Beilage Nr. 10.05.02

Kanton Bern

Gemeinde Grosshöchstetten

BLS-Strecke 15 BTB (Hasle) - (Konolfingen) - (Thun)

Grosshöchstetten
Erneuerung Grosshöchstettentunnel
km 13.475 – 14.533

IC/003635

Auflageprojekt 2026

Geologischer Bericht

BLS Netz AG Projekte & Technologie Freiburgstrasse 130, CH-3001 Bern	**Verfasst:** Name: Daniel Bader	**Geprüft:** Name: Jan Hoffmann	
i.V. Leiter Kunstbauten Naturgefahren Umwelt Bern, 29. Juni 2026 Qualifizierte elektronische Signatur · Schweizer Recht Yves Zollinger Leiter Multiprojekte & Ingenieurbau BLS	Gesamtprojektleiter, BIPMW, BLS Netz AG Bern, 29. Juni 2026 Qualifizierte elektronische Signatur · Schweizer Recht Simon Peter GPL BLS	Rev.	Bemerkungen	Datum:
			Erstausgabe	01.07.2026
		A		
VERFASSER: **Geotechnisches Institut AG** Krattigstrasse 4 3700 Spiez Projektallianz Grosshöchstettentunnel bls · Frutiger · C. Vanoli AG · GÄHLER PARTNER · CSDINGENIEURE · Furrer+Frey baut Fahrleitungen		B		
		C		
		D		
		E		
		F		

Basel
Bassecourt
Bern
Brig
La Chaux-de-Fonds
Moutier
Spiez

Grosshöchstetten

Erneuerung Tunnel BTB

Tunnel Grosshöchstetten I & II

Baugrunduntersuchung

Auftraggeber
BLS Netz AG

Datum
20. März 2025
ergänzt 13.05.2026

Auftrags-Nr.
33.1583.002

Geotechnisches Institut AG
Krattigstrasse 4
3700 Spiez

033 650 72 82
info.sp@geo-online.ch
www.geo-online.ch

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung 3
1.1 Allgemeines 3
1.2 Ausgangslage und Zielsetzung 3
1.2.1 Berichtsaktualisierung Mai 2026 4
1.3 Ausgeführte Arbeiten 4
1.4 Verwendete Unterlagen 5

2 Geologie 6
2.1 Geologische Übersicht 6
2.2 Hydrogeologische Verhältnisse 6

3 Feld- und Laboruntersuchungen 9
3.1 Dilatometerversuche 9
3.2 Triaxialversuche 10
3.3 USCS-Klassifikation & Wichte 10

4 Baugrundmodell 11
4.1 Zusammenfassung Baugrund im Längsprofil von N nach S 11
4.2 Schicht a: Deckschicht und künstliche Auffüllungen 12
4.3 Schicht b: Moräne 14
4.4 Schicht c: Molassefels 15
4.5 Verifikation charakteristischen Werte X_k 15

5 Weitere Untersuchungsergebnisse 16
5.1 Grundlagen 16
5.2 Tunnelauskleidung 16
5.3 Gleisuntersuchungen 16
5.3.1 Allgemeine Feststellungen 16
5.3.2 Schottermächtigkeit 17
5.4 Betonaggressivität 17

6 Bautechnische Empfehlungen 18
6.1 Stützmauer 18
6.2 Böschungssicherung Nordportal 18
6.3 Paramentunterfangung 18
6.4 Aushub 18
6.5 Bauwasserhaltung 18

7 Schlussbemerkung 20

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 Resultate Dilatometerversuche in den Sondierbohrungen (Erst- und Wiederbelastunsgmodul)
Tabelle 2 Resultate Triaxialversuche (berechnete Bruchwinkel und Kohäsion)
Tabelle 3 Resultate USCS-Klassifikation und Wichten der neun Bodenproben

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Auszug Grundwasserkarte
Abbildung 2 Auszug Grundwasserschutzzonen [11]
Abbildung 3 Auszug Oberflächenabfluss [12]

Beilagenverzeichnis

Beilage 1 Situationen 1:500
Beilage 2 Schnitte 1:100
Beilage 3 Profile Sondierbohrungen
Beilage 4 Profile Baggersondierungen
Beilage 5 Profile Rammsondierungen
Beilage 6 Auswertung Dilatometerversuche
Beilage 7 Auswertung Laboranalysen (Triaxialversuche)
Beilage 8 Horizontalbohrungen 2023
Beilage 9 Gleissondagen 2023
Beilage 10 Grundwasserganglinien
Beilage 11 Laborresultate USCS-Klassifikation und Wichten

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Auftraggeber	BLS Netz AG Genfergasse 11 3001 Bern
Projektleiter des Auftraggebers	Balz Friedli
Aufsichtsbehörde	Bundesamt für Verkehr BAV Mühlestrasse 6 3063 Ittigen
Auftrag	Baugrunduntersuchung
Auftragserteilung	Bestellung 4300001885 vom 24.04.2026 aktualisiert am 07.04.2026

1.2 Ausgangslage und Zielsetzung

Für die beiden Tunnel Grosshöchstetten (GHT) I (Länge: 178 m), Grosshöchstetten II (Länge: 96 m) aus der Gründerzeit mit Baujahr 1910 ist ein Sanierungsbedarf u.a. infolge der nichtkonformen Fahrdrahthöhe, nichtkonformen Schotterstärke und dem angedachten Angebotsausbau (Transitgüterverkehr) vorhanden. Der Tunnel GHT I wurde beim nördlichen Tunnelportal in den 1970er Jahren um ca. 27 m verlängert [5].

Bei den Tunnels GHT I und II handelt es sich um zwei Einspurtunnel, welche sich mehrheitlich in den quartären Moränenablagerungen befinden. Die Überdeckung im Tunnel GHT I beträgt max. 10.5 m. Beim Tunnel GHT II beträgt die maximale Überdeckung ca. 2 m. Die beiden Tunnel sind durch einen 269 m langen Einschnitt voneinander getrennt. Die Böschungen beim Einschnitt haben eine Höhe von ca. 10 m. Das aktuelle Sanierungskonzept sieht u.a. die Anpassung der Deckenstromschiene und die Absenkung der Gleisachse um ca. 7 dm vor, was eine Unterfangung der Paramente erfordert. Im Einschnittsbereich wird die Fahrbahn um bis zu 0.8 m nach Westen verschoben. Dabei wird die heutige, steile Böschung (ca. 45°), bei der in der Vergangenheit Rutschbewegungen (Abrisskanten) im Bereich des Nordportals des Tunnels GHT I aufgetreten sind [7], angeschnitten. Infolge einer leichten Verschiebung des Trasses ist vorgesehen, die Böschung abschnittsweise mit einer Stützmauer zu sichern.

Es ist unbekannt, ob die beiden Tunnels im Tagbau oder Untertagbau erstellt wurden. Wir vermuten beim Tunnel GHT II, da die Überdeckung max. 2 m beträgt, eine Erstellung im Tagbau. Die Verlängerung des GHT I beim Nordportal erfolgte ebenfalls im Tagbau. Die Erstellung des GHT I (mit Ausnahme der Verlängerung) erfolgte möglicherweise bergmännisch.

1.2.1 Berichtsaktualisierung Mai 2026

Seit unserer Baugrunduntersuchung im März 2025 [10] ist der Projektperimeter nach Norden vergrössert worden (km 13.500 – 14.499), sodass die Erhebung der Baugrundverhältnisse nördlich des Tunnelportals von GHT I erforderlich wurde. Die aktuelle Berichtsversion wurde um die Erkenntnisse der Nachsondierungen aus dem April 2026 ergänzt. Am 13.05.2026 wurden die Mantelreibung von Bodennägel für die Paramentunterfangung, Kapitel 6.3, ergänzt.

1.3 Ausgeführte Arbeiten

durch KIBAG Bohrungen AG, Januar 2023 + Juli 2024

- Abteufen von 5 Sondierbohrungen mit einer Länge von 10 m – 20 m (2024)
- Durchführung von SPT-Tests alle 2 m
- Ausbau der Sondierbohrungen zu 2"-Piezometern zu Grundwassermessstellen
- Entnahme von ungestörten Bodenproben
- Vortrieb von je einer Horizontalbohrung à 0.8 m resp. 4.0 m (2023) in den Paramenten der beiden Tunnels

durch Solexperts AG, August 2024

- Durchführung und Auswertung von 5 Dilatometerversuchen in den Bohrungen RB1/P/24 – RB5/P/24

durch BLS AG, Januar 2023 + Mai 2024

- Abteufen von 4 Baggersondierungen im Einschnittbereich à 3.5 m – 4.0 m Tiefe (Mai 2024)
- Abteufen von 4 Baggersondierungen à max. 1 m im Gleisbereich zur Erkundung des Ober- und Unterbaus sowie des Untergrunds (2023)

durch Frutiger AG, April 2026

- Abteufen von 3 Baggersondierungen im nördlichen Projektabschnitt à 2.5 m – 3.0 m Tiefe

durch Fachhochschule Burgdorf, Februar 2025

- Durchführung von Sieb- und Schlämmanalysen und USCS-Klassifikation an 9 Bodenproben
- Durchführung von 3 Triaxialversuchen

durch Geotechnisches Institut AG, Spiez

- Organisation und Begleitung Sondierbohrungen (2025)
- Begleitung Baggersondierungen (2025 + 2026)
- Probenahme von Bodenproben in den Baggerschlitzen und Bohrungen (Mai 2025)
- Durchführung von 4 Rammsondierungen à 2.9 m – 7.6 m Tiefe (Mai 2025)
- Durchführung von 4 Rammsondierungen à 2.1 m – 3.4 m Tiefe (April 2026)
- Dreimalige Grundwassermessung über ein halbes Jahr (2025)
- Organisation Laboranalysen (2025)
- Auswertung und zeichnerische Darstellung der Feldaufnahmen
- Interpretation des Baugrunds inkl. Einbezug der früheren Analysen und schriftliche Berichterstattung sowie vorliegende Berichtsergänzung

1.4 Verwendete Unterlagen

[1] Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Erneuerung Tunnel BTB: Grosshöchstettentunnel I, Grosshöchstettentunnel II; Variante Gleisabsenkung – Deckenstromschiene; Vorstudie
- Situation 1:500 vom 20.12.2023
- Situation 1:500/50 vom 20.12.2023 (Längenprofil)
- Querprofile 1:50 vom 20.12.2023

[2] Rothpletz, Lienhard + Cie AG, Erneuerung Tunnel BTB, Grosshöchstettentunnel I Km 13.887 - Km 14.065, Grosshöchstettentunnel II Km 14.334 - Km 14.430, Vorprojekt
- Situation 1:500, Arbeitsdokument, kein gültiger Plan, 04.11.2024
- QP Grosshöchstettentunnel I 1:100, Entwurf, 04.11.2024

[3] BLS Netz AG (Hrg); Furrer +Frey: Fahrleitungserneuerung Grosshöchstettentunnel I + II km 13.888 – 14.449:
- Situation 1:500 vom 10.03.2026, Entwurf

[4] Amberg Engineering, Bauwerksdokumentation, 30.06.2016

[5] Moor Bauingenieure, Tunnelverlängerung EBT bei Anschluss Biglen, 1971, Situationsplan 1:200

[6] Rothpletz und Lienhard, Ingenieurbüro Aarau, Abdichtungs- und Rekonstruktionsarbeiten an den Tunnels der BTB, 1933

[7] BLS (Hrg.); Rothpletz, Lienhard + Cie AG (Verf.): Erneuerung Tunnel BTB: Grosshöchstetten I km 13.887 – 14.065 & Grosshöchstetten II km 14.334 – 14.430; Studienbericht (Vorstudie); 20.12.2023

[8] Geotechnisches Institut AG: Tunnel BTB – Baugrundprognose vom 16.02.2023, ergänzt 28.04.2023

[9] Geotechnisches Institut AG: Biglen-Grosshöchstetten Tunnel; BIG-GH; Gl.111 & 515: Kurzbericht zur Schottermächtigkeit vom 01.11.2021

[10] Geotechnisches Institut AG: Baugrunduntersuchung Tunnel Grosshöchstetten I & II, 20.03.2025

[11] Geoportal des Kantons Bern, diverse Geoinformation, Stand Mai 2025

[12] Geoportal der Swisstopo, diverse Geoinformation, Stand Mai 2025

[13] Fachhochschule Burgdorf: Geotechnische Laborversuche, Erneuerung Tunnel BTB, 03.02.2025

2 Geologie

2.1 Geologische Übersicht

Gemäss [12] stehen im Gebiet um Grosshöchstetten Moränenablagerungen an. Am südwestlich gelegenen Hürnberg und dem nordöstlich gelegenen Möschberg sind Felsaufschlüsse (Molassefels) kartiert.

Der Fels wurde in der Umgebung in zwei Sondierbohrungen aufgeschlossen. In einer ca. 100 m südwestlich des Bahnhofs Grosshöchstetten gelegenen Sondierbohrung wurde ab einer Tiefe von 13.6 m unter OKT Nagelfluh (Molassefels) aufgeschlossen. In einer ca. 250 m südöstlich des Bahnhofs Grosshöchstetten gelegenen Sondierbohrung wurde in einer Tiefe von 20 m Sandsteine (Molassefels) aufgeschlossen. In den Erdwärmesondenbohrungen der Umgebung ist der Felshorizont in 34 – 97 m unter OKT eingetragen, was auf ein starkes Felsrelief im Untergrund hindeutet. Erfahrungsgemäss kann die Unterscheidung der Moräne und des Molassefels in den destruktiven Erdsondenbohrungen anspruchsvoll sein.

In den Kernbohrungen RB1/P/24 – RB5/P/24 wurden unterhalb einer Deckschicht und künstlichen Auffüllungen Moränenablagerungen aufgeschlossen. Dabei dominieren sandige bis stark sandige Kiese mit variablem Feinanteil. Untergeordnet kommen auch Sande und Silte vor. In der Bohrung RB5/P/24 wurde in einer Tiefe von ca. 14 m der Molassefels (Sandstein) angetroffen.

In den Baggerschlitzen wurden unterhalb einer Deckschicht ebenfalls Moränenablagerungen aufgeschlossen. Die Zusammensetzung der Moräne variiert dabei stark. Mehrheitlich wurden siltige bis stark siltige Kiese und kiesige bis stark kiesige Silte mit variablem Sandanteil aufgeschlossen. Untergeordnet wurden kiesige Sande angetroffen.

2.2 Hydrogeologische Verhältnisse

Der Streckenperimeter, der im Norden bei km 13.500 beginnt, sowie die beiden Tunnel und der dazwischenliegende Einschnitt liegen ausserhalb bekannter Grundwasservorkommen [11] (vgl. Abbildung 1). Etwa ab dem südlichen Tunnelportal des GHT II bis zum Bahnhof Grosshöchstetten liegt ein Grundwasservorkommen vor.

Die Bohrkerne der Bohrungen RB1/P/24 – RB5/P/24 waren bei der Kernaufnahme mehrheitlich trocken. Dabei ist zu beachten, dass bei den Bohrungen in der dichtgelagerten Moräne viel Hitze entsteht, und der Wassergehalt der Bohrkerne dadurch gestört sein kann. Der Bohrkern RB3/P/24 war zur Tiefe in 14.5 m u. OKT nass. Zudem wurde in dieser Bohrung gem. Bohrmeister bei 4.6 m Schichtwasser angetroffen. In der Bohrung RB4/P/24 wurden lokal nasse Bereiche angetroffen, was auf Schichtwasser hindeutet. Der Bohrkern RB5/P/24 war in einer Tiefe von ca. 12.5 m u. OKT ebenfalls nass.

In den Baggerschlitzen BS1/24 und BS3/26 wurden untief geringfügige Wasserzutritte festgestellt. Darüber hinaus war das Aushubmaterial der Sondierschlitze im Wesentlichen erdfeucht bis feucht. Im Sohlbereich von BS3/26 wurde zusätzlich nasses Material (beigebraune schwach siltige, sandige Kiese) aufgeschlossen, das aufgrund der polygenetischen Lithologie der Grobkomponenten glazialen Moränenablagerungen zugeordnet werden kann. Der Übergang zur darüberliegenden Schicht (hellgraue stark kiesige Silte) wird durch einen deutlichen farblichen Kontrast markiert (vgl. Beilage 4.7). Wir

interpretieren dies als Alterationssaum, den wir auf stoffliche Veränderungen infolge von Schichtwasserzirkulation in diesem Bereich zurückführen.

Während der Ausführung der Rammsondierungen waren die Spitze des Rammgestänges leicht schlammig bei RS2/24 bzw. nass bei RS4/24. Im Rammloch von RS1/26 wurde Schichtwasser etwa 1.7 m unter OKT angetroffen. Die übrigen Rammsondierungen lieferten keinen Hinweis auf Wasservorkommen bis zur jeweiligen Sondiertiefe.

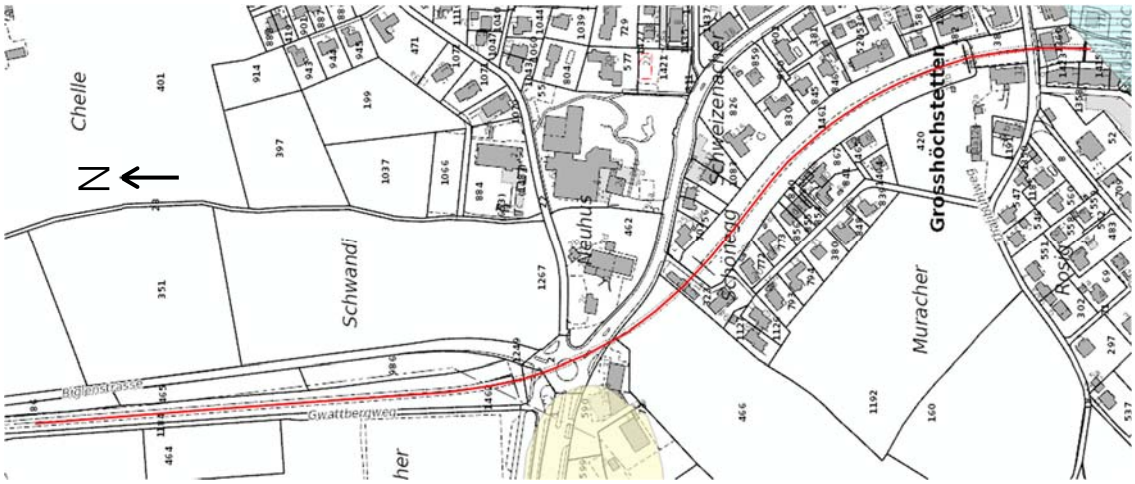


Abbildung 1 Auszug aus dem Geoportal des Kantons Bern: Grundwasserkarte [11], rote Linie: Streckenperimeter, blau schraffiert: Hauptgebiet mittlerer Mächtigkeit (vermutet); Gelb: Randgebiet unbestimmter Mächtigkeit.

Abstichmessungen waren in den mit Piezometern ausgebauten Bohrungen RB3/P/24 und RB5/P/24 möglich. Ein Wasserpegel wurde in RB3/P/24 (ca. 756.4 m ü. M. – 756.5 m ü. M., resp. 14.5 m unter OKT) und RB5/P/24 (ca. 746.6 m ü. M. – 746.7 m ü. M., resp. 13.5 m unter OKT) angetroffen (vgl. Beilage 10).

Die gemessenen Wasserpegel liegen in beiden Bohrungen jeweils tiefer als die Gleissohle der jeweiligen Streckenabschnitte. In den anderen mit Piezometern ausgebauten Sondierbohrungen wurde kein Wasserpegel gemessen.

Der Tunnel GHT I liegt im übrigen Gewässerschutzbereich üB. Der Tunnel GHT II mit Portalbereich sowie die Strecke vom GHT II bis zum Bahnhof Grosshöchstetten liegen auf der Grenze zwischen Gewässerschutzbereich üB und A_U (vgl. Abbildung 2).

Der oberflächennahe Wasser-/Schichtwasserhaushalt ist stark durch Niederschlagsereignisse bzw. Schneeschmelze geprägt. Gemäss unserer Erfahrung ist vor allem im Frühjahr während der Schneeschmelze und während Nässeperioden mit Hangwasser bzw. Schichtwasser zu rechnen. Wir schätzen, dass das Hang- / Schichtwasser nur eine geringe Ergiebigkeit besitzt.

Bei Starkniederschlägen sind im nördlichen Streckenabschnitt des GHT I gemäss [12] geringe bis hohe Fliesstiefen der Oberflächenabflüsse zu erwarten (vgl. Abbildung 3).

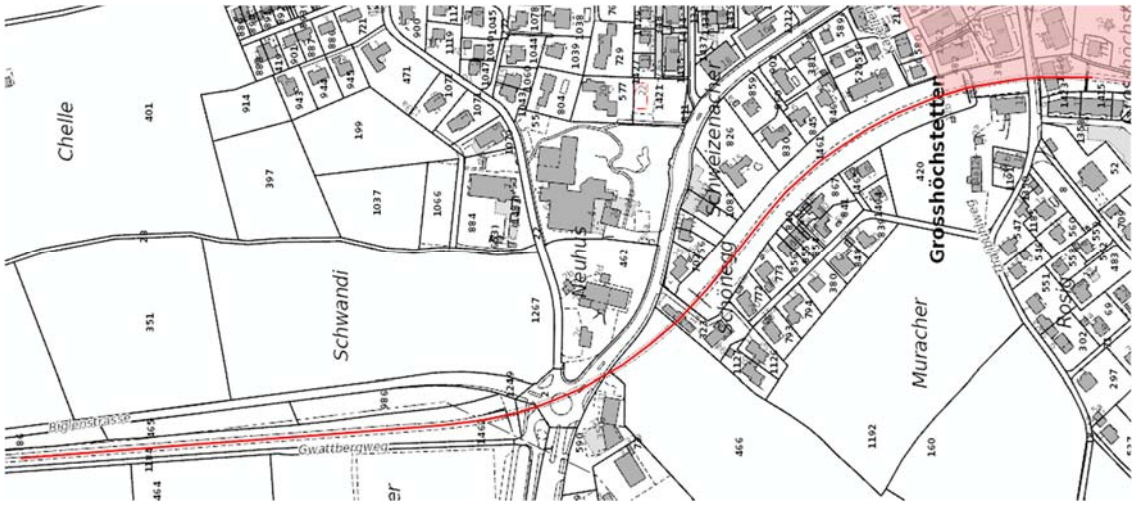


Abbildung 2 Auszug Grundwasserschutzzonen [11]. GHT II liegt am Übergang von Gewässerschutzbereich A_U (rot) zu üB (weiss), rote Linie: Streckenperimeter

Abbildung 3 Auszug Oberflächenabfluss [12]. Rote Linie: Streckenperimeter

3 Feld- und Laboruntersuchungen

Der Streckenabschnitt (vgl. Beilage 1) mit den beiden Tunneln und dem Einschnitt wurde mit fünf vertikalen Rotationskernbohrungen RB1/P/24 – RB5/P/24 (Beilage 3), zwei Horizontalbohrungen KB1/23 & KB3/23 im Tunnel (Beilage 8), vier Rammsondierungen oberhalb der Böschung (Beilage 5.1 – 5.4) sowie vier Baggersondierungen im Einschnittbereich (Beilage 4.1 – 4.4) erkundet. Nach Erweiterung des Projektperimeters nach Norden wurden im April 2026 zusätzlich vier Rammsondierungen am Böschungsfuss (Beilage 5.5 – 5.8) sowie drei Baggersondierungen ab der Böschungskrone (Beilage 4.5 – 4.7) nördlich des Tunnelportals von GHT I durchgeführt.

Der in den Baggersondagen und Bohrungen aufgeschlossene Untergrund wurde geologisch/geotechnisch angesprochen. In den Bohrungen RB1/P/24 – RB5/P/24 wurden jeweils SPT-Versuche durchgeführt (vgl. Beilage 3). Zusätzlich wurde in den Bohrungen RB1/P/24 – RB5/P/24 jeweils ein Dilatometerversuch gemacht (vgl. Abschnitt 3.1). An einer ungestörten Bodenprobe aus der Bohrung RB5/P/24 und zwei Bodenproben aus der Baggersondierung BS3/24 wurden Triaxialversuche durchgeführt (vgl. Abschnitt 3.2). Zudem wurde die USCS-Klassifikation von 9 Bodenproben bestimmt (vgl. Abschnitt 3.3). Das Aushubmaterial der Sondierschlitze der Feldkampagne im April 2026 war nicht Teil der weiteren laborativen Untersuchungen.

3.1 Dilatometerversuche

In den Bohrungen RB1/P/24 – RB5/P/24 wurde jeweils ein Dilatometerversuch durchgeführt (vgl. Tabelle 1, Beilage 6). In der Bohrung RB5/P/24 zeigt die Druck-Verformungskurve kein typisches Verhalten und die Datenqualität war bei dieser Messung absolut ungenügend und erlaubte keine Auswertung.

Bohrung	Versuchstiefe [m]	Lithologie	Erstbelastungsmodul D_L [MPa]	Wiederbelastungsmodul D_R [MPa]
RB1/P/24	9.4	Moräne	33	81
RB2/P/24	9.4	Moräne	21	34
RB3/P/24	11	Moräne	5	6
RB4/P/24	13.7	Moräne	91	170
RB5/P/24	6.0	Moräne	-	-

Tabelle 1 Resultate Dilatometerversuche in den Sondierbohrungen (Erst- und Wiederbelastunsgmodul).

Die Tiefenlage der Dilatometerversuche in den Bereichen der beiden Tunnels (Bohrungen RB1/P/24 – RB4/P/24), wurden nach Möglichkeit auf ungefähre Koten nahe der Gleisachse gewählt. In der Bohrung RB5/P/24 im Einschnittsbereich lag die Versuchstiefe ungefähr auf halber Böschungshöhe. Eine ausführliche Auswertung der Versuche findet sich in Beilage 6.

Die Auswertung aus dem Versuch in der Bohrung RB3/P/24 ergibt deutlich geringere Werte für das Erst- und Wiederbelastungsmodul als bei den anderen Versuchen. In dieser Bohrung wurden sehr mächtige künstliche Hinterfüllungen angetroffen. Die Messung liegt nur ca. 1 m unterhalb der künstlichen Auffüllung. Ggf. wurde die Moräne in der Versuchstiefe durch die Bauarbeiten während der

Tunnelverlängerung gestört, womit die Resultate für die ungestörte Moräne nicht als repräsentativ erachtete werden.

Für die ungestörte Moräne ergibt sich damit mit den drei Messwerte eine grosse Spannbreite des Erstbelastungsmoduls D_L = 21 – 91 MPa und des Wiederbelastungsmoduls D_R = 34 – 170 MPa.

3.2 Triaxialversuche

An drei Bodenproben wurden Triaxialversuche durchgeführt. Die Resultate der Untersuchungen gem. [13] finden sich in der nachfolgenden Tabelle 2.

Sondage	Probentiefe [m]	Lithologie	Bruchwinkel ϕ' [°]	Kohäsion c' [kN/m²]
BS3/24	0.2 – 2.6	Siltiger Kies mit Sand	38.4	8.9
BS3/24	2.6 – 3.5	Kiesiger Silt	37.7	3.8
RB5/P/24	3.45 – 4.1	Siltiger Sand	40.3	8.0

Tabelle 2 Resultate Triaxialversuche (berechnete Bruchwinkel und Kohäsion).

Der Versuch BS3/24 aus der Tiefe von 2.6 – 3.5 m ergab die tiefsten Messwerte. Diese Werte werden als (vorsichtig) repräsentativ angesehen.

3.3 USCS-Klassifikation & Wichte

An neun Proben aus den Sondierungen wurden im Labor die Kornverteilungskurven und der Bodentyp nach USCS-Klassifikation bestimmt [13]. An den drei Proben, bei denen die Triaxialversuche durchgeführt wurden, wurde zudem beim Einbau die Wichte ermittelt. Die Resultate finden sich in Tabelle 3, der detaillierte Bericht in Beilage 11.

Sondage	BS3/24	BS3/24	BS5/24	BS5/24	RB1/P/24	RB2/P/24	RB3/P/24	RB4/P/24	RB5/P/24
Probentiefe [m]	0.2 – 2.6	2.6 – 3.5	0.2 – 2.2	2.2 – 3.6	9.0 – 10.0	8.0 – 8.4	10.5 – 12.0	13.5 – 15.0	3.45 – 4.1
Bodentyp USCS	GM	ML	GM	GM	GW-GM	GM	GM	GM	SM
Wichte [kN/m³]	22.7	21.7	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	n. b.	19.7

Tabelle 3 Resultate USCS-Klassifikation und Wichten der neun Bodenproben.

4 Baugrundmodell

Die nachfolgenden Schichtbeschreibungen basieren auf der Interpretation der Baggersondierungen, Sondierbohrungen und Rammsondierungen, den durchgeführten Feld- und Labormessungen, ergänzt mit der geologischen und hydrogeologischen Literatur und unseren Kenntnissen der lokalen Geologie. Die Lage der ausgeführten Sondierungen ist auf dem Situationsplan (vgl. Beilage 1) dargestellt. Das Baugrundmodell wird an fünf Schnitten dargestellt, vgl. Beilage 2. Folgende Baugrundschichten sind für das Projekt relevant:

- **Schicht a:** Deckschicht & künstliche Auffüllungen
- **Schicht b:** Moräne
- **Schicht c:** Molassefels (Sandsteine, Konglomerate und Mergel in Wechsellagerung)

Auf Basis der geologisch/geotechnischen Beschreibung und den Feld- und Laborversuchen wurden für die Schichten a und b Kennwerte angegeben. Auf Basis der vorhandenen Aufschlüsse ist Schicht c infolge der Tiefenlage voraussichtlich nicht projektrelevant.

4.1 Zusammenfassung Baugrund im Längsprofil von N nach S

Der Unterbau des Trassees wird auf dem gesamten Streckenabschnitt von der Moräne (Schicht B) unterlagert, vgl. Beilage 2.

Die Verlängerung des GHT I im Bereich des Nordportals wurde im Tagbau erstellt. Entsprechend wurden in RB3/P/24 mächtige künstliche Auffüllungen angetroffen. In den künstlichen Auffüllungen waren Anteile an mineralischen Bauabfällen (Schwarzbelag, Beton, etc.) vorhanden und teilweise stanken diese. Im anschliessenden alten Teil des GHT I wurde in der nahe des Südportals gelegenen Bohrung RB4/P/24, in der Horizontalbohrung KB1/23 sowie in den Gleissondierungen (Beilage 9) unterhalb des Unterbaus Moräne angetroffen.

An den Flanken des Einschnittsbereichs wie auch im Perimeter nördlich von GHT I wurde in den Baggersondierungen und in der Bohrung RB5/P/24 unterhalb einer geringmächtigen Deckschicht Moräne angetroffen (vgl. Beilage 2).

In den Sondierbohrungen im Bereich des GHT II (RB1/P/24 und RB2/P/24) wurden unterhalb einer ca. 2 – 3 m mächtigen Deckschicht Moränenablagerungen angetroffen. Damit liegt der Tunnel bzw. die Firste zumindest teilweise in der Schicht a. Gemäss Aussagen der Eigentümerin der Viehmarktstrasse 7a wurde bei Bauarbeiten auf ihrer Parzelle ca. 0.5 m unterhalb OKT der Tunnel angetroffen. Entsprechend dieser Feststellungen und der insgesamt sehr geringmächtigen Überdeckung von max. 2 m, vermuten wir, dass dieser Tunnel im Tagbau erstellt wurde. Infolgedessen erwarten wir im Bereich hinter der Tunnelschalung beim GHT II künstliche Auffüllungen, wobei dies mehrheitlich umgelagertes Moränenmaterial sein dürfte. Die in diesem Tunnel abgeteufte Bohrung KB3/23 konnte infolge eines Maschinendefekts das Mauerwerk nicht durchörtern und die Tunnelhinterfüllung aufschliessen.

4.2 Schicht a: Deckschicht und künstliche Auffüllungen

Die Deckschicht und die künstlichen Auffüllungen werden im Folgenden zusammenfassend als Schicht a charakterisiert. Die Zusammensetzung der künstlichen Auffüllungen variiert erfahrungsgemäss stark, insbesondere aufgrund der grossen räumlichen Ausdehnung des Projektgebiets und der Lage im Siedlungsgebiet.

Zusammensetzung

Deckschicht (inkl. Oberboden), Tunnelhinterfüllungen, Hinterfüllungen der Portalbereiche, Gebäudehinterfüllungen

Aufgrund der grossen Ausdehnung des Untersuchungsgebiets und der diversen künstlichen Auffüllungen/Hinterfüllungen verschiedener Herkunft ist die Zusammensetzung stark heterogen

Deckschicht: Silt, variabel sandig, variabel kiesig
bis Sand, schwach siltig bis siltig

Künstliche Auffüllung GHT I, Tunnelverlängerung Nord:
Kies, schwach sandig bis sandig, schwach bis stark siltig,
bis Sand, stark kiesig, siltig, mit vereinzelt Steinen
mit hohen Anteilen an mineralischen Bauabfällen (Schwarzbelag, Beton, etc.)
zum Teil unangenehmer Geruch

Künstliche Auffüllung GHT II: Die Hinterfüllung des GHT II wurde mit den durchgeführten Sondagen nicht aufgeschlossen.

Weitere, mit den vorliegenden Sondierungen nicht aufgeschlossene künstliche Auffüllungen sind insbesondere im Bereich von Bauwerken wie z.B. Gebäuden und Strassen zu erwarten.

Mächtigkeit und Verbreitung

In allen Sondierungen oberflächlich angetroffen.
Die nördliche Tunnelverlängerung des GHT I ist mit einer mächtigen künstlichen Auffüllung (bei RB3/P/24 ca. 10 m) eingedeckt.
Im Einschnittsbereich beschränkt sich die Deckschicht auf den 0.2 m – 0.3 m mächtigen Oberboden, darunter wurde die Schicht b aufgeschlossen.
Die Auf-/Hinterfüllung des GHT II wurde nicht aufgeschlossen.

Lagerungsdichte resp. Konsistenz

Locker bis mitteldicht, resp. weich bis steif

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte

γ	=	19	–	22	kN/m³
ϕ'	=	25	–	35	°
c'	=	0	–	5	kN/m²

Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen

γ_k	=	20.0	kN/m³	
ϕ'_k	=	30	°	
ϕ'_k	=	34	°	für GHT I, Tunnelverlängerung Nord
c'_k	=	0	kN/m²	

Allgemeine geotechnische Beurteilung	Tendenziell schlecht tragfähig, setzungsempfindlich Leicht bis mittel frostempfindlich (G2 bis G3 nach VSS 70 140b) Wasserempfindlich wenn feinkornreich Bagger- und bohrbar, z.T. erschwert rammbar Zur Wiederverwendung im geotechnischen Sinne nicht geeignet. In den künstlichen Auffüllungen enthaltene allfällige Fremdanteile müssen fachgerecht entsorgt werden. Der Humus und Oberboden sind nach den gültigen Richtlinien zu behandeln.

Steifigkeit der Hinterfüllung:

Beim GHT II wurde die Hinterfüllung nicht aufgeschlossen. Wir vermuten, dass es sich bei der Hinterfüllung um Aushubmaterial (aufgelockerte Moräne) handelt und diese somit die gleiche Kornverteilung wie die Moräne aufweist. Die Baugrundsteifigkeit liegt schätzungsweise bei $M_E \approx 10 – 40$ MN/m^2.

Im GHT I (exkl. Verlängerung bei Nordportal) wurde in der Sondierbohrung KB1/23 hinter der Tunnelschalung (aufgelockertes) Moränenmaterial erbohrt. Im Falle einer Erstellung im Tagbau handelt es sich um eine Hinterfüllung und die Steifigkeit liegt der ME-Wert analog zum GHT II bei $\approx 10 – 40$ MN/m^2. Im Falle einer bergmännischen Erstellung handelt es sich dabei um die ungestörte Moräne (M_E-Wert siehe Kapitel 4.3) allenfalls mit einer geringmächtigen Hinterfüllung.

4.3 Schicht b: Moräne

Zusammensetzung	Mehrheitlich: Kies, sandig – stark sandig, schwach siltig bis siltig, mit Steinen (GM,GW-GM) Untergeordnet: Sand, schwach kiesig bis kiesig, sauber bis siltig mit Steinen (SM) Lokal: Silt, mehrheitlich sandig und kiesig, mit Steinen (ML)
Mächtigkeit und Verbreitung	Flächig unterhalb der Schicht a In allen Sondagen unterhalb der Deckschicht/künstlichen Auffüllungen angetroffen
Lagerungsdichte resp. Konsistenz	Oberflächennah bis ca. 1 – 4 m unter OKT aufgelockert/aufgeweicht Unterlagert von der sehr dicht, lokal dicht gelagerten, ungestörten Moräne
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ = 19 – 22.5 kN/m³ ϕ' = 34 – 40 ° c' = 0 – 10 kN/m² M_E = 10 – 100 MN/m² M'_E/M_E = 1.5 – 3
Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen	aufgelockerte/aufgeweichte Moräne γ_k = 20.5 kN/m³ ϕ'_k = 34 ° c'_k = 2 kN/m² $M_{E,k}$ = 15 MN/m² M'_E/M_E = 2 ungestörte Moräne γ_k = 21.5 kN/m³ ϕ'_k = 38 ° c'_k = 4 kN/m² $M_{E,k}$ = 40 MN/m² M'_E/M_E = 2
Allgemeine geotechnische Beurteilung	Für die ungestörte Moräne gilt: Sehr gut tragfähig, gering setzungsempfindlich bis setzungsunempfindlich Vernachlässigbar bis mittel frostempfindlich (G1 bis G3 nach VSS 70 140b) Bohrbar, baggerbar erschwert bis nicht rammbar Erschwernisse infolge von Blöcken sind möglich Kiesige und sandige Abschnitte ggf. nach Aufbereitung zur Wiederverwendung geeignet.

4.4 Schicht c: Molassefels

Der Molassefels wurde im Projektgebiet nur in der Bohrung RB5/P/24 ab einer Tiefe von 14 m aufgeschlossen. Anhand der vorhandenen Sondierungen schätzen wir, dass die Felsoberfläche im gesamten Projektgebiet unterhalb der Fundationskote liegt und daher nicht projektrelevant ist.

Zusammensetzung	Nagelfluh/Konglomerate, Sandsteine, Mergel
Mächtigkeit und Verbreitung	Unterhalb der Schicht b flächig vorhanden. Im Projektbereich nur in der Sondierbohrung RB5/P/24 ab ca. 14 m Tiefe angetroffen. Der Molassefels ist von sehr grosser Mächtigkeit.
Allgemeine geotechnische Beurteilung	Sehr gut tragfähig und setzungsunempfindlich, zur Aufnahme von hohen konzentrierten Gründungslasten geeignet. Kaum bis nicht bagger- und rammbar, nur mit entsprechendem Felswerkzeug abbaubar (Ripper, Hydraulikhammer, Felsfräse, o.ä.).

4.5 Verifikation charakteristischen Werte X_k

Es besteht die Möglichkeit, die charakteristischen Werte X_k alternativ durch eine Rückrechnung von gesicherten (Bau-)Zuständen in der Vergangenheit zu ermitteln. Die im Rahmen dieser Methode ermittelten charakteristischen Werte können von den oben aufgeführten Werten signifikant abweichen.

Die aus der Rückrechnung ermittelten charakteristischen Werte X_k gelten nur für das betrachtete Tragwerks- und angewendete Berechnungsmodell. Bei der Verwendung der Werte für andere Tragwerks- und Berechnungsmodelle ist Vorsicht geboten, vgl. SIA 267:2013.

5 Weitere Untersuchungsergebnisse

5.1 Grundlagen

Gemäss den Geoportalen der Swisstopo [12] und des Kt. Bern [11] gilt folgendes:

- Kataster der belasteten Standorte: kein Eintrag
- Bezüglich Erdbeben liegt der Projektstandort gem. SIA 261 in der Zone Z1b. Für die Moräne kann die Baugrundklasse B gemäss SIA 261:2014 angesetzt werden.
- Der Einschnittsbereich zwischen den Tunnels GHT I und II sowie der nördlich an den Tunnel GHT I angrenzende Bereich liegen im gelben Gefahrenbereich bzgl. Hangmuren (HM1)

5.2 Tunnelauskleidung

Mit der Bohrung KB1/23 wurde im GHT I eine Stärke der Betonauskleidung von 1.2 m erbohrt. Die Bohrung KB3/22 im GHT II musste nach 80 cm Bohrlänge wegen einem Defekt am Bohrgerät und dem begrenzten Zeitfenster abgebrochen werden. Auf den 80 cm wurde nur Kalkstein-Mauerwerk erbohrt, vgl. Beilage 8.

5.3 Gleisuntersuchungen

Für die Gleisabschnitte der beiden Tunnels wurden zwei Gleisuntersuchungen durchgeführt ([8] und [9]). Die wichtigsten Erkenntnisse aus den Untersuchungen der Jahre 2021 und 2023 werden im Folgenden zusammengefasst:

5.3.1 Allgemeine Feststellungen

Das Schotterbett ist durchwegs geringmächtig und die reglementarischen Anforderungen für Stahl- oder Holzschwellen werden grösstenteils nicht eingehalten. Abgesehen davon liegen im untersuchten Abschnitt bezüglich Bahnschotter allgemein unproblematische Verhältnisse vor:

- es gibt keine Spuren von Verlehmungen
- der Schotter ist trocken
- die Messwagendiagrammaufzeichnungen zeigen mehrheitlich einen ruhigen Verlauf. Im Bereich der Tunnelportale sind vereinzelt stärkere Ausschläge verzeichnet, was mit der dort angetroffenen geringen Schottermächtigkeit erklärt werden kann.

Der Schotter befindet sich in einem guten Zustand und kann gereinigt werden.

In beiden Tunnels liegt eine Entwässerung vor. Da keine aussergewöhnliche Feuchte oder Verlehmungserscheinungen im Bahnschotter oder der Planie festgestellt wurden, gehen wir von einem funktionierenden Entwässerungssystem aus. Bei der Planieabsenkung ist die Tiefenlage zu überprüfen und die Anbindung an die Entwässerung sicherzustellen.

5.3.2 Schottermächtigkeit

Tunnel	GHT I	GHT II
Bahnschotter	Der Bahnschotter ist vor allem basal zerschlagen, ansonsten aber in einem sehr guten Zustand und kann gereinigt werden.	Abgesehen von Abnutzungserscheinungen im basalen Bereich ist der Schotter in einem ausgezeichneten Zustand und kann nach einer Reinigung wiederverwendet werden.
Schotterbettstärke	**Sond.** / **km** / **Mächtigkeit Schotter ab UK Schwelle [cm]** S01 / 13.896 / 25 S01b/23 / 13.931 / 21 S02 / 13.980 / 35 S03 / 14.057 / 21	**Sond.** / **km** / **Mächtigkeit Schotter ab UK Schwelle [cm]** S04 / 14.344 / 32 S01b/23 / 14.388 / 27 S05 / 14.419 / 25
	Die erforderliche Schottermächtigkeit von 30 cm ab UK Schwelle wird nur in der Tunnelmitte eingehalten. In den beiden Portalbereichen liegt die Schottermächtigkeit unterhalb der reglementarischen Anforderungen.	Die erforderliche Schottermächtigkeit von 30 cm ab UK Schwelle liegt nur im nördlichen Tunnelabschnitt vor.
Planie	Die Planie ist mit Betriebsschmutz (v.a. Schotterabrieb) verunreinigt und liegt trocken vor. In S01 und S02 ist vereinzelt Schotter in die Planie eingedrückt.	Die Planie bei S04 und S05 ist sauber und trocken, unmittelbar auf der Planie liegt viel Schotterbruch, die Schotterkörner sind oft in die Planie eingedrückt.
Entwässerung	Linksseitig ist eine Tunnelentwässerung (Durchmesser 20 cm) vorhanden. Zum Zeitpunkt der Feldaufnahmen war sie trocken und sauber. Die Oberkante des Rohres (Ø 20 cm) liegt bei ca. 1.0 m Tiefe ab OK Schwelle.	Auf der rechten Seite ist eine Entwässerungsleitung vorliegend (Durchmesser 30 cm). Zum Zeitpunkt der Feldarbeiten war sie stark wasserführend. Das Wasser war klar und floss ungehindert ab. Die Oberkante des Rohres (Ø 30 cm) liegt bei ca. 0.8 m Tiefe ab OK Schwelle.

5.4 Betonaggressivität

Es gibt keine Hinweise (Sulfat, Magnesium, Ammonium) hinsichtlich einer Betonaggressivität des vorhandenen Schichtwassers.

6 Bautechnische Empfehlungen

6.1 Stützmauer

Zwischen km 14'101 bis 14'205 ist die Erstellung einer ca. 3 m hohen Stützmauer am Böschungsfuss vorgesehen. Oberflächennah ist die Moräne aufgeweicht/aufgelockert. Auf dem Fundationshorizont wird ungestörte Moräne erwartet, die sich für eine Flachgründung eignet. Allfällige aufgeweichte Bereiche sind auszuheben und lagenweise mit geeignetem Material zu verdichten. Es sind ein Standsicherheitsnachweis und die nötigen Grundbruchnachweise zu erbringen.
Die Sicherung des Böschungsanschnitts (Baugrube) kann mit einer perforierten Nagelwand erfolgen. Als charakteristische Mantelreibung für Selbstbohrnägel kann für die ungestörte Moräne τ_k = 175 kN/m^2 angesetzt werden.

6.2 Böschungssicherung Nordportal

Die nördliche Tunnelverlängerung des GHT I soll freigelegt werden, um die Abdichtung zu erneuern. Die Böschungsanschnitte in der gestörten/aufgeweichten Moräne können mit perforierten Nagelwänden gesichert werden. Für die Hinterfüllung (künstliche Auffüllung) der Tunnelverlängerung und für die gestörte Moräne kann eine charakteristische Mantelreibung für Selbstbohrnägel von τ_k = 100 kN/m^2 angesetzt werden.

6.3 Paramentunterfangung

Für GHT I ist eine ca. 1.25 m hohe Unterfangung des Paraments vorgesehen. Die Höhe der Unterfangung des Paraments bei GHT II liegt bei ca. 60 cm. Beide Unterfangungen schneiden die anstehende Moräne an. Die ungestörte Moräne weist i.d.R. eine gute Kurzzeitstandfestigkeit. Hinter der Tunnelschale könnte die Standfestigkeit durch Bautätigkeit beeinträchtigt sein bzw. bei GHT II dürfte hinter der Tunnelschale eine künstliche Auffüllung (umgelagerte Moräne) anstehen.
Für eine allfällige Paramentunterfangung mit Selbstbohrbodennägeln können die charakteristischen Mantelreibungen gemäss den Kapiteln 6.1 bzw. 6.2 angesetzt werden.

6.4 Aushub

Der Aushub der Moränenablagerungen ist mit einem leistungsstarken Hydraulikbagger möglich, ggf. erfordert die ungestörte Moräne einen Hydraulikhammer, Reisszahn oder glw.; einzelne Blöcke (Findlinge) sind nicht auszuschliessen.

6.5 Bauwasserhaltung

Die gemessenen Grundwasserpegel in den Bohrungen liegen im jeweiligen Abschnitt unterhalb der Gleissohle. Somit ist keine Grundwasserabsenkung für die vorgesehenen Arbeiten nötig.

In den Bohrungen wurde lokal Schichtwasser angetroffen. Falls zufliessendes Schicht- und Meteorwasser nicht auf der Baugrubensohle versickert, ist es in Pumpensümpfen zu fassen und fachgerecht zu entsorgen. Die Rahmenbedingungen sind im Merkblatt des AWA «Gewässerschutz- und Abfallvorschriften auf Baustellen» festgehalten.

7 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 eine geologische/geotechnische Fachperson.

Für weitere Erläuterungen stehen wir gerne zur Verfügung.

Geotechnisches Institut AG

Daniel Bader | i.A. Jan Hoffmann

Projektbearbeitung
Daniel Bader, Dipl. Bauingenieur
Dr. Samuel Weber, MSc Geologe
Janine Cruz-Sánchez, MSc Geologin
Jan Hoffmann, MSc Geologe

Situation

Projektname	Erneuerung Tunnel BTB		
Projekt-Nr.	30.1983	Massstab	1 : 500
Plan-Nr.	Beilage 1	Format	2100 x 297 mm
Dat. / Zeit	26.04.26 jahn	Revision	

Geotechnisches Institut
Ingenieurgeologie
Kyburgstrasse 2
3700 Spiez

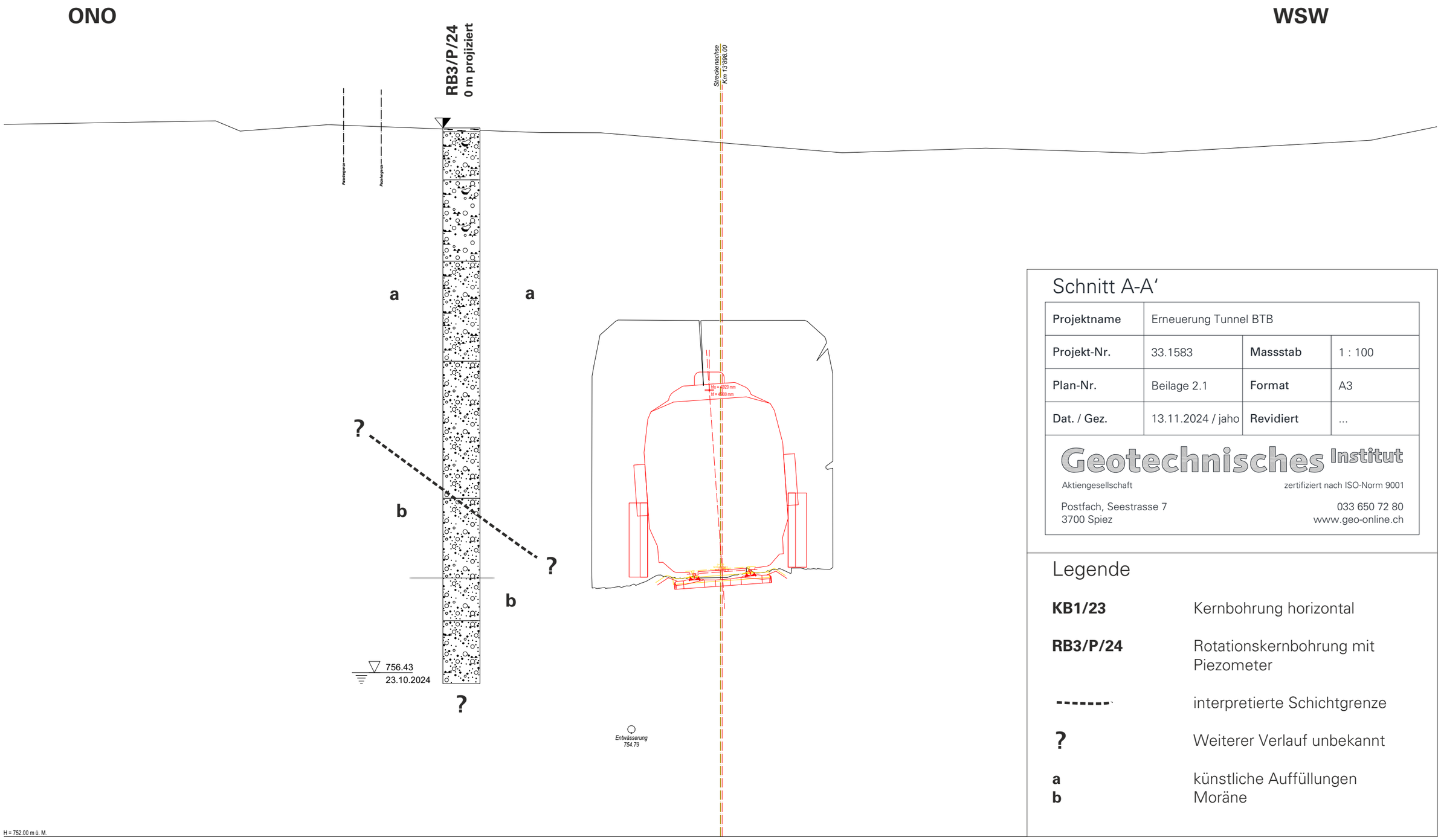
anerkannt nach SIA Norm 2060

033 690 72 62
www.geotechnisch.ch

I:\Projekt\30.1983_BTB_ALB\1983_PLUS_BTB.dwg

Legende

- RB1/P/24 — Rotationskernbohrung mit Piezometer Kernbohrung, horizontal
- KB1/23
- RS1/24 — Rammsondierung
- BS1/24 — Baggerschächte
- GI-S01a/23 — Gliessondierung



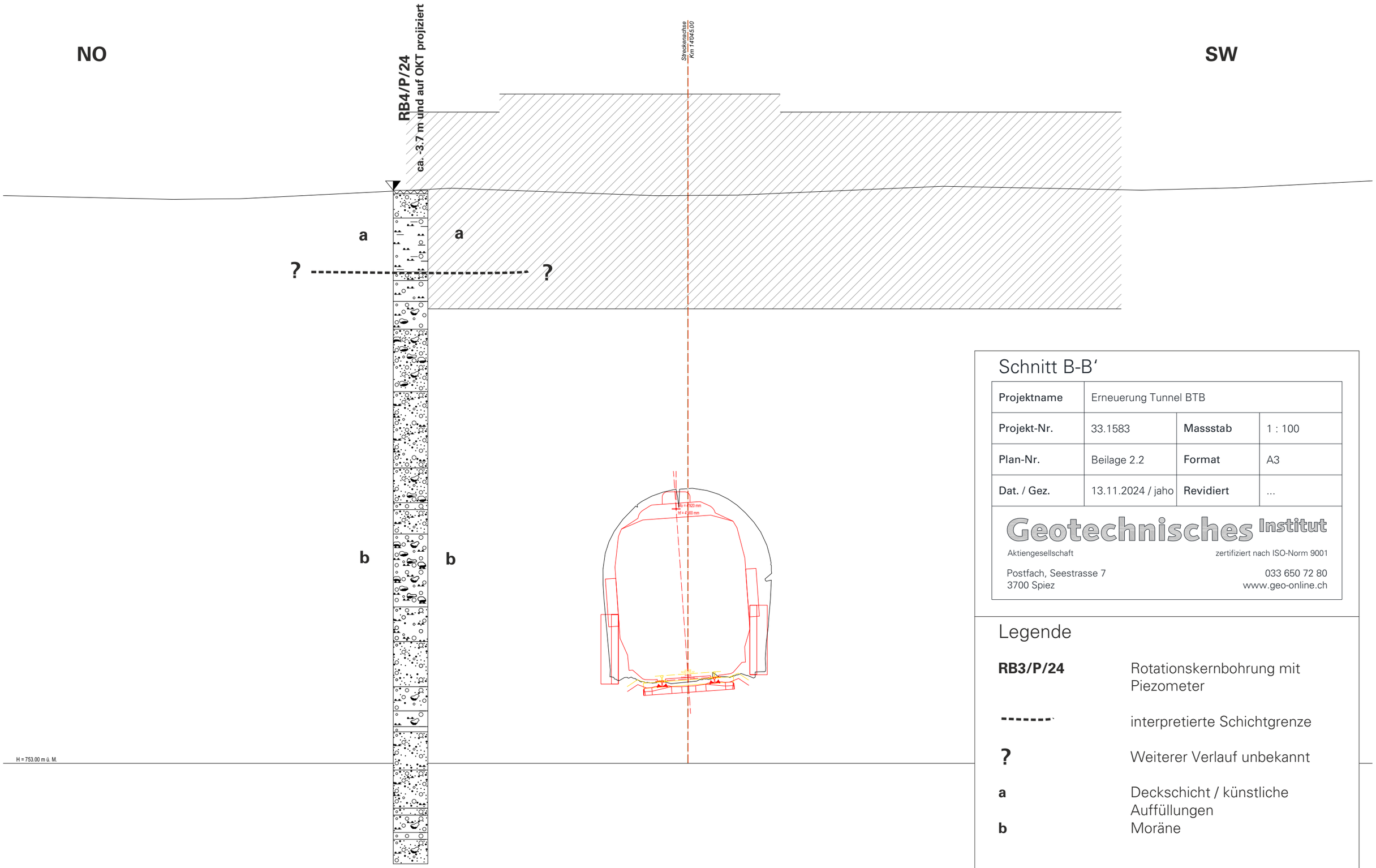
Schnitt A-A‘

Projektname	Erneuerung Tunnel BTB		
Projekt-Nr.	33.1583	**Massstab**	1 : 100
Plan-Nr.	Beilage 2.1	**Format**	A3
Dat. / Gez.	13.11.2024 / jaho	**Revidiert**	...

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach, Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 80
www.geo-online.ch

Legende

KB1/23	Kernbohrung horizontal
RB3/P/24	Rotationskernbohrung mit Piezometer
-------	interpretierte Schichtgrenze
?	Weiterer Verlauf unbekannt
a	künstliche Auffüllungen
b	Moräne



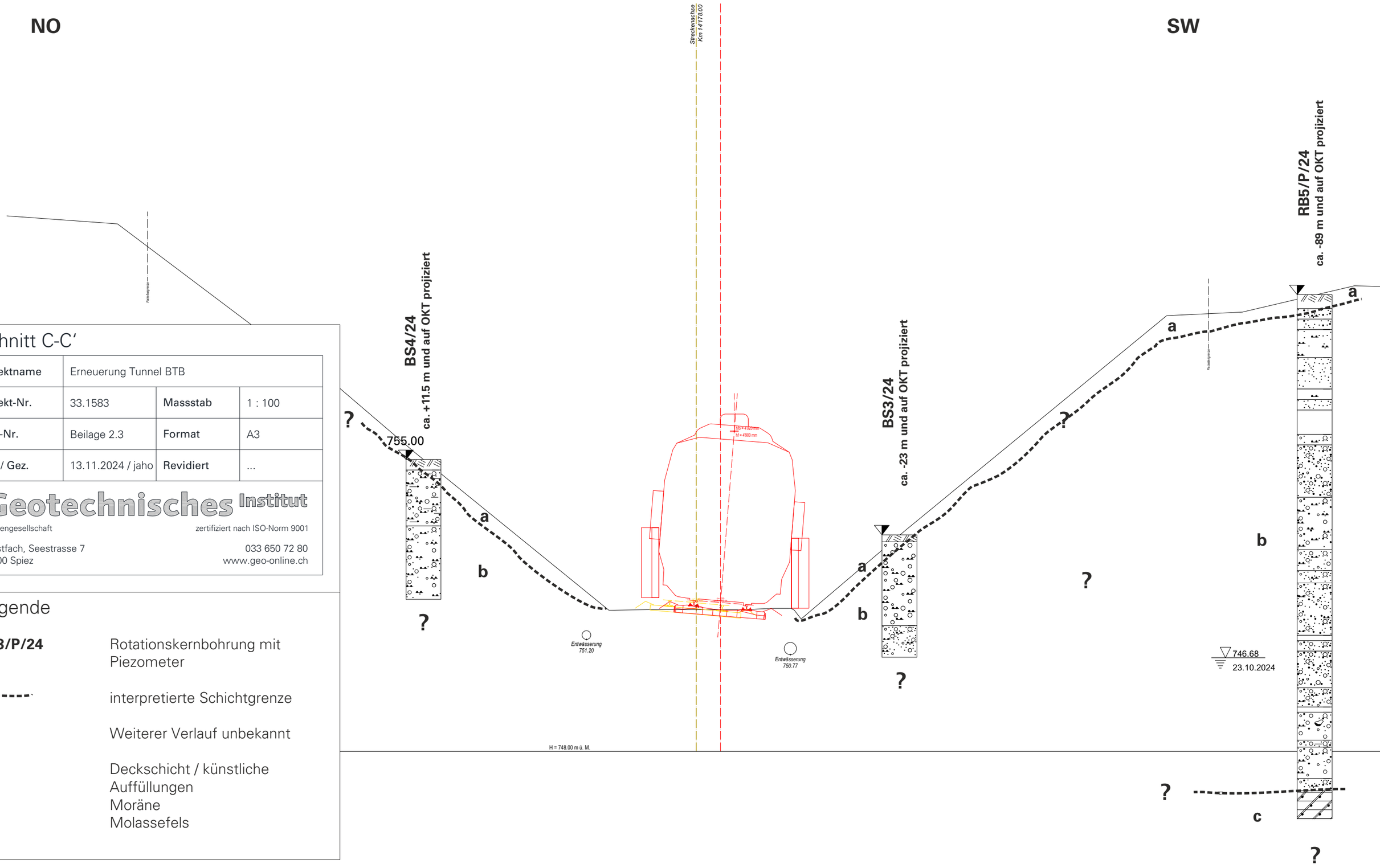
Schnitt B-B‘

Projektname	Erneuerung Tunnel BTB		
Projekt-Nr.	33.1583	**Massstab**	1 : 100
Plan-Nr.	Beilage 2.2	**Format**	A3
Dat. / Gez.	13.11.2024 / jaho	**Revidiert**	...

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach, Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 80
www.geo-online.ch

Legende

RB3/P/24	Rotationskernbohrung mit Piezometer
-------	interpretierte Schichtgrenze
?	Weiterer Verlauf unbekannt
a	Deckschicht / künstliche Auffüllungen
b	Moräne



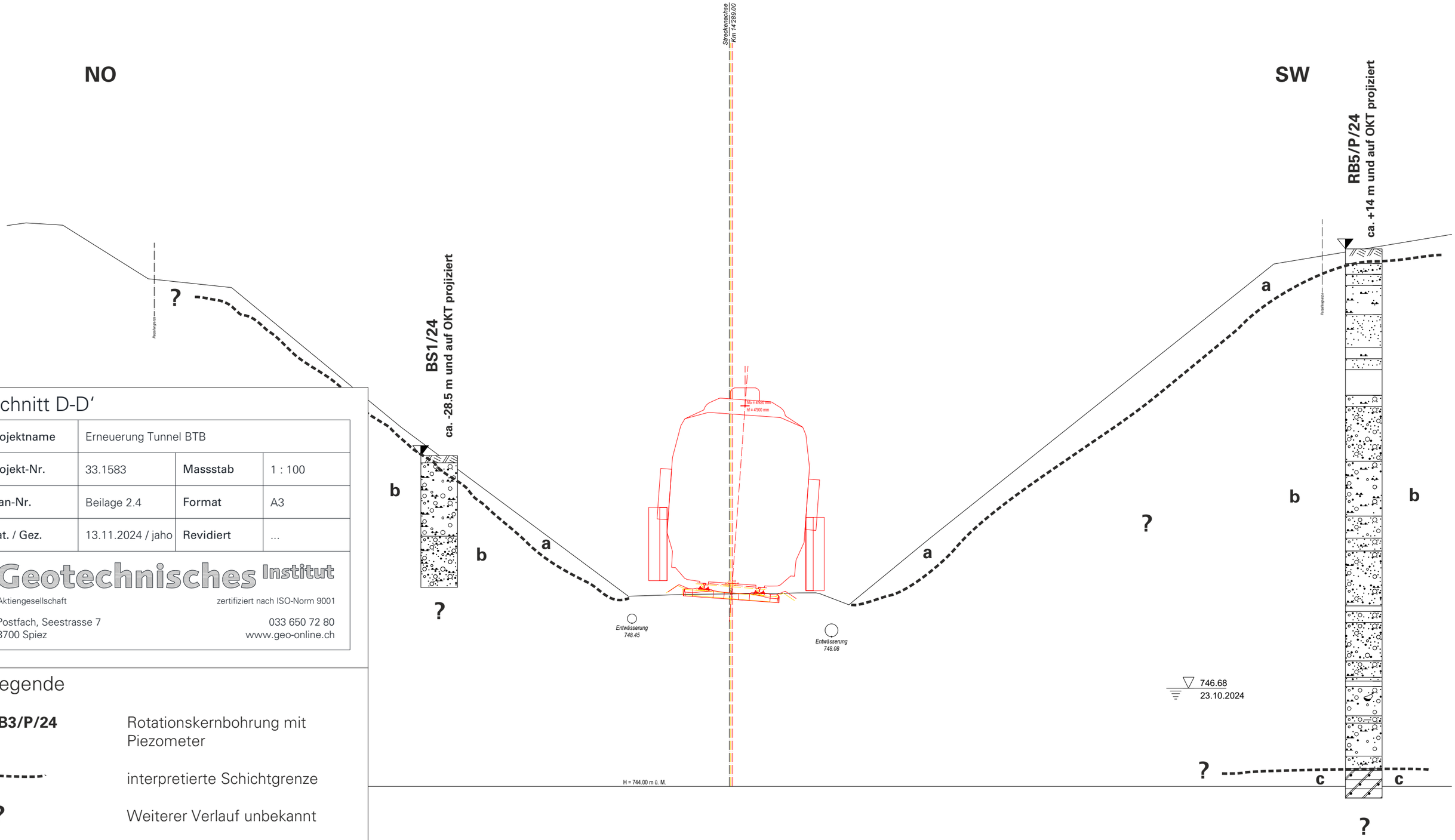
Schnitt C-C'

Projektname	Erneuerung Tunnel BTB		
Projekt-Nr.	33.1583	**Massstab**	1 : 100
Plan-Nr.	Beilage 2.3	**Format**	A3
Dat. / Gez.	13.11.2024 / jaho	**Revidiert**	...

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach, Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 80
www.geo-online.ch

Legende

RB3/P/24	Rotationskernbohrung mit Piezometer
----------	interpretierte Schichtgrenze
?	Weiterer Verlauf unbekannt
a	Deckschicht / künstliche Auffüllungen
b	Moräne
c	Molassefels



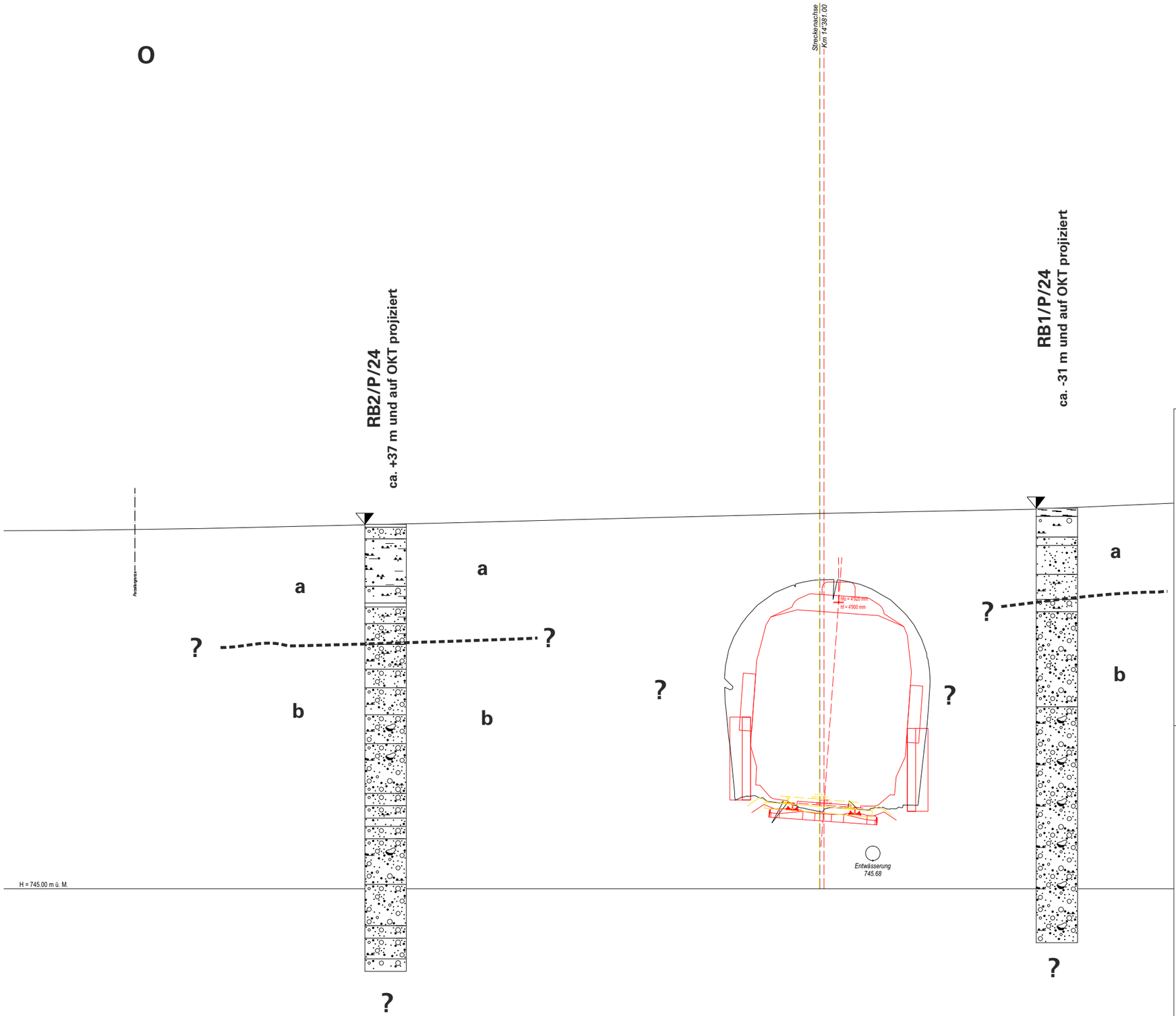
Schnitt D-D‘

Projektname	Erneuerung Tunnel BTB		
Projekt-Nr.	33.1583	**Massstab**	1 : 100
Plan-Nr.	Beilage 2.4	**Format**	A3
Dat. / Gez.	13.11.2024 / jaho	**Revidiert**	...

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach, Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 80
www.geo-online.ch

Legende

RB3/P/24	Rotationskernbohrung mit Piezometer
- - - - - -	interpretierte Schichtgrenze
?	Weiterer Verlauf unbekannt
a	Deckschicht / künstliche Auffüllungen
b	Moräne
c	Molassefels



Schnitt E-E'

Projektname	Erneuerung Tunnel BTB		
Projekt-Nr.	33.1583	Massstab	1 : 100
Plan-Nr.	Beilage 2.5	Format	A3
Dat. / Gez.	13.11.2024 / jaho	Revidiert	...

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach, Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 80
www.geo-online.ch

Legende

RB3/P/24	Rotationskernbohrung mit Piezometer
- - - - - -	interpretierte Schichtgrenze
?	Weiterer Verlauf unbekannt
a	Deckschicht / künstliche Auffüllungen
b	Moräne
c	Molassefels

Rotationskernbohrung RB1/P/24

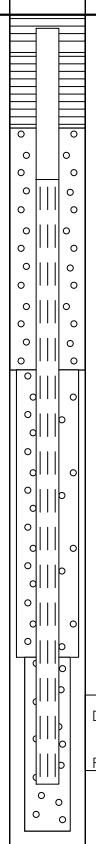
Geologische Aufnahme Dr. Samuel Weber

Beilage 3.1a

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Bauherrschaft	BLS Netz AG		
Bohrfirma	KIBAG AG		
Bohrmeister	Cédric Matter	Massstab	1:100
Ausführungsdatum	10.07.2024 - 11.07.2024	Projekt-Nr.	33.1583
Koordinaten	2615031 / 1195093	Projekt	Erneuerung Tunnel BTB
Höhe in m ü. M.	OKT: 752.81 OKR P1: 752.63		

Bohrart, - Ø	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Taschenpenetrometer [kN/m2]	Taschenscherflügel [kN/m2]	Grundwasserstand [m ü. M.] / Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s] (1E-6 1E-5 1E-4 1E-3 1E-2 1E-1)	Bohrlochmessungen (SPT, DMT, RQD, FVT)
Ø 168 mm				0.00 = 752.81							
				0.20		Deckschicht	Oberboden				
				0.70			Silt, schwach kiesig, dunkelbraun, erdfeucht				
				0.90			Sand, schwach siltig, beige, erdfeucht				
				1.60			Sand, beige, erdfeucht, teilweise verkittet				
				2.20			Feinsand, siltig, beige, erdfeucht				7, 11, 23
				2.50		Moräne	Kies, stark siltig, feinsandig, Kornform angerundet bis gerundet				
							Kies, sandig bis stark sandig, sauber bis schwach siltig, bis Sand, stark kiesig, sauber bis schwach siltig, erdfeucht bis trocken, lokal vermischt mit Bohrmehl, Kornform angerundet bis gerundet				11, 32, 31
				4.80			Kies, stark sandig, schwach siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform angerundet bis gerundet, beige, erdfeucht, lokal etwas verbacken, lokal mit Bohrmehl vermischt Vollkern 4.8 - 5.0 m; 7.1 - 7.9 m				
Ø 139 mm											16, 50
											50
Ø 101 mm			Dilatometerversuch RB1 9.0 - 10.0 m								50
				10.50							



Beilage 3.1a

Geotechnisches Institut

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Bohrkernaufnahme RB1/P/24

Beilage 3.1b

GI-Nr.: 33.1583

Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 752.81 m ü. M.	Unternehmung:	KIBAG Bohrungen AG
Koordinaten:	2'615'031 / 1'195'093	Bohrmeister:	Cédric Matter
Aufnahme:	Dr. Samuel Weber	Bohrdatum:	10. – 11.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
0.0 m 1.0 m 2.0 m		1.0 m 2.0 m 3.0 m
3.0 m 4.0 m 5.0 m		4.0 m 5.0 m 6.0 m
6.0 m 7.0 m 8.0 m		7.0 m 8.0 m 9.0 m

Geotechnisches Institut Telefon 033 650 72 82 info.sp@geo-online.com www.geo-online.com Seestrasse 7 Postfach 474 3700 Spiez	Bohrkernaufnahme RB1/P/24	Beilage 3.1b

GI-Nr.: 33.1583	Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 752.81 m ü. M.	Unternehmung:	KIBAG Bohrungen AG
Koordinaten:	2'615'031 / 1'195'093	Bohrmeister:	Cédric Matter
Aufnahme:	Dr. Samuel Weber	Bohrdatum:	10. – 11.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
9.0 m		10.0 m
10.0 m		11.0 m
11.0 m		12.0 m

Rotationskernbohrung RB2/P/24

Geologische Aufnahme	Daniel Bader	Beilage	3.2a

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft — zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Bauherrschaft	BLS Netz AG		
Bohrfirma	KIBAG AG		
Bohrmeister	Cédric Matter	Massstab	1:100
Ausführungsdatum	05.07.2024- 05.07.2024	Projekt-Nr.	33.1583
Koordinaten	2615040 / 1195163	Projekt	Erneuerung Tunnel BTB
Höhe in m ü. M.	OKT: 755.72 OKR P1: 755.55		

Bohrart, - Ø	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Taschenpenetrometer [kN/m2]	Taschenscherflügel [kN/m2]	Bohrlochmessungen (SPT, DMT, RQD, FVT)
Ø 168 mm				0.00 = 755.72					
				0.07	k. A.	Schwarzbelag			
				0.35	Deckschicht	Kies, sandig, sauber, Kornform gerundet, graubraun, trocken			
				1.50		Silt, tonig, schwach sandig, braun, steif bis hart, erdfeucht bis trocken, einzlene Kiesel, graue Horizontlagen			
				1.90		Silt, schwach tonig, schwach sandig, schwach kiesig, braun, steif bis hart, erdfeucht bis trocken			
				2.00					3
				2.40		Stein, gut gerundet			3 4
				2.90		Silt, sandig, schwach kiesig, schwach tonig, braun, steif bis hart, erdfeucht bis trocken			
				3.50	Moräne	Silt, sandig, stark kiesig, schwach tonig, Kornform kantengerundet bis gerundet, braun, steif bis hart, erdfeucht			
				3.95		Kies, sandig, siltig bis stark siltig, schwach tonig, Kornform kantengerundet bis gerundet, hellbraun, hart bis dicht gelagert, trocken			5 8 11
				4.60		Kies, sandig, sauber, mit viel Bohrmehl, Kornform kantengerundet bis gerundet, grau, trocken			
				5.30		Kies, sandig, schwach siltig, Kornform kantengerundet bis gerundet, ocker, hart bis dicht gelagert, erdfeucht bis trocken			
Ø 139 mm				6.50					50
				6.80		Kies, sandig, schwach siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform kantengerundet bis gut gerundet, hellgrau, hart, trocken, teils zerbohrt			
				7.10					
				7.30		Kies, stark sandig, sauber bis schwach siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform kantengerundet bis gut gerundet, ocker, trocken			
				7.60					
			RB2 8.0 - 8.4 m						26
				8.70		Kies, sandig, schwach siltig, mit Bohrmehl, Kornform kantengerundet bis gerundet, hellgrau, trocken			50
			Dilatometerversuch						
				9.70		Kies, sandig, siltig, Kornform kantengerundet bis gerundet, ockerbraun, erdfeucht			
				10.00		Sand, Silt, schwach tonig, ockerbraun, erdfeucht			
				10.50		Kies, sandig, schwach siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform kantig bis kantengerundet, ockerbraun, trocken			50
				10.80					
						Kies, sandig, sauber bis schwach siltig, mit vereinzelt Steinen, mit viel Bohrmehl, lokale Verkittungen, Kornform kantengerundet bis gerundet, trocken			
						Kies bis Sand, sauber, Kornform angerundet bis gerundet, braun, erdfeucht bis trocken			
						Kies, sandig, schwach siltig, Kornform kantengerundet bis gerundet, braun, erdfeucht			
						Kies bis Sand, sauber bis schwach siltig, Kornform kantengerundet bis gerundet, braun, erdfeucht bis trocken			
						Kies, schwach sandig, mit vereinzelt Steinen, mit Bohrmehl, Kornform scharfkantig, hellgrau, trocken			

Grundwasserstand [m ü. M.]

Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]: 1E-6 1E-5 1E-4 1E-3 1E-2 1E-1

Bemerkungen

k. A. = künstliche Auffüllungen

Beilage 3.2a

Geotechnisches Institut

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Bohrkernaufnahme RB2/P/24

Beilage 3.2b

GI-Nr.: 33.1583

Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 755.72 m ü. M.	Unternehmung:	KIBAG Bohrungen AG
Koordinaten:	2'615'040 / 1'195'163	Bohrmeister:	Cédric Matter
Aufnahme:	Daniel Bader	Bohrdatum:	05.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
0.0 m 1.0 m 2.0 m		1.0 m 2.0 m 3.0 m
3.0 m 4.0 m 5.0 m		4.0 m 5.0 m 6.0 m
6.0 m 7.0 m 8.0 m		7.0 m 8.0 m 9.0 m

Geotechnisches Institut	Bohrkernaufnahme RB2/P/24	Beilage 3.2b
Telefon 033 650 72 82 info.sp@geo-online.com www.geo-online.com Seestrasse 7 Postfach 474 3700 Spiez		

GI-Nr.: 33.1583	Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 755.72 m ü. M.	Unternehmung:	KIBAG Bohrungen AG
Koordinaten:	2'615'040 / 1'195'163	Bohrmeister:	Cédric Matter
Aufnahme:	Daniel Bader	Bohrdatum:	05.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
9.0 m 10.0 m		10.0 m 11.0 m

Rotationskernbohrung RB3/P/24

Geologische Aufnahme Dr. Samuel Weber

Beilage 3.3a

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Bauherrschaft	BLS Netz AG		
Bohrfirma	KIBAG AG		
Bohrmeister	Cédric Matter	Massstab	1:100
Ausführungsdatum	29.07.2024- 30.07.2024	Projekt-Nr.	33.1583
Koordinaten	2614784 / 1195519	Projekt	Erneuerung Tunnel BTB
Höhe in m ü. M.	OKT: 771.13 OKR P1: 771.00		

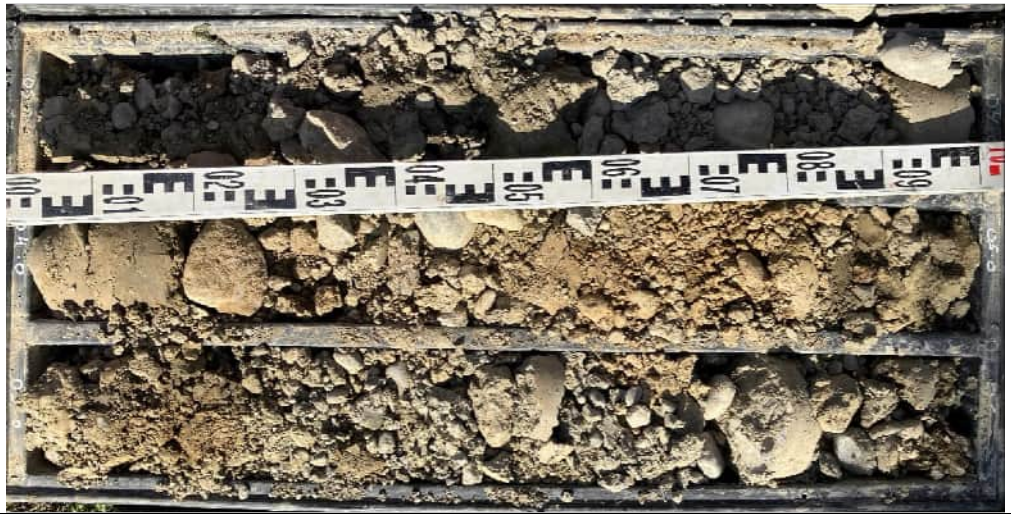
Bohrart, - Ø	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Taschenpenetrometer [kN/m2]	Taschenscherflügel [kN/m2]	Grundwasserstand [m ü. M.] / Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s] (1E-6 1E-5 1E-4 1E-3 1E-2 1E-1)	Bohrlochmessungen (SPT, DMT, RQD, FVT)
				0.00 = 771.13							
Ø 203 mm				0.10			Oberboden				
				1.40			Kies, sandig, siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform angerundet bis gerundet, dunkelbeige, trocken bis erdfeucht				
			2.2-2.5 m				Kies, stark siltig, schwach sandig, mit vereinzelt Steinen, Kornform angerundet bis kantig, dunkelbraun bis schwarz, mit viel Schwarzbelag, lokal starker Geruch nach Asphalt				1 4 5
Ø 168 mm				3.60		künstliche Auffüllung	Kies, sandig, schwach siltig bis lokal siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform angerundet bis gerundet, trocken bis erdfeucht, lokal mit etwas Schwarzbelag, lokal mit unangenehmem Geruch Wasserzutritt bei 4.6 m (gemäss Bohrmeister)				50
Ø 139 mm				6.30			Sand, stark kiesig, siltig, mit vereinzelt Steinen bis Kies, sandig, schwach siltig bis siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform angerundet bis gerundet, braun, erdfeucht, bei 7.4 m einzelnes Betonbruchstück, bei 9.3 m - 9.4 m geotextilartige Fasern				4 11 7 11 17 25
				10.00			Sand, schwach kiesig bis kiesig, lokal stark kiesig, Kornform angerundet bis gerundet, hellbraun, erdfeucht				50
Ø 101 mm			Dilatometerversuch RB3 10.5-12 m			Moräne					50
Ø 139 mm				13.30			Kies, sandig bis stark sandig, sauber bis schwach siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform angerundet bis gerundet, erdfeucht, ab 14.5 m nass Wasserzutritt bei 14.5 m (gemäss Bohrmeister)				50
				15.00						756.43 23.10.2024	

Beilage 3.3a

Geotechnisches Institut	Bohrkernaufnahme RB3/P/24	Beilage 3.3b
Telefon 033 650 72 82 info.sp@geo-online.com www.geo-online.com Seestrasse 7 Postfach 474 3700 Spiez		

GI-Nr.: 33.1583	Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

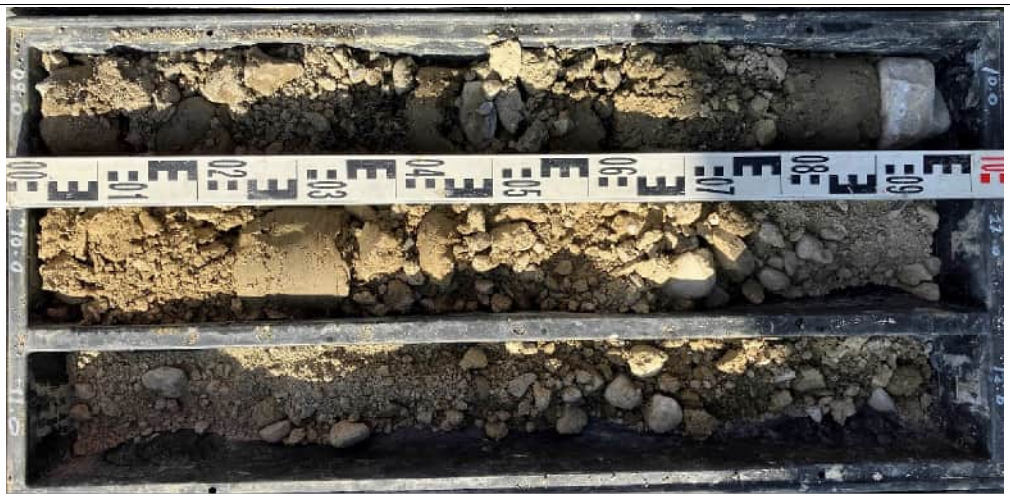
Höhe:	OKT ca. 771.13 m ü. M.	Unternehmung:	KIBAG Bohrungen AG
Koordinaten:	2'614'784 / 1'195'519	Bohrmeister:	Cédric Matter
Aufnahme:	Dr. Samuel Weber	Bohrdatum:	29. – 30.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
0.0 m 1.0 m 2.0 m		1.0 m 2.0 m 3.0 m
3.0 m 4.0 m 5.0 m		4.0 m 5.0 m 6.0 m
6.0 m 7.0 m 8.0 m		7.0 m 8.0 m 9.0 m

Geotechnisches Institut	Bohrkernaufnahme RB3/P/24	Beilage 3.3b
Telefon 033 650 72 82 info.sp@geo-online.com www.geo-online.com Seestrasse 7 Postfach 474 3700 Spiez		

GI-Nr.: 33.1583	Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 771.13 m ü. M.	Unternehmung:	KIBAG Bohrungen AG
Koordinaten:	2'614'784 / 1'195'519	Bohrmeister:	Cédric Matter
Aufnahme:	Dr. Samuel Weber	Bohrdatum:	29. – 30.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
9.0 m 10.0 m 11.0 m		10.0 m 11.0 m 12.0 m
12.0 m 13.0 m 14.0 m		13.0 m 14.0 m 15.0 m

Rotationskernbohrung RB4/P/24

Geologische Aufnahme	Janine Sturny	Beilage	3.4a

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft — zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Bauherrschaft	BLS Netz AG		
Bohrfirma	KIBAG AG		
Bohrmeister	Cédric Matter	Massstab	1:100
Ausführungsdatum	15.07.2024- 16.07.2024	Projekt-Nr.	33.1583
Koordinaten	2614857 / 1195395	Projekt	Erneuerung Tunnel BTB
Höhe in m ü. M.	OKT: 769.05 OKR P1: 768.85		

Bohrart, - Ø: Ø 244 mm; Ø 203 mm; Ø 168 mm; Ø 139 mm; Ø 101 mm; Ø 139 mm

Kernzüge — Bohrlochausbau — Proben — Tiefe — Profil — Geologie — Taschenpenetrometer [kN/m2] — Taschenscherflügel [kN/m2] — Grundwasserstand [m ü. M.] — Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s] (1E-6, 1E-5, 1E-4, 1E-3, 1E-2, 1E-1) — Bohrlochmessungen (SPT, DMT, RQD, FVT)

0.00 = 769.05

Tiefe	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Bohrlochmessungen (SPT, DMT, RQD, FVT)
0.10	k. A.	Pflastersteine	
0.80	Deckschicht	Kies, stark sandig, mit vereinzelt Steinen, vermischt mit Bohrmehl, Kornform kantig bis gerundet, hellbraun, locker gelagert, erdfeucht	
2.35	Deckschicht	Silt, schwach kiesig, schwach tonig bis tonig, mit vereinzelt Steinen, Kornform scharfkantig bis gerundet, braun bis dunkelbraun, hart bis sehr hart, erdfeucht	4, 5, 5
2.60	Moräne	Kies, stark siltig, sandig, mit vereinzelt Steinen, grau, hart bis sehr hart, trocken, verbacken	
3.20	Moräne	Silt, kiesig, Kornform scharfkantig bis gerundet, braun, sehr hart, erdfeucht bis feucht	
4.00	Moräne	Kies bis Steine (Durchmesser ca. 15 cm), siltig, Kornform scharfkantig bis gerundet, hellbraun bis beige, sehr hart, trocken	50
5.80	Moräne	Kies, stark sandig, mit reichlich Steinen (Durchmesser ca. 10-15 cm), lokal vermischt mit Bohrmehl, Kornform scharfkantig bis gerundet, braun, locker gelagert, erdfeucht bis feucht	
8.00	Moräne	Kies, stark sandig, schwach siltig bis siltig, mit Steinen, lokal vermischt mit Bohrmehl, Kornform scharfkantig bis gerundet, braun, locker gelagert, trocken bis erdfeucht	18, 21, 15
9.00	Moräne	Kies, stark sandig, mit Steinen, lokal vermischt mit Bohrmehl, Kornform scharfkantig bis gerundet, braun, locker gelagert, erdfeucht bis feucht	50
9.20	Moräne	Silt, stark kiesig, schwach sandig, breiig, nass	
9.90	Moräne	Kies, stark sandig, schwach siltig bis siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform scharfkantig bis gerundet, braun, locker gelagert, feucht bis nass	50
12.00	Moräne	Kies, stark siltig, mit Steinen bis mit reichlich Steinen, vermischt mit Bohrmehl, Kornform scharfkantig bis gerundet, beige bis braun, locker gelagert, trocken bis erdfeucht	
RB4 12.0 - 13.0 m	Moräne	Silt, schwach sandig, kiesig bis stark kiesig, vermischt mit Bohrmehl, beige, trocken bis erdfeucht	50
13.00	Moräne	Sand, schwach kiesig bis kiesig, braun, trocken bis nass	
Dilatometerversuch	Moräne	Kies, schwach sandig, schwach siltig, mit vereinzelt Steinen, vermischt mit Bohrmehl, Kornform scharfkantig bis angerundet, hellbraun, locker gelagert, trocken bis erdfeucht	
14.30	Moräne	Silt, schwach kiesig, mit vereinzelt Steinen, vermischt mit Bohrmehl, trocken	
RB4 13.5 - 15.0 m	Moräne	Kies, stark siltig, Kornform kantig bis gerundet, hellbraun, locker gelagert, trocken	
15.00	Moräne	Sand, kiesig, schwach siltig, Kornform kantig bis gerundet, braun, erdfeucht bis feucht, lokal etwas verbacken	
15.45	Moräne	Kies, stark sandig, schwach siltig bis siltig, mit Steinen, lokal vermischt mit Bohrmehl, Kornform scharfkantig bis angerundet, beige bis braun, trocken	50
15.60	Moräne	Sand, schwach kiesig, schwach siltig, braun, feucht	
16.70	Moräne	Kies bis Steine, schwach sandig, siltig, Kornform scharfkantig bis gerundet, braun, erdfeucht bis nass	50
17.80	Moräne	Kies bis Steine, stark siltig, vermischt mit viel Bohrmehl, hellbraun, trocken	
18.00	Moräne	Sand, kiesig, schwach siltig, mit Steinen, Kornform kantig bis gerundet, braun, erdfeucht	
18.50	Moräne		
18.70	Moräne		
19.40	Moräne		

Bemerkungen

k. A. = künstliche Auffüllungen

Beilage 3.4a

Geotechnisches Institut
Telefon 033 650 72 80
Fax 033 650 72 88
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com
Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Rotationskernbohrung RB4/P/24

Beilage 3.4b

GI-Nr.: 33.1583	Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	769.05 m ü. M.	Unternehmung:	KIBAG AG
Koordinaten:	2'614'857 / 1'195'395	Bohrmeister:	Cédric Matter
Aufnahme:	J. Sturny	Bohrdatum:	15. – 16.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
0.0 m		1.0 m
1.0 m		2.0 m
2.0 m		3.0 m
3.0 m		4.0 m
4.0 m		5.0 m
5.0 m		6.0 m

Geotechnisches Institut
Telefon 033 650 72 80
Fax 033 650 72 88
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com
Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Rotationskernbohrung RB4/P/24

Beilage 3.4b

GI-Nr.: 33.1583	Objekt: Erneuerung Tunnel BTB
Höhe: 769.05 m ü. M. Koordinaten: 2'614'857 / 1'195'395 Aufnahme: J. Sturny	Unternehmung: KIBAG AG Bohrmeister: Cédric Matter Bohrdatum: 15. – 16.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
6.0 m		7.0 m
7.0 m		8.0 m
8.0 m		9.0 m
9.0 m		10.0 m
10.0 m		11.0 m
11.0 m		12.0 m

Geotechnisches Institut
Telefon 033 650 72 80
Fax 033 650 72 88
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com
Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Rotationskernbohrung RB4/P/24

Beilage 3.4b

GI-Nr.: 33.1583	Objekt: Erneuerung Tunnel BTB
Höhe: 769.05 m ü. M. Koordinaten: 2'614'857 / 1'195'395 Aufnahme: J. Sturny	Unternehmung: KIBAG AG Bohrmeister: Cédric Matter Bohrdatum: 15. – 16.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
12.0 m		13.0 m
13.0 m		14.0 m
14.0 m		15.0 m
15.0 m		16.0 m
16.0 m		17.0 m
17.0 m		18.0 m
18.0 m		19.0 m
19.0 m		20.0 m

Rotationskernbohrung RB5/P/24

Geologische Aufnahme	J. Hoffmann	Beilage	3.5a

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft — zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Bauherrschaft	BLS Netz AG		
Bohrfirma	KIBAG AG		
Bohrmeister	Cédric Matter	Massstab	1:100
Ausführungsdatum	18.07.2024 - 19.07.2024	Projekt-Nr.	33.1583
Koordinaten	2614991 / 1195220	Projekt	Erneuerung Tunnel BTB
Höhe in m ü. M.	OKT: 759.31 OKR P1: 760.03		

Bohrart, - Ø: Ø 203.0 mm; Ø 168.0 mm; Ø 101.0 mm; Ø 139.0 mm

Kernzüge: Bohrlochausbau

Proben: RB5 3.45 - 4.1 m; Dilatometerversuch

Tiefe / Profil: 0.00 = 759.31

Tiefe	Geologie	Geotechnische Beschreibung
0.40	Deck-schicht	Geländeoberfläche mit Grasnarbe
0.70		Sand, schwach siltig bis siltig, braun, erdfeucht
1.00		Sand, schwach siltig, braun, erdfeucht
1.80		Silt, schwach feinsandig, Kornform gerundet bis gut gerundet, hellbraun, mit vereinzelt Kies
		Feinsand, schwach siltig, ziemlich sauber, graubeige, erdfeucht
2.70		Silt, graubeige, trocken bis erdfeucht
3.00		Feinsand, graubeige, trocken bis erdfeucht, ziemlich sauber
3.30		Probe in Stahlzylinder
4.00		Silt, schwach kiesig, schwach feinsandig, Kornform gerundet, graubeige, trocken bis erdfeucht
4.30	Moräne	Kies, sandig bis stark sandig, ziemlich sauber, Kornform angerundet bis gerundet, beige, trocken bis erdfeucht, mit vereinzelt Steinen, polylithisch, gegen unten weniger Sand
5.80		Silt, schwach kiesig bis kiesig, schwach sandig, stellenweise lagig, Kornform kantig bis gerundet, ocker, steif bis hart, trocken bis erdfeucht, polylithisch, Vollkern
7.30		Kies, siltig, feinsandig, Kornform kantengerundet bis gerundet, beigegrau, polylithisch
7.90		Feinsand, Silt, schwach kiesig, Kornform angerundet bis gerundet, beigegrau, trocken bis erdfeucht, Vollkern
8.25		Sand, schwach kiesig bis kiesig, schwach siltig bis siltig, Kornform kantig bis gerundet, hellbraungrau, trocken, polylithisch
		Silt, braun, erdfeucht
9.75		Kies, Sand, schwach siltig, Kornform angerundet bis gerundet, graubeige, trocken, polylithisch
9.90		
10.20		Kies, stark sandig bis Sand, stark kiesig, Kornform kantig bis gerundet, braungrau, erdfeucht, ziemlich sauber, polylithisch
11.25		Kies, sandig, siltig, Kornform kantig bis angerundet, hellgrau, trocken, mit Steinen, polylithisch
11.80		
11.95		Silt, braun, erdfeucht, lagig
12.75		Kies, schwach sandig, schwach siltig, mit Steinen, Kornform kantig bis angerundet, hellgrau bis ocker, polylithisch
12.95		Silt, Sand, Kies, Ton, braun, erdfeucht bis nass, polylithisch, Vollkern
13.85		Kies, schwach sandig, schwach siltig bis siltig, mit Steinen, Kornform kantig bis angerundet, hellgrau bis ocker, polylithisch, feinkornreichere Lagen hart (Vollkern-Scheiben)
14.20	Mol. (verw.)	Wasserzutritt bei 13.30 m (gemäss Bohrmeister)
15.00		Sand, siltig, schwach kiesig, Kornform kantengerundet bis gerundet, beige, polylithisch
		stark verwitterter Fein- bis Mittelsandstein, graugrün

Taschenpenetrometer [kN/m2]

Taschenscherflügel [kN/m2]

Grundwasserstand [m ü. M.]

Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s]: 1E-6, 1E-5, 1E-4, 1E-3, 1E-2, 1E-1

Grundwasserstand:
- 746.71 — 19.07.2024
- 746.68 — 23.10.2024
- 746.64 — 23.08.2024

Bohrlochmessungen (SPT, DMT, RQD, FVT): 5, 17, 20; 22, 23, 25; 50; 50; 50; 42, 50

Bemerkungen

Mol. (verw.) = Molasse (verwittert)

Beilage 3.5a

Geotechnisches Institut

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Bohrkernaufnahme RB5/P/24

Beilage 3.5b

GI-Nr.: 33.1583

Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 759.31 m ü. M.	Unternehmung:	KIBAG Bohrungen AG
Koordinaten:	2'614'991 / 1'195'220	Bohrmeister:	Cédric Matter
Aufnahme:	J. Hoffmann	Bohrdatum:	18. – 19.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
0.0 m 1.0 m 2.0 m		1.0 m 2.0 m 3.0 m
3.0 m 4.0 m 5.0 m		4.0 m 5.0 m 6.0 m
6.0 m 7.0 m 8.0 m		7.0 m 8.0 m 9.0 m

Geotechnisches Institut	Bohrkernaufnahme RB5/P/24	Beilage 3.5b
Telefon 033 650 72 82 info.sp@geo-online.com www.geo-online.com Seestrasse 7 Postfach 474 3700 Spiez		

GI-Nr.: 33.1583	Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 759.31 m ü. M.	Unternehmung:	KIBAG Bohrungen AG
Koordinaten:	2'614'991 / 1'195'220	Bohrmeister:	Cédric Matter
Aufnahme:	J. Hoffmann	Bohrdatum:	18. – 19.07.2024

Tiefe	Fotodokumentation der Bohrkerne	Tiefe
9.0 m 10.0 m 11.0 m		10.0 m 11.0 m 12.0 m
12.0 m 13.0 m 14.0 m		13.0 m 14.0 m 15.0 m

Baggerschlitz BS1/24

Geologische Aufnahme:
J. Hoffmann

Beilage 4.1a

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	
Ort:	Grosshöchstetten
Ausführungsdatum:	22.05.2024
Koordinaten (ca.):	2615026 / 1195192
Höhe OKT:	ca. 750 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:25

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Profil	Geologie	Schichtbeschrieb	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscher-flügel (TS) [kN/m2]
750	0.20		Deck-schicht	Geländeoberfläche mit Grasnarbe				
			Moräne	Kies, siltig bis stark siltig, schwach sandig bis sandig, tonig, Kornform angerundet bis gerundet, beige, erdfeucht bis nass, mit vereinzelt Steinen und Blöcke, geringfügiger Wasserzutritt bei ca. -0.8 m u. OKT				
749								
748	2.20			Sand, stark kiesig bis Kies, stark sandig, Kornform angerundet bis gerundet, graubeige, erdfeucht, mit Steinen und Blöcke, Einschaltung von beigen, feinsandigen/siltigen Lagen mit wenig Kies im dm-Bereich aufgestanden auf Blöcken				
747	3.60							

Geotechnisches Institut

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Baggerschlitz BS1/24

Beilage 4.1b

GI-Nr.: 33.1583

Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 750 m ü. M.	Unternehmung:	BLS
Koordinaten:	2615026 / 1195192	Bohrdatum:	22.05.2024
Aufnahme:	J. Hoffmann		

Fotodokumentation Baggerschlitz

Baggerschlitz BS3/24

Geologische Aufnahme:
J. Hoffmann

Beilage 4.2a

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	
Ort:	Grosshöchstetten
Ausführungsdatum:	22.05.2024
Koordinaten (ca.):	2614962 / 1195288
Höhe OKT:	ca. 752 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:25

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Profil	Geologie	Schichtbeschrieb	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscher-flügel (TS) [kN/m2]
	0.20		Deck-schicht	Geländeoberfläche mit Grasnarbe				
752			Moräne	Kies, stark siltig bis Silt, stark kiesig, schwach sandig, hangseitig zuoberst auch schwach tonig, Kornform angerundet bis gut gerundet, beige, erdfeucht, mit wenig Steinen und vereinzelten Blöcken, Übergangsbereich 2.1 - 2.6 m: zunehmender Siltgehalt	BS3/24 0.2 - 2.6 m			
751								
750	2.60			Silt bis Feinsand, kiesig bis stark kiesig, Kornform angerundet bis gerundet, graubeige, erdfeucht, mit Steinen und Blöcke, aufgestanden auf Block	BS3/24 2.6 - 3.5 m			
749	3.50							

Geotechnisches Institut

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Baggerschlitz BS3/24

Beilage 4.2b

GI-Nr.: 33.1583

Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 752 m ü. M.	Unternehmung:	BLS
Koordinaten:	2614962 / 1195288	Bohrdatum:	22.05.2024
Aufnahme:	J. Hoffmann		

Fotodokumentation Baggerschlitz

Baggerschlitz BS4/24

Geologische Aufnahme:
J. Hoffmann

Beilage 4.3a

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	
Ort:	Grosshöchstetten
Ausführungsdatum:	23.05.2024
Koordinaten (ca.):	2614947 / 1195318
Höhe OKT:	ca. 755 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:25

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Geologie	Schichtbeschrieb	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscherflügel (TS) [kN/m2]
755		Deckschicht	Geländeoberfläche mit Grasnarbe				
	0.30	Moräne	Kies, Silt, tonig, schwach sandig, Kornform gerundet bis gut gerundet, beige, erdfeucht, mit vereinzelt Steinen und Blöcken, zwischen 0.3 - 1.5 m hangseits: Silt, tonig, kiesig				
754							
	1.90		Silt, schwach feinsandig, schwach kiesig bis kiesig, Kornform gerundet bis gut gerundet, graubeige, erdfeucht, mit vereinzelt Steinen und Blöcken, gegen unten zunehmender Silt-Gehalt				
753							
752							
751	4.00						

Geotechnisches Institut

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Baggerschlitz BS4/24

Beilage 4.3b

GI-Nr.: 33.1583

Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 755 m ü. M.	Unternehmung:	BLS
Koordinaten:	2614947 / 1195318	Bohrdatum:	23.05.2024
Aufnahme:	J. Hoffmann		

Fotodokumentation Baggerschlitz

Baggerschlitz BS5/24

Geologische Aufnahme:
J. Hoffmann

Beilage 4.4a

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	
Ort:	Grosshöchstetten
Ausführungsdatum:	23.05.2024
Koordinaten (ca.):	2614913 / 1195333
Höhe OKT:	ca. 755 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:25

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Geologie	Schichtbeschrieb	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscherflügel (TS) [kN/m2]
	0.20	Deckschicht	Geländeoberfläche mit Grasnarbe				
754, 753	1.80	Moräne	Silt, stark kiesig bis Kies, stark siltig, schwach tonig bis tonig, Kornform angerundet bis gut gerundet, beige, erdfeucht, mit vereinzelt Steinen	BS5/24 0.2 - 2.2 m			
	2.30	Moräne	Sand, stark kiesig bis Kies stark sandig, Kornform angerundet bis gut gerundet, graubeige, erdfeucht, i.W. als dm-mächtige Einschaltungen in siltigen Ablagerungen (obere Schicht)				
752, 751	4.00	Moräne	Kies, siltig bis sandig, schwach tonig bis tonig, Kornform angerundet bis gut gerundet, beige, erdfeucht, mit Steinen, mit vereinzelt Blöcke, stellenweise sauberer, schwach kiesiger bis kiesiger Sand aufgestanden auf Blöcken	BS5/24 2.2 - 3.6 m			

Geotechnisches Institut

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Baggerschlitz BS5/24

Beilage 4.4b

GI-Nr.: 33.1583

Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 755 m ü. M.	Unternehmung:	BLS
Koordinaten:	2614913 / 1195333	Bohrdatum:	23.05.2024
Aufnahme:	J. Hoffmann		

Fotodokumentation Baggerschlitz

Baggerschlitz BS1/26

Geologische Aufnahme:
J. Hoffmann

Beilage 4.5a

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	Frutiger AG
Ort:	Grosshöchstetten
Ausführungsdatum:	14.04.2026
Koordinaten (ca.):	2614734 / 1195931
Höhe OKT:	ca. 768 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
Krattigstrasse 4
3700 Spiez
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583.002

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:25

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Geologie	Schichtbeschrieb	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscherflügel (TS) [kN/m2]
768	0.05	Deckschicht	Grasnarbe				
	0.30		Humoser Boden: Silt, schwach sandig, schwach tonig, sehr schwach kiesig, durchwurzelt dunkelbraun, erdfeucht				
767		Moraine	Silt, Kies, steinig, feinsandig bis sandig, mit Blöcken, Kornform i. W. kantengerundet bis angerundet, graubeige, dicht gelagert, trocken bis erdfeucht, Grobkomponenten polygenetisch: Grobsandsteine, Granitoide, Gneise				
	2.05		Silt, Feinsand, graubeige, trocken bis erdfeucht				
766	2.10		Silt, Kies, steinig, feinsandig bis sandig, mit Blöcken, Kornform kantengerundet bis angerundet, graubeige, dicht gelagert, trocken bis erdfeucht, Grobkomponenten polygenetisch: Grobsandsteine, Granitoide, Gneise gegen unten mehr Feinanteile				
	2.60		Sondage infolge beengter Platzverhältnisse beendet.				

Geotechnisches Institut	Baggerschlitz BS1/26	Beilage 4.5b

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

GI-Nr.: 33.1583	Objekt: Erneuerung Tunnel BTB
Höhe: OKT ca. 768 m ü. M. Koordinaten: 2614734 / 1195931 Aufnahme: J. Hoffmann	Unternehmung: Frutiger AG Bohrdatum: 14.04.2026

Fotodokumentation Baggerschlitz

Baggerschlitz BS2/26

Geologische Aufnahme:
J. Hoffmann

Beilage 4.6a

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	Frutiger AG
Ort:	Grosshöchstetten
Ausführungsdatum:	14.04.2026
Koordinaten (ca.):	2614747 / 1195759
Höhe OKT:	ca. 767 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
Krattigstrasse 4
3700 Spiez
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583.002

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:25

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Geologie	Schichtbeschrieb	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscherflügel (TS) [kN/m2]
	0.05		Grasnarbe				
767	0.30	Deckschicht	Humoser Boden: Silt, schwach sandig bis sandig, schwach tonig, mit Kies, Kornform kantengerundet bis angerundet, dunkelbraun, erdfeucht bis feucht				
	1.00	Moraine	Silt, kiesig, schwach sandig bis sandig, schwach tonig, mit vereinzelt Steinen, Kornform kantengerundet bis angerundet, braun, erdfeucht bis feucht				
766	1.80	Moraine	Silt, stark kiesig, steinig, sandig, schwach tonig, Kornform kantengerundet bis gerundet, graubeige, feucht				
765	2.80	Moraine	Kies mit Steinen, sandig bis stark sandig, schwach siltig bis siltig, schwach tonig, Kornform kantengerundet bis gerundet, braunbeige, erdfeucht bis feucht, mit Blöcke Grobkomponenten polygenetisch: Grobsandsteine, Granitoide, Gneise nachbrüchig Sondage infolge beengter Platzverhältnisse beendet.				

Geotechnisches Institut

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Baggerschlitz BS2/26

Beilage 4.6b

GI-Nr.: 33.1583

Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 767 m ü. M.	Unternehmung:	Frutiger AG
Koordinaten:	2614747 / 1195759	Bohrdatum:	14.04.2026
Aufnahme:	J. Hoffmann		

Fotodokumentation Baggerschlitz

Baggerschlitz BS3/26

Geologische Aufnahme:
J. Hoffmann

Beilage 4.7a

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	Frutiger AG
Ort:	Grosshöchstetten
Ausführungsdatum:	14.04.2026
Koordinaten (ca.):	2614754 / 1195620
Höhe OKT:	ca. 766 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
Krattigstrasse 4
3700 Spiez
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583.002

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:25

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Geologie	Schichtbeschrieb	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscherflügel (TS) [kN/m2]
766	0.05 – 0.70	Deckschicht	Geländeoberfläche mit Grasnarbe Boden: Silt, schwach sandig, schwach tonig, schwach kiesig, braun, erdfeucht				
765	0.70 – 1.50	Moraine	Silt, schwach tonig, schwach feinsandig, hellgrau, erdfeucht				
	1.50 – 2.30	Moraine	Silt, stark kiesig, schwach tonig, schwach sandig, mit vereinzelt Steinen, Kornform kantengerundet bis gerundet, hellgrau, nass, geringergiebiger Schichtwasserzutritt				
764	2.30 – 3.10	Moraine	Kies, sandig bis stark sandig (i. W. grobsandig), schwach siltig, mit vereinzelt Steinen und Blöcken, Kornform kantengerundet bis gerundet, beigebraun, nass Grobkomponenten polygenetisch: Grobsandsteine, Granitoide, Gneise Übergang zu voriger Schicht durch dunkle Alterationsränder gekennzeichnet Sondage infolge beengter Platzverhältnisse beendet.				

Geotechnisches Institut

Telefon 033 650 72 82
info.sp@geo-online.com
www.geo-online.com

Seestrasse 7
Postfach 474
3700 Spiez

Baggerschlitz BS3/26

Beilage 4.7b

GI-Nr.: 33.1583

Objekt: Erneuerung Tunnel BTB

Höhe:	OKT ca. 766 m ü. M.	Unternehmung:	Frutiger AG
Koordinaten:	2614754 / 1195620	Bohrdatum:	14.04.2026
Aufnahme:	J. Hoffmann		

Fotodokumentation Baggerschlitz

Rammsondierung RS1/24

Geologische Aufnahme: yomu/jopf

Beilage 5.1

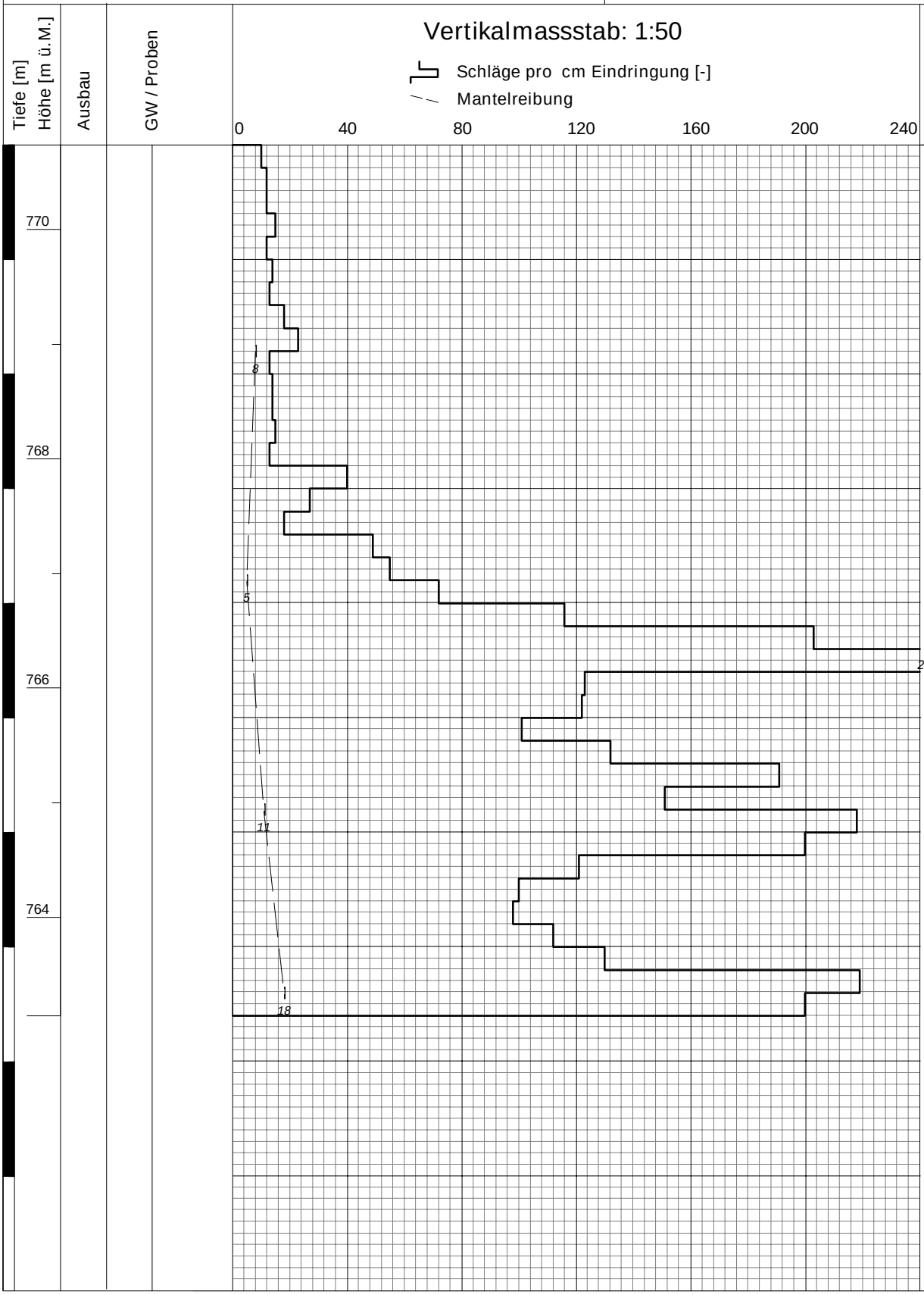
Auftraggeber:	BLS Netz AG
Sonde:	VM, Spitzenquerschnitt 10 qcm
Rammvorgang:	Fallgewicht: 30.0 kg, Fallhöhe 0.20 m
Ausführungsdatum:	22.05.2024
Koordinaten:	2614788 / 1195556
Höhe OKT:	ca. 770.74 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Vertikalmassstab: 1:50



Bemerkungen

Bei Tiefe 7.6 m UKT >200 Schläge
Kiesig beim Herausziehen zwischen 7.49-4.00 m UKT
Bohrloch stehend bis 6.45 m
Kein Grundwasser im Rammloch

Rammsondierung RS2/24-1

Geologische Aufnahme: yomu/jopf

Beilage 5.2a

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Sonde:	VM, Spitzenquerschnitt 10 qcm
Rammvorgang:	Fallgewicht: 30.0 kg, Fallhöhe 0.20 m
Ausführungsdatum:	22.05.2024
Koordinaten:	2614754 / 1195540
Höhe OKT:	ca. 769.64 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

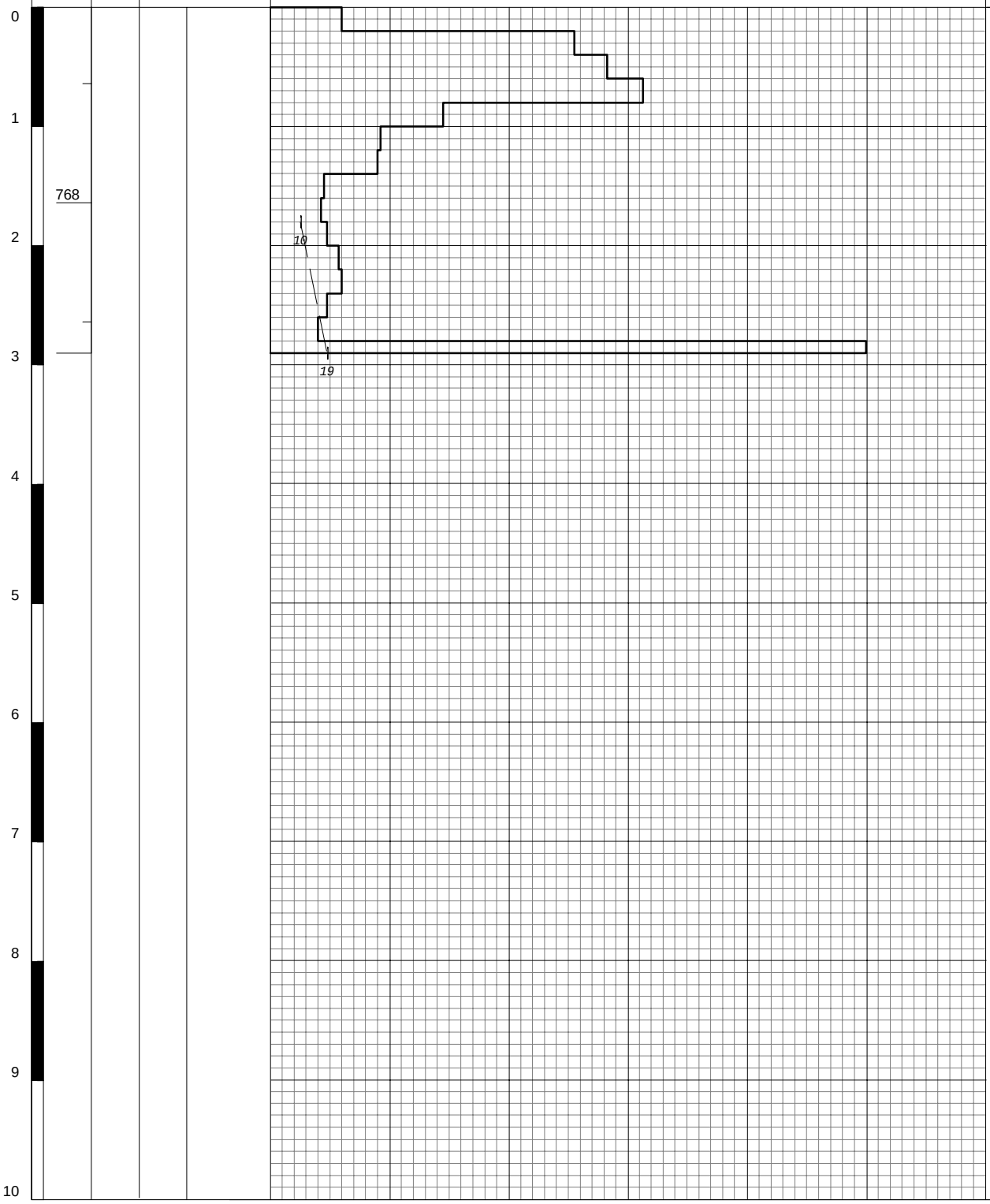
Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Vertikalmassstab: 1:50

Schläge pro cm Eindringung [-]

Mantelreibung



Bemerkungen

Nach Abbruch verschoben, umgesetzt zu RS2/24-2

Bei Tiefe 2.9 m UKT >200 Schläge
Erste 10 cm von Hand reingestossen
Bohrloch stehend bis 1.67 m
Kein Grundwasser im Rammloch

Rammsondierung RS2/24-2

Geologische Aufnahme: yomu/jopf

Beilage 5.2b

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Sonde:	VM, Spitzenquerschnitt 10 qcm
Rammvorgang:	Fallgewicht: 30.0 kg, Fallhöhe 0.20 m
Ausführungsdatum:	22.05.2024
Koordinaten:	2614754 / 1195540
Höhe OKT:	ca. 769.64 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

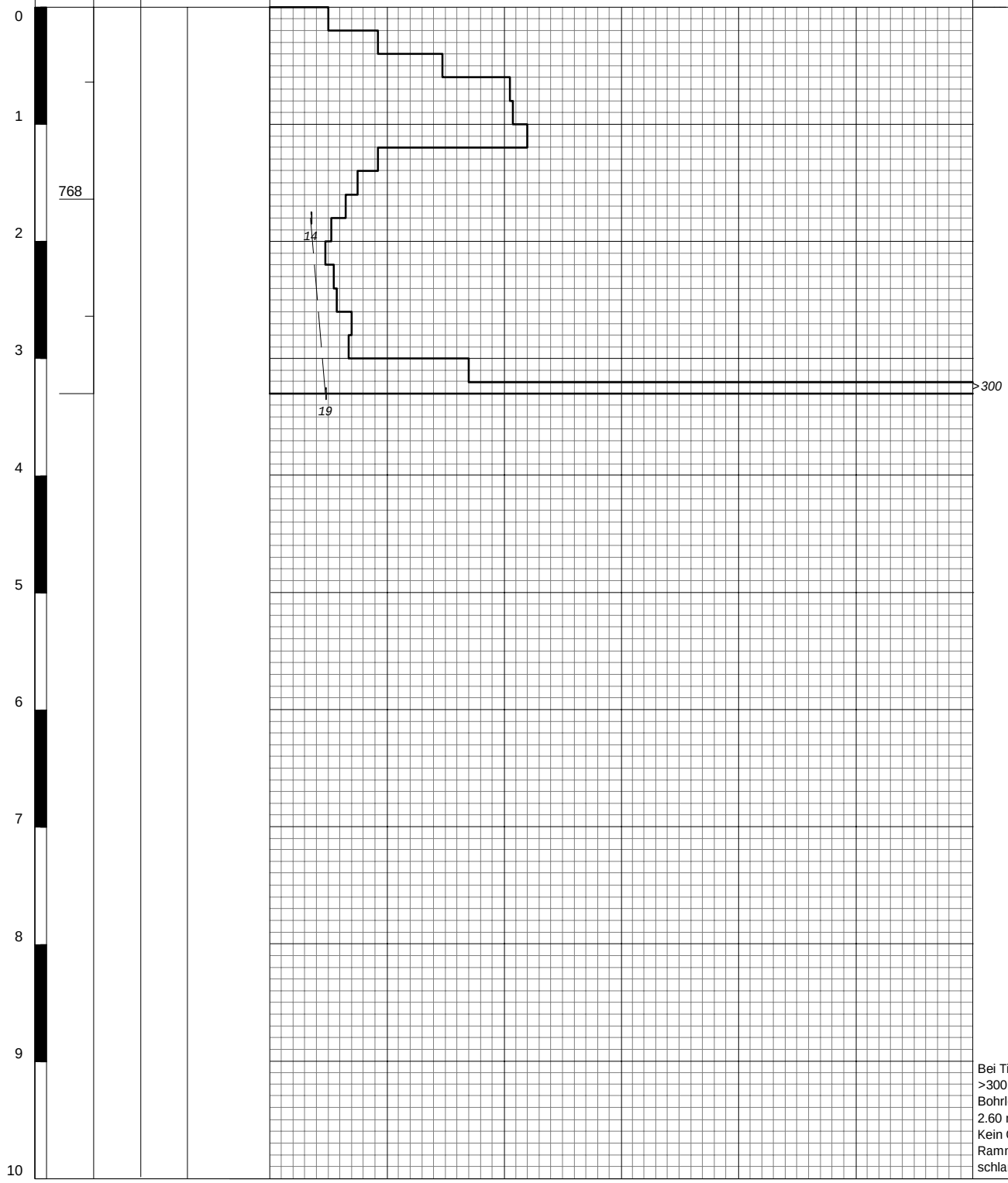
Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Vertikalmassstab: 1:50

Schläge pro cm Eindringung [-]

Mantelreibung



Bemerkungen

Bei Tiefe 3.3 m UKT >300 Schläge
Bohrloch stehend bis 2.60 m
Kein Grundwasser im Rammloch, wenig schlammig

Rammsondierung RS3/24

Geologische Aufnahme: yomu/jopf

Beilage 5.3

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Sonde:	VM, Spitzenquerschnitt 10 qcm
Rammvorgang:	Fallgewicht: 30.0 kg, Fallhöhe 0.20 m
Ausführungsdatum:	22.05.2024
Koordinaten:	2614870 / 1195355
Höhe OKT:	ca. 765.52 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

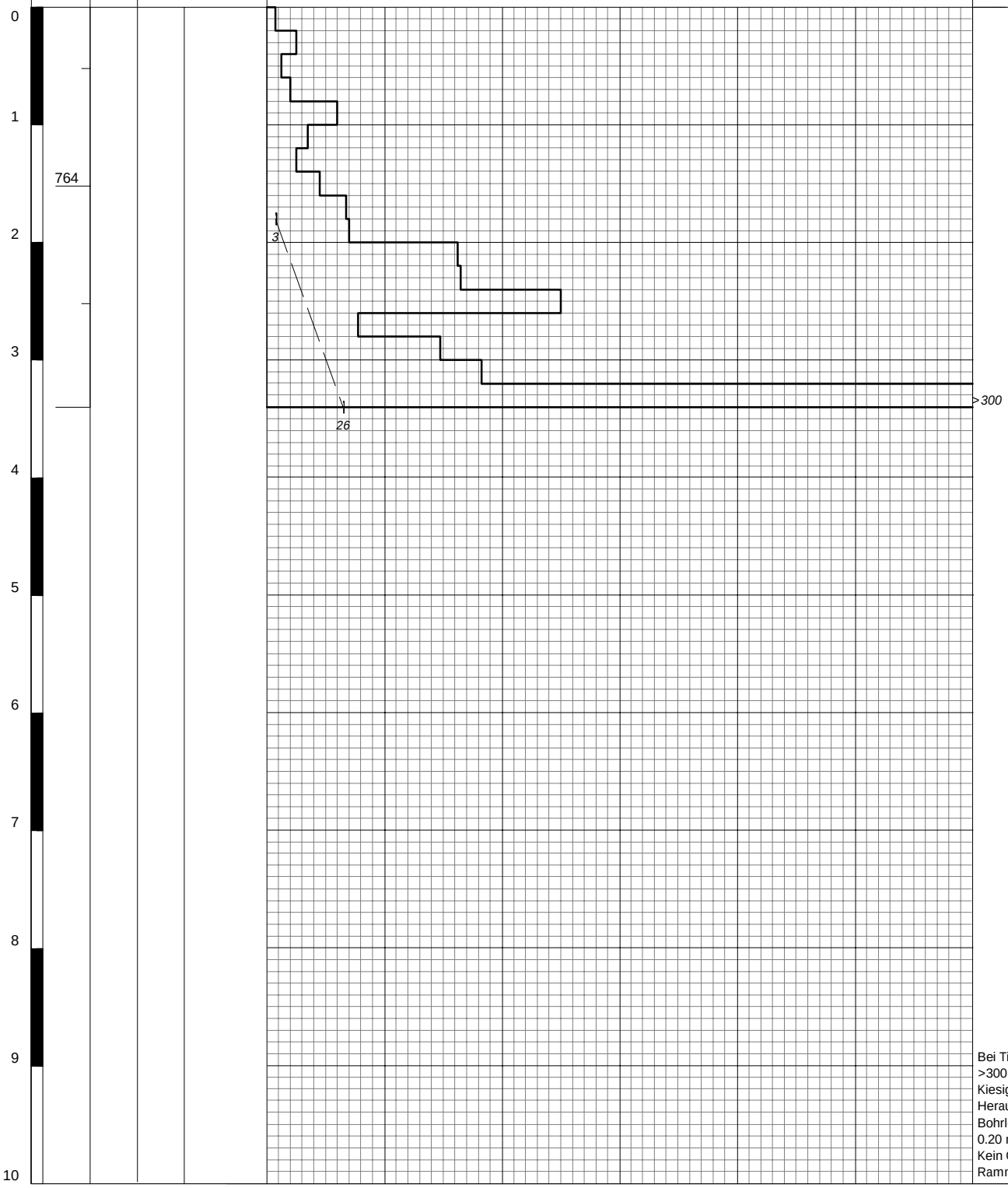
Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Vertikalmassstab: 1:50

Schläge pro cm Eindringung [-]

Mantelreibung



Bemerkungen

Bei Tiefe 3.4 m UKT >300 Schläge
Kiesig beim Herausziehen
Bohrloch stehend bis 0.20 m
Kein Grundwasser im Rammloch

Rammsondierung RS4/24

Geologische Aufnahme: yomu/jopf

Beilage 5.4

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Sonde:	VM, Spitzenquerschnitt 10 qcm
Rammvorgang:	Fallgewicht: 30.0 kg, Fallhöhe 0.20 m
Ausführungsdatum:	22.05.2024
Koordinaten:	2615017 / 1195167
Höhe OKT:	ca. 755.51 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

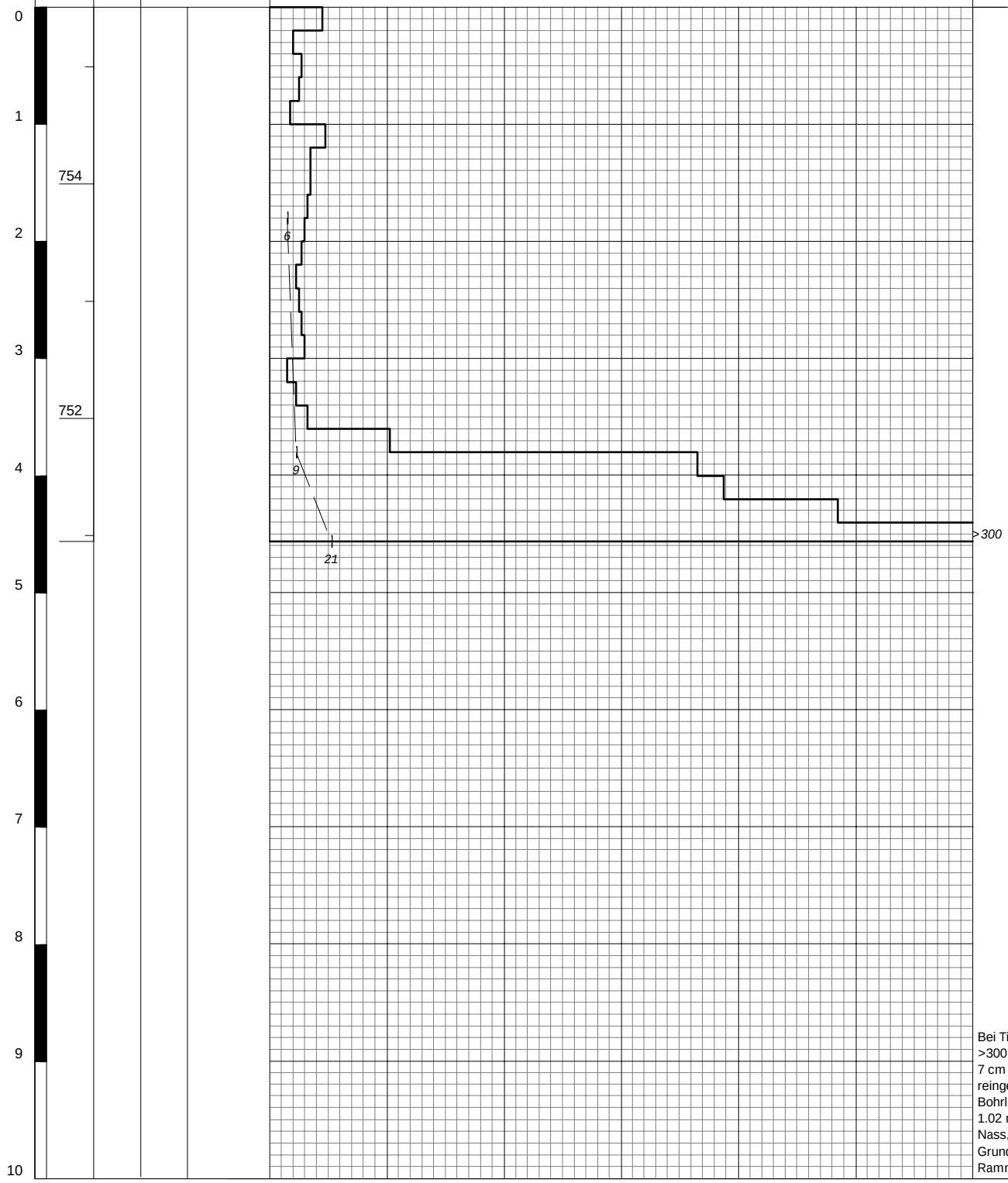
Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Vertikalmassstab: 1:50

Schläge pro cm Eindringung [-]

Mantelreibung



Bemerkungen

Bei Tiefe 4.56 m UKT
>300 Schläge
7 cm von Hand
reingestossen
Bohrloch stehend bis
1.02 m
Nass, aber kein
Grundwasser im
Rammloch

Rammsondierung RS1/26

Geologische Aufnahme:
J. Pfander

Beilage 5.5

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Sonde:	VM, Spitzenquerschnitt 10 qcm
Rammvorgang:	Fallgewicht: 30.0 kg, Fallhöhe 0.20 m
Ausführungsdatum:	15.04.2026
Koordinaten:	2614748 / 1195878
Höhe OKT:	ca. 767.63 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
Krattigstrasse 4
3700 Spiez
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
033 650 72 82
www.geo-online.ch

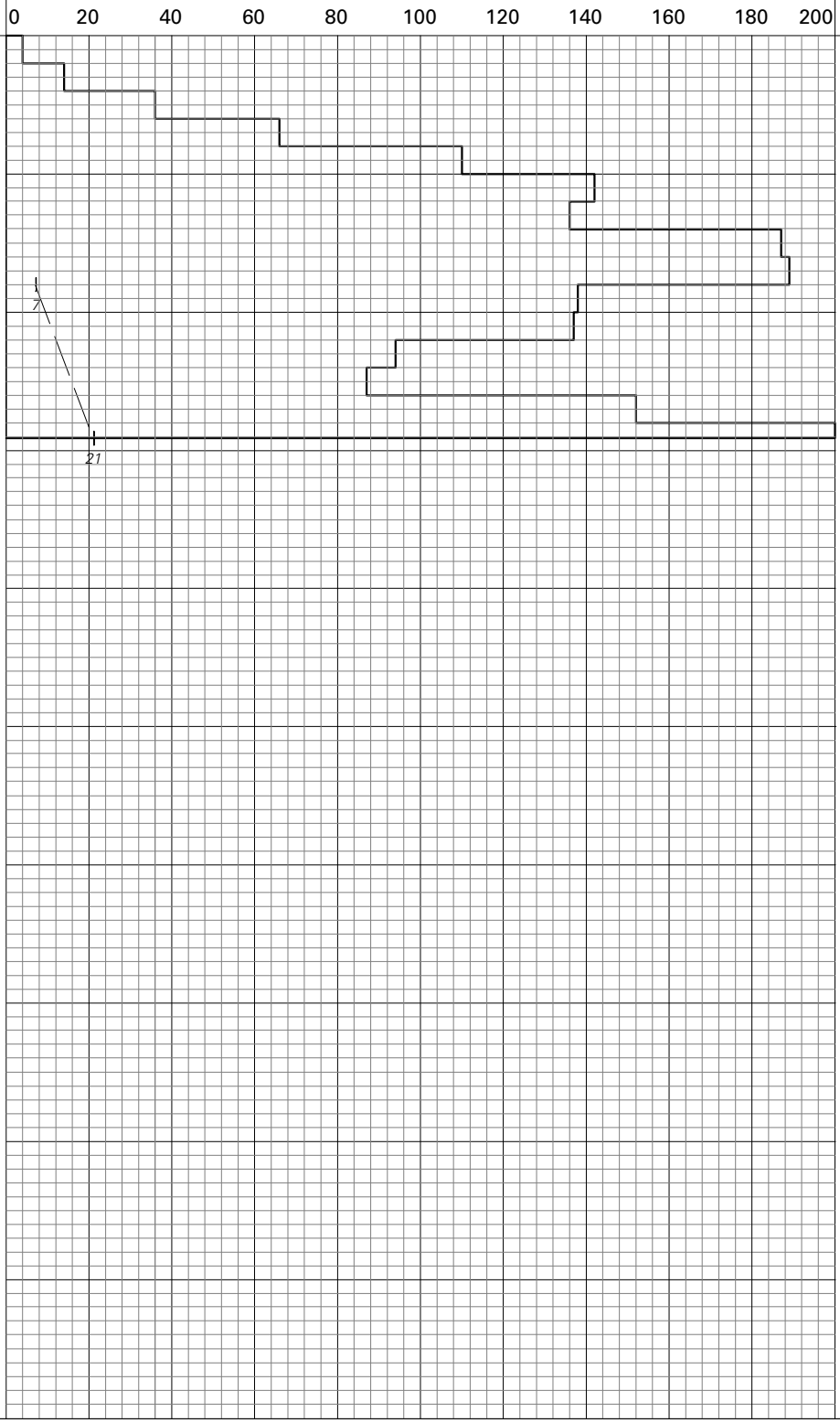
Projekt-Nr.: 33.1583.002

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Tiefe [m] | Höhe [m ü.M.] | Ausbau | GW / Proben

Vertikalmassstab: 1:50

Schläge pro cm Eindringung [-]
Mantelreibung



Bemerkungen

Grundwasser im Rammloch: 1.70 m.
Bohrloch stehend bis: 1.95 m.
Sehr hart, angestanden.

Rammsondierung RS2/26

Geologische Aufnahme:
S. Lotz

Beilage 5.6

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Sonde:	VM, Spitzenquerschnitt 10 qcm
Rammvorgang:	Fallgewicht: 30.0 kg, Fallhöhe 0.20 m
Ausführungsdatum:	15.04.2026
Koordinaten:	2614752 / 1195809
Höhe OKT:	ca. 766.90 m ü. M.

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
Krattigstrasse 4
3700 Spiez
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583.002

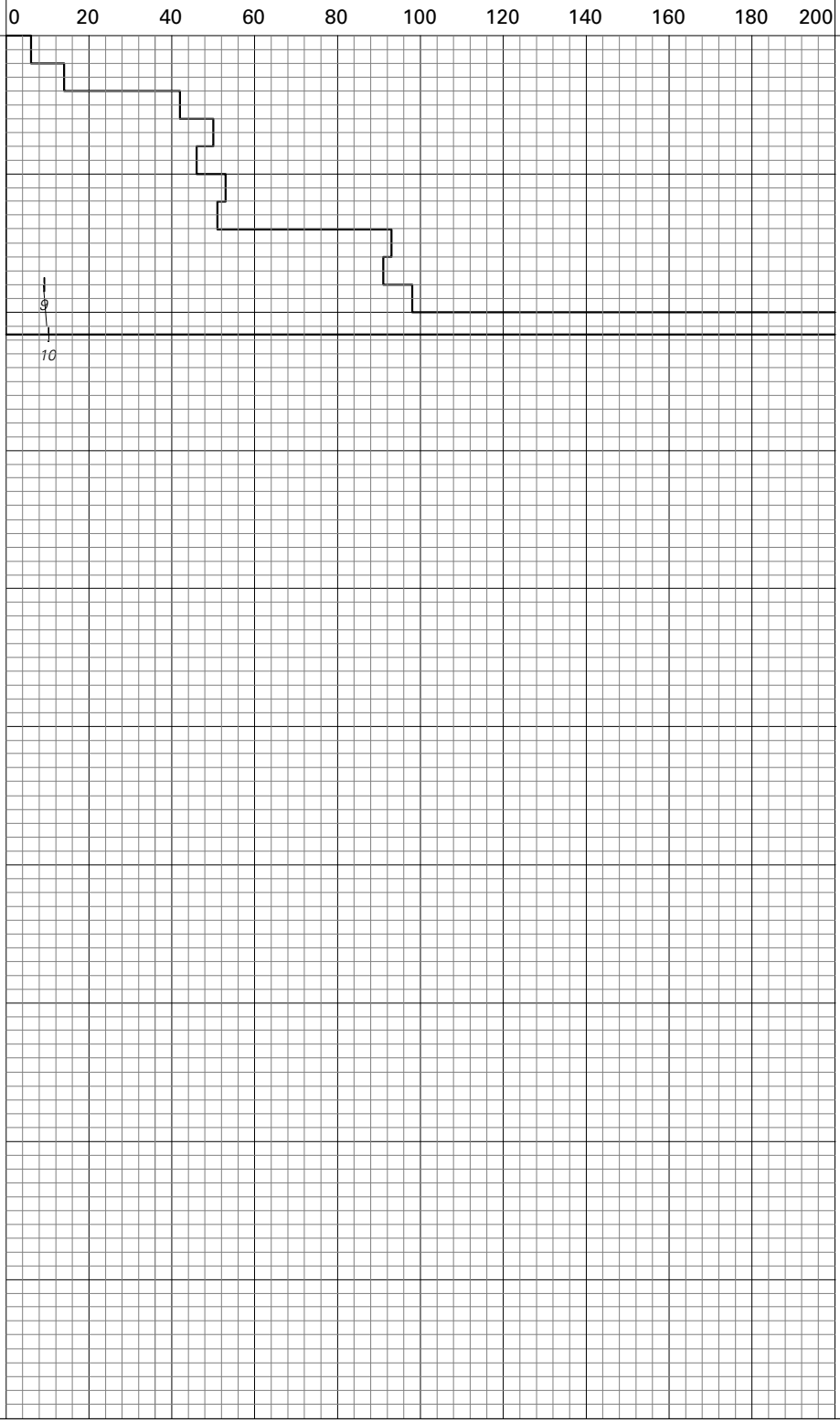
Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Tiefe [m] | Höhe [m ü.M.] | Ausbau | GW / Proben

Vertikalmassstab: 1:50

Schläge pro cm Eindringung [-]

Mantelreibung



Bemerkungen

Grundwasser im Rammloch: keines
Bohrloch stehend bis: 2.10 m.
Sehr hart, angestanden.

Rammsondierung RS3/26

Geologische Aufnahme:
S. Lotz

Beilage 5.7

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Sonde:	VM, Spitzenquerschnitt 10 qcm
Rammvorgang:	Fallgewicht: 30.0 kg, Fallhöhe 0.20 m
Ausführungsdatum:	15.04.2026
Koordinaten:	2614763 / 1195683
Höhe OKT:	ca. 764.29 m ü. M.

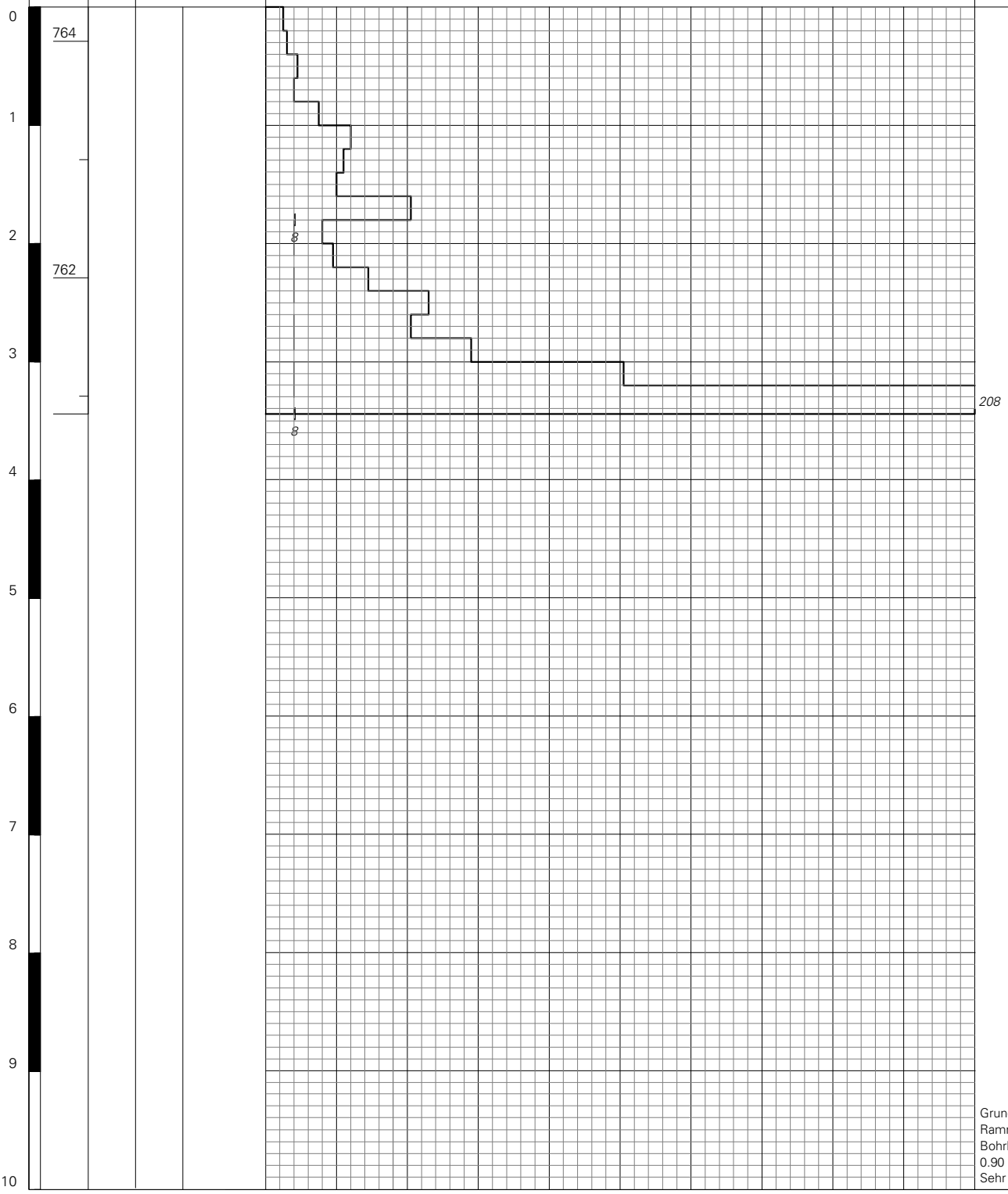
Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
Krattigstrasse 4
3700 Spiez
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583.002

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Vertikalmassstab: 1:50

Schläge pro cm Eindringung [-]
Mantelreibung



Bemerkungen

Grundwasser im Rammloch: keines
Bohrloch stehend bis: 0.90 m.
Sehr hart, angestanden.

Rammsondierung RS4/26

Geologische Aufnahme:
J. Pfander

Beilage 5.8

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Sonde:	VM, Spitzenquerschnitt 10 qcm
Rammvorgang:	Fallgewicht: 30.0 kg, Fallhöhe 0.20 m
Ausführungsdatum:	15.04.2026
Koordinaten:	2614743 / 1195933
Höhe OKT:	ca. 767.52 m ü. M.

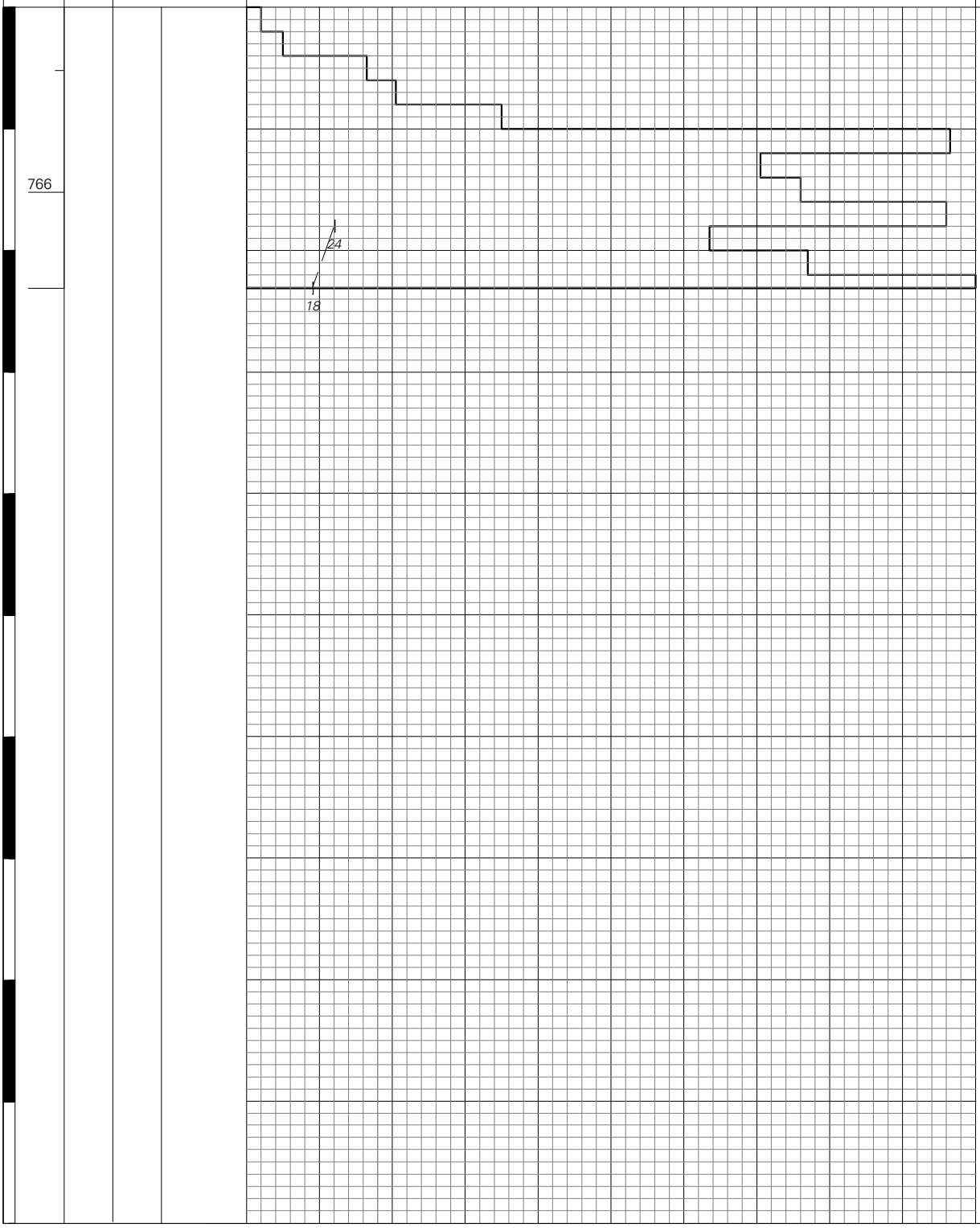
Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
Krattigstrasse 4
3700 Spiez
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583.002

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Vertikalmassstab: 1:50

Schläge pro cm Eindringung [-]
Mantelreibung



Bemerkungen

Grundwasser im Rammloch: keines.
Bohrloch stehend bis: 2.31 m.
Sehr hart, angestanden.

Beilage 6 - Dilatometerversuche

Swiss Precision Geomonitoring

Vorerkundung bls-Tunnel
3506 Grosshöchstetten

RB1/24 bis RB5/24

Bericht zu den Dilatometerversuchen

Solexperts AG
Mettlenbachstrasse 25
Postfach 122
CH-8617 Mönchaltorf

Tel.: +41 (0)44 806 2929
Fax.: +41 (0)44 806 2930
info@solexperts.com
www.solexperts.com

Inhalt

1. EINLEITUNG 1

1.1. Dilatometer Messausrüstung 1
1.2. Durchführung von Dilatometertests 3
1.3. Berechnung der Module 5

2. ERGEBNISSE 7

2.1. Allgemeine Angaben 7
2.2. Detaillierte Beschreibung 12
2.2.1 RB1/24, Testtiefe 9.40 m 12
2.2.2 RB2/24, Testtiefe 9.40 m 12
2.2.3 RB3/24, Testtiefe 11.00 m 13
2.2.4 RB4/24, Testtiefe 13.70 m 13
2.2.5 RB5/24, Testtiefe 6.00 m 14

3. LITERATURVERZEICHNIS 15

Appendix A – Übersichtsplots

Appendix B – Daten

Appendix C – Parameter

Appendix D – Kalibrationsblatt

Appendix E – Einbauprotokolle

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Dilatometersonde 2

Abbildung 2: D_L, E_U und D_R (3. Zyklus) in Abhängigkeit der Bohrungen KB x/24, ohne RB5/24 aufgrund der geringen Datenqualität und Klassifizierung nach L'A.F.T.E.S [3] für das Erstbelastungsmodul 10

Abbildung 3: Young Modul E_u (3. Zyklus) für jeden Wegaufnehmer und den harmonischen Mittelwert in Abhängigkeit der Bohrung RB x/24, ohne RB5/24 aufgrund der geringen Datenqualität 11

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.1: Übersicht der Dilatometermessungen 1
Tabelle 2.1: Übersicht Bohrungen 7
Tabelle 2.2: Ergebnisse der Dilatometer Messungen 8
Tabelle 2.3: Klassifizierung der Dilatometer Ergebnisse nach [3] 9
Tabelle 2.4: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 3. Zyklus in der Bohrung RB1/24, 9.40 m 12
Tabelle 2.5: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 3. Zyklus in der Bohrung RB2/24, 9.40 m 12
Tabelle 2.6: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 3. Zyklus in der Bohrung RB3/24 11.00 m 13
Tabelle 2.7: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 3. Zyklus in der Bohrung RB4/24,13.70 m 13
Tabelle 2.8: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 1. Zyklus in der Bohrung RB5/24, 6.00 m 14

1. EINLEITUNG

Die Solexperts AG erhielt am 03.07.2024 von der KIBAG Bohrungen AG beauftragt Bohrlochaufweitungsversuche (Dilatometermessungen) in ausgewählten Erkundungsbohrungen der Bohrkampagne für den bls-Tunnel durchzuführen.
Dieser Bericht enthält die Testresultate der Dilatometermessungen in den Erkundungsbohrungen RB1/24, RB2/24, RB3/24, RB4/24 und RB5/24. Die Dilatometerversuche dienen zur Bestimmung der Verformungs- und E-Moduli des Gesteins. Zwischen dem 9. Juli und 30. Juli 2024 wurden insgesamt 5 Dilatometerversuche durch Robert Schär und Katharina Lehner durchgeführt. Die Übersicht der durchgeführten Tests findet sich in der nachfolgenden Tabelle.

Bohrung	Durchmesser (mm)	Test Nr.	Testtiefe (m)	Datum
RB1/24	101	1	9.4	11.07.2024
RB2/24	101	1	9.4	09.07.2024
RB3/24	101	1	11.0	30.07.2024
RB4/24	101	1	13.7	15.07.2024
RB5/24	101	1	6.0	18.07.2024

Tabelle 1.1: Übersicht der Dilatometermessungen

1.1. Dilatometer Messausrüstung

Dilatometermessungen werden zur Bestimmung der Verformungs- und der E-Module vor Ort im Felsverband durchgeführt. Die 1 m lange Dilatometersonde besteht aus einem Metallzylinder mit drei, im Zentrum um je 120° orientierten Wegaufnehmern (Abbildung 1). Der Achsabstand zwischen den Wegaufnehmern beträgt 75 mm. Der Druck zur Aufweitung des Bohrloches wird über einen Packer gleichmäßig auf die Bohrlochwandung aufgebracht und die resultierende Aufweitung des Bohrloches über Stahlstifte im Packer direkt auf die Wegaufnehmer übertragen. Je nach Durchmesser der Bohrung stehen Sonden mit einem Durchmesser von 142 mm, 118 mm, 96 mm, 92 mm und 72 mm zur Verfügung. Die Versuche in den Bohrungen mit einem Bohrdurchmesser von 101 mm wurden mit einer 96 mm-Sonde durchgeführt.

Die Versuchsausrüstung von Solexperts erfüllt alle Anforderungen, die in der europäischen Vornorm (DIN, Eurocode 7, Teil 3, [1]) beschrieben sind.

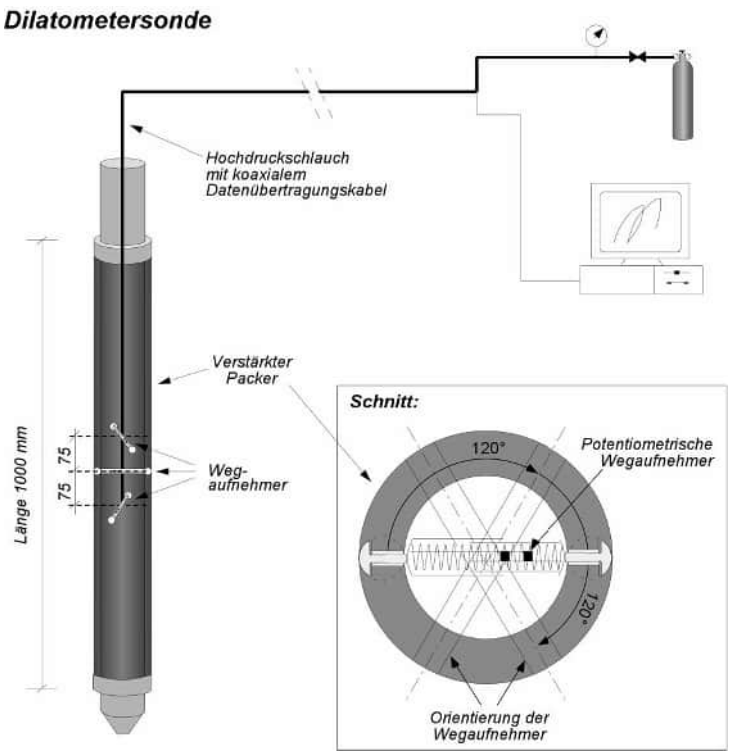


Abbildung 1: Schematischer Aufbau der Dilatometersonde

Der Druck wird von einer Druckflasche oder einem Kompressor über einen Hochdruckschlauch in die Sonde übertragen, wobei das System mit einem Druck von bis zu 200 bar beaufschlagt werden kann. Koaxial im Hochdruckschlauch befindet sich das Datenkabel, welches die Signale der Wegaufnehmer zur Mess- und Kontrolleinheit an der Oberfläche überträgt. Die Messwerte werden mit einer Auflösung von 1/1000 mm automatisch auf die Datenerfassung übertragen und online sowohl graphisch als auch tabellarisch dargestellt und gespeichert. Ein im Kontrollsystem eingebauter Drucksensor erlaubt die automatische Aufzeichnung des aufgebrachten Drucks. Vor der Durchführung eines Versuchs, d.h. vor dem Einbringen der Sonde in das Bohrloch, wird diese in einem Präzisionszylinder mit einem der Sonde entsprechenden Innendurchmesser kalibriert. Dies ermöglicht, den effektiven Bohrlochdurchmesser und den Zustand der Bohrlochwandung auf der Versuchstiefe genau zu ermitteln. Das Kalibrierungsblatt mit den entsprechenden Werten ist in Anhang D enthalten.

1.2. Durchführung von Dilatometertests

Dilatometerversuche erfordern eine sorgfältig ausgeführte Bohrung, in der Regel eine Kernbohrung mit entsprechendem Durchmesser, wobei vor dem Einbau der Sonde ein Caliper-Log zur Bestätigung des Bohrlochdurchmessers aufgenommen werden sollte. Die Versuchstiefen werden entsprechend der Fragestellung festgelegt und der verantwortliche Geologe oder Messtechniker klärt anhand der Kerne oder anderer zur Verfügung stehender Daten die Durchführbarkeit ab. Eine unregelmäßige Bohrlochwandung (z.B. Klüfte, Störungen, stark variierende Bohrlochdurchmesser) im Bereich der vorgesehenen Versuchstiefe können die Messergebnisse verfälschen oder die Messung unmöglich machen. Außerdem besteht die Gefahr der Beschädigung der Packermanschette. Gegebenenfalls muss eine alternative Teststrecke ausgewählt werden.

Sind mehrere Versuche in der gleichen Bohrung vorgesehen, können die Versuche entweder nach Abschluss der Bohrung durchgeführt werden, wobei die Sonde zuerst auf die tiefste Versuchsposition gebracht und in den folgenden Versuchen zurückgeholt wird oder mit Fortschreiten der Bohrung jeweils eine Messung in einer vorgebohrten Strecke im tiefsten Teil der Bohrung erfolgt.

Die vorliegenden Messungen wurden in schlecht bis nicht-konsolidiertem Gestein durchgeführt. Aus diesem Grund wurde die geplante Teststrecke ca. 3 m vorgebohrt. Die Verrohrung wurde erst gezogen, sobald der Messtechniker:in/Ingenieur:in vor Ort war, um eine zeitnahe Messung durchzuführen.

Die Messungen erfolgen generell gemäß der Empfehlung der Deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau (Pahl, 1984) [2]. Nach Positionierung der Sonde wird zuerst eine Grundlast von etwa 0.15 MPa über dem herrschenden hydrostatischen Druck aufgebracht, um ein sattes Anliegen der Manschette an der Bohrlochwand zu gewährleisten. Dann wird die Bohrlochwandung durch den Packer stufenweise belastet. Die Laststufen richten sich nach der Steifigkeit der zu untersuchende geologische Formation und variieren im Bereich von 0.01 MPa (Lockergestein) bis zu 0.5 MPa (Granit). Für die vorliegenden Messungen wurden Laststufen von 0.01 oder 0.1 MPa gewählt. Der Druck wird stufenweise erhöht, bis ein „pseudolinearer“ Bereich, d.h. für gleiche Druckstufen gleiche Durchmesseränderungen, erreicht ist.

Mit einer Aufzeichnungsrate für die Messwerte von in der Regel 15 Sekunden wird nach Erreichen der gewünschten Druckstufe gestartet. Während des Belastungsastes wird der Druck auf jeder Laststufe während zwei Minuten gehalten, bevor er auf die nächste Laststufe erhöht wird. In dieser Zeit sind die Bewegungen weitgehend abgeklungen. Aufgrund von Erfahrungswerten kommt die Bewegung bei der

Entlastung rascher zum Stillstand. Entsprechend wird der Druck nur während einer Minute konstant gehalten.

Die Messungen wurden mit drei Lastzyklen durchgeführt. Der erste Lastzyklus besteht aus einer Erstbelastung und einer Entlastung. Der zweite und dritte Lastzyklus setzt sich aus einer Wiederbelastung (bis zum maximalen Belastungswert des vorangegangenen Lastzyklus), dann einer Erstbelastung mit anschliessender Entlastung zusammen.

Die Kontrolle des Versuchsablaufs sowie die Auswertung der Messdaten erfolgten mit dem von Solexperts entwickelten Programm „Dilato2“.

1.3. Berechnung der Module

Für die Berechnung der Belastungs- und Entlastungsmodule aus den gemessenen Schermodulen kann aufgrund der gleichmäßigen Übertragung des Drucks auf die Bohrlochwandung die Formel von Lamé für unendlich dickwandige Rohre verwendet werden:

$$E = (\Delta p / \Delta d) * d (1+\nu)$$

dabei ist: Δp: Druckdifferenz
d: Durchmesser
Δd: Durchmesseränderung
ν: Poissonziffer

Wenn keine Laborwerte vorliegen, wird den Berechnungen generell eine Poissonziffer $\nu = 0.33$ zugrunde gelegt.

Die im vorliegenden Bericht angegebenen Module für die Belastungs-, Entlastungs- und Wiederbelastungszyklen werden im Auswerteprogramm aus den gemessenen Schermodulen unter der Voraussetzung eines linear-elastischen und isotropen Materiales sowie der angegebenen Poissonziffer berechnet (gem. DIN EN ISO 22476-5).

Das Modul der Erstbelastung (Erstbelastungsmodul) wird aus den Daten der jeweiligen Erstbelastung berechnet. Dazu wird mit Hilfe des Belastungs-Verformungsdiagramms der Bereich mit der größten Steigung ausgewählt. In den meisten Fällen ist dies ab der 2. bis 4. Laststufe der Fall. Bei der ersten Laststufe sind oft größere Bewegungen aufgrund des Anlegens der Manschette an die Bohrlochwand oder wegen Auflockerungserscheinungen zu beobachten. Sie werden bei der Auswertung in der Regel nicht berücksichtigt. Die während der Erstbelastung gemessenen Bewegungen entstehen als Folge von irreversibler und elastischer Verformung. Bei der nachfolgenden Entlastung treten nur noch elastische Verformungen auf. Die Bewegungen sind dadurch kleiner. Dies führt zu einem höheren Modul, dem Entlastungsmodul oder Young-Modul.

Das Modul der Erstbelastung und der Wiederbelastung (Wiederbelastungsmodul) wird als lineare Regression aus den Daten des entsprechenden Bereichs des Druck-Verformungsdiagramms ermittelt. Der Entlastungsmodul wird für jeden Entlastungsast als Sekante berechnet. Da der Entlastungsmodul spannungsabhängig ist, kommt der Art seiner Berechnung große Bedeutung zu. Um den Entlastungsmodul mit dem Belastungsmodul vergleichen zu können, wird bei der Auswertung in der Regel der gleiche Spannungsbereich gewählt. Bei steifem Felsen ist die elastische Rückverformung unter Umständen so gering, dass instrumentelle Ungenauigkeiten ein schlecht interpretierbares Resultat liefern. Darum wird zusätzlich der Entlastungsmodul über den gesamten Entlastungsbereich des Lastzyklus berechnet.

Zur Berechnung der Module wurde, wenn möglich, das gewichtete Mittel der drei Wegaufnehmer verwendet:

$$E = \frac{3}{\frac{1}{E_{i1}} + \frac{1}{E_{i2}} + \frac{1}{E_{i3}}}$$

2. ERGEBNISSE

Die detaillierte Analyse der Dilatometerversuche einschließlich der Daten der einzelnen Wegaufnehmer ist in Anhang A enthalten. Die Ergebnisse der Versuche sind in Tabelle 2.2 zusammengefasst. Zusätzlich werden die empfohlenen Werte gemäß der Arbeitsgruppe L'A.F.T.E.S. klassifiziert, wie in Tabelle 2.3 aufgelistet und in Abbildung 2 grafisch dargestellt. In Abbildung 3 ist das Young Modul E_u für jeden Wegaufnehmer graphisch dargestellt. In Kapitel **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.** werden die Versuche im Detail beschrieben. Die für die Analyse verwendeten Daten sind in Anhang B angegeben, und eine Zusammenfassung der für die Berechnung verwendeten Parameter ist in Anhang C dargestellt. Für die Analyse wurde eine Poissonzahl (v) von 0.33 verwendet. Für alle Ergebnisse der Dilatometerversuche wurden falls nicht anders vermerkt, die Daten von allen drei Wegaufnehmern verwendet ((T+C+B)/3).

2.1. Allgemeine Angaben

Bohrungen:	**RB1/24, RB2/24, RB3/24, RB4/24, RB5/24**
Bohrdurchmesser:	101 mm
Bohrlochneigung	0° (relativ zu vertikal)
Auswertung und Bericht:	Nathan Dutler

Tabelle 2.1: Übersicht Bohrungen

Aus den Tabelle 2.2 und Tabelle 2.3 und den Abbildung 2 und Abbildung 3 sind die Ergebnisse der Dilatometertests zusammengefasst und visualisiert.

Bohrung Tiefe [m]	Zyklus # 	$P_{effekiv, max}$ [MPa]	D_R [MPa]	D_L [MPa]	E_u [MPa]
RB1/24	1	0.09	-	19	120
9.40	2	0.15	87	25	100
(T+C+B)/3	3	0.21	81	33	110
empfohlene Werte			**81**	**33**	**110**
RB2/24	1	0.06	-	9	35
9.40	2	0.10	26	17	44
(T+C+B)/3	3	0.14	34	21	53
empfohlene Werte			**34**	**21**	**53**
RB3/24	1	0.08	-	3	7
11.00	2	0.12	6	4	7
(T+C+B)/3	3	0.16	6	5	8
empfohlene Werte			**6**	**5**	**8**
RB4/24	1		-	49	240
13.70	2		160	71	220
(T+C+B)/3	3		170	91	240
empfohlene Werte			**170**	**91**	**240**
RB5/24	1	0.09	-	430	160
6.00	2	0.15	-	240	1360
(T+B)/2	3	0.50	1110	6330	3310
	4	1.29	-	-	-
empfohlene Werte			**-**	**(240)**	**(160)**

D_R Wiederbelastungsmodul [MPa]
D_L Erstbelastungmodul / Verformungsmodul [MPa]
E_U Entlastungsmodul / Young Modul [MPa]

Tabelle 2.2: Ergebnisse der Dilatometer Messungen

Class	Verformungsmodul[1] [MPa]	Beschreibung	Testtiefe [m]
DM 1	> 30’000	Sehr wenig verformbar	
DM 2	10’000 – 30’000	Wenig verformbar	
DM 3	3’000 – 10’000	Moderat verformbar	
DM 4	1’000 – 3’000	Stark verformbar	
DM 5	< 1’000	Sehr stark verformbar	alle

Tabelle 2.3: Klassifizierung der Dilatometer Ergebnisse nach [3]

[1] Die Klassifizierung basiert auf dem Verforumungsmodul D_L

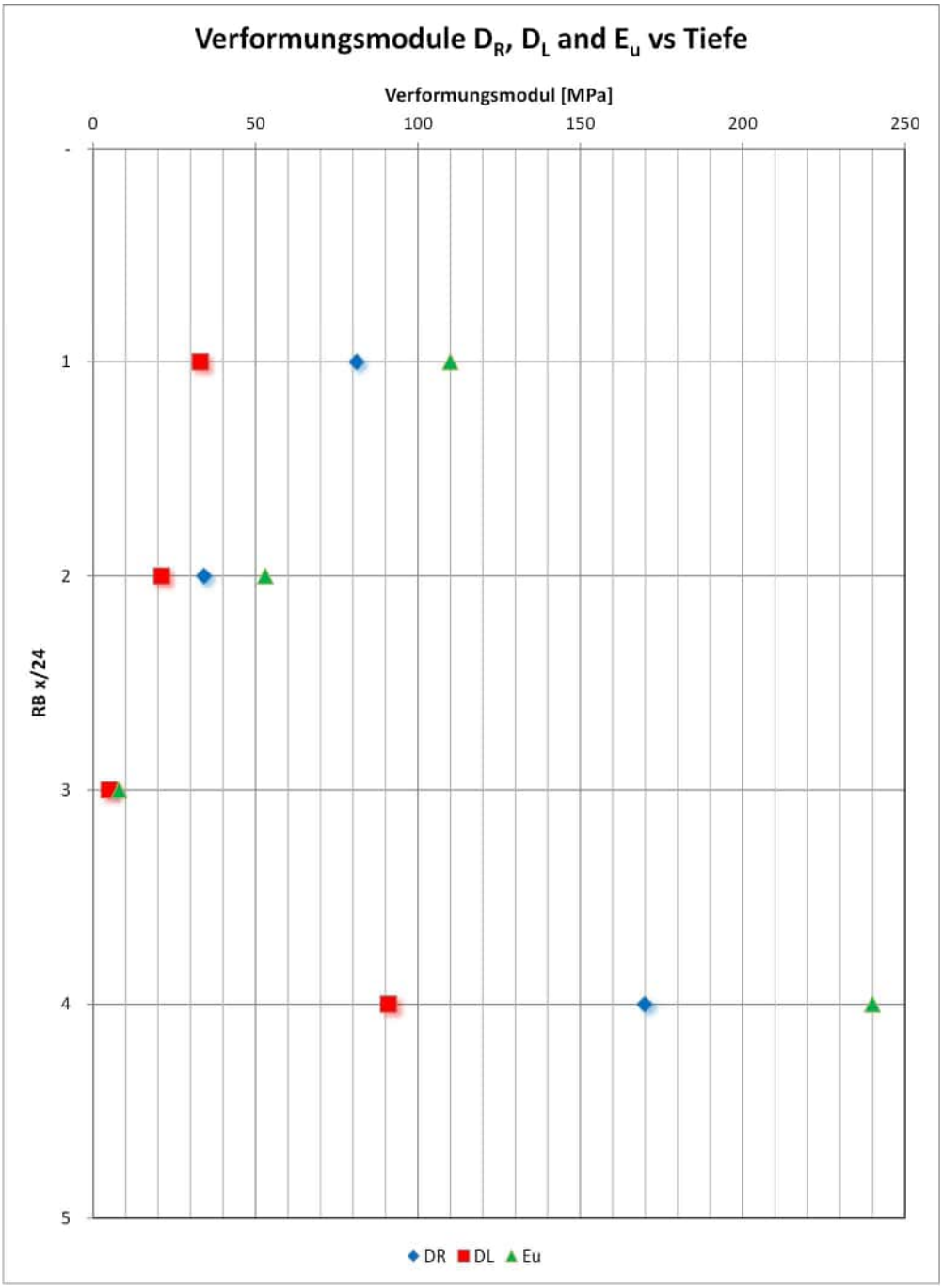


Abbildung 2: D_L, E_U und D_R (3. Zyklus) in Abhängigkeit der Bohrungen KB x/24, ohne RB5/24 aufgrund der geringen Datenqualität und Klassifizierung nach L'A.F.T.E.S [3] für das Erstbelastungsmodul

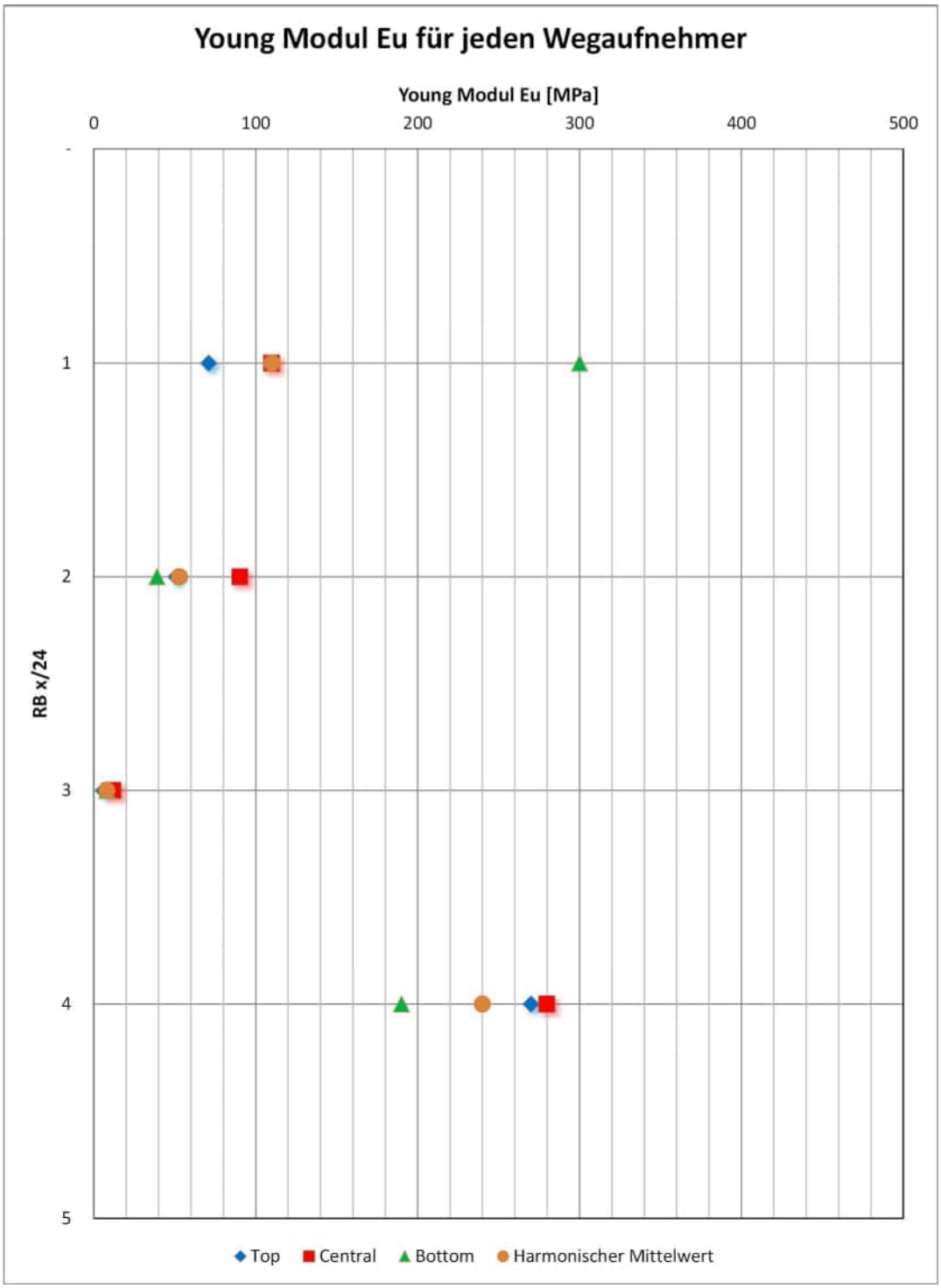


Abbildung 3: Young Modul E_u (3. Zyklus) für jeden Wegaufnehmer und den harmonischen Mittelwert in Abhängigkeit der Bohrung RB x/24, ohne RB5/24 aufgrund der geringen Datenqualität

2.2. Detaillierte Beschreibung

2.2.1 RB1/24, Testtiefe 9.40 m

Es wurde erfolgreich drei Lastzyklen durchgeführt. Alle Wegaufnehmer zeigen verlässliche Werte. In Tabelle 2.4 sind die Module jedes einzelnen Wegaufnehmer für die Entlastung des dritten Zyklus dargestellt. Das Young Modul der letzten Entlastung des Bottom Wegaufnehmers und des Top Wegaufnehmers ergibt ein Verhältnis von maximal 4.2 für die Anisotropie. Es wurde das arithmetische Mittel aus allen drei Wegaufnehmern (TCB/3) verwendet.

Young Modul zur Entlastung im 3. Zyklus				
	Wegaufnehmer			
$P_{effekiv, max}$ [MPa]	Top [MPa]	Central [MPa]	Bottom [MPa]	Mittelwert [MPa]
0.21	71	110	300	**110**

Tabelle 2.4: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 3. Zyklus in der Bohrung RB1/24, 9.40 m

2.2.2 RB2/24, Testtiefe 9.40 m

Es wurde erfolgreich drei Lastzyklen durchgeführt. In Tabelle 2.5 sind die Module jedes einzelnen Wegaufnehmer für die Entlastung des dritten Zyklus dargestellt. Das Young Modul der letzten Entlastung des Bottom Wegaufnehmers und des Central Wegaufnehmers ergibt ein Verhältnis von maximal 2.3 für die Anisotropie. Es wurde das arithmetische Mittel aus allen drei Wegaufnehmern (TCB/3) verwendet.

Young Modul zur Entlastung im 3. Zyklus				
	Wegaufnehmer			
$P_{effekiv, max}$ [MPa]	Top [MPa]	Central [MPa]	Bottom [MPa]	Mittelwert [MPa]
0.14	51	90	39	**53**

Tabelle 2.5: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 3. Zyklus in der Bohrung RB2/24, 9.40 m

2.2.3 RB3/24, Testtiefe 11.00 m

Es wurde erfolgreich drei Lastzyklen durchgeführt. In Tabelle 2.6 sind die Module jedes einzelnen Wegaufnehmer für die Entlastung des dritten Zyklus dargestellt. Das Young Modul der letzten Entlastung des Top Wegaufnehmers und des Central Wegaufnehmers ergibt ein Verhältnis von maximal 2.0 für die Anisotropie. Es wurde das arithmetische Mittel aus allen drei Wegaufnehmern (TCB/3) verwendet.

Young Modul zur Entlastung im 3. Zyklus				
	Wegaufnehmer			
$P_{effekiv, max}$ [MPa]	Top [MPa]	Central [MPa]	Bottom [MPa]	Mittelwert [MPa]
0.16	6	12	8	**8**

Tabelle 2.6: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 3. Zyklus in der Bohrung RB3/24 11.00 m

2.2.4 RB4/24, Testtiefe 13.70 m

Es wurde erfolgreich drei Lastzyklen durchgeführt. In Tabelle 2.7 sind die Module jedes einzelnen Wegaufnehmer für die Entlastung des dritten Zyklus dargestellt. Das Young Modul der letzten Entlastung des Central Wegaufnehmers und des Top Wegaufnehmers ergibt ein Verhältnis von maximal 1.5 für die Anisotropie. Es wurde das arithmetische Mittel aus allen drei Wegaufnehmern (TCB/3) verwendet.

Young Modul zur Entlastung im 3. Zyklus				
	Wegaufnehmer			
$P_{effekiv, max}$ [MPa]	Top [MPa]	Central [MPa]	Bottom [MPa]	Mittelwert [MPa]
0.23	270	280	190	**240**

Tabelle 2.7: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 3. Zyklus in der Bohrung RB4/24,13.70 m

2.2.5 RB5/24, Testtiefe 6.00 m

Es wurde vier Lastzyklen durchgeführt. In Tabelle 2.8 sind die Module jedes einzelnen Wegaufnehmer für die Entlastung des ersten Zyklus dargestellt. Die Druck-Verformungskurven zeigen kein typisches Verhalten, welches bei der Erstbeslastung eine Zunahme der Verformung zeigt und bei der Entlastung eine leichte Reduktion der Verformung. Die Kurven zeigen ein erratisches Verhalten, deshalb wurden nur der Top und Bottom Wegaufnehmer berücksichtigt (TB/2). Die Datenqualität für die Auswertung ist schlecht und dadurch sollten die Ergebnisse mit Vorsicht interpretiert werden.

Young Modul zur Entlastung im 1. Zyklus				
	Wegaufnehmer			
$P_{effekiv, max}$ [MPa]	Top [MPa]	Central [MPa]	Bottom [MPa]	Mittelwert [MPa]
0.09	100	-	320	**160**

Tabelle 2.8: Zusammenfassung der Module für jeden Wegaufnehmer für die Entlastung im 1. Zyklus in der Bohrung RB5/24, 6.00 m

3. LITERATURVERZEICHNIS

[1] DIN: Bauen in Europa, Felduntersuchungen und Laborversuche für geotechnische Bemessung, Eurocode 7, DIN V ENV 1997-3, Beuth Verlag GmbH, 1999.

[2] Pahl, A., 1984, Empfehlung Nr. 8 des Arbeitskreises 19 - Versuchstechnik Fels - der deutschen Gesellschaft für Erd- und Grundbau E.V.: Dilatometerversuche in Felsbohrungen; Bautechnik 4/1984 109-111.

[3] A.F.T.E.S., Groupe de travail No.1, Géologie – Géotechnique : Texte des recommandations pour une description des massifs rocheux utile à l'étude de la stabilité des ouvrages souterrains. Tunnels et ouvrages souterrains, supplément au No117, Mai 1993, 12-21.

Mönchaltorf, August 2024

Dr. N. Dutler

ANHANG A

Auswertung der Dilatometerversuche in den Bohrungen RB1/24 bis RB5/24

Übersichtsplots von Wegaufnehmern und entsprechenden Modulen

Project: Grosshöchstetten 3622-1

Test Date: 11.07.2024 10:46:00

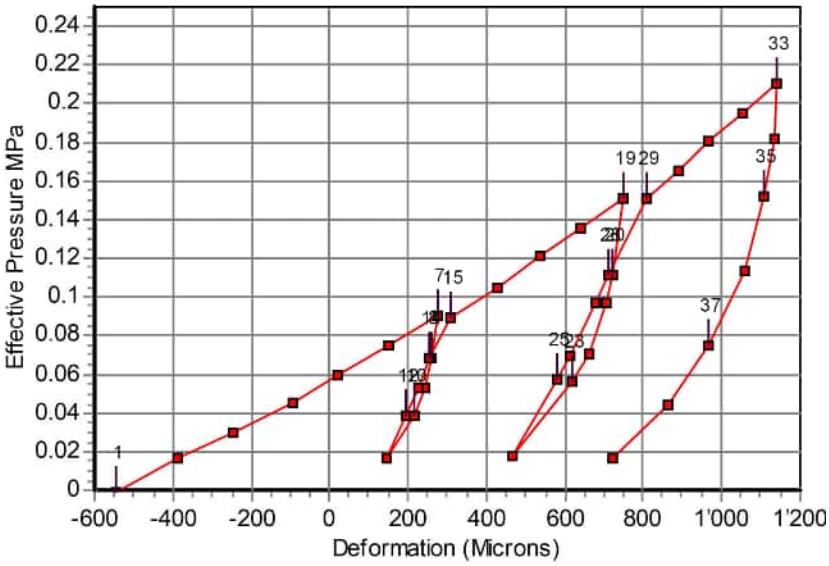
ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB1/24

Test Depth (m): 9.4

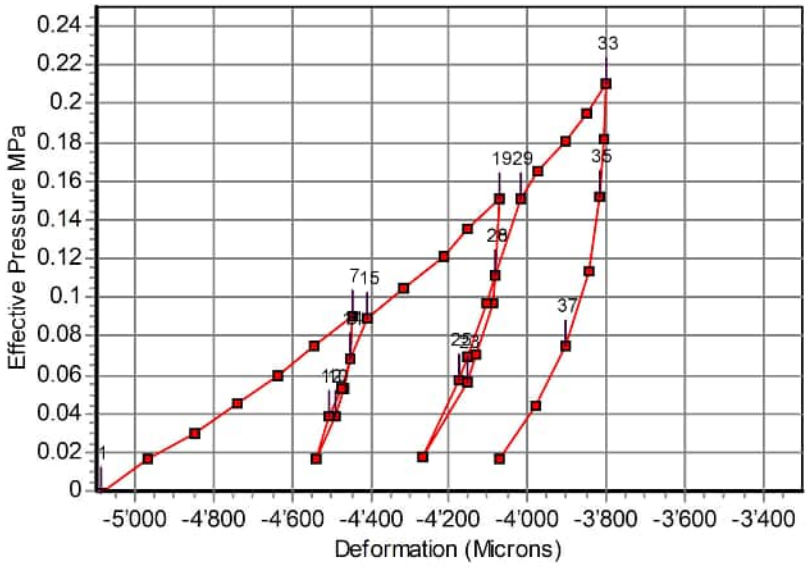
Top Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
1 - 7	R	14
8 - 10	S	84
12 - 14	R	65
15 - 19	R	18
20 - 23	S	70
25 - 28	R	53
29 - 33	R	23
35 - 37	S	71



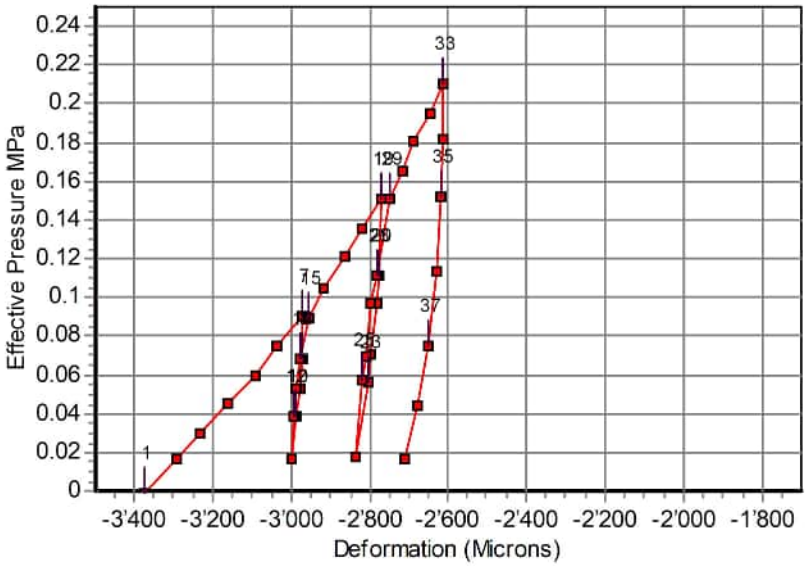
Central Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
1 - 7	R	18
8 - 10	S	100
12 - 14	R	71
15 - 19	R	24
20 - 23	S	96
25 - 28	R	75
29 - 33	R	35
35 - 37	S	110



Bottom Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
1 - 7	R	29
8 - 10	S	280
12 - 14	R	200
15 - 19	R	42
20 - 23	S	250
25 - 28	R	210
29 - 33	R	56
35 - 37	S	300



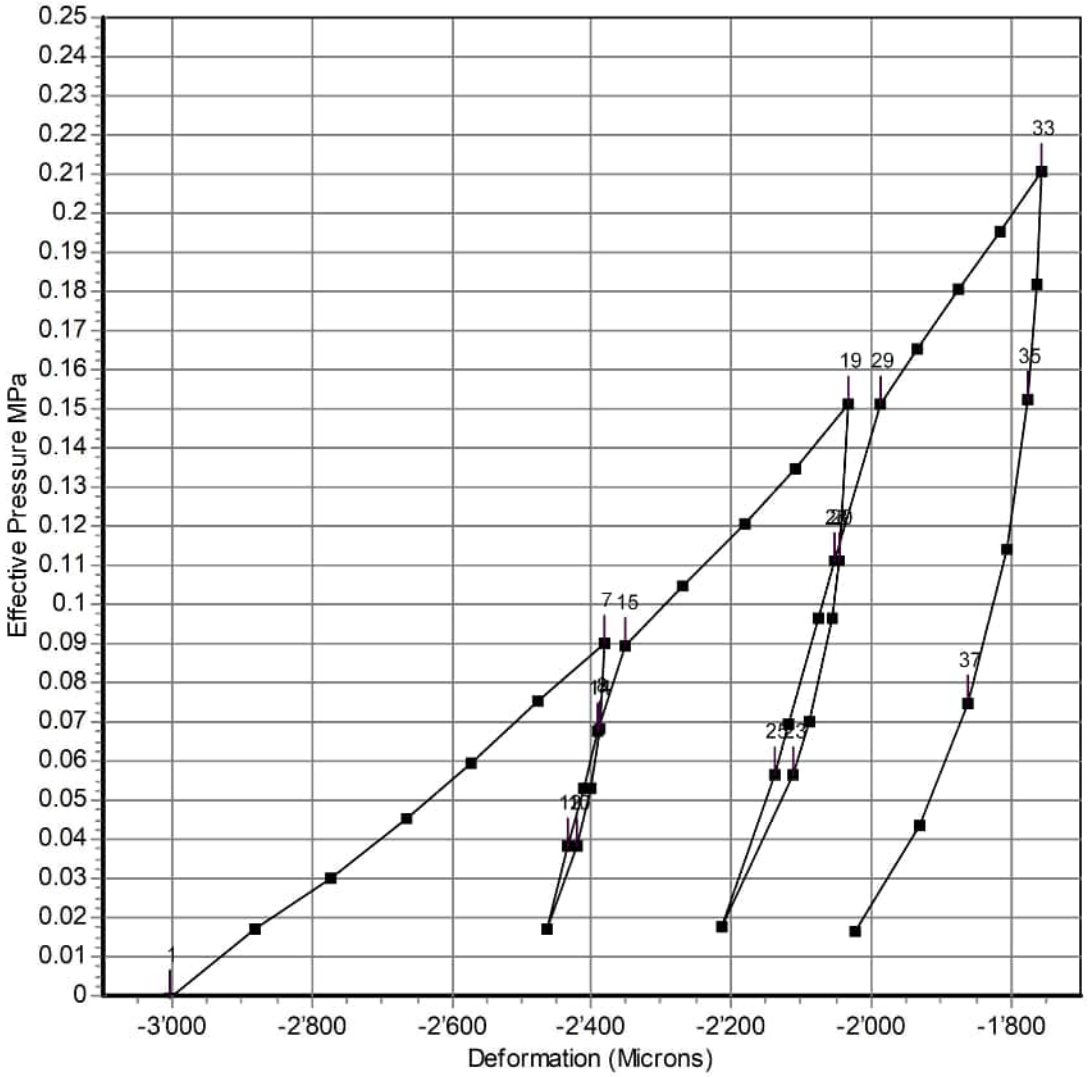
Project: Grosshöchstetten 3622-
Test Date: 11.07.2024 10:46:00

ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB1/24
Test Depth (m): 9.4

(TCB)/3 Extensometer

Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa	Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa
1	1 - 7	R	19	2	8 - 10	S	120
3	12 - 14	R	87	4	15 - 19	R	25
5	20 - 23	S	100	6	25 - 28	R	81
7	29 - 33	R	33	8	35 - 37	S	110



Project: Grosshöchstetten 3622-1

Test Date: 09.07.2024 09:40:00

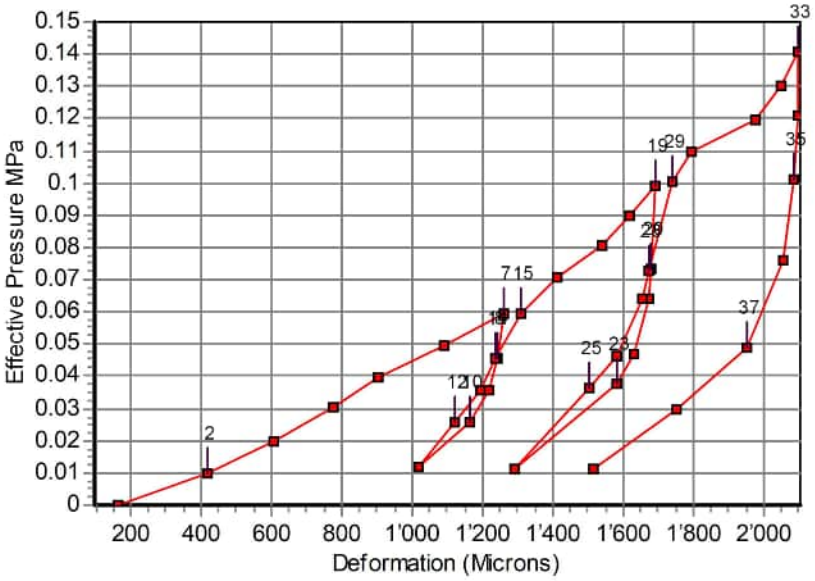
ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB2/24

Test Depth (m): 9.4

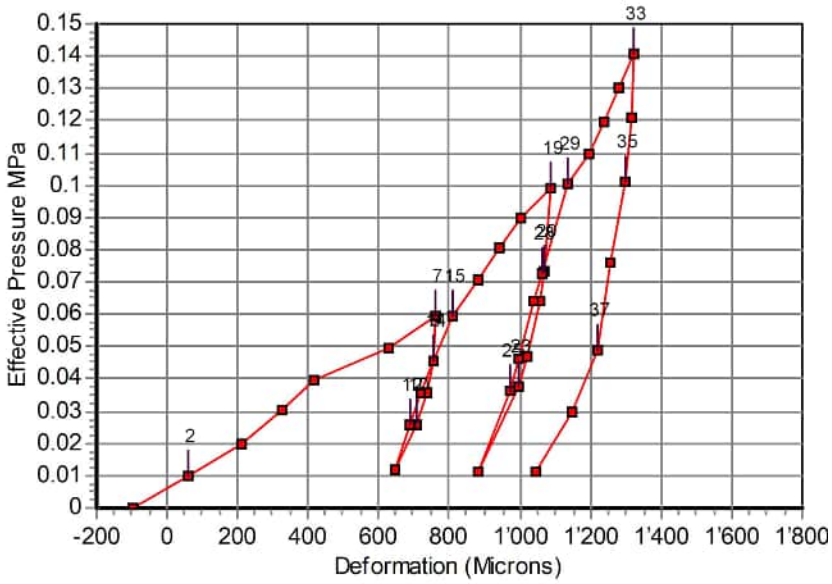
Top Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
2 - 7	R	8
8 - 10	S	34
12 - 14	R	23
15 - 19	R	14
20 - 23	S	47
25 - 28	R	30
29 - 33	R	14
35 - 37	S	51



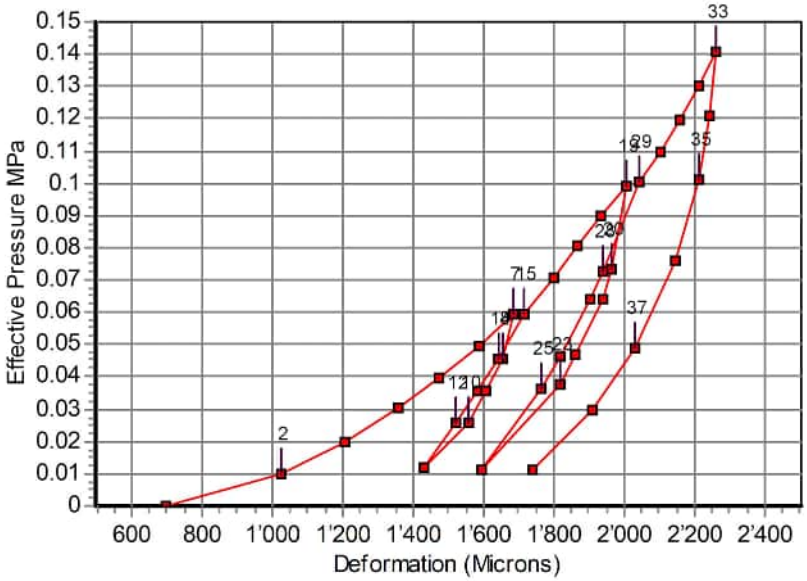
Central Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
2 - 7	R	10
8 - 10	S	53
12 - 14	R	39
15 - 19	R	20
20 - 23	S	66
25 - 28	R	53
29 - 33	R	30
35 - 37	S	90



Bottom Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
2 - 7	R	10
8 - 10	S	27
12 - 14	R	22
15 - 19	R	18
20 - 23	S	32
25 - 28	R	28
29 - 33	R	25
35 - 37	S	39



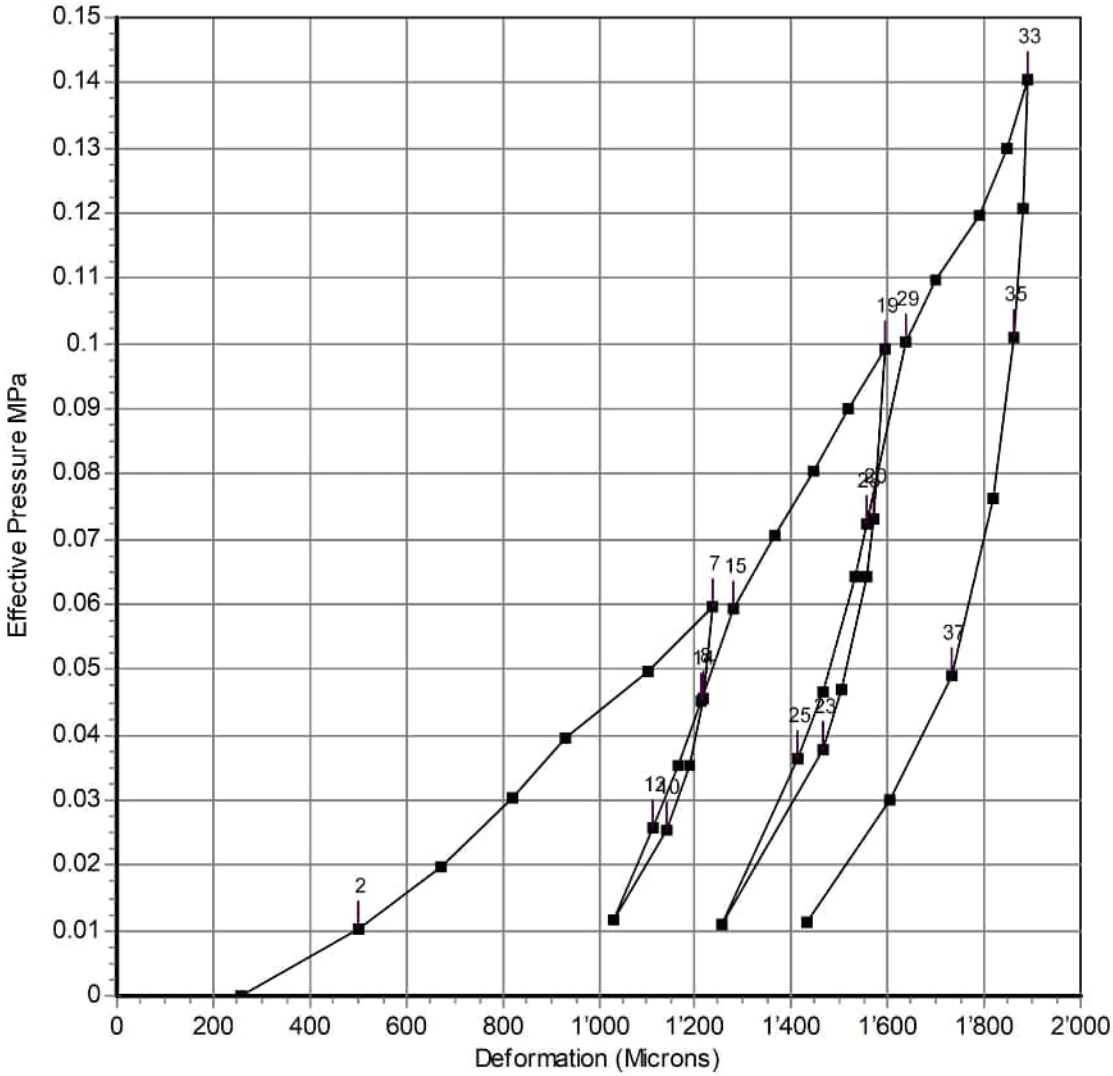
Project: Grosshöchstetten 3622-
Test Date: 09.07.2024 09:40:00

ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB2/24
Test Depth (m): 9.4

(TCB)/3 Extensometer

Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa	Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa
1	2 - 7	R	9	2	8 - 10	S	35
3	12 - 14	R	26	4	15 - 19	R	17
5	20 - 23	S	44	6	25 - 28	R	34
7	29 - 33	R	21	8	35 - 37	S	53



Project: Grosshöchstetten 3622-1

Test Date: 30.07.2024 09:16:00

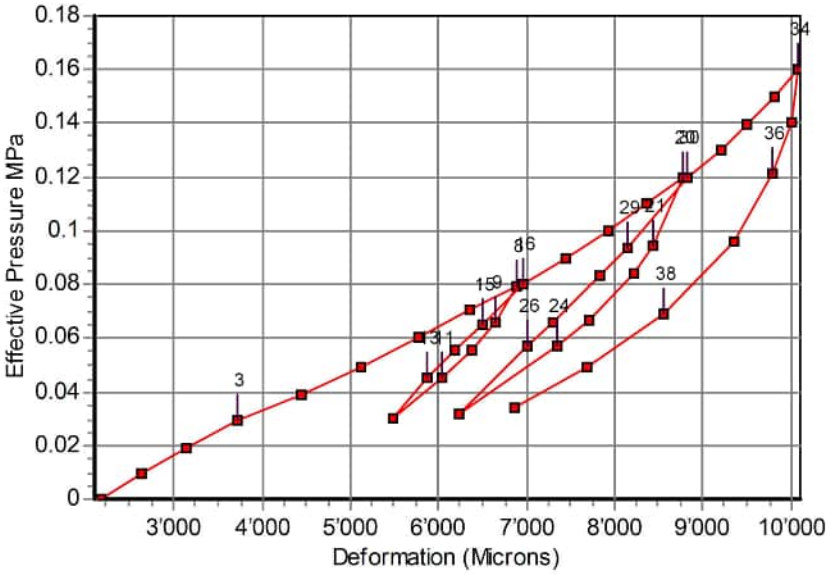
ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB3/ 24

Test Depth (m): 11.0

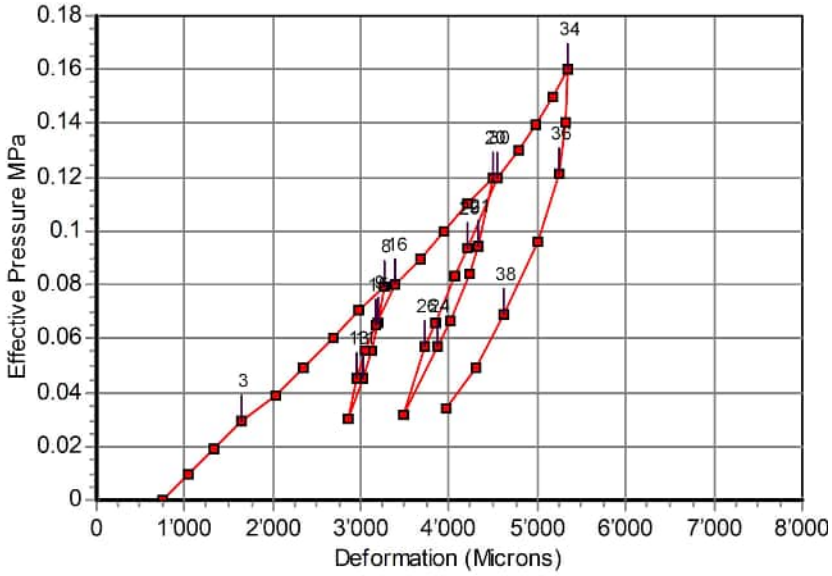
Top Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
3 - 8	R	2
9 - 11	S	5
13 - 15	R	4
16 - 20	R	3
21 - 24	S	5
26 - 29	R	4
30 - 34	R	4
36 - 38	S	6



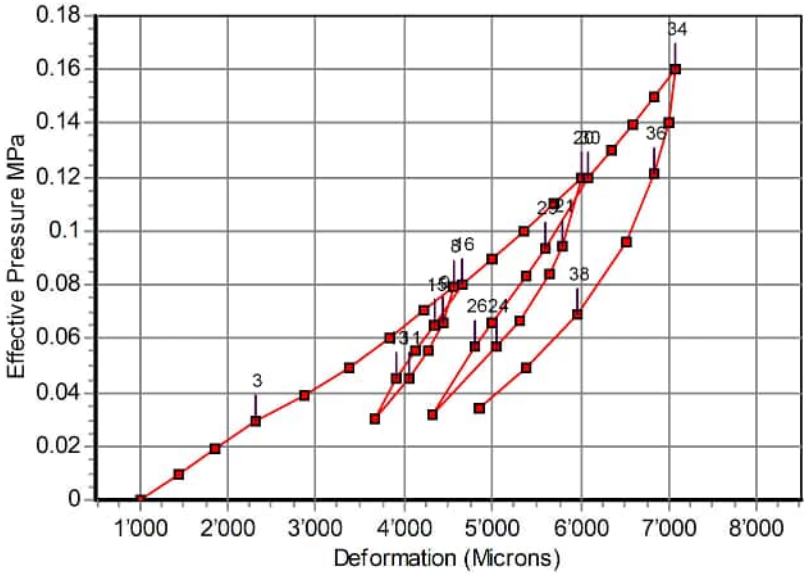
Central Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
3 - 8	R	4
9 - 11	S	16
13 - 15	R	13
16 - 20	R	5
21 - 24	S	11
26 - 29	R	10
30 - 34	R	7
36 - 38	S	12



Bottom Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
3 - 8	R	3
9 - 11	S	7
13 - 15	R	6
16 - 20	R	4
21 - 24	S	7
26 - 29	R	6
30 - 34	R	5
36 - 38	S	8



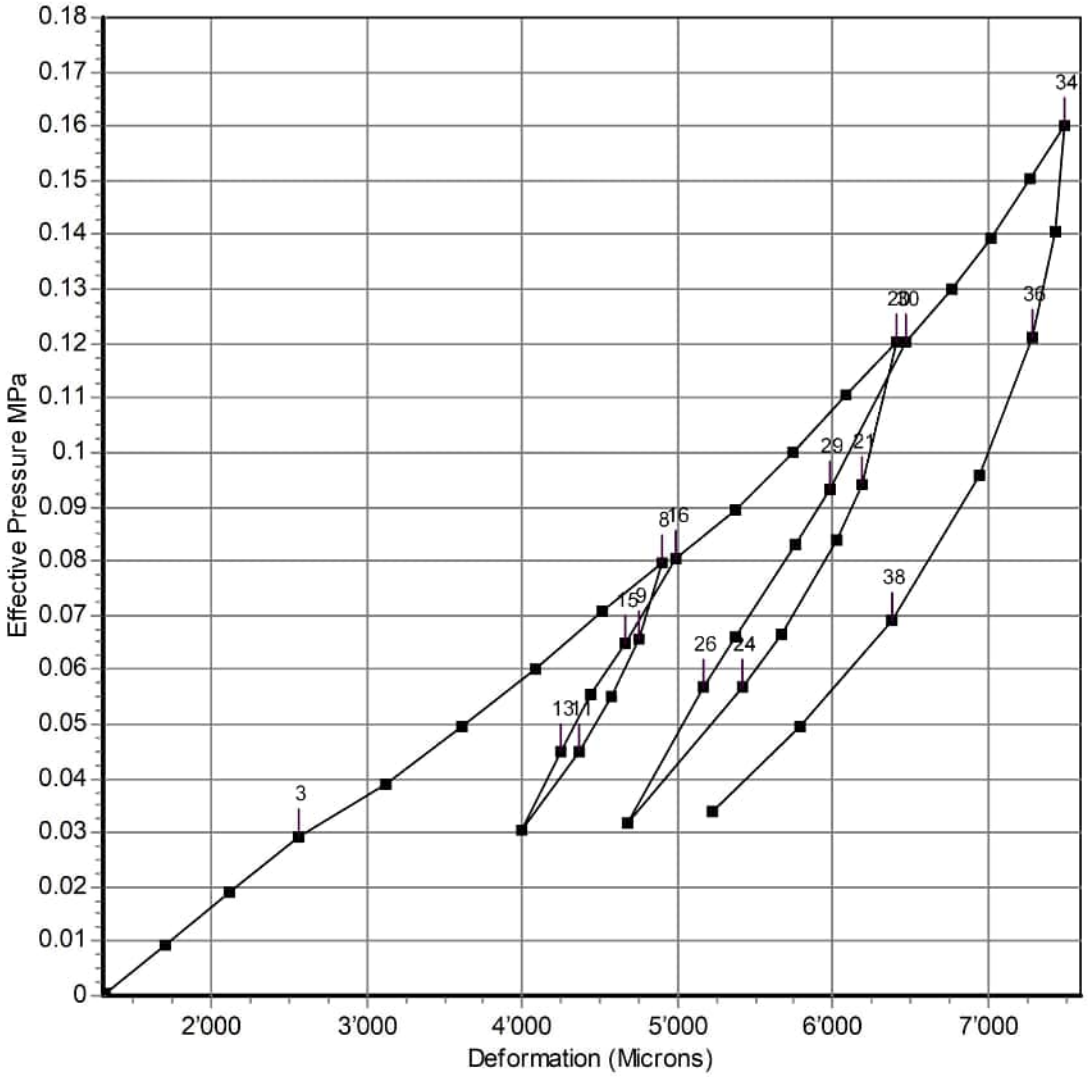
Project: Grosshöchstetten 3622-
Test Date: 30.07.2024 09:16:00

ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB3/ 24
Test Depth (m): 11.0

(TCB)/3 Extensometer

Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa	Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa
1	3 - 8	R	3	2	9 - 11	S	7
3	13 - 15	R	6	4	16 - 20	R	4
5	21 - 24	S	7	6	26 - 29	R	6
7	30 - 34	R	5	8	36 - 38	S	8



Project: Grosshöchstetten 3622-1

Test Date: 15.07.2024 14:25:00

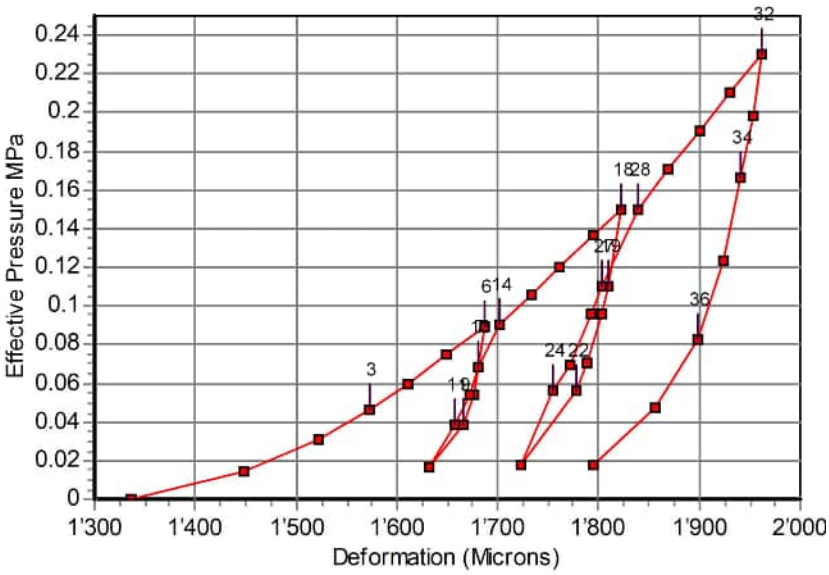
ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB4/24

Test Depth (m): 13.7

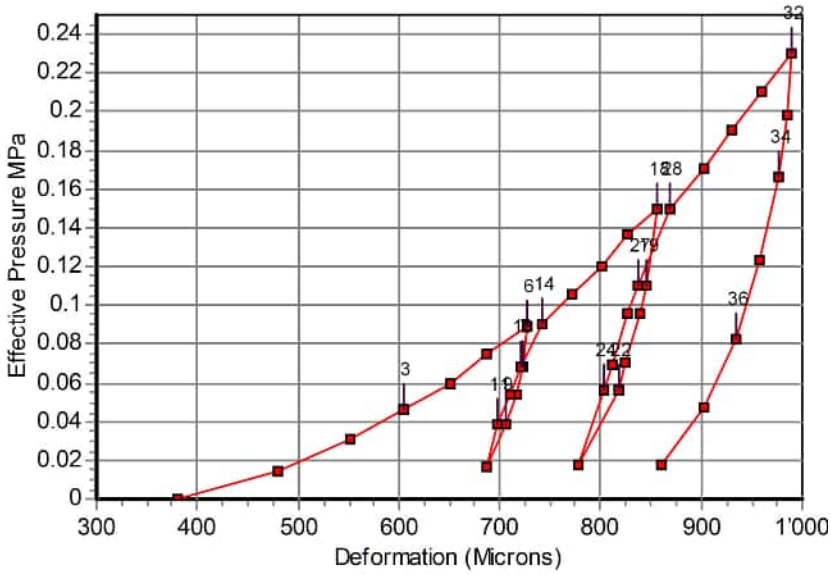
Top Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
3 - 6	R	52
7 - 9	S	270
11 - 13	R	170
14 - 18	R	67
19 - 22	S	230
24 - 27	R	150
28 - 32	R	88
34 - 36	S	270



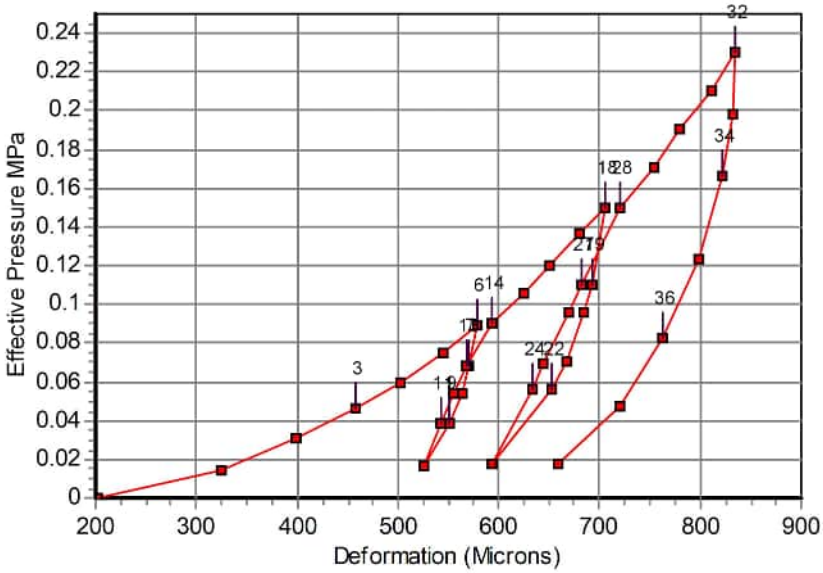
Central Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
3 - 6	R	49
7 - 9	S	250
11 - 13	R	170
14 - 18	R	72
19 - 22	S	250
24 - 27	R	220
28 - 32	R	91
34 - 36	S	280



Bottom Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
3 - 6	R	48
7 - 9	S	220
11 - 13	R	150
14 - 18	R	73
19 - 22	S	180
24 - 27	R	150
28 - 32	R	94
34 - 36	S	190



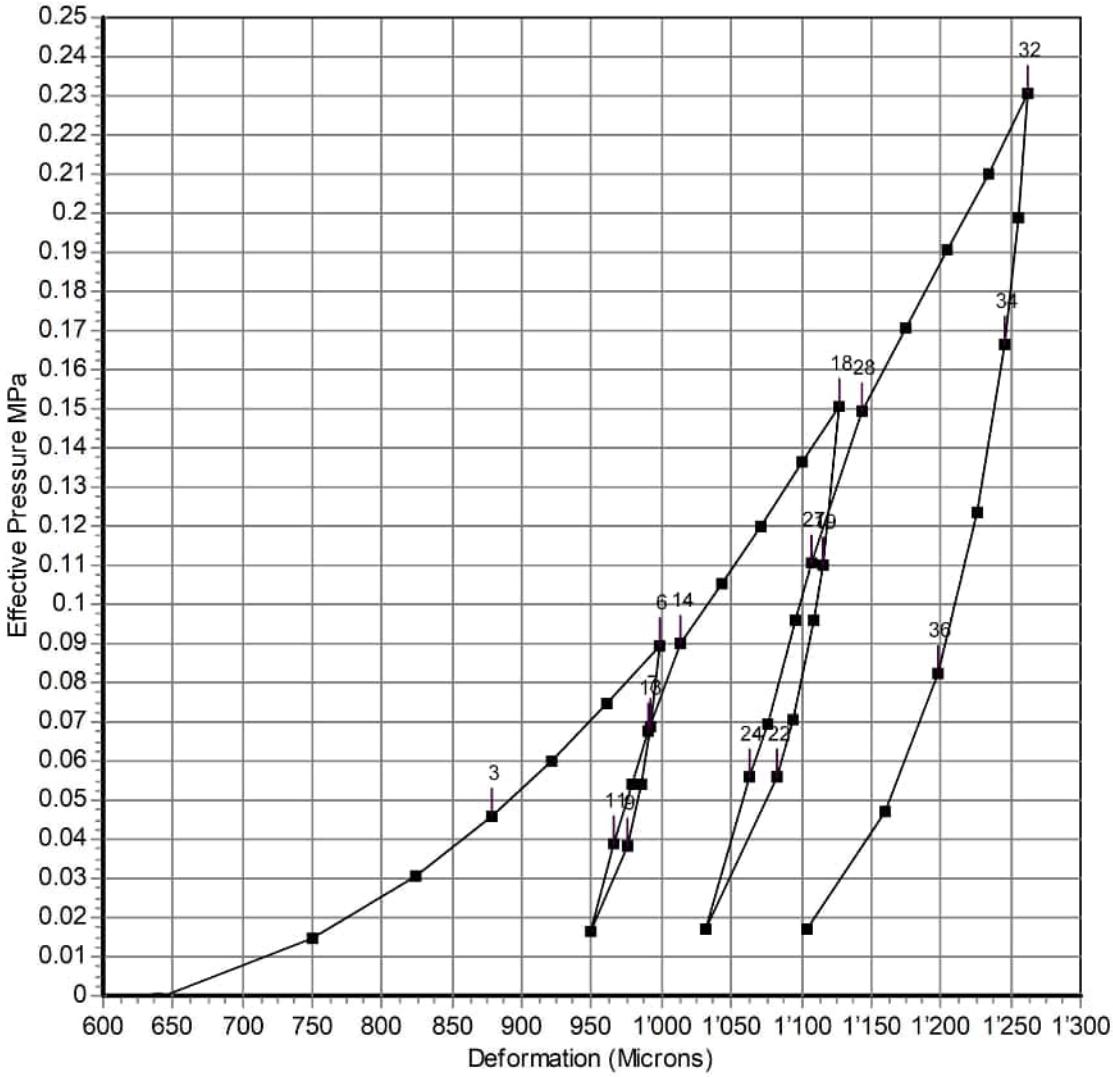
Project: Grosshöchstetten 3622-
Test Date: 15.07.2024 14:25:00

ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB4/24
Test Depth (m): 13.7

(TCB)/3 Extensometer

Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa	Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa
1	3 - 6	R	49	2	7 - 9	S	240
3	11 - 13	R	160	4	14 - 18	R	71
5	19 - 22	S	220	6	24 - 27	R	170
7	28 - 32	R	91	8	34 - 36	S	240



Program: Dilato2
Solexperts AG [NaD]

20. 7.2024 11:37:18
File: C:...rosshöchstetten\RB4_24\RB4-24-13_7m-101mm.D2I

Project: Grosshöchstetten 3622-1

Test Date: 18.07.2024 15:41:00

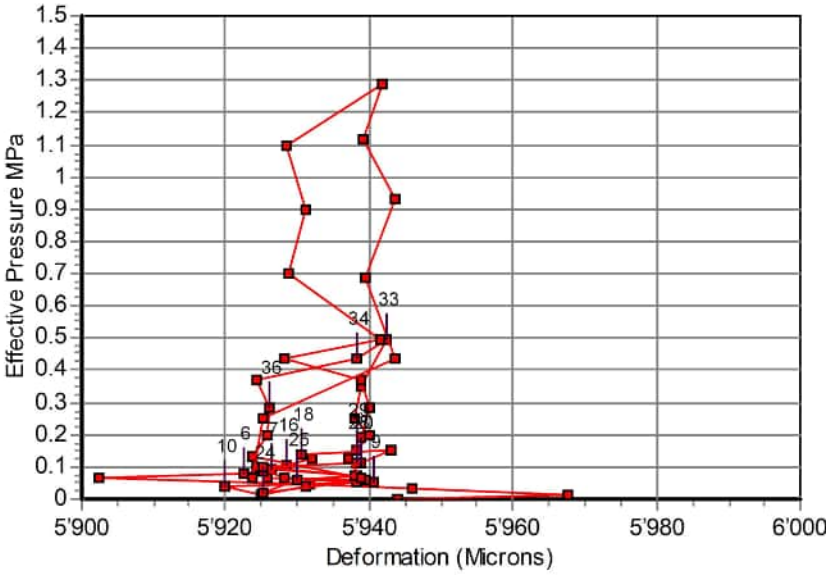
ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB5/24

Test Depth (m): 6.0

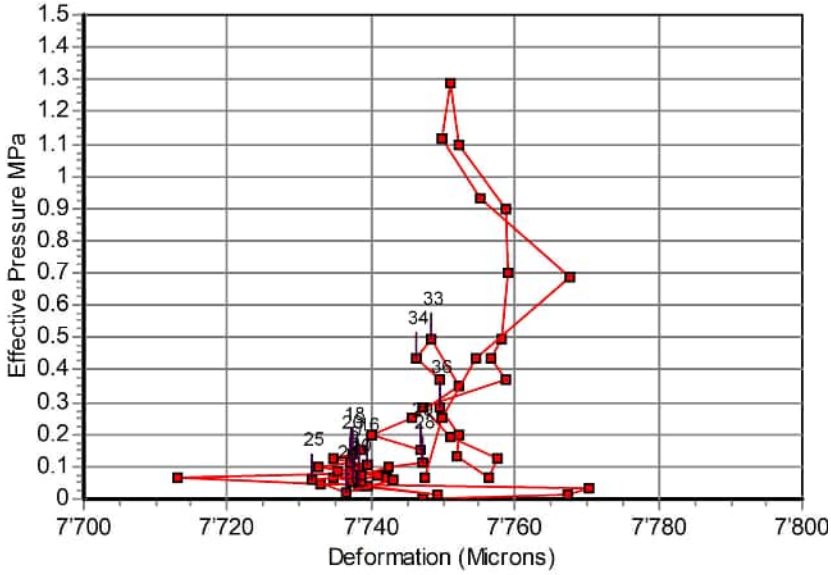
Top Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
6 - 7	R	490
9 - 10	S	100
16 - 18	R	1940
20 - 24	S	1000
25 - 28	R	4240
29 - 33	R	14900
34 - 36	S	1760



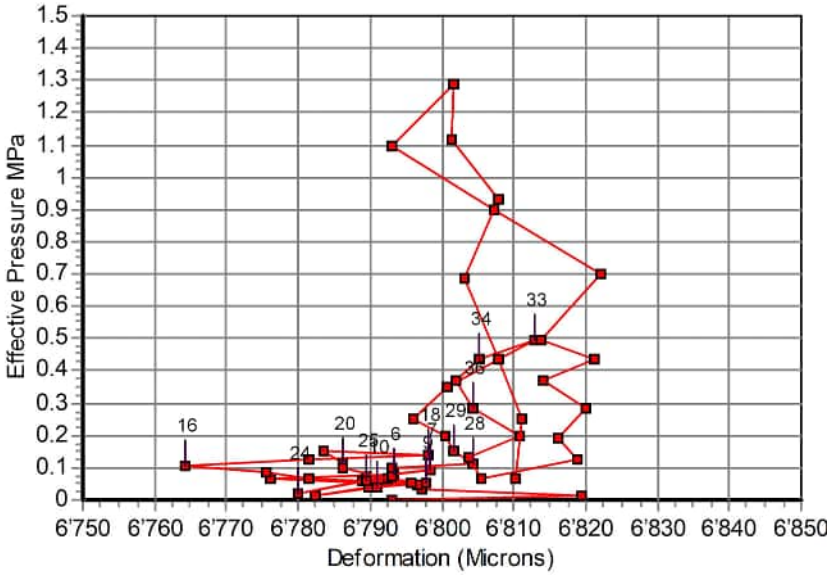
Central Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
6 - 7	R	2460
9 - 10	S	0
16 - 18	R	0
20 - 24	S	34000
25 - 28	R	560
29 - 33	R	8180
34 - 36	S	0



Bottom Extensometer

Range Start - End	Fit Type	E-Modulus MPa
6 - 7	R	380
9 - 10	S	320
16 - 18	R	130
20 - 24	S	2120
25 - 28	R	640
29 - 33	R	4020
34 - 36	S	27300



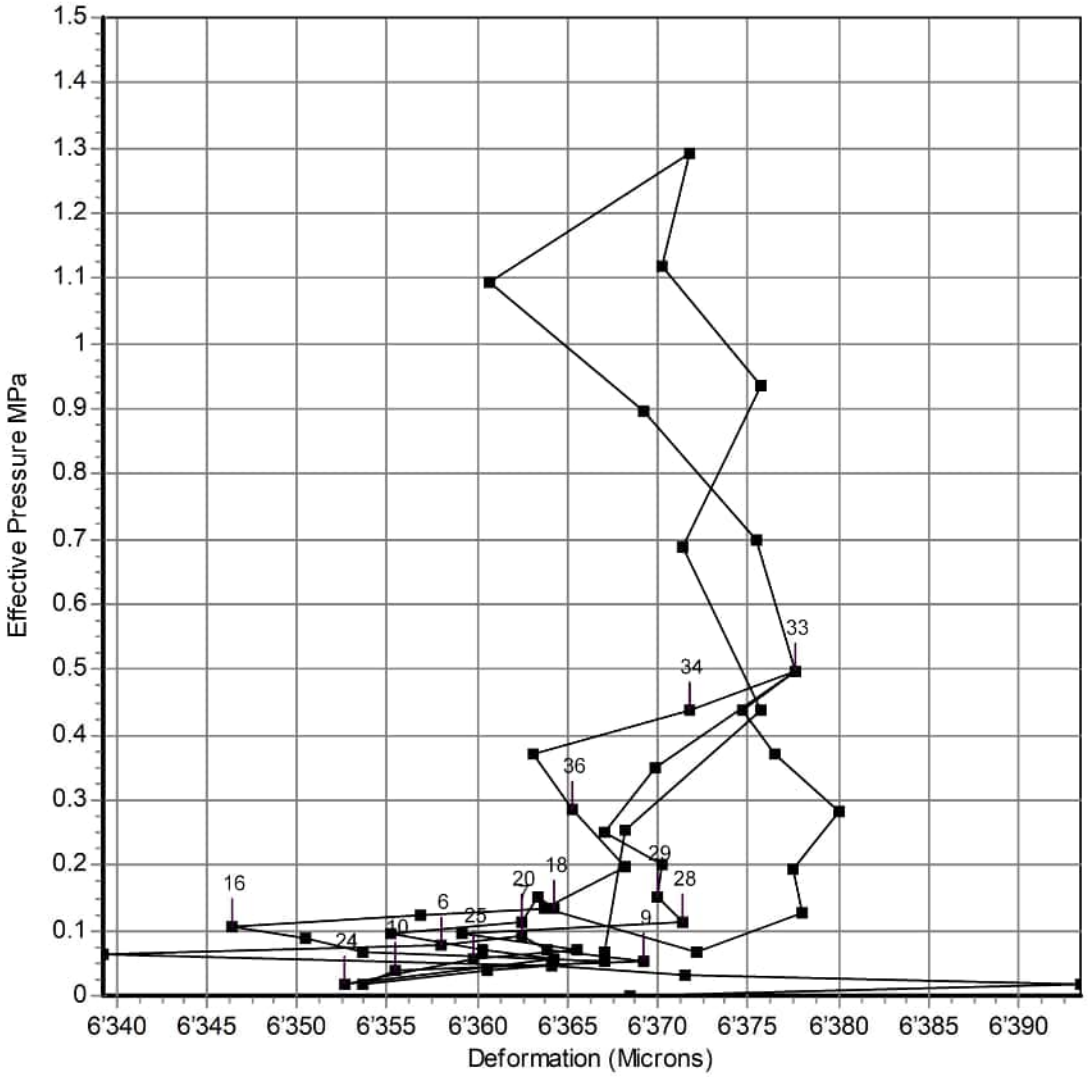
Project: Grosshöchstetten 3622-
Test Date: 18.07.2024 15:41:00

ANALYSIS RESULTS

Borehole: RB5/24
Test Depth (m): 6.0

(TB)/2 Extensometer

Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa	Step Nr.	Range Start-End	Fit Type	E-Modulus MPa
1	6 - 7	R	430	2	9 - 10	S	160
3	16 - 18	R	240	4	20 - 24	S	1360
5	25 - 28	R	1110	6	29 - 33	R	6330
7	34 - 36	S	3310				



ANHANG B

Auswertung der Dilatometerversuche in den Bohrungen RB1/24 bis RB5/24

Druck- und Wegaufnehmerdaten

Project: Grosshöchstetten 3622-1 **Borehole: RB1/24**
Test Date: 11.07.2024 10:46
Formation: Locker Sand Silt
Test Depth (m): 9.4

Dilatometer Test Data

** Effective pressure* *A measurement of 0 microns represents: 100.0 mm*

Record Nr.	Step Nr.	Duration (hh:mm:ss)	Load (MPa) *	Top Ext. (micron)	Central Ext. (micron)	Bottom Ext. (micron)
1	1	00:03:00	0.0	-548	-5088	-3374
2	2	00:03:00	0.02	-388	-4967	-3295
3	3	00:03:00	0.03	-245	-4848	-3231
4	4	00:03:00	0.05	-93	-4741	-3163
5	5	00:03:00	0.06	19	-4640	-3094
6	6	00:03:00	0.08	150	-4544	-3036
7	7	00:03:00	0.09	274	-4448	-2972
8	8	00:01:00	0.07	260	-4454	-2973
9	9	00:01:00	0.05	241	-4468	-2978
10	10	00:01:00	0.04	214	-4492	-2987
11	11	00:01:00	0.02	147	-4539	-3002
12	12	00:01:00	0.04	196	-4506	-2995
13	13	00:01:00	0.05	227	-4477	-2986
14	14	00:01:00	0.07	254	-4453	-2975
15	15	00:01:00	0.09	310	-4408	-2956
16	16	00:03:00	0.1	429	-4316	-2921
17	17	00:03:00	0.12	538	-4214	-2863
18	18	00:03:00	0.13	640	-4151	-2819
19	19	00:03:00	0.15	748	-4070	-2772
20	20	00:01:00	0.11	721	-4082	-2776
21	21	00:01:00	0.1	703	-4089	-2782
22	22	00:01:00	0.07	659	-4131	-2797
23	23	00:01:00	0.06	620	-4156	-2804
24	24	00:01:00	0.02	466	-4268	-2838
25	25	00:01:00	0.06	579	-4174	-2819
26	26	00:01:00	0.07	615	-4155	-2811
27	27	00:01:00	0.1	680	-4106	-2796
28	28	00:01:00	0.11	711	-4083	-2785
29	29	00:01:00	0.15	806	-4017	-2750
30	30	00:03:00	0.17	891	-3973	-2718
31	31	00:03:00	0.18	965	-3905	-2688
32	32	00:03:00	0.2	1050	-3851	-2648
33	33	00:03:00	0.21	1142	-3801	-2612
34	34	00:01:00	0.18	1133	-3805	-2612
35	35	00:01:00	0.15	1109	-3816	-2616
36	36	00:01:00	0.11	1056	-3844	-2630
37	37	00:01:00	0.07	968	-3904	-2650
38	38	00:01:00	0.04	865	-3980	-2680
39	39	00:01:00	0.02	719	-4073	-2712

Program: Dilato2
Solexperts AG Name

Project: Grosshöchstetten 3622-1 **Borehole: RB2/24**
Test Date: 09.07.2024 09:40
Formation: Locker, Sand-Silt
Test Depth (m): 9.4

Dilatometer Test Data

** Effective pressure* *A measurement of 0 microns represents: 100.0 mm*

Record Nr.	Step Nr.	Duration (hh:mm:ss)	Load (MPa) *	Top Ext. (micron)	Central Ext. (micron)	Bottom Ext. (micron)
1	1	00:01:00	0.0	168	-98	702
2	2	00:03:00	0.01	419	62	1028
3	3	00:03:00	0.02	608	211	1206
4	4	00:03:00	0.03	777	325	1357
5	5	00:03:00	0.04	904	419	1476
6	6	00:03:00	0.05	1092	626	1589
7	7	00:03:00	0.06	1260	763	1684
8	8	00:01:00	0.05	1241	754	1655
9	9	00:01:00	0.04	1221	736	1607
10	10	00:01:00	0.03	1161	704	1555
11	11	00:01:00	0.01	1021	646	1431
12	12	00:01:00	0.03	1123	689	1524
13	13	00:01:00	0.04	1192	721	1582
14	14	00:01:00	0.05	1235	756	1642
15	15	00:01:00	0.06	1310	808	1714
16	16	00:03:00	0.07	1410	882	1798
17	17	00:03:00	0.08	1538	942	1863
18	18	00:03:00	0.09	1619	1002	1934
19	19	00:03:00	0.1	1691	1087	2006
20	20	00:01:00	0.07	1679	1071	1963
21	21	00:01:00	0.06	1671	1056	1935
22	22	00:01:00	0.05	1628	1022	1862
23	23	00:01:00	0.04	1578	999	1816
24	24	00:01:00	0.01	1291	881	1596
25	25	00:01:00	0.04	1505	970	1765
26	26	00:01:00	0.05	1579	999	1818
27	27	00:01:00	0.06	1650	1039	1903
28	28	00:01:00	0.07	1670	1063	1937
29	29	00:01:00	0.1	1740	1134	2040
30	30	00:03:00	0.11	1793	1196	2103
31	31	00:03:00	0.12	1970	1239	2157
32	32	00:03:00	0.13	2047	1278	2211
33	33	00:03:00	0.14	2096	1320	2261
34	34	00:01:00	0.12	2093	1314	2240
35	35	00:01:00	0.1	2081	1299	2209
36	36	00:01:00	0.08	2054	1257	2145
37	37	00:01:00	0.05	1946	1222	2030
38	38	00:01:00	0.03	1752	1150	1908
39	39	00:01:00	0.01	1511	1046	1740

Program: Dilato2
Solexperts AG Name

Project: Grosshöchstetten 3622-1 **Borehole: RB3/ 24**
Test Date: 30.07.2024 09:16
Formation: Locker siltig
Test Depth (m): 11.0

Dilatometer Test Data

** Effective pressure* *A measurement of 0 microns represents: 100.0 mm*

Record Nr.	Step Nr.	Duration (hh:mm:ss)	Load (MPa) *	Top Ext. (micron)	Central Ext. (micron)	Bottom Ext. (micron)
1	0	00:01:00	0.0	2182	753	1002
2	1	00:01:00	0.01	2639	1047	1436
3	2	00:01:00	0.02	3150	1338	1855
4	3	00:01:00	0.03	3711	1652	2305
5	4	00:03:00	0.04	4452	2022	2879
6	5	00:03:00	0.05	5124	2345	3371
7	6	00:03:00	0.06	5775	2672	3833
8	7	00:03:00	0.07	6357	2979	4213
9	8	00:03:00	0.08	6876	3270	4572
10	9	00:01:00	0.07	6633	3195	4433
11	10	00:01:00	0.06	6372	3110	4264
12	11	00:01:00	0.04	6049	3019	4043
13	12	00:01:00	0.03	5477	2844	3667
14	13	00:01:00	0.04	5873	2944	3915
15	14	00:01:00	0.06	6177	3040	4120
16	15	00:01:00	0.06	6487	3160	4336
17	16	00:01:00	0.08	6954	3380	4649
18	17	00:03:00	0.09	7444	3668	5003
19	18	00:03:00	0.1	7921	3946	5354
20	19	00:03:00	0.11	8368	4216	5693
21	20	00:03:00	0.12	8770	4487	6005
22	21	00:01:00	0.09	8434	4329	5792
23	22	00:01:00	0.08	8205	4225	5641
24	23	00:01:00	0.07	7705	4007	5299
25	24	00:01:00	0.06	7350	3870	5047
26	25	00:01:00	0.03	6237	3473	4309
27	26	00:01:00	0.06	7014	3722	4792
28	27	00:01:00	0.07	7308	3840	5003
29	28	00:01:00	0.08	7834	4071	5380
30	29	00:01:00	0.09	8141	4214	5599
31	30	00:01:00	0.12	8817	4549	6073
32	31	00:03:00	0.13	9198	4779	6352
33	32	00:03:00	0.14	9507	4967	6588
34	33	00:03:00	0.15	9812	5172	6835
35	34	00:03:00	0.16	10074	5347	7083
36	35	00:01:00	0.14	9999	5317	7012
37	36	00:01:00	0.12	9786	5234	6842
38	37	00:01:00	0.1	9341	4999	6515
39	38	00:01:00	0.07	8549	4628	5971
40	39	00:01:00	0.05	7686	4306	5391
41	40	00:01:00	0.03	6871	3956	4850

Project: Grosshöchstetten 3622-1 **Borehole: RB4/24**
Test Date: 15.07.2024 14:25
Formation: Locker Sand Silt
Test Depth (m): 13.7

Dilatometer Test Data

** Effective pressure* *A measurement of 0 microns represents: 100.0 mm*

Record Nr.	Step Nr.	Duration (hh:mm:ss)	Load (MPa) *	Top Ext. (micron)	Central Ext. (micron)	Bottom Ext. (micron)
1	0	00:03:00	0.0	1335	381	201
2	1	00:03:00	0.01	1448	479	324
3	2	00:03:00	0.03	1522	551	398
4	3	00:03:00	0.05	1574	605	457
5	4	00:03:00	0.06	1611	652	502
6	5	00:03:00	0.07	1648	687	546
7	6	00:03:00	0.09	1687	728	579
8	7	00:01:00	0.07	1682	723	570
9	8	00:01:00	0.05	1677	717	563
10	9	00:01:00	0.04	1667	706	552
11	10	00:01:00	0.02	1632	687	526
12	11	00:01:00	0.04	1657	698	542
13	12	00:01:00	0.05	1672	709	556
14	13	00:01:00	0.07	1680	722	568
15	14	00:01:00	0.09	1703	742	594
16	15	00:03:00	0.11	1733	771	625
17	16	00:03:00	0.12	1761	801	650
18	17	00:03:00	0.14	1795	826	681
19	18	00:03:00	0.15	1822	855	705
20	19	00:01:00	0.11	1809	846	692
21	20	00:01:00	0.1	1804	840	685
22	21	00:01:00	0.07	1789	825	667
23	22	00:01:00	0.06	1777	817	652
24	23	00:01:00	0.02	1722	779	593
25	24	00:01:00	0.06	1754	804	633
26	25	00:01:00	0.07	1771	812	645
27	26	00:01:00	0.1	1792	827	670
28	27	00:01:00	0.11	1803	837	682
29	28	00:01:00	0.15	1839	870	721
30	29	00:03:00	0.17	1869	903	754
31	30	00:03:00	0.19	1902	931	780
32	31	00:03:00	0.21	1931	959	812
33	32	00:03:00	0.23	1961	990	835
34	33	00:01:00	0.2	1953	984	832
35	34	00:01:00	0.17	1941	976	822
36	35	00:01:00	0.12	1925	957	798
37	36	00:01:00	0.08	1898	935	763
38	37	00:01:00	0.05	1856	903	720
39	38	00:01:00	0.02	1795	860	658

Project: Grosshöchstetten 3622-1 **Borehole: RB5/24**
Test Date: 18.07.2024 15:41
Formation: Locker Sand Silt
Test Depth (m): 6.0

Dilatometer Test Data

** Effective pressure* *A measurement of 0 microns represents: 100.0 mm*

Record Nr.	Step Nr.	Duration (hh:mm:ss)	Load (MPa) *	Top Ext. (micron)	Central Ext. (micron)	Bottom Ext. (micron)
1	1	00:03:00	0.0	5944	7747	6793
2	2	00:03:00	0.02	5968	7767	6819
3	3	00:03:00	0.03	5946	7770	6797
4	4	00:03:00	0.05	5932	7733	6797
5	5	00:03:00	0.06	5903	7713	6776
6	6	00:03:00	0.08	5923	7737	6793
7	7	00:03:00	0.09	5927	7738	6798
8	8	00:01:00	0.07	5938	7741	6789
9	9	00:01:00	0.05	5941	7737	6798
10	10	00:01:00	0.04	5920	7738	6791
11	11	00:01:00	0.02	5925	7749	6782
12	12	00:01:00	0.04	5931	7739	6790
13	13	00:01:00	0.05	5938	7739	6796
14	14	00:01:00	0.07	5926	7735	6782
15	15	00:01:00	0.09	5925	7735	6776
16	16	00:03:00	0.11	5929	7739	6764
17	17	00:03:00	0.12	5932	7735	6782
18	18	00:03:00	0.14	5930	7737	6798
19	19	00:03:00	0.15	5943	7739	6783
20	20	00:01:00	0.11	5939	7737	6786
21	21	00:01:00	0.1	5924	7733	6786
22	22	00:01:00	0.07	5928	7742	6793
23	23	00:01:00	0.06	5940	7743	6789
24	24	00:01:00	0.02	5925	7737	6780
25	25	00:01:00	0.06	5930	7732	6789
26	26	00:01:00	0.07	5938	7739	6793
27	27	00:01:00	0.1	5925	7742	6793
28	28	00:01:00	0.11	5938	7747	6804
29	29	00:01:00	0.15	5938	7747	6802
30	30	00:03:00	0.2	5940	7740	6800
31	31	00:03:00	0.25	5938	7746	6796
32	32	00:03:00	0.35	5939	7752	6801
33	33	00:03:00	0.5	5942	7748	6813
34	34	00:01:00	0.44	5938	7746	6805
35	35	00:01:00	0.37	5924	7750	6802
36	36	00:01:00	0.29	5926	7750	6804
37	37	00:01:00	0.2	5926	7752	6811
38	38	00:01:00	0.13	5924	7752	6804
39	39	00:01:00	0.07	5939	7756	6806
40	40	00:01:00	0.13	5937	7757	6819
41	41	00:01:00	0.19	5939	7751	6816
42	42	00:01:00	0.28	5940	7747	6820
43	43	00:01:00	0.37	5939	7759	6814

Program: Dilato2
Solexperts AG Name

Project: Grosshöchstetten 3622-1 **Borehole:** RB5/24

Record Nr.	Step Nr.	Duration (hh:mm:ss)	Load (MPa) *	Top Ext. (micron)	Central Ext. (micron)	Bottom Ext. (micron)
44	44	00:01:00	0.44	5928	7757	6821
45	45	00:01:00	0.5	5942	7758	6814
46	46	00:03:00	0.7	5929	7759	6822
47	47	00:03:00	0.9	5931	7759	6807
48	48	00:03:00	1.09	5929	7752	6793
49	49	00:03:00	1.29	5942	7751	6802
50	50	00:01:00	1.12	5939	7750	6801
51	51	00:01:00	0.93	5943	7755	6808
52	52	00:01:00	0.69	5940	7768	6803
53	53	00:01:00	0.44	5943	7755	6808
54	54	00:01:00	0.25	5925	7750	6811
55	55	00:01:00	0.07	5924	7748	6810

ANHANG C

Auswertung der Dilatometerversuche in den Bohrungen RB1/24 bis RB5/24

Analyseparameter

Project: Grosshöchstetten 3622-1 | Borehole: RB1/24
Test Date: 11.07.2024 10:46:00 | Test Depth (m): 9.4

ANALYSIS PARAMETERS

General:

Analysis uses effective pressure: Yes | Poisson's ratio: 0.33

Packer:

Packer complience pressure (bars): 1.50 | Packer efficiency (%): 100.0

Fluid

Water-level measurement: Hand Measurement | Water-level depth* (m): 9.5

Water-density (Kg/m^3): 1000.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Borehole:

Name: RB1/24 | Test Depth* (m): 9.4

Drilled borehole diameter (mm): 101.0 | Average diameter (mm): 97.0

Borehole inclination (degrees from verticle):0.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Reference:

Reference cylinder nr: 100 | Reference pressure (bars):3.00

Reference diameter (mm): 100.00

Top extensometer reference value (micron): 0

Central extensometer reference value (micron): 0

Bottom extensometer reference value (micron): 0

Probe:

Probe Nr: 6000.096

Packer Sleeve: 96 (mm)

Probe Coefficients	Offset	Factor	Reference
Load Pressure	-13110	0.0038	0
Top Extensometer	-47800	-0.3970	0
Central Extensometer	-47700	-0.3980	0
Bottom Extensometer	-49600	-0.3980	0

Project: Grosshöchstetten 3622-1 | Borehole: RB2/24
Test Date: 09.07.2024 09:40:00 | Test Depth (m): 9.4

ANALYSIS PARAMETERS

General:

Analysis uses effective pressure: Yes | Poisson's ratio: 0.33

Packer:

Packer complience pressure (bars): 1.50 | Packer efficiency (%): 100.0

Fluid

Water-level measurement: Hand Measurement | Water-level depth* (m): 10.8

Water-density (Kg/m^3): 1000.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Borehole:

Name: RB2/24 | Test Depth* (m): 9.4

Drilled borehole diameter (mm): 101.0 | Average diameter (mm): 100.3

Borehole inclination (degrees from verticle):0.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Reference:

Reference cylinder nr: D100 | Reference pressure (bars):3.00

Reference diameter (mm): 100.00

Top extensometer reference value (micron): 0

Central extensometer reference value (micron): 0

Bottom extensometer reference value (micron): 0

Probe:

Probe Nr: 6000.096

Packer Sleeve: 96 (mm)

Probe Coefficients	Offset	Factor	Reference
Load Pressure	-13110	0.0038	0
Top Extensometer	-47800	-0.3970	0
Central Extensometer	-47700	-0.3980	0
Bottom Extensometer	-49600	-0.3980	0

Project: Grosshöchstetten 3622-1 | Borehole: RB3/ 24
Test Date: 30.07.2024 09:16:00 | Test Depth (m): 11.0

ANALYSIS PARAMETERS

General:

Analysis uses effective pressure: Yes | Poisson's ratio: 0.33

Packer:

Packer complience pressure (bars): 1.50 | Packer efficiency (%): 100.0

Fluid

Water-level measurement: Dry | Water-level depth* (m): 11.0

Water-density (Kg/m^3): 1000.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Borehole:

Name: RB3/ 24 | Test Depth* (m): 11.0

Drilled borehole diameter (mm): 101.0 | Average diameter (mm): 102.1

Borehole inclination (degrees from verticle):0.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Reference:

Reference cylinder nr: 100 | Reference pressure (bars):3.00

Reference diameter (mm): 100.00

Top extensometer reference value (micron): 0

Central extensometer reference value (micron): 0

Bottom extensometer reference value (micron): 0

Probe:

Probe Nr: 6000.096

Packer Sleeve: 96 (mm)

Probe Coefficients	Offset	Factor	Reference
Load Pressure	-13110	0.0038	0
Top Extensometer	-47800	-0.3970	0
Central Extensometer	-47700	-0.3980	0
Bottom Extensometer	-49600	-0.3980	0

Project: Grosshöchstetten 3622-1 | Borehole: RB4/24
Test Date: 15.07.2024 14:25:00 | Test Depth (m): 13.7

ANALYSIS PARAMETERS

General:

Analysis uses effective pressure: Yes | Poisson's ratio: 0.33

Packer:

Packer complience pressure (bars): 1.50 | Packer efficiency (%): 100.0

Fluid

Water-level measurement: Hand Measurement | Water-level depth* (m): 13.9

Water-density (Kg/m^3): 1000.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Borehole:

Name: RB4/24 | Test Depth* (m): 13.7

Drilled borehole diameter (mm): 101.0 | Average diameter (mm): 100.6

Borehole inclination (degrees from verticle):0.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Reference:

Reference cylinder nr: 100 | Reference pressure (bars):3.00

Reference diameter (mm): 100.00

Top extensometer reference value (micron): 0

Central extensometer reference value (micron): 0

Bottom extensometer reference value (micron): 0

Probe:

Probe Nr: 6000.096

Packer Sleeve: 96 (mm)

Probe Coefficients	Offset	Factor	Reference
Load Pressure	-13110	0.0038	0
Top Extensometer	-47800	-0.3970	0
Central Extensometer	-47700	-0.3980	0
Bottom Extensometer	-49600	-0.3980	0

Project: Grosshöchstetten 3622-1 | Borehole: RB5/24
Test Date: 18.07.2024 15:41:00 | Test Depth (m): 6.0

ANALYSIS PARAMETERS

General:

Analysis uses effective pressure: Yes | Poisson's ratio: 0.33

Packer:

Packer complience pressure (bars): 1.50 | Packer efficiency (%): 100.0

Fluid

Water-level measurement: Dry | Water-level depth* (m): 6.0

Water-density (Kg/m^3): 1000.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Borehole:

Name: RB5/24 | Test Depth* (m): 6.0

Drilled borehole diameter (mm): 101.0 | Average diameter (mm): 106.4

Borehole inclination (degrees from verticle):0.0

** Distance from the top of the borehole casing*

Reference:

Reference cylinder nr: D100 | Reference pressure (bars):3.00

Reference diameter (mm): 100.00

Top extensometer reference value (micron): 0

Central extensometer reference value (micron): 0

Bottom extensometer reference value (micron): 0

Probe:

Probe Nr: 6000.096

Packer Sleeve: 96 (mm)

Probe Coefficients	Offset	Factor	Reference
Load Pressure	-13110	0.0038	0
Top Extensometer	-47800	-0.3970	0
Central Extensometer	-47700	-0.3980	0
Bottom Extensometer	-49600	-0.3980	0

ANHANG D

Auswertung der Dilatometerversuche in den Bohrungen RB1/24 bis RB5/24

Kalibrierungsblatt

Datum: 12.03.2024

Sonde mit externem Logger

6000	381 006

	Manschette	
Ø	**96**	384 057

Bypass :	Ja

Wegaufnehmer	Kalieberrohr D	oben	mitte	unten
Offset	**D 100**	**-47800**	**-47700**	**-49600**
Referenzen		**0**	**0**	**0**
Faktor Sensoren		-0.397	-0.398	-0.398

Drucksensor	200 bar	Faktor	**0.00381**
		Offset	-13200
		Referenz	0

ANHANG E

Auswertung der Dilatometerversuche in den Bohrungen RB1/24 bis RB5/24

Einbauprotokolle

Dilatometer-Einbauprotokoll

Bohrung:	**RB1/24**		Neigung (bez. vertikal):	0	°
Tiefe:	11.00	m GOK	Testtiefe:	9.40	m GOK
Bohrung Ø:	101	mm	GWSP:	trocken	m GOK
Datum:	11.07.2024		Name der Datei:	RB1-24_9.4m_101mm	

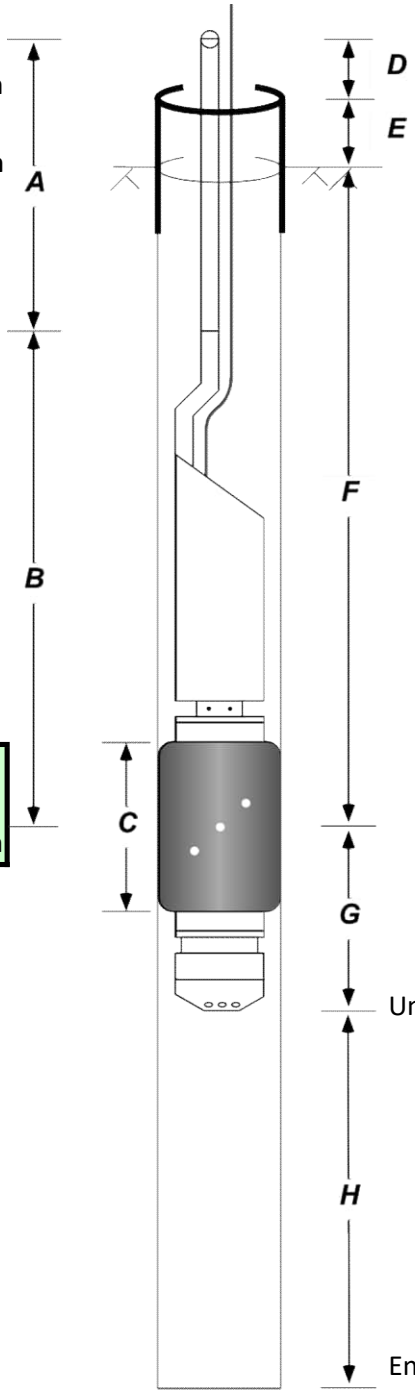
Gestängeliste:

Nr.		[m]			
3	x	3.0	=	9.0	m

A = 9.0 **m**

B = 3.00 **m**

Gesamtlänge von ROK bis Testtiefe:
A + B = **12** m



Überstand:

D = A + B - F - E = 2.10 m ü Referenz

A + B - F = 2.60 m ü GOK

Höhe Referenzpunkt = **E** = 0.50 m ü GOK

F = 9.40 m

G = 0.90 **m**

Unterkante Testequipment = 10.30 m

H = 0.70 m

Endtiefe = 11.00 m

96 mm-Dilatometersonde

SOLEXPERTS

Dilatometer-Einbauprotokoll

Bohrung:	**RB2/24**		Neigung (bez. horizontal):	90	°
Tiefe:	10.80	m GOK	Testtiefe:	9.40	m GOK
Bohrung Ø:	101	mm	GWSP:	trocken	m GOK
Datum:	09.07.2024		Name der Datei:	RB2-24_ m 100mm	

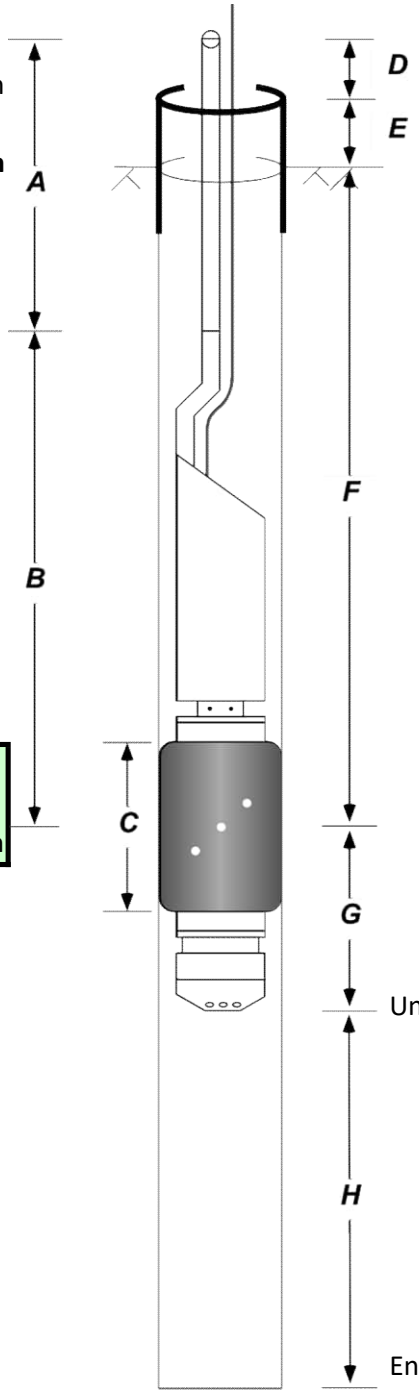
Gestängeliste:

Nr.		[m]			
3	x	3.0	=	9.0	m

A = 9.0 **m**

B = 3.00 **m**

Gesamtlänge von ROK bis Testtiefe:
A + B = **12** m



Überstand:

D = A + B - F - E = 2.10 m ü Referenz

A + B - F = 2.60 m ü GOK

Höhe Referenzpunkt = **E** = 0.50 m ü GOK

F = 9.40 m

G = 0.90 **m**

Unterkante Testequipment = 10.30 m

H = 0.50 m

Endtiefe = 10.80 m

96 mm-Dilatometersonde

SOLEXPERTS

Dilatometer-Einbauprotokoll

Bohrung:	**RB3/24**		Neigung (bez. vertikal):	0	°
Tiefe:	12.30	m GOK	Testtiefe:	11.20	m GOK
Bohrung Ø:	101	mm	GWSP:	trocken	m GOK
Datum:	30.07.2024		Name der Datei:	RB-3-11m-101mm	

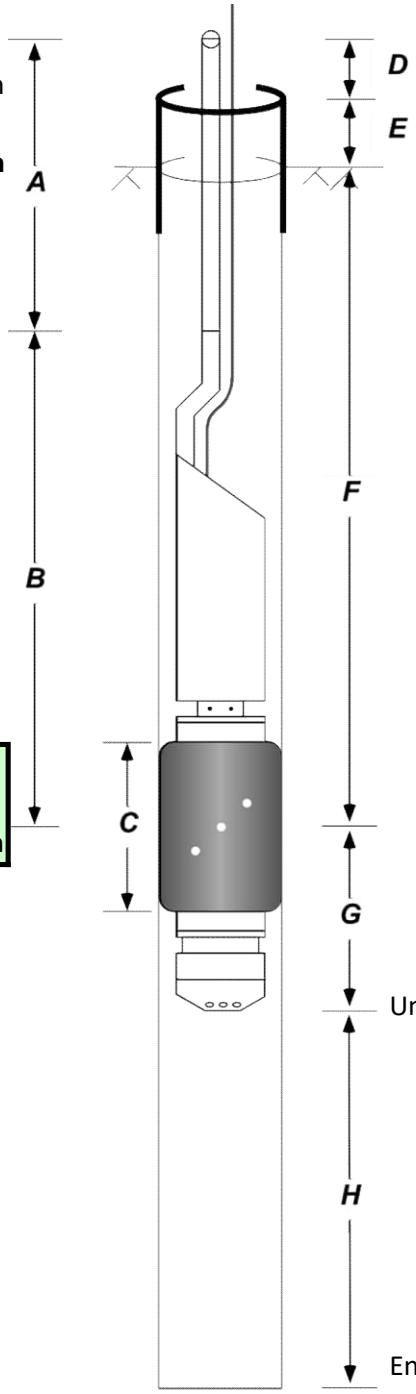
Gestängeliste:

Nr.		[m]			
3	x	3.0	=	9.0	m

A = 9.0 **m**

B = 3.00 **m**

Gesamtlänge von ROK bis Testtiefe:
A + B = **12** m



Überstand:

D = A + B - F - E = 0.80 m ü Referenz

A + B - F = 0.80 m ü GOK

Höhe Referenzpunkt = **E** = 0.00 m ü GOK

F = 11.20 m

G = 0.90 **m**

Unterkante Testequipment = 12.10 m

H = 0.20 m

Endtiefe = 12.30 m

96 mm-Dilatometersonde

SOLEXPERTS

Dilatometer-Einbauprotokoll

Bohrung:	**RB4/24**		Neigung (bez. vertikal):	0	°
Tiefe:	14.70	m GOK	Testtiefe:	13.70	m GOK
Bohrung Ø:	101	mm	GWSP:	trocken	m GOK
Datum:	RB4/24		Name der Datei:	RB4-24-13_7m-101mm	

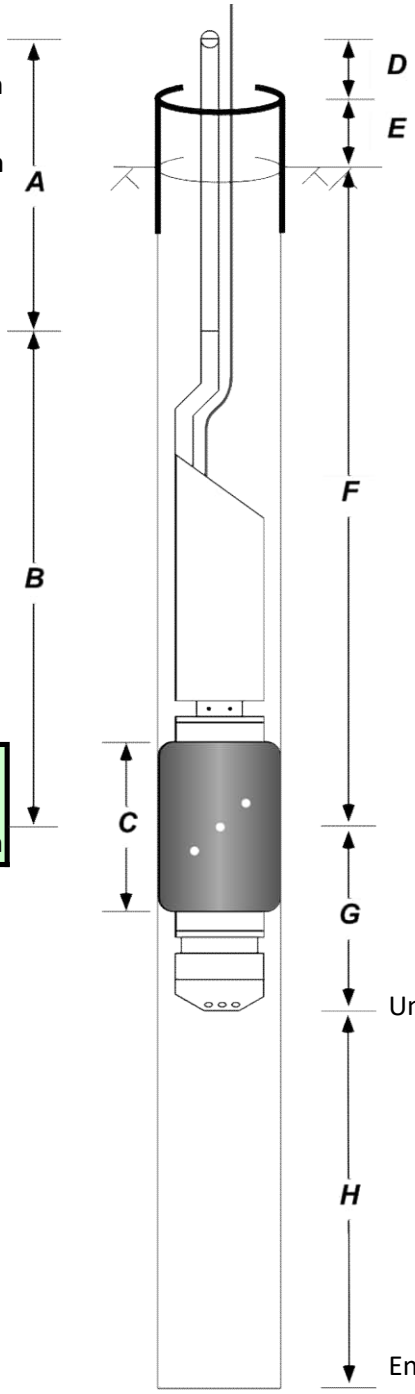
Gestängeliste:

Nr.		[m]		
4	x	3.0	=	12.0 m

A = 12.0 **m**

B = 3.00 **m**

Gesamtlänge von ROK bis Testtiefe:
A + B = **15** m



Überstand:

D = A + B - F - E = 1.30 m ü Referenz

A + B - F = 1.30 m ü GOK

Höhe Referenzpunkt = **E** = 0.00 m ü GOK

F = 13.70 m

G = 0.90 **m**

Unterkante Testequipment = 14.60 m

H = 0.10 m

Endtiefe = 14.70 m

96 mm-Dilatometersonde

SOLEXPERTS

Dilatometer-Einbauprotokoll

Bohrung:	RB5/24		Neigung (bez. vertikal):	0	°
Tiefe:	7.10	m GOK	Testtiefe:	6.00	m GOK
Bohrung Ø:	101	mm	GWSP:	trocken	m GOK
Datum:	18.07.2024		Name der Datei:	RB5-24_6m_101mm	

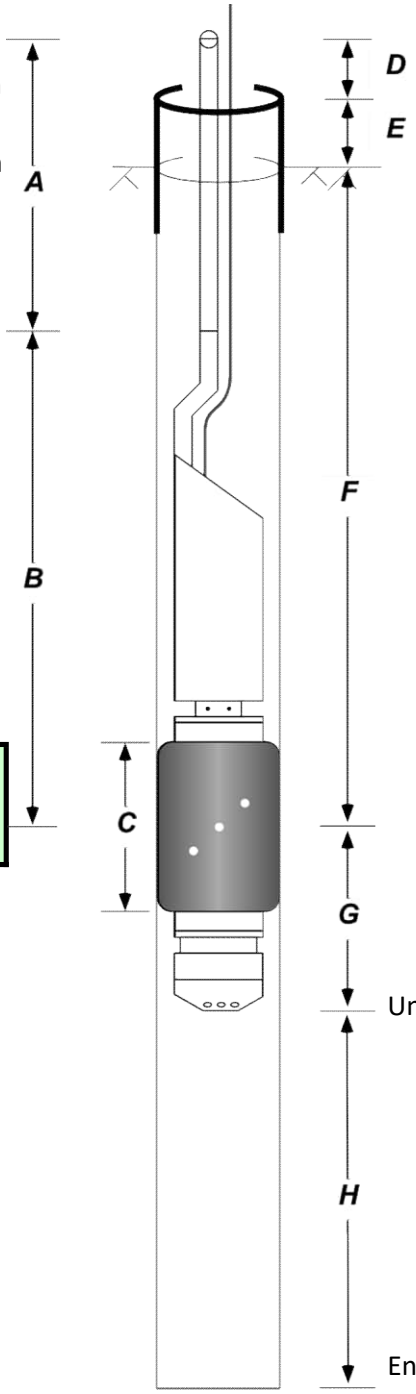
Gestängeliste:

Nr.		[m]		
2	x	3.0	=	6.0 m

A = 6.0 **m**

B = 3.00 **m**

Gesamtlänge von ROK bis Testtiefe:
A + B = **9** m



Überstand:

D = A + B - F - E = 3.00 m ü Referenz

A + B - F = 3.00 m ü GOK

Höhe Referenzpunkt = **E** = 0.00 m ü GOK

F = 6.00 m

G = 0.90 **m**

Unterkante Testequipment = 6.90 m

H = 0.20 m

Endtiefe = 7.10 m

96 mm-Dilatometersonde

SOLEXPERTS

Kernbohrung KB1/23

Geologische Aufnahme Dr. Samuel Weber

Beilage 8.1

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Bauherrschaft	BLS Netz AG		
Bohrfirma	KIBAG Bohrungen		
Bohrmeister	H. Qehaja	Massstab	1:25
Ausführungsdatum	20.01.2023 - 20.01.2023	Projekt-Nr.	33.1583
Koordinaten	2614790 / 1195487	Projekt	Erneuerung Tunnel BTB
Höhe	OKT: m ü. M.		

Bohrart, - Ø	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Taschenpenetrometer [kN/m2]	Taschenscherflügel [kN/m2]	Grundwasserstand [m ü. M.] / Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s] (1E-6, 1E-5, 1E-4, 1E-3, 1E-2, 1E-1)	Bohrlochmessungen (SPT, DMT, RQD, FVT)
Hartmetallkrone Ø 168 mm				0.00 =			Beton/Spritzbeton, zerbohrt, grau				
				1.20		Moräne	Kies, sandig bis stark sandig, schwach siltig, mit vereinzelt Steinen, bis Sand, stark kiesig, schwach siltig, mit vereinzelt Steinen Kornform gerundet, beige				
				4.00							

Bemerkungen

Bohrung horizontal Richtung NO ab Tunnelwand
Höhe: ca. 3 m ab Trasse

Kernbohrung KB3/23

Geologische Aufnahme Dr. Samuel Weber

Beilage 8.2

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Bauherrschaft	BLS Netz AG		
Bohrfirma	KIBAG Bohrungen		
Bohrmeister	H. Qehaja	Massstab	1:25
Ausführungsdatum	19.01.2023 - 19.01.2023	Projekt-Nr.	33.1583
Koordinaten	2615036 / 1195118	Projekt	Erneuerung Tunnel BTB
Höhe	OKT: m ü. M.		

Bohrart, - Ø	Kernzüge	Bohrlochausbau	Proben	Tiefe	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Taschenpenetrometer [kN/m2]	Taschenscherflügel [kN/m2]	Grundwasserstand [m ü. M.] / Durchlässigkeitsbeiwert k [m/s] (1E-6 1E-5 1E-4 1E-3 1E-2 1E-1)	Bohrlochmessungen (SPT, DMT, RQD, FVT)
Hartmetallkrone Ø 168 mm				0.00 =		Mauerwerk	Kalkstein, hellgrau				
				0.80			Abbruch der Bohrung wegen defektem Bohrgerät				

0.0 m

1.0 m

Bemerkungen

Bohrung horizontal Richtung W ab Tunnelwand
Höhe: ca. 3 m ab Trasse
Bohrung musste aufgrund von defektem Bohrgerät abgebrochen werden

Grosshöchstettentunnel I S01a/23

Geologische Aufnahme:
Dr. Samuel Weber

Beilage 9.1

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	KIBAG
Ort:	Biglen-Grosshöchst., km 13.931
Ausführungsdatum:	18.01.2023
Koordinaten (ca.):	2614788 / 1195486
Höhe in m ü.M.:	

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:10

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscher-flügel (TS) [kN/m2]
0	0		Bahnschotter	Stahlschwelle				
	0.10			Bahnschotter				
	0.50							
	0.51			Vlies				
				Bahnschotter				
	0.60							

Bemerkungen

Bahn-km 13.931
Sondierung links vom Gleis, Höhe ab OK Schwelle
OK Paramentfuss ca. 0.44 m unter OK Schwelle
Verbreiterung Paramentfuss ca. 14 cm

Grosshöchstettentunnel I S01b/23

Geologische Aufnahme:
Dr. Samuel Weber

Beilage 9.2

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	KIBAG
Ort:	Biglen-Grosshöchst., km 13.931
Ausführungsdatum:	18.01.2023
Koordinaten (ca.):	2614788 / 1195486
Höhe in m ü.M.:	

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:10

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscher-flügel (TS) [kN/m2]
0	0		Bahnschotter	Stahlschwelle				
	0.10			Bahnschotter				
	0.31		Unterbau	Kies, sandig, siltig, Kornform kantig, (PSS)				
	0.71							
	0.72		Moräne	Vlies Kies, sandig, schwach siltig, Kornform gerundet, hellbraun bis beige				
	0.97							

Bemerkungen

Bahn-km 13.931
Sondierung im Schwellenfach, Höhe ab OK Schwelle

Grosshöchstettentunnel II S01a/23

Geologische Aufnahme:
Dr. Samuel Weber

Beilage 9.3

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	KIBAG
Ort:	Biglen-Grosshöchst., km 14.388
Ausführungsdatum:	18.01.2023
Koordinaten (ca.):	2615036 / 1195119
Höhe in m ü.M.:	

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

Massstab: 1:10

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscher-flügel (TS) [kN/m2]
0	0		Bahnschotter	Holzschwelle				
	0.15			Bahnschotter				
	0.35		Unterbau	Sand, schwach siltig, schwach kiesig, Kornform kantig, grau, (PSS)				
	0.46			Vlies				
	0.47		Moräne	Sand, siltig, schwach kiesig, Kornform gerundet, hellbraun bis beige				
	0.70							

Bemerkungen

Bahn-km 14.388
Sondierung links vom Gleis, Höhe ab OK Schwelle
OK Paramentfuss ca. 0.63 m unter OK Schwelle
Verbreiterung Paramentfuss ca. 14 cm

Grosshöchstettentunnel II S01b/23

Geologische Aufnahme:
Dr. Samuel Weber

Beilage 9.4

Auftraggeber:	BLS Netz AG
Unternehmer:	KIBAG
Ort:	Biglen-Grosshöchst., km 14.388
Ausführungsdatum:	18.01.2023
Koordinaten (ca.):	2615036 / 1195119
Höhe in m ü.M.:	

Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft
zertifiziert nach ISO-Norm 9001
Postfach / Seestrasse 7
3700 Spiez
033 650 72 82
www.geo-online.ch

Projekt-Nr.: 33.1583

Projekt: Erneuerung Tunnel BTB

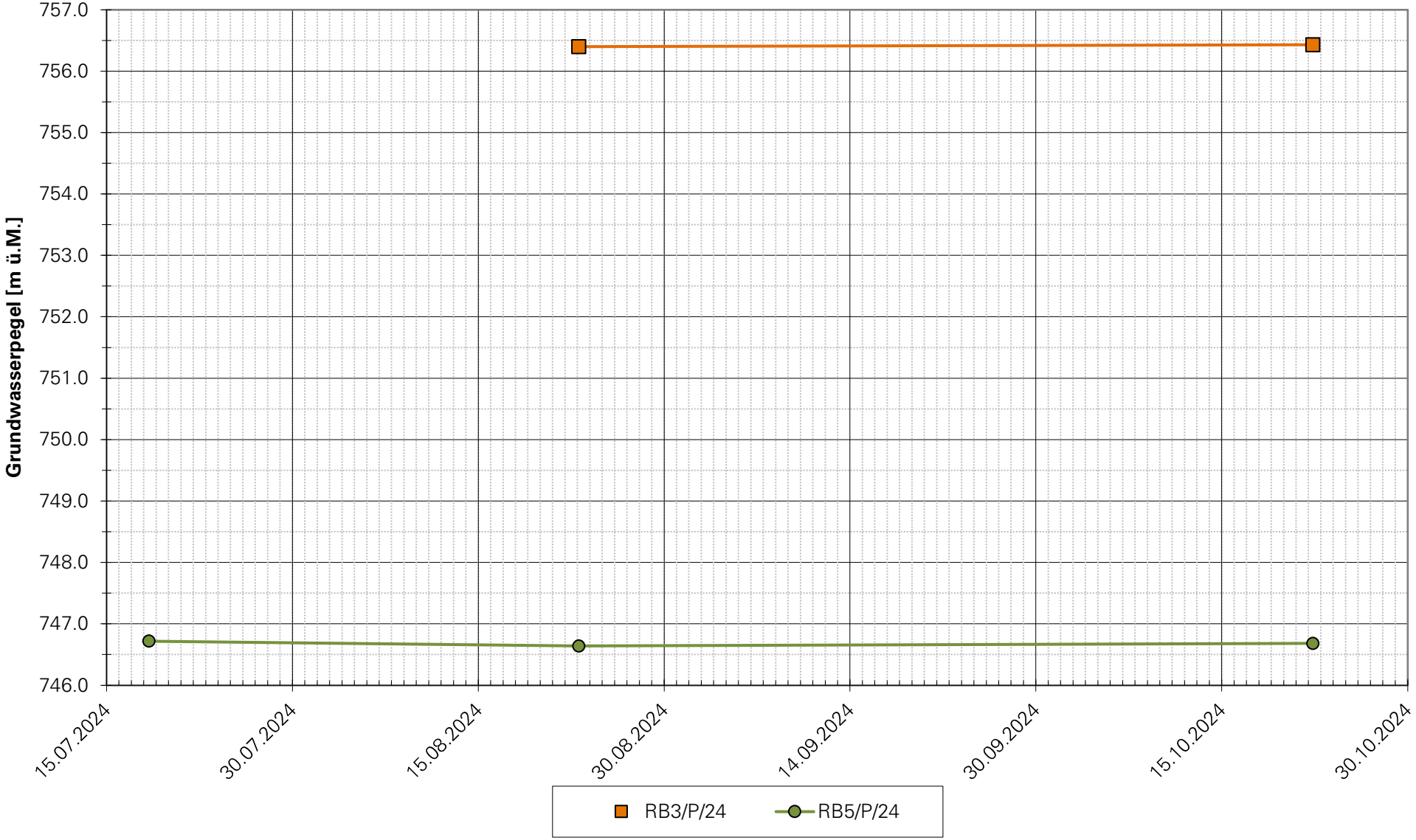
Massstab: 1:10

Höhe [m ü.M.]	Tiefe [m]	Profil	Geologie	Geotechnische Beschreibung	Proben/ Laboranalysen	Vor-Ort Messungen: Grundwasser	Penetrometer (TP) [kN/m2]	Taschenscher-flügel (TS) [kN/m2]
0	0			Holzschwelle				
	0.15		Bahnschotter	Bahnschotter				
	0.42		Unterbau	Sand, kiesig, schwach siltig, Kornform kantig, grau, (PSS)				
	0.52							
	0.53		Moräne	Vlies Kies, sandig, schwach siltig, Kornform gerundet, hellbraun bis beige				
	0.78							

Bemerkungen

Bahn-km 14.388
Sondierung im Schwellenfach, Höhe ab OK Schwelle

Erneuerung BTB, Grosshöchstetten
Grundwasserspiegel



Geotechnische Laborversuche Erneuerung Tunnel BTB

Prüfbericht

Bericht Nr.	12GS-015872-D-01-PB-01
Auftrag Nr.	12GS-015872-D-01
Klassifizierung	Vertraulich
Prüfgegenstand	Bestimmung der Bodenkennwerte aus Material von Bohrkernen und Baggerschlitzen: - 9x USCS-Klassifikation - 3x Triaxialversuch KD
Datum	3. Februar 2025
Auftraggeber	Auftraggeber Geotechnisches Institut AG Seestrasse 7 3700 Spiez Bestellerin BLS Netz AG Genfergasse 11 3011 Bern
Adresse der Prüfstelle	Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau Institut für Infrastruktur und Umwelt Fachgruppe Geotechnik und Spezialtiefbau Pestalozzistrasse 20, CH-3400 Burgdorf Tel +41 (0)34 426 4 176 www.ahb.bfh.ch
Prüfer	Christoph Hert, Roman Gallus
Fachgruppenleitung	Prof. Dr. Jean-Baptiste Payeur

Notifizierte Prüfstelle Nr. NB 02172

Inhaltsverzeichnis

1	Prüfgrundlagen	3
2	Einleitung	4
3	Prüfung	4
	3.1 Prüfmittel und Prüfhilfsmittel	4
	3.2 Übersicht Prüfablauf USCS	4
	3.3 Übersicht Prüfablauf Triaxialversuche KD	5
4	Prüfergebnisse	5
	4.1 Laborklassifikation USCS	5
	4.2 Triaxialversuch	6
5	Bemerkungen	7
	5.1 Wassergehaltsbestimmung	7
	5.2 Siebanalyse	7
	5.3 Überkornanteil Triax	7
6	Bestimmungen zum vorliegenden Bericht	8
	6.1 Umfang des Berichts	8
7	Anhangverzeichnis	9

1 Prüfgrundlagen

Tabelle 1: Prüfgrundlagen

Position	Angaben
Auftragserteilung	Datum: 17.08.2024 Auftraggeber: Daniel Bader, Geotechnisches Institut AG Besteller: Balz Friedli, BLS Netz AG
Prüfer	Christoph Hert, Roman Gallus
Normen und Standards	• Identifikation der Lockergesteine, Klassifikation nach USCS (SN 670004-2B-NA) • Bestimmung des Wassergehaltes durch Ofentrocknung (SN EN 1097-5, SN 670903-5B) • Bestimmung der Konsistenzgrenzen (Fliess- und Ausrollgrenzen von Böden) (SN 670345) • Bestimmung der Korngrössenverteilung von Gesteinskörnungen – Siebanalyse (SN EN 933-1, SN 670902-1) und Schlämmanalyse nach der Aräometermethode (SN 670816) • Bestimmung der Scherfestigkeit, Begriffe und grundsätzliche Versuchsbedingungen, Triaxialversuch (DIN 18137-1, DIN 18137-2)
Abweichungen zu den Normen	Siehe Kapitel 5
Wareneingang Nr. / Datum	4407 / 23.08.2024
Probenentnahmen und Anlieferung	Durch den Auftraggeber
Datum der Probenannahme	23.08.2024
Datum und Zeitraum der Prüfung	01.09.2024 – 24.01.2025

2 Einleitung

Im Auftrag der Geotechnisches Institut AG werden die geotehnischen Kennwerte von Bodenmaterial für das Projekt «BLS Erneuerung Tunnel BTB – Grosshöchstetten I & II» im Labor bestimmt. Das Material stammt aus zwei Baggerschlitzen und einer Rotationskernbohrung aus der Böschung des bestehenden Einschnitts der Bahnlinie bei Grosshöchstetten.

Für die Beschreibung des Bodenmaterials wird eine USCS-Klassifikation gemäss SN 670004-2B-NA an verschiedenen Proben durchgeführt. Für die Ermittlung der mechanischen Kennwerte werden drei Triaxialversuche (Konsolidiert, Drainiert) durchgeführt. Das komplette Untersuchungsprogramm ist in Anhang A dargestellt.

3 Prüfung

3.1 Prüfmittel und Prüfhilfsmittel

Die Prüfumittel und Prüfhilfsmittel sind in Tabelle 2 dokumentiert.

Tabelle 2: Prüfmittel und Prüfhilfsmittel

Gerät oder Messmittel	Interne Nr.
Wärmekammer	10167/10169
Waage 30kg (<6kg d=0.1/>6kg d=1.0) Waage: 1.5kg (d=0.01)	10123 10028
Triax UL 2	11470
Triaxzelle gross	11511
Triaxzelle klein	11509
Siebanlage	10498
Nasssiebanlage	10469
Klopfaparat	10437
Aräometer	11885/11882/11886
Thermometer	10579/10581
Rührgerät	10644

3.2 Übersicht Prüfablauf USCS

Laborklassifikation nach USCS

- Proben 1 bis 7: Bestimmung des Anlieferungswassergehalts;
- Proben 8 und 9: Prüfkörper in demineralisiertem Wasser einlegen um die Struktur aufzulösen, danach wieder im Ofen trocknen und weiterfahren gemäss Standardablauf USCS;
- Kombination Nasssiebung und Trockensiebung: aufgrund von Verklebungen der Feinanteile wird die Kornfraktion <0.5 mm ausgewaschen, die Fraktion >0.5 mm wird wieder getrocknet und anschliessend gesiebt;
- Vorbereiten des Prüfmaterials für die Schlämmanalyse und die Bestimmung der Konsistenzgrenzen;
- Schlämmanalyse und anschliessende Nasssiebung;
- Falls der Feinanteil (<0.063 mm) >5 M.-% beträgt, wird die Konsistenzgrenze bestimmt.

Der Prüfablauf ist anhand der Fotodokumentation in Anhang D dokumentiert.

3.3 Übersicht Prüfablauf Triaxialversuche KD

Triaxialversuch KD (konsolidiert drainiert, an gestörtem Material)

- Die Durchführung der Triaxialversuche beinhaltet drei Teilversuche mit unterschiedlichen effektiven Spannungen: 30 / 60 / 90 kPa;
- Verdichtung der Prüfkörper Probe 5: Durchmesser 5 cm, Höhe 10 cm mit Kunststoffstempel;
- Verdichtung der Prüfkörper Probe 8 / 9: Durchmesser 10 cm, Höhe 20 cm mit Proctorhammer;
- Einbaudichte bestimmen;
- Sättigung der eingebauten Prüfkörper;
- Bestimmen des B-Werts;
- Konsolidierung bei Spannungen 30 / 60 / 90 kPa;
- Abscheren;
- Ausbau des Prüfkörpers;
- Ausbau-/Einbauwassergehalt und Ausbaudichte bestimmen.

Der Prüfablauf ist anhand der Fotodokumentation in Anhang D dokumentiert.

4 Prüfergebnisse

4.1 Laborklassifikation USCS

Die Laborklassifikation nach USCS werden gemäss dem Untersuchungsprogramm (siehe Anhang A) an allen verfügbaren Proben durchgeführt.

Die Kornverteilungs- und Plastizitätsdiagramme sind in Anhang B enthalten.

Tabelle 3: Zusammenfassung Prüfergebnisse USCS-Klassifikation

Probenbezeichnung	Int. Nr.	WG* [%]	IP [%]	Ton [%]	Silt [%]	Sand [%]	Kies [%]	USCS Symbol	Gruppenname
RB 1/P/24 9.0-10.m	1	1.7	-	1.6	7.8	33.3	57.3	**GW-GM**	Gut abgestufter Kies mit Silt und Sand
RB 2/P/24 8.0-8.4m	2	0.4	2.0	4.1	20.2	31.1	44.6	**GM**	Siltiger Kies mit Sand
RB 3/P/24 10.5-12.0m	3	3.9	1.2	4.6	16.9	35.6	42.9	**GM**	Siltiger Kies mit Sand
RB 4/P/24 13.5-15.0m	4	1.3	-	1.9	13.3	34.8	50.0	**GM**	Siltiger Kies mit Sand
RB 5/P/24 3.45-3.65.m	5	-	-	2.8	23.5	73.5	0.2	**SM**	Siltiger Sand
BS 5/24 2.2-3.6m	6	6.5	2.4	4.7	16.9	33.1	45.3	**GM**	Siltiger Kies mit Sand
BS 5/24 0.2-2.2m	7	7.8	3.0	5.4	16.9	35.5	42.2	**GM**	Siltiger Kies mit Sand
BS 3/24 2.6-3.5m	8	-	3.2	5.3	50.6	14.5	29.6	**ML**	Kiesiger Silt
BS 3/24 0.2-2.6m	9	-	3.0	4.7	21.4	24.3	49.6	**GM**	Siltiger Kies mit Sand

* Anlieferungswassergehalt

4.2 Triaxialversuch

Triaxialversuche werden gemäss dem Untersuchungsprogramm (siehe Anhang A) an den folgenden gestörten Proben durchgeführt:

- Baggerschlitz (BS) 3/24, Entnahmetiefe 0.2-2.6 m u. OKT;
- Baggerschlitz (BS) 3/24, Entnahmetiefe 2.6-3.5 m u. OKT;
- Rotationskernbohrung (RB) 5/P/24, Bohrmeter 3.45-4.1 m.

Für jede Probe werden drei Teilversuche durchgeführt.

Die Konsolidierung der Proben erfolgte gemäss Angaben des Auftraggebers abhängig vom Teilversuch bis zu einer effektive Spannungen von 30 kPa, 60 kPa und 90 kPa.

Die Zustandsdiagramme vom Konsolidierungsvorgang und dem Abschervorgang befinden sich in Anhang C enthalten. Die Bestimmung der B-Werte ist ebenfalls in Anhang C dokumentiert.

Tabelle 3: Prüfergebnisse Triaxialversuch Probe 8 (BS 3/24, 2.6-3.5 m u. OKT), vorgesiebt <20 mm.

Tiefe [m]	**Teilversuch Nr.**	**Wassergehalt [%]**		**B-Wert [-]**	**Einbaudichte [kN/m^3]**	**Trockendichte [kN/m^3]**	**Effekt. rad. Spannung σ_3' [kN/m²]**	**Bruchwinkel φ' Kohäsion c'**
		Einbau	Ausbau					
2.6-3.5	1	13.7	16.1	0.92	21.6	19.0	30	37.7° 3.8 kN/m^2
	2	13.2	15.2	0.89	21.7	19.2	60	
	3	13.3	14.8	0.92	21.7	19.2	90	

Tabelle 4: Prüfergebnisse Triaxialversuch Probe 9 (BS 3/24, 0.2-2.6 m u. OKT), vorgesiebt <20 mm.

Tiefe [m]	**Teilversuch Nr.**	**Wassergehalt [%]**		**B-Wert [-]**	**Einbaudichte [kN/m^3]**	**Trockendichte [kN/m^3]**	**Effekt. rad. Spannung σ_3' [kN/m²]**	**Bruchwinkel φ' Kohäsion c'**
		Einbau	Ausbau					
0.2-2.6	1	8.5	9.0	0.96	22.6	20.9	90	38.4° 8.9 kN/m^2
	2	8.3	9.3	0.91	22.6	20.9	60	
	3	8.4	10.0	0.90	22.8	21.1	30	

Tabelle 5: Prüfergebnisse Triaxialversuch Probe 5 (RB 5/P/24, Bohrmeter 3.45-4.1 m).

Tiefe [m]	**Teilversuch Nr.**	**Wassergehalt [%]**		**B-Wert [-]**	**Einbaudichte [kN/m^3]**	**Trockendichte [kN/m^3]**	**Effekt. rad. Spannung σ_3' [kN/m²]**	**Bruchwinkel φ' Kohäsion c'**
		Einbau	Ausbau					
3.45-4.1	1	14.2	17.1	0.90	20.3	18.6	60	40.3° 8.0 kN/m^2
	2	10.2	21.1	0.94	19.1	17.3	30	
	3	16.5	24.8	0.92	19.6	16.4	90	

5 Bemerkungen

5.1 Wassergehaltsbestimmung

Nach Norm dürfen einzelne grobe Körner für die Wassergehaltsbestimmung aus den Proben ausgeschlossen werden. Die verbleibende Materialmenge war bis auf die Probe 2 und 3 ausreichend, um die Wassergehaltsbestimmung normgemäss durchzuführen. Bei den Proben 2 und 3 konnte der Wassergehalt bestimmt werden, jedoch mit einer Menge, die unter der Mindestmenge gemäss der Norm liegt:

- Probe 2 Grösstkorn ca. 40 mm, geforderte Menge laut Norm 13.3 kg, haben 11.46 kg.
- Probe 3 Grösstkorn ca. 40 mm, geforderte Menge laut Norm 13.3 kg, haben 9.34 kg.

Gemäss unserer Erfahrung haben Mindermengen in dieser Grössenordnung keinen massgebenden Einfluss auf die Ergebnisse.

5.2 Siebanalyse

Die Siebanalyse konnte durchgeführt wrden, jedoch für gewisse Proben nicht mit der normgemässen Menge:

- Probe 1 Grösstkorn nach Ausschluss einzelner grober Körner ca. 45 mm, Mindestmenge benötigt laut Norm 20.25 kg, haben 15.54 kg.
- Probe 2 Grösstkorn nach Ausschluss einzelner grober Körner ca. 40 mm, Mindestmenge benötigt laut Norm 16 kg, haben 11.43 kg.
- Probe 3 Grösstkorn nach Ausschluss einzelner grober Körner ca. 40 mm, Mindestmenge benötigt laut Norm 16 kg, haben 9.02 kg.
- Probe 6 Grösstkorn nach Ausschluss einzelner grober Körner ca. 50 mm, Mindestmenge benötigt laut Norm 25 kg, haben 16.66 kg.
- Probe 7 Grösstkorn nach Ausschluss einzelner grober Körner ca. 50 mm, Mindestmenge benötigt laut Norm 25 kg, haben 16.16 kg.
- Probe 9 Grösstkorn nach Ausschluss einzelner grober Körner ca. 45 mm, Mindestmenge benötigt laut Norm 20.25 kg, haben 13.79 kg.

Gemäss unserer Erfahrung haben Mindermengen in dieser Grössenordnung keinen massgebenden Einfluss auf die Ergebnisse.

5.3 Überkornanteil Triax

Für die Durchführung der Triaxialversuche an den Proben 8 und 9 gilt ein Grösstkorn von 20 mm. Das Material für die Triaxialversuche wurde entsprechend gesiebt. Die Triaxialversuche wurden nur mit dem Metarial mit Korngrösse D < 20 mm durchgeführt:

- Probe 8:

<20mm	13481.0g	86.40%
>20mm	2121.4g	13.60%
Total:	15602.4g	100%

- Probe 9:

<20mm	10731.0g	73.02%
>20mm	3965.6g	26.98%
Total	14696.6g	100%

Gemäss unserer Erfahrung führt das Vorsieben des Materials und Entfernen des Überkorns zu einem leicht tieferen Reibungswinkel und zu einer leicht höherer Köhasion im Vergleich zum Material mit der ursprünglichen Kornverteilung. Es lässt sich jedoch nicht quantifizieren, in welchem Ausmass das Vorsieben die Festigkeitsparameter beeinflussen.

6 Bestimmungen zum vorliegenden Bericht

Die Prüfergebnisse dieses Berichts beziehen sich ausschliesslich auf die geprüften Gegenstände. Dieser Bericht darf nicht ohne Genehmigung der Berner Fachhochschule, Architektur, Holz und Bau auszugsweise vervielfältigt werden. Jegliche Veröffentlichung des Berichts oder von Teilen davon bedarf der schriftlichen Zustimmung der Fachhochschule. Angaben zur Messunsicherheit werden auf Anfrage gemacht. Ein Original dieses Berichts wird für 5 Jahre aufbewahrt. Dieser Bericht ist nur mit den Unterschriften des Kompetenzbereichsleiters Geotechnik und Spezialtiefbau und des Sachbearbeiters gültig.

6.1 Umfang des Berichts

Dieser Bericht besteht aus 9 Seiten exkl. Anhang.

7 Anhangverzeichnis

Anhang A: Untersuchungsprogramm Laborprüfungen
Anahng B: Diagramme Laborklassifikation nach USCS
Anhang C: Diagramme Triaxialversuche
Anhang D: Fotodokumentation

11.12.2024,
modifiziert glr / BFH

Geotechnisches Institut

Erneuerung Tunnel BTB – Grosshöchstetten I & II

Untersuchungsprogramm Laborprüfungen

		USCS	Trixial CD [1]	
BS 3/24	0.2 - 2.6 m u. OKT	x [2]	x [3]	gestörte Proben; Aufbereitung für Triax notwendig
BS 3/24	2.6 - 3.5 m u. OKT	x [2]	x [3]	gestörte Proben; Aufbereitung für Triax notwendig
BS 5/24	0.2 - 2.2 m u. OKT	x		
BS 5/24	2.2 - 3.6 m u. OKT	x		
	RB 1/P/24	x		
	RB 2/P/24	x		
	RB 3/P/24	x		
	RB 4/P/24	x		
RB5/P/24 : 3.45 - 4.1 m (ungestörte Bodenprobe)		x	x [4]	
	Anzahl	9	3	

RB = Rotationskernbohrung
BS = Baggerschlitz

1) Aufgrund der geringen Materialmenge ist die Ermittlung des optimalen Wassergehalts mittels Proctorversuchen für die Durchführung der Triax nicht möglich.
2) Aufgrund der geringen Materialmenge wird die USCS Klassifizierung nach Abschluss des Triaxialversuchs mit dem Material aus dem Triaxialversuch durchgeführt.
3) Triaxialversuch mit Durchmesser 100 mm, d.h. Grösstkorn max. 20 mm.
4) Triaxialversuch mit Durchmesser 50 mm, d.h. Grösstkorn max. 10 mm.

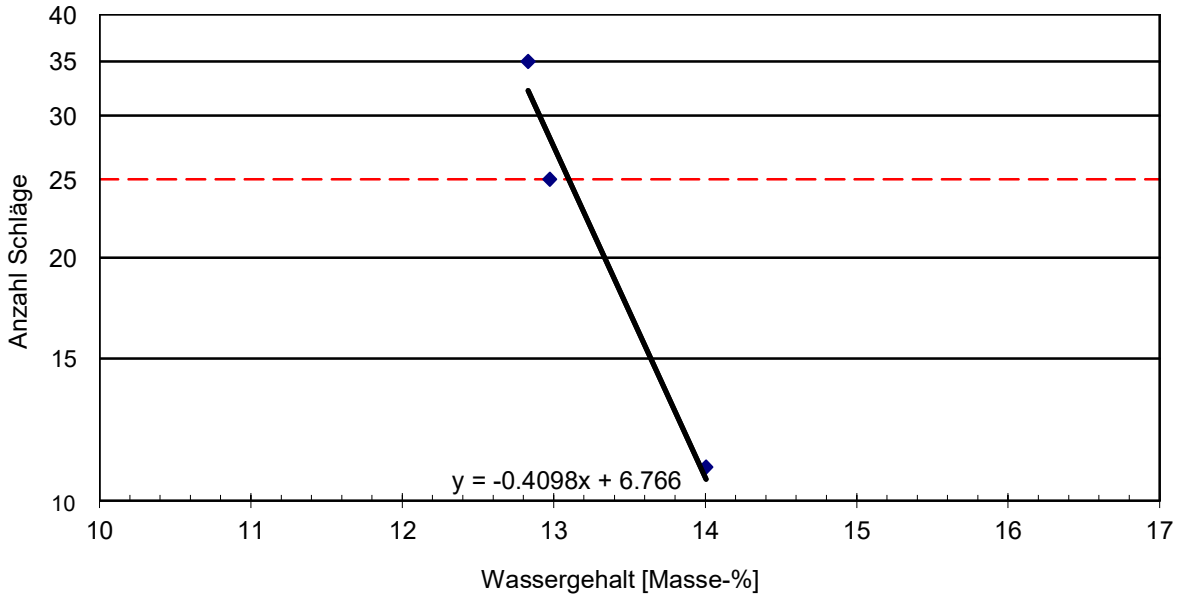
Anhang B: Diagramme Laborklassifikation nach USCS

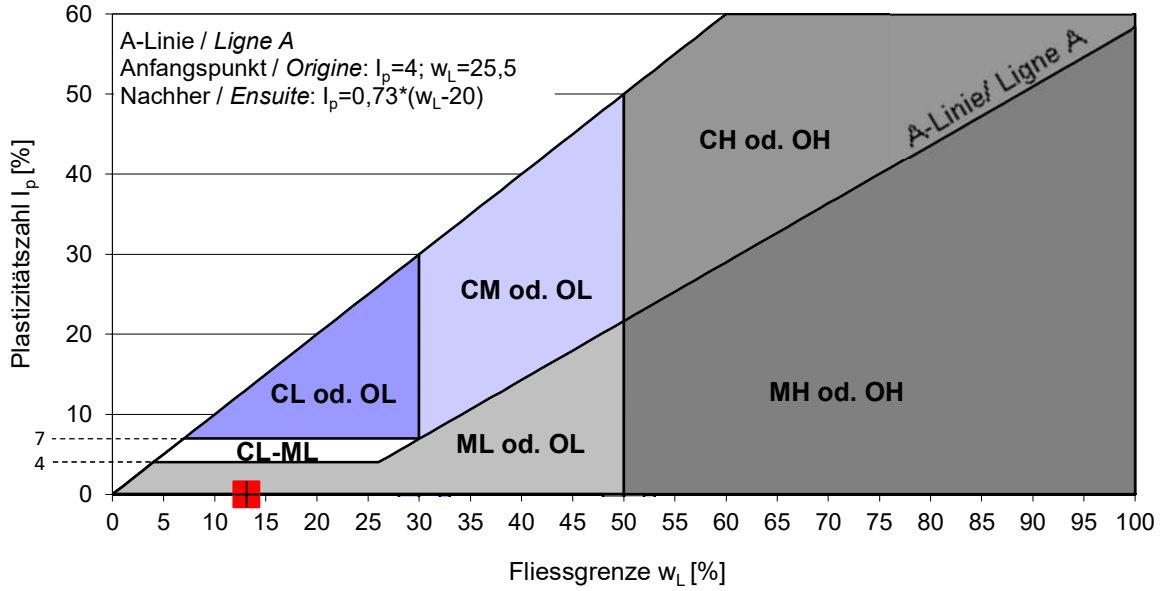
Probe 1 RB 1/P/24, 9.0-10.m

Bodenklassifikation: Konsistenzgrenzen (Bestimmung der Fliess- und Ausrollgrenzen nach Atterberg)

VSS 70 345b ***Objekt:***

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-41	**Auswertung der Prüfung:**		
Wareneingangsnummer:	4407	Fliessgrenze w_L	w_L =	13.1 %
Probennummer:	1	Ausrollgrenze w_P	w_P =	%
Bezeichnung der Probe	ML	Plastizitätsindex I_P	I_P =	





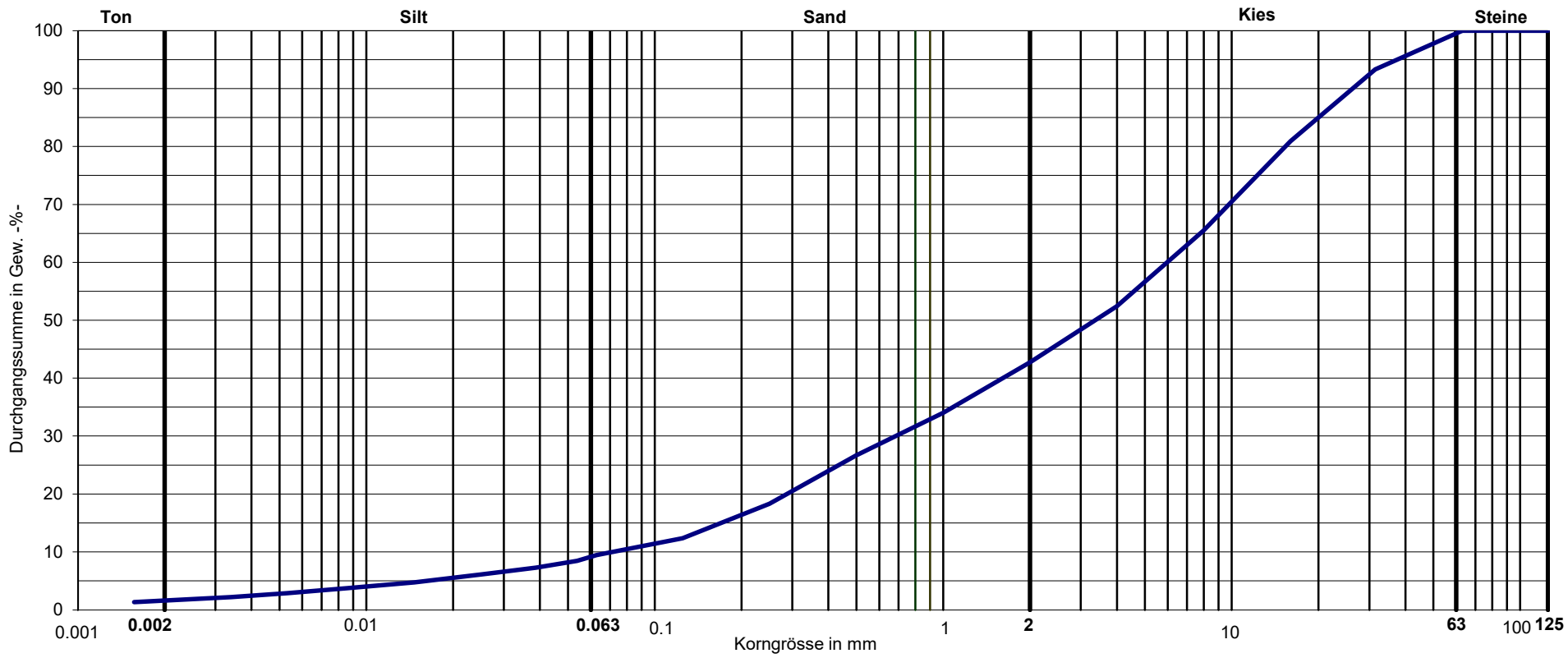
Kornverteilungsdiagramm

GW-GM	Gut abgestufter Kies mit Silt und Sand
Symbol	Gruppenname

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Trockensiebung ☐ Waschen/Trockensiebung ☑ Schlämmanalyse ☐

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-41	Durchgang bei 2.000 mm [%]	42.7	D_{60} [mm]	6.324	w_L [%]	13.1
Wareneingangsnummer	4407	Durchgang bei 0.063 mm [%]	9.4	D_{50} [mm]	3.506	w_p [%]	nicht
Probennummer	1	Durchgang bei 0.002 mm [%]	1.6	D_{30} [mm]	0.727	I_P [%]	bestimmbar
Bezeichnung der Probe	RB 1/P/24 9.0-10.0m	C_{cd}	1.1	D_{10} [mm]	0.075	w_{Lnat} [%]	
		C_{ud}	84.2				



Prüfaufzeichnung

Bodenklassifikation: Identifikation der Lockergesteine, Labormethode mit Klassifikation nach USCS

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Zur Prüfaufzeichnung gehören die Seiten der Prüfungsergebnisse

Weitere, der Aufzeichnung zugehörige Dokumente:	

nach Norm	☐	***SN 670 004 2b-NA: 2008***
angelehnt an Norm (erfordert Beiblatt Validierung)	☑	

Aufzeichnung Nr.	**15872-01-PA-51**	***Abschnitt (Norm)***
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	

Bezeichnung der Probe:	RB 1/P/24 9.0-10.0m
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	1

Ungleichförmigkeitsgrad

$$C_{ud} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_{ud} = Ungleichförmigkeitsgrad
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{10} = analog D_{60}

Krümmung

$$C_{cd} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

C_{cd} = Krümmung
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{30} = analog D_{60}
D_{10} = analog D_{60}

Erforderliche Werte i		*Visum*	
Körngrösse bei 50% D_{50} [mm]	3.5	hec5	*7*
Durchgang bei 2.000 mm [%]	42.7		*8*
Durchgang bei 0.06 mm [%]	9.4		*8*
Körngrösse bei 60% D_{60} [mm]	6.3		
Körngrösse bei 30% D_{30} [mm]	0.7		
Körngrösse bei 10% D_{10} [mm]	0.08		
Ungleichförmigkeitsgrad C_{ud}	84.2		*7*
Krümmung C_{cd}	1.1		*7*
Atterberg erforderlich	Ja ☑ Nein ☐		
Fliessgrenze w_L [%]	13.1		*9*
Plastizitätsindex I_P [%]	nicht bestimmbar		*9*
Fliessgrenze w_{Lnat} [%]	i		*10*
w_L / w_{Lnat} [%]	i		*10*

Klassifikationsresultat		*Visum*	
Symbol	Gruppenname i	hec5	*6, 7-10*
GW-GM	Gut abgestufter Kies mit Silt und Sand		

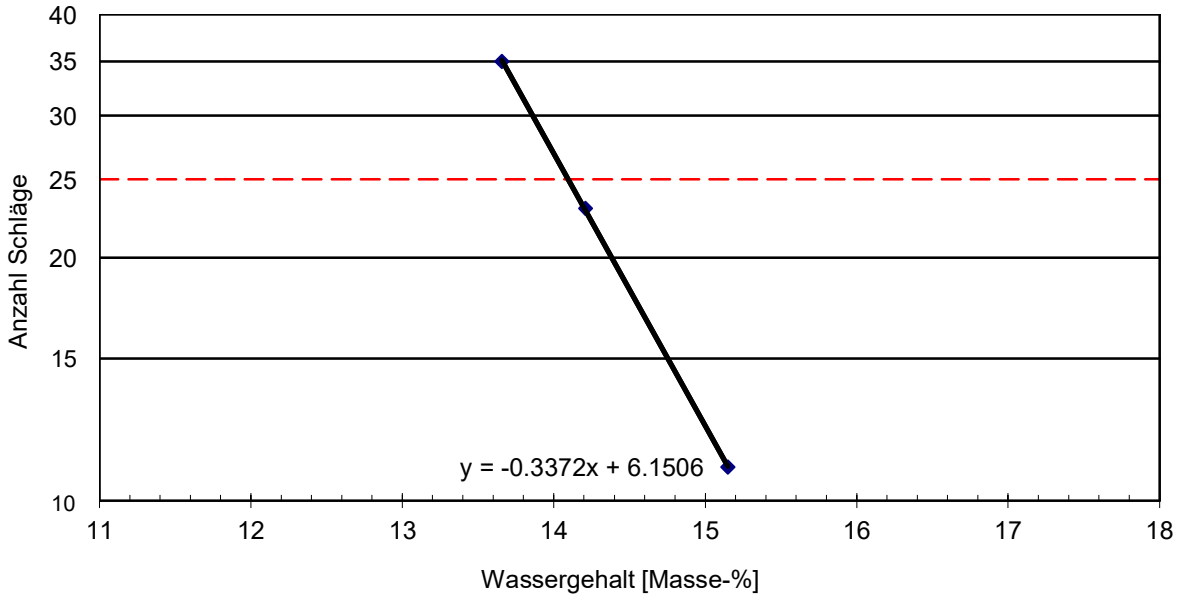
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	Ort, Datum:
Unterschrift:	hec5	Bu, 11.12.2024

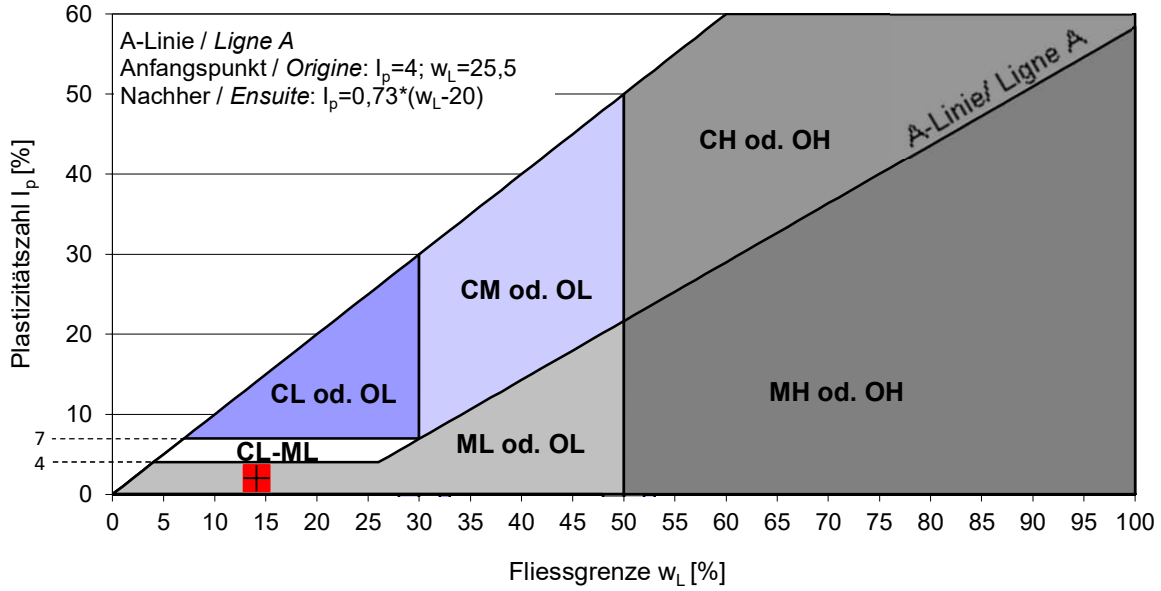
Probe 2 RB 2/P/24, 8.0-8.4m

Bodenklassifikation: Konsistenzgrenzen (Bestimmung der Fliess- und Ausrollgrenzen nach Atterberg)

VSS 70 345b ***Objekt:***

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-42	**Auswertung der Prüfung:**		
Wareneingangsnummer:	4407	Fliessgrenze w_L	w_L =	14.1 %
Probennummer:	2	Ausrollgrenze w_P	w_P =	12.1 %
Bezeichnung der Probe	ML	Plastizitätsindex I_P	I_P =	2.0





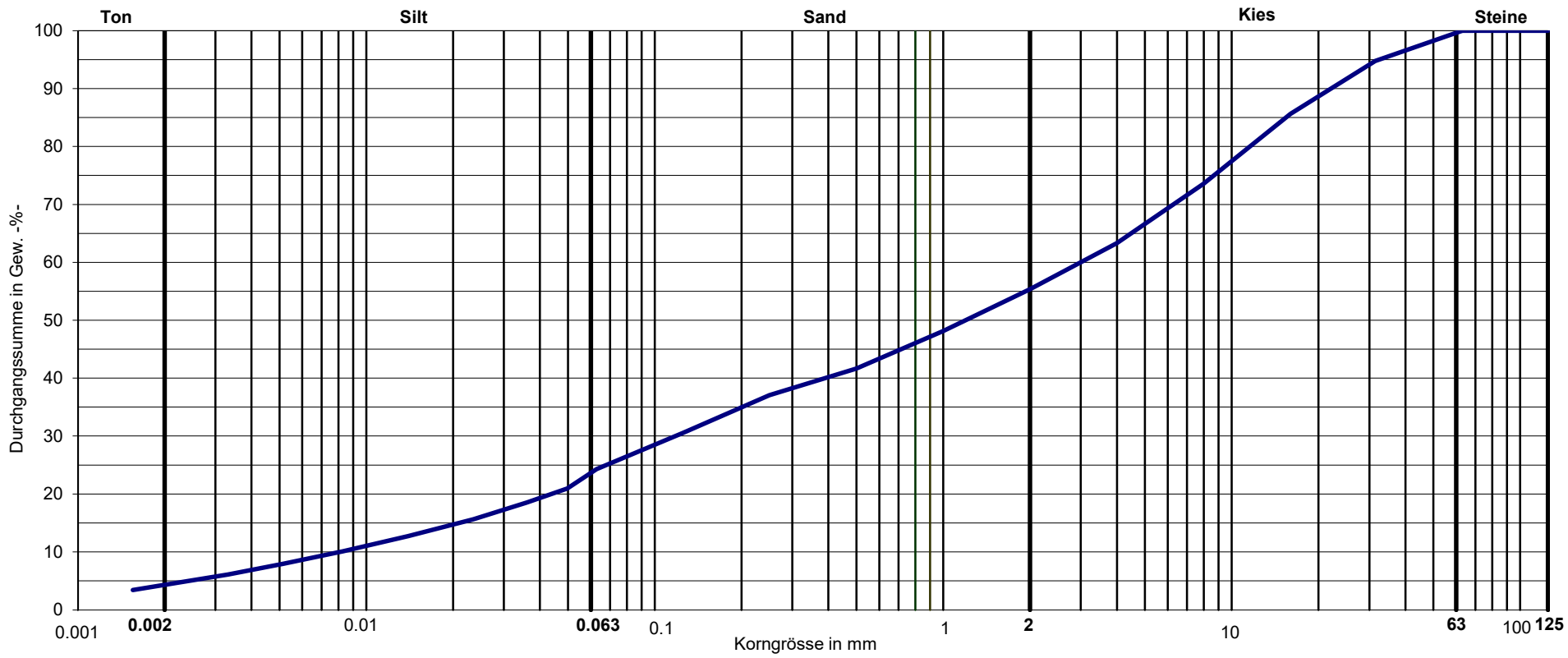
Kornverteilungsdiagramm

GM	Siltiger Kies mit Sand
Symbol	Gruppenname

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Trockensiebung ☐ Waschen/Trockensiebung ☑ Schlämmanalyse ☐

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-42	Durchgang bei 2.000 mm [%]	55.4	D_{60} [mm]	3.171	w_L [%]	14.1
Wareneingangsnummer	4407	Durchgang bei 0.063 mm [%]	24.3	D_{50} [mm]	1.259	w_p [%]	12.1
Probennummer	2	Durchgang bei 0.002 mm [%]	4.1	D_{30} [mm]	0.120	I_P [%]	2.0
Bezeichnung der Probe	RB 2/P/24 8.0-8.4m	C_{cd}	0.6	D_{10} [mm]	0.008	w_{Lnat} [%]	
		C_{ud}	387.5				



Prüfaufzeichnung

Bodenklassifikation: Identifikation der Lockergesteine, Labormethode mit Klassifikation nach USCS

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Zur Prüfaufzeichnung gehören die Seiten der Prüfungsergebnisse

Weitere, der Aufzeichnung zugehörige Dokumente:	

nach Norm	☐	***SN 670 004 2b-NA: 2008***
angelehnt an Norm (erfordert Beiblatt Validierung)	☑	

Aufzeichnung Nr.	**15872-01-PA-52**	***Abschnitt (Norm)***
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	

Bezeichnung der Probe:	RB 2/P/24 8.0-8.4m
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	2

Ungleichförmigkeitsgrad

$$C_{ud} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_{ud} = Ungleichförmigkeitsgrad
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{10} = analog D_{60}

Krümmung

$$C_{cd} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

C_{cd} = Krümmung
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{30} = analog D_{60}
D_{10} = analog D_{60}

Erforderliche Werte i		*Visum*	
Körngrösse bei 50% D_{50} [mm]	1.3	hec5	*7*
Durchgang bei 2.000 mm [%]	55.4		*8*
Durchgang bei 0.06 mm [%]	24.3		*8*
Körngrösse bei 60% D_{60} [mm]	3.2		
Körngrösse bei 30% D_{30} [mm]	0.1		
Körngrösse bei 10% D_{10} [mm]	0.01		
Ungleichförmigkeitsgrad C_{ud}	387.5		*7*
Krümmung C_{cd}	0.6		*7*
Atterberg erforderlich	Ja ☑ Nein ☐		
Fliessgrenze w_L [%]	14.1		*9*
Plastizitätsindex I_P [%]	2.0		*9*
Fliessgrenze w_{Lnat} [%]	i		*10*
w_L / w_{Lnat} [%]	i		*10*

Klassifikationsresultat		*Visum*	
Symbol	Gruppenname i	hec5	*6, 7-10*
GM	Siltiger Kies mit Sand		

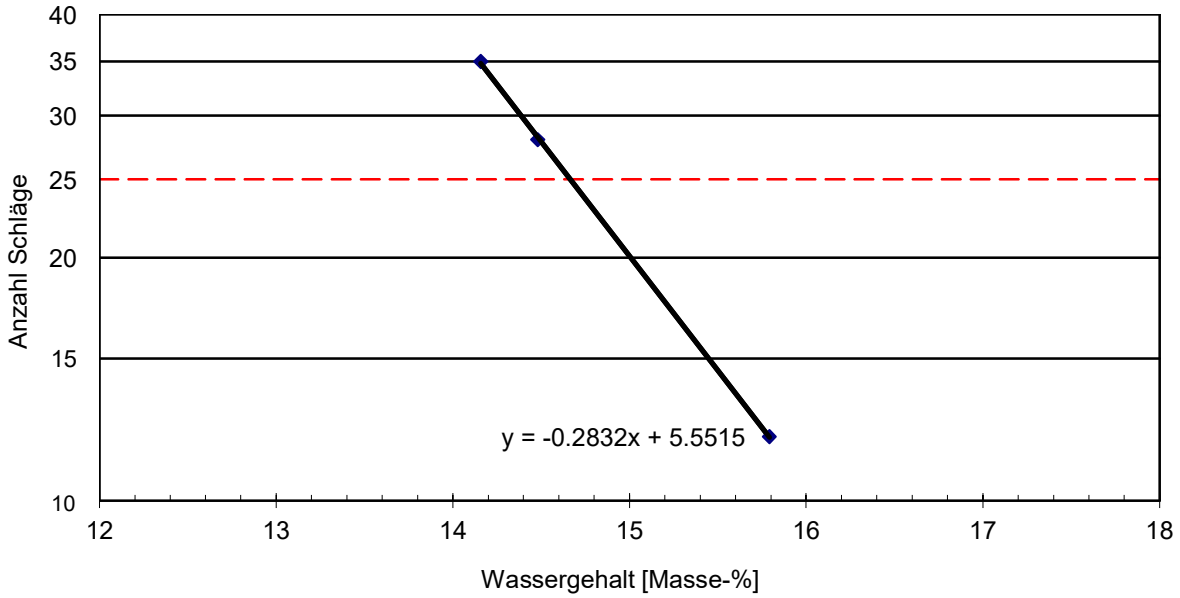
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	Ort, Datum:	
Unterschrift:	hec5	Bu, 11.12.2024	

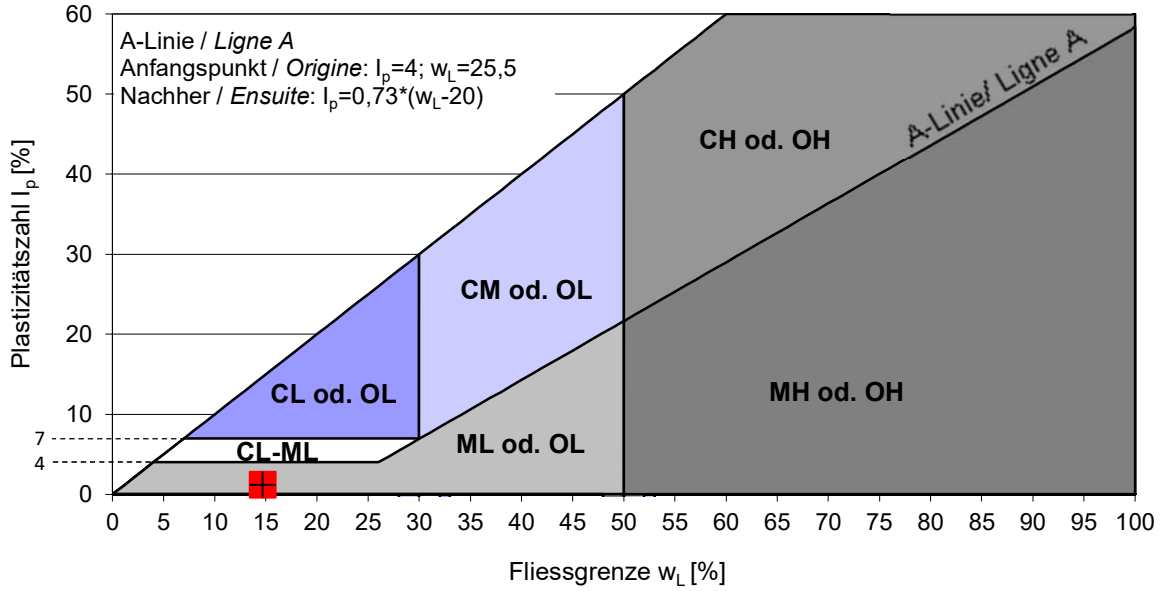
Probe 3 RB 3/P/24, 10.0-12.5m

Bodenklassifikation: Konsistenzgrenzen (Bestimmung der Fliess- und Ausrollgrenzen nach Atterberg)

VSS 70 345b ***Objekt:***

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-43	**Auswertung der Prüfung:**		
Wareneingangsnummer:	4407	Fliessgrenze w_L	w_L =	14.7 %
Probennummer:	3	Ausrollgrenze w_P	w_P =	13.5 %
Bezeichnung der Probe	ML	Plastizitätsindex I_P	I_P =	1.2





Kornverteilungsdiagramm

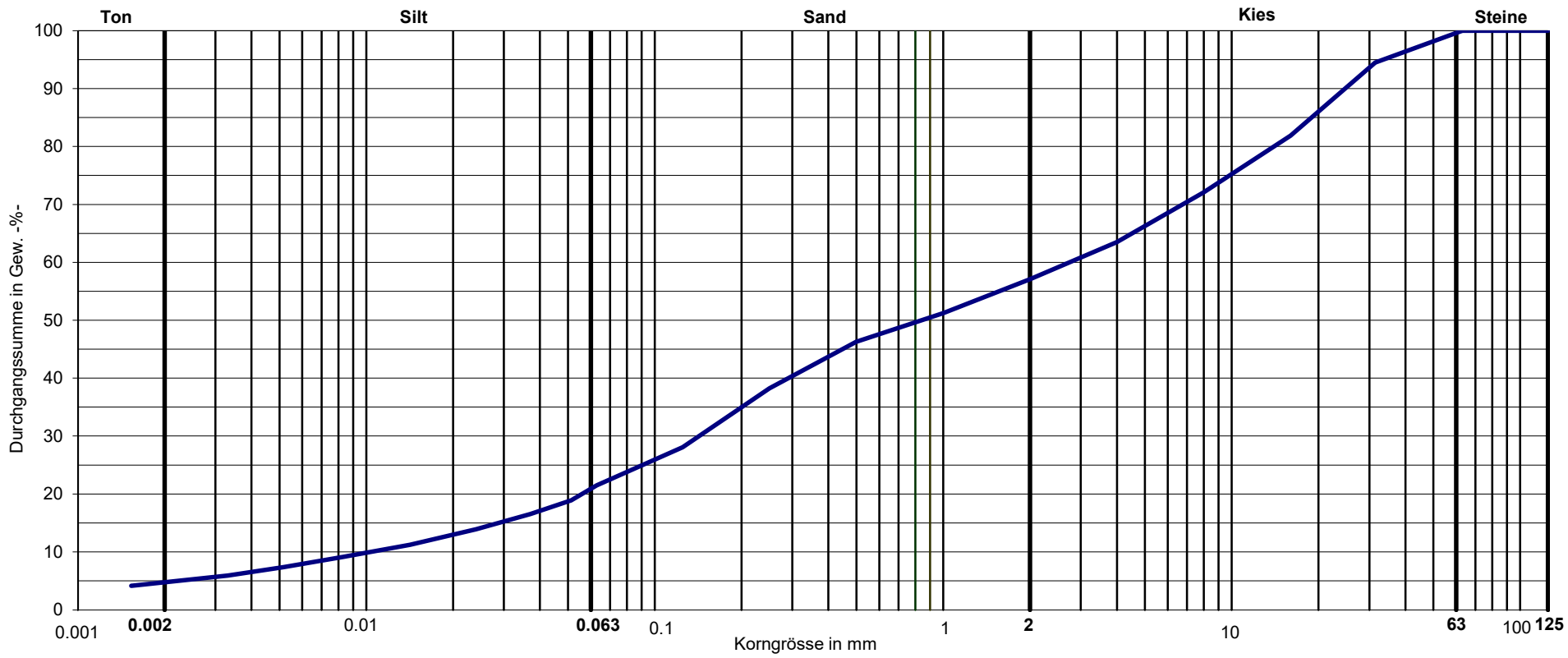
GM	Siltiger Kies mit Sand
Symbol	Gruppenname

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Trockensiebung ☐ Waschen/Trockensiebung ☑ Schlämmanalyse ☐

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-43
Wareneingangsnummer	4407
Probennummer	3
Bezeichnung der Probe	RB 3/P/24 10.5-12.0m

Durchgang bei 2.000 mm [%]	57.1	D_{60} [mm]	2.910	w_L [%]	14.7
Durchgang bei 0.063 mm [%]	21.5	D_{50} [mm]	0.877	w_p [%]	13.5
Durchgang bei 0.002 mm [%]	4.6	D_{30} [mm]	0.149	I_P [%]	1.2
C_{cd}	0.7	D_{10} [mm]	0.011	w_{Lnat} [%]	
C_{ud}	271.1				



Prüfaufzeichnung

Bodenklassifikation: Identifikation der Lockergesteine, Labormethode mit Klassifikation nach USCS

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Zur Prüfaufzeichnung gehören die Seiten der Prüfungsergebnisse

Weitere, der Aufzeichnung zugehörige Dokumente:	

nach Norm	☐	***SN 670 004 2b-NA: 2008***
angelehnt an Norm (erfordert Beiblatt Validierung)	☑	

Aufzeichnung Nr.	**15872-01-PA-53**	***Abschnitt (Norm)***
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	

Bezeichnung der Probe:	RB 3/P/24 10.5-12.0m
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	3

Ungleichförmigkeitsgrad

$$C_{ud} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_{ud} = Ungleichförmigkeitsgrad
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{10} = analog D_{60}

Krümmung

$$C_{cd} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

C_{cd} = Krümmung
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{30} = analog D_{60}
D_{10} = analog D_{60}

Erforderliche Werte i		*Visum*	
Körngrösse bei 50% D_{50} [mm]	0.9	hec5	*7*
Durchgang bei 2.000 mm [%]	57.1		*8*
Durchgang bei 0.06 mm [%]	21.5		*8*
Körngrösse bei 60% D_{60} [mm]	2.9		
Körngrösse bei 30% D_{30} [mm]	0.1		
Körngrösse bei 10% D_{10} [mm]	0.01		
Ungleichförmigkeitsgrad C_{ud}	271.1		*7*
Krümmung C_{cd}	0.7		*7*
Atterberg erforderlich	Ja ☑ Nein ☐		
Fliessgrenze w_L [%]	14.7		*9*
Plastizitätsindex I_P [%]	1.2		*9*
Fliessgrenze w_{Lnat} [%]	i		*10*
w_L / w_{Lnat} [%]	i		*10*

Klassifikationsresultat		*Visum*	
Symbol	Gruppenname i	hec5	*6, 7-10*
GM	Siltiger Kies mit Sand		

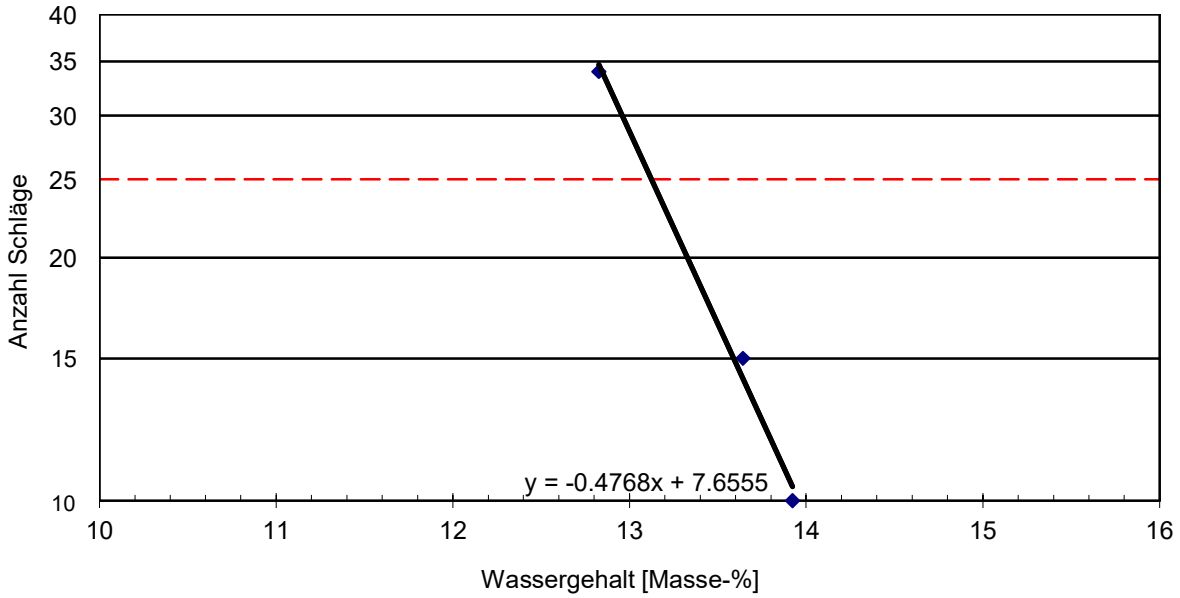
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	Ort, Datum:	
Unterschrift:	hec5	Bu, 04.12.2024	

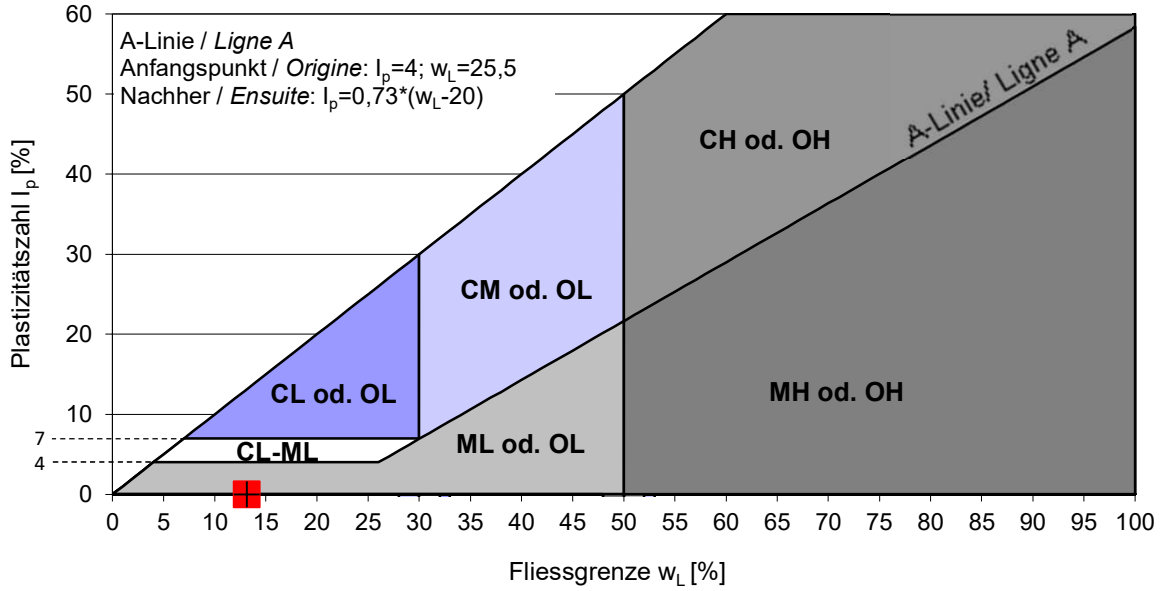
Probe 4 RB 4/P/24, 13.5-15.0m

Bodenklassifikation: Konsistenzgrenzen (Bestimmung der Fliess- und Ausrollgrenzen nach Atterberg)

VSS 70 345b ***Objekt:***

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-44	**Auswertung der Prüfung:**		
Wareneingangsnummer:	4407	Fliessgrenze w_L	w_L =	13.1 %
Probennummer:	4	Ausrollgrenze w_P	w_P =	%
Bezeichnung der Probe	ML	Plastizitätsindex I_P	I_P =	





Kornverteilungsdiagramm

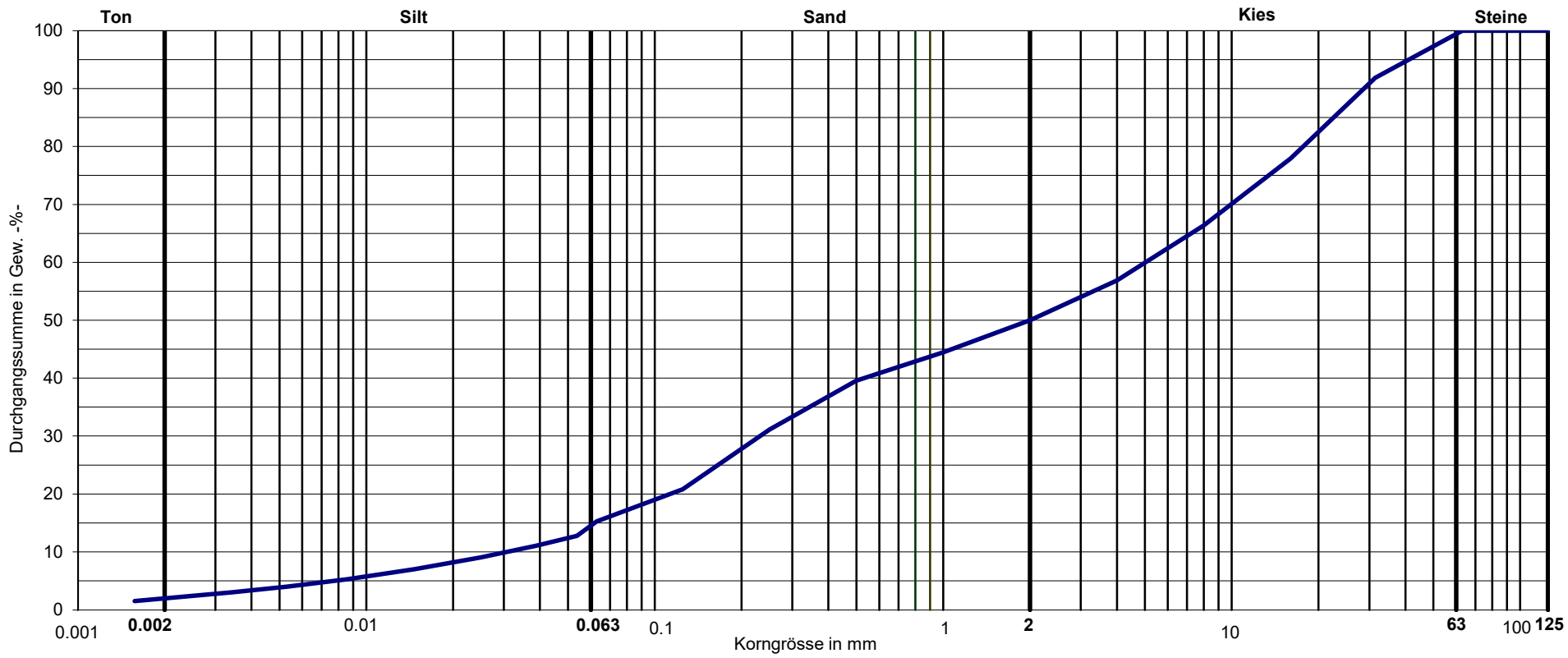
GM	Siltiger Kies mit Sand
Symbol	Gruppenname

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Trockensiebung ☐ Waschen/Trockensiebung ☑ Schlämmanalyse ☐

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-44
Wareneingangsnummer	4407
Probennummer	4
Bezeichnung der Probe	RB 4/P/24 13.5-15.0m

Durchgang bei 2.000 mm [%]	50.0	D_{60} [mm]	5.331	w_L [%]	13.1
Durchgang bei 0.063 mm [%]	15.2	D_{50} [mm]	1.998	w_p [%]	nicht
Durchgang bei 0.002 mm [%]	1.9	D_{30} [mm]	0.237	I_P [%]	bestimmbar
C_{cd}	0.3	D_{10} [mm]	0.032	w_{Lnat} [%]	
C_{ud}	168.2				



Prüfaufzeichnung

Bodenklassifikation: Identifikation der Lockergesteine, Labormethode mit Klassifikation nach USCS

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Zur Prüfaufzeichnung gehören die Seiten der Prüfungsergebnisse

Weitere, der Aufzeichnung zugehörige Dokumente:	

nach Norm	☑	***SN 670 004 2b-NA: 2008***
angelehnt an Norm (erfordert Beiblatt Validierung)	☐	

Aufzeichnung Nr.	**15872-01-PA-54**	***Abschnitt (Norm)***
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	

Bezeichnung der Probe:	RB 4/P/24 13.5-15.0m
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	4

Ungleichförmigkeitsgrad

$$C_{ud} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_{ud} = Ungleichförmigkeitsgrad
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{10} = analog D_{60}

Krümmung

$$C_{cd} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

C_{cd} = Krümmung
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{30} = analog D_{60}
D_{10} = analog D_{60}

Erforderliche Werte i		*Visum*	
Körngrösse bei 50% D_{50} [mm]	2.0	hec5	*7*
Durchgang bei 2.000 mm [%]	50.0		*8*
Durchgang bei 0.06 mm [%]	15.2		*8*
Körngrösse bei 60% D_{60} [mm]	5.3		
Körngrösse bei 30% D_{30} [mm]	0.2		
Körngrösse bei 10% D_{10} [mm]	0.03		
Ungleichförmigkeitsgrad C_{ud}	168.2		*7*
Krümmung C_{cd}	0.3		*7*
Atterberg erforderlich	Ja ☑ Nein ☐		
Fliessgrenze w_L [%]	13.1		*9*
Plastizitätsindex I_P [%]	nicht bestimmbar		*9*
Fliessgrenze w_{Lnat} [%]	i		*10*
w_L / w_{Lnat} [%]	i		*10*

Klassifikationsresultat		*Visum*	
Symbol	Gruppenname i	hec5	*6, 7-10*
GM	Siltiger Kies mit Sand		

Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	Ort, Datum:
Unterschrift:	hec5	Bu, 11.12.2024

Probe 5 RB 5/P/24, 3.45-3.65m

Kornverteilungsdiagramm

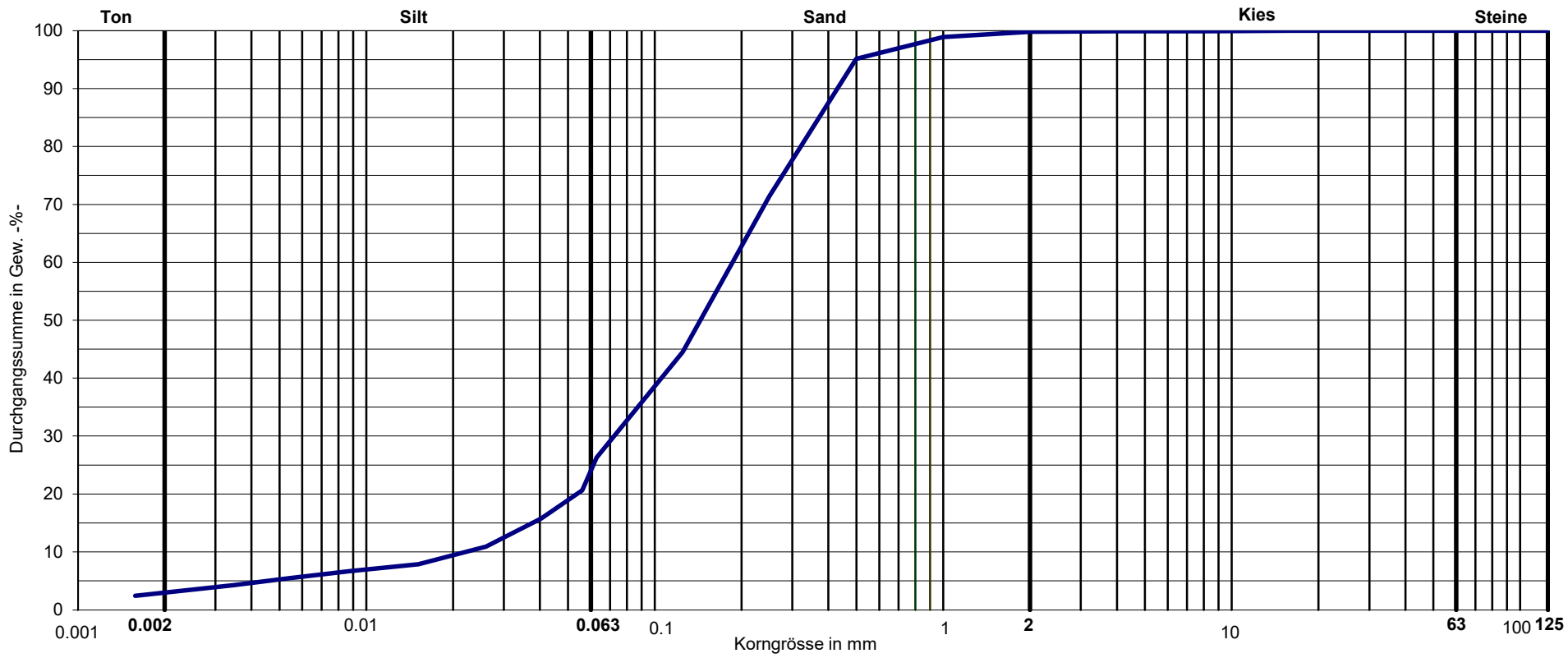
SM	Silitger Sand
Symbol	Gruppenname

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Trockensiebung ☐ Waschen/Trockensiebung ☑ Schlämmanalyse ☑

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-45
Wareneingangsnummer	4407
Probennummer	5
Bezeichnung der Probe	RB5/P/24 3.45-3.65m (3.45-4.1m)

Durchgang bei 2.000 mm [%]	99.8	D_{60} [mm]	0.197	w_L [%]	nicht
Durchgang bei 0.063 mm [%]	26.3	D_{50} [mm]	0.150	w_p [%]	bestimmbar
Durchgang bei 0.002 mm [%]	2.8	D_{30} [mm]	0.076	I_P [%]	
C_{cd}	1.3	D_{10} [mm]	0.023	w_{Lnat} [%]	
C_{ud}	8.6				



Prüfaufzeichnung

Bodenklassifikation: Identifikation der Lockergesteine, Labormethode mit Klassifikation nach USCS

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Zur Prüfaufzeichnung gehören die Seiten der Prüfungsergebnisse

Weitere, der Aufzeichnung zugehörige Dokumente:	

nach Norm	☑	***SN 670 004 2b-NA: 2008***
angelehnt an Norm (erfordert Beiblatt Validierung)	☐	

Aufzeichnung Nr.	**15872-01-PA-55**	***Abschnitt (Norm)***
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	

Bezeichnung der Probe:	RB5/P/24 3.45-3.65m (3.45-4.1m)
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	5

Ungleichförmigkeitsgrad

$$C_{ud} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_{ud} = Ungleichförmigkeitsgrad
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{10} = analog D_{60}

Krümmung

$$C_{cd} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

C_{cd} = Krümmung
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{30} = analog D_{60}
D_{10} = analog D_{60}

Erforderliche Werte i		*Visum*	
Körngrösse bei 50% D_{50} [mm]	0.2	hec5	*7*
Durchgang bei 2.000 mm [%]	99.8		*8*
Durchgang bei 0.06 mm [%]	26.3		*8*
Körngrösse bei 60% D_{60} [mm]	0.2		
Körngrösse bei 30% D_{30} [mm]	0.1		
Körngrösse bei 10% D_{10} [mm]	0.02		
Ungleichförmigkeitsgrad C_{ud}	8.6		*7*
Krümmung C_{cd}	1.3		*7*
Atterberg erforderlich	Ja ☑ Nein ☐		
Fliessgrenze w_L [%]	nicht bestimmbar		*9*
Plastizitätsindex I_P [%]	nicht bestimmbar		*9*
Fliessgrenze w_{Lnat} [%]	i		*10*
w_L / w_{Lnat} [%]	i		*10*

Klassifikationsresultat		*Visum*	
Symbol	Gruppenname i	hec5	*6, 7-10*
SM	Silitger Sand		

Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	Ort, Datum:
Unterschrift:	hec5	Bu, 12.12.2024

Probe 6 BS 5/24, 2.2-3.6m

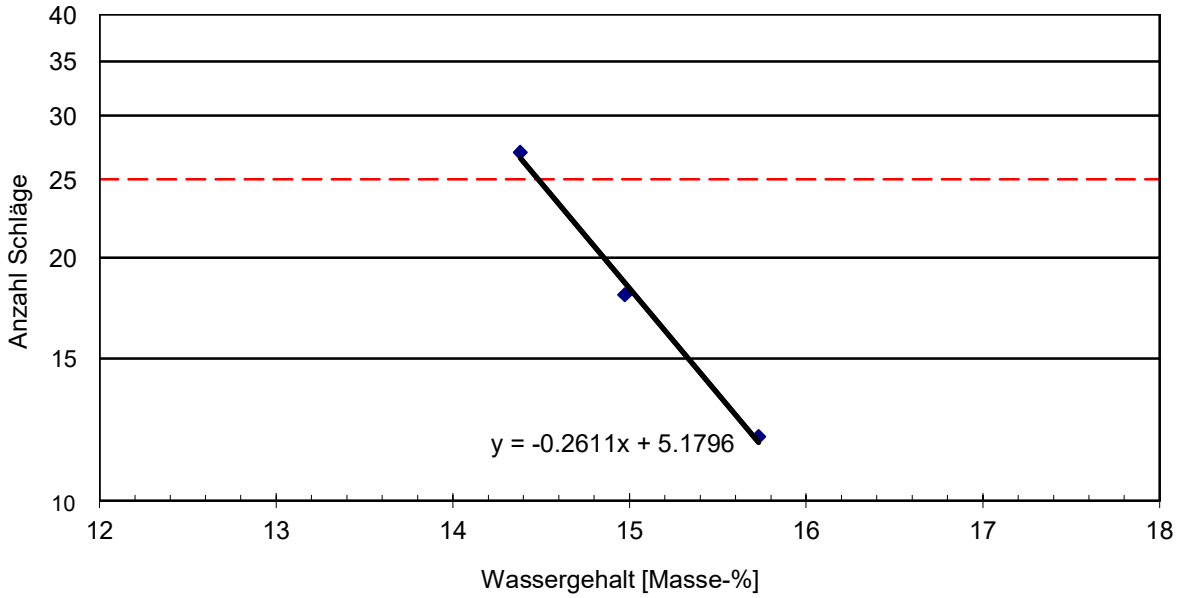
Bodenklassifikation: Konsistenzgrenzen (Bestimmung der Fliess- und Ausrollgrenzen nach Atterberg)

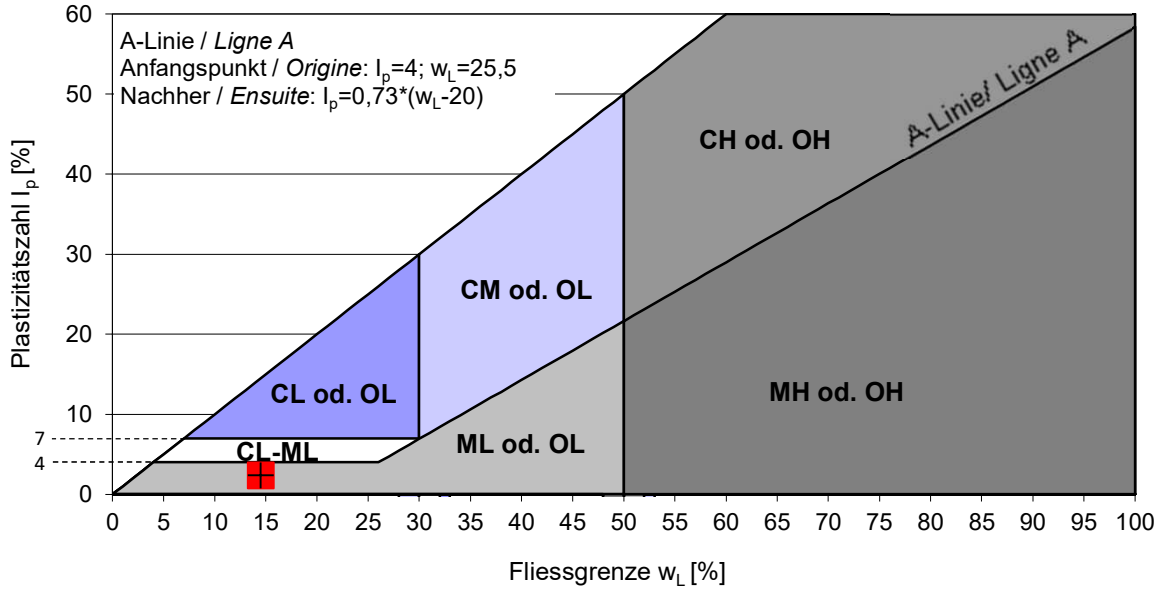
VSS 70 345b ***Objekt:***

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-46
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	6
Bezeichnung der Probe	ML

Auswertung der Prüfung:

Fliessgrenze w_L	w_L =	14.5 %
Ausrollgrenze w_P	w_P =	12.1 %
Plastizitätsindex I_P	I_P =	2.4





Kornverteilungsdiagramm

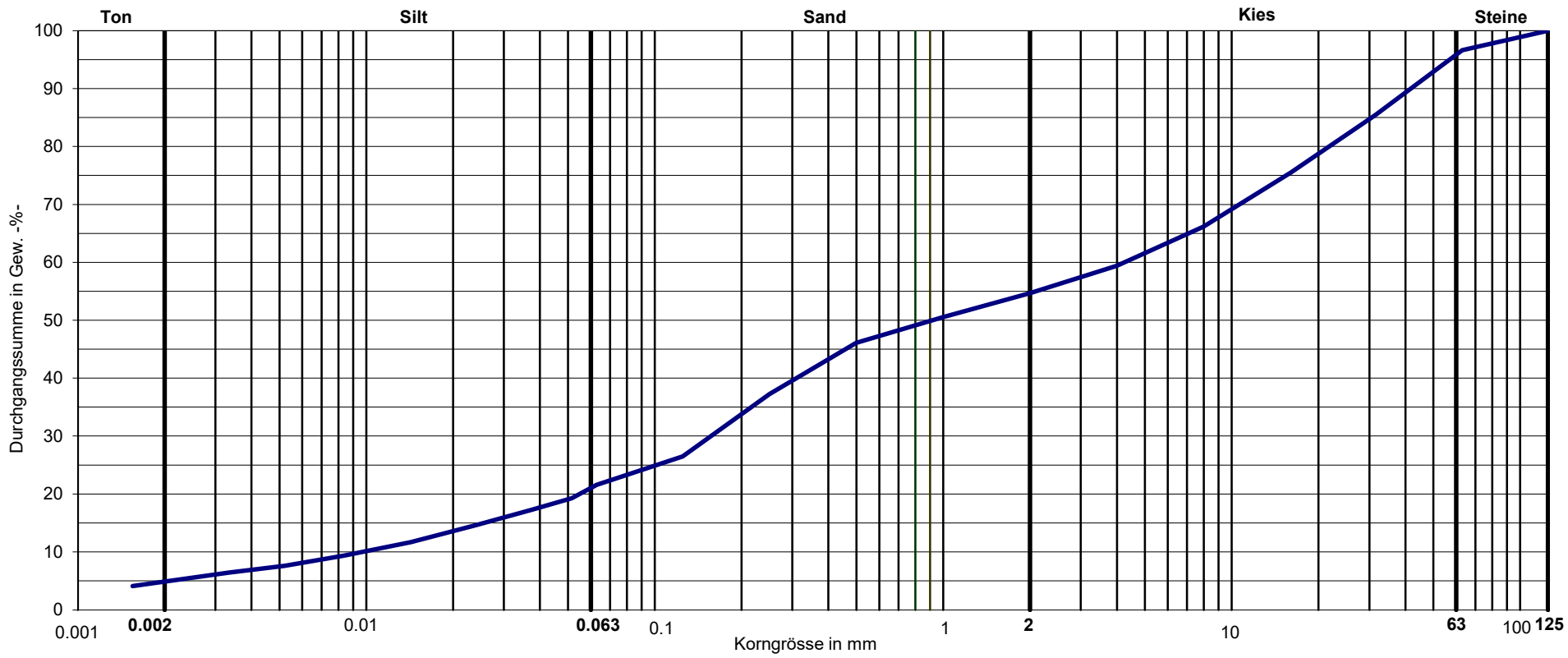
GM	Siltiger Kies mit Sand
Symbol	Gruppenname

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Trockensiebung ☐ Waschen/Trockensiebung ☑ Schlämmanalyse ☐

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-46
Wareneingangsnummer	4407
Probennummer	6
Bezeichnung der Probe	BS 5/24 2.2-3.6m

Durchgang bei 2.000 mm [%]	54.7	D_{60} [mm]	4.362	w_L [%]	14.5
Durchgang bei 0.063 mm [%]	21.6	D_{50} [mm]	0.940	w_p [%]	12.1
Durchgang bei 0.002 mm [%]	4.7	D_{30} [mm]	0.166	I_P [%]	2.4
C_{cd}	0.6	D_{10} [mm]	0.010	w_{Lnat} [%]	
C_{ud}	434.5				



Prüfaufzeichnung

Bodenklassifikation: Identifikation der Lockergesteine, Labormethode mit Klassifikation nach USCS

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Zur Prüfaufzeichnung gehören die Seiten der Prüfungsergebnisse

Weitere, der Aufzeichnung zugehörige Dokumente:	

nach Norm	☐	***SN 670 004 2b-NA: 2008***
angelehnt an Norm (erfordert Beiblatt Validierung)	☑	

Aufzeichnung Nr.	**15872-01-PA-56**	***Abschnitt (Norm)***
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	

Bezeichnung der Probe:	BS 5/24 2.2-3.6m
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	6

Ungleichförmigkeitsgrad

$$C_{ud} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_{ud} = Ungleichförmigkeitsgrad
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{10} = analog D_{60}

Krümmung

$$C_{cd} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

C_{cd} = Krümmung
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{30} = analog D_{60}
D_{10} = analog D_{60}

Erforderliche Werte i		*Visum*	
Körngrösse bei 50% D_{50} [mm]	0.9	hec5	*7*
Durchgang bei 2.000 mm [%]	54.7		*8*
Durchgang bei 0.06 mm [%]	21.6		*8*
Körngrösse bei 60% D_{60} [mm]	4.4		
Körngrösse bei 30% D_{30} [mm]	0.2		
Körngrösse bei 10% D_{10} [mm]	0.01		
Ungleichförmigkeitsgrad C_{ud}	434.5		*7*
Krümmung C_{cd}	0.6		*7*
Atterberg erforderlich	Ja ☑ Nein ☐		
Fliessgrenze w_L [%]	14.5		*9*
Plastizitätsindex I_P [%]	2.4		*9*
Fliessgrenze w_{Lnat} [%]	i		*10*
w_L / w_{Lnat} [%]	i		*10*

Klassifikationsresultat		*Visum*	
Symbol	Gruppenname i	hec5	*6, 7-10*
GM	Siltiger Kies mit Sand		

Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	Ort, Datum:	
Unterschrift:	hec5	Bu, 04.12.2024	

Probe 7 BS 5/24 0.2-2.2m

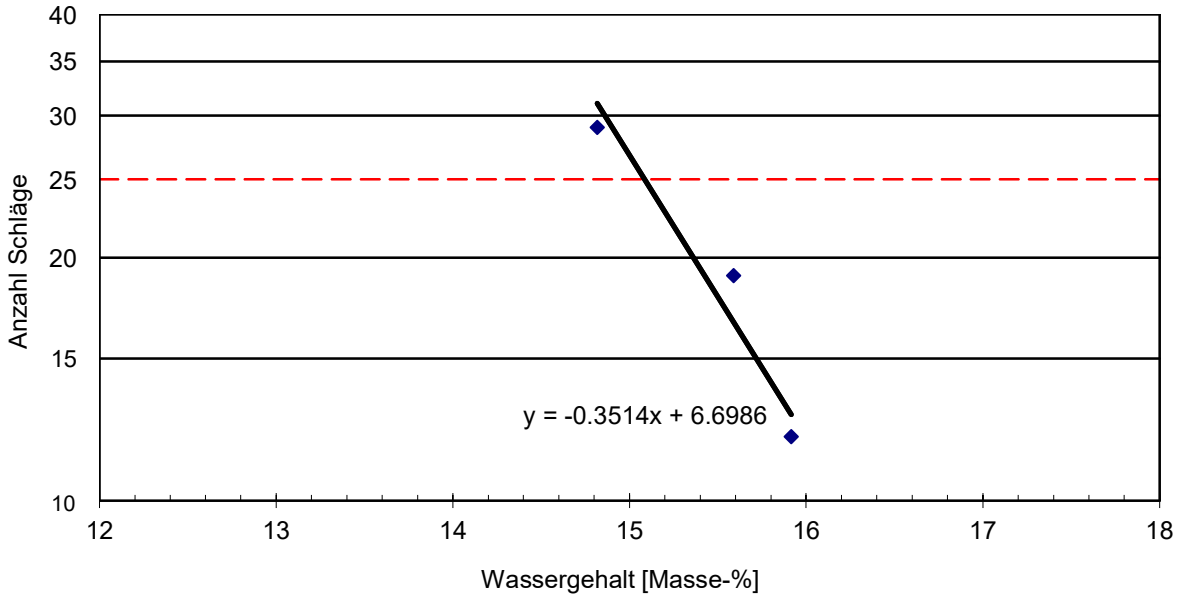
Bodenklassifikation: Konsistenzgrenzen (Bestimmung der Fliess- und Ausrollgrenzen nach Atterberg)

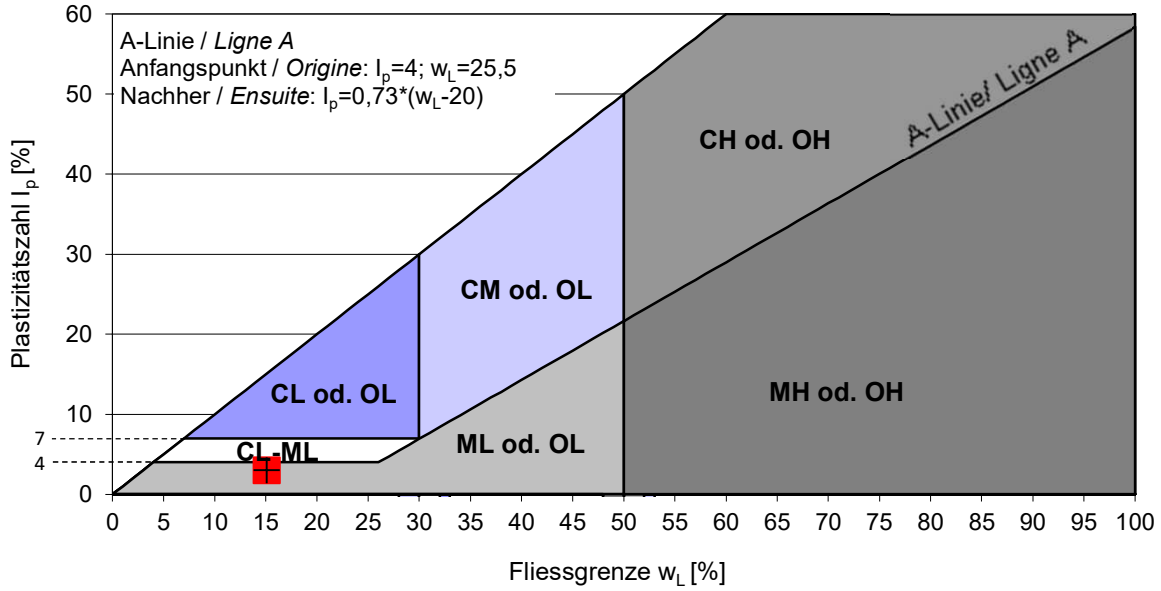
VSS 70 345b ***Objekt:***

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-47
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	7
Bezeichnung der Probe	ML

Auswertung der Prüfung:

Fliessgrenze w_L	w_L =	15.1 %
Ausrollgrenze w_P	w_P =	12.1 %
Plastizitätsindex I_P	I_P =	3.0





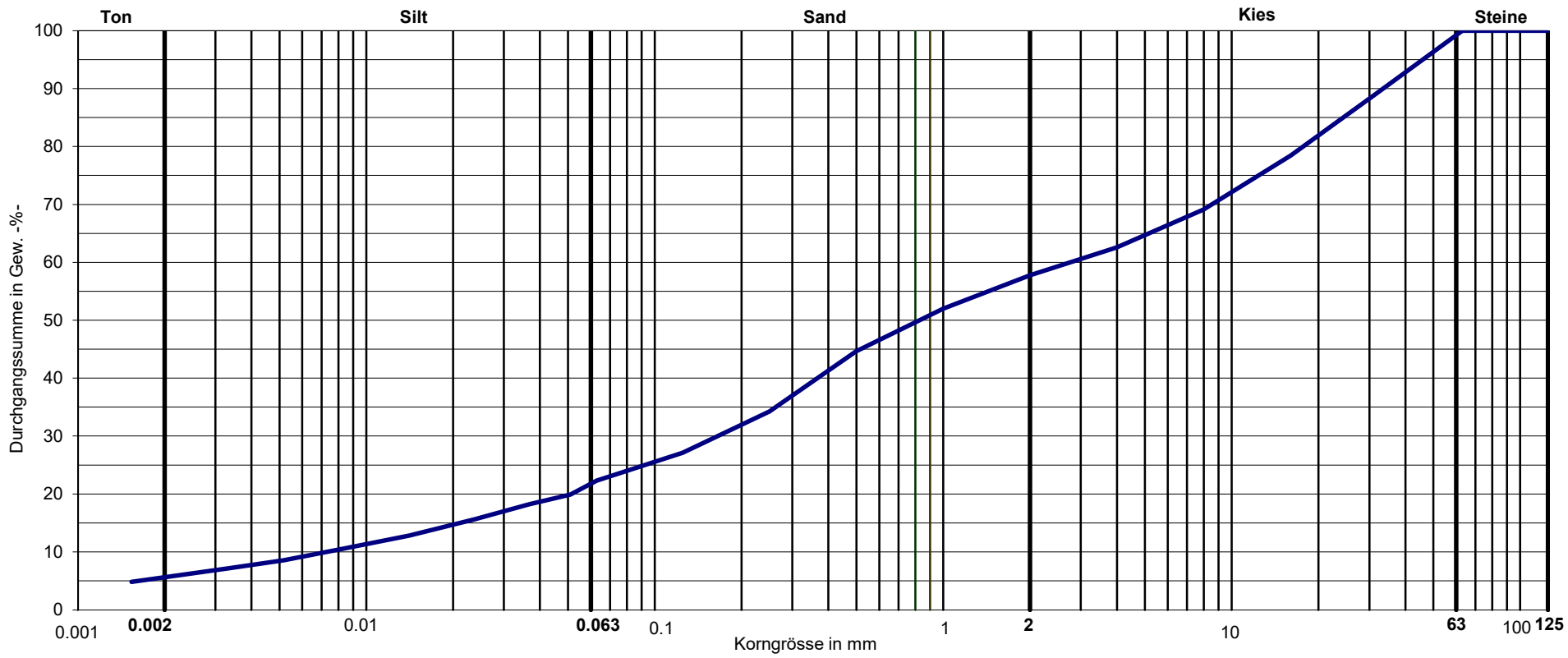
Kornverteilungsdiagramm

GM	Siltiger Kies mit Sand
Symbol	Gruppenname

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Trockensiebung ☐ Waschen/Trockensiebung ☑ Schlämmanalyse ☑

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-47	Durchgang bei 2.000 mm [%]	57.8	D_{60} [mm]	2.928	w_L [%]	15.1
Wareneingangsnummer	4407	Durchgang bei 0.063 mm [%]	22.3	D_{50} [mm]	0.865	w_p [%]	12.1
Probennummer	7	Durchgang bei 0.002 mm [%]	5.4	D_{30} [mm]	0.175	I_P [%]	3.0
Bezeichnung der Probe	BS 5/24 02-2.2m	C_{cd}	1.4	D_{10} [mm]	0.007	w_{Lnat} [%]	
		C_{ud}	391.9				



Prüfaufzeichnung

Bodenklassifikation: Identifikation der Lockergesteine, Labormethode mit Klassifikation nach USCS

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Zur Prüfaufzeichnung gehören die Seiten der Prüfungsergebnisse

Weitere, der Aufzeichnung zugehörige Dokumente:	

nach Norm	☐	***SN 670 004 2b-NA: 2008***
angelehnt an Norm (erfordert Beiblatt Validierung)	☑	

Aufzeichnung Nr.	**15872-01-PA-57**	***Abschnitt (Norm)***
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	

Bezeichnung der Probe:	BS 5/24 02-2.2m
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	7

Ungleichförmigkeitsgrad

$$C_{ud} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_{ud} = Ungleichförmigkeitsgrad
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{10} = analog D_{60}

Krümmung

$$C_{cd} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

C_{cd} = Krümmung
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{30} = analog D_{60}
D_{10} = analog D_{60}

Erforderliche Werte i		*Visum*	
Körngrösse bei 50% D_{50} [mm]	0.9	hec5	*7*
Durchgang bei 2.000 mm [%]	57.8		*8*
Durchgang bei 0.06 mm [%]	22.3		*8*
Körngrösse bei 60% D_{60} [mm]	2.9		
Körngrösse bei 30% D_{30} [mm]	0.2		
Körngrösse bei 10% D_{10} [mm]	0.01		
Ungleichförmigkeitsgrad C_{ud}	391.9		*7*
Krümmung C_{cd}	1.4		*7*
Atterberg erforderlich	Ja ☑ Nein ☐		
Fliessgrenze w_L [%]	15.1		*9*
Plastizitätsindex I_P [%]	3.0		*9*
Fliessgrenze w_{Lnat} [%]	i		*10*
w_L / w_{Lnat} [%]	i		*10*

Klassifikationsresultat		*Visum*	
Symbol	Gruppenname i	hec5	*6, 7-10*
GM	Siltiger Kies mit Sand		

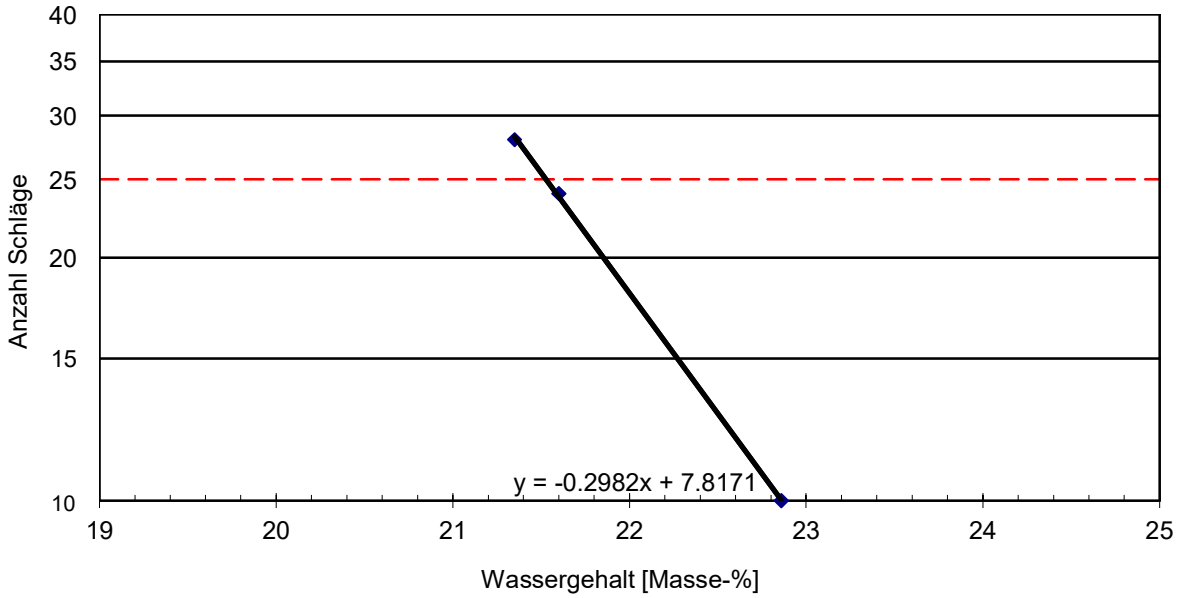
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	Ort, Datum:	
Unterschrift:	hec5	Bu, 11.12.2024	

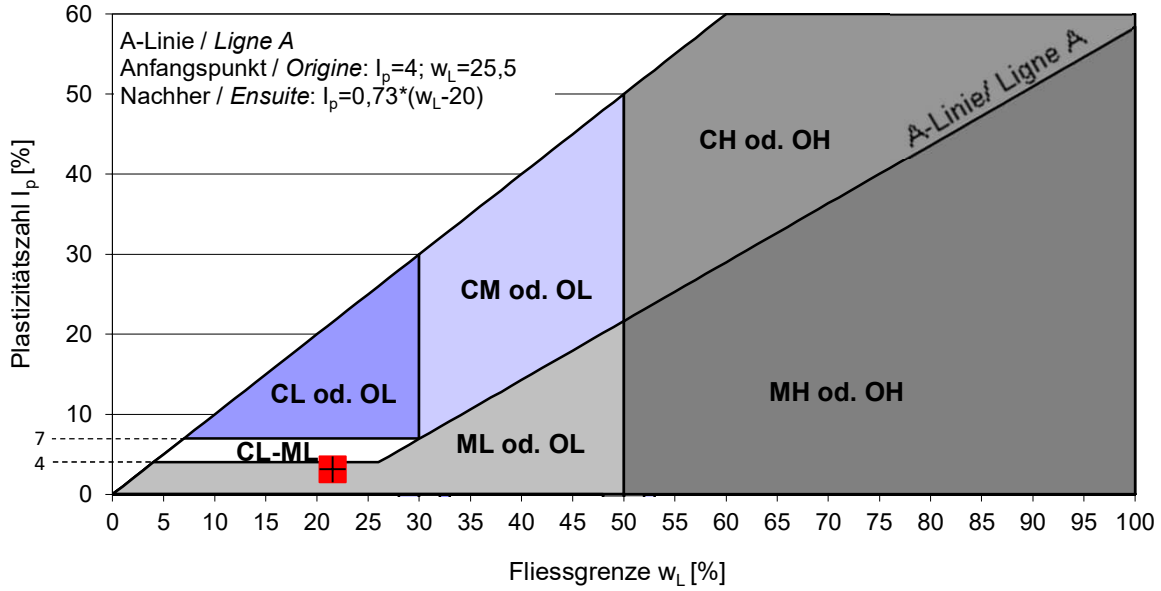
Probe 8 BS 3/24 2.6-3.4m

Bodenklassifikation: Konsistenzgrenzen (Bestimmung der Fliess- und Ausrollgrenzen nach Atterberg)

VSS 70 345b ***Objekt:***

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-48	**Auswertung der Prüfung:**		
Wareneingangsnummer:	4407	Fliessgrenze w_L	w_L =	21.5 %
Probennummer:	8	Ausrollgrenze w_P	w_P =	18.4 %
Bezeichnung der Probe	ML	Plastizitätsindex I_P	I_P =	3.2





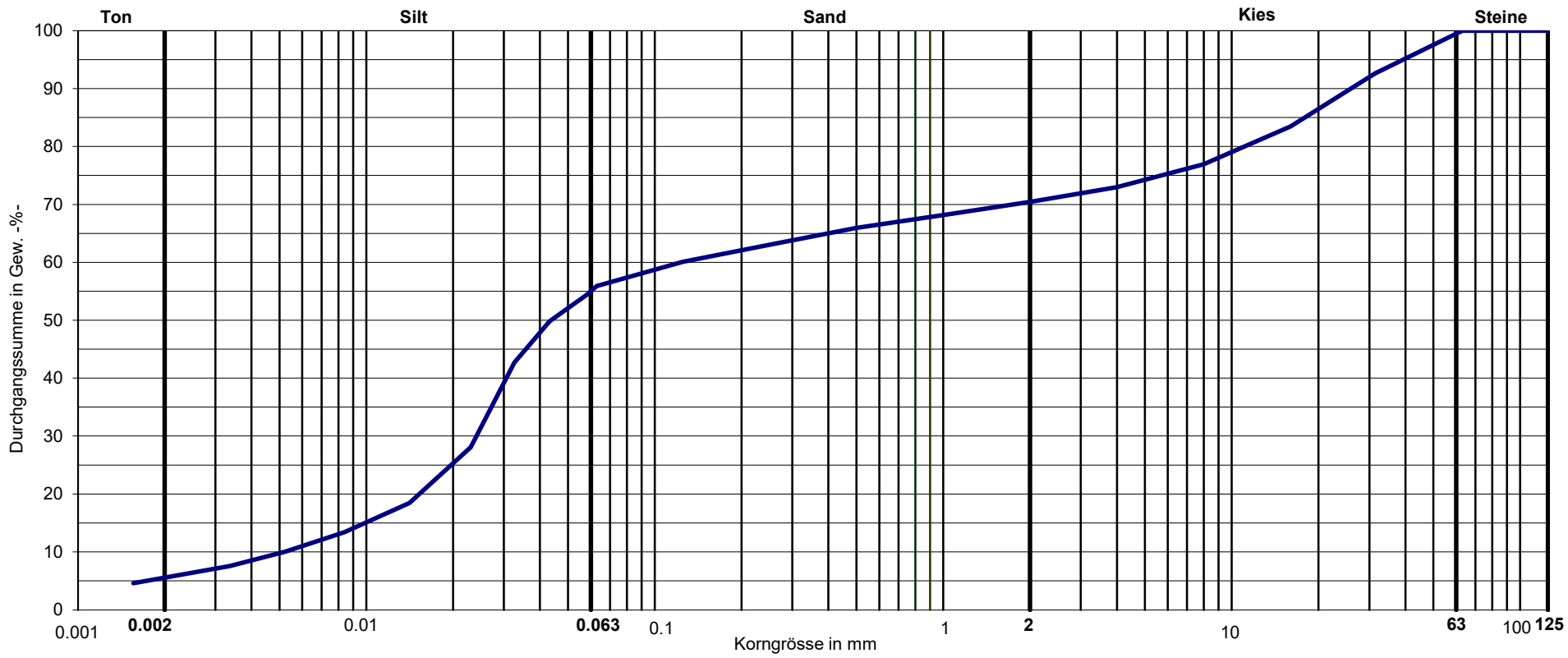
Kornverteilungsdiagramm

ML	kiesiger Silt mit Sand
Symbol	Gruppenname

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Trockensiebung ☐ Waschen/Trockensiebung ☑ Schlämmanalyse ☑

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-48	Durchgang bei 2.000 mm [%]	70.4	D_{60} [mm]	0.124	w_L [%]	21.5
Wareneingangsnummer	4407	Durchgang bei 0.063 mm [%]	55.9	D_{50} [mm]	0.044	w_p [%]	18.4
Probennummer	8	Durchgang bei 0.002 mm [%]	5.3	D_{30} [mm]	0.024	I_P [%]	3.2
Bezeichnung der Probe	BS 3/24 2.6-3.5m	C_{cd}	0.9	D_{10} [mm]	0.005	w_{Lnat} [%]	
		C_{ud}	23.7				



Prüfaufzeichnung

Bodenklassifikation: Identifikation der Lockergesteine, Labormethode mit Klassifikation nach USCS

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Zur Prüfaufzeichnung gehören die Seiten der Prüfungsergebnisse

Weitere, der Aufzeichnung zugehörige Dokumente:	

nach Norm	☑	***SN 670 004 2b-NA: 2008***
angelehnt an Norm (erfordert Beiblatt Validierung)	☐	

Aufzeichnung Nr.	**15872-01-PA-58**	***Abschnitt (Norm)***
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	

Bezeichnung der Probe:	BS 3/24 2.6-3.5m
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	8

Ungleichförmigkeitsgrad

$$C_{ud} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_{ud} = Ungleichförmigkeitsgrad
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{10} = analog D_{60}

Krümmung

$$C_{cd} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

C_{cd} = Krümmung
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{30} = analog D_{60}
D_{10} = analog D_{60}

Erforderliche Werte i		*Visum*	
Körngrösse bei 50% D_{50} [mm]	0.0	hec5	*7*
Durchgang bei 2.000 mm [%]	70.4		*8*
Durchgang bei 0.06 mm [%]	55.9		*8*
Körngrösse bei 60% D_{60} [mm]	0.1		
Körngrösse bei 30% D_{30} [mm]	0.0		
Körngrösse bei 10% D_{10} [mm]	0.01		
Ungleichförmigkeitsgrad C_{ud}	23.7		*7*
Krümmung C_{cd}	0.9		*7*
Atterberg erforderlich	Ja ☑ Nein ☐		
Fliessgrenze w_L [%]	21.5		*9*
Plastizitätsindex I_P [%]	3.2		*9*
Fliessgrenze w_{Lnat} [%]	i		*10*
w_L / w_{Lnat} [%]	i		*10*

Klassifikationsresultat		*Visum*	
Symbol	Gruppenname i	hec5	*6, 7-10*
ML	kiesiger Silt mit Sand		

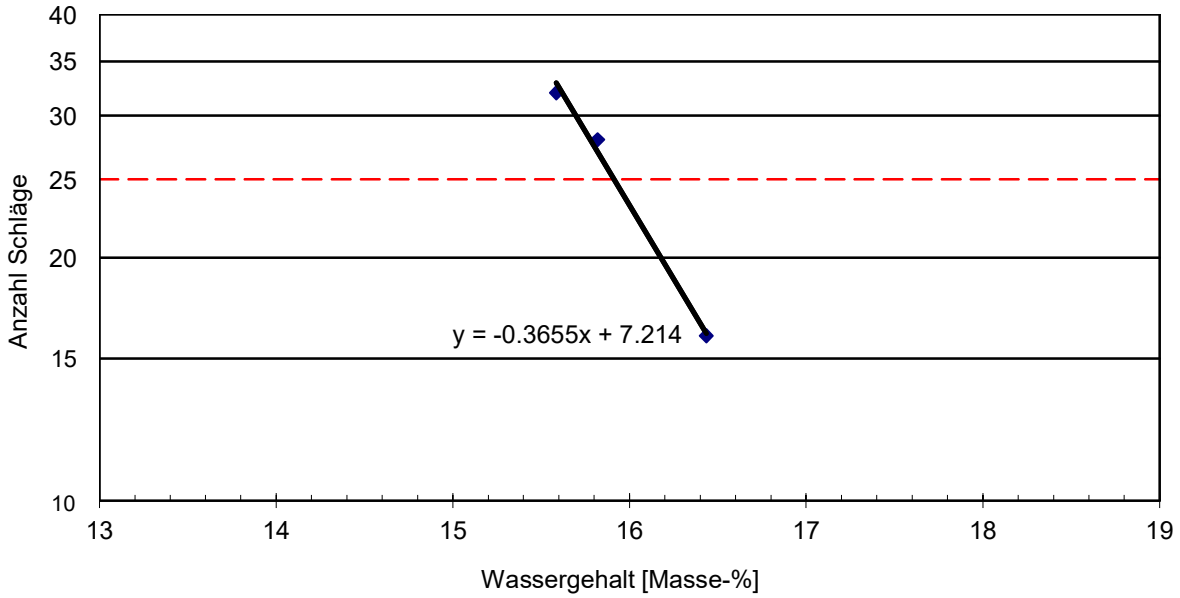
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	Ort, Datum:
Unterschrift:	hec5	Bu, 12.12.2024

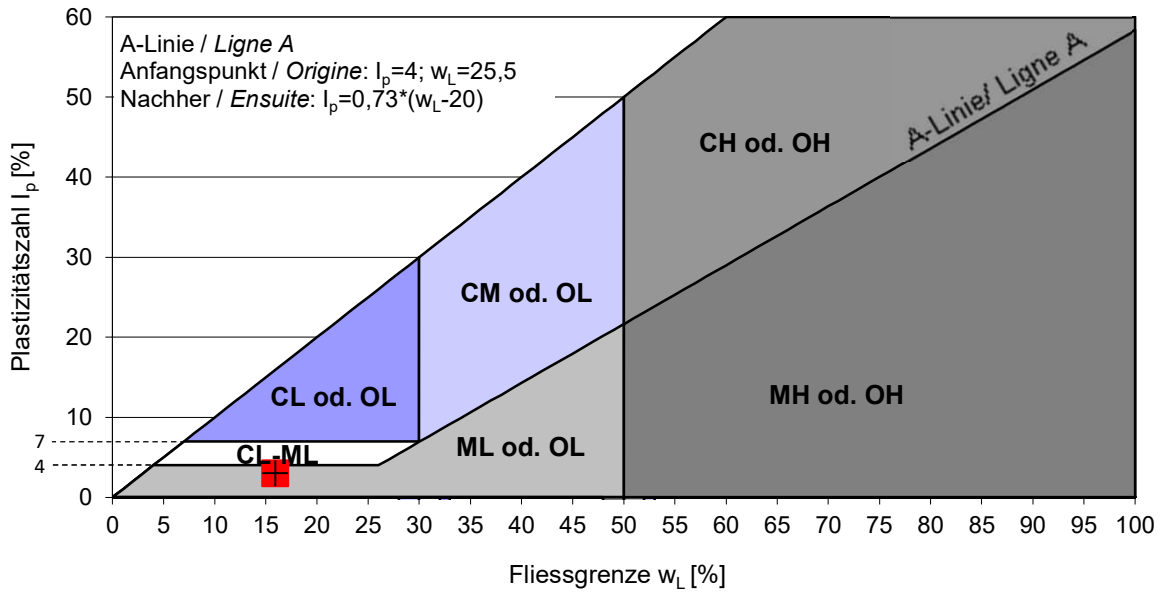
Probe 9 BS 3/24 0.2-2.6m

Bodenklassifikation: Konsistenzgrenzen (Bestimmung der Fliess- und Ausrollgrenzen nach Atterberg)

VSS 70 345b ***Objekt:***

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-49	**Auswertung der Prüfung:**		
Wareneingangsnummer:	4407	Fliessgrenze w_L	w_L =	15.9 %
Probennummer:	9	Ausrollgrenze w_P	w_P =	12.9 %
Bezeichnung der Probe	ML	Plastizitätsindex I_P	I_P =	3.0





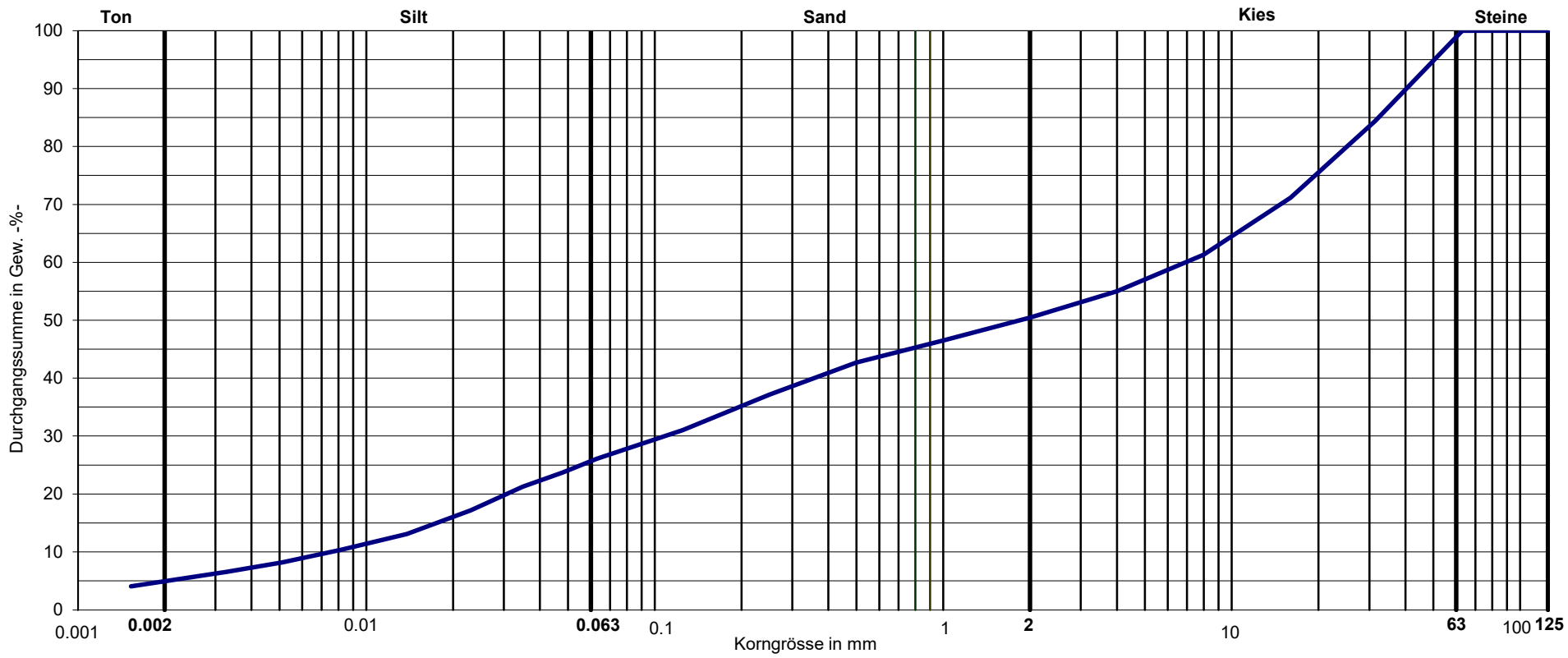
Kornverteilungsdiagramm

GM	Siltiger Kies mit Sand
Symbol	Gruppenname

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Trockensiebung ☐ Waschen/Trockensiebung ☑ Schlämmanalyse ☑

Prüfaufzeichnungs-Nr.	15872-01-PA-49	Durchgang bei 2.000 mm [%]	50.4	D_{60} [mm]	7.183	w_L [%]	15.9
Wareneingangsnummer	4407	Durchgang bei 0.063 mm [%]	26.1	D_{50} [mm]	1.888	w_p [%]	12.9
Probennummer	9	Durchgang bei 0.002 mm [%]	4.7	D_{30} [mm]	0.113	I_P [%]	3.0
Bezeichnung der Probe	BS 3/24 0.2-2.6m	C_{cd}	0.2	D_{10} [mm]	0.008	w_{Lnat} [%]	
		C_{ud}	932.3				



Prüfaufzeichnung

Bodenklassifikation: Identifikation der Lockergesteine, Labormethode mit Klassifikation nach USCS

Objekt: Tunnel Grosshöchstetten

Zur Prüfaufzeichnung gehören die Seiten der Prüfungsergebnisse

Weitere, der Aufzeichnung zugehörige Dokumente:	

nach Norm	☐	***SN 670 004 2b-NA: 2008***
angelehnt an Norm (erfordert Beiblatt Validierung)	☑	

Aufzeichnung Nr.	**15872-01-PA-59**	***Abschnitt (Norm)***
Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	

Bezeichnung der Probe:	BS 3/24 0.2-2.6m
Wareneingangsnummer:	4407
Probennummer:	9

Ungleichförmigkeitsgrad

$$C_{ud} = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

C_{ud} = Ungleichförmigkeitsgrad
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{10} = analog D_{60}

Krümmung

$$C_{cd} = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

C_{cd} = Krümmung
D_{60} = Korngrösse, von welcher 60% kleiner sind als D. [mm]
D_{30} = analog D_{60}
D_{10} = analog D_{60}

Erforderliche Werte i		*Visum*	
Körngrösse bei 50% D_{50} [mm]	1.9	hec5	*7*
Durchgang bei 2.000 mm [%]	50.4		*8*
Durchgang bei 0.06 mm [%]	26.1		*8*
Körngrösse bei 60% D_{60} [mm]	7.2		
Körngrösse bei 30% D_{30} [mm]	0.1		
Körngrösse bei 10% D_{10} [mm]	0.01		
Ungleichförmigkeitsgrad C_{ud}	932.3		*7*
Krümmung C_{cd}	0.2		*7*
Atterberg erforderlich	Ja ☑ Nein ☐		
Fliessgrenze w_L [%]	15.9		*9*
Plastizitätsindex I_P [%]	3.0		*9*
Fliessgrenze w_{Lnat} [%]	i		*10*
w_L / w_{Lnat} [%]	i		*10*

Klassifikationsresultat		*Visum*	
Symbol	Gruppenname i		*6, 7-10*
GM	Siltiger Kies mit Sand		

Verantwortliche/r Prüfer/in:	Christoph Hert	Ort, Datum:	
Unterschrift:	hec5	Bu, 12.12.2024	

Anhang C: Diagramme Triaxialversuche

Probe 8 BS 3.24 Entnahmetiefe 2.6-3.5 m u. OKT

Grundlage: max σ'1

	p'= (σ'1+σ'3)/2	q= (σ1−σ3)/2	Verformung	Verformung	max sigma'1
	[kN/m2]	[kN/m2]	[mm]	[%]	
Diagramm 1					
Aus TV1	90.00	58.76	5.60	3.31	148.77
Aus TV3	242.01	151.73	7.87	4.77	393.74
Aus TV2	160.90	100.27	7.12	4.28	261.17

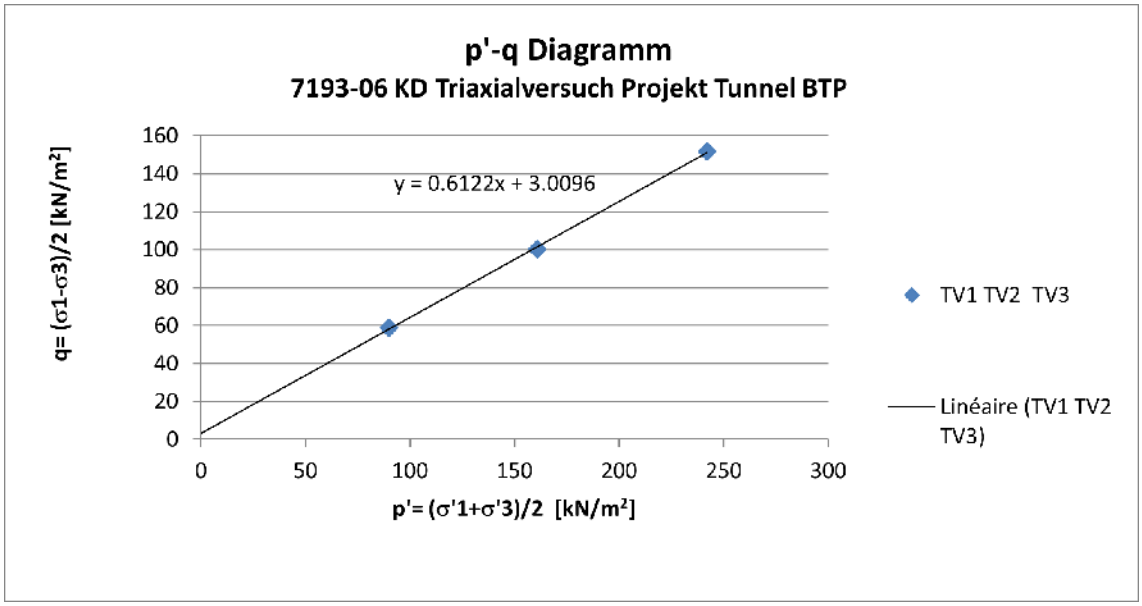
Achsenabschnitt 3.01

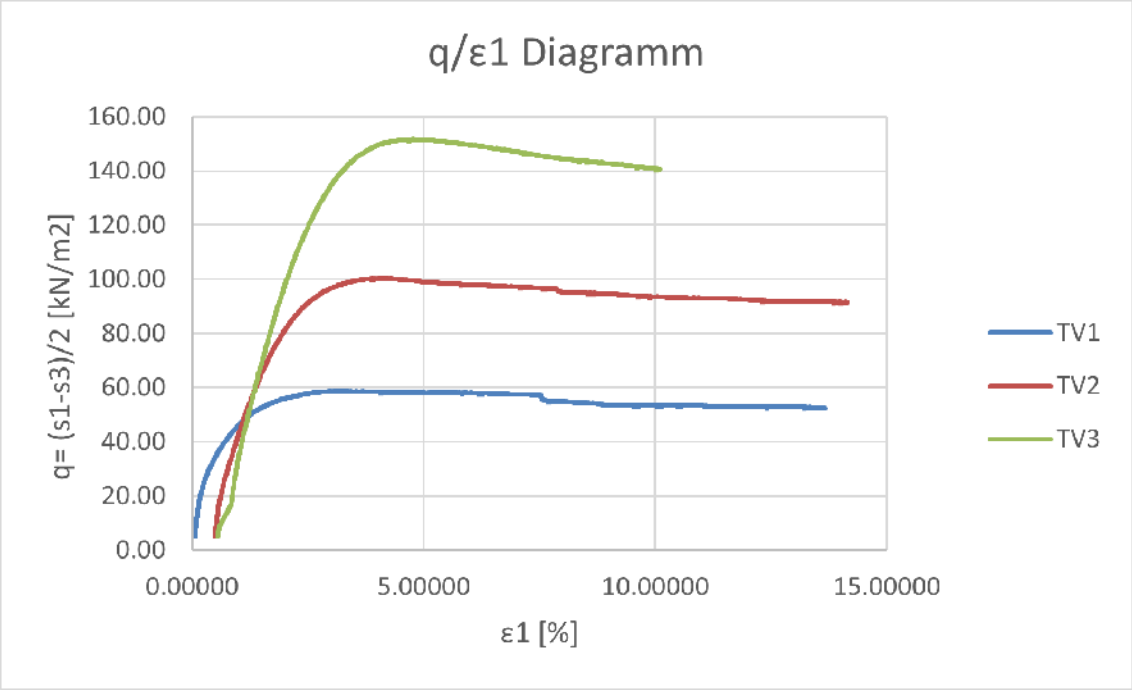
Berechnung mit Regressionsgerade (drei Versuche Punkte)

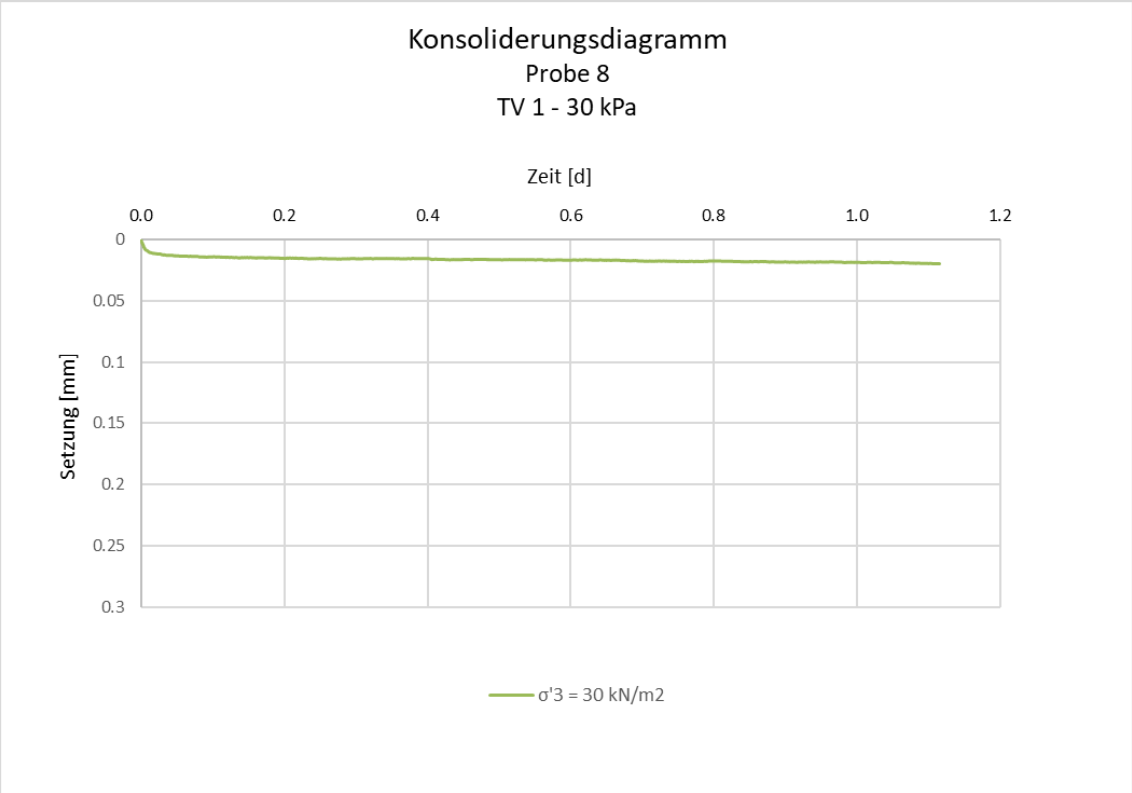
βэ 0.55 rad -->grad 31.47

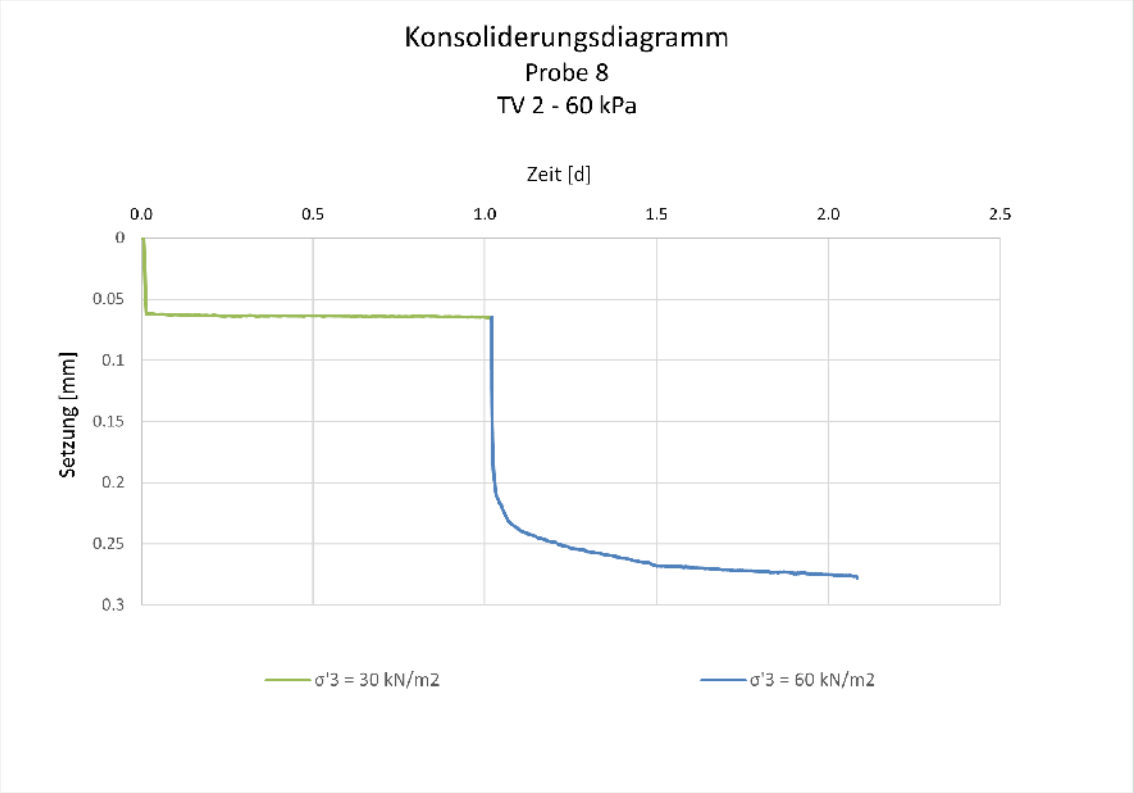
φэ 0.66 rad -->grad 37.75

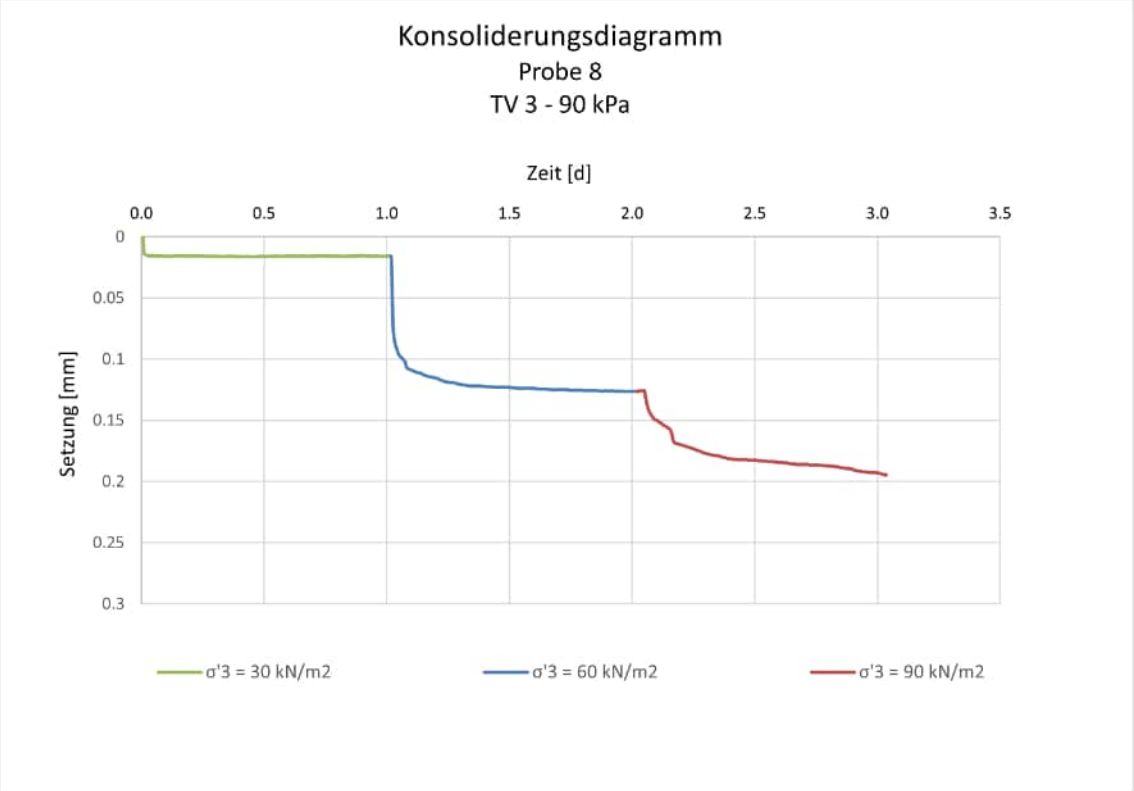
c' 3.81




q/ε1 Diagramm
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
q= (s1-s3)/2 [kN/m2]
0.00000
5.00000
10.00000
15.00000
ε1 [%]
TV1
TV2
TV3


Konsoliderungsdiagramm
Probe 8
TV 1 - 30 kPa
Zeit [d]
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
Setzung [mm]
σ'3 = 30 kN/m2


Konsoliderungsdiagramm
Probe 8
TV 2 - 60 kPa
Zeit [d]
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
Setzung [mm]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
σ'3 = 30 kN/m2
σ'3 = 60 kN/m2


Konsoliderungsdiagramm
Probe 8
TV 3 - 90 kPa
Zeit [d]
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
Setzung [mm]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
σ'3 = 30 kN/m2
σ'3 = 60 kN/m2
σ'3 = 90 kN/m2

Qualitätsmanagement-Handbuch
Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau

Triaxialversuch			B-Wert	
	KU ☐	KD ☑	Aufzeichnung Nr.	15872-01-PA-08
Gerät: UL 2 ☑			Wareneingangs Nr.	4407
Gerät: UL 60 ☐			Probe Nr.	BS 3/24 2.6-3.5m

TV1

σ_3	u_{oben} / u_{unten}	$\Delta\sigma_3$	Δu_{oben} / Δu_{unten}	B-Wert	Datum /Zeit
300.3	280.28				07.10.2024 07:30
	280.22	50.05	43.96	0.88	
350.3	324.24		44.8	0.90	
	325.02		Mittel	0.89	
350.3	330.24				08.10.2024 07:30
	330.14	50.01	45.46	0.91	
400.4	375.7		46.41	0.93	
	376.55				
			Mittel	0.92	

TV2

σ_3	u_{oben} / u_{unten}	$\Delta\sigma_3$	Δu_{oben} / Δu_{unten}	B-Wert	Datum /Zeit
300.3	280.31				10.11.2024 08:10 *
	280.24	49.93	40.87	0.82	
350.2	321.18		42.09	0.84	
	322.33		Mittel	0.83	
350.6	330.43				11.11.2024 08:20
	330.26	49.53	43.05	0.87	
400.1	373.48		45.19	0.91	
	375.45				
			Mittel	0.89	

TV3

σ_3	u_{oben} / u_{unten}	$\Delta\sigma_3$	Δu_{oben} / Δu_{unten}	B-Wert	Datum /Zeit
300.2	280.06				21.11.2024 07:25
	280.32	50.28	43.12	0.86	
350.5	323.18		43.44	0.86	
	323.76		Mittel	0.86	
350.4	330.29				22.11.2024 07:30
	330.43	49.85	46.6	0.93	
400.2	376.89		44.65	0.90	
	375.08				
			Mittel	0.92	

Verantwortliche Prüferin:	hec5	Ort, Datum:
Unterschrift:	hec5	Bu, 28.11.2024

PR-AZ-0011 Triax
Version 4.3
Druckdatum 06.12.2024
Seite 1 von 1

* Beim Drucksensor PWD oben gab es ein kleines Leck, weshalb der B-Wert bei beiden Ermittlungen relativ tief ausgefallen ist. Die entwichene Menge war sehr gering, ca. 1 Tropf alle 30 Minuten, weshalb das Leck nicht sofort festgestellt wurde. Die Leckage machte sich nur beim B-Test bemerkbar, da der Druck leicht abgefallen ist und nicht zunahm. Mit konstantem Gegendruck waren an den Büretten und an den Drucksensoren keine Schwankungen feststellbar.

Probe 9 BS 3.24 Entnahmetiefe 0.2-2.6 m u. OKT

Grundlage: max σ'1

	p'= (σ'1+σ'3)/2	q= (σ1−σ3)/2	Verformung	Verformung	max sigma'1
	[kN/m2]	[kN/m2]	[mm]	[%]	
Diagramm 1					
Aus TV1	250.92	161.55	6.02	3.89	412.47
Aus TV3	96.40	65.84	5.22	2.96	162.24
Aus TV2	181.83	122.20	5.36	3.71	304.02

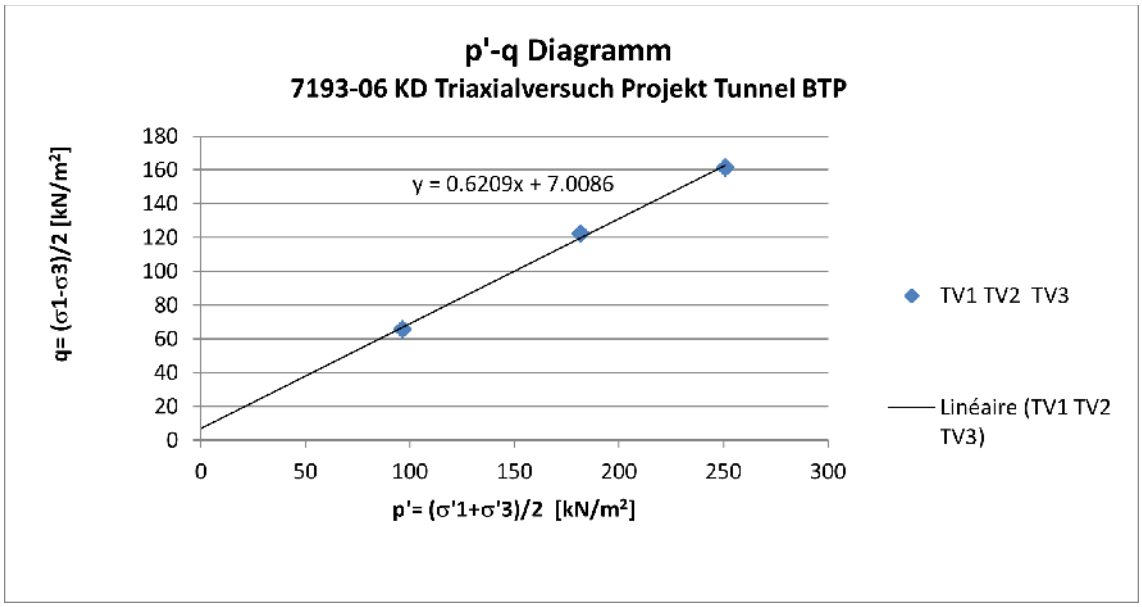
Achsenabschnitt 7.01

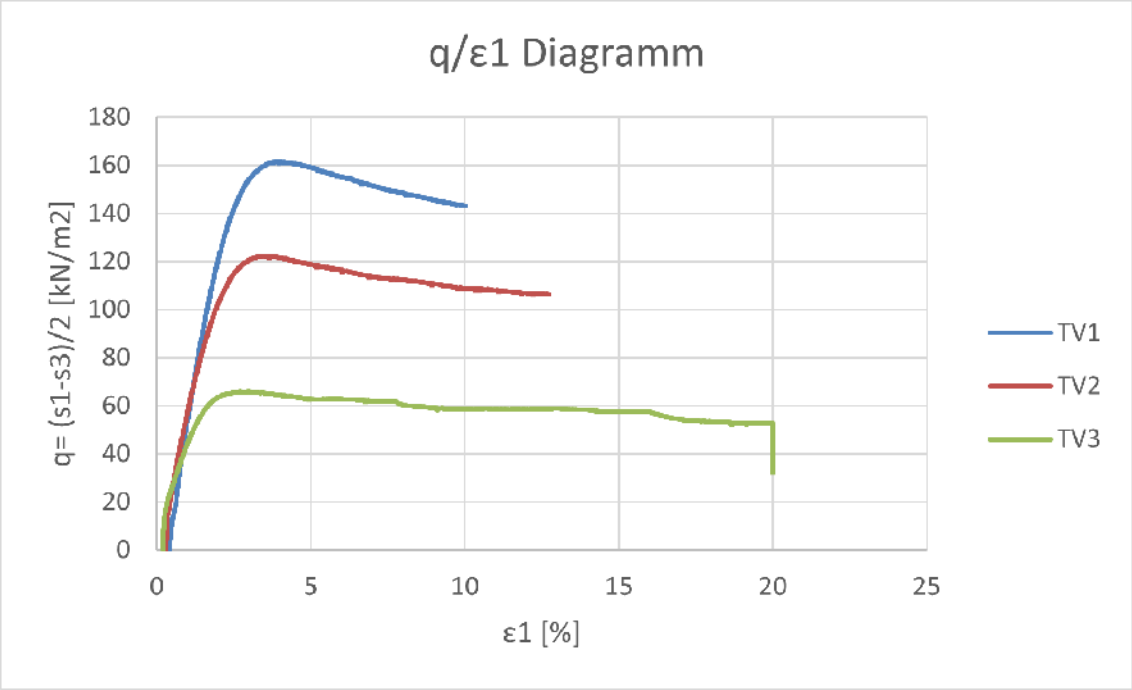
Berechnung mit Regressionsgerade (drei Versuche Punkte)

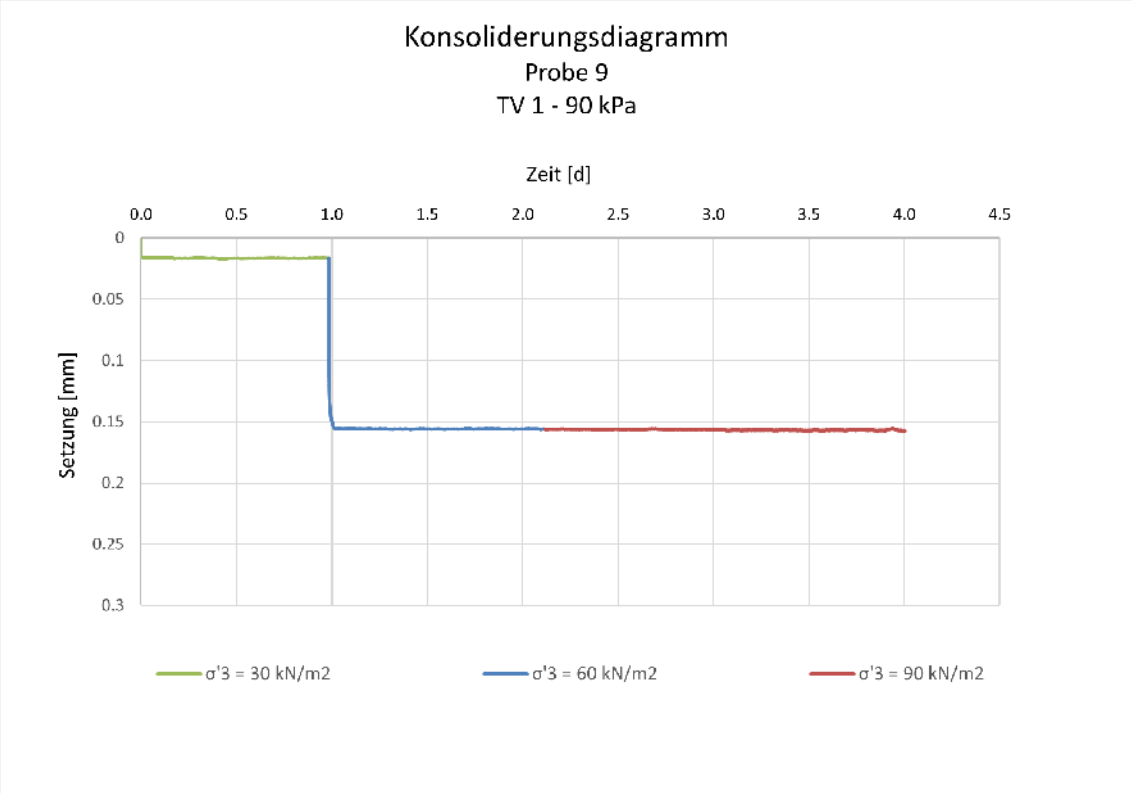
β' 0.56 rad -->grad 31.84

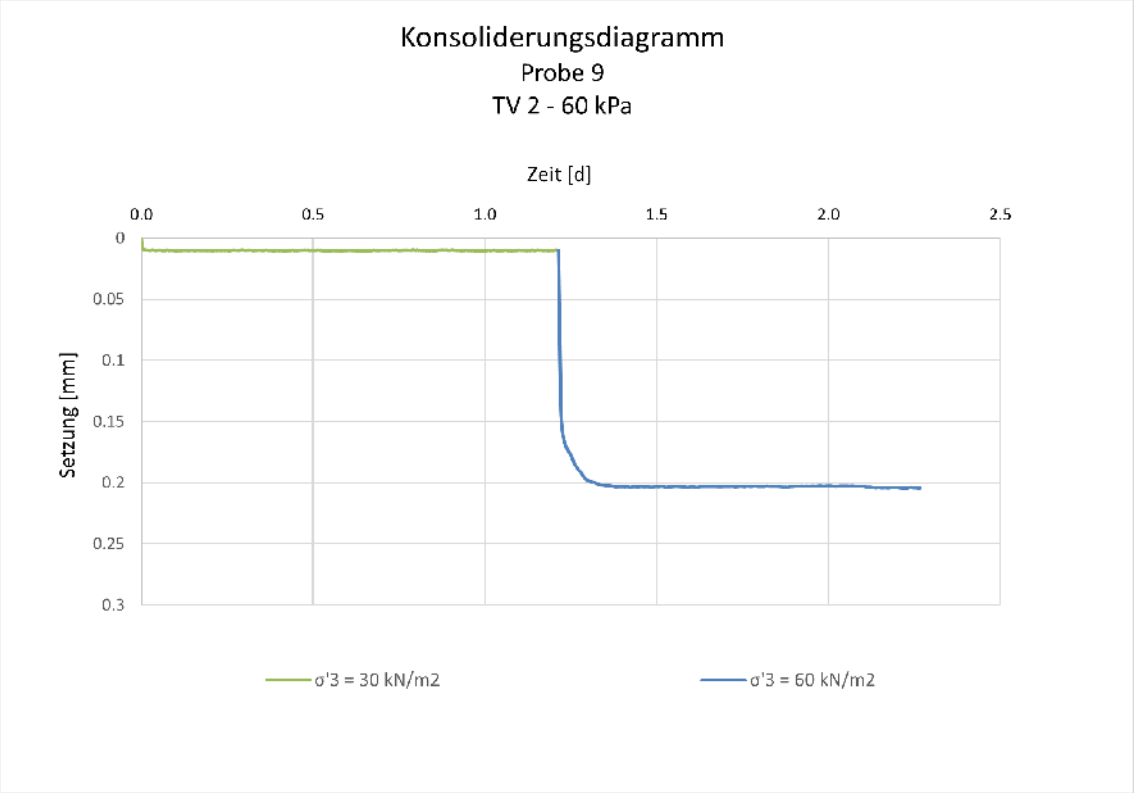
φ' 0.67 rad -->grad 38.38

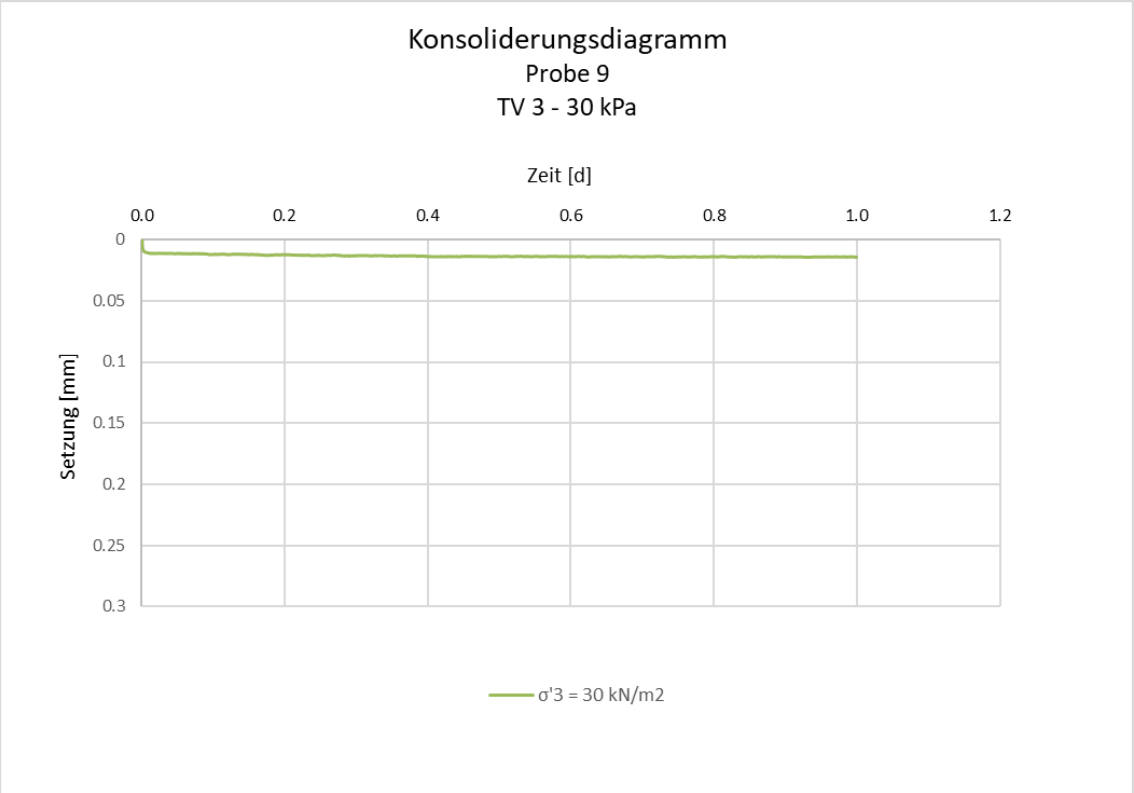
c' 8.94




q/ε1 Diagramm
q= (s1-s3)/2 [kN/m2]
180
160
140
120
100
80
60
40
20
0
0
5
10
15
20
25
ε1 [%]
TV1
TV2
TV3


Konsoliderungsdiagramm
Probe 9
TV 1 - 90 kPa
Zeit [d]
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
Setzung [mm]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
σ'3 = 30 kN/m2
σ'3 = 60 kN/m2
σ'3 = 90 kN/m2


Konsoliderungsdiagramm
Probe 9
TV 2 - 60 kPa
Zeit [d]
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
Setzung [mm]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
σ'3 = 30 kN/m2
σ'3 = 60 kN/m2


Konsoliderungsdiagramm
Probe 9
TV 3 - 30 kPa
Zeit [d]
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
Setzung [mm]
0
0.05
0.1
0.15
0.2
0.25
0.3
σ'3 = 30 kN/m2

Triaxialversuch

KU ☐ KD ☑

Gerät: UL 2 ☑
Gerät: UL 60 ☐

B-Wert	
Aufzeichnung Nr.	15872-01-PA-09
Wareneingangs Nr.	4407
Probe Nr.	BS 3/24 0.2-2.6m

TV1

σ_3	u_{oben} / u_{unten}	$\Delta\sigma_3$	Δu_{oben} / Δu_{unten}	B-Wert	Datum /Zeit
300.5	280.48				25.09.2024 07:45
	280.4	50.1	47.17	0.94	
350.6	327.65		47.44	0.95	
	327.84		Mittel	0.94	
350.1	330.29				26.09.2024 07:52
	330.18	50.08	48.16	0.96	
400.2	378.45		48.35	0.97	
	378.53				
			Mittel	0.96	

TV2

σ_3	u_{oben} / u_{unten}	$\Delta\sigma_3$	Δu_{oben} / Δu_{unten}	B-Wert	Datum /Zeit
300.2	280.19				18.10.2024 09:10
	280.33	50.15	44.56	0.89	
350.4	324.75		42.73	0.85	
	323.06		Mittel	0.87	
350.1	329.97				19.10.2024 08:15
	330.1	50.16	46.13	0.92	
400.2	376.1		44.95	0.90	
	375.05				
			Mittel	0.91	

TV3

σ_3	u_{oben} / u_{unten}	$\Delta\sigma_3$	Δu_{oben} / Δu_{unten}	B-Wert	Datum /Zeit
300.2	280.28				30.10.2024 09:59
	280.08	50.18	44.21	0.88	
350.4	324.49		39.64	0.79	
	319.72		Mittel	0.84	
350.4	330.32				31.10.2024 07:10
	330.35	49.68	45.21	0.91	
400.1	375.53		44.13	0.89	
	374.48				
			Mittel	0.90	

Verantworliche Prüferin:	hec5	Ort, Datum:
Unterschrift:	hec5	Bu, 05.11.2024

Probe 10 RB 5/P/24 Bohrmeter 3.45-4.1 m

Grundlage: max σ'1

	p'= (σ'1+σ'3)/2	q= (σ1−σ3)/2	Verformung	Verformung	max sigma'1
	[kN/m2]	[kN/m2]	[mm]	[%]	
Diagramm 1					
Aus TV1	195.02	134.86	1.94	2.55	329.89
Aus TV2	98.86	68.96	1.52	2.30	167.81
Aus TV3	268.96	178.67	1.47	3.96	447.63

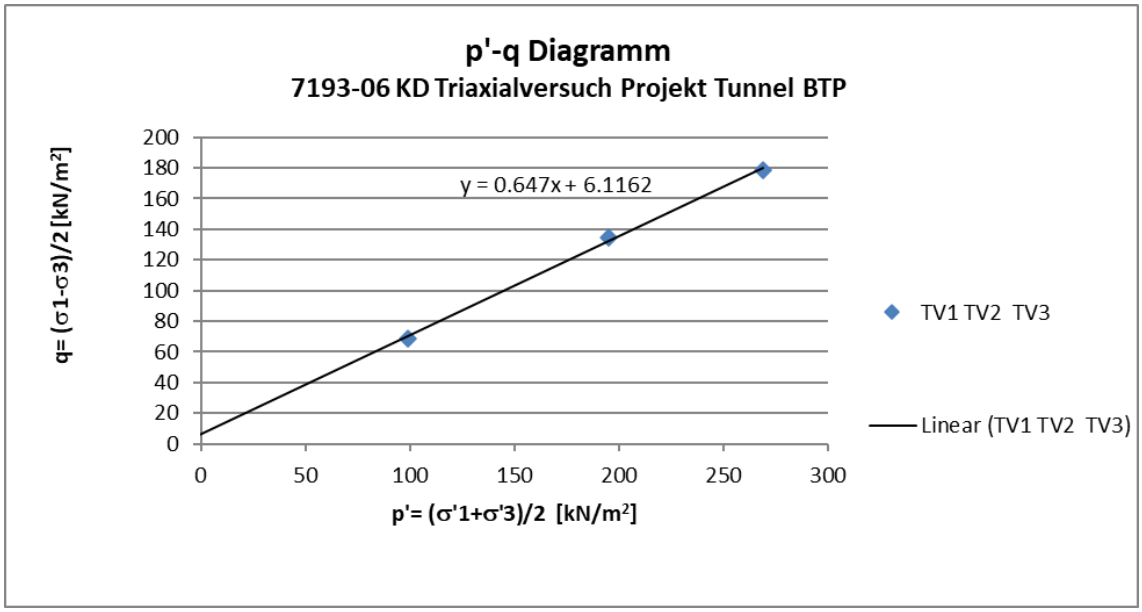
Achsenabschnitt 6.12

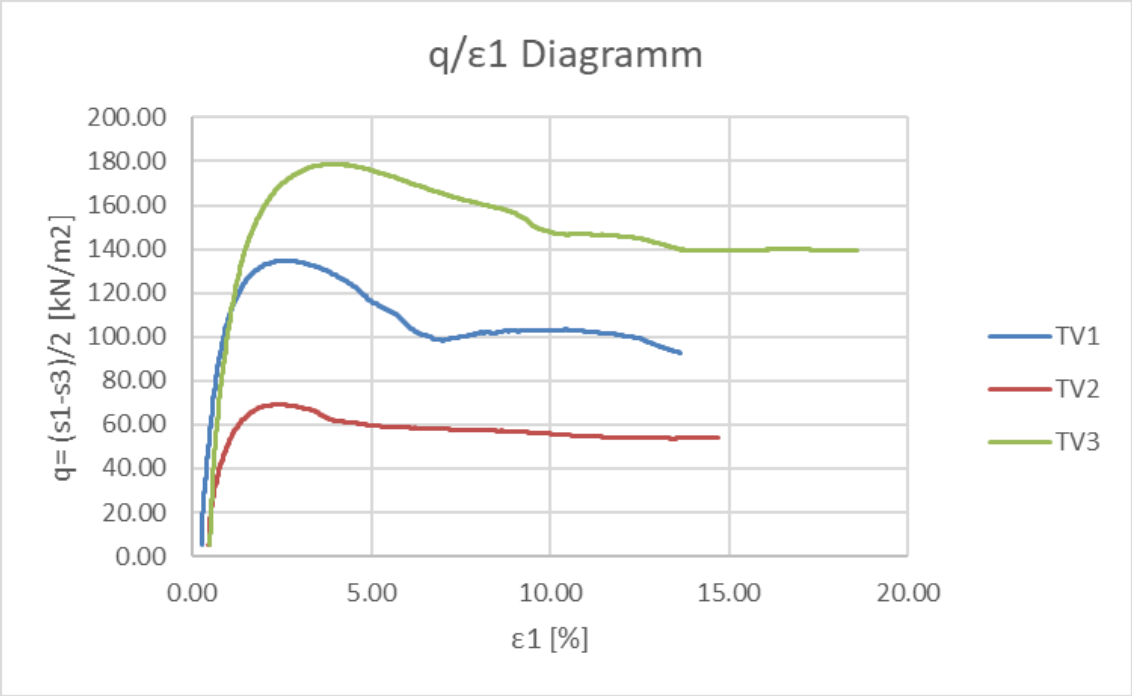
Berechnung mit Regressionsgerade (drei Versuche Punkte)

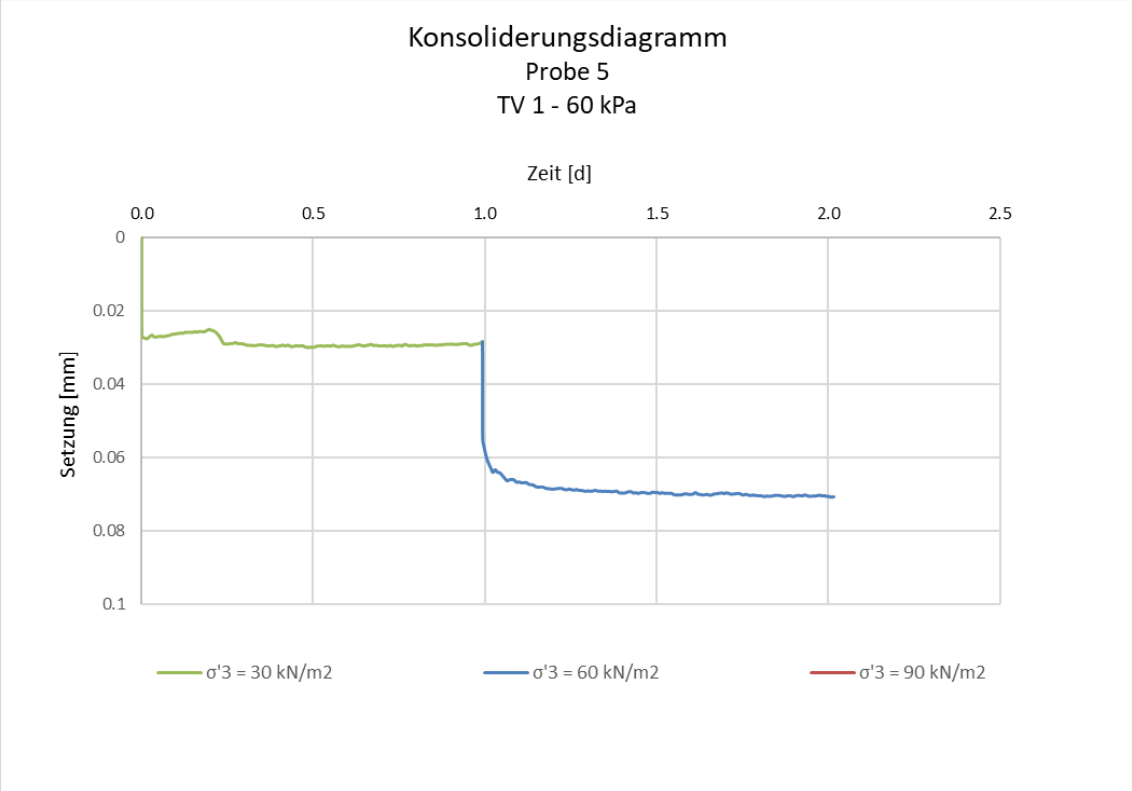
β' 0.57 rad -->grad 32.90

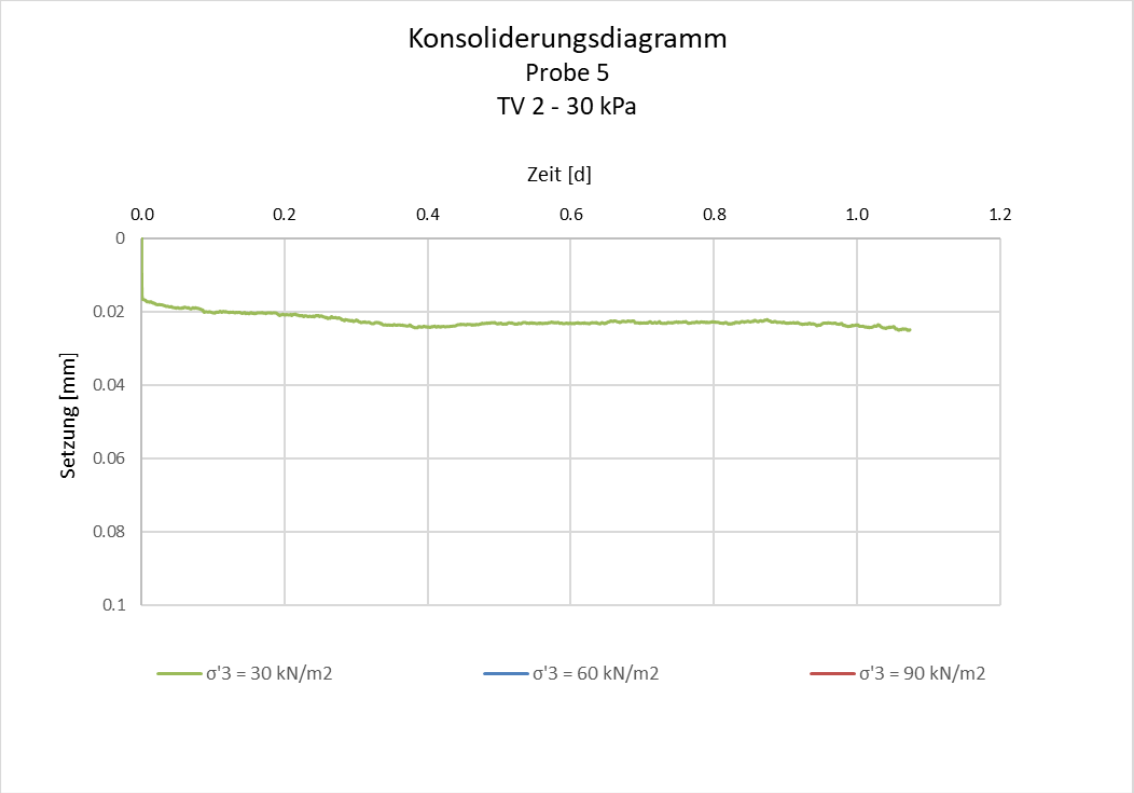
φ' 0.70 rad -->grad 40.32

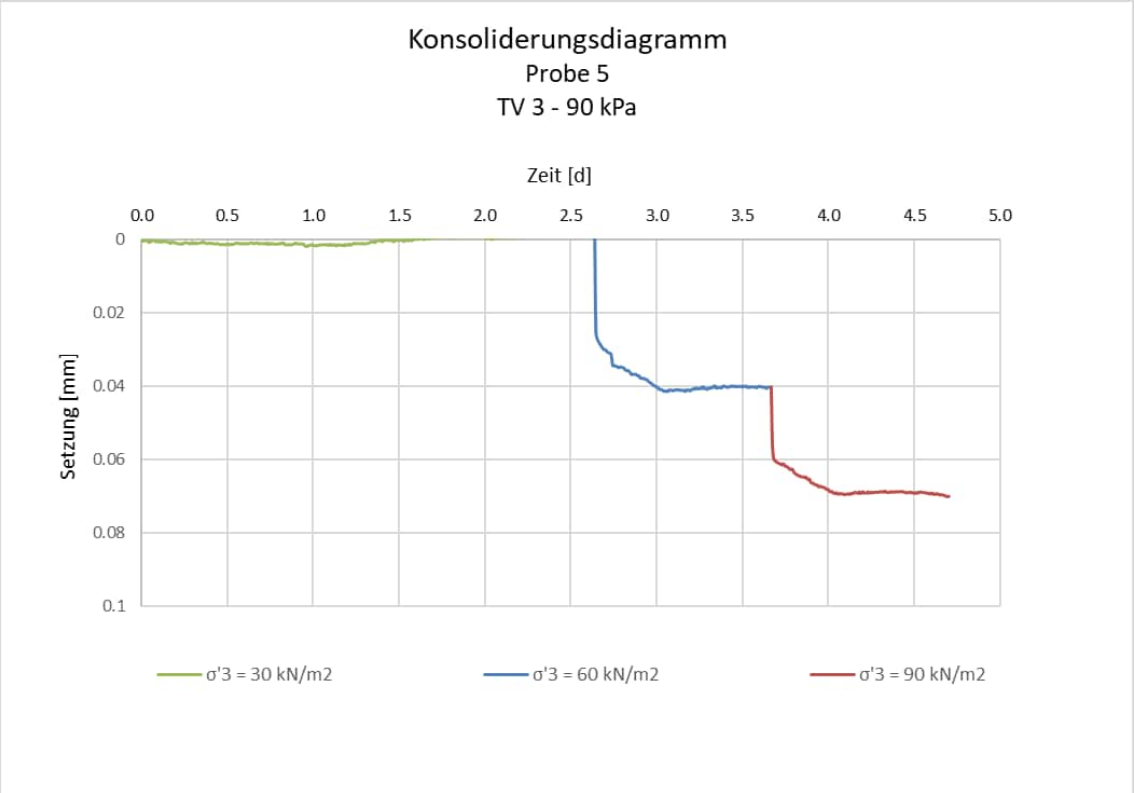
c' 8.02




q/ε1 Diagramm
200.00
180.00
160.00
140.00
120.00
100.00
80.00
60.00
40.00
20.00
0.00
q= (s1-s3)/2 [kN/m2]
0.00
5.00
10.00
15.00
20.00
ε1 [%]
TV1
TV2
TV3


Konsoliderungsdiagramm
Probe 5
TV 1 - 60 kPa
Zeit [d]
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
Setzung [mm]
σ'3 = 30 kN/m2
σ'3 = 60 kN/m2
σ'3 = 90 kN/m2


Konsoliderungsdiagramm
Probe 5
TV 2 - 30 kPa
Zeit [d]
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
1.2
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
Setzung [mm]
σ'3 = 30 kN/m2
σ'3 = 60 kN/m2
σ'3 = 90 kN/m2


Konsoliderungsdiagramm
Probe 5
TV 3 - 90 kPa
Zeit [d]
0.0
0.5
1.0
1.5
2.0
2.5
3.0
3.5
4.0
4.5
5.0
0
0.02
0.04
0.06
0.08
0.1
Setzung [mm]
σ'3 = 30 kN/m2
σ'3 = 60 kN/m2
σ'3 = 90 kN/m2

Qualitätsmanagement-Handbuch
Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau

Triaxialversuch

KU ☐ KD ☑

Gerät: UL 2 ☑
Gerät: UL 60 ☐

B-Wert	
Aufzeichnung Nr.	15872-PA-05
Wareneingangs Nr.	4407
Probe Nr.	B5/P/23 3.45-4.1

TV1

σ_3	u_{oben} / u_{unten}	$\Delta\sigma_3$	Δu_{oben} / Δu_{unten}	B-Wert	Datum /Zeit
350.3	330.12				06.12.2024 07:20
	330.74	50.34	42.07	0.84	
400.7	372.19		42.07	0.84	
	372.81		Mittel	0.84	
400.3	380.14				07.12.2024 08:29
	380.6	49.93	45.02	0.90	
450.2	425.16		44.95	0.90	
	425.55				
			Mittel	0.90	

TV2

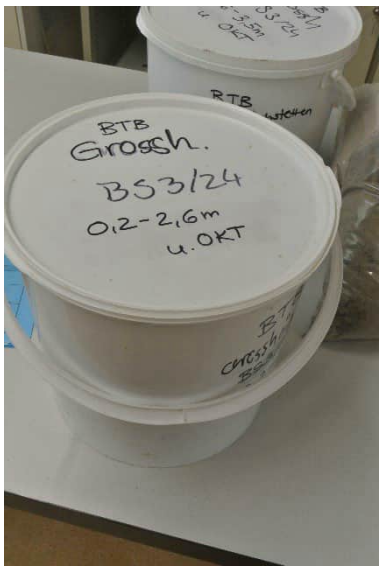
σ_3	u_{oben} / u_{unten}	$\Delta\sigma_3$	Δu_{oben} / Δu_{unten}	B-Wert	Datum /Zeit
350.5	329.98				17.12.2024 07:26
	330.65	50.23	45.25	0.90	
400.7	375.23		45.25	0.90	
	375.9		Mittel	0.90	
400.4	380.12				18.12.2024 07:28
	380.71	49.97	46.86	0.94	
450.4	426.98		47.2	0.94	
	427.91				
			Mittel	0.94	

TV3

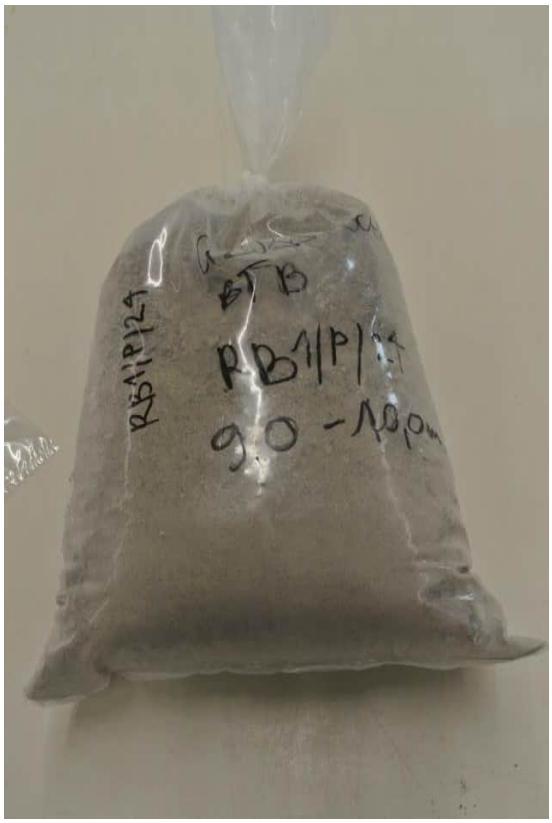
σ_3	u_{oben} / u_{unten}	$\Delta\sigma_3$	Δu_{oben} / Δu_{unten}	B-Wert	Datum /Zeit
350.4	329.93				16.01.2025 07:26
	330.57	50.11	44.95	0.90	
400.5	374.88		44.91	0.90	
	375.48		Mittel	0.90	
400.5	380.12				17.01.2025 15:38
	380.68	49.8	46.01	0.92	
450.3	426.13		46.02	0.92	
	426.7				
			Mittel	0.92	

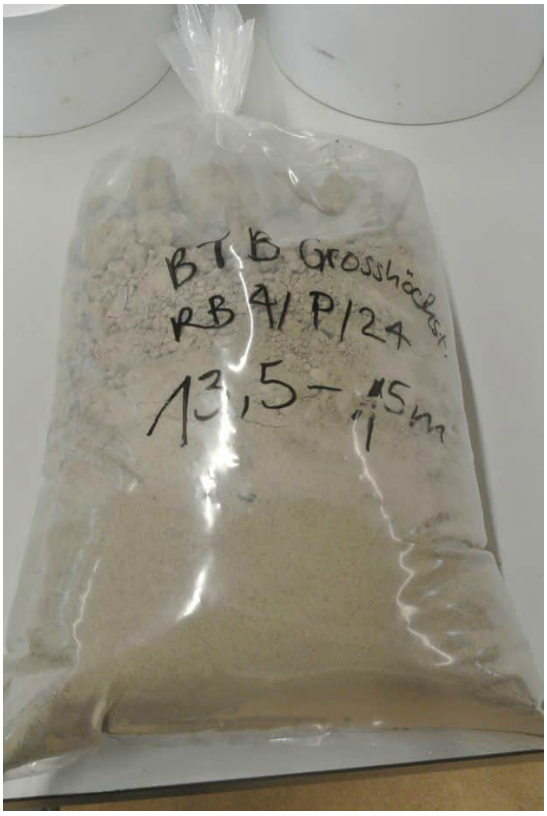
Verantwortliche Prüferin:		Ort, Datum:
Unterschrift:	hec5	Bu, 24.01.2025

Anhang D: Fotodokumentation



Die Anlieferung der Proben geschah in Kübeln, hier abgebildet Probe Nr. 8





Oder in Säcken hier Abgebildet Probe Nr.1(RB1) und Nr.4(RB4).

Oder als Liner, Probe Nr.5 (RB5).

Für die Wassergehaltsbestimmung wurden die Proben auf grosse Bleche verteilt. Manche mussten von Hand zerrissen werden wie Probe Nr. 7 um die Gewinnung der Fraktion <0.5mm nach dem Trocknen zu erleichtern.

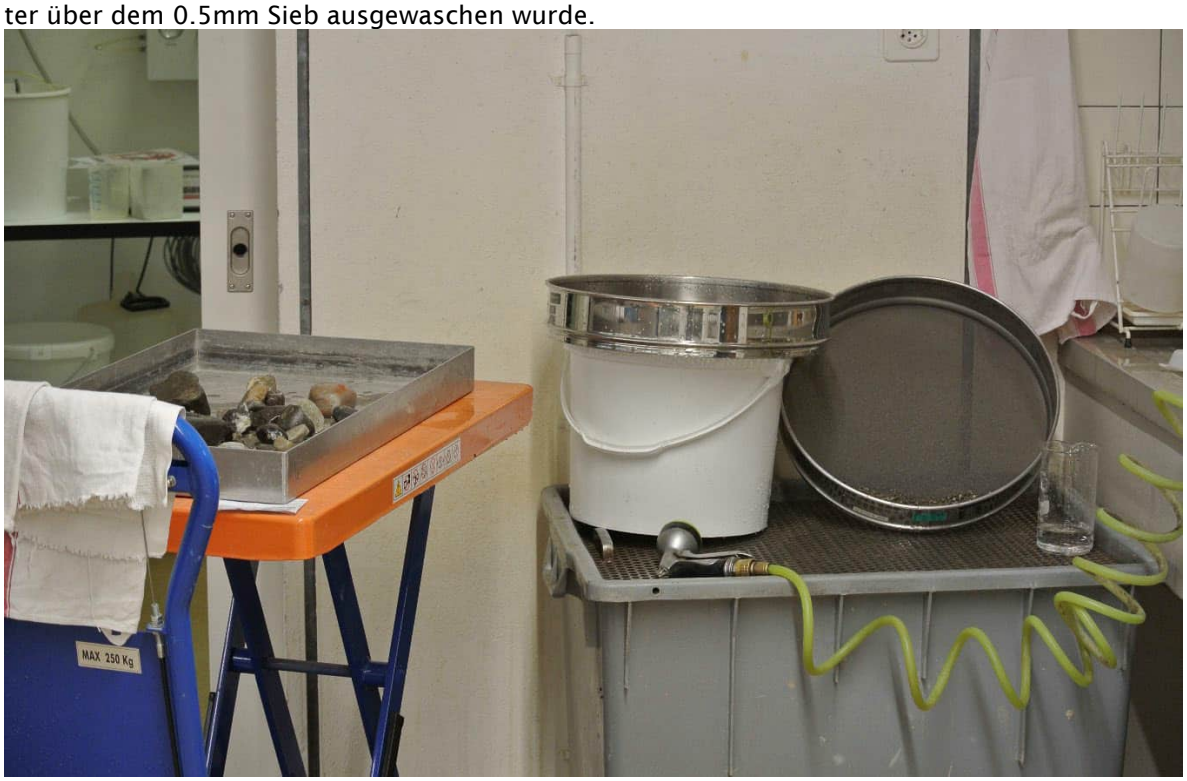
Probe Nr. 7

Probe Nr. 4

Manche Proben mussten nach der Wassergehaltsbestimmung mit Hilfe eines Mörsers verkleinert werden um die Kornfraktionen <0.5mm zu gewinnen. Dies musste vorsichtig erfolgen, um nur die kleinen Anteile zu trennen und nicht grössere Körner zu zertrümmern. Auf dem Bild ist die Probe Nr. 6 abgebildet.

Probe Nr.6

Nachdem ein Grossteil der Fraktion <0.5mm ausgesiebt wurde, musste das restliche Material gesäubert werden. Dies geschah, indem das Material in Wasser mit Dispergierungsmittel eingelgt wurde und später über dem 0.5mm Sieb ausgewaschen wurde.

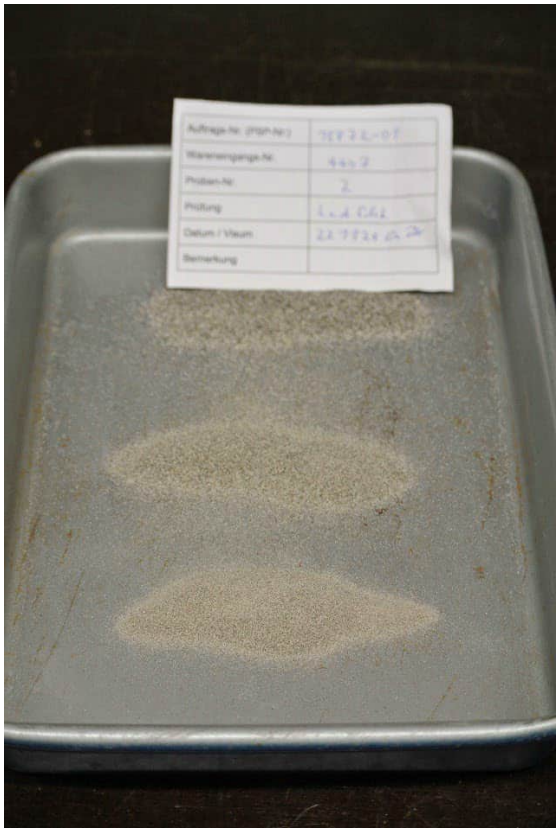


Um zu überprüfen ob das Material sauber ist wurde das durchfliessende Wasser im Becherglas optisch überprüft. Sofern das abfliessende Wasser klar war, wurde das Material als sauber beurteilt.

Mit dem Material <0.5mm wurden in der Zwischenzeit Schlämmanalysen durchgeführt, um die Fraktionen <0.063mm zu bestimmen.

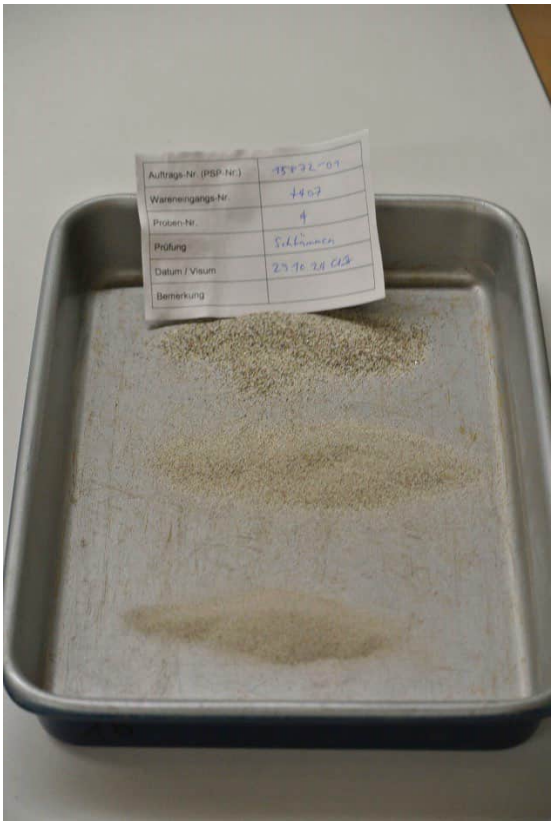
Nach dem Schlämmen wurde das Material aus den Zylindern auf der kleinen Siebanlage nass gesiebt, um die Fraktionen >0.063-<0.5mm zu bestimmen.

Probe Nr. 1

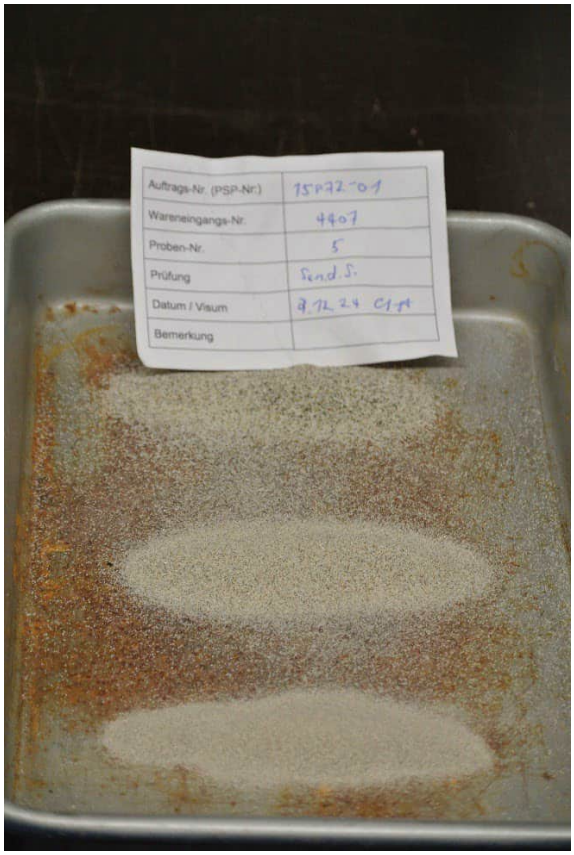


Probe Nr.2

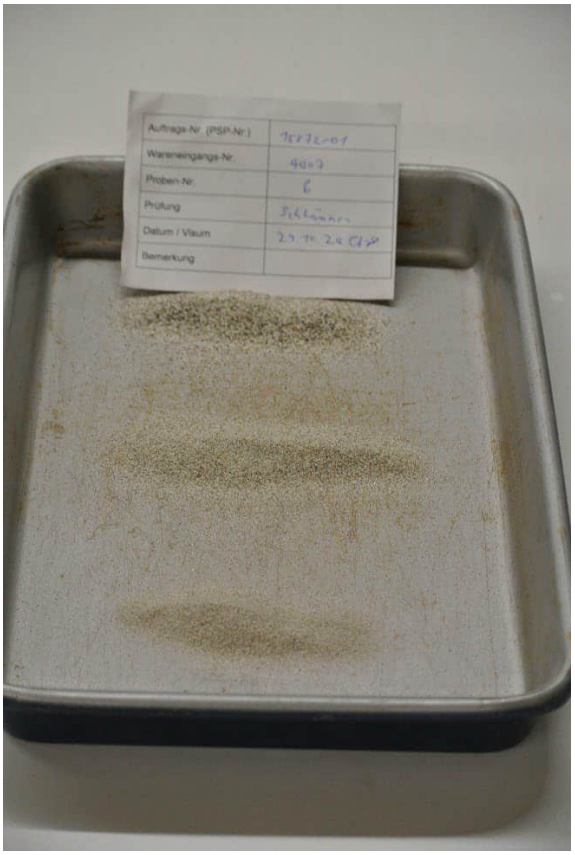
Probe Nr.3



Probe Nr.4

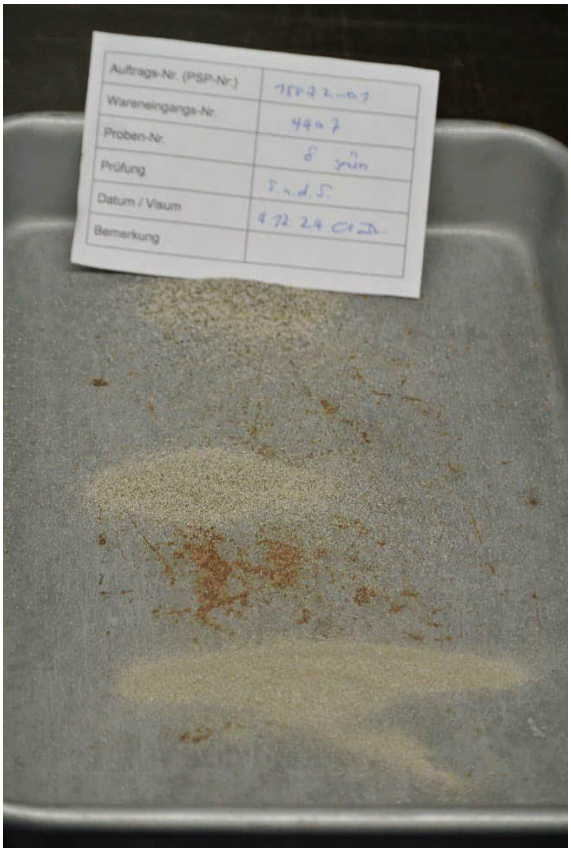


Probe Nr.5

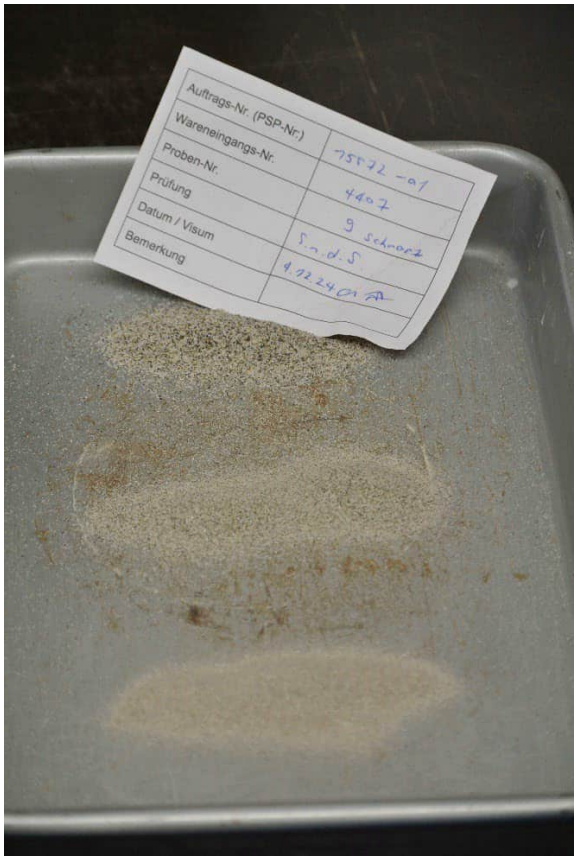


Probe Nr.6

Probe Nr.7



Probe Nr.8



Probe Nr.9

Nach dem Waschen wurde die Fraktion >0.5mm getrocknet und anschliessen trocken gesiebt.

Probe Nr.1

Probe Nr.2

Probe Nr.3

Probe Nr.4

Probe Nr.5

Probe Nr.6

Probe Nr.7

Probe Nr.8

Probe Nr.9

Die Proben die für die Triaxversuche verwendet wurden, mussten für die USCS Klassifikation anders vorbereitet werden. Dadurch, dass die Prüfkörper nach dem Trocknen kompakt und hart waren, mussten diese mit Hilfe von Wasser aufgelösst werden. Im Gegensatz zum Triaxiversuch wurde für die USCS Klassifikation auch die Überkörner wieder hinzugefügt. Danach wurde das Material wieder getrocknet und nach demselben Verfahren wie nach der Wassergehaltsbestimmung weiter bearbeit.

Probe Nr. 9

Für die Triaxversuche musste nach der Warenanlieferung zuerst das Überkorn >20mm entfernt werden, was mit Hilfe eines Siebes geschah.

Probe Nr.8

Probe Nr.8

Das Überkorn wurde gewogen und in einem Kunststoffeimer gesammelt.

Probe Nr. 8

Danach wurde das Material <20mm in naturfeuchtem Zustand mitells «fracktionellem Schaufeln» in 3 gleich Grosse TV aufgeteilt.

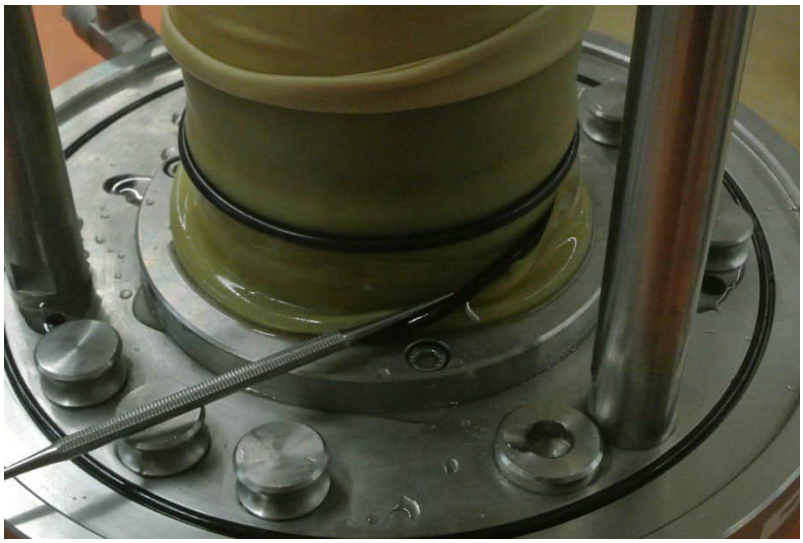
Probe Nr.9

Probe Nr.9

Danach wurde das Material in 5 Schichten à 25 Schlägen, angelehnt an den Proctorversuch in die Prüfkörperform eingebaut.

Bei den Prüfkörpern der Proben Nr. 9 wurde jedes Gramm des vorhandenen Materials benötigt um die Prüfkörperhöhe von 20cm zu erreichen.

Die Probenkörper wurden in Latexhüllen aufbereitet, diese wurden anschliessen mit O-Ringen an den Kopf-und Fussplatten abgedichtet. So kann ein Austausch des Zellwassers mit dem Porenwasser verhindert werden.



Bei den TV1-3 der Probe Nr. 5 waren die Bruchlinien nach dem Abschehren klar erkennbar. Der Probekörper war nach dem Ausbau auch instabil.

Nach der Prüfung wurden die Probekörper ausgebaut und im Ofen getrocknet um den Wassergehalt zu bestimmen.

Prüfkörper der TV1-TV3 der Probe Nr.9

Prüfkörper der TV1-TV3 der Probe Nr.8

Prüfkörper der TV1-TV3 der Probe Nr.5