projektteilnehmer

Kurzbeschreibung

Die Bauherrschaft plant an der Treitenstrasse in 3210 Kerzers den Bau einer Unterführung unter dem Bahngleis für die Umfahrungstrasse von Kerzers.

Zur erweiterten Abklärung der lokalen Baugrundverhältnisse wurde Geoprofile GmbH vom Auftraggeber beauftragt, 4 elektrische Drucksondierungen bis in Tiefen von ca. 25 m abzuteufen.

Der vorliegende Bericht dokumentiert die folgenden Leistungen:

- Abteufen von 4 elektrischen Drucksondierungen mit einer Länge von insgesamt 31.1 m, inklusive Messung des Porenwasserüberdrucks (CPTU 1 – CPTU 3 und CPTU 5);
- Abteufen von 1 superschweren Rammsondierung mit einer Länge von insgesamt 2.7 m
- Auswertung der Messdaten;
- Geotechnische Interpretation der elektrischen Drucksondierungen und Herleitung von geotechnischen Kennwerten:

Feldarbeiten: 20. – 23. Januar 2020

Version	Datum	Beschreibung	Kontrolliert	Genehmigt
3	18.01.2020	Schlussbericht mit Koordinaten	daj	bshs
2	30.01.2020	Schlussbericht	daj	bshs
1	27.01.2020	Vorabzug Sondierungen	daj	bshs

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Situation mit Lage der Sondierstellen

1

BEILAGEN

Beilage A: Ausführungspraxis

Beilage B: Elektrische Drucksondierung – Messdaten

Beilage C: Superschwere Rammsondierungen – Messdaten

Beilage D: Elektrische Drucksondierung – Interpretation

ANHÄNGE (allgemeine Hintergrundinformationen)

Anhang 1: Elektrische Drucksondierung (CPT)

Anhang 2: Interpretation der elektrischen Drucksondierung

Anhang 3: Rammsondierung



M 1: 5000

SITUATION MIT UNGEFÄHRER LAGE DER SONDIERSTELLEN

Bau Unterführung, Treitenstrasse, 3210 Kerzers

BEILAGE A
AUSFÜHRUNGSPRAXIS

INHALT

Beilage

Ausführungspraxis der elektrischen Drucksondierung

A1

TESTSTEUERUNG – PENETRATION

Generelle Testablauf:	Siehe Anhang 1, "elektrische Drucksondierung (CPT)" (GEO/APP/001)
Vorbereitungsphase:	<ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung der Sondierstandorte durch Auftraggeber – Auswahl der Messsonde durch Geoprofile GmbH – Vorherige Sättigung des Filter-Elementes durch Vakuum-Lagerung in Sonnenblumen-Öl während 24 Stunden – Nachsättigung vor Ort vor jeder Prüfung
Einmessen und Nivellement:	<ul style="list-style-type: none"> – Einmessen der Sondierstandorte durch Auftraggeber – Nivellement durch Auftraggeber
Testphase:	Keine projektspezifischen Vorkehrungen
Testabbruch:	Siehe Anhang 1, "elektrische Drucksondierung (CPT)" (GEO/APP/001)
Zusätzliche Messungen:	DPSH-B
Vorbohren:	nein

SONDIERGERÄT

Schubvorrichtung:	Hydraulische Schubeinheit mit einem maximalen Druck von 150 kN und einem Hub von 1 m
Aufbau der Schubvorrichtung:	Allein stehend
Reaktionsmasse:	Bodenanker
Schubgestänge:	36 mm A.D.
Schutzverrohrung:	Nicht zutreffend
Reibungsminderer:	Integriert in der Messsonde
Penetrometer:	<ul style="list-style-type: none"> – Typ S15CFIIP15 – Unabhängige Messung des Spitzenwiderstands q_c, lokale Mantelreibung f_s, Porenwasserüberdruck u_2, Abweichung von der Vertikale in X- und Y-Richtung (i_x und i_y) – Spitzenquerschnitt 15 cm² – Oberfläche des Reibungsmantels 225 cm² – Netto Flächenverhältnis a: 0.85

DATENAUFZEICHNUNG UND -BEARBEITUNG

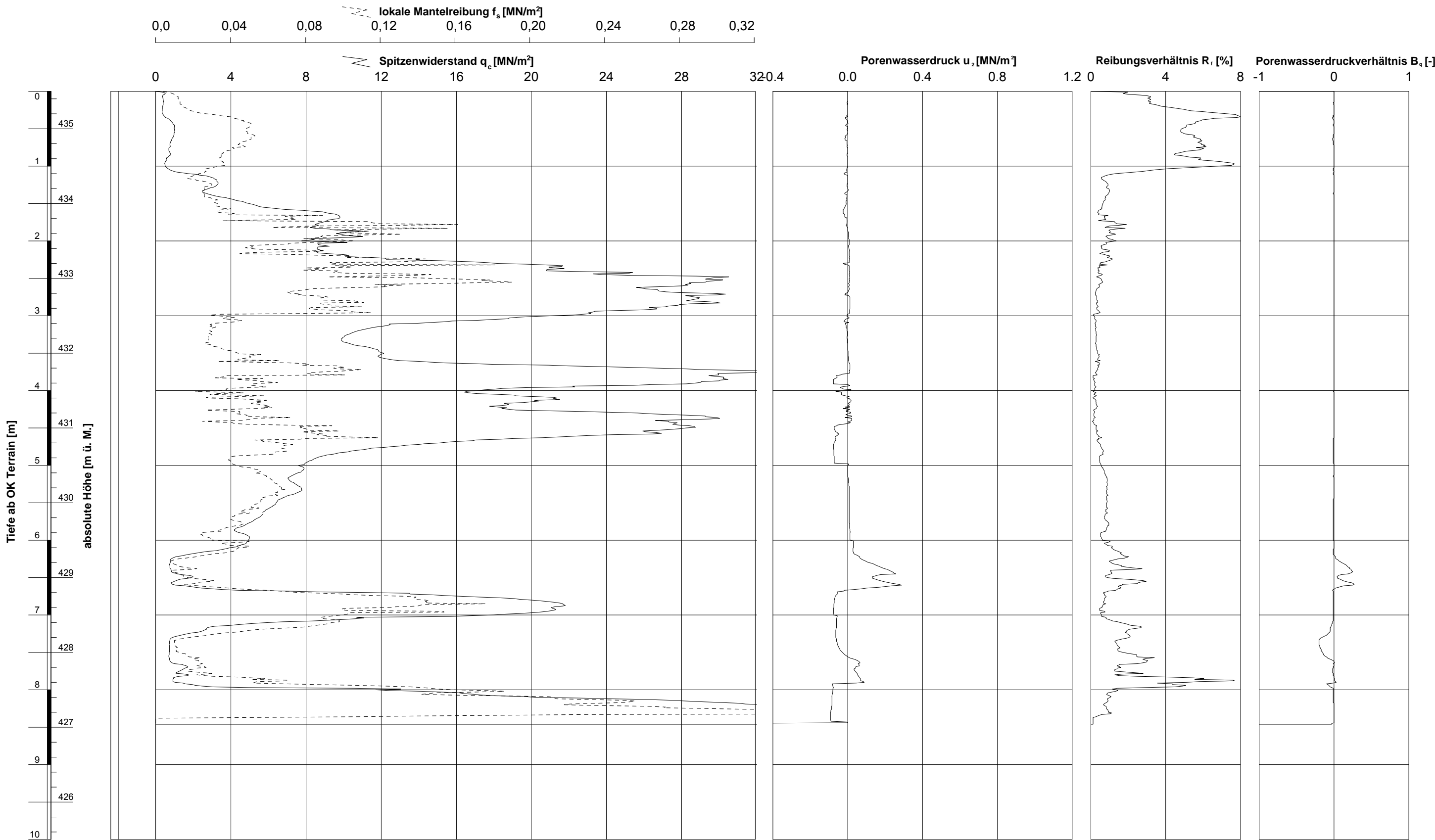
Datenaufzeichnung:	Digitale Aufzeichnung, 1 Messung pro cm Eindringung
Tiefenkorrektur:	Korrektur der Sondiertiefe für der Abweichung von der Vertikale

BEILAGE B
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG - MESSDATEN

INHALT	Beilage
Elektrische Drucksondierung CPTU 1	B1
Elektrische Drucksondierung CPTU 2	B2
Elektrische Drucksondierung CPTU 3	B3
Elektrische Drucksondierung CPTU 5	B4

gezeichnet: David Jordan dd: kontrolliert:

GeODin-System / CPT Daten A3 CH 1_50_v7 (10m).GLO / 18.02.2020/09:40:16



Ausführungsdatum : 22.01.2020 Koordinaten : 2581531 m O Messsonde : S15CFIIP15
Ansatzpunkt : 435.50 m ü. M. 1203672 m N Spitzenquerschnitt: 15 cm²
Wasser : m ab OK Terrain

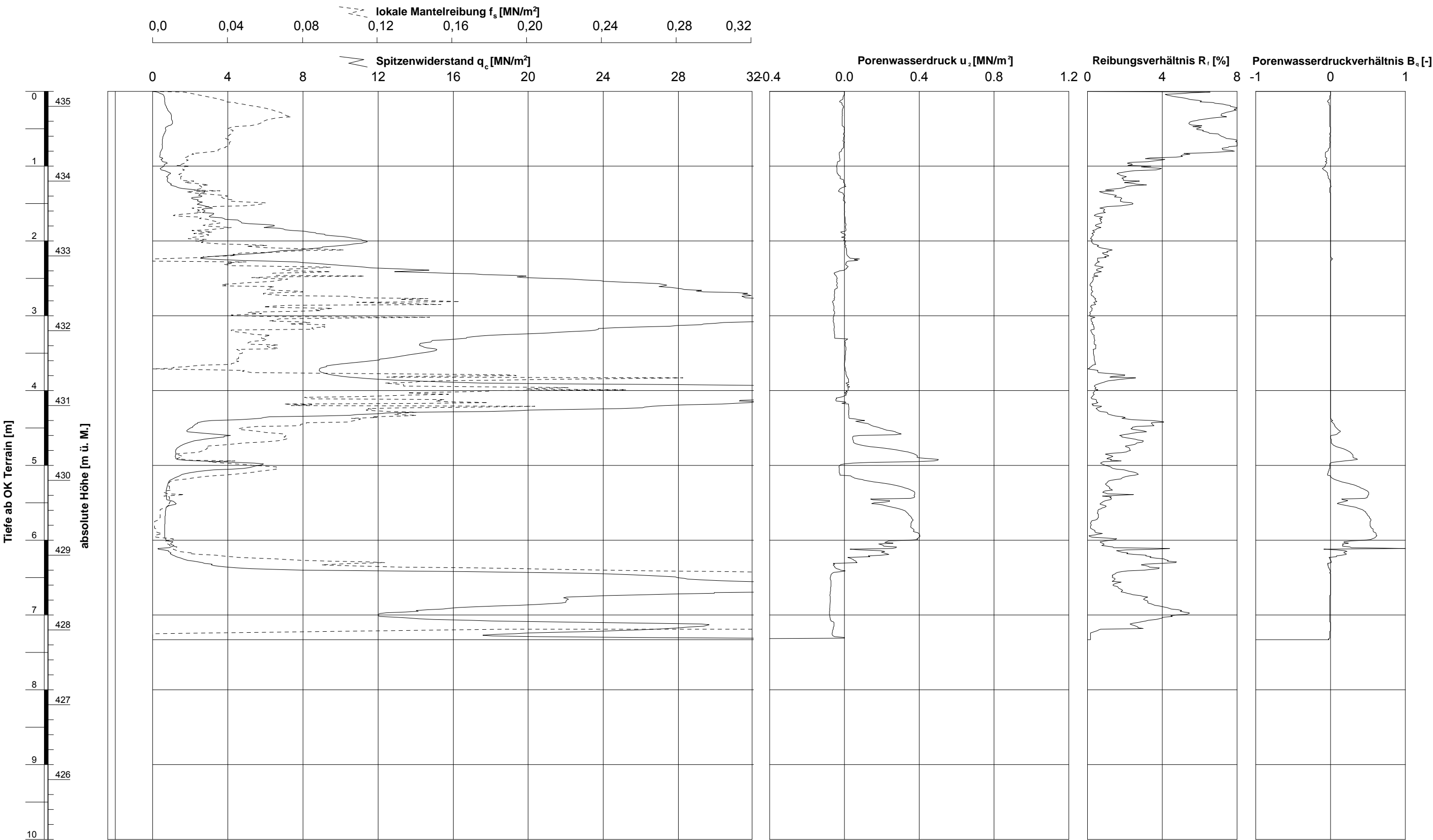
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG
Messdaten

Umfahrungsstrasse Kerzers, Treitenstrasse, 3210 Kerzers

Sondierung: CPTU 1

gezeichnet: David Jordan dd: kontrolliert:

GeODin-System / CPT Daten A3 CH 1_50_v7 (10m).GLO / 18.02.2020/09:39:35



Ausführungsdatum : 23.01.2020 Koordinaten : 2581585 m O Messsonde : S15CFIIP15
Ansatzpunkt : 435.20 m ü. M. 1203755 m N Spitzenquerschnitt: 15 cm²
Wasser : m ab OK Terrain

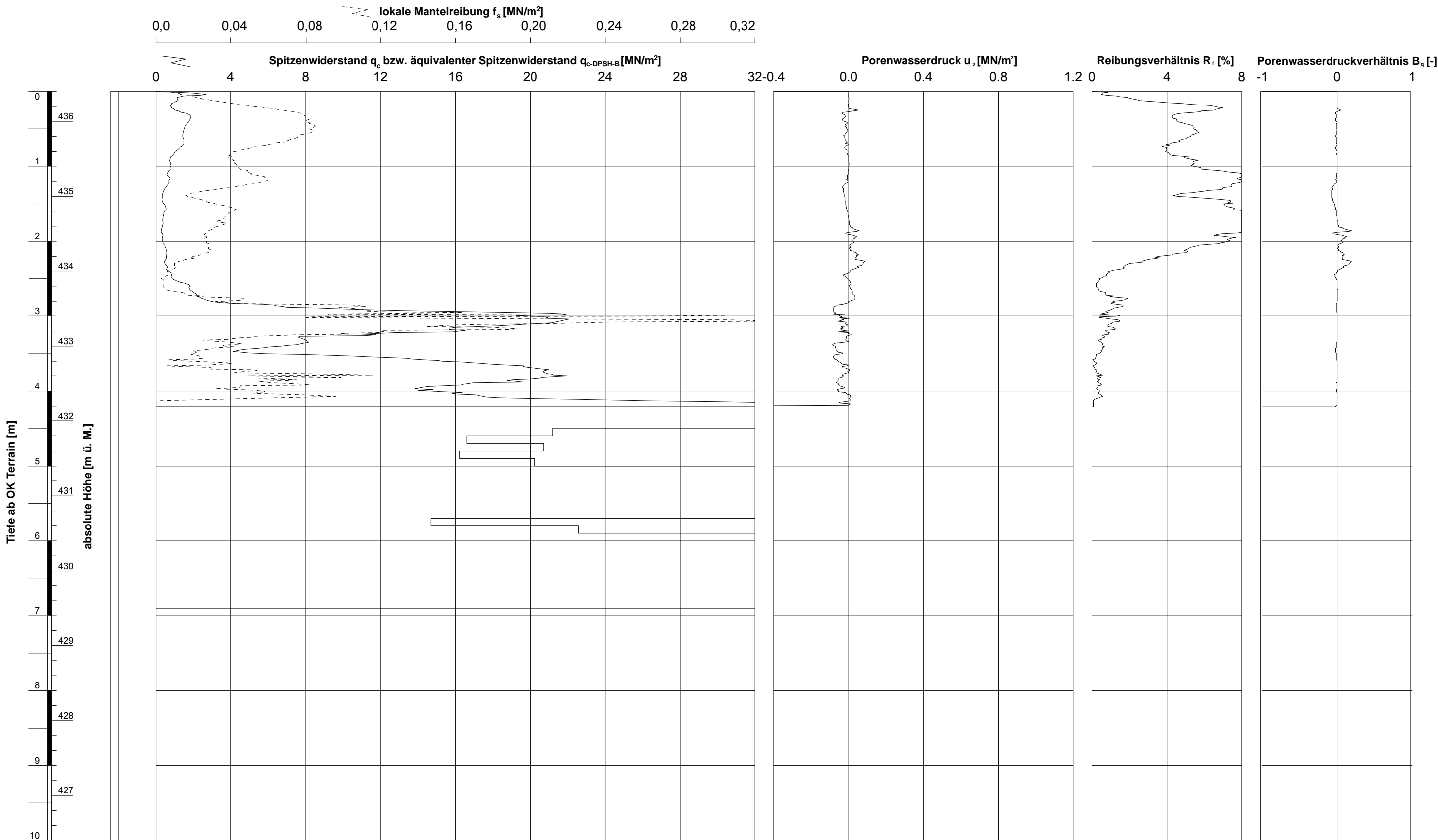
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG
Messdaten

Umfahrungsstrasse Kerzers, Treitenstrasse, 3210 Kerzers

Sondierung: CPTU 2

gezeichnet: David Jordan dd: kontrolliert:

GeODin-System / CPT DPSH A3 1_50 0-32 v7 (10 m) GLO / 18.02.2020/09:39:22



Ausführungsdatum : 21.01.2020 Koordinaten : 2581642 m O Messsonde : S15CFIIP15
Ansatzpunkt : 436.40 m ü. M. 1203806 m N Spitzenquerschnitt: 15 cm²
Wasser : m ab OK Terrain

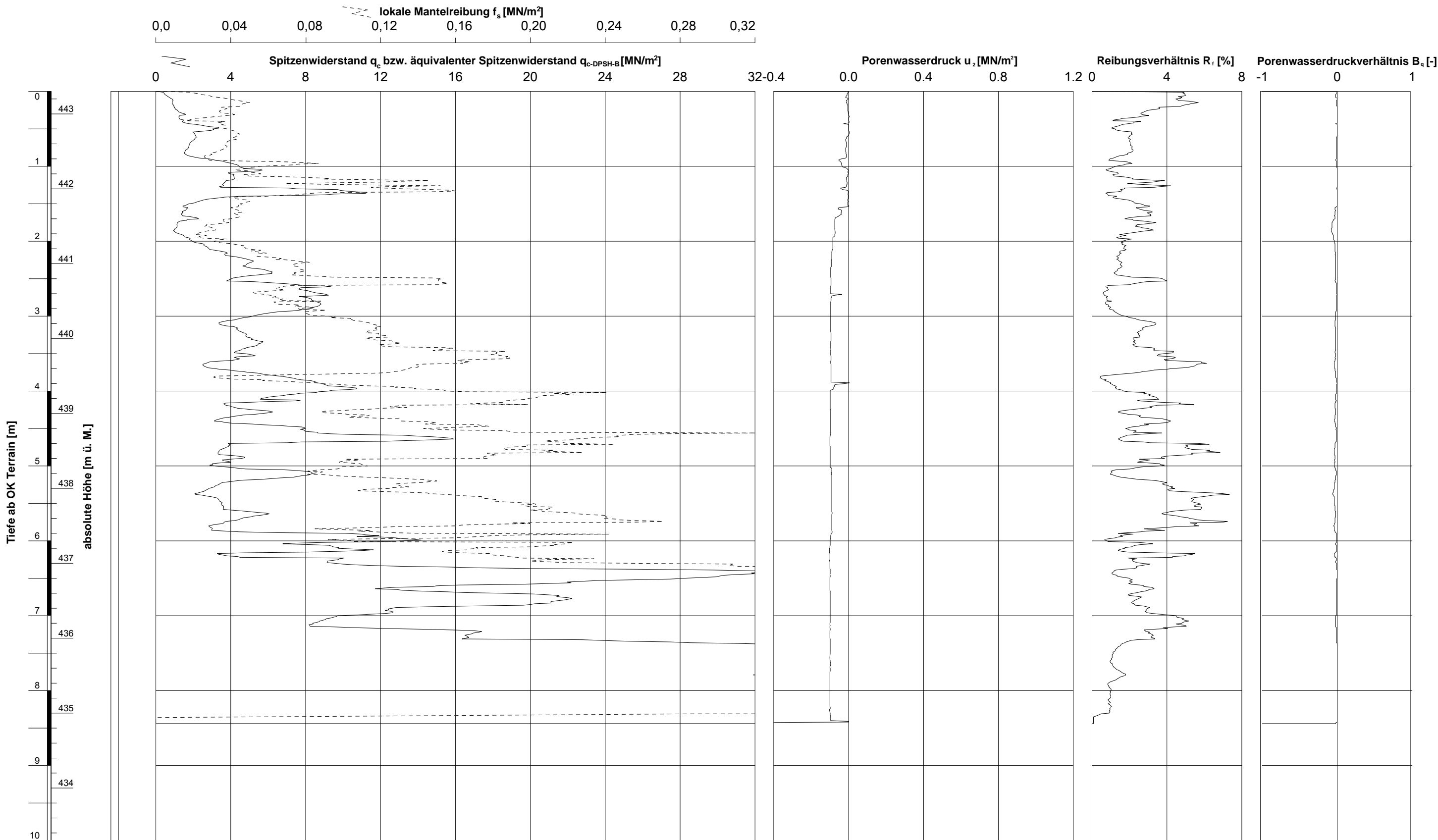
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG
Messdaten

Umfahrungsstrasse Kerzers, Treitenstrasse, 3210 Kerzers

Sondierung: CPTU 3

gezeichnet: David Jordan dd: kontrolliert:

GeODin-System / CPT DPSH A3 1_50 0-32 v7 (10 m) GLO / 18.02.2020/09:38:02



Ausführungsdatum : 20.01.2020 Koordinaten : 2581756 m O Messsonde : S15CFIIP15
Ansatzpunkt : 443.30 m ü. M. 1203843 m N Spitzenquerschnitt: 15 cm²
Wasser : m ab OK Terrain

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG
Messdaten

Umfahrungsstrasse Kerzers, Treitenstrasse, 3210 Kerzers

Sondierung: CPTU 5

BEILAGE C
SUPERSCHWERE RAMMSONDIERUNG - MESSDATEN

INHALT

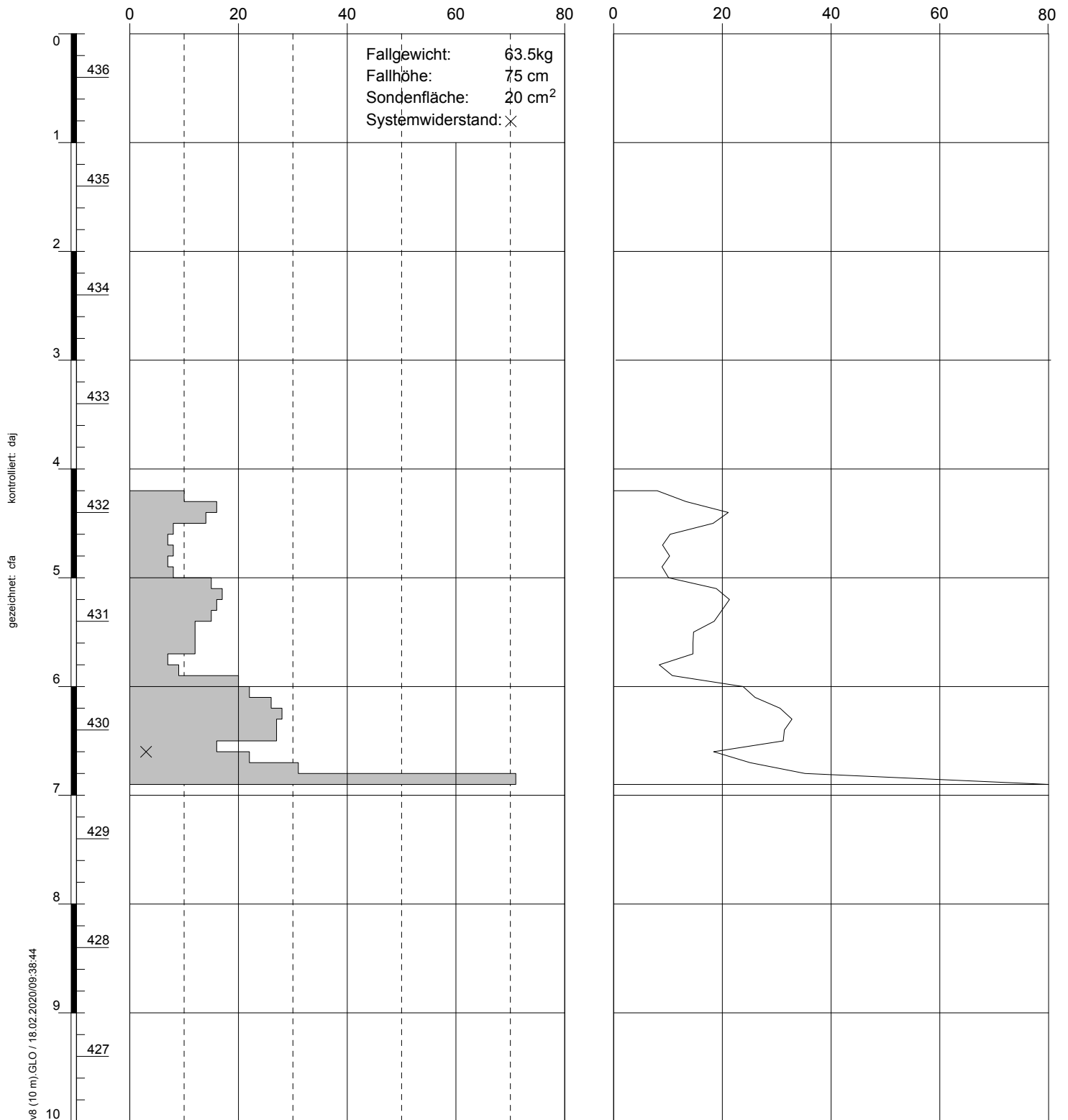
Beilage

Superschwere Rammsondierung DPSH 3

C1

Schlagzahl pro 10 cm Eindringung [-]

dynamischer Spitzenwiderstand q_d [MN/m²]



RAMMPROTOKOLL

Superschwere Rammsondierung DPSH-B gemäss EN 22476-2:2005

Umfahrungsstrasse Kerzers, Treitenstrasse, 3210 Kerzers

BEILAGE D
ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG - INTERPRETATION

INHALT

Beilage

Elektrische Drucksondierung CPTU 1	D1
Elektrische Drucksondierung CPTU 2	D2
Elektrische Drucksondierung CPTU 3	D3
Elektrische Drucksondierung CPTU 5	D4

- +

undrainierte Scherfestigkeit s_u [kN/m²]

○

Sensitivität S_t [-]
- ×

effektiver innerer Reibungswinkel ϕ [°]

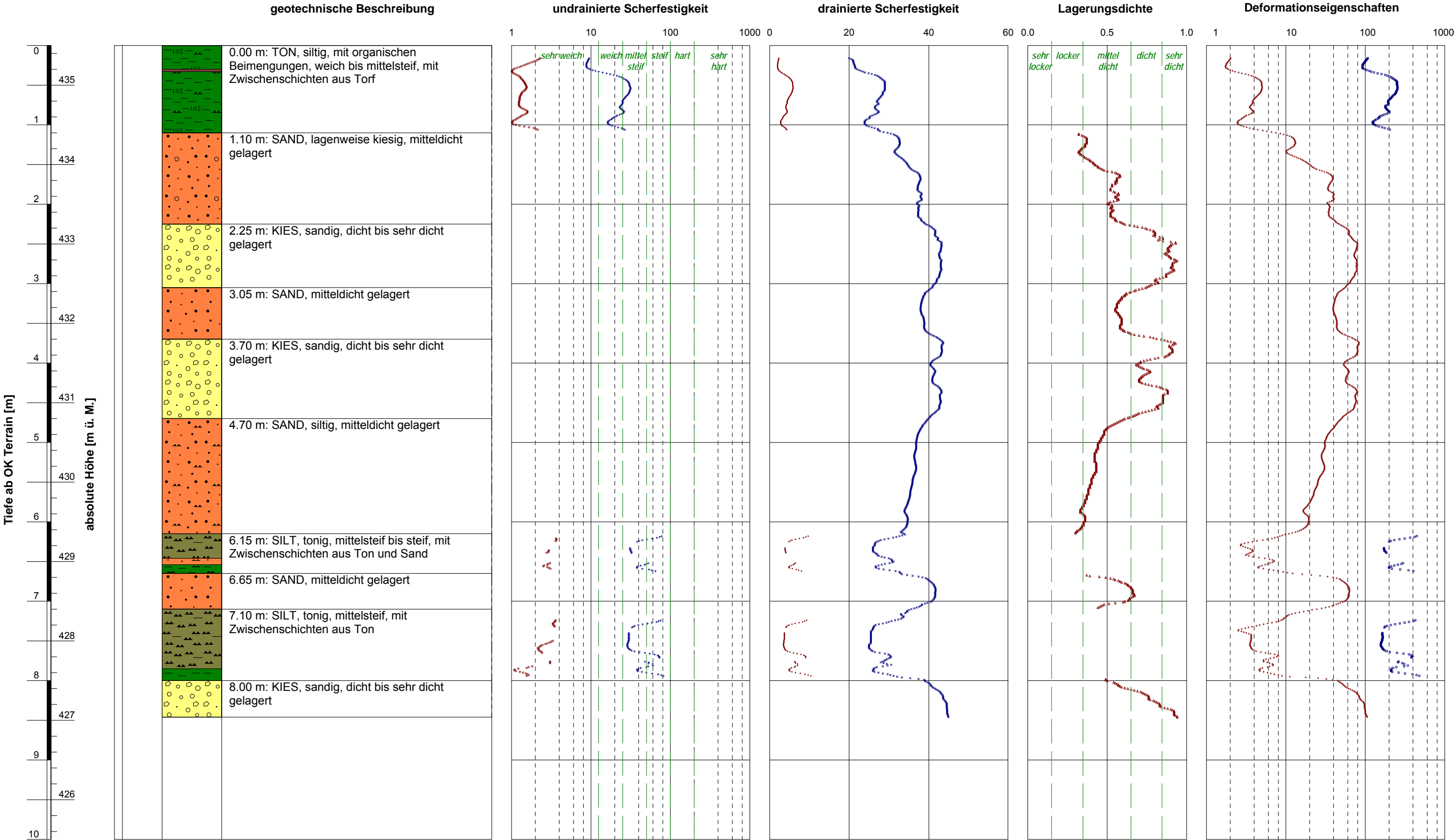
·

effektive Kohäsion c' [kN/m²]
- △

bezogene Lagerungsdichte I_D [-]
- Vorkonsolidierungsdruck σ_p [kN/m²]

+

oedometrischer Steifemodul bei Erstbelastung E_{oed} (früher: $M_{E,1}$ bzw. E_s) [MN/m²]



gezeichnet: daj Datum: 23.01.2020 kontrolliert: cfa

GeODin-System / CPT Interp A3 CH 1_50_v7 (10m).GLO / 18.02.2020/09:39:51

- +

undrainierte Scherfestigkeit s_u [kN/m²]

○

Sensitivität S_t [-]
- ×

effektiver innerer Reibungswinkel ϕ [°]

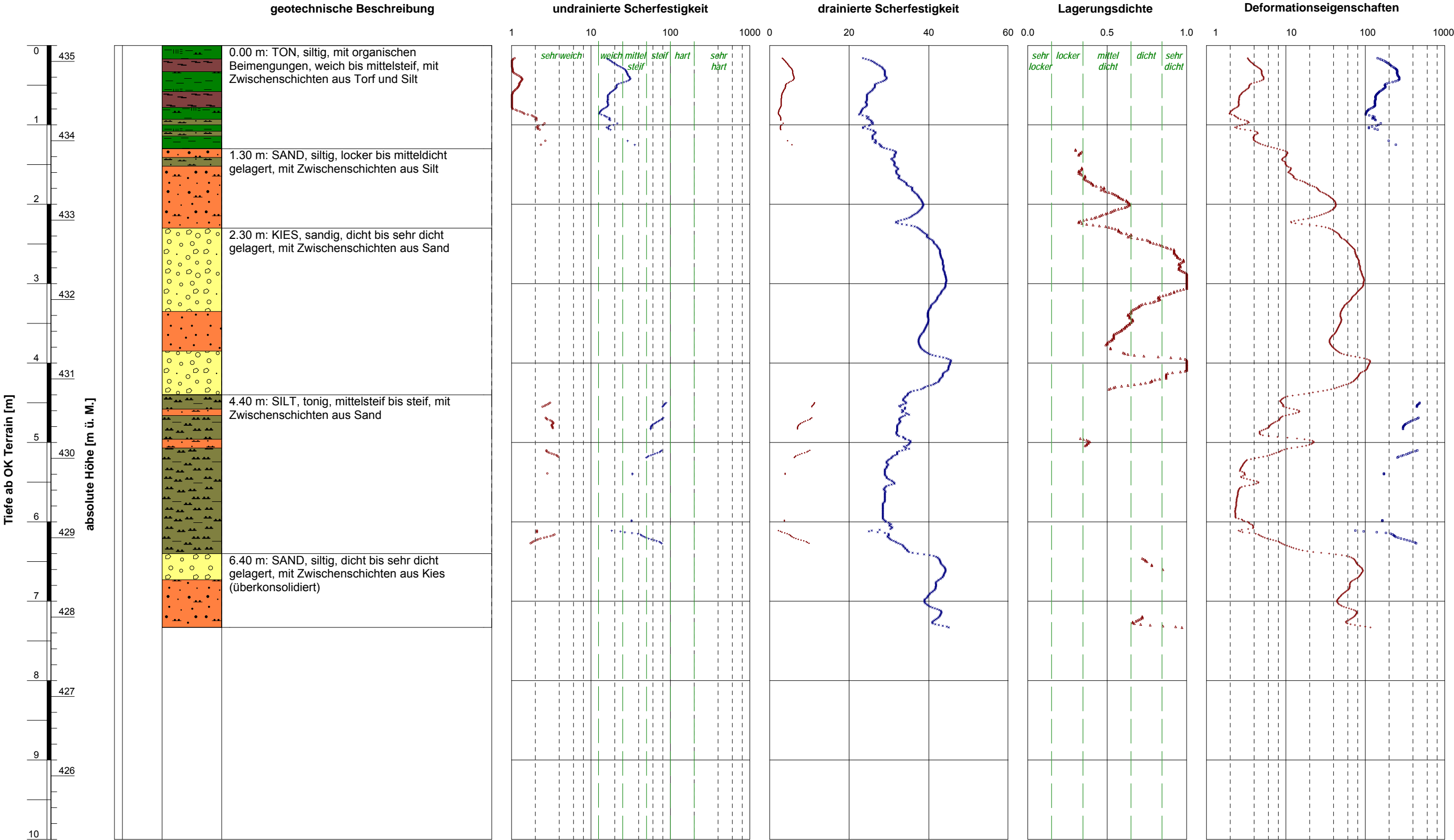
·

effektive Kohäsion c' [kN/m²]
- △

bezogene Lagerungsdichte I_D [-]
- Vorkonsolidierungsdruck σ_p [kN/m²]

+

oedometrischer Steifemodul bei Erstbelastung E_{oed} (früher: $M_{E,1}$ bzw. E_s) [MN/m²]



Ausführungsdatum : 23.01.2020
Ansatzpunkt : 435.20
Koordinaten : 2581585 m O
1203755 m N

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG
Interpretierte geotechnische Erwartungswerte
Umfahrungsstrasse Kerzers, Treitenstrasse, 3210 Kerzers

Sondierung: CPTU 2

- +

undrainierte Scherfestigkeit s_u [kN/m²]

○

Sensitivität S_t [-]
- ×

effektiver innerer Reibungswinkel ϕ [°]

·

effektive Kohäsion c' [kN/m²]
- △

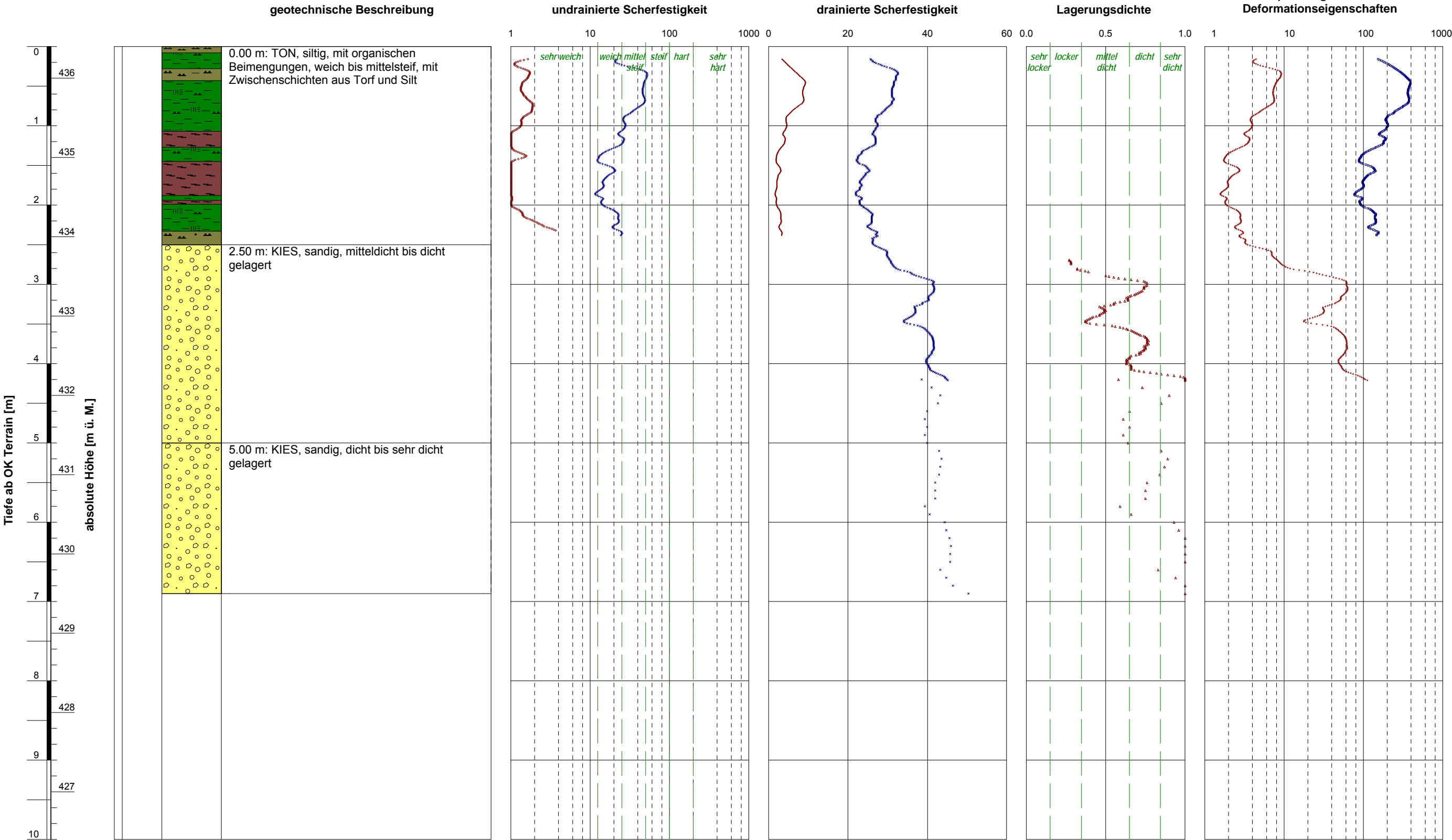
bezogene Lagerungsdichte I_D [-]
- Vorkonsolidierungsdruck σ_p [kN/m²]

+

oedometrischer Steifemodul bei Erstbelastung E_{oed} (früher: $M_{E,1}$ bzw. E_s) [MN/m²]

gezeichnet: daj Datum: 21.01.2020 kontrolliert: cfa

GeODin-System / CPT Interp A3 CH 1_50_v7 (10m).GLO / 18.02.2020/09:38:30



Ausführungsdatum : 21.01.2020
Ansatzpunkt : 436.40
Koordinaten : 2581642 m O
1203806 m N

ELEKTRISCHE DRUCKSONDIERUNG
Interpretierte geotechnische Erwartungswerte
Umfahrungsstrasse Kerzers, Treitenstrasse, 3210 Kerzers

Sondierung: CPTU 3

- +

undrainierte Scherfestigkeit s_u [kN/m²]

○

Sensitivität S_t [-]
- ×

effektiver innerer Reibungswinkel ϕ [°]

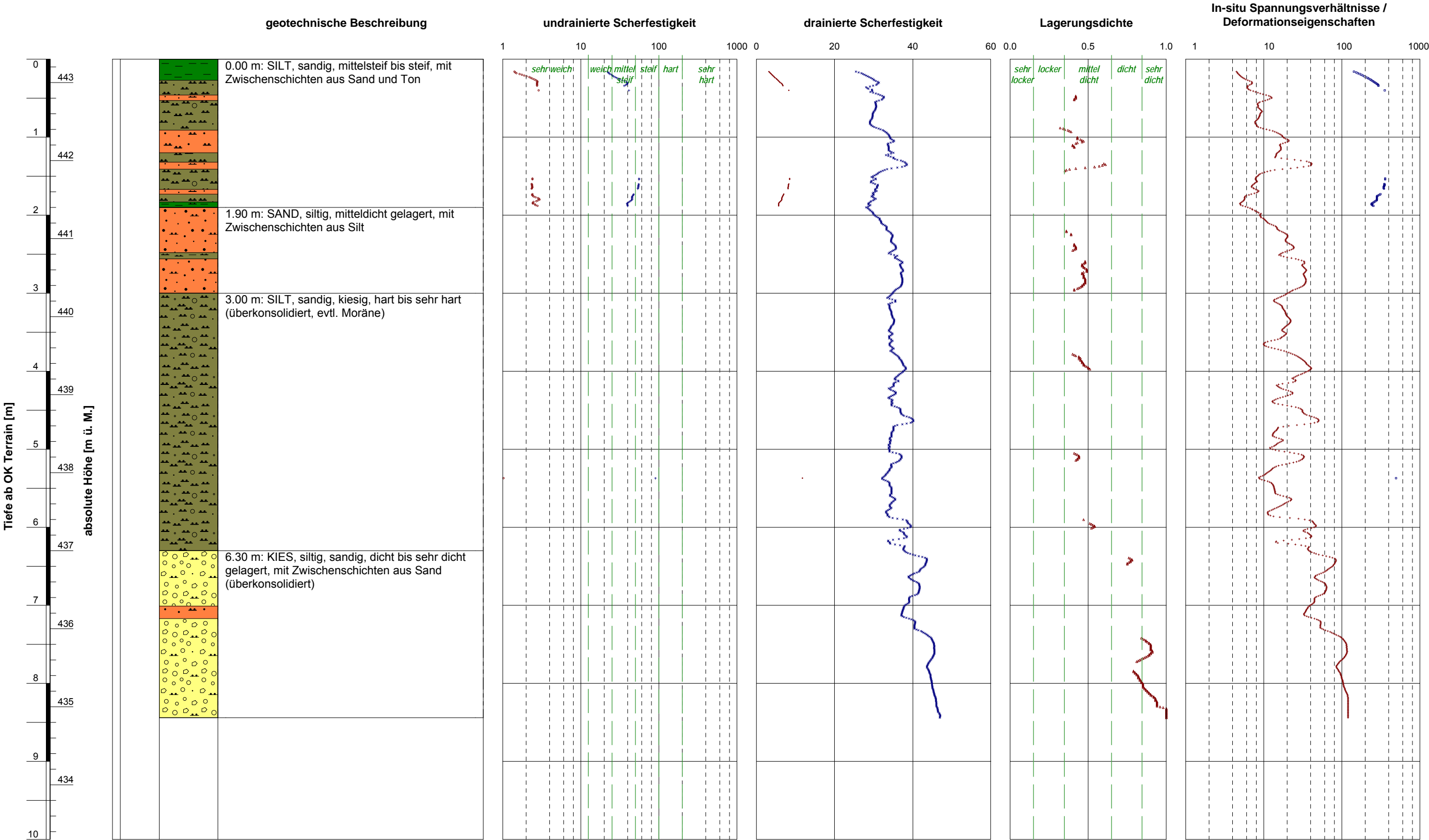
·

effektive Kohäsion c' [kN/m²]
- △

bezogene Lagerungsdichte I_D [-]
- Vorkonsolidierungsdruck σ_p [kN/m²]

+

oedometrischer Steifemodul bei Erstbelastung E_{oed} (früher: $M_{E,1}$ bzw. E_s) [MN/m²]



ANHÄNGE
ALLGEMEINE HINTERGRUNDINFORMATION

INHALT

Anhang 1: Elektrische Drucksondierung (CPT)

Anhang 2: Interpretation der elektrischen Drucksondierung

Anhang 3: Rammsondierung

ALLGEMEINES

Die Drucksondierung (CPT) ist ein Verfahren, das häufig zur Untersuchung des Baugrunds verwendet wird. Hierbei wird der Widerstand des Baugrunds bei konstantem und kontinuierlichem Eindringen mit einem zylindrischen und mit internen Sensoren ausgestatteten Penetrometer bestimmt. Gemessen werden Eindringtiefe (z), Spitzenwiderstand (q_c), lokale Mantelreibung (f_s) und ggf. Porenwasserdruck (u_2) und der vertikale Neigungswinkel (i_x bzw. i_y). Die Ergebnisse ermöglichen eindeutige Rückschlüsse auf die Beschaffenheit des Baugrunds.

Die von Geoprofile für die Drucksondierung angewandten Verfahren und verwendeten Geräte richten sich nach ISO EN 22476-1 und den Regelungen der Veröffentlichung "International Reference Test Procedure" der internationalen Gesellschaft für Grundbau und Bodenmechanik (ISSMGE, 1999).

Wenn nicht anders vereinbart, gelten die folgenden Kriterien für die Beendigung des Versuchs:

- das Erreichen der gewünschten Eindringtiefe,
- die Abweichung von der Vertikale ist grösser als 15° ,
- die Abweichung von der Vertikale vergrössert sich plötzlich,
- das Erreichen der Höchstleistung des Druckgerätes, der Auflagevorrichtung, der Schubstangen und/oder der Messsensoren,
- Umstände im Ermessen des Sondiermeisters, wie z.B. das Risiko von Sach- oder Personenschaden.

ERGEBNISSE

Die Darstellung der Ergebnisse der Drucksondierungen umfasst:

- die Parameter q_c , f_s und R_f sowie u_2 in Abhängigkeit der Tiefe unter der Erdoberfläche,
- fakultativ die Parameter q_t , q_n und B_q bei Versuchen mit Porendruckmessungen,
- fakultativ den Neigungswinkel i bei Versuchen mit Winkelmessungen.

Als Bezugswert der Versuche gilt die Erdoberfläche. Die Definition der einzelnen Parameter ist wie folgt:

z = Eindringtiefe in die Erdoberfläche, bezüglich des vertikalen Neigungswinkels (i) korrigiert:

$$z = \int_0^l \cos i \cdot dl$$

dabei ist:

z = Eindringtiefe

l = Eindringlänge

i = vertikaler Neigungswinkel

q_c = Spitzenwiderstand bezüglich der Referenzwerte des Versuchs.

f_s = lokale Mantelreibung. Die Tiefe wird so korrigiert, dass die (hinter der Spitze gemessene) Mantelreibung sich auf die Tiefe der Sondierspitze bezieht.

R_f = Verhältnis der Mantelreibung zum Spitzenwiderstand (f_s/q_c).

u_2 = Porendruck direkt hinter der Sondierspitze (Position 2). Die Tiefe wird so korrigiert, dass der gemessene Porenwasserdruck sich auf die Tiefe der Sondierspitze bezieht.

Während der Versuchsdurchführung kann es u.U. zu einem Sättigungsverlust des Filterelementes kommen (Lunne et al., 1997). Zu den möglichen Gründen zählen:

- Eindringen in einen teilweise gesättigten Boden;
- Das Auftreten von negativem Porenwasserdruck, so dass es zu Kavitation kommt. Dies kann zum Beispiel beim Eindringen in einen dicht gelagerten Sand oder einen überkonsolidierten Ton auftreten.

Ein Sättigungsverlust führt normalerweise zu einem geringeren Porendruck beim Eindringen in den Boden unterhalb dieser Zone.

q_t = Totaler Spitzenwiderstand. Diese Kenngrösse beinhaltet Korrekturen für den hydrostatischen und den transienten Porendruck sowie für die Konstruktion der Sondierspitze:

$$q_t = q_c + (1-a)u_2$$

Dabei gilt:

a = Netto-Flächenverhältnis des Querschnitts der Stahlfläche in der Öffnung zwischen der Sondierspitze und der Reibungshülse. Dieses Verhältnis ist von der Art des Penetrometers abhängig.

q_n = $q_t - \sigma_{vo}$ = Netto-Spitzenwiderstand. Diese Kenngrösse beinhaltet Korrekturen für den hydrostatischen und den transienten Porendruck sowie für die Konstruktion der Sondierspitze und die In-Situ Spannung im Untergrund. Dabei gilt:

σ_{vo} = totale vertikale In-Situ Spannung im Bereich der Sondierspitze. Dieser Wert ist berechnet.

B_q = Porendruckverhältnis:

$$B_q = (u_2 - u_o) / q_n \quad \text{mit}$$

u_o = hydrostatischer Porenwasserdruck im Bereich der Sondierspitze. Es handelt sich um einen

berechneten Wert.

WEITERE MESSUNGEN

Mit der elektrischen Drucksondierung können weitere Messungen vorgenommen werden:

- Messung des hydrostatischen Wasserdrucks in einer bestimmten Tiefe;
- Dissipations-Test. Hierbei wird die Verringerung des transienten Porenwasserdrucks als Funktion der Zeit gemessen. Die Resultate erlauben Rückschlüsse auf die horizontale Durchlässigkeit von feinkörnigen Schichten und somit auf die benötigte Zeit bis zum Abklingen der primären Setzungen.
- Prüfung des Reibungs-Aufbaus. Hierbei wird die Zunahme der lokalen Mantelreibung nach einer Unterbrechung des Sondiervorgangs gemessen. Die Resultate erlauben Rückschlüsse auf die zeitlichen Entwicklung der Mantelreibung entlang eines Pfahlschafts.

Für die Durchführung dieser zusätzlichen Messungen muss der Sondiervorgang angehalten werden.

LITERATURANGABEN

CEN (2005), "Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 1: Drucksondierungen mit elektrischen Messwertaufnehmern und Messeinrichtungen für den Porenwasserdruck (ISO EN 22476-1:2005)

ISSMGE International Society of Soil Mechanics and Geotechnical Engineering (1999), "International Reference Test Procedure for the Cone Penetration Test (CPT) and the Cone Penetration Test with Pore Pressure (CPTU)", Bericht vom ISSMGE Technical Committee 16 bzgl. der Bestimmung von Baugrundeigenschaften mittels in-situ Prüfverfahren, Proceedings of the Twelfth European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Amsterdam, editiert Barends et al., Vol. 3, pp. 2195-2222.

Lunne, T. (1999), "Special Workshop – Investigation Methods", Proceedings of the Twelfth European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Amsterdam, editiert Barends et al., Additional Volume, pp. 51-52.

EINLEITUNG

Das vorliegende Dokument gibt einen Überblick der verwendeten Auswertungsmethoden für die Testergebnisse von Drucksondierungen. Die Eignung der einzelnen Methoden hängt unter anderem von den Anforderungen des jeweiligen Projektes ab und muss durch einen Geotechnik-Ingenieur beurteilt werden.

Die Auswertung von Drucksondierungsversuchsergebnissen hilft bei der Festlegung von Parametern für geotechnische Modelle. Die konventionellen Modelle stützen sich normalerweise auf die Plastizitätstheorie für den Grenzzustand der Tragfähigkeit und auf die Elastizitäts- und Konsolidierungstheorie für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (CEN, 1994). Merkmale für solche geotechnischen Modelle sind:

- eine Analyse des Verhaltens in drainiertem oder undrainiertem Zustand für Plastizitätsmodelle
- die Analyse für den Grenzzustand der Tragfähigkeit unterscheidet sich von der für den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit.

Die Auswertungsmethoden für Drucksondierungen basieren meist auf empirischen Korrelationen mit theoretischem Hintergrund. Die Datenintegration mit anderen, zusätzlichen Untersuchungstechniken wie Bohrungen und Laborversuchen erhöht den Grad der Zuverlässigkeit. Lunne et al. (1997) geben einen Überblick über verschiedene Auswertungsmethoden.

Die unten erläuterten Bewertungsmethoden unterliegen einigen Einschränkungen:

- Empirische Korrelationen beziehen sich auf Referenzparameter, welche in einem festgelegten Referenzverfahren gemessen wurden. So bezieht sich die mit einem N_{KT} -Faktor von Sondiererergebnissen abgeleitete undrainierte Scherfestigkeit auf denen, welche in einem einstufigen, isotrop konsolidierten, undrainierten Triaxialversuch (CIU) an einer ungestörten Bodenprobe im Labor ermittelt wurde. Der Bezugsparameter ist nicht unbedingt dem gewählten geotechnischen Modell angemessen, so dass eine Anpassung erforderlich sein könnte.
- Die meisten Bewertungsmethoden gelten meistens für einen Sand oder einen Ton. Bei Silt, Ton/Sand/Kies Mischungen, sehr dünn geschichteten Böden, zementierten Schichten und/oder Verwitterungsböden kann es zu Abweichungen kommen. Im Falle von solchen Schichten muss spezifisch vorgegangen werden (Peuchen et al., 1996; Lunne et al., 1995).
- Die Auswertungen beziehen sich auf die Bedingungen zu Beginn der geotechnischen Untersuchungen. Geologische und umwelttechnische Faktoren sowie Bauarbeiten können die vorgefundenen Baugrundverhältnisse verändern.
- Die Drucksondierung gibt nur bedingt direkte Information über den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit (Verformungen), da beim Eindringen der umliegende Boden stark deformiert wird. Im Vergleich zum Grenzzustand der Tragfähigkeit können genauere zusätzliche Daten erforderlich sein.

- Drainiertes oder undrainiertes Verhalten für die geotechnische Analyse kann dem jeweiligen drainierten oder undrainierten Verhalten während dem Sondiervorgang entsprechen, muss dies aber nicht. Es ist Aufgabe des Geotechnik-Ingenieurs zu beurteilen, welches Verhalten für die geotechnische Fragestellung relevant ist.

EINDRINGVERHALTEN

Während des Sondiervorgangs treten grössere Deformationen in unmittelbarer Nähe, und kleinere elastische Deformationen in grösserem Abstand des Penetrometers auf. Die Zusammensetzung der einzelnen Schichten, die Lagerungsdichte, die Struktur und die In-Situ Spannungsverhältnisse beeinflussen die Messgrössen.

Der gemessene Spitzenwiderstand q_c wird unter anderem durch den Porenwasserdruck beeinflusst. Da das Verhältnis effektiver Spannung zum Porendruck in grobkörnigen Schichten hoch ist, kann dieser Einfluss normalerweise vernachlässigt werden. Beim Eindringen in Ton ist dasselbe Verhältnis jedoch niedrig. Es kann somit wichtig sein zu wissen, wie hoch der Porendruck um das Penetrometer herum ist. Zu den Parametern, die die Auswirkungen des Porendrucks berücksichtigen, zählen der Gesamtspitzenwiderstand q_t , der Netto-Spitzenwiderstand q_n und das Porendruckverhältnis B_q . Diese Parameter können berechnet werden, wenn Daten bezüglich des Porenwasserdrucks vorliegen. Die Auswirkungen des Porendrucks auf die Mantelreibung f_s sind sehr gering und werden üblicherweise ignoriert. Die Berechnung des Reibungsverhältnisses R_f (definiert als f_s/q_c) lässt keine Rückschlüsse auf die Auswirkungen des Porendrucks zu.

Die Eindringgeschwindigkeit in Bezug auf die Durchlässigkeit des Bodens bestimmt, ob das Bodenverhalten in erster Linie undrainiert, drainiert oder teilweise drainiert ist. Normalerweise ist das Bodenverhalten bei Drucksondierungen in Sand und Kies drainiert (es gibt keinen messbaren, aufgrund des Sondiervorgangs hervorgerufenen Porenwasserüberdruck) und in Ton undrainiert (bedeutende Änderung des Porenwasserdrucks). Teilweise drainiert ist es bei Böden mit mittlerer Durchlässigkeit, wie z. B. bei Silt. Die folgenden Abschnitte gehen näher auf die Ermittlung von geotechnischen Parametern aufgrund von elektrischen Drucksondierungen ein.

KLASSIFIZIERUNG

Die Klassifizierung der verschiedenen Schichten in Bezug auf das allgemeine Bodenverhalten (und in eingeschränkter Masse die Bodenart) ist, im Vergleich mit anderen Ermittlungstechniken, ein wichtiger Teil der Drucksondierung.

Die Klassifizierung des Bodenverhaltens steht im Einklang mit der von Robertson (1990) beschriebenen Vorgehensweise. Diese betrachtet eine normalisierte Klassifizierung des Bodenverhaltens, die eine allgemeine Leitlinie zur Bestimmung der wahrscheinlichen Bodenart (z. B. Sand, siltig) gibt. Hierzu sind Daten einer Porenwasserdrucksondierung nötig. Es besteht eine vereinfachte Vorgehensweise für Ergebnisse ohne Messung des Porenwasserdrucks (Robertson et al., 1986).

IN-SITU SPANNUNGSVERHÄLTNISSE

Die Spannungsverhältnisse im Baugrund müssen bekannt sein, damit Parameter wie die bezogene Lagerungsdichte I_D und der innere Reibungswinkel φ' ermittelt werden können. Die effektive vertikale Spannung σ'_v kann berechnet werden, jedoch ist die effektive horizontale Spannung $\sigma'_{ho} = K_0 \sigma'_{vo}$ meist unbekannt und hängt primär vom Überkonsolidierungsgrad OCR [-] und dem effektiven inneren Reibungswinkel φ' [°] ab:

$$K_0 = (1 - \sin \varphi') \cdot OCR^{\sin \varphi'} \quad [1]$$

Für eine Erklärung der verwendeten Symbole siehe Anhang „elektrische Drucksondierung (CPT)“, insofern nicht anders erwähnt. Der Zusammenhang basiert auf mechanischer Überkonsolidierung von rekonstituierten Probekörpern im Labor. Überkonsolidierung kann in der Natur durch geologische Faktoren wie z.B. glaziale Vorbelastung und Erosion, aber auch durch Grundwasserschwankungen und das Altern der Ablagerungen („ageing“) hervorgerufen werden. Normalerweise bewegen sich In-Situ Werte für K_0 für Tiefen bis zu 50 m zwischen 0.4 und 2.0. In grösseren Tiefen (> 50 m) beträgt dieser Ruhedruckkoeffizient üblicherweise weniger als 1.

Der maximale passive Erddruck stellt eine Obergrenze für die effektive horizontale Spannung dar. Der Koeffizient des passiven Erddrucks richtet sich unter Vernachlässigung einer allfälligen Kohäsion nach:

$$K_p = \frac{1 + \sin \varphi'}{1 - \sin \varphi'} \quad [2]$$

Wenn die effektive horizontale Spannung das Niveau des passiven Erddrucks erreicht, können Risse im Erdreich entstehen. In ausgetrockneten Tonen kann auch früher Rissbildung auftreten. In verkitteten Schichten kann aufgrund der vorhandenen Kohäsion ein horizontaler Erddruck vorhanden sein, welcher grösser ist als oben beschrieben. Die Kombination der Beziehung für K_0 und K_p ergibt eine Obergrenze für die Überkonsolidierung:

$$OCR_{\max} = \left[\frac{1 + \sin \varphi'}{(1 - \sin \varphi')^2} \right]^{\frac{1}{\sin \varphi'}} \quad [3]$$

Für einen Ton kann der maximale Überkonsolidierungsgrad OCR_{\max} somit weniger als 4, für einen Sand jedoch mehr als 50 betragen.

Der Überkonsolidierungsgrad von feinkörnigen Sedimenten kann direkt aus den Sondierergebnissen abgeleitet werden (Kulhawy und Mayne, 1990):

$$OCR = \alpha \cdot (q_T - \sigma_v) \quad [4]$$

Kulhawy und Mayne schlagen einen α -Wert von 0.3 [-] vor. Die Korrelation von elektrischen Drucksondierungen mit ausgewerteten Oedometer-Versuchen für Tone und Silte in der Schweiz suggeriert, dass ein Wert von 0.25 den Schweizer Verhältnissen besser angemessen sein dürfte. Geoprofile GmbH legt der Abschätzung des Überkonsolidierungsgrades (OCR) einen α -Wert von 0.25 zugrunde, was im Vergleich zu Kulhawy und Mayne zu einem etwas tieferen Überkonsolidierungsgrad führt.

Für Sande und Kiessande kann der Überkonsolidierungsgrad wie folgt abgeschätzt werden:

$$OCR = \left[\frac{0.192 \cdot (q_t / p_{atm})^{0.22}}{(1 - \sin \varphi')(\sigma'_{vo} / p_{atm})^{0.31}} \right]^{\frac{1}{\sin \varphi' - 0.27}}$$

wobei p_{atm} den atmosphärischen Druck bezeichnet.

Der maximale Vorkonsolidierungsdruck σ'_p ergibt sich aus der Multiplikation mit der effektiven vertikalen Spannung In-Situ:

$$\sigma'_p = \sigma'_{vo} \cdot OCR \quad [5]$$

Wird zudem der effektive innere Reibungswinkel φ' ermittelt, ist gemäss [1] auch der horizontale Erdruchedruck bekannt.

EFFEKTIVE SCHEREIGENSCHAFTEN

Der effektive innere Reibungswinkel φ' ist keine Konstante. Er hängt neben der Zusammensetzung (Mineralogie, Kornform und -rauheit) und der Lagerungsdichte zudem von den Spannungsverhältnissen im Erdreich und dem Abschermodus ab. Es gibt Hinweise dafür, dass Faktoren wie der Sedimentationsmodus oder die In-Situ Spannungsanisotropie weniger von Bedeutung sind.

Die ermittelten Werte der effektiven Reibungswinkel beziehen sich auf das In-Situ Spannungsniveau während der Sondierung. Dies dürfte z.B. für die Berechnung der Stabilität einer Böschung angemessen sein. Im Falle einer signifikanten Erhöhung der Spannungsverhältnisse, wie z.B. bei einer Aufschüttung oder einer Pfahlgründung, muss der effektive Reibungswinkel für Sand und Kiessand den neuen Verhältnissen angepasst werden, was meistens eine Verringerung der Scherparameter bedeutet. Das Verfahren nach Bolton (1986, 1987) stellt dazu eine breit akzeptierte Methode dar. Da der kritische Reibungswinkel φ'_{krit} im Falle von feinkörnigen Böden bereits bei einem geringen Spannungsniveau erreicht wird, ist die Abstufung von effektiven Scherparametern für Ton und Silt weniger üblich.

Das Verhältnis des inneren Reibungswinkels φ' zum Spitzenwiderstand q_c kann auf mehr oder weniger aufwendige Art und Weise ermittelt werden. Einfache Vorgehensweisen stützen sich auf eine konservative Klassifizierung des Bodenverhaltens. Eine aufwendigere empirische Untersuchung berücksichtigt zudem die In-Situ Spannungsverhältnisse σ'_{vo} und σ'_{ho} (siehe Abschnitt „In-Situ Spannungsverhältnisse“). Zudem kann die Lagerungsdichte explizit miteinbezogen werden. Neuere Ansätze verzichten jedoch darauf und berücksichtigen die Lagerungsdichte mit dem Einbezug von q_c nur implizit, da bei der Abschätzung der Lagerungsdichte zusätzliche Unsicherheiten eingebracht werden.

Eine Überprüfung der Ergebnisse von Drucksondierungen in mit Sand gefüllten Kalibrationskammern erlaubt die Abschätzung des effektiven inneren Reibungswinkels φ' für dieses Material (Kulhawy und Mayne, 1990):

$$\varphi' = 17.6 + 11 \cdot \log(q_{t1}) \quad [6]$$

$$q_{t1} = \frac{q_t / p_{atm}}{\sqrt{\sigma'_{vo} / p_{atm}}} \quad [p_{atm} = \text{atmosphärischer Druck} \approx 100 \text{ kPa}] \quad [7]$$

Als Referenzverfahren gelten axial belastete Triaxialprüfungen von isotrop und anisotrop konsolidierten Sandproben (CID und CAD). Die Korrelation enthält im Vergleich zu früheren Gleichungen (z.B. Robertson und Campanella, 1983) eine Korrektur für die Grösse der Kalibrationskammer im Vergleich zur Sondierspitze.

Die Abschätzung der effektiven Scherparameter für fein- und gemischtkörnige Ablagerungen beruht auf einer Form der Tragfähigkeitsformel (Senneset et al., 1988, 1989):

$$q_n = N_m (\sigma'_{vo} + a) \quad [9]$$

wobei:

$$N_m = \frac{N_q - 1}{1 + N_u B_q} \quad [10]$$

$$N_q = \tan^2 \left(45 + \frac{1}{2} \varphi' \right) e^{(\pi - 2\beta) \tan \varphi'} \quad [11]$$

$$N_u = 6 \tan \varphi' (1 + \varphi') \quad [12]$$

β = Plastifizierungswinkel

a = Anziehung

Dazu muss der Plastifizierungswinkel und die Anziehung („attraction“) abgeschätzt werden. Senneset et al. geben Richtwerte für verschiedenen Materialien als Funktion der Konsistenz bzw. der Lagerungsdichte. Die Abschätzung des effektiven inneren Reibungswinkels ist relativ unabhängig von den gewählten Werten für β und a . Die von Geoprofile gewählte Vorgehensweise basiert auf einer vorsichtigen Schätzung der beiden Parameter.

Die Abschätzung der effektiven Kohäsion für feinkörnige Schichten richtet sich nach dem maximalen Vorkonsolidierungsdruck σ'_p (Mesri und El-Ghaffar, 1993):

$$c' = 0.024 \cdot \sigma'_p \quad [13]$$

Für die Bestimmung des maximalen Vorkonsolidierungsdrucks σ'_p siehe den Abschnitt „In-Situ Spannungsverhältnisse“. Die Integration von weiteren geotechnischen Datensätzen für die Ermittlung der effektiven Kohäsion ist empfehlenswert. Ob die Anwendung einer effektiven Kohäsion hinsichtlich der geotechnischen Fragestellung und dem nicht-linearen Verlauf der Einhüllende sinnvoll ist, muss durch einen Geotechnik-Ingenieur beurteilt werden. Für Langzeit-Analysen kann es angebracht sein, die effektive Kohäsion vollständig zu vernachlässigen.

BEZOGENE LAGERUNGSDICHTE

Die Bestimmung des minimalen und des maximalen Porenraums der Sandproben im Labor (e_{\min} und e_{\max}) bildet die Grundlage für den Begriff der bezogenen Lagerungsdichte. Es ist unwahrscheinlich, dass bei den Laborversuchen tatsächlich der niedrigsten oder der höchsten Wert für den Porenraum e_{\max} bzw. e_{\min} ermittelt wird. Das In-Situ Raumgewicht kann somit den im Labor erfassten Wert übertreffen.

Übliche Zusammenhänge zwischen q_c und der bezogenen Lagerungsdichte I_D basieren auf Drucksondierungen in einer mit Sand gefüllten Kalibrationskammer. Derartige Versuche sind Teil von allgemeinen geotechnischen Forschungsprojekten und unterliegen einigen Beschränkungen, wie z. B.:

- Abhängigkeit von der Bodenart
- Ungenauigkeiten bei der Bestimmung von I_D im Labor
- begrenzte Bandbreite an Spannungshöhen und K_0 Werten
- Vereinfachungen bei der Probenvorbereitung und den Aufzeichnungen zur Bodenspannung

Folgende Schritte dienen zur Bestimmung der Lagerungsdichte (locker, dicht, etc.) vor Ort:

- (a) Schätzung der In-Situ Spannungsverhältnisse σ'_{vo} und σ'_{ho}
- (b) Empirische Korrelation der bezogenen Lagerungsdichte I_D mit q_c , σ'_{vo} und σ'_{ho}

Die Abschätzung der In-Situ Spannungsverhältnisse wurde oben erläutert. Sind zudem allgemeine Angaben zur Kompressibilität des Sands vorhanden, sollten diese in die Beurteilung der bezogenen Lagerungsdichte miteinbezogen werden. Die Kompressibilität eines Sands nimmt tendenziell zu mit zunehmender Uniformität der Korngrösseverteilung, mit der Eckigkeit der einzelnen Körner und mit zunehmendem Feinanteil.

Die Abschätzung der bezogenen Lagerungsdichte richtet sich nach Kulhawy und Mayne (1990):

$$I_D^2 = \frac{q_{t1}}{305 Q_c \cdot Q_{OCR} \cdot Q_A} \quad [14]$$

wobei q_{t1} sich nach [7] richtet und die Faktoren Q_c , Q_{OCR} und Q_A wie folgt berechnet werden:

- | | | |
|-----------|---|--|
| Q_c | = Kompressibilitätsfaktor
$0.91 < Q_c < 1.09$ | (Tiefer Wert für geringe Kompressibilität) |
| Q_{OCR} | = Überkonsolidierungsfaktor
$OCR^{0.2}$ | |
| Q_A | = Faktor, welche die Zunahme des Spitzenwiderstands mit der Zeit berücksichtigt
$1.2 + 0.05 \cdot \log(t/100)$
≈ 1.3 für Sande, welche nach der letzten Eiszeit abgelagert wurden | (t in Jahren) |

ZUSAMMENDRÜCKUNGSMODUL BEI ERSTBELASTUNG

Zusammenhänge zwischen den Resultaten von Drucksondierungen und dem eindimensionalen Zusammendrückungsmodul bei Erstbelastung M_{E1} sind indikativ. Für eine genaue Bestimmung des Last-Deformationsverhaltens sind zusätzliche Daten (z. B. Plattendilatometer, Oedometerprüfung) unumgänglich.

Normalerweise wird die Elastizitätstheorie für die Analyse des Verformungsverhaltens von drainierten Böden angewandt. Lunne und Christophersen (1983) schlagen aufgrund einer Überprüfung der Ergebnisse von Drucksondierungen in mit Sand gefüllten Kalibrationskammern die folgende Beziehung zur Abschätzung des Zusammendrückungsmoduls bei Erstbelastung vor:

$$M_{E1} = \begin{cases} 4 \cdot q_c & q_c < 10 \text{ MPa} \\ 2 \cdot q_c + 20 & 10 < q_c < 50 \text{ MPa} \\ 120 & q_c > 50 \text{ MPa} \end{cases} \quad [15]$$

Die Abschätzung des eindimensionalen Zusammendrückungsmoduls bei Erstbelastung für feinkörnige Schichten richtet sich meistens nach:

$$M_{E1} = \alpha_c \cdot q_c \quad [16]$$

Oder, korrigiert für den transienten Porenwasserdruck und den Bau der Messsonde:

$$M_{E1} = \alpha_n \cdot q_n \quad [17]$$

Dabei stellt α einen Korrelationskoeffizient dar, welcher unter anderem von der Plastizität, Korngrösse, Mineralogie und Spannungsgeschichte abhängt. Mitchell und Gardner (1975) geben Richtwerte für α_c , welche sich je nach Zusammensetzung, Plastizität und Scherfestigkeit zwischen 1 und 8 bewegen. Neuere Studien aufgrund des netto Spitzenwiderstands q_n empfehlen einen Wert für α_n zwischen 4 und 8 (Senneset et al, 1989). Die von Geoprofile gewählte Methode betrachtet einen pauschalen Wert für α_n von 5 als praktikabel.

Der hier abgeleitete Zusammendrückungsmodul ist einen oedometrischen Modul, welche sich auf die effektiven in-situ Spannungsverhältnisse in einer bestimmten Tiefe bezieht. Bei der Bestimmung eines Zusammendrückungsmoduls beim Oedometerversuch gilt, dass die vertikalen Dehnungen sehr gross sind und meistens zwischen 1 und 10 Prozent variieren. Solche Dehnungen sind unter einem Bauwerk kaum realistisch. Es liegt in der Verantwortung des Anwenders, die effektiv auftretenden Dehnungen bei der Wahl eines geeigneten M_E -Wertes gebührend zu berücksichtigen. Dies kann durchaus zu einem höheren Wert führen. Die Verwendung eines konstanten, oedometrischen Zusammendrückungsmoduls führt bei Setzungsberechnungen in der Regel zu einer Überschätzung der zu erwartenden Setzungen.

Zur Berücksichtigung einer grösseren Steifigkeit des Baugrundes bei geringeren Dehnungen sollte vorzugsweise auf komplexeren Materialmodellen zurückgegriffen werden (z.B. das hardening soil small strain Modell (HSS)).

Die Abschätzung der maximalen Vorkonsolidierungsspannung σ'_p richtet sich nach [5].

UNDRAINIERTE SCHERFESTIGKEIT

Die undrainierte Scherfestigkeit s_u ist keine Konstante. Sie hängt von Faktoren wie dem Abschermodus und der -richtung, der Spannungshistorie und –anisotropie sowie der Abschergeschwindigkeit und der Temperatur ab.

Es gibt verschiedene theoretische und empirische Vorgehensweisen, um den Spitzenwiderstand q_c mit der undrainierten Scherfestigkeit s_u zu korrelieren. Theoretische Ansätze stützen sich auf die Tragfähigkeitstheorie oder die Bodenmechanik des kritischen effektiven Zustands (critical state soil mechanics, CSSM). So kann der einfache Abschermodus wie folgt beschrieben werden (Wroth 1984):

$$s_u / \sigma'_{vo\ DDS} = \frac{1}{2} \sin \varphi' \cdot OCR^\Lambda \quad [18]$$

wobei $\Lambda = 1 - C_s/C_c$ das plastische volumetrische Dehnungspotential, und C_c und C_s den Zusammendrückungsindex bei Erstbelastung bzw. bei Entlastung bezeichnen. Für Tone mit einer geringen bis mittleren Sensitivität liegt Λ meistens zwischen 0.7 und 0.8, für sensitive Tone eher um 0.9. Die bekannte Beziehung (Jamiolkowski et al., 1985; Ladd, 1991; Ladd and DeGroot 2003):

$$s_u / \sigma'_{vo\ DDS} = 0.22 \cdot OCR^{0.8} \quad [19]$$

welche im Erdbaulabor des MIT entwickelt wurde, ist dabei ein Subsatz von [18] mit $\varphi' = 26^\circ$ und $\Lambda = 0.8$. Die von Geoprofile gewählte Methode nutzt den aus den Sondierdaten abgeleiteten Wert für den effektiven inneren Reibungswinkel φ' und einem Λ von 0.8.

Empirische Ansätze beruhen meistens auf einer direkten Korrelation des netto Spitzenwiderstands q_n mit der undrainierten Scherfestigkeit (Rad und Lunne, 1988):

$$s_{u\ TX} = \frac{q_t - \sigma_{vo}}{N_{kt}} = \frac{q_n}{N_{kt}} \quad [20]$$

Der Faktor N_{kt} liegt üblicherweise zwischen 15 und 25, hängt aber unter anderem von der Plastizität und

dem Überkonsolidierungsgrad ab. Das Referenzverfahren für die oben genannte Beziehung ist der konsolidierte, undrainierte, triaxiale Zusammendrückungstest (CU). Die von Geoprofile gewählte Vorgehensweise bezieht sich auf eine undrainierte Scherfestigkeit mit einem Faktor N_{kt} von 18, welche aber nur zur Kontrolle von der mit [18] abgeleiteten undrainierte Scherfestigkeit (und damit indirekt auch von ϕ') herangezogen wird.

Die Sensitivität eines Tons ist das Verhältnis zwischen der maximalen und der gestörten undrainierten Scherfestigkeit:

$$S_t = s_{u,max} / s_{u,rest} \quad [21]$$

Da die gemessene lokale Mantelreibung f_s in Ton primär von der gestörten undrainierten Scherfestigkeit abhängt, kann die Sensitivität wie folgt abgeleitet werden (Rad und Lunne, 1986):

$$S_t = \frac{N_s}{R_f} \quad [22]$$

wobei R_f das Reibungsverhältnis bezeichnet und N_s üblicherweise zwischen 6 und 9 liegt. Bei der von Geoprofile gewählten Vorgehensweise liegt der Abschätzung der Sensitivität ein Wert für N_s von 7.5 zugrunde.

LITERATURANGABEN

Bolton, M.D. (1986), "The Strength and Dilatancy of Sands", *Geotechnique*, Vol. 36, No. 1, pp. 65-78.

Bolton, M.D. (1987), "The Strength and Dilatancy of Sands, Discussion", *Geotechnique*, Vol. 37, No. 2, pp. 225-226.

Kulhawy, F.H. und P.W. Mayne, (1990), *Manual on Estimating Soil Properties for Foundation Design*, Report EPRI EL-6800, Electric Power Research Institute, Palo Alto, California, 306 pp.

Ladd, C.C., Foott, R.R., Ishihara, K., Schlosser, F. und Poulos, H.G. (1977), "Stress-Deformation and Strength Characteristics", *Proc. 9th Int. Conf. on Soil Mechanics and Foundation Engineering*, Tokyo, Vol. 2, pp. 421-494.

Lunne, T., Powell, J.J.M. und Robertson, P.K. (1995), "Use of Piezocone Tests in Non-Textbook Materials", *Proc. Int. Conf. on Advances in Site Investigation Practice*, Institution of Civil Engineers, London, pp. 438-451.

Lunne, T. und Christophersen, H.P. (1983), "Interpretation of cone Penetrometer data for offshore Sands", *Proc. of the offshore technology conference*, Richardson, Texas, paper nr. 4464

Lunne, T., Robertson, P.K. und Powell, J.J.M. (1997), "Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice", Blackie Academic & Professional, London, p. 312.

Mayne, P.W. und Kulhawy, F.H. (1982), " K_0 - OCR Relationships in Soil", *ASCE Jnl. of Geotechnical Engineering*, Vol. 108, No. GT6, pp. 851-872.

Mesri, G. und Abdel-Ghaffar, M.E.M. (1993). "Cohesion Intercept in Effective Stress Stability Analysis." *Journal of Geotechnical Engineering*, Vol. 119, No. 8, pp. 1229-1249.

Mitchell, J.K. und Gardner, W.S. (1975), "In-Situ Measurements of Volume Change Characteristics", *ASCE Speciality Conference on In-Situ Measurement of Soil Properties*, North Carolina, Vol. II, pp. 279-345.

Rad, N.S. und Lunne, T. (1988), "Direct Correlations between Piezocone Test Results and Undrained Shear Strength of Clay", *Penetration Testing 1988, Proc. First Int. Symp. On Penetration Testing, ISOPT-1*, De Ruiter (ed.), Vol. 2, pp. 911-917.

Robertson, P.K. (1990), "Soil Classification using the Cone Penetration Test", *Can. Geotech. Jnl.*, Vol. 27, No. 1, pp. 151-158.

Robertson, P.K., Campanella, R.G., Gillespie, D. und Grieg, J. (1986), "Use of Piezometer Cone Data", Proc. In-Situ '86, ASCE Specialty Conf., Blacksburg, VA, pp. 1263-1280.

Senneset, K., R. Sandven, T. Lunne, T. By, und T. Amundsen, (1988), "Piezocone Tests in Silty Soils," Penetration Testing, Vol. 2, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, pp. 955–974.

Senneset, K., R. Sandven, und N. Janbu, (1989), "Evaluation of Soil Parameters from Piezocone Tests," Transportation Research Record 1235, Transportation Research Board, National Research Council, Washington, D.C, pp. 24–37.

Wroth, C.P. (1984), "The Interpretation of In-Situ Soil Tests", Geotechnique, Vol. 34, No. 4, pp. 449-489.

ALLGEMEINES

Die Rammsondierung ist ein Verfahren, das zur Untersuchung des Baugrunds verwendet wird. Bei der Durchführung einer Rammsondierung wird eine Messsonde aus Stahl mittels eines Fallgewichts, welches aus einer bestimmten Höhe wiederholt fallen gelassen wird, in den Boden eingeschlagen. Dabei wird die Schlagzahl, welche für das Eindringen eines festgelegten Tiefenintervalls erforderlich ist, aufgezeichnet. Da die Schlagzahl durch Gestängereibung und Energieverluste mit zunehmender Tiefe tendenziell ansteigt, kann optional zur Bestimmung des Systemwiderstands das Rammgestänge in regelmässigen Intervallen angehoben und nachgeschlagen werden.







Gängige Sonden haben eine Querschnittsfläche von 10, 15 oder 20 cm². Die Sonde wird mit einer freistehenden oder auf einem leichten Trägerfahrzeug montierten Schlagvorrichtung bis in Tiefen von maximal ca. 25 m vorgetrieben (baugrundabhängig). Die von Geoprofile GmbH für die Rammsondierung angewandten Verfahren und verwendeten Geräte stehen in Einklang mit den Regelungen der Schweizer Norm SN 670 318-2:2005 bzw. dem Eurocode EN ISO 22476-2:2005.

Wenn nicht anders vereinbart, gelten die folgenden Kriterien für die Beendigung des Versuchs:

- das Erreichen der gewünschten Eindringtiefe,
- das Erreichen der maximalen Schlagzahl während eines Tiefenintervalls,
- Umstände im Ermessen des Sondiermeisters, wie z.B. das Risiko von Sach- oder Personenschaden.

AUSFÜHRUNGSVARIANTEN

Gemäss Eurocode sind mehrere Ausführungsvarianten möglich, wobei das Fallgewicht, die Fallhöhe sowie die Querschnittsfläche variieren. Gemäss nationalem Vorwort der SN 670 318-2:2005 ist in der Schweiz zudem die Verwendung der aus historischen Gründen verbreitet vorhandenen „Von Moos“ Rammsonde gestattet. Diese weist neben Unterschieden bei Fallgewicht, Fallhöhe und Querschnittsfläche eine unterschiedliche Form der eigentlichen Rammspitze auf. Die unten stehende Tabelle fasst die verschiedenen Ausführungsvarianten der Rammsondierung zusammen.

Bezeichnung		Spitze		Fall- gewicht [kg]	Fall- höhe [m]	Mess- intervall [cm]	Ramm- energie [J]	Spez. Ramm- energie [kJ/m ²]	Form der Sonde
		Dm [mm]	Fläche [cm ²]						
Leichte Rammsonde	DPL	35.7	10	10	0.5	10	50	50	
„Von Moos“	VAWE	35.7	10	30	0.2	20	60	60	
Mittelschwere Rammsonde	DPM	43.7	15	30	0.5	10	150	100	
Schwere Rammsonde	DPH	43.7	15	50	0.5	10	250	167	
Superschwere Rammsonde A	DPSH-A	45.0	16	63.5	0.5	10 / 20	318	198	
Superschwere Rammsonde B	DPSH-B	50.5	20	63.5	0.75	10 / 20	476	238	

Der Standard Penetration Test (SPT), welcher bei Bohrungen oft ausgeführt wird, weist die gleichen Eigenschaften wie die superschwere Rammsondierung des Typs B (DPSH-B) auf, wird jedoch ab Bohrlochsohle angesetzt und bezieht sich auf einem Messintervall von 30 cm (N_{30}).

ERGEBNISSE

Die Darstellung der Ergebnisse der Rammsondierung umfasst:

- die Schlagzahl N pro Messintervall in Abhängigkeit der Tiefe z (N_{10} oder N_{20}),
- fakultativ den dynamischen Spitzenwiderstand r_d sowie den massenkorrigierten dynamischen Spitzenwiderstand q_d , wie folgt:

$$r_d = \frac{m \cdot g \cdot h \cdot E_r}{A_c \cdot e} = \frac{E_{meas}}{A_c \cdot e}$$

$$q_d = \left(\frac{m_H}{m_H + m_G} \right) \cdot r_d$$

Dabei gilt

m = Masse des Fallgewichts [kg]

g = Erdbeschleunigung [9.8 m/s²]

h = Fallhöhe [m]

E_r = Energieverhältnis bzw. Schlageffizienz (geräteabhängig) [-]

= E_{meas} / E_{theor} , mit E_{meas} = gemessene Rammenergie und E_{theor} = theoretische Rammenergie

A_c = Spitzenfläche [m²]

e = mittlere Eindringung pro Schlag [m]

= Messintervall / N

m_H = Masse des Fallgewichts

m_G = die Gesamtmasse der Verlängerungsstangen, des Ambosses und der Führungsstangen

INTERPRETATION UND ANWENDUNGSGRENZEN

Die Interpretation von Rammsondierungen dient primär der Bestimmung des Schichtaufbaus. Sie ist meistens nur qualitativ möglich. Eine quantitative Auswertung, wobei ein Bezug zwischen den Schlagzahlen und geotechnischen Parametern hergestellt wird, ist generell nur mit zusätzlichen geologischen oder geotechnischen Informationen sinnvoll. Dies, weil die Schlagzahlen neben den Baugrundeigenschaften noch von einer Reihe von weiteren, meistens unzureichend bekannten Faktoren bestimmt werden. Zur Vermeidung von Fehlinterpretation müssen diese Faktoren aber zwingend berücksichtigt werden.

Systemwiderstand

Grundsätzlich gilt, dass sich die Schlagzahl N in einer bestimmten Tiefe aus den folgenden Komponenten zusammensetzt:

- dynamischer Widerstand des Baugrundes im Bereich der Spitze;
- intrinsischer Systemwiderstand.

Der Systemwiderstand ergibt sich aus gerätetechnischen Widerständen sowie aus der kumulativen Reibung entlang dem Rammgestänge. Zu den wichtigsten gerätetechnischen Widerständen gehören die mechanische Dämpfung entlang und die elastische Ausbiegung des Rammgestänges. Die mechanische Dämpfung entlang des Gestänges und die elastische Ausbiegung des Rammgestänges selber sind abhängig von den Materialeigenschaften und der Kupplung zwischen Gestänge und dem Baugrund. Die elastische Ausbiegung wird zudem von der Grösse des ringförmigen Hohlraums um das Gestänge herum und der seitlichen Stützung durch den Baugrund beeinflusst.

Die zweite Komponente des Systemwiderstands, namentlich die Reibung entlang des Rammgestänges, wird primär von den anstehenden Baugrundsichten sowie von der Abweichung des Rammgestänges von der Lotrechten beeinflusst. Feinkörnige Schichten weisen im Vergleich zu Sanden und Kiesen meistens eine höhere Reibung entlang des Gestänges auf. Eine Abweichung von der Vertikalen bewirkt eine bessere Ankupplung und somit eine erhöhte Reibung zwischen Gestänge und Erdreich.

Um den Systemwiderstand abschätzen zu können, ist es gute Praxis, die Rammsonde regelmässig anzuheben und anschliessend nachzurammen. Ziel ist es, den Rammwiderstand im Bereich der Spitze weitgehend zu eliminieren, sodass zum Abteufen der Sonde nur der Systemwiderstand überwunden werden muss. Allerdings ist dieser Vorgehensweise in Sanden unterhalb des Grundwasserspiegels nur bedingt anwendbar, da beim Ziehen der Sonde ein Vakuum entstehen kann, welches das Auftreten von hydraulischem Grundbruch im Sondierloch unterhalb der Rammsonde begünstigt. Dies kann dazu führen, dass das Sondierloch beim Nachrammen nicht leer, sondern wieder mit Sand gefüllt ist.

Gerätetechnische Einflüsse

Aus gerätetechnischer Sicht spielt die Energieeffizienz der Schlagvorrichtung eine wesentliche Rolle. Eine geringe Schlageffizienz bewirkt, dass nur ein geringer Teil der Rammenergie in das Rammgestänge geleitet wird, was zwingend zu einer höheren Schlagzahl führt. Moderne Rammsysteme erreichen eine Schlageffizienz von über 85 Prozent, bei älteren Systemen liegt diese tiefer. Die Effizienz von mit Pressluft betriebenen Systemen ist meistens etwas geringer als bei vergleichbaren Systemen mit einer mechanischen Hebevorrichtung und automatischem Auslöser (z.B. Kette mit Mitnehmer).

Geotechnische Einflüsse

Baugrundseitig hängt die gemessene Schlagzahl von verschiedenen geotechnischen Faktoren ab, darunter:

- Lagerungsdichte des Korngefüges
- Korngrößenverteilung
- Kornform und –rauigkeit
- Mineralart der Körner
- Grad der Verfestigung
- In-situ Spannungsverhältnisse
- Wassergehalt und Lage des Wasserspiegels
- geotechnische Verhalten des Baugrundes (drainiert / undrainiert)

Unter sonst gleichen Bodenverhältnissen ist die Schlagzahl in grobkörnigen Böden unterhalb des Grundwasserspiegels niedriger. Umgekehrt ist bei sonst gleichen Bodenverhältnissen die Schlagzahl in siltigen Böden unterhalb des Grundwasserspiegels gleich oder höher.

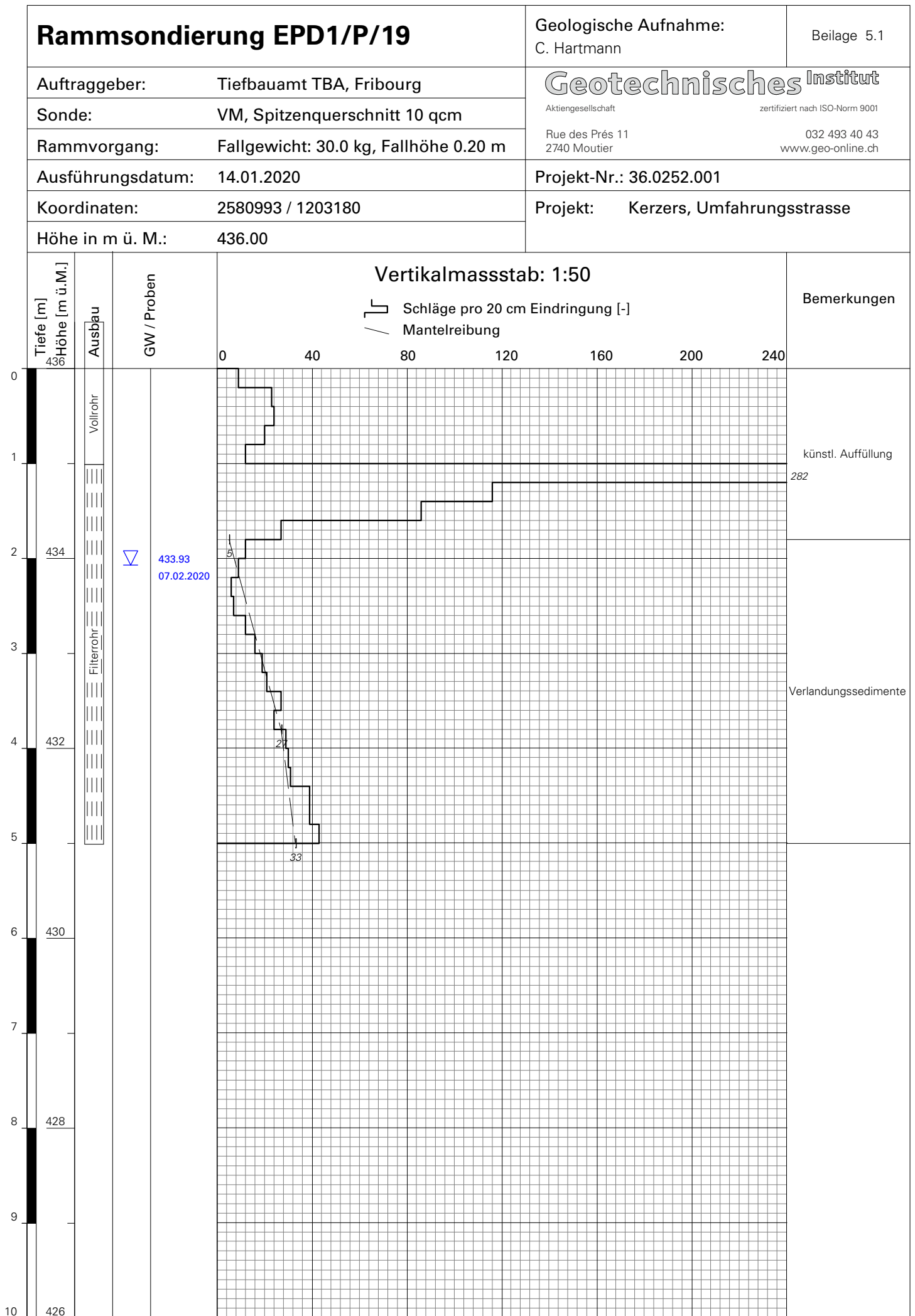
LITERATURANGABEN

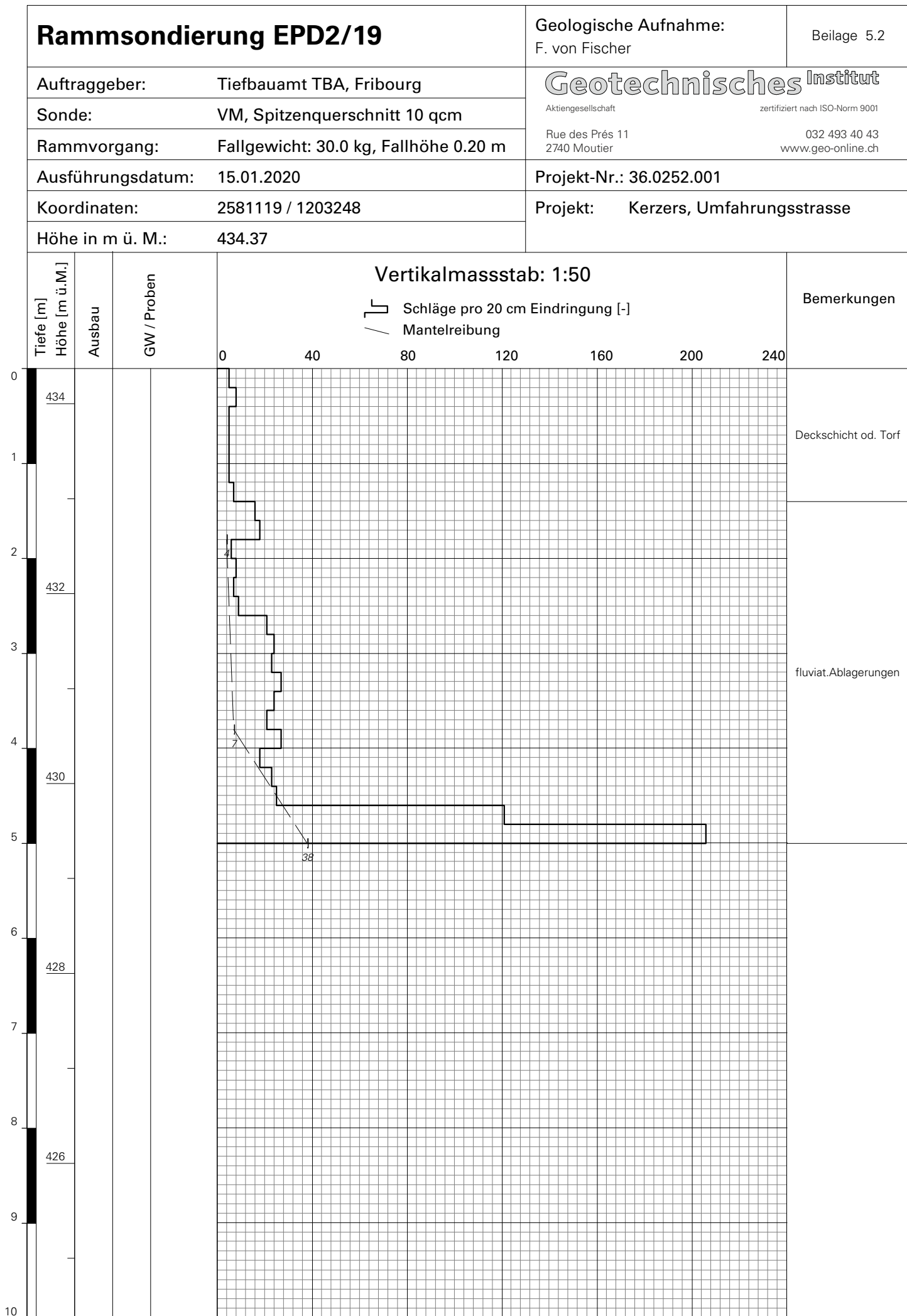
Butler, J. J., Caliendo, J. A. und Goble, G. G. (1998), Comparison of SPT energy measurements methods, Proc. 1st Int. Conf. on Site Characterization, Atlanta 1998, Vol. 2, pp. 901–905.

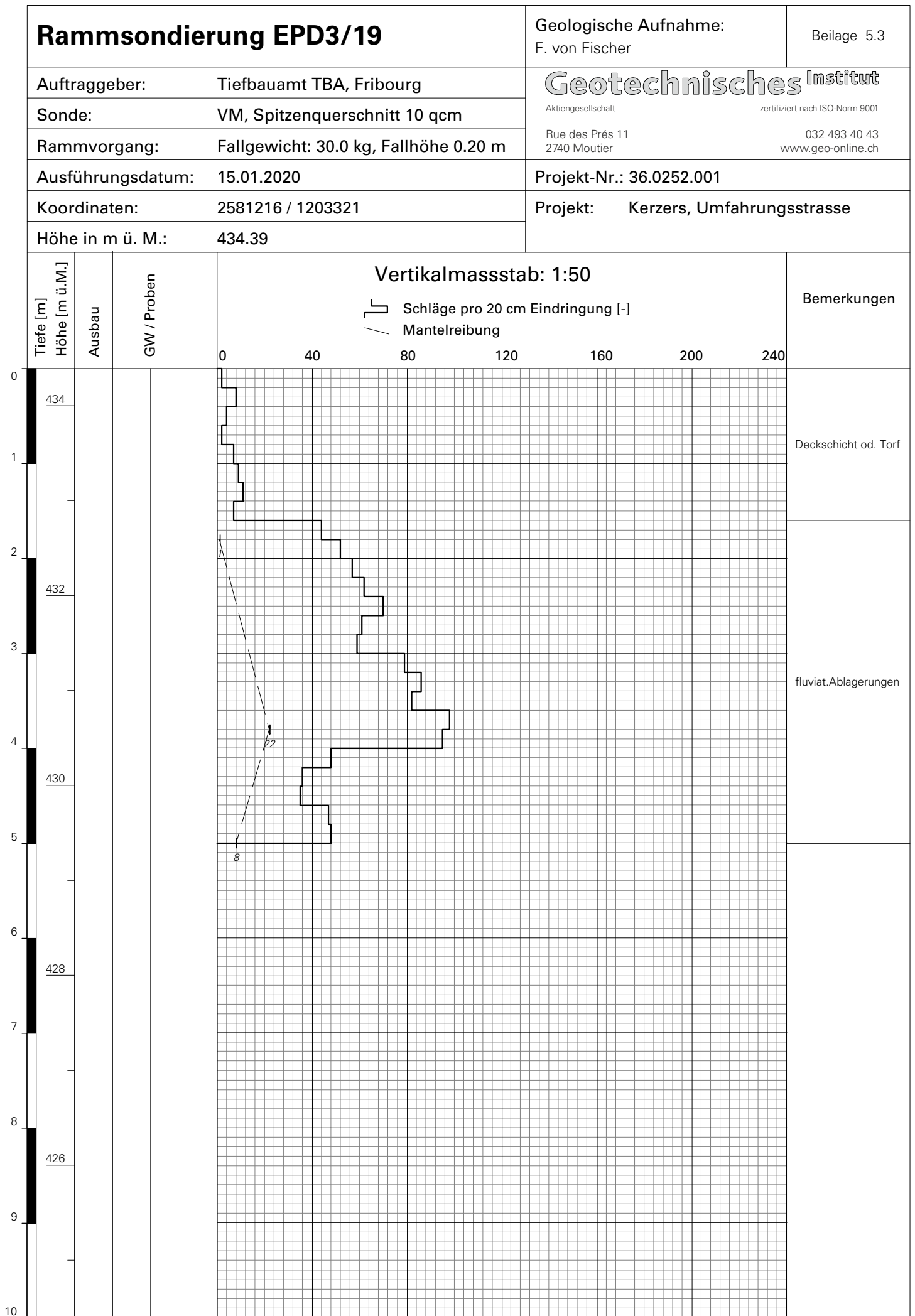
CEN (2005), “Geotechnische Erkundung und Untersuchung - Felduntersuchungen - Teil 2: Rammsondierungen (ISO EN 22476-2:2005)

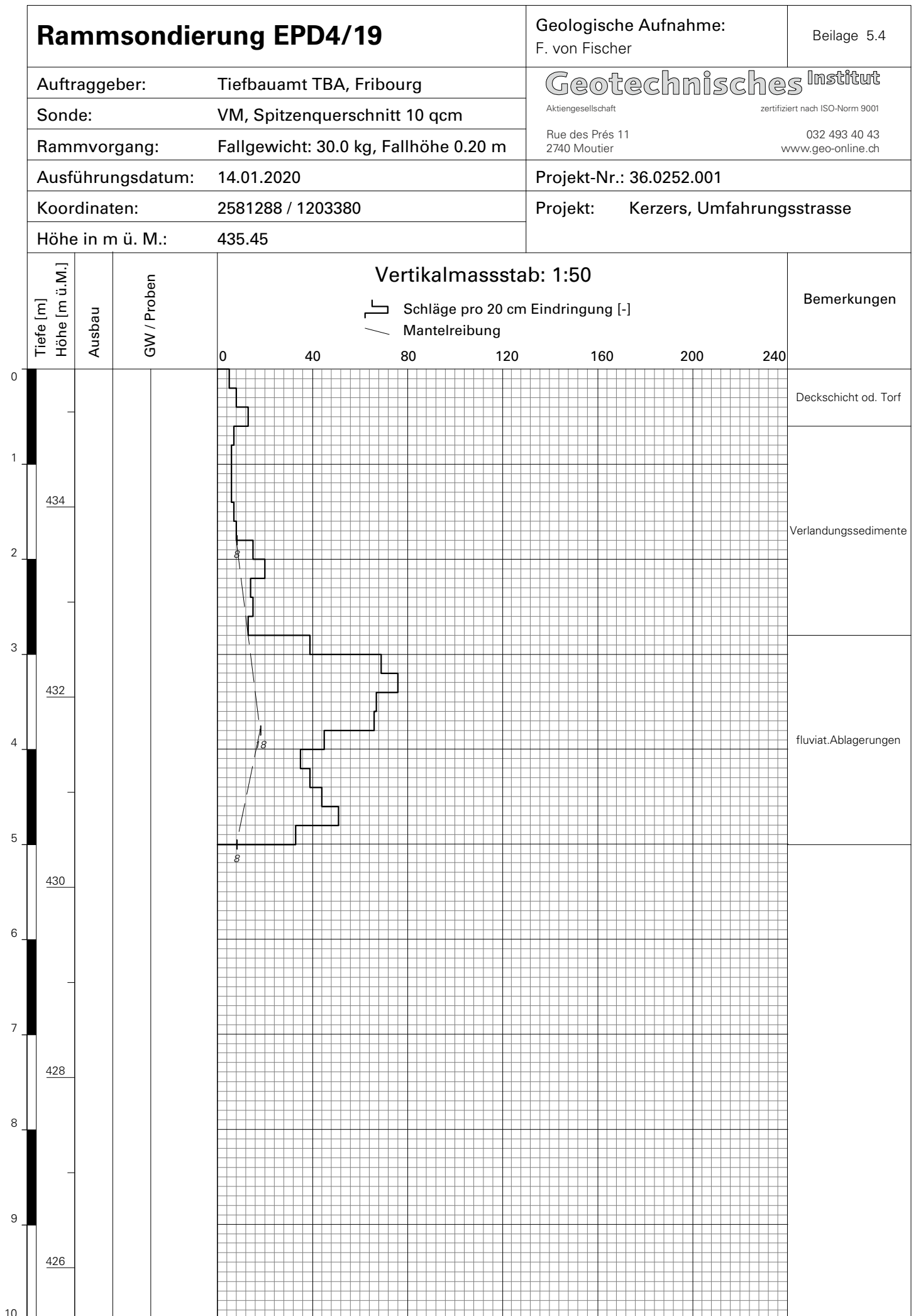
Smoltczyk, U. (2003), Geotechnical Engineering Handbook, Volume 1: Fundamentals, Ernst & Sohn, Berlin.

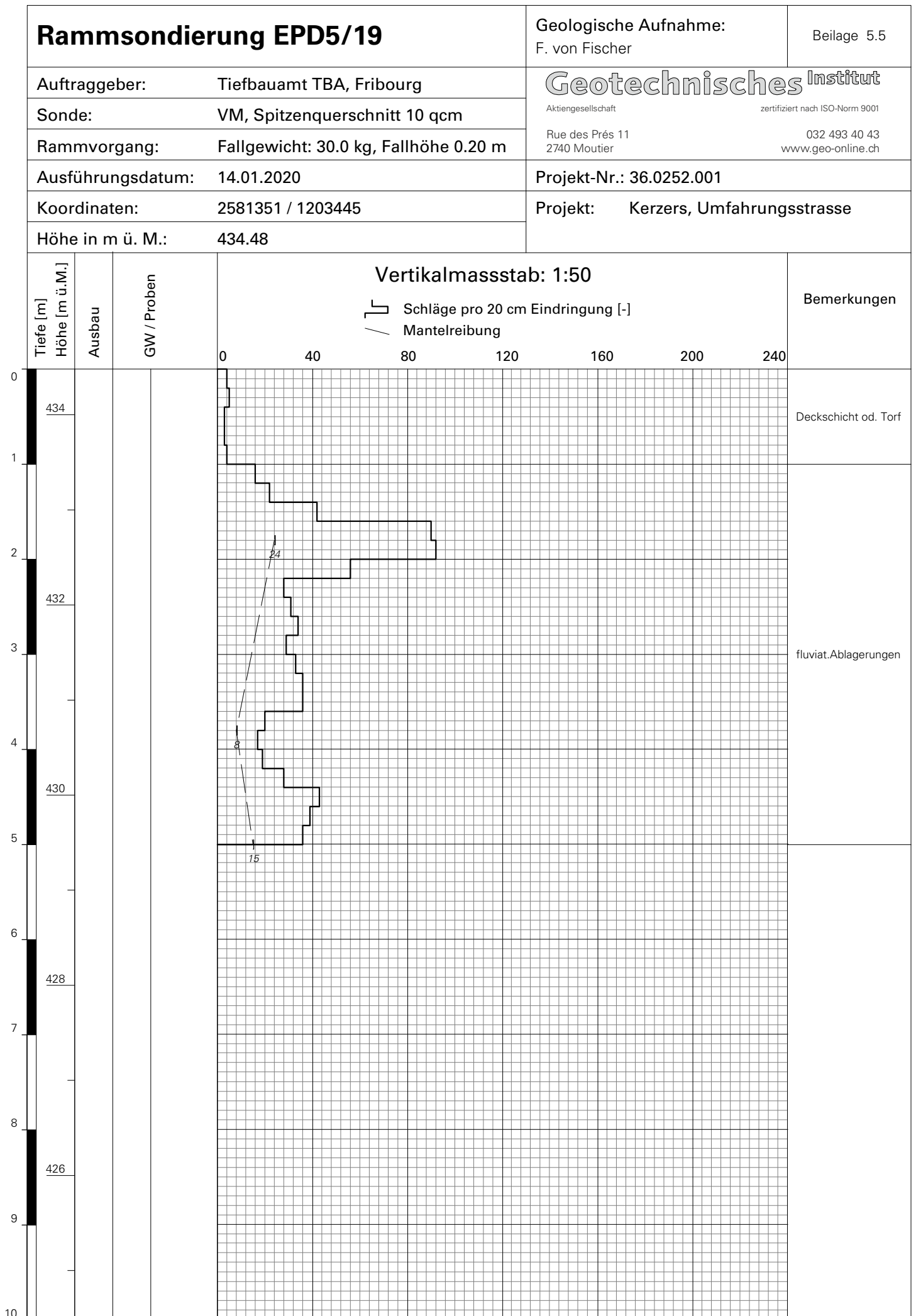
VSS Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (1997), Rammsondierung “Von Moos” (SN 670 314: 1997)

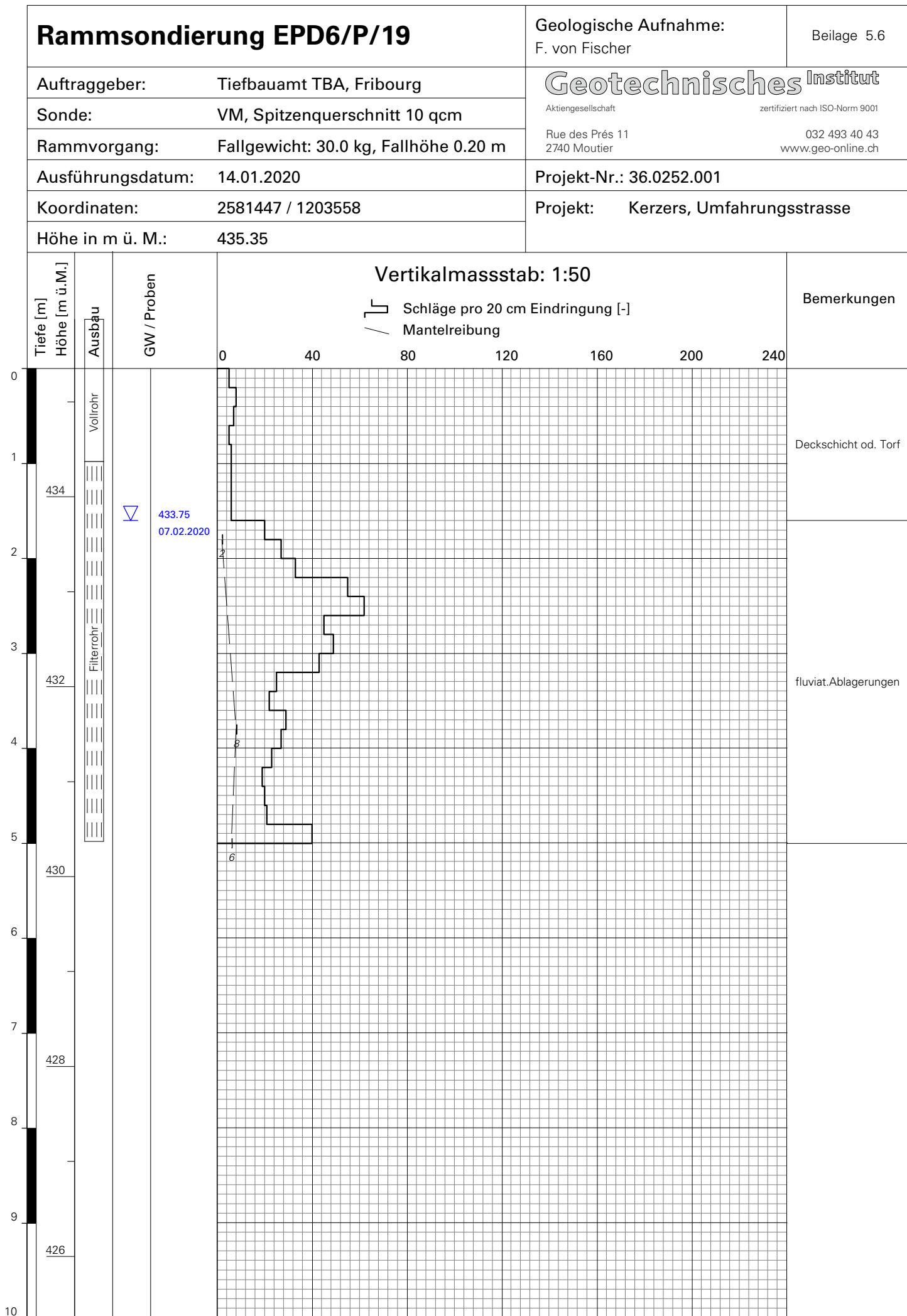


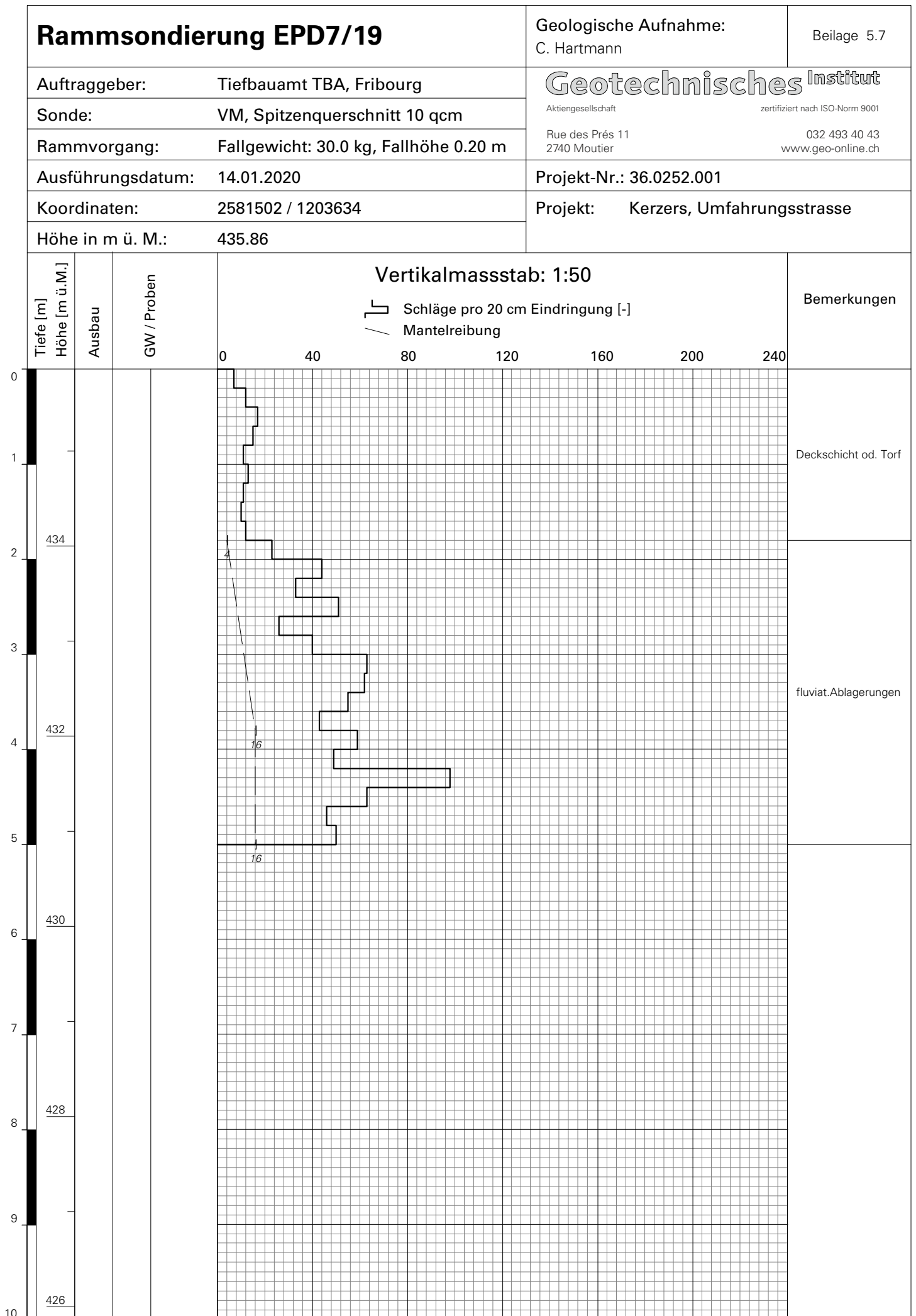


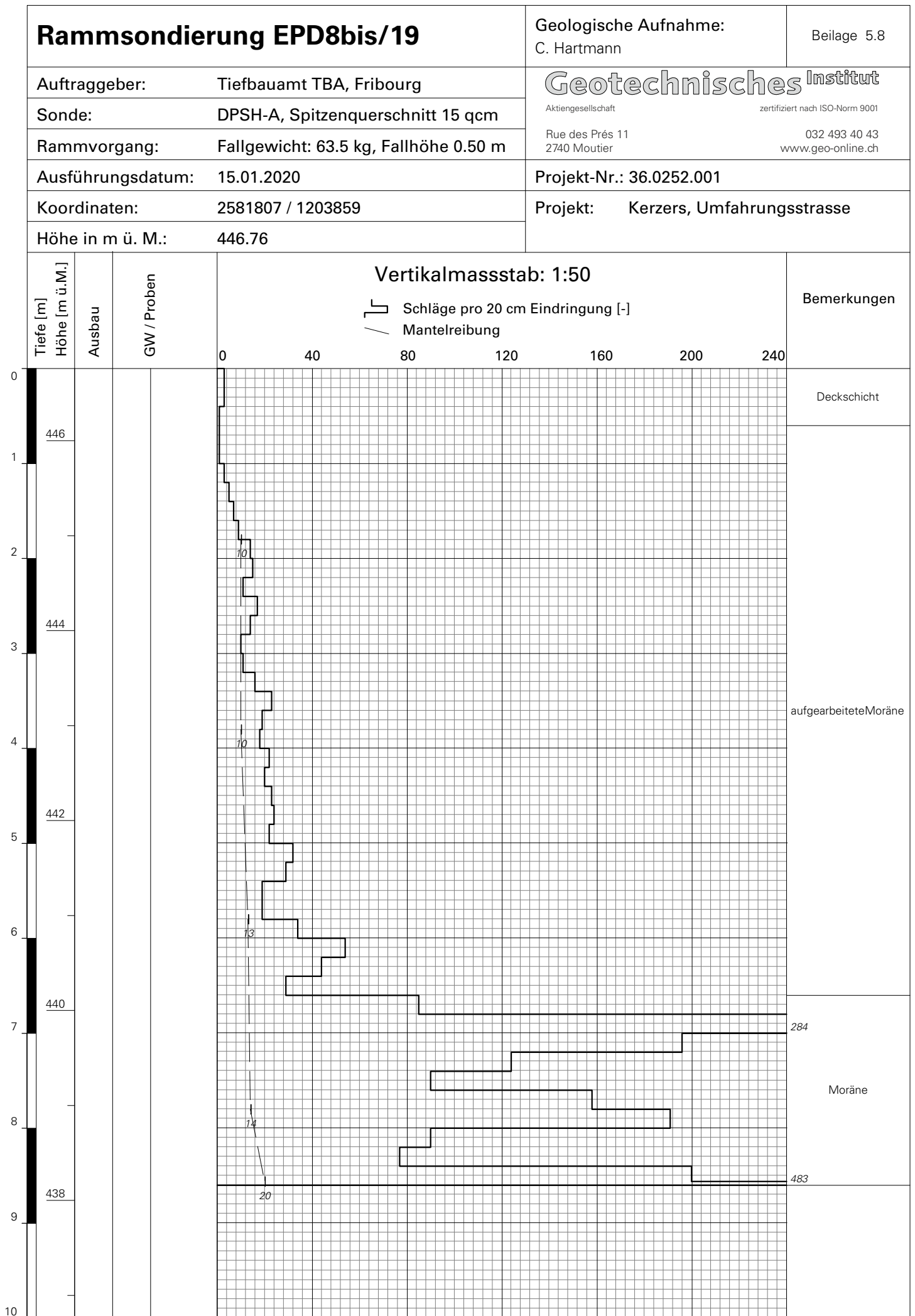


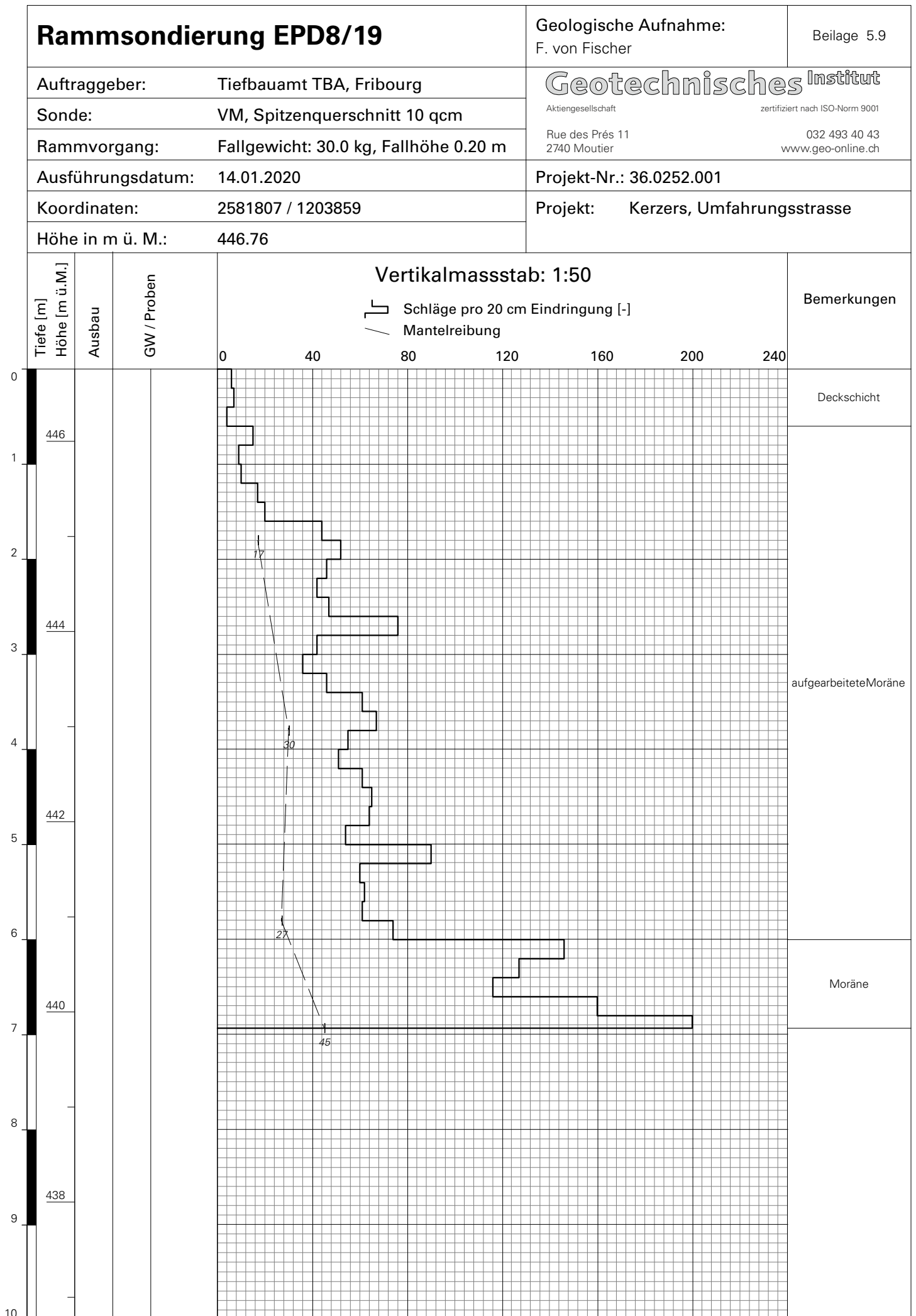















Institut Géotechnique Rue des Prés 11 2740 Moutier 032 493 40 43 www.geo-online.ch	Baggerschacht SPR1/19	Beilage 6.1
GI-Nr.: 36.0252.001	Projekt: Kerzers, Umfahrungsstrasse	

Höhe in m ü. M.: 434.7 Koordinaten: 2'581'041 / 1'203'199 Aufnahme: S. Jüstrich			Unternehmung: Widmer Traxbetrieb AG Maschinist: Marcel Aebischer Datum: 15. Januar 2020
Geologie	Tiefe [m]	ca. Kote [m ü. M.]	Geotechnische Beschreibung
Schicht a2 natürliche Deckschicht	0.0 – 0.3	434.7 – 434.4	Feinsand, siltig, schwach tonig, dunkelbraun bis schwarz, erdfeucht, Wurzelreste. (Oberboden)
Schicht b Torf	0.3 – 0.6	434.4 – 434.1	Torf (relativ gut zersetzt, schwach faserig), schwarz, erdfeucht.
Schicht c Verlandungssedimente	0.6 – 0.8	434.1 – 433.9	Fein- bis Mittelsand, schwach siltig, beigebraun, erdfeucht.
Schicht b Torf	0.8 – 1.6	433.9 – 433.1	Torf (mässig zersetzt, faserig), mit schlecht zersetztem Holz (Äste bis Baumstammstücke), braun, feucht bis nass.
	1.6 – 2.4	433.1 – 432.3	Torf (schlecht zersetzt, stark faserig, modriger Geruch), hellbraun, feucht bis nass.
Schicht c Verlandungssedimente	2.4 – 2.8	432.3 – 431.9	Feinsand, siltig bis stark siltig, schwach tonig, hellgrau, nass, breiig, leicht modriger Geruch, mit einzelnen schlecht zersetzten organischen Einschlüssen (Halme).
	2.8 – 4.6	431.9 – 430.1	Fein- bis Mittelsand, schwach siltig, einzelne Kieskörner, mit lokal geringmächtigen Einschaltungen von Kies (Dezimeter), Kornform angerundet bis gerundet, grau, nass, teils mit einzelnen schlecht zersetzten organischen Einschlüssen (Halme).
Bemerkungen <ul style="list-style-type: none"> - Abmessungen (Länge x Breite x Tiefe): 6.0 m x 4.0 m x 4.6 m - Seitenwände: vertikal bis ca. 2.4 m, darunter ausbauchend - Schachtstandfestigkeit: standfest bis ca. 2.4 m, darunter nachbrüchig - Wasserzutritte: <ul style="list-style-type: none"> - einzelner lokaler Zutritt bei ca. 1.2 m ab OKT - Grundwasser drückt hoch bei Aushubstand bei ca. 3.2 m ab OKT, anschliessend Anstieg bis Ende der geologischen Aufnahme bis auf ca. 2.0 m ab OKT - Wetter: schön, trocken, ca. 10°C - Rückstellproben: SPR1-1: ca. 2.2 m ab OKT SPR1-2: ca. 3.0 - 4.5 m ab OKT 			Fotos 


Institut Géotechnique Rue des Prés 11 2740 Moutier 032 493 40 43 www.geo-online.ch	Baggerschacht SPR2/19	Beilage 6.2
GI-Nr.: 36.0252.001	Projekt: Kerzers, Umfahrungsstrasse	

Höhe in m ü. M.: 434.4 Koordinaten: 2'581'223 / 1'203'326 Aufnahme: S. Jüstrich			Unternehmung: Widmer Traxbetrieb AG Maschinist: Marcel Aebischer Datum: 15. Januar 2020
Geologie	Tiefe [m]	ca. Kote [m ü. M.]	Geotechnische Beschreibung
Schicht a2 natürliche Deckschicht	0.0 – 0.5	434.4 – 433.9	Feinsand, siltig, schwach tonig, schwarz, erdfeucht, Wurzelreste. (Oberboden) Drainageleitung (Tonrohr) bei ca. 0.5 m ab OKT
Schicht b Torf	0.5 – 0.9	433.9 – 433.5	Torf (mässig zersetzt, leicht faserig), mit schlecht zersetztem Holz (Äste bis Baumstammstücke), schwarz, feucht.
Schicht d fluviatile Ablagerungen	0.9 – 2.2	433.5 – 432.2	Kies, sandig bis stark sandig, sauber bis schwach siltig, mit vereinzelt Steinen (bis Ø 20 cm), in den oberen ca. 0.2 m auch Feinsand, stark siltig, mit wenigen schlecht zersetzten organischen Einschlüssen, Kornform angerundet bis gut gerundet, graubraun, nass.
Bemerkungen <ul style="list-style-type: none"> - Abmessungen (Länge x Breite x Tiefe): 4.0 m x 2.0 m x 2.2 m - Seitenwände: vertikal bis ca. 1.0 m, darunter ausbauchend - Schachtstandfestigkeit: standfest bis ca. 1.0 m, darunter nachbrüchig - Wasserzutritte: Grundwasser bei ca. 1.8 m ab OKT - Wetter: schön, trocken, ca. 5°C - Rückstellproben: SPR2-1: ca. 0.5 - 0.9 m ab OKT SPR2-2: ca. 0.9 - 2.2 m ab OKT 			Fotos 

Institut Géotechnique Rue des Prés 11 2740 Moutier 032 493 40 43 www.geo-online.ch	Baggerschacht SPR3/19	Beilage 6.3
GI-Nr.: 36.0252.001	Projekt: Kerzers, Umfahrungsstrasse	

Höhe in m ü. M.: 434.6 Koordinaten: 2'581'356 / 1'203'450 Aufnahme: S. Jüstrich			Unternehmung: Widmer Traxbetrieb AG Maschinist: Marcel Aebischer Datum: 15. Januar 2020
Geologie	Tiefe [m]	ca. Kote [m ü. M.]	Geotechnische Beschreibung
Schicht a2 natürliche Deckschicht	0.0 – 0.3	434.6 – 434.3	Feinsand, siltig, schwach tonig, schwarz, erdfeucht, Wurzelreste. (Oberboden)
Schicht b Torf	0.3 – 0.5	434.3 – 434.1	Torf (grundsätzlich gut zersetzt, einzelne Fasern/Wurzeln), mit schlecht zersetztem Holz (Äste bis Baumstammstücke), schwarz, erdfeucht.
Schicht d fluviatile Ablagerungen	0.5 – 1.7	434.1 – 433.9	Kies, sandig bis stark sandig, schwach siltig, mit vereinzelt Steinen (bis Ø 12 cm), Kornform angerundet bis gerundet, beigebraun, feucht, ab 1.5 m nass.
	ca. 2.0	ca. 432.6	Feinsand bis Silt und Ton (dieses Material wurde unterhalb des Grundwasserspiegels erbaggert).
Bemerkungen <ul style="list-style-type: none"> - Abmessungen (Länge x Breite x Tiefe): 5.0 m x 2.0 m x 1.7 m - Seitenwände: vertikal bis ca. 0.5 m, darunter ausbauchend - Schachtstandfestigkeit: standfest bis ca. 0.5 m, darunter nachbrüchig - Wasserzutritte: Grundwasser bei ca. 1.5 m ab OKT - Wetter: schön, trocken, ca. 0°C, Erdboden gefroren - Rückstellproben: SPR3-1: ca. 0.5 - 1.5 m ab OKT SPR3-2: ca. 2.0 m ab OKT 			Fotos 

Institut Géotechnique Rue des Prés 11 2740 Moutier 032 493 40 43 www.geo-online.ch	Baggerschacht SPR4/19	Beilage 6.4
GI-Nr.: 36.0252.001	Projekt: Kerzers, Umfahrungsstrasse	

Höhe in m ü. M.: 435.6 Koordinaten: 2'581'466 / 1'203'579 Aufnahme: S. Jüstrich			Unternehmung: Widmer Traxbetrieb AG Maschinist: Marcel Aebischer Datum: 15. Januar 2020
Geologie	Tiefe [m]	ca. Kote [m ü. M.]	Geotechnische Beschreibung
Schicht a2 natürliche Deckschicht	0.0 – 0.3	435.6 – 435.3	Feinsand, siltig, schwarz, erdfeucht, Wurzelreste. (Oberboden)
	0.3 – 0.7	435.3 – 434.9	Feinsand, siltig, schwach tonig, dunkelbraun, erdfeucht.
Schicht b Torf	0.7 – 1.3	434.9 – 434.3	Torf (grundsätzlich gut zersetzt, einzelne Fasern), schwarz, erdfeucht.
Schicht c Verlandungssedimente	1.3 – 1.5	434.3 – 434.1	Mittelsand, schwach siltig, beigebraun mit vereinzelt rostroten, schlecht zersetzten Pflanzenfasern, feucht.
Schicht d fluviatile Ablagerungen	1.5 – 3.0	434.1 – 432.6	Kies, sandig bis stark sandig, schwach siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform angerundet bis gerundet, beigebraun bis zur Tiefe graubraun, feucht, ab 3.0 m nass.
Bemerkungen <ul style="list-style-type: none"> - Abmessungen (Länge x Breite x Tiefe): 4.0 m x 2.0 m x 3.0 m - Seitenwände: vertikal bis ca. 1.3 m, darunter ausbauchend - Schachtstandfestigkeit: standfest bis ca. 1.3 m, darunter nachbrüchig - Wasserzutritte: Grundwasser bei ca. 3.0 m ab OKT - Wetter: schön, trocken, ca. 0°C, Erdboden gefroren - Rückstellproben: SPR4-1: ca. 0.8 - 1.0 m ab OKT SPR4-2: ca. 1.5 - 3.0 m ab OKT 			Fotos 

GI-Nr.: 36.0252.001

Projekt: Kerzers, Umfahrungsstrasse

V = Vollwandige Rohre

Ü = Überstand

OKR = Höhe OK Rohr in m ü. M.

G = Gelochte Rohre

A = Abstich: OK Rohr bis OK WSp

OKT = Terrainkote in m ü. M.

Messstelle	FCR1/P/19 (Ø2.0" oben)		FCR1/P/19 (Ø2.0" unten)		FCR2/P/19 (Ø1.5" oben)		FCR2/P/19 (Ø2.0" unten)		FCR3/P/19 (Ø3.0")		FCR4/P/19 (Ø3.0")		RB1/P/19 (Ø4.5")			
	V =	2.0 + 1.0 m	V =	11.0 + 1.0 m	V =	3.0 m	V =	11.0 + 1.0 m	V =	3.0 + 1.0 m	V =	4.0 + 1.0 m	V =	3.0 + 1.0 m		
	G =	4.0 m	G =	3.0 m	G =	2.0 m	G =	2.0 m	G =	7.0 m	G =	6.0 m	G =	7.0 m		
	OKT =	435.43	OKT =	435.43	OKT =	435.36	OKT =	435.36	OKT =	436.69	OKT =	437.58	OKT =	434.51		
	Ü =	0.80 m	Ü =	0.82 m	Ü =	0.95 m	Ü =	0.91 m	Ü =	0.79 m	Ü =	0.82 m	Ü =	0.80 m		
	OKR =	436.23	OKR =	436.25	OKR =	436.31	OKR =	436.27	OKR =	437.48	OKR =	438.40	OKR =	435.31		
Datum	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote		
07.02.2020	1.90	434.33	0.40	435.85	1.89	434.42	≥ 436.27 m ü. M. (leichter GW-Austritt nach Entfernen der Abschlusskappe → mind. OKR)		2.60	434.88	2.59	435.81	1.58	433.73		

GI-Nr.: 36.0252.001

Projekt: Kerzers, Umfahrungsstrasse

V = Vollwandige Rohre

Ü = Überstand

OKR = Höhe OK Rohr in m ü. M.

G = Gelochte Rohre

A = Abstich: OK Rohr bis OK WSp

OKT = Terrainkote in m ü. M.

Messstelle	EPD1/P/19 (Ø1.0")		EDP6/P/19 (Ø1.0")													
	V =	1.5 m	V =	1.5 m	V =		V =		V =		V =		V =		V =	
	G =	4.0 m	G =	4.0 m	G =		G =		G =		G =		G =		G =	
	OKT =	436.00	OKT =	435.35	OKT =		OKT =		OKT =		OKT =		OKT =		OKT =	
	Ü =	0.49 m	Ü =	0.52 m	Ü =		Ü =		Ü =		Ü =		Ü =		Ü =	
	OKR =	436.49	OKR =	435.87	OKR =		OKR =		OKR =		OKR =		OKR =		OKR =	
Datum	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote	A [m]	Kote
07.02.2020	2.56	433.93	2.12	433.75												