

**Böckten, Damm SBB,
SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693**

Baugrunduntersuchung

Auftrags-Nr. 51.2794

Basel, 15.09.2021 (rev. 17.07.2021 / RZ / AA)

Geotechnisches Institut

Aktiengesellschaft

Zertifiziert nach SN EN ISO 9001: 2008

Zertifikat Nr. CH10116118 / 24.05.2017

www.geo-online.ch

info@geo-online-bs.ch

4053 Basel, Pfeffingerstrasse 41

2854 Bassecourt, Rue du Vieux Moulin 4

3027 Bern, Bümplizstrasse 15

3900 Brig, Bahnhofstrasse 4a

4415 Lausen, Gewerbestrasse 2

4313 Möhlin, Bahnhofstrasse 130

2740 Moutier, Rue des Prés

2000 Neuchâtel, Rue de la Serre 11

4412 Nuglar-St. Pantaleon, Bielackerstrasse 2

3700 Spiez, Postfach 474, Seestrasse 7

061 365 10 70

032 461 20 48

031 389 34 11

027 923 58 90

061 921 99 93

061 851 59 97

032 493 40 43

032 846 24 61

061 913 72 09

033 650 72 82

info@geo-online-bs.ch

info.ju@geo-online.ch

info.be@geo-online.ch

info.vs@geo-online.ch

info@geo-online-bs.ch

info@geo-online-bs.ch

info.ju@geo-online.ch

info.ne@geo-online.ch

info@geo-online-bs.ch

info.sp@geo-online.ch

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Allgemeines	1
1.2	Ausgeführte Arbeiten	1
1.3	Verwendete Unterlagen	2
1.4	Gesetzliche Grundlagen und Vollzugshilfen	3
2	Beschaffenheit des Projektareals	4
3	Ausgangslage	5
3.1	Historischer Abriss des SBB-Damms in Böckten	5
3.2	Untersuchungs- und Sanierungsmassnahmen des SBB-Damms in Böckten	5
4	Baugrundverhältnisse	6
4.1	Geologischer Überblick	6
4.2	Geotechnischer Schichtbeschrieb	6
4.2.1	Künstliche Auffüllungen / Dammschüttung	6
4.2.2	Deckschicht (Gehängelehm)	8
4.2.3	Mischschotter	9
4.2.4	Fels verwittert (Bänkerjoch-Formation; «Gips-Keuper»)	11
4.2.5	Fels (Ergolz-Member der Klettgau-Formation; «Untere bunte Mergel & Schilfsandstein»)	11
5	Bodenmechanische Laborversuche	12
6	Geotechnische Messungen	14
7	Bautechnische Folgerungen	15
7.1	Wichtigsten Erkenntnisse	15
7.2	Projektziel	15
7.3	Sanierungsvarianten	15
7.3.1	Sanierungsvarianten allgemein	15
7.3.2	Rüttelstopfverdichtung	16
7.3.3	Compacting-Grouting / Verdichtungsinjektionssäulen	16
7.4	Weitere bautechnische Hinweise	17
8	Weitere Hinweise	17
8.1	Bewilligungen	17
8.2	Überwachung	18
8.3	Schlussbemerkung	18

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Situation Projektareal

Beilagenverzeichnis

Beilage 1:	Situationspläne mit Bohr- und Sondierstandorten
Beilage 2:	Längsschnitt entlang Dammkrone mit Baugrundmodell
Beilage 3:	Querschnitte mit Baugrundmodell
Beilage 4:	Profile der Rotationskernbohrungen
Beilage 5:	Fotodokumentation der Rotationskernbohrungen
Beilage 6:	Profile der Kleinsondierungen
Beilage 7:	Profile bestehender Rotationskernbohrungen
Beilage 8:	Profile bestehender Kleinsondierungen
Beilage 9:	Ausschnitt aus Geologischem Atlas der Schweiz
Beilage 10:	Naturgefahrenkarte synoptisch
Beilage 11:	Grundwasserkarte
Beilage 12:	Karte der Grundwasserschutzzonen
Beilage 13:	Karte der Naturobjekte / -Inventare
Beilage 14:	Historische topographische Karten (swisstopo-Zeitreise)
Beilage 15:	Laboruntersuchungen – Ergebnisse, Bericht
Beilage 16:	Geotechnische Messungen – Ergebnisse

1 Einführung

1.1 Allgemeines

Bauherrschaft	Schweizerische Bundesbahnen SBB Infrastruktur, Projekte, Multiprojekte Olten Bahnhofstrasse 12 4600 Olten
Projektleiter der Bauherrschaft	Hr. Raphael Stadelmann
Ingenieur	Rapp Infra AG Freilager-Platz 4 4142 Münchenstein
Auftrag	Durchführung einer Baugrunduntersuchung im Hinblick auf die Beurteilung der Untergrundverhältnisse gemäss Angebot Nr. 51.2794 vom 13.12.2019.
Auftragserteilung	Bestellung 4700350467 vom 21.01.2020

1.2 Ausgeführte Arbeiten

- Erarbeitung der Ausschreibungsunterlagen für die Bohrarbeiten
- Diverse Sitzungen mit Projektleitung
- Erarbeitung des Sondier- und Bohrkonzeptes
- Einholen der Bohrbewilligung
- Diverse Kontakte mit der Bohrfirma
- Diverse Kontakte mit der Grundeigentümerschaft
- Begehung und Absteckung der Bohrstandorte
- Geotechnische und geologische Beschreibung der Bohrkerne
- Entnahme von Fels- und Feststoffproben als Labor- und Rückstellproben
- Erstellen von Bohrprofilen
- Erstellen der Bohrkatasterunterlagen
- Begehung, Absteckung und Nivellement der Sondierstellen
- Organisation, Koordination und Überwachung der Feldarbeiten
- Durchführung von 11 unverrohrten Rammsondierungen (DPM/DPH) in Tiefen von 3.4 – 9.1 m ab OKT, totale Rammlänge: 59.2 m
- Erstellen von Rammprofilen
- Durchführung von vier Rammkernsondierung (RKS) in Tiefen von 1.6 – 5.0 m ab OKT, totale Ramm-länge: 12.3 m
- Erstellen von Sondierprofilen
- Einmessen von 15 Ramm- und Rammkernsondierungen
- Nullmessung sowie 1. Folgemessung von 4 Inklinometer-Messstellen
- Nullmessung sowie 1. Folgemessung von 4 Gleitdeformeter-Messstellen
- Nullmessung sowie 1. Folgemessung von 3 bestehenden Inklinometer-Messstellen, Datenübertragung Altmessungen

- Erstellen von Plänen (Situation, Schnitte)
- Schriftliche Berichterstattung

durch Fa. KIBAG Bohrungen AG, Kerzers vom 04.09.2020 – 12.10.2020:

- Abteufen von vier Rotationskernbohrungen bis in Tiefen von 21 bis 30 m ab OK Terrain; totale Bohrlänge 102 m
- Durchführung von SPT-Versuchen in unterschiedlichen Tiefen
- Einbau von 4 kombinierten Inklinometer- und Gleitdeformeter-Messstellen

durch Fa. Solexperts, Mönchaltorf:

- Begleitung des Einbaus von 4 kombinierten Inklinometer- / Gleitdeformeter-Messstellen

Durch Fa. GeoAnalysis-Engineering GmbH, Kiel (D):

- Bodenmechanische Laborarbeiten¹ gemäss Beilage 15, Erdstoffproben aus Bohrkernen
- Bestimmung der Kornverteilung inkl. Schlämmanalysen an div. Erdstoffproben
- Bestimmung der Parameter Korndichte & Porenzahl, Wassergehalt, Attenberg-Grenzen an div. Erdstoffproben
- Durchführung von Ödometerversuchen unter gesättigten, drainierten und zyklischen Randbedingungen an diversen Erdstoffproben
- Triaxialer Multistage-Versuch an div. Erdstoffproben
- Einaxialer Druckversuch an einer Gesteinsprobe
- Mineralogische Untersuchungen

Seitens SBB zur Verfügung gestellt: durch Jermann Ingenieure + Geometer AG, Arlesheim

- Geodätische Vermessungen von 7 Bohr- bzw. Sondierstandorten am 27.11.2020 (Bestimmung der Lage und Höhe)

1.3 Verwendete Unterlagen

- Planunterlagen des Ingenieurs (Planstand November 2020):
 - [1] Situationen und Schnitte
- Swisstopo:
 - [2] Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt Sissach-Rheinfelden (LK 1068/1049), 1:25'000
 - [3] Digitales Höhenmodell DHM25/swissalti3D
- Amt für Geoinformation BL
 - [4] Parzellenplan
 - [5] Bohrkataster
 - [6] Naturgefahrenkarte
 - [7] Kataster der belasteten Standorte
 - [8] Gewässerschutzkarte
 - [9] Grundwasserkarte

¹ Es sind noch wenige Versuche offen bzw. in der Ausführung

- [10] Naturobjekte aus kommunalem Nutzungsplan
- [11] Reptilieninventar beider Basel
- [12] Digitales Terrainmodell (DTM) 2018
- Rapp Infr AG:
 - [13] Diverse Unterlagen, Konzepte, Pläne udgl. im Entwurf
- Kiefer & Studer AG:
 - [14] Bericht Nr. 1319: «SBB-Damm nach Böcktener Einschnitt, Dammsetzungsuntersuchung» vom 31.01.1992
 - [15] Dokument: «SBB-Damm nach Böcktener Einschnitt, Sanierungsmöglichkeiten und Ausführungsantrag» vom 18.05.1992, ergänzt 19.06.1992
 - [16] Dokument: «SBB-Damm nach Böcktener Einschnitt, Planunterlagen für Begehung vom 1. Juli 1992» vom 03.06.1992
 - [17] Bericht Nr. 2866: «Sissach-Gelterkinden, SBB-Damm vor Böcktener Einschnitt, Feststellung der inneren Dammfestigkeit 2009 (16 Jahre nach Ausführung der Sanierungsarbeiten)» vom 26.02.2010
 - [18] Bericht Nr. 3866: «Sissach-Gelterkinden, SBB-Damm vor Böcktener Einschnitt, SI-Kontrollmessungen 2001» vom 22.03.2012
 - [19] Bericht Nr. 3866M: «Sissach-Gelterkinden, SBB-Damm vor Böcktener Einschnitt, Messbericht der Inklinometermessstellen Folgemessung 2020» vom 29.06.2020
- Schafir & Mugglin AG Bauunternehmung:
 - [20] Dokument «Dammsanierung im Soilcrete-Verfahren» vom 15.05.1992
- Pfirter, Nyfeler + Partner AG Kanton Basel-Landschaft:
 - [21] Studienbericht Nr. 4461: «Böckten, Dammsanierung, Linie 500, km 22.7 bis km 23.2» vom 01.12.2015/17.02.2016
- SBB:
 - [22] Diverse ältere Berichte zum Untergrund, Tunnelbauwerke
 - [23] Diverse Informationen und Pläne
 - [24] Geometermessungen Mastfundamente und Dammquerschnitte, Februar / März 2021

1.4 Gesetzliche Grundlagen und Vollzugshilfen

Alle im Rahmen der vorliegenden Untersuchung ausgeführten Arbeiten und die Beurteilung der Untersuchungsergebnisse richten sich nach den derzeit gültigen Gesetzen, Verordnungen, Richtlinien und Arbeitshilfen, insbesondere:

- [25] SIA 261 „Einwirkungen auf Tragwerke“, August 2020;
- [26] SIA 267 „Geotechnik“, August 2013;
- [27] SIA 267-1 „Geotechnik – ergänzende Festlegungen“, August 2013;
- [28] Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Teile 1-3, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2017;
- [29] EA-Pfähle: Empfehlungen des Ausschusses Pfähle der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, Verlag Ernst & Sohn, 2. Auflage Berlin 2012;

- [30] EN ISO 14688-1 (2002): Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (mit nationalem Anhang SN 670 004-1b, NA August 2008);
- [31] EN ISO 14688-2: 2004: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen der Bodenklassifizierung (mit nationalem Anhang SN 670 004-2b-NA, August 2008);
- [32] VSS, SN 670 140b: Frost (Juni 2001);
- [33] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA, 04.12.2015, Stand 01.01.2018).
- [34] AUE BL, Merkblatt „Bauvorhaben im Grundwasser – Vollzugshilfe für den Kanton Basel-Landschaft“, 18. April 2017
- [35] SBB, Merkblatt, Empfehlungen für Instandsetzungsmassnahmen für Erdbauwerke, dat. 21.11.2018
- [36] SBB, Merkblatt, Massnahmenkatalog inkl. Kosten für die Instandsetzung von Erdbauwerken, dat. 15.06.2018

2 Beschaffenheit des Projektareals

Das Projektareal liegt in Bockten an der Bahnlinie Basel – Olten der SBB. Es reicht von den Streckenkilometern km 22.7 (Landeskoordinaten ca. 2'629'585.8, 1'256'955.9) bis km 23.2 (Landeskoordinaten ca. 2'629'860.1, 1'257'168.0)². In diesem Bereich verläuft die Bahnlinie auf einem ca. 6 – 9 m hohen Damm. Die Höhenlage reicht von ca. 390.5 – 394.5 m ü. M. auf der Dammkrone bis ca. 382.0 – 387.0 m ü. M. am Dammfuss.

Gemäss [7] ist das Areal nicht im Kataster der belasteten Standorte eingetragen.

Das Projektareal liegt gemäss [8] innerhalb des Gewässerschutzbereichs A_u³, der südwestliche Bereich des Projektareals ist ausserdem in der Grundwasserschutzzone S3 (GWSZ Wühre, Bruggmat, Leim) verzeichnet⁴. Gemäss [9] ist im südwestlichen Bereich des Projektperimeters Grundwasser mit Mächtigkeiten von wenigen Metern zu erwarten, wobei das Grundwasser in westliche Richtung zirkuliert (vgl. Beil 11, 12).

Auf der Projektparzelle ist gemäss [6] eine geringe bis mittlere Gefährdung durch die Naturgefahr Wasser gegeben, aufgrund seiner erhöhten Lage betrifft das den Dammbereich nicht. Nördlich Projektbereichs liegt eine geringe Gefährdung durch Rutschung gegeben (vgl. Beilage 10).

Das zu überbauende Areal liegt gemäss [22] in der Erdbebenzone 1b.

Gemäss [10] ist der Böschungsbereich im gesamten Projektperimeter als Naturschutzzone des Kommunalen Nutzungsplan der Gemeinde Bockten eingetragen (vgl. Beilage 13). Im Reptilieninventar beider Basel [11] werden die nördliche und südliche Dammböschung in den Prioritätenklassen 3 bzw. 4 geführt, wo bei 4 die höchstmögliche Prioritätenklasse bedeutet.

² Das Gebiet wird aufgrund der Ergebnisse der Geometer um einen nördlichen Teil zeitnah erweitert. Hier sind auch ergänzende Untersuchungen vorgesehen.

³ Der Bereich A_u umfasst Gebiete mit nutzbarem Grundwasservorkommen und die zu ihrem Schutz notwendigen Randgebiete.

⁴ Gemäss Information seitens AUE BL (mündl., 13.09.2021) ist eine Umzonung von Teilbereichen des Projektareals in eine Grundwasserschutzzone S2 in Vorbereitung.

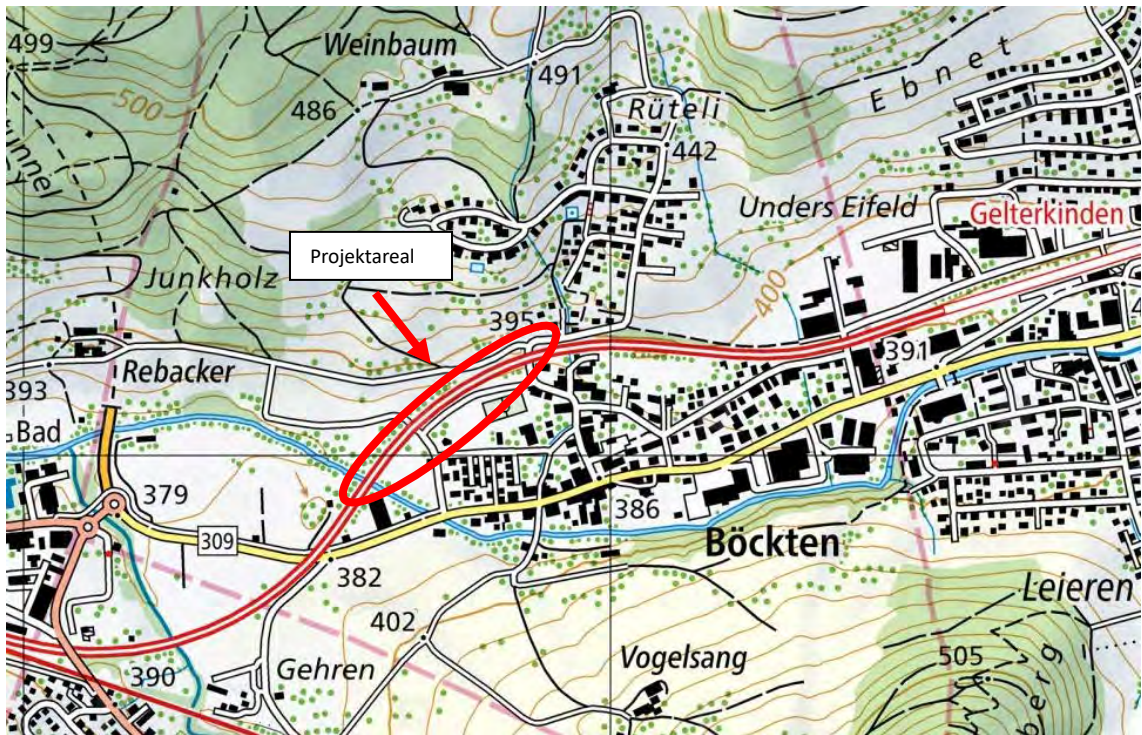


Abbildung 1: Situation Projektareal

Quelle: swisstopo

3 Ausgangslage

3.1 Historischer Abriss des SBB-Damms in Bockten

Der SBB-Damm in Bockten wurde von 1912 bis 1914 im Zuge des Baus Hauenstein-Linie der SBB errichtet [21]. Im Damm kam unter anderem Ausbruchmaterial des zeitgleich erstellten Hauenstein-Basistunnel zur Ablagerung. Des Weiteren wurden Talaueböden zur Aufschüttung des Damms verwendet, gemäss Aussagen [14].

3.2 Untersuchungs- und Sanierungsmassnahmen des SBB-Damms in Bockten

Zu Beginn der 1990er-Jahre wurden im Dammbereich Gleisabsenkungen beobachtet, welche anfangs durch Grauparbeiten ausgebessert wurden [14]. Da die Setzungen anhielten, fanden von 1990 bis 1992 geotechnische Untersuchungen statt, die in [14] dokumentiert sind. Neben diversen Rammsondierungen wurden drei Bohrungen abgeteuft und zu Inklinometer (und Inkrex)-Messstellen ausgebaut. Im Rahmen dieser Untersuchungen wurden verschieden Sanierungsmöglichkeiten vorgestellt [15]. Im Jahr 1992 wurde eine Sanierung im Soilcrete-Verfahren durchgeführt [20] welche aber zu einem Schadensfall aufgrund von Beschädigungen im Oberbau führte.

Im Jahr 2009 wurde mittels Rammsondierungen gezeigt, dass die innere Dammfestigkeit durch die Sanierungsmassnahmen erhöht werden konnten [17]. Nichtsdestotrotz halten die Deformationen an, wie die Inklinometer-Messstellen zeigen [18].

Im Jahr 2015 wurden die langjährigen Deformationsmessungen wie weitere vorliegende Unterlagen, Pläne, Geometrien usw. ausgewertet und ein Sanierungsvorschlag erarbeitet [21]. Dabei wurde für die Dammsicherung eine verstärkte Bankettsicherung mit Mikropfählen und Bodennägeln vorgeschlagen welche auch grössere Sperrzeiten im Betrieb mit sich bringen würden.

Aufgrund weiter anhaltender Verformungen, einen grösseren Aufwand (annähernd jährlich) für Stopfarbeiten am Oberbau sowie die Suche nach alternativen Sanierungsvarianten (mit dem Wunsch weniger starken Eingriffen in den Betriebsablauf), wurde 2019 seitens SBB entschieden weitere Untersuchungen bzgl. den Baugrundverhältnissen zu veranlassen und Sanierungsvarianten zu erarbeiten.

4 Baugrundverhältnisse

4.1 Geologischer Überblick

Der Dammbereich besteht gemäss den bekannten und neu ausgeführten Felduntersuchungen (vgl. Beilagen 1 bis 8) zu grossen Teilen aus heterogenen künstlichen Auffüllungen⁵, vgl. ausführliche Beschreibungen in Abschnitt 4.2.1 sowie in den Bohrprofilen in Beilage 4, die teils sehr kleinräumlich stark variieren. In der Bohrung 51.R.11 im südwestlichen Projektbereich wurden im Dammbereich zudem wahrscheinlich umgelagerter Gehängelehm angetroffen. Die Lagerung bzw. die Konsistenz ist als locker bis mitteldicht bzw. weich bis mittelsteif zu bezeichnen. Unterhalb der Dammschüttung befindet sich, als «Dammbasis» eine natürliche Deckschicht / Gehängelehm. Diese schliesst sich dann die mächtigen Mischschottablagerungen an. Diese umfassen Schotter der Frenke sowie Fraktionen einer (aufgearbeiteten) Grundmoräne. Die Schotter zeigen teilweise über weite Strecken (und Tiefen) nur mitteldichte Lagerungen.

Unterhalb der Mischschotter ist (tiefgründig) verwitterter Fels aufgeschlossen. Unverwitterter Fels wurde in den Untersuchungen nicht erreicht. Der Felsuntergrund wird hierbei durch die Bänkerjoch-Formation (alte Bezeichnung: Gips-Keuper) und das darüberliegende Ergolz-Member der Klettgau-Formation (alte Bezeichnung: untere bunte Mergel / Schilfsandstein) aufgebaut.

4.2 Geotechnischer Schichtbeschreibung

4.2.1 Künstliche Auffüllungen / Dammschüttung

Zusammensetzung	Die künstlichen Auffüllungen / Dammschüttung sind sehr heterogen aufgebaut. Meist ist ein Silt mit variablen Anteilen an Ton und Kies anzutreffen. Vor allem in den
------------------------	---

⁵ Voraussichtlich überwiegend Gesteine bzw. deren Umlagerungsformen aus dem Bau des Hauensteintunnels. Dort sind u.a. Keuper, Opalinuston, Bunte Mergel, Dolomit etc. anzutreffen.

	ersten ca. 1.5 m ab OKT bestehen die Auffüllungen oft aus siltigem Kies, weiter bestehen sie stellenweise hauptsächlich aus Ton. Vereinzelt kommen Steinlagen mit Blöcken vor. Bodenfremde Stoffe (Ziegelbruch, Kohle, Pflanzenreste) sind nur vereinzelt anzutreffen, der Fremdanteil beträgt maximal 1-5 Gewichtsprozent. I.d.R. erdfeucht, kaum feuchte / nasse Stellen.				
USCS-Klassifikation	CL, CM, CH, auch SC-SM (vgl. Beilage 15) unterhalb des ersten Meters im Damm				
Mächtigkeit und Verbreitung	Der gesamte Bahndamm ist aus künstlichen Auffüllungen aufgebaut, sie haben eine Mächtigkeit von ca. 5.2 bis 8.0 m.				
Lagerungsdichte resp. Konsistenz	Locker bis mitteldicht gelagert bzw. weich bis mittelsteif				
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ	=	19	–	21.5 kN/m ³
	ϕ'	=	19	–	32 °
	c'	=	0	–	30 kN/m ²
	M_E	=	4	–	25 MN/m ²
	k_f	=	1×10^{-4}	–	5×10^{-8} m/s
Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen	<i>weich / locker gelagert:</i>				
	γ	=	19.5		kN/m ³
	ϕ'	=	22		°
	c'	=	6		kN/m ²
	M_E	=	8		MN/m ²
	<i>weich bis mittelsteif / locker bis mitteldicht gelagert:</i>				
	γ	=	20		kN/m ³
	ϕ'	=	24.5		°
	c'	=	8		kN/m ²
	M_E	=	11		MN/m ²
	<i>mittelsteif / mitteldicht gelagert:</i>				
	γ	=	20.5		kN/m ³
	ϕ'	=	26.5		°
	c'	=	12		kN/m ²
	M_E	=	15		MN/m ²
	<i>Bei grösseren Bewegungen, aufgeweicht udgl.; evtl. als Zonen mit Restscherfestigkeit:</i>				
	γ	=	20.5		kN/m ³
	Rest ϕ_r	=	12.5		°
	c'	=	0		kN/m ²
	M_E	=	5		MN/m ²
Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Standsicherheitsbetrachtungen	<i>weich / locker gelagert:</i>				
	γ	=	19.5		kN/m ³
	ϕ'	=	23.5		°
	c'	=	9 (- 11)		kN/m ²

weich bis mittelsteif / locker bis mitteldicht gelagert:

γ	=	20	kN/m ³
ϕ'	=	25.5	°
c'	=	11 (- 14)	kN/m ²

mittelsteif / mitteldicht gelagert:

γ	=	20.5	kN/m ³
ϕ'	=	27	°
c'	=	13.5 (-17)	kN/m ²

Allgemeine geotechnische Beurteilung

Die künstlichen Auffüllungen / Dammschüttungen präsentieren sich in ihrer Zusammensetzung sehr heterogen und kleinräumig. Aufgrund der bodenmechanischen Eigenschaften im Allgemeinen nur mässig tragfähig und setzungsempfindlich.

In unbelasteten Bauböschungen ist diese Bodenschicht meist mässig standfest, auch ist die Heterogenität heikel bei freien Böschungen mit möglichen Abplatzungen usw. Erschütterungen wirken sich voraussichtlich negativ aus.

Die Schicht ist gut bagger- und bohrbar. Je nach Feinkornanteil kann das Material im nassen Zustand am Gerät kleben. Ein Einrammen sollte möglich sein, könnte aber aufgrund der Erschütterungen gewisse Festigkeitsverluste aufzeigen. Ebenfalls denkbar ist das Injizieren von eher dickflüssigen Stoffen.

Die künstlichen Auffüllungen / Dammschüttungen sind nur bedingt geeignet zur Aufnahme von Kräften aus Verankerungen, Vernagelungen sowie aus Pfählungen. Sofern es die Deformationen gestatten, kann eine Mantelreibung von $\tau_m \leq 30$ bis 65 kN/m² [= 40 kN/m²] (auf Gebrauch) angenommen werden.

Die Schicht schätzen wir grundsätzlich als wasserempfindlich, sowie mittel bis stark frostempfindlich (G3 bis G4 nach SNV 670 140b) ein

Die überwiegend bindigen Bereiche sind schlecht verdichtbar, zur Wiederverwendung nur bedingt für anspruchslose Schüttungen und Terrainanpassungen geeignet.

Bezüglich der Wiederverwendung sind neben den geotechnischen Aspekten ggf. altlasten- und abfalltechnische Aspekte zu beachten.

4.2.2 Deckschicht (Gehängelehm)

Zusammensetzung	Siltiger Ton bzw. toniger Silt mit Kies, ggf. Sand, Schneckenschalen und teilweise Kohlestücke, braun bis olive mit stellenweise rostroten Flecken.
USCS-Klassifikation	ML, CL, CL-ML, (GC-GM), rein nach Ansprache
Mächtigkeit und Verbreitung	Im gesamten Projektareal mit einer Mächtigkeit von ca. 0.5 – 1.0 m über den Mischschottern gelegen.
Konsistenz	Weich bis mittelsteif

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ	=	19	–	20.5	kN/m ³
	ϕ'	=	22	–	28	°
	c'	=	0	–	20	kN/m ²
	M_E	=	7	–	20	MN/m ²
	k_f	=	5×10^{-5}	–	1×10^{-8}	m/s
Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungs- berechnungen	<i>mittelsteif / mitteldicht gelagert:</i>					
	γ	=	20			kN/m ³
	ϕ'	=	24			°
	c'	=	5			kN/m ²
	M_E	=	10			MN/m ²
	<i>Bei grösseren Bewegungen, aufgeweicht udgl.; evtl. als Zonen mit Restscherfestigkeit:</i>					
	γ	=	20.5			kN/m ³
	Rest ϕ_r	=	14			°
	c'	=	0			kN/m ²
	M_E	=	5			MN/m ²
Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Standsicherheitsbe- trachtungen	γ_k	=	20.5			kN/m ³
	ϕ'_k	=	25			°
	c'_k	=	8 (10)			kN/m ²
Allgemeine geotechnische Beurteilung	Die Deckschicht (Gehängelehm) ist nur sehr bedingt tragfähig und setzungsempfindlich. Als Fundationshorizont i.d.R. wenig geeignet bzw. nur im Rahmen von sehr begrenzten Lasten.					
	In Böschungen bedingt standfest.					
	Die Deckschicht ist gut durchramm- und bohrbar.					
	Die Deckschichten sind nur bedingt geeignet zur Aufnahme von Kräften aus Verankerungen, Vernagelungen sowie aus Pfählungen. Sofern es die Deformationen gestatten, kann eine Mantelreibung von $\tau_m \leq 30$ bis 65 kN/m^2 [$\Rightarrow 40 \text{ kN/m}^2$] (auf Gebrauch) angenommen werden.					
	Die Deckschicht reagiert auf Wasser und Frost empfindlich (G3 bis G4 nach SNV 670 140b).					
	Das Material ist aus geotechnischer Sicht kaum wieder verwendbar.					

4.2.3 Mischschotter

Zusammensetzung	<p>Kies, siltig bis stark siltig, auch häufiger Silt, stark sandig und kiesig, vereinzelt Steine und Blöcke, hellbraun bis braun. Die Komponenten sind meist kantengerundet bis gerundet, die Kerne sind teilweise verbacken.</p> <p>In der Bohrung 52.R.14 ist ein siltiger Mergel in den Mischschottern eingelagert, dieser wird als Rutschmasse interpretiert.</p>
------------------------	---

USCS-Klassifikation	GW, GP bis SC-SM (vgl. Beilage 15), bei grösseren Silt-Anteilen auch CL und CM denkbar.				
Mächtigkeit und Verbreitung	Über das gesamte Areal mit einer Mächtigkeit von ca. 8 bis 18 m verbreitet				
Lagerungsdichte	Tiefgründig mitteldicht, zur Tiefe dann mitteldicht bis dicht (bis dicht).				
Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte	γ	=	20	–	21.5 kN/m ³
	ϕ'	=	30	–	38 °
	c'	=	0	–	10 kN/m ²
	M_E	=	30	–	70 MN/m ²
	k_f	=	1×10^{-4}	–	1×10^{-7} m/s
Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen	<i>Mitteldicht gelagert:</i>				
	γ	=	20.5		kN/m ³
	ϕ'	=	31		°
	c'	=	0 (2)		kN/m ²
	M_E	=	30		MN/m ²
	<i>Mitteldicht (bis dicht) gelagert:</i>				
	γ	=	21		kN/m ³
	ϕ'	=	33		°
	c'	=	2		kN/m ²
	M_E	=	40		MN/m ²
Allgemeine geotechnische Beurteilung	<p>Die Mischschotter sind im Allgemeinen mitteldicht bis dicht gelagert und damit gut tragfähig sowie mässig bis wenig setzungsempfindlich. Sie sind gut geeignet für die meisten Fundationsarten.</p> <p>Böschungen im Allgemeinen sind aufgrund der Verdichtung befriedigend bis gut standfest, jedoch sind Rollkies- und Sandzonen erosionsanfällig: In Böschungen oder auch bei Verbauten rieseln diese dann aus, an der Sohle lockern sie leicht auf. Erschütterungsempfindlich (→ Auflockerung, Verlust der guten Lagerungsdichte und der scheinbaren Kohäsion).</p> <p>Die Mischschotter sind ohne Lockerungs- oder Vorbohrungen nur begrenzt bis kaum durchrammbar. In Bohrungen unter dem Grundwasserspiegel neigen sie zu hydraulischem Grundbruch bzw. zu Auflockerungen. Bohrdurchmesser über 1.2 m sind nach unserer Erfahrung aufgrund der stark zunehmenden Mantelreibung der Verrohrung teilweise schwer herzustellen. Die Druckfestigkeit einzelner Steine und Blöcke kann aus Erfahrung zudem > 150 MPa betragen.</p> <p>Die Schotter sind geeignet zur Aufnahme von Kräften aus Verankerungen, Vernagelungen sowie aus Pfählungen. Sofern es die Deformationen gestatten, kann eine Mantelreibung von $\tau_m \leq 90$ bis 130 kN/m² [110 kN/m²] (auf Gebrauch) bei einer mitteldichten Lagerung bzw. $\tau_m \leq 120$ bis 170 kN/m² [140 kN/m²] (auf Gebrauch) bei einer dichten Lagerung angenommen werden.</p>				

Die Mischschotter sind i. A. gut abbaubar, Blöcke und nagelfluhartige Verkittungen können jedoch Hindernisse darstellen, ebenfalls die erhöhten siltigen Anteile da diese dann klebrig sein können.

Die Schotter sind nach unserer Einschätzung mittel frostempfindlich (G3 nach SNV 670 140b), und nicht immer wasserunempfindlich. Saubere Schotter sind kaum anzutreffen.

Die Mischschotter sind unbehandelt nur sehr beschränkt wiederverwendbar, ggf. für geotechnisch wenig anspruchsvolle Schüttungen.

Generell ist der Fels für die Umsetzung eines Sanierungsprojekts hier u.E. nicht massgebend, gewisse Angaben finden sich jedoch nachfolgend. Er stellt zudem jeweils der Verankerungsbereich der neu erstellten geotechnischen Messstellen dar.

Im nördlichen Bereich bei den Bohrungen R1 und R2 ist anzutreffen:

4.2.4 Fels verwittert (Bänkerjoch-Formation; «Gips-Keuper»)

Zusammensetzung	Silt, schwach sandig, mit tonigen schwarzen Schlieren, grauen Mergellagen und hellgrauen Gipslagen. Gegen unten mit zunehmend Mergel- und Gipslagen. Im verwitterten Zustand angetroffen
Mächtigkeit und Verbreitung	In Südwestlichen Projektbereich ab einer Kote von ca. 364 m ü. M. aufgeschlossen.
Konsistenz	Oberflächlich steif bis hart, unter der Verwitterungszone voraussichtlich hart bis sehr hart. Druckfestigkeit in einem 1-axialen Druckversuch $s_k = 671 \text{ kPa}$ (E-Modul = 18.4 MPa), vgl. Beilage 15.

Im südlichen Bereich der Bohrungen R3 und R4 ist anzutreffen:

4.2.5 Fels (Ergolz-Member der Klettgau-Formation; «Untere bunte Mergel & Schilfsandstein»)

Zusammensetzung	Mergeliger Siltstein, schwach sandig, rot/grau, stellenweise gefleckt, hart zerbröckelt. Stellenweise dolomitisiert bzw. mit Dolomitlagen. Im verwitterten Zustand angetroffen.
Mächtigkeit und Verbreitung	Im Nordöstlichen Projektbereich ab einer Kote von ca. 374 m ü.M.
Konsistenz	(Steif bis) Hart bis sehr hart

Hinweis

Die oben genannten Kennwerte (der Lockergesteine) berücksichtigen explizit nicht temporäre oder lokale Einflüsse aus z.B. teilgesättigten Bodenverhältnissen (Stichwort 'scheinbare Kohäsion'), Vegetation / Bewuchs (Stichwort 'biologische Armierungen'), etwaige vorhandene Injektionskörper udgl.

5 Bodenmechanische Laborversuche

Die untersuchten Erdstoffe wurden aus Kernen der Rotationskernbohrungen entnommen und ausgewählt (vgl. Beilage 15). Hierbei wurde überwiegend Material aus der Dammschüttung / künstliche Auffüllung untersucht. Wie schon das Baugrundmodell bzw. die Beschriebe zeigen, variiert das Material der Dammschüttungen hinsichtlich der bodenmechanischen Beurteilung relativ weit und weist zudem hinsichtlich seiner im Feld angesprochenen Festigkeiten (Lagerungsdichte, Konsistenz) eher niedrige wie auch ebenfalls variierende Werte auf, vgl. Beilage 2 bis 5.

In Tabelle 1 nachfolgend sind nun die untersuchten Kernproben aufgeführt, deren Tiefenlage sowie mit einer Zuordnung nach dem Baugrundmodell sowie der USCS Klassifikation.

Die Proben wurden überwiegend auf die Standardparameter analysiert, d.h. Kornverteilung inkl. Schlämmanalysen, Klassifikation nach Casagrande, Korndichte und Porenzahl. Die Ergebnisse hierzu sind in Tabelle 2 aufgeführt, explizit für die Proben aus der Dammschüttung.

Eine Felsprobe wurde auf die 'Einaxiale' Druckfestigkeit getestet (vgl. auch Abschnitt 4.2.4).

	Probennummer		Entnahmetiefe	Zuordnung Baugrundmodell	Zuordnung USCS
Bohrung R1 (51.R.11)					
	GI201483		5.5 – 5.8	Dammschüttung	SC-SM
	GI201484		7.0 – 7.2	Dammschüttung	CL
	GI201541		8.2 – 8.4	Dammschüttung	CH
	GI201542		15.4 – 15.7	Mischschotter	GW / GP
Bohrung R2 (51.R.12)					
	GI201465		5.1 – 5.5	Dammschüttung	CM
	GI201466		5.5 -5.7	Dammschüttung	CM
	GI201467		25.4 – 25.6	Fels	-
Bohrung R3 (51.R.13)					
	GI201470		2.5 – 2.9	Dammschüttung	CM
	GI201471		5.2 – 5.5	Dammschüttung	CH
	GI201473		7.5 – 7.8	Dammschüttung	CH
	GI201474		13.7 – 14.0	Mischschotter	(CH)
Bohrung R4 (51.R.14)					
	GI201478		2.25 – 2.6	Dammschüttung	CH
	GI201479		3.2 – 3.5	Dammschüttung	CM
	GI201480		7.15 -7.5	Dammschüttung	CH

Zusammenstellung der untersuchten Laborproben

Tabelle 1:

Das Last-Verformungsverhalten wurde intensiv in Ödometerversuchen untersucht. Diese wurden gesättigt (U), drainiert (D), drainiert mit Kriechen (D-K) und auch zyklisch (Z) gefahren.

In der nachfolgende Tabelle 2 sind die Ergebnisse der gesättigten Versuche (U) zusammengefasst. Das Verhalten entspricht den üblichen Verläufen bei den Last-Entlastungs- und Wiederbelastungsverläufen. Die Spannweite der Ergebnisse korreliert insgesamt (auch) zu der unterschiedlichen Klassifikation nach USCS mit CL bis CH. Aus der Anzahl der Ergebnisse haben wir zudem einen 'Vorschlag' abgeleitet für einen 'mittleren / durchschnittlichen' Wert der einzelnen Parameter für die Dammschüttung an sich, für etwaige Berechnungen / Abschätzungen.

Die drainierte Ödometerversuche (D) zeigten bei den Proben an CH-Proben dagegen eher ein ungewöhnliches Verhalten, vgl. Beilage 15, in dem diese nach Überschreitung der Vorbelastung teils grössere Verformungen erfahren und auch unter Entlastung weiter verformen. Teilweise wiederholt sich das auch im zweiten Last-Entlast-Wiederbelastungszyklus. Im Zuge dieser Konsolidationsvorgänge ist auch eine relativ starke Reduktion der Wassergehalte feststellbar. Aktuell interpretieren wir diese Ergebnisse so, dass durch die Lastaufbringung verstärkt Wasserwegigkeiten aufgehen die zur Reduktion der Wassergehalte führt, parallel eben auch die grösseren Verformungen in Form einer stärkeren Konsolidation. Evtl. hat auch ein gewissen Anteil an Zeolith-Mineral – es weist wabenartige Strukturen auf – zudem noch einen gewissen Einfluss, vgl. mineralogische Untersuchungen.

Ein ebenfalls durchgeführter Ödometer-Kriechversuch (D-K) zeigt ebenfalls eine Beeinflussung aus der Drainierung und dem Last-Entlast-Wiederbelastungszyklus.

Bezeichnung Kennwert (Einheit)	Kennwertspannweite	Vorschlag anzusetzender Wert
Wassergehalt w (%)	18.5 – 37.3	21
Korndichte ρ_s (kg/m ³)	2.59 – 2.754	2.65
Porenzahl e (-)	0.5054 – 1.1086	0.67
Fliessgrenze w_L (%)	28.2 – 78.0	38
Ausrollgrenze w_P (%)	12.9 – 29.3	21
Plastizitätszahl I_p (%)	10.3 – 48.7	22
Konsistenzzahl I_c (-)	0.588 – 1.136	0.90
Verformungsmodul M_E (MN/m ²)	2 - 22	8
Konsolidationswert C_c (-)	0.072 – 0.134	0.78
Konsolidationswert C_s (-)	0.010 – 0.023	0.016
Konsolidationswert C_R (-)	0.014 – 0.032	0.021

Ergebnisse der bodenmechanischen Standart- und Ödometerversuche (U)

Tabelle 2:

Die Konsolidationsbeiwerte der Versuche (D) an den Proben GI201541, -473, -471 und -478 ergeben spürbar abweichende Werte, vgl. Erläuterung oben.

Der zyklische Ödometerversuch (Z) zeigte keine Entfestigung oder aussergewöhnliche Verformungen infolge der dynamischen Beanspruchungen.

Zur Bestimmung der Scherfestigkeiten wurden zudem Multistage-Triaxialversuche und Rahmenscherversuche durchgeführt (vgl. Beilage 15). Hierbei variieren in den Triaxialversuchen aktuell die ermittelten

Kennwerte beim Reibungswinkel von ca. 19.3° bis 27.0° (19.3, 20.1, 23.4, 26.6 und 27°) sowie bei der Kohäsion von ca. $c = 0.3$ bis 20 kN/m² (0.3, 2.5, 10, 11 und 20 kN/m²) bei den tonig-siltigen Proben (CL bis CH), bei einer sandigen Probe wurde 33.2° Reibungswinkel und Kohäsion von 2 kN/m² ermittelt. Die Rahmenschwerversuche an den tonig-siltigen Proben (CL bis CH) ergaben Reibungswinkel von ca. 20.3 bis 26.6° sowie eine Kohäsion von ca. $c = 21.4$ bis 35 kN/m², also leicht höher im Vergleich zu den Triaxialversuchen.

Generell sind die genannten Versuchsergebnisse⁶ auch bzgl. der Anzahl, Tiefe usw. „statistisch“ zu betrachten, d.h. es ist zu bedenken, dass die Anzahl der Stichproben aufgrund der Anzahl der Proben an sich relativ klein ist.

6 Geotechnische Messungen

Im Rahmen der Baugrunderkundung wurden die 4 neu ausgeführten Rotationskernbohrungen 52.R.11 (R1) bis 52.R.14 (R4) mit einem kombinierten Inklinometer- Gleitdeformetermessrohr (jeweils im Fels fixiert) bis auf 20 bis 29 m unter OKT (Bohransatzpunkt) ausgebaut (vgl. Beilage 4). Vor Ort bestehen seit ca. 1991 schon 3 Inklinometermessstellen⁷ (B1 bis B3) welche 13 bis 15 m tief sind, d.h. «nur» in den Schottern verankert sind (vgl. [19]).

Die erste Folgemessung der neuen Messstellen nach ca. 6 Monaten (Oktober 2020 zu April 2021) ergab horizontal wie auch vertikal (noch) relativ kleine Verschiebungen / Stauchungen von bis ca. 1 mm, vgl. Beilage 16. Gemäss [19] ergaben sich aus der Folgemessung 2020 für die Messstellen B1 bis B3 seit 2015 horizontale Verformungen von ca. 0.3 bis 3.1 mm pro Jahr, über den Zeitraum 1996 bis 2020 ca. 0.4 bis 3.5 mm / a. Ebenfalls aufgeführt wurden die (manuell) zusammengeführten Messergebnisse von 1994 bis 2021 für die Messstellen B1 bis B3.

Für den erweiterten Projektbereich ist zukünftig auch die Erstellung von Messstellen geplant.

Gemäss dem in einem separaten Dokument aufgestellten Messkonzept, vgl. Abschnitt 8.2., sind die Messstellen 3-mal jährlich weiter bis zur Umsetzung der Damm-Sanierungsmassnahmen regelmässig zu messen / zu überwachen.

⁶ Die aufgeführten Kennwerte stellen eine allgemeine Zusammenstellung der Laborversuche dar, die für übliche geotechnische Betrachtungen zu Verformungen, Lastabtragungen udgl. im Untergrund gute und aussagekräftige Zielgrössen liefern. Sind komplexere Systeme und Zusammenhänge für Baugruben, Foundationen, Boden-Bauwerkwechselwirkungen udgl. zu betrachten (z.B. mittels umfangreichen numerischen 2D- bzw.- 3D-Berechnungen), sind u.E. die Ergebnisse der Laborversuche innerhalb derer „Rohdaten“ im Detail nochmals zu besehen bzw. vertieft auszuwerten, sowie mit numerischen Nachmodellierungen der Versuche selbst (und deren Randbedingungen) oder weiterer spezieller Kennwertbetrachtungen zu unterlegen.

⁷ Diese Messstellen waren zudem zusätzlich mit Inkrexmessringen ausgestattet, die Messungen mit der Inkrexsonde wurde schon zeitnah um 1994 eingestellt.

7 Bautechnische Folgerungen

7.1 Wichtigsten Erkenntnisse

Basierend auf den in den letzten ca. 10 Monaten neu gewonnenen Erkenntnissen zur Dammsituation in enger Zusammenarbeit von SBB, Geometer, Ingenieur und Geotechniker hinsichtlich Untergrundverhältnisse, geodätischer Resultate, Betrachtungen zu den Geometrien, Stabilität udgl. sind folgende Hauptaspekte abzuleiten:

- Die Dammgeometrie entspricht teilweise nicht den heutig üblichen Geometrien, es sind über grössere Abschnitte Unterprofilierungen festzustellen
- Die Verformungsergebnisse des Geometers zeigen, im Vergleich zu früheren Messungen, an Mastfundamenten, Fixpunkten usw. teils auffällige Verschiebungen
- Der Dammabschnitt ist aussergewöhnlich häufig seitens SBB bzgl. dem Oberbau zu verbessern (zu stopfen)
- Es sind Schädigungen bei den Dammbanketten / Kopfbereich über grössere Bereiche visuell gut ersichtlich
- Die Dammschüttung (wie auch teilweise der oberflächlich anstehende Untergrund) weisen nur geringe Festigkeiten und eine hohe Heterogenität bzgl. der Zusammensetzung auf. Das Schüttmaterial befindet sich voraussichtlich teilweise immer noch unter dem Einfluss der Eigenkonsolidation udgl.
- Ergebnisse aus geotechnischen Messstellen zeigen teils schon seit Jahrzehnten Verformungen an
- Standsicherheitsberechnungen weisen verschiedene, mögliche Versagensmechanismen innerhalb des Dammkörpers aus

Als Haupteckkenntnis ist abzuleiten, dass für eine dauerhafte Stabilität des Dammkörpers 'robuste' und 'tiefgründige' Massnahmen benötigt werden.

7.2 Projektziel

Basierend auf Abschnitt 7.1 sind diverse Vorschläge zur Sanierung des Damms im genannten Projektabschnitt zu erarbeiten bzw. erarbeitet worden. Wichtige Randbedingungen für die Auswahl eines zu präferierenden Verfahrens sind die zeitlichen, technischen und ökonomischen Aufwendungen (Kosten, Zeit-Kostennutzung, Sperrzeiten / Einschränkungen, Einwirkungen auf Oberbau, Fahrleitungen etc., technische 'Robustheit' udgl.).

7.3 Sanierungsvarianten

7.3.1 Sanierungsvarianten allgemein

Seitens Ingenieurs wurden in den letzten Monaten diverse Sanierungsvarianten als generelle Möglichkeit in Betracht gezogen, geprüft, zur Diskussion gestellt und umfassend bewertet, vgl. hierzu Unterlagen des Ingenieurs. Folgende Aspekte sind hierzu vordergründig zu behandeln:

- Eine lokale Dammprofilierung auf die erforderlichen Geometrien in den Bereichen wo das möglich ist

- Eine Erstellung eines neuen Kopfbalkens inkl. Sicherung, in Bereichen wo das nötig erscheint, für eine Gewährleistung von Entwässerung- und Werkleitungskanälen sowie den erforderlichen 'Flucht- und Instandhaltungswege'.
- Eine grundsätzliche Stabilisierung des Dammkörpers bis in den tragfähigen, anstehenden Untergrund, hierzu sind aktuell die Verbesserung mit der Rüttelstopfverdichtung präferiert, ggf. ist auch ein Einsatz mit dem Verfahren Compacting-Grouting / Verdichtungsinjektionsäulen denkbar. Nachfolgend jeweils eine kurze Erläuterung des Systems allgemein und projektspezifisch⁸

7.3.2 Rüttelstopfverdichtung

Bei der Bodenverbesserung mit der Rüttelstopfverdichtung werden flächig Säulen aus Kies / Schotter in den Untergrund eingebracht. Hierbei wird zuerst mittels eines 'Rüttelrohrs' der anstehende Untergrund nach unten und seitlich weggedrückt sowie dann das Kies-/Schottermaterial eingefüllt und regelmässig gestopft bis ein säulenartiger Körper entsteht.

Das System erzeugt mittels der Verdichtung und Verspannung mit dem umliegenden Untergrund und einer parallel einhergehenden Setzungsvorwegnahmen bei der Herstellung somit „bessere“ Bodenverhältnisse für das gesamte 'Bodenpaket'. Zudem kann über die Säulen eine Lastabtragung bis in die Schotter stattfinden. Parallel erzeugt die gute Durchlässigkeit der Säulen auch eine drainierende Wirkung auf den umgebenden Boden.

Für eine Einbindung in die Schotter sehen wir hier Säulenlängen von ca. 10 bis 11 m, d.h. ca. 2 bis 3 m in die Mischschotter und unterhalb der Deckschicht vor. Die erzielten Säulendurchmesser sind im Mittel mit ca. 70 bis 85 (bis 90) cm anzunehmen. Als mittleres Raster empfehlen wir ca. 3.5 bis 5 m² (\Rightarrow ca. 4 m²) je Säule. Für den Dammkörper hier wäre ein Querschnittsraster mit ca. 5 vertikalen Säulenreihen (gleichmässig oder versetzt) u.E. vorzusehen.

Mit diesem Verfahren lässt sich der M_E -Wert des gesamten Bodenpakets grob um den Faktor 2 bis 2.75 (2.25)-fach steigern. Im Allgemeinen sind Bodenpressungen auf Gebrauch von ca. $p_o \leq 200$ bis 275 (225) kN/m² bei Fundamentbreiten von $b \geq 1.0$ m abzuleiten (\Rightarrow für eine mittels RSV verbesserte Dammschüttung können hier in einem ersten Schritt eine Wichte von ca. 21 kN/m³, Reibungswinkel von ca. 30°, eine Kohäsion von ca. 10 kN/m² sowie ein M_E von ca. 30 bis 35 MN/m² angesetzt werden). Definitive Kenngrößen wären noch rechnerisch zu prüfen bzw. das Verfahren mit entsprechenden Ansätzen (und Berechnungstools) zu optimieren.

Die Herstellung der einzelnen Säulen erfolgt intermittierend und in voraussichtlich 2 bis 3 Durchläufen. Die Arbeiten sind hinsichtlich oberflächlicher Hebungen etc. zu überwachen.

7.3.3 Compacting-Grouting / Verdichtungsinjektionssäulen

Beim Compacting Grouting / Verdichtungsinjektionssäulen sollen auch Säulenkörper in den Dammkörper bis in die Schotter erstellt werden. Die Säulen bestehen grob beschrieben aus aufeinander gestapelten Zementblasen. Das Injektionsgut ist hierbei relativ dickflüssig um den umliegenden Boden zu verdrängen / verdichten, gelangt aber i.d.R. nicht in die Porenräume / Porenstruktur.

Das System soll ähnlich wie beim RSV den Untergrund verbessern indem die vorliegenden Dammschüttung verdichtet und konsolidiert wird, parallel werden Lasten auch bis in die Schotter abgetragen. Eine drainierende Wirkung kann hier nicht angenommen werden.

⁸ Ohne detaillierter Darstellung betrieblicher Abläufe usw.

Für eine Einbindung in die Schotter sehen wir hier Säulenlängen von ca. 10 bis 11 m vor. Die Durchmesser sind im Mittel mit ca. 45 bis 65 cm (\Rightarrow ca. 55 cm) anzunehmen. Als mittleres Raster empfehlen wir ca. 2.5 bis 3.5 m² (\Rightarrow ca. 3 m²) je Säule, das bedeutet Abstände von den Ansatzpunkten von ca. 1.6 bis 1.8 (1.7) m. Für den Dammkörper hier wäre ein Querschnittsraster mit mind. 5 (bis 6) vertikalen⁹ Säulenreihen (gleichmässig oder versetzt) u.E. vorzusehen.

Bei der Herstellung muss ein oberflächlicher Austrag von Injektionsgut in den Oberbau oder Dammflanken verhindert werden. Die Herstellung der einzelnen Säulen erfolgt intermittierend und in voraussichtlich 2 bis 3 Durchläufen. Die Arbeiten sind hinsichtlich oberflächlicher Hebungen zu überwachen.

7.4 Weitere bautechnische Hinweise

Stabilität

Bei allen Arbeiten und Sanierungsvarianten ist die Stabilität des Dammkörpers, des Oberbaus, der Leitungsmasten etc. im Bau- wie Endzustand zu gewährleisten (ggf. Grabarbeiten, Einsatz von Grossgeräte udgl.).

Aushub

Grundsätzlich sind die anstehenden Lockergesteinsböden der Dammschüttung, der Deckschichten und der Mischschotter gut baggerbar einzuschätzen (vgl. Einschränkungen gemäss Abschnitt 4). Hinderlich sind ggf. die Klebrigkeit aus bindigen Schichten sowie etwaige alte 'Einbaustrukturen' (Anker, Platten, Injektionen usw.) aus früheren Arbeiten / Sanierungsmassnahmen.

Zur Vermeidung von Auflockerungen, Aufweichen etc. empfehlen wir im Allgemeinen bei Erdbauarbeiten einen schonenden Aushub und ein unmittelbares Abdecken von Aushub -/ Baugrubensohlen mit Konstruktionsbeton (aufgrund A_u bzw. S3) in ausreichenden Schichtmächtigkeiten (mind. $D = 10 - 15$ cm) nach ihrer Freilegung.

Wasserhaltung

Aufgrund der teilweise bindigen Bodenanteile ist ein Vernässen bei etwaigen Baumassnahmen infolge Witterung nicht vollständig auszuschliessen. Hierfür ist üblicherweise eine Restwasser -/ Bauwasserhaltung zumindest vorzuhalten, auch sind ggf. freie Flächen mit Geotextilien udgl. zu schützen.

8 Weitere Hinweise

8.1 Bewilligungen

Im Zuge der weiteren Projektierung und für die Genehmigung einer Sanierungsvariante sind dann entsprechende Bewilligungen bei den zuständigen Behörden (z.B. BAV, AUE BL usw.) wie auch bei der SBB einzuholen. Es empfiehlt sich frühzeitig auf die einzelnen Fachstellen zuzugehen und das Projekt vorzubesprechen.

⁹ Ggf. sind auch lokal leicht geneigte Säulen denkbar

8.2 Überwachung

Die Empfehlungen zur Überwachung bis zur Umsetzung der Sanierungsmassnahmen werden in einem separaten Dokument aufgeführt.

Generell sind alle Arbeiten nach den Vorgaben der SBB, SIA, SUVA usw. auszuführen.

8.3 Schlussbemerkung

Die in diesem Bericht gemachten Angaben gelten nur für das erwähnte Bauvorhaben / Projekt. Eine Übertragung der Aussagen auf andere Problemkreise und Bauvorhaben ist nicht zulässig. Die Aussagen beruhen auf Interpretationen aus einzelnen Aufschlüssen. Eine Überprüfung und eine allfällige Anpassung des Modells bei zusätzlichen Informationen aus weiteren Aufschlüssen bleibt vorbehalten. Für den erweiterten Projektperimeter sind u.E. in diesem Zusammenhang auch zeitnah Feld- und Laboruntersuchungen vorzusehen.

Wir empfehlen die enge Begleitung der weiteren Projektierungsarbeiten und der Ausführung durch einen Geotechniker (Sanierungsvarianten, Planung / Beurteilung, geotechnisches Monitoring etc.).

Geotechnisches Institut AG Basel

Rainer Zeh

Stefanie Mahr von Staszewski

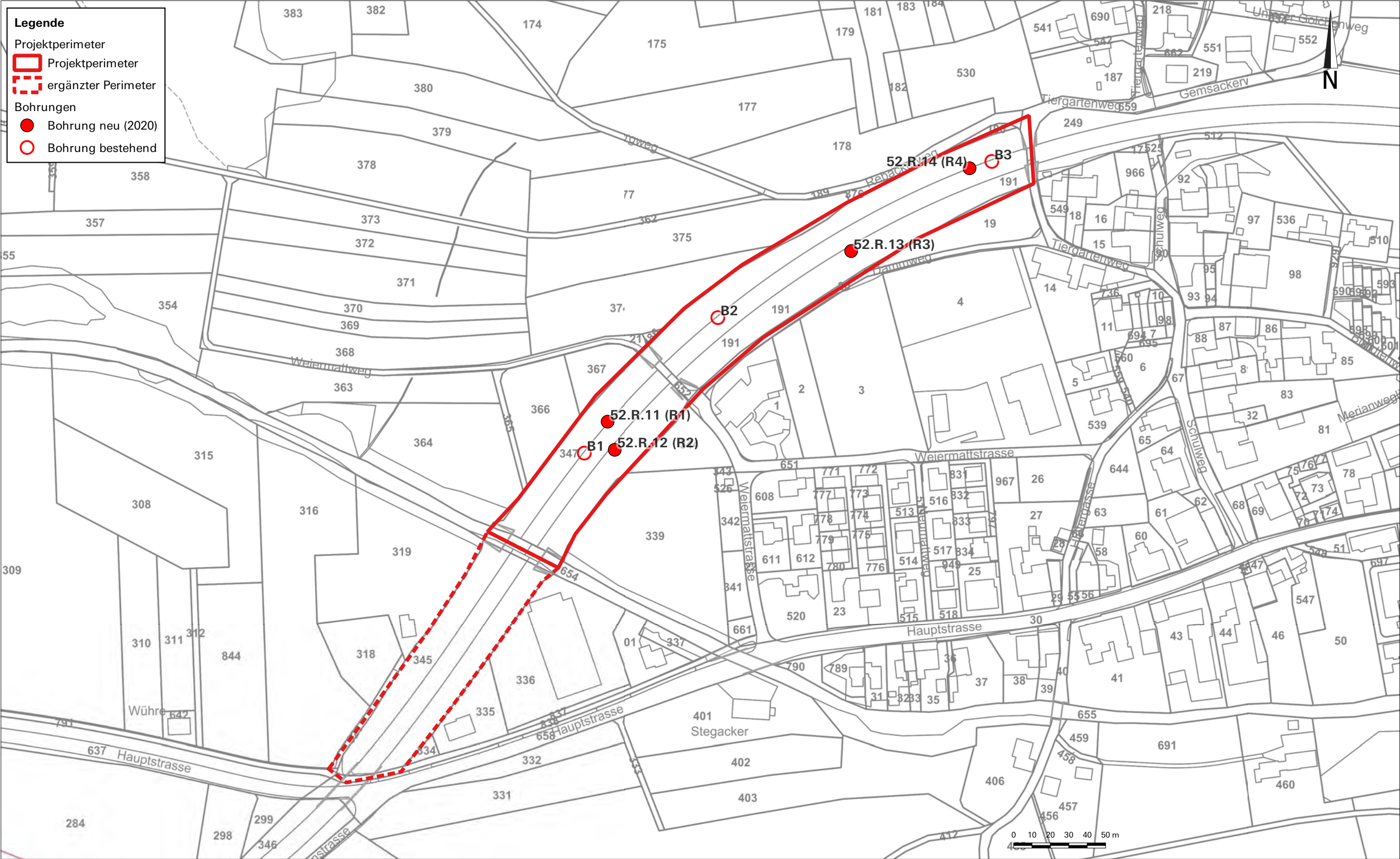
Projektbearbeitung

A. Aeschbach, M.Sc. Geol.

Dr.-Ing. R. Zeh, Dipl.-Bauing. TH/SIA

Beilage 1

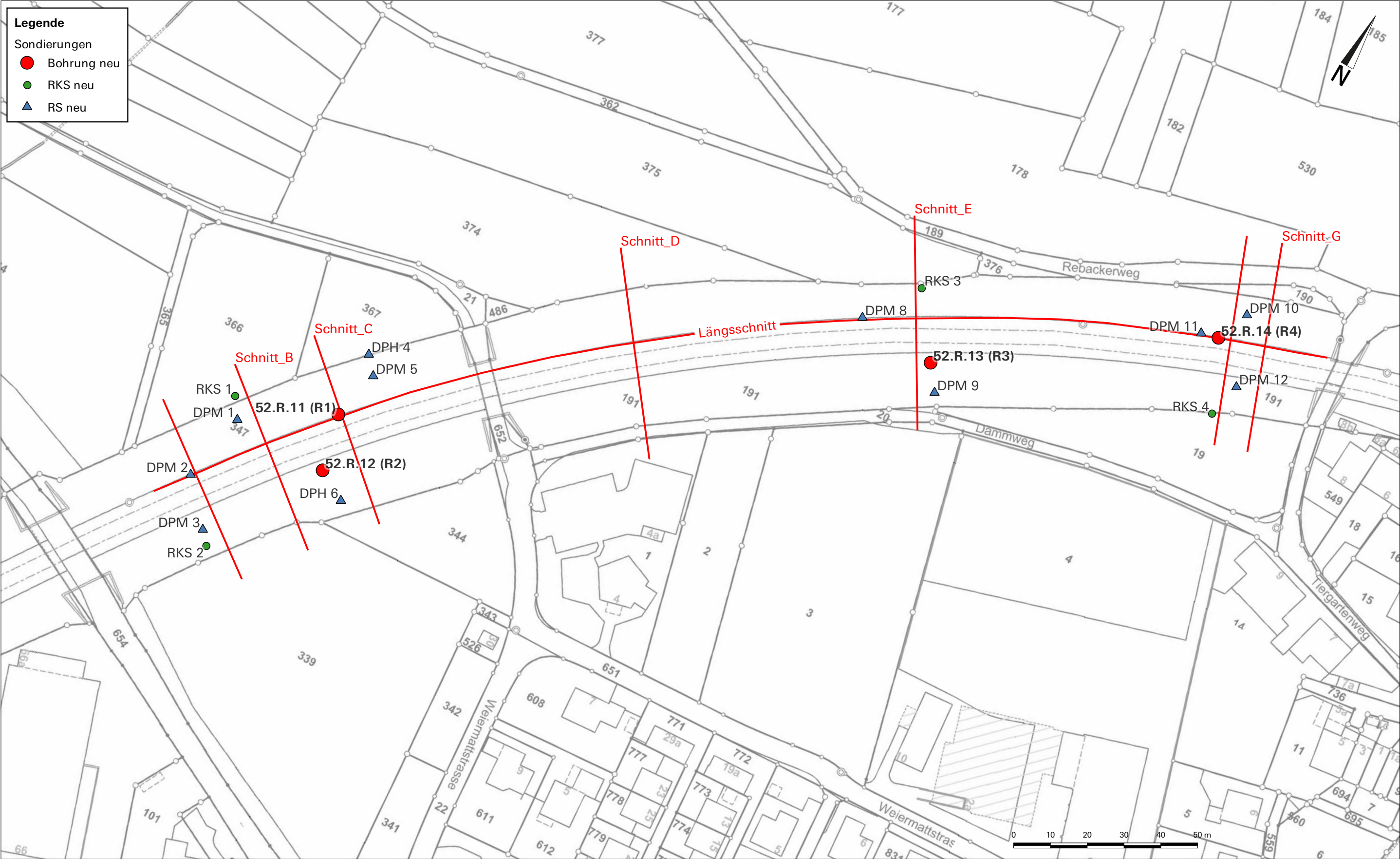
Situationspläne mit Bohr- und Sondierstandorten



**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Situationsplan mit Lage des Projektperimeters und
Sondierbohrungen

Projekt-Nr.: 51.2794 08.05.2021 / AA **M = 1:2000** 2794be01_beil01.pdf



**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Situationsplan mit neu durchgeführten Sondierungen

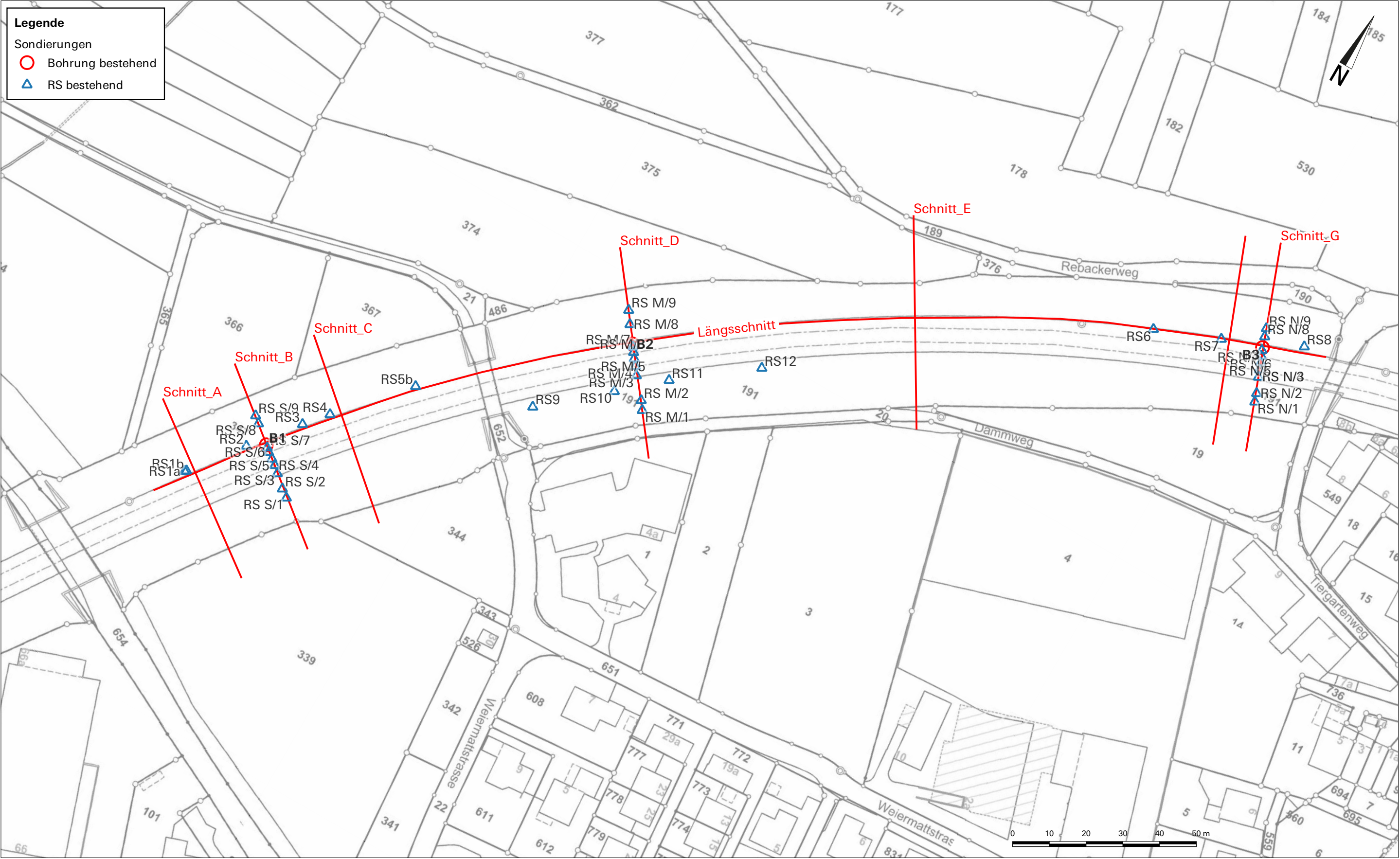
Projekt-Nr.: 51.2794 18.05.2021 / AA

M = 1:1000

2794be01_beil01.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch



Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693

Situationsplan mit bestehenden Sondierungen

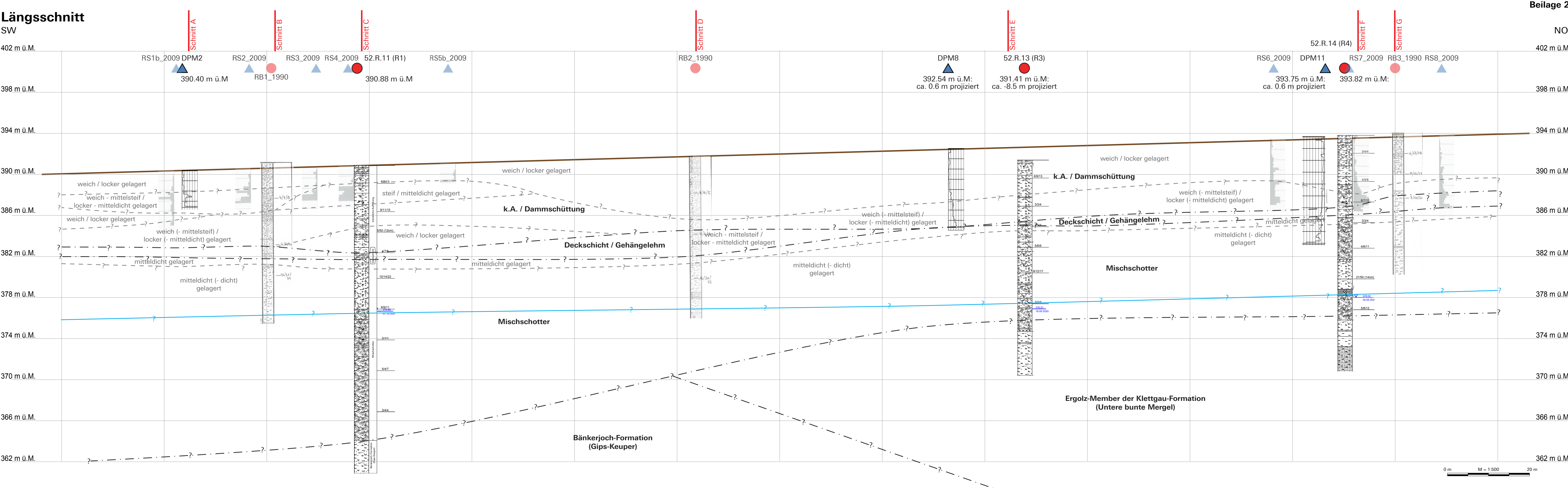
Projekt-Nr.: 51.2794 08.07.2021 / AA M = 1:1000 2794be01_beil01.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Beilage 2

Längsschnitt entlang Dammkrone
mit Baugrundmodell



Legende

Sondierungen 2020

● Rotationskernbohrung

● Rammkernsondierung

▲ Rammsondierung (N₁₀)

Sondierungen bestehend

● Rotationskernbohrung

▲ Rammsondierung (N₂₀)

jeweils ab OKT

Oberkante Terrain (prov. Höhenmodell)

--- Geologische Schichtgrenze

--- Bodenmechanische Beurteilung

— Grundwasserspiegel

Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693

Längsschnitt
Entwurf

Projekt-Nr.: 51.2794

15.01.2021 / AA

M = 1:500 / 200

2794be01_beil2.pdf

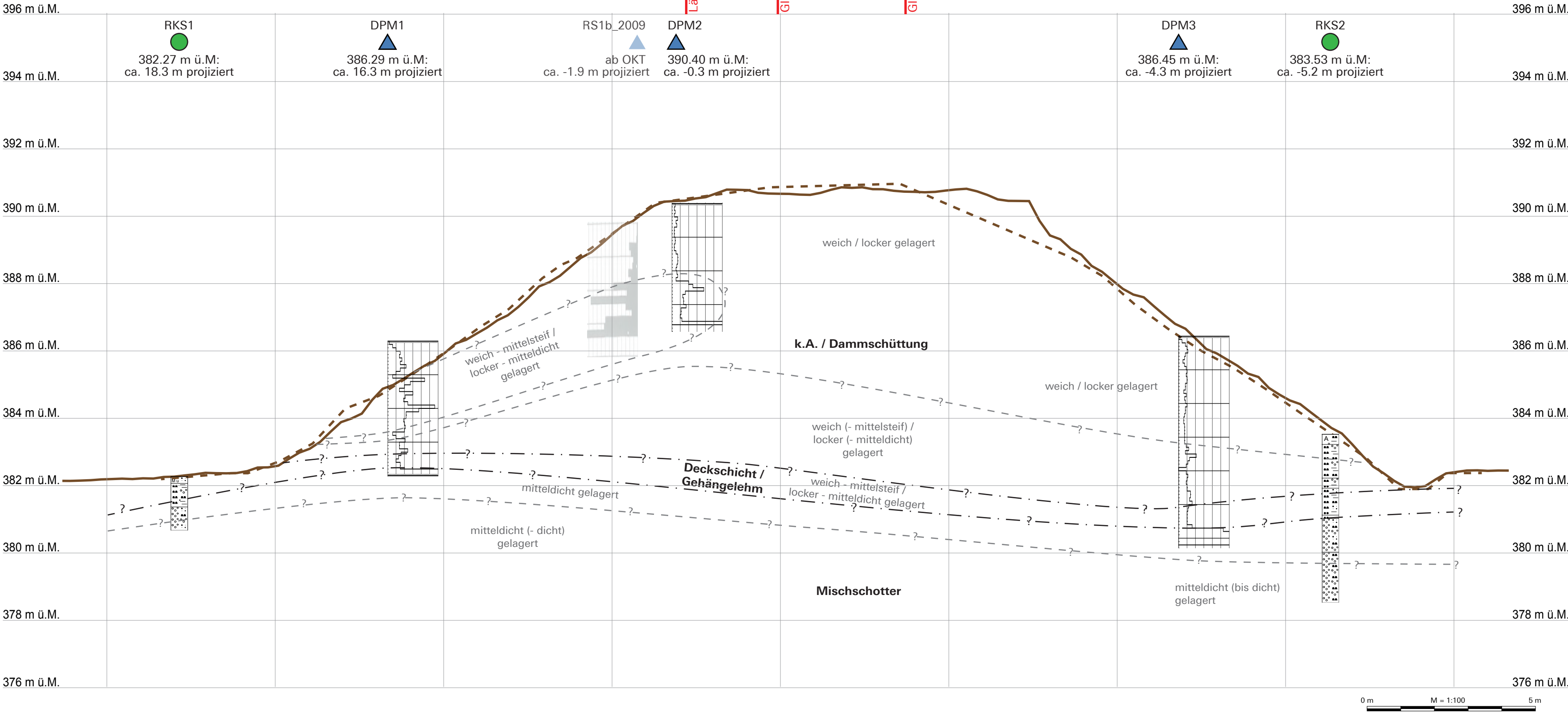
Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Beilage 3

Querschnitte mit Baugrundmodell

Schnitt A - A
NW



Legende

Sondierungen 2020

- Rotationskernbohrung
- Rammkernsondierung
- ▲ Rammsondierung (N₁₀)

Sondierungen bestehend

- Rotationskernbohrung
- ▲ Rammsondierung (N₂₀)
- jeweils ab OKT

- Oberkante Terrain (DTM 2018, Kt. BL)
- - - Oberkante Terrain (SBB 2021)
- - - Geologische Schichtgrenze
- - - Bodenmechanische Beurteilung

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Schnitt A - A
Entwurf

Projekt-Nr.: 51.2794

12.03.2021 / AA

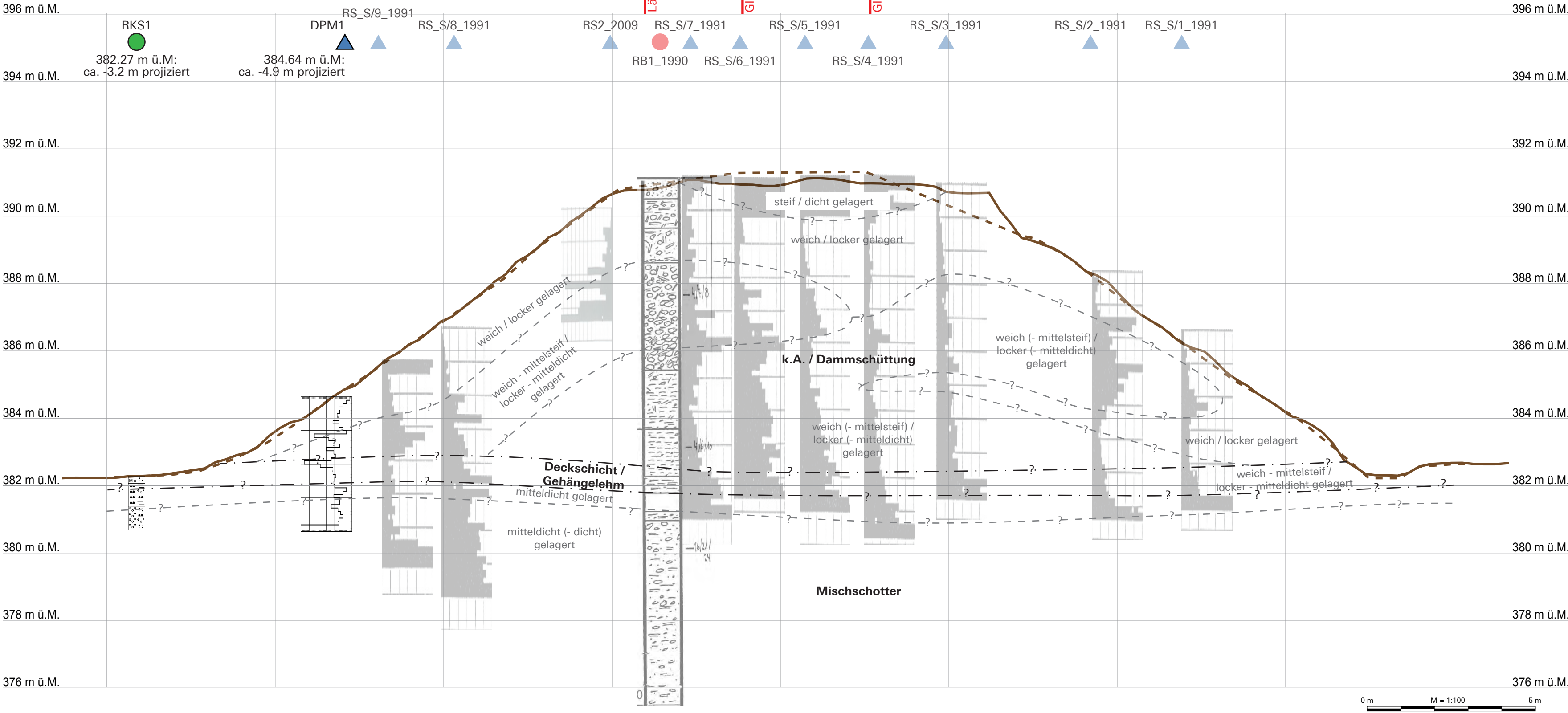
M = 1:100

2794be01_beil3a.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Schnitt B - B
NW



Legende

Sondierungen 2020

- Rotationskernbohrung
- Rammkernsondierung
- ▲ Rammsondierung (N₁₀)

Sondierungen bestehend

- Rotationskernbohrung
- ▲ Rammsondierung (N₂₀)
- jeweils ab OKT

- Oberkante Terrain (DTM 2018, Kt. BL)
- - - Oberkante Terrain (SBB 2021)
- - - Geologische Schichtgrenze
- - - Bodenmechanische Beurteilung

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Schnitt B - B
Entwurf

Projekt-Nr.: 51.2794

12.03.2021 / AA

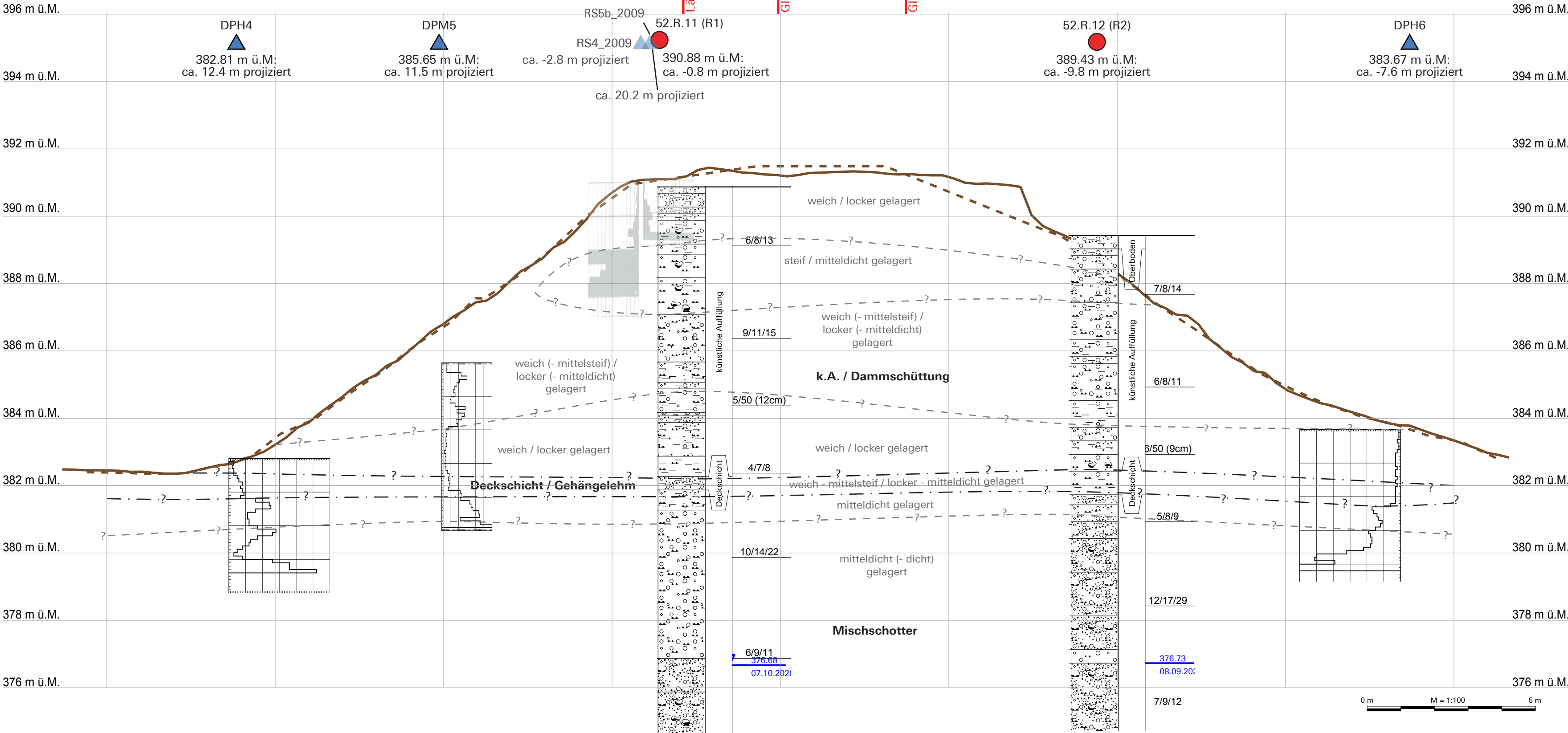
M = 1:100

2794be01_beil3b.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Schnitt C - C
NW



Legende

Sondierungen 2020

- Rotationskernbohrung
- Rammkernsondierung
- ▲ Rammsondierung (N₁₀)

Sondierungen bestehend

- Rotationskernbohrung
- ▲ Rammsondierung (N₂₀)
- jeweils ab OKT

— — — Oberkante Terrain (DTM 2018, Kt. BL)

- - - Oberkante Terrain (SBB 2021)

- - - Geologische Schichtgrenze

- - - Bodenmechanische Beurteilung

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

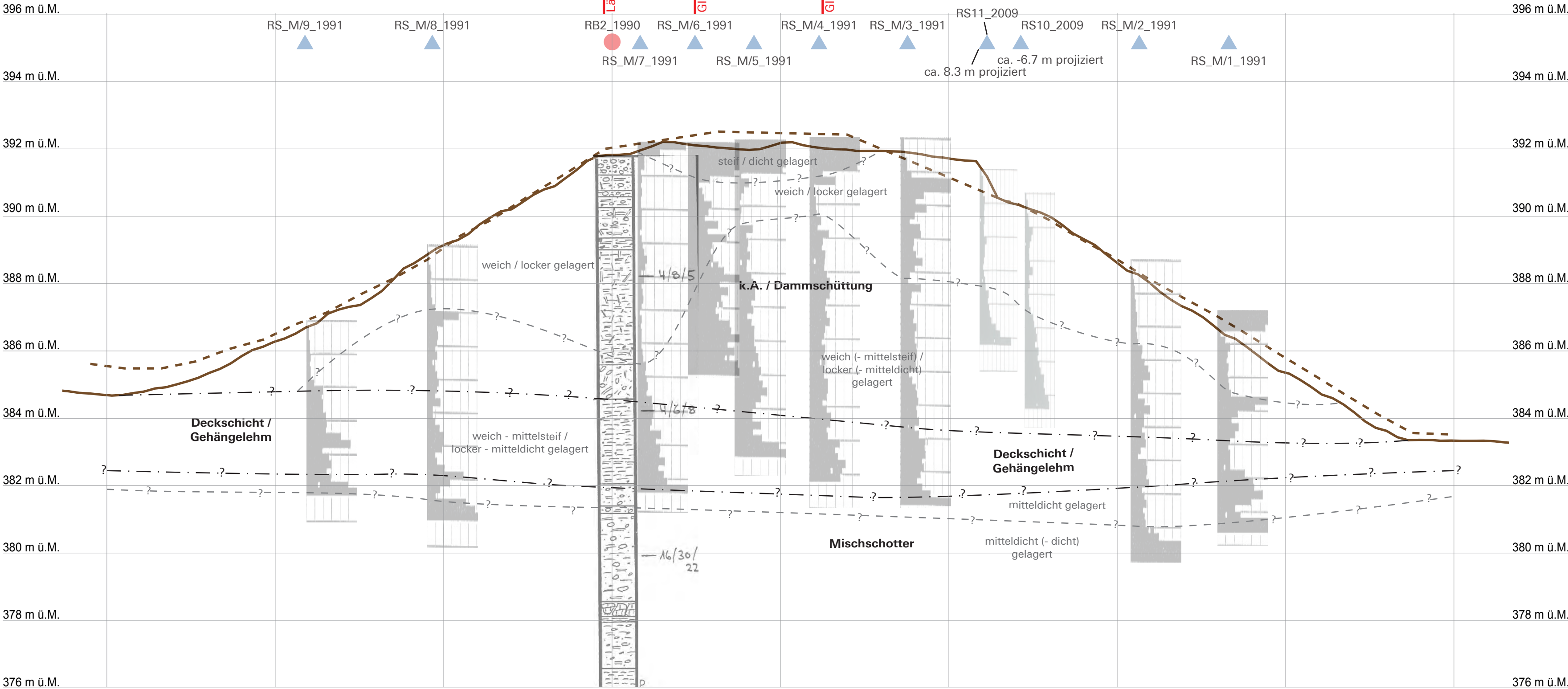
Schnitt C - C
Entwurf

Projekt-Nr.: 51.2794	12.03.2021 / AA	M = 1:100	2794be01_beil3c.pdf
Geotechnisches Institut		Geotechnisches Institut AG Basel Pfeffingerstrasse 41 4053 Basel +41 (0)61 365 10 70 info@geo-online-bs.ch www.geo-online.ch	

Schnitt D - D
NW

Beilage 3d

SO



Legende

Sondierungen 2020

- Rotationskernbohrung
- Rammkernsondierung
- ▲ Rammsondierung (N₁₀)

Sondierungen bestehend

- Rotationskernbohrung
- ▲ Rammsondierung (N₂₀)
- jeweils ab OKT

- Oberkante Terrain (DTM 2018, Kt. BL)
- - - Oberkante Terrain (SBB 2021)
- - - Geologische Schichtgrenze
- - - Bodenmechanische Beurteilung

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Schnitt D - D
Entwurf

Projekt-Nr.: 51.2794

12.03.2021 / AA

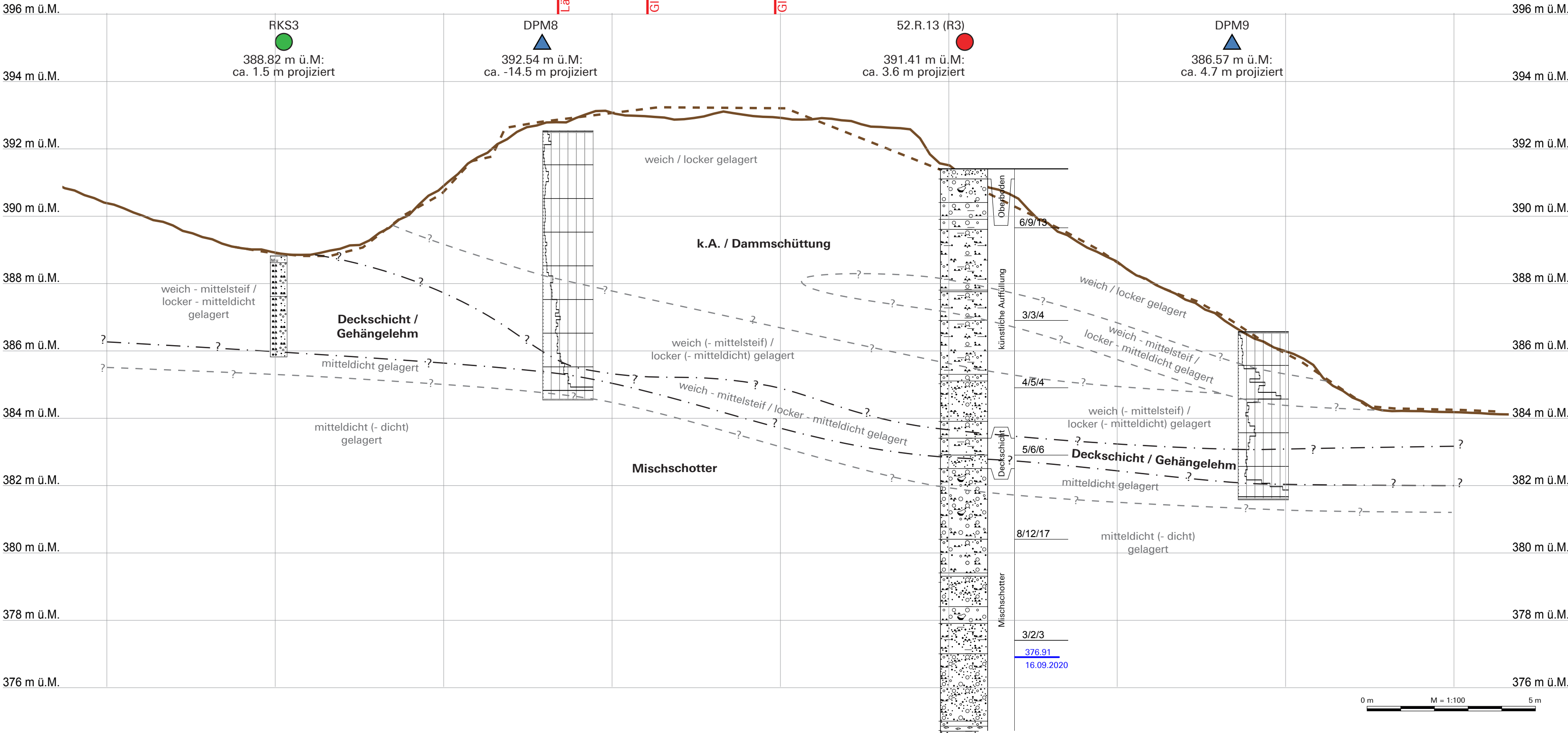
M = 1:100

2794be01_beil3d.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Schnitt E - E
NW



Legende

Sondierungen 2020

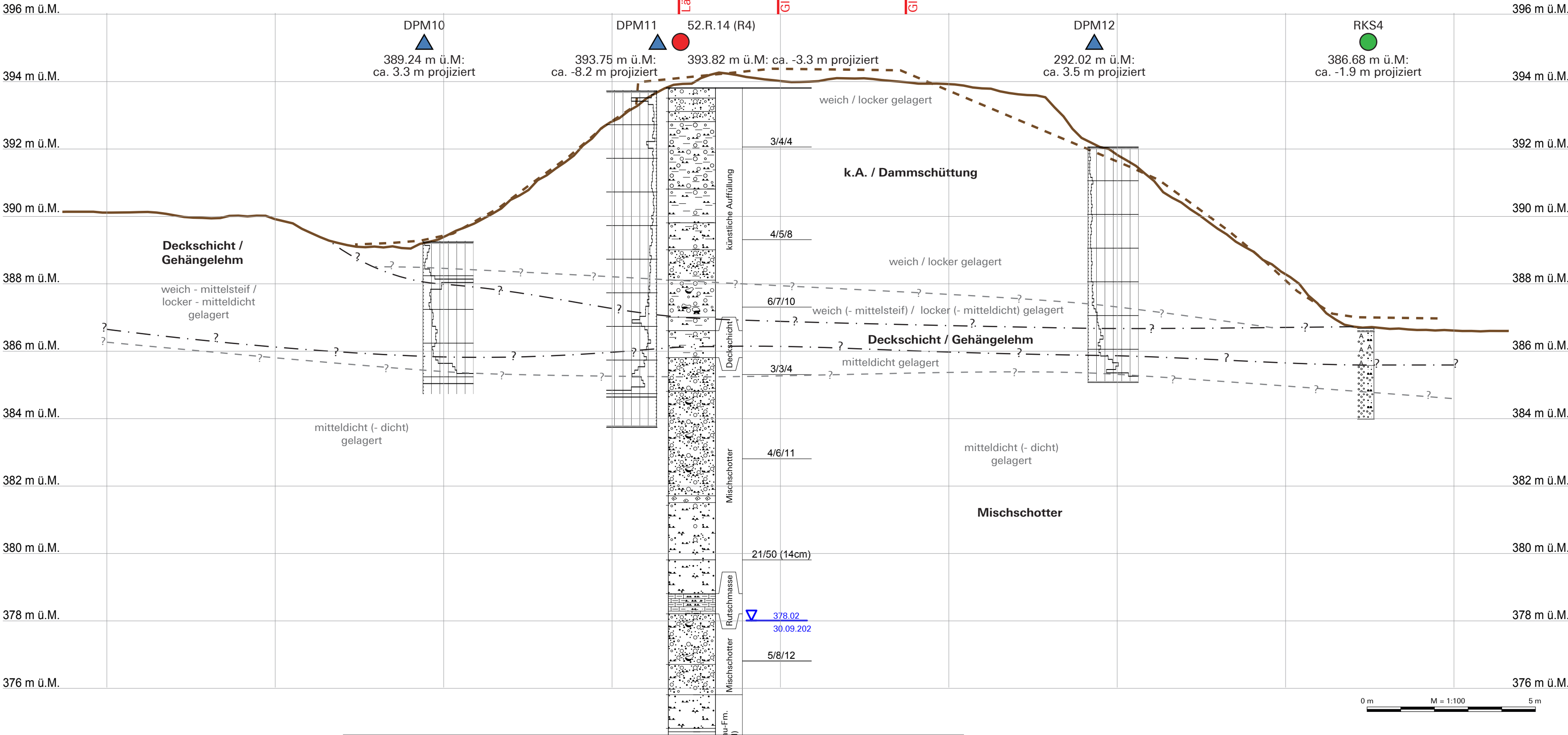
- Rotationskernbohrung
- Rammkernsondierung
- ▲ Rammsondierung (N₁₀)

Sondierungen bestehend

- Rotationskernbohrung
- ▲ Rammsondierung (N₂₀)
- jeweils ab OKT

- Oberkante Terrain (DTM 2018, Kt. BL)
- - - Oberkante Terrain (SBB 2021)
- - - Geologische Schichtgrenze
- - - Bodenmechanische Beurteilung

Schnitt F - F
NW



Legende

Sondierungen 2020

- Rotationskernbohrung
- Rammkernsondierung
- ▲ Rammsondierung (N₁₀)

Sondierungen bestehend

- Rotationskernbohrung
- ▲ Rammsondierung (N₂₀)

jeweils ab OKT

- Oberkante Terrain (DTM 2018, Kt. BL)
- - - Oberkante Terrain (SBB 2021)
- - - Geologische Schichtgrenze
- - - Bodenmechanische Beurteilung

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Schnitt F - F
Entwurf

Projekt-Nr.: 51.2794	12.03.2021 / AA	M = 1:100	2794be01_beil3f.pdf
----------------------	-----------------	------------------	---------------------

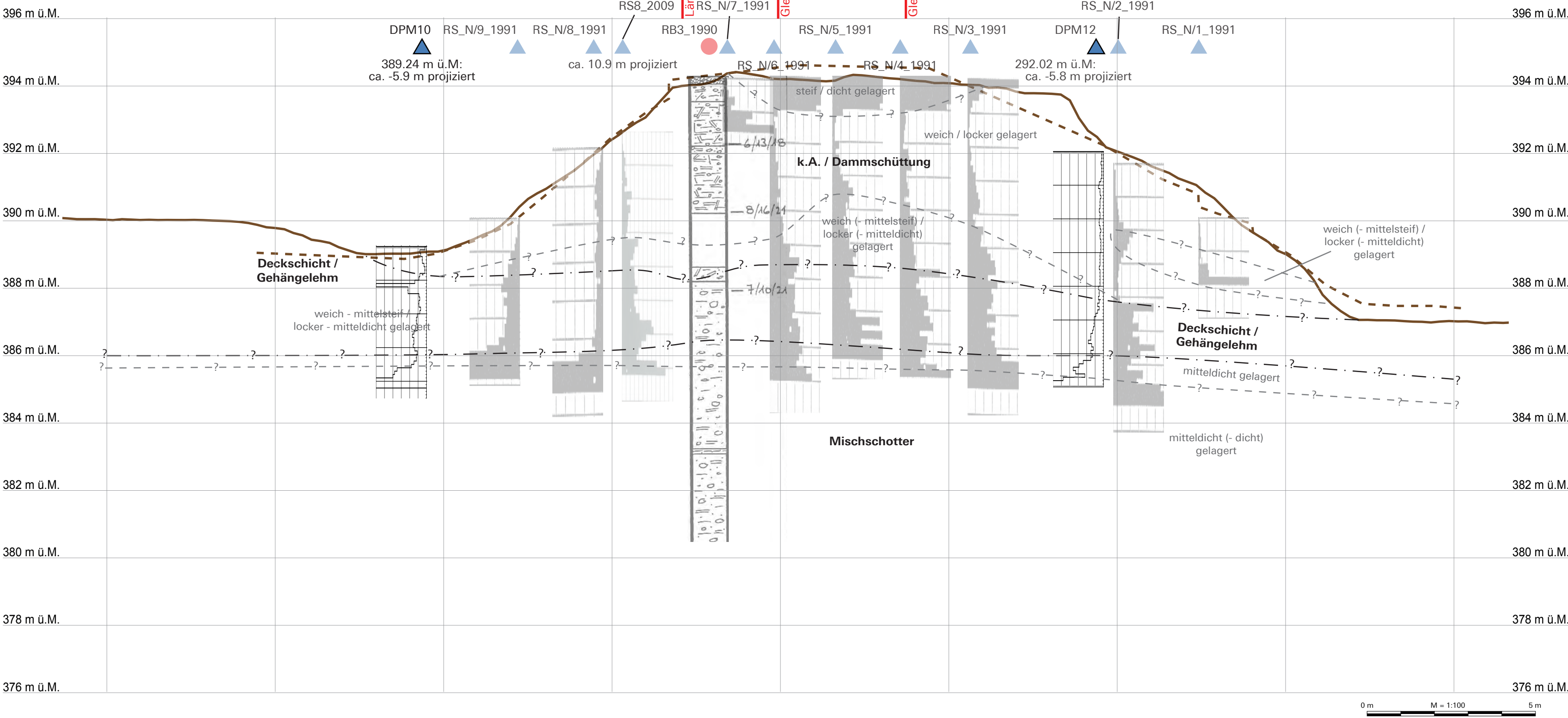
Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Schnitt G - G
NW

Beilage 3g

SO



Legende

Sondierungen 2020

- Rotationskernbohrung
- Rammkernsondierung
- ▲ Rammsondierung (N₁₀)

Sondierungen bestehend

- Rotationskernbohrung
- ▲ Rammsondierung (N₂₀)
- jeweils ab OKT

- Oberkante Terrain (DTM 2018, Kt. BL)
- - - Oberkante Terrain (SBB 2021)
- - - Geologische Schichtgrenze
- . - - Bodenmechanische Beurteilung

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

**Schnitt G - G
Entwurf**

Projekt-Nr.: 51.2794

12.03.2021 / AA

M = 1:100

2794be01_beil3g.pdf

Geotechnisches Institut

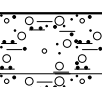
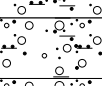

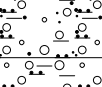

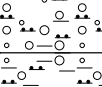
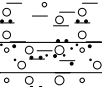


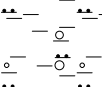


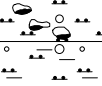


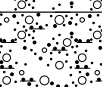

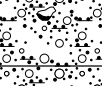
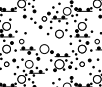
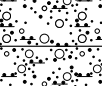

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Beilage 4

Profile der Rotationskernbohrungen

52.R.11 (R1)					<div>Geotechnisches Institut Basel</div>					
Auftraggeber:		Schweizerische Bundesbahnen SBB								
Bohrfirma:		Kibag Bohrungen AG , Pawel Gygorasz			Geologische Aufnahme: Denis Guske					
Ausführungsdatum:		06.10.2020 - 12.10.2020			Kontrolle: AA					
Koordinaten:		2629630.48 / 1257024.16			Massstab 1:50					
Höhenlage:		390.88 m ü. M. OKR: 390.76 m ü. M.			Projekt-Nr.: 51.2794					
Projekt: Böckten, Damm SBB, SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693										
Tiefe [m]	Höhe [m ü.M.]	Profil	Geologie		geologische, geotechnische Beschreibung	Proben	Ausbau			SPT
0	390.68		künstliche Auffüllung	0.20	Kies, schwach sandig, Kornform kantig, grau, erdfeucht	GI201482				6/8/13
	390.28			0.60	Kies, stark sandig, siltig, tonig, braun, weich, erdfeucht					
	390.08			0.80	Kies, stark tonig, sandig, siltig, braun, rotbraun, fest, erdfeucht, mit Ziegelbruch (FA <1%)					
	389.88			1.00	Ton, schwach sandig, schwach kiesig, braun bis dunkelgrau, erdfeucht, mit Kohle (FA<1%)					
1	389.18		künstliche Auffüllung	1.70	Silt, tonig, kiesig, mit vereinzelt Steinen, braun, hart, erdfeucht, kompakte Kernstücke, Taschenpenetrometer: 3.5 kg/cm2 (1.3 m)	GI201483				9/11/15
	388.88			2.00	Silt, tonig, schwach kiesig, mit vereinzelt Steinen, Kornform kantengerundet, dunkelgrau bis braun, trocken, mit Bohrspiegeln, Taschenpenetrometer: >4.5 kg/cm2 (1.8 m)					
2	388.18		künstliche Auffüllung	2.70	Silt, schwach tonig, schwach kiesig, mit vereinzelt Steinen, Kornform kantengerundet, dunkelgrau, trocken, mit Bohrspiegeln, mit weissen und rostroten Schlieren, Taschenpenetrometer: >4.5 kg/cm2 (2.6 m)	GI201484				5/50 (12cm)
	387.08			3.80	Silt, schwach tonig, schwach kiesig, mit Steinen, Kornform kantengerundet, dunkelgrau, trocken, Kerne zerbohrt, mit weissen und rostroten Schlieren					
3	385.68		künstliche Auffüllung	5.20	Silt, schwach kiesig bis kiesig, schwach sandig bis sandig, mit reichlich Steinen, Kornform kantengerundet, dunkelgrau, trocken, Kerne zerbohrt, Block bei 4.8 - 4.9 m, Komponenten oolithischer Kalk	GI201483				5/50 (12cm)
	385.08			5.80	Ton, schwach siltig, schwach kiesig, schwach sandig, braun bis olive, erdfeucht, kompakte Kernstücke, mit Pflanzenresten, mit rostroten und dunkelgrauen Schlieren, Taschenpenetrometer: 2.0 kg/cm2 (5.4 m), Drehflügel klein: 11 (5.3 m)					
	384.88			6.00	Ton, schwach siltig, schwach sandig, schwach kiesig, braun bis olive, erdfeucht, kompakte Kernstücke, mit Pflanzenresten, mit rostroten und dunkelgrauen Schlieren, Taschenpenetrometer: 1.0 kg/cm2 (5.8 m), Drehflügel klein: 9 (5.9 m)					
	384.18			6.70	Ton, schwach siltig, schwach kiesig bis kiesig, schwach sandig bis sandig, braun, erdfeucht, kompakte Kernstücke, Komponenten oolithischer Kalk, Taschenpenetrometer: 1.5 kg/cm2 (6.1 m / 6.7 m), Drehflügel klein: >12 (6.3 m)					
6	384.08		künstliche Auffüllung	6.80	Blöcke, braun bis grau	GI201484				5/50 (12cm)
	383.88			7.00	Ton, siltig, kiesig, sandig, braun bis dunkelgrau, weich, erdfeucht, kompakte Kernstücke, Komponenten oolithischer Kalk					
7	382.88		künstliche Auffüllung	8.00	Ton, siltig, schwach kiesig, schwach sandig, mit vereinzelt Steinen, braun bis dunkelgrau, weich, erdfeucht, kompakte Kernstücke bei 7.0-7.2 m, Komponenten oolithischer Kalk, Taschenpenetrometer: 2.5 kg/cm2 (7.3 m); 1.0 kg/cm2 (7.7 m), Drehflügel klein: >12 (7.3 m)	GI201541				4/7/8
	382.28			8.60	Ton, siltig, braun bis olive, erdfeucht, kompaktes Kernstück, Taschenpenetrometer: 1.5 kg/cm2 (8.1 m)					
8	381.88		Deck-schicht	9.00	Ton, siltig, kiesig, sandig, olive bis dunkelgrau, fest, erdfeucht, kompakte Kernstücke, Komponenten oolithischer Kalk, Taschenpenetrometer: 3.0 kg/cm2 (8.7 m)	GI201542				10/14/22
	381.28			9.60	Ton, stark siltig, schwach sandig, schwach kiesig, braun, fest, erdfeucht-trocken, kompakte Kernstücke, Komponenten oolithischer Kalk, Taschenpenetrometer: 2.5 kg/cm2 (9.4 m)					
9			Mischschotter							10/14/22
10			Mischschotter							10/14/22
11			Mischschotter							10/14/22
12			Mischschotter							10/14/22
13			Mischschotter							10/14/22
14	376.88		Mischschotter	14.00	Kies bis Silt, siltig bis kiesig, sandig, braun bis hellbraun, erdfeucht-trocken, Wechselfolge aus Kiessanden und verbackenen Silten, Kerne zerbohrt, Komponenten kristallinen Ursprungs, Taschenpenetrometer: >4.5 kg/cm2 (11.4 m)	GI201542				6/9/11
				15.00	Kies, sandig bis stark sandig, siltig bis stark siltig, mit Steinen bis reichlich Steinen, hellbraun, erdfeucht-feucht, Kornform gerundet bis kantengerundet					
15	375.88		Mischschotter	15.00	Kies, stark sandig, siltig, mit Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, nass	GI201542				6/9/11
	373.38			17.50						
										3/4/4

52.R.11 (R1)					<div>Geotechnisches Institut Basel</div>							
Auftraggeber:		Schweizerische Bundesbahnen SBB										
Bohrfirma:		Kibag Bohrungen AG , Pawel Gygorasz								Geologische Aufnahme: Denis Guske		
Ausführungsdatum:		06.10.2020 - 12.10.2020								Kontrolle: AA		
Koordinaten:		2629630.48 / 1257024.16								Massstab 1:50		
Höhenlage:		390.88 m ü. M. OKR: 390.76 m ü. M.			Projekt-Nr.: 51.2794							
Projekt: Böckten, Damm SBB, SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693												
Tiefe [m]	Höhe [m ü.M.]	Profil	Geologie		geologische, geotechnische Beschreibung	Proben	Ausbau			SPT		
16	373.38 373.18				Kies, stark sandig, siltig, mit Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, nass							
17												
18	372.28			18.60	Kies, sandig, siltig, schwach tonig, mit Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, nass, verbackener Kern							
19												
20										5/4/7		
21												
22												
23					Kies, stark sandig, siltig bis stark siltig, mit Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, nass							
24										3/4/4		
25												
26												
27	364.08			26.80		■ GI201544						
28			Bänkerjoch-Formation (Gips-Keuper)		Silt, schwach sandig, beige bis grau, mit tonigen schwarzen Schlieren, mit grauen bis schwarzen Mergellagen, mit hellgrauen Gipslagen. Gegen unten zunehmend Mergel- und Gipslagen, beige-grau, erdfeucht, Taschenpenetrometer: 3.0 kg/cm2 (27.2 m); 4.5 kg/cm2 (27.8 m); >4.5 kg/cm2 (29.8 m), verwitterter Fels	■ GI201545						
29												
30	360.88			30.00								

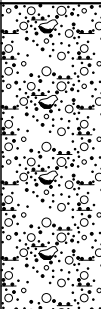

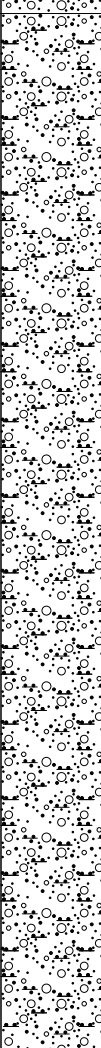

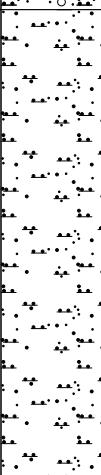


52.R.12 (R2)					Geotechnisches Institut Basel				
Auftraggeber:		Schweizerische Bundesbahnen SBB							
Bohrfirma:		Kibag Bohrungen AG , Pawel Gygorasz			Geologische Aufnahme: Andrin Aeschbach				
Ausführungsdatum:		04.09.2020 - 09.09.2020			Kontrolle: NK				
Koordinaten:		2629634.36 / 1257008.88			Massstab 1:50				
Höhenlage:		389.43 m ü. M. OKR: 389.78 m ü. M.			Projekt-Nr.: 51.2794				
Projekt: Böckten, Damm SBB, SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693									
Tiefe [m]	Höhe [m ü.M.]	Profil	Geologie		geologische, geotechnische Beschreibung	Proben	Ausbau		SPT
0	389.03		Oberboden	0.40	Kies, siltig, tonig, schwach sandig, dunkelbraun, erdfeucht, stellenweise braun/ocker gefleckt, schwach durchwurzelt	GI201465 GI201466			
	388.83			0.60	Kies, siltig, tonig, schwach sandig, braun bis ocker, erdfeucht, Kern kompakt, Taschenpenetrometer: >4.5 kg/cm2 (0.5 m)				
1	388.43			1.00	Kies, schwach sandig, schwach siltig, schwach tonig, hellbraun bis ocker, erdfeucht				
									7/8/14
2	387.43			2.00	Kies, siltig, tonig, schwach sandig, mit vereinzelt Steinen, von 1.0-1.5 m mit Kohlestücken und Ziegelbruch (FA 1-5%), hellgrau bis hellbraun, trocken bis erfeucht, von 1.0-1.5 m mit Bohrmehl, ab 1.4 m Kern teilweise kompakt (bindig), Taschenpenetrometer: >4.5kg/cm2 (1.5 m)				
3	386.33			3.10	Kies, stark siltig, tonig, braun-dunkelbraun-ocker gefleckt, erdfeucht				
	385.83			3.60	Ton, kiesig, siltig, braun, erdfeucht, Kern kompakt, Taschenpenetrometer: >4.5 kg/cm2 (3.4 m)				
4	385.63			3.80	Silt, stark kiesig, tonig, schwach sandig, braun, trocken, Kern kompakt				
									6/8/11
5	384.53			4.90	Kies, siltig bis stark siltig, schwach tonig, mit Steinen, mit vereinzelt Blöcken, dunkelbrau mit braunen Flecken, trocken				
									
6	383.73			5.70	Ton, schwach kiesig, schwach siltig, mit Mergelstücken, grau, schwach braun gefleckt, erdfeucht, Kern kompakt, Taschenpentrometer: 3.0 kg/cm2 (5.0 m), Drehflügel klein: 10.5 (5.1m)				
	383.33			6.10	Silt, kiesig bis stark kiesig, schwach sandig, mit vereinzelt Steinen, hellbraun-grau gefleckt, erdfeucht, Kern kompakt (in Scheiben)				6/50 (9cm)
7	382.93			6.50	Ton, schwach kiesig, schwach sandig, mit Kohlestücken (FA <1%), braun, hellgrau-dunkelgelgrau-ocker gefleckt, erdfeucht, Komponenten kalkig und mergelig, Taschenpenetrometer: 1.5 kg/cm2 (6.2m), Drehflügel klein: 4.0 (6.2m)				
									
8	382.43	Deckschicht	7.00	Steine, stark siltig, schwach kiesig, mit vereinzelt Blöcken, grau, trocken					
									
	381.73				7.70				Silt, tonig, schwach kiesig, braun bis hellbraun, erdfeucht, mit Schneckenschalen, Kern kompakt, Taschenpenetrometer: >4.5 kg/cm2 (7.1m), Drehflügel klein: 8.0 (7.6 m)
9	381.43			8.00	Silt, stark kiesig, tonig, sandig, mit Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun bis braun, erdfeucht, Kern kompakt (in Scheiben)				
	381.13			8.30	Silt, kiesig, schwach sandig, mit Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, braun, erdfeucht-trocken, stellenweise mergelig und grau, Kern kompakt (in Scheiben)				
10	380.93		8.50	Silt, stark sandig, kiesig, Kornform gerundet bis kantengerundet, mit Kohlestücken, hellbraun bis braun, erdfeucht, Kern kompakt (in Scheiben)	12/17/29				
									
	380.43		9.00	Kies, stark siltig, sandig, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun bis braun, erdfeucht-feucht, von 8.5-8.7 Kern kompakt (in Scheiben)					
11									
	379.43				10.00				Silt, stark kiesig, sandig, mit vereinzelt Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, erdfeucht-trocken, hart, von 9.7-9.8 mit rostroten Flecken, stellenweise Kern kompakt (in Schieben)
									
12	378.43	Mischschotter	11.00	Silt, kiesig bis stark kiesig, sandig, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, trocken					
									
	378.13				11.30				Kies, stark siltig, sandig, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, erdfeucht
13									
	377.13				12.30				Silt, stark kiesig, sandig, mit vereinzelt Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun bis braun, erdfeucht-trocken, von 12.2 - 12.3 m Kern kompakt und mit roten Flecken
	376.73				12.70				Silt, schwach kiesig bis kiesig, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, trocken, von 12.6-12.7 m Kern kompakt (in Scheiben)
14									
									
	373.83				15.60				Silt, tonig, schwach kiesig, schwach sandig, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, erdfeucht, weich, Taschenpenetrometer: 2.0 kg/cm2 (15.7 m)
15	373.63			15.80	Kies, stark sandig, siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, nass				
	371.43			18.00					4/4/5

Inklinometer / Gleitdeformeter
27.00 m

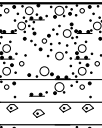
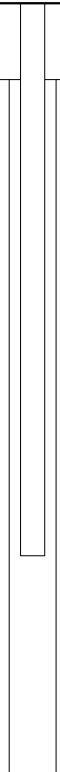
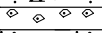

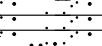
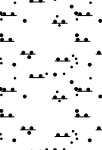
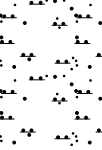

▽ 376.73
08.09.2020

-0.35 - 26.65 m
Vollrohr PVC

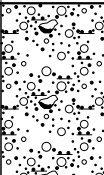

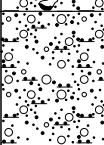
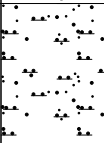
Zement

52.R.12 (R2)					<div>Geotechnisches Institut Basel</div>							
Auftraggeber:		Schweizerische Bundesbahnen SBB										
Bohrfirma:		Kibag Bohrungen AG , Pawel Gygorasz								Geologische Aufnahme: Andrin Aeschbach		
Ausführungsdatum:		04.09.2020 - 09.09.2020								Kontrolle: NK		
Koordinaten:		2629634.36 / 1257008.88								Massstab 1:50		
Höhenlage:		389.43 m ü. M.		OKR: 389.78 m ü. M.		Projekt-Nr.: 51.2794						
Projekt: Böckten, Damm SBB, SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693												
Tiefe [m]	Höhe [m ü.M.]	Profil	Geologie		geologische, geotechnische Beschreibung	Proben	Ausbau			SPT		
16	371.43			18.00	Kies, stark sandig, siltig, mit vereinzelt Steinen, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, nass			Inklinometer / Gleitdeformeter 27.00 m				
17												
18					Kies, stark sandig, siltig bis stark siltig, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, nass, mit vereinzelt Blöcken				5/4/5			
19												
20												
21	364.53			24.90	Kies, stark sandig, siltig bis stark siltig, Kornform gerundet bis kantengerundet, hellbraun, nass, mit vereinzelt Blöcken	 GI201467					6/7/10	
22												
23												
24												
25	361.43		Bänkerloch-Formation (Gips-Keuper)	28.00	Silt, schwach sandig, mit tonigen schwarzen Schlieren, mit grauen Mergellagen, mit hellgrauen Gipslagen. Gegen unten zunehmend Mergel- und Gipslagen, beige-grau, erdfeucht, Taschenpenetrometer: 3.5 km/cm2 (24.9 m); 3.0 km/cm2 (25.2 m); >4.5 km/cm2 (27.5 m), verwitterter Fels	 GI201469						
26												
27												
28						 GI201468						

A3 Geol Prob Ausb SPT Univers

52.R.13 (R3)					<div>Geotechnisches Institut Basel</div>						
Auftraggeber:		Schweizerische Bundesbahnen SBB									
Bohrfirma:		Kibag Bohrungen AG , Pawel Gygorasz							Geologische Aufnahme: Andrin Aeschbach		
Ausführungsdatum:		15.09.2020 - 17.06.2020							Kontrolle: MM		
Koordinaten:		2629762.80 / 1257116.77							Massstab 1:50		
Höhenlage:		391.41 m ü. M. OKR: 391.86 m ü. M.							Projekt-Nr.: 51.2794		
Projekt: Böckten, Damm SBB, SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693											
Tiefe [m]	Höhe [m ü.M.]	Profil	Geologie		geologische, geotechnische Beschreibung	Proben	Ausbau				
16			Mischschotter		Kies, sandig, siltig, Kornform kantengerundet bis gerundet, hellbraun, nass	■ GI201475		Inklinometer / Gleitdeformeter 20.00 m			
	375.01			16.40							
	374.86			16.55	Silt, schwach kiesig, schwach sandig, mit Dolomitlagen, grau, hart, erdfeucht						
	374.71			16.70	Blöcke, Dolomit						
17			Ergolz-Member der Klettgau-Formation (Untere bunte Mergel)		Silt, schwach sandig, mit Dolomitlagen, grau, hart, erdfeucht bis feucht, von 16.7-16.8 m Kern kompakt, von 16.8-17.8 m Bohrgut in ca. 1 cm grosse Stücke zerbrochen						
	373.61			17.80							
18			Ergolz-Member der Klettgau-Formation (Untere bunte Mergel)		Silt, schwach sandig, hellgrau, hart, erdfeucht						
	373.51			17.90							
19			Ergolz-Member der Klettgau-Formation (Untere bunte Mergel)			■ GI201476					
20			Ergolz-Member der Klettgau-Formation (Untere bunte Mergel)		Silt, schwach sandig, rot, hart, meist in kleine Stücke zerbrochen, von 19.5-20.0 m grau, von 20.0-20.5 m rot-grau gefleckt	■ GI201477					
21	370.41			21.00							

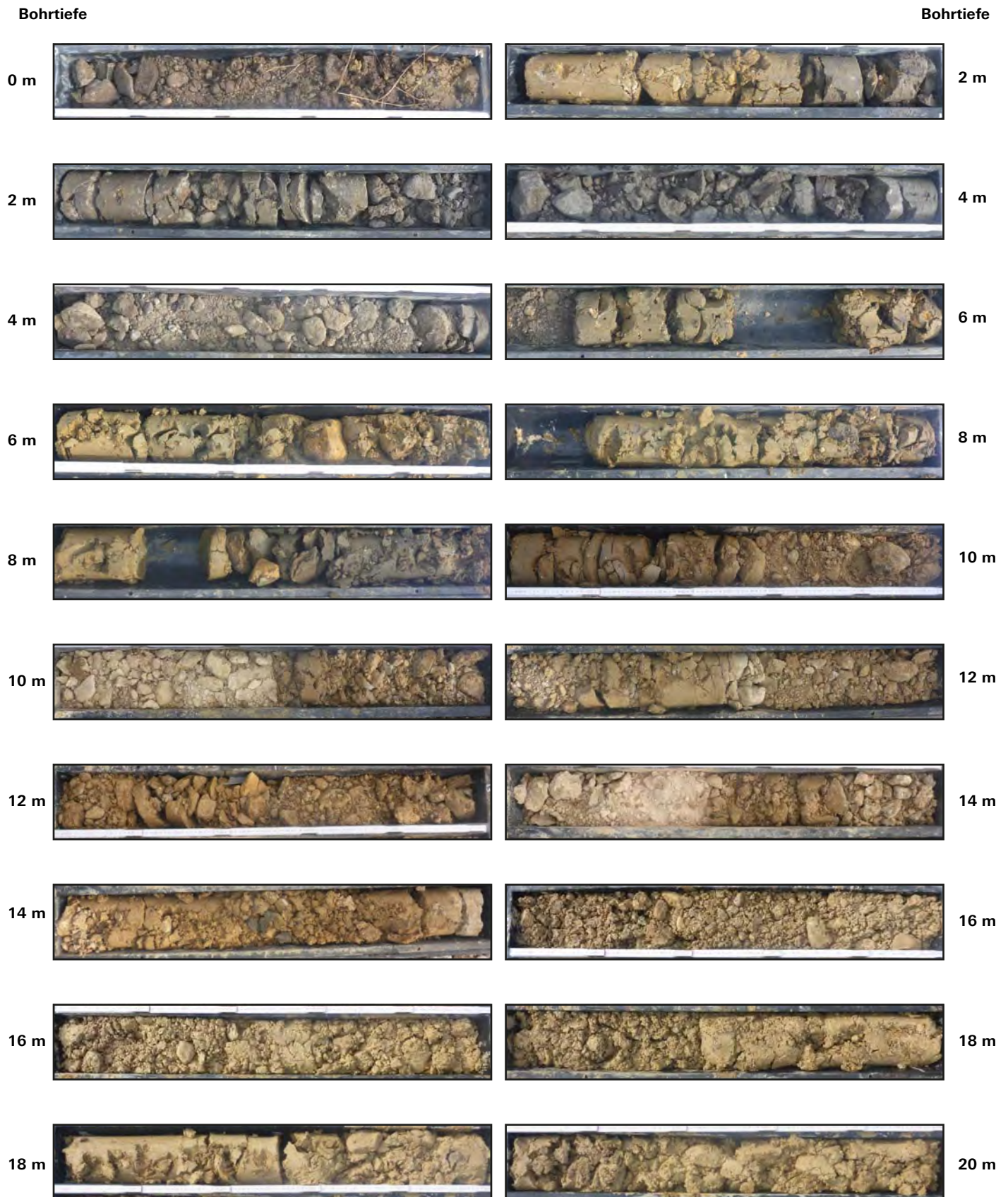
52.R.14 (R4)					Geotechnisches Institut Basel										
Auftraggeber:		Schweizerische Bundesbahnen SBB													
Bohrfirma:		Kibag Bohrungen AG , Pawel Gygorasz			Geologische Aufnahme: Andrin Aeschbach										
Ausführungsdatum:		25.09.2020 - 01.10.2020			Kontrolle: NK										
Koordinaten:		2629827.14 / 1257161.73			Massstab 1:50										
Höhenlage:		393.82 m ü. M. OKR: 393.72 m ü. M.			Projekt-Nr.: 51.2794										
Projekt: Böckten, Damm SBB, SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693															
Tiefe [m]	Höhe [m ü.M.]	Profil	Geologie		geologische, geotechnische Beschreibung	Proben	Ausbau			SPT					
0	393.52		künstliche Auffüllung	0.30	Kies, schwach sandig, Kornform kantig, grau, feucht-nass	<div>GI201478</div> <div>GI201479</div> <div>GI201480</div> <div>GI201481</div>	<div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div>	<div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div>							
	393.12			0.70	Sand, stark kiesig, schwach siltig, Kornform kantig bis kantengerundet, dunkelbraun bis rotbraun, feucht										
1	392.82			1.00	Silt, sandig, schwach kiesig, dunkelbraun, feucht, schwach durchwurzelt										
2					Silt, stark tonig, kiesig bis stark kiesig, mit vereinzelt Steinen, ocker-dunkelbraun gefleckt, erdfeucht, Taschenpenetrometer: 2.5 kg/cm2 (1.6 m); 1.0 kg/cm2 (2.8 m); Drehflügel klein: 8.0 (2.7 m)				3/4/4						
									4/5/8						
3	390.82			3.00	Ton, siltig, schwach kiesig, hellbraun mit grauen Flecken, weich bis mittelsteif, erdfeucht, Taschenpenetrometer: 1.0 kg/cm2 (3.2 m); 1.5 kg/cm2 (3.8 m), Drehflügel klein: 4.5 (3.7 m)										
	389.82			4.00											
4					Silt, tonig, schwach kiesig, schwach sandig, braun, steif, erdfeucht, Taschenpenetrometer: 1.5 kg/cm2 (4.2 m)					4/5/8					
	389.02			4.80											
5					Silt, stark kiesig, sandig, schwach tonig, Kornform kantig, olive, erdfeucht, Komponenten grauer Kalk / Mergel				6/7/10						
	388.12			5.70											
6					Silt, stark kiesig, tonig, mit Steinen, Kornform kantengerundet, hellbraun, erdfeucht, Komponenten oolithischer Kalk, Taschenpenetrometer: 2.5 kg/cm2 (5.8 m); 2.5 kg/cm2 (6.9 m)				6/7/10						
	387.02			6.80											
7	386.62		Deckschicht	7.20	Silt, tonig, schwach kiesig, hellbraun, erdfeucht				GI201480	<div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div> <div></div>					
					Ton, schwach kiesig, schwach sandig, dunkelbraun, steif, erdfeucht, Taschenpenetrometer: 1.0 kg/cm2 (7.6 m); 1.5 kg/cm2 (7.8 m); Drehflügel klein: 4.0 (7.7 m)										
	8	385.82		Mischschotter								8.00			
9					Kies, stark siltig, sandig, Kornform kantengerundet, braun, erdfeucht-feucht				3/3/4						
	384.82		9.00												
10					Silt, stark kiesig, sandig, mit vereinzelt Steinen, grau-braun, erdfeucht-trocken, Kern nicht kompakt				4/6/11						
11					Silt, schwach kiesig, schwach sandig, hellbraun bis braun, stellenweise grau, erdfeucht-trocken, Kern kompakt, Taschenpenetrometer: 4.5 kg/cm2 (13.1 m); >4.5 kg/cm2 (13.5 m)						21/50 (14cm)				
	381.72		12.10												
	381.52		12.30												
12					Steine, Blöcke, zerbohrt										
13					Silt, schwach sandig, grau, hart, trocken										
	379.82		14.00												
14	378.82		Rutschmasse	15.00	Mergel, Siltstein, dunkelgrau, hart, Komponenten aus Lias (unterer Jura) / Dogger (mittlerer Jura)	GI201481									
	378.22			15.60											
	376.72		Mischschotter	17.10	Kies, sandig, siltig, mit vereinzelt Steinen, hellbraun, nass										
							Inklinometer / Gleitdeformeter 22.00 m								
							Zement								
							378.02 30.09.2020								

52.R.14 (R4)					<div>Geotechnisches Institut Basel</div>					
Auftraggeber:		Schweizerische Bundesbahnen SBB								
Bohrfirma:		Kibag Bohrungen AG , Pawel Gygorasz			Geologische Aufnahme: Andrin Aeschbach					
Ausführungsdatum:		25.09.2020 - 01.10.2020			Kontrolle: NK					
Koordinaten:		2629827.14 / 1257161.73			Massstab 1:50					
Höhenlage:		393.82 m ü. M. OKR: 393.72 m ü. M.			Projekt-Nr.: 51.2794					
Projekt: Böckten, Damm SBB, SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693										
Tiefe [m]	Höhe [m ü.M.]	Profil	Geologie		geologische, geotechnische Beschreibung	Proben	Ausbau		SPT	
16			Mischschotter		Kies, sandig, siltig, mit vereinzelt Steinen, hellbraun, nass			0.10 - 22.10 m Vollrohr PVC Inklinometer / Gleitdeformeter 22.00 m		
17	376.72			17.10	Kies, stark siltig, sandig, hellbraun, feucht, Kern kompakt					
18	375.82		Ergolz-Member der Klettgau-Formation (Untere bunte Mergel)	18.00	Silt, schwach sandig, erdfeucht, rot mit grauen Flecken, von 18.4 - 19.0 m nass von Bohren					
19	374.82 374.72			19.00 19.10	Silt, kiesig, feucht, rot/grau gefleckt					
	374.22			19.60	Silt, hart, erdfeucht, rot/grau gefleckt, Kern kompakt					
20				20.60	Silt, hart, erdfeucht, rot, stellenweise graue Flecken, zerbröckelt					
21					Silt, mergelig, rot, hart, erdfeucht-trocken, dolomitisiert					
22										
23	370.82			23.00		GI201543				

Beilage 5

Fotodokumentation der Rotations- kernbohrungen

Beilage 5



**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Fotodokumentation der Bohrung 51.R.11 (R1)

Projekt-Nr.: 51.2794

03.11.2020 / AA

51.R.11_Bohrung_R1_Fotodoku.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Beilage 5

Bohrtiefe

Bohrtiefe

20 m



22 m

22 m



24 m

24 m



26 m

26 m



28 m

28 m



30 m

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Fotodokumentation der Bohrung 51.R.11 (R1)

Projekt-Nr.: 51.2794

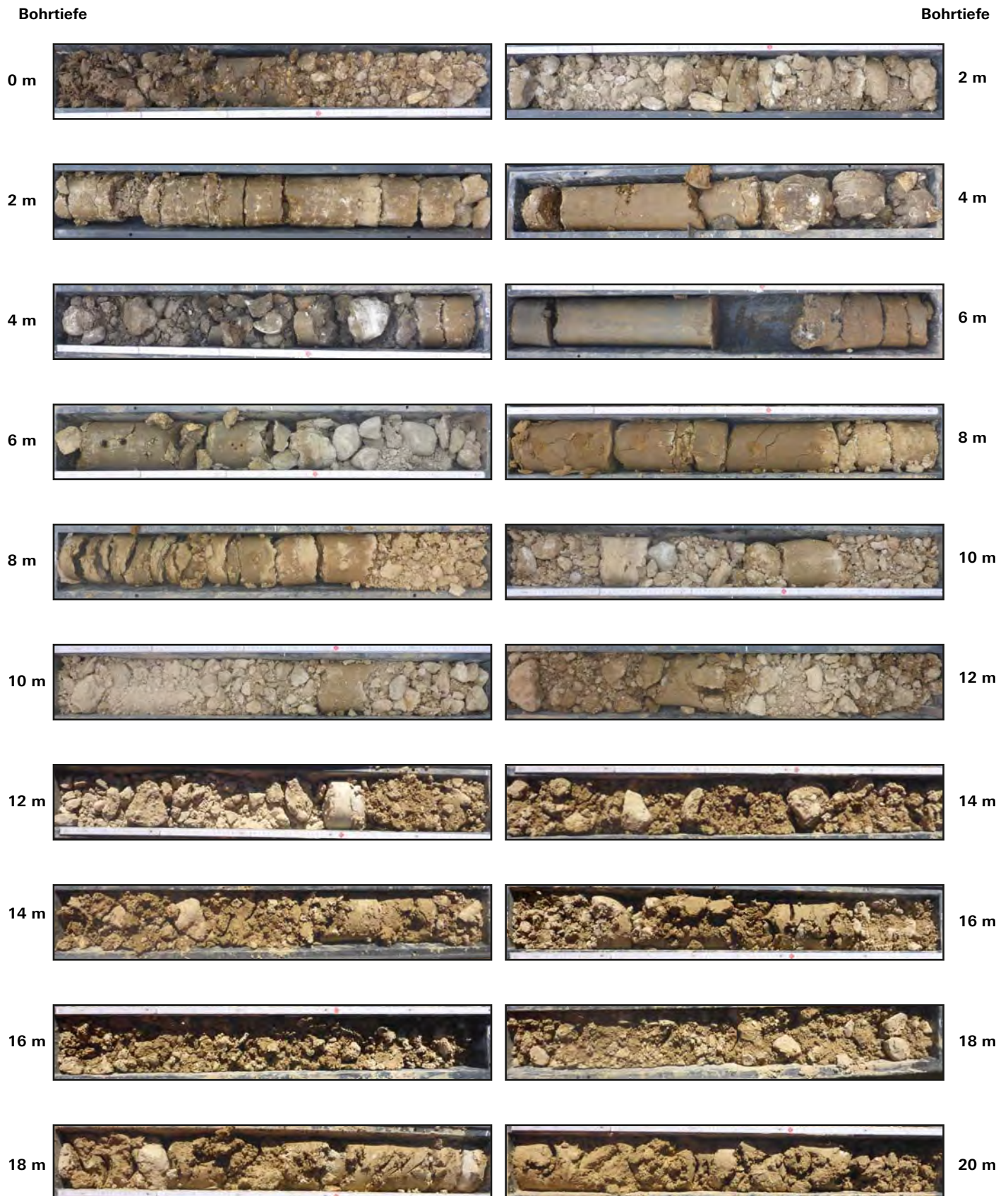
03.11.2020 / AA

51.R.11_Bohrung_R1_Fotodoku.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Beilage 5



**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Fotodokumentation der Bohrung 51.R.12 (R2)

Projekt-Nr.: 51.2794

03.11.2020 / AA

51.R.12_Bohrung_R2_Fotodoku.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Beilage 5

Bohrtiefe

Bohrtiefe

20 m



22 m

22 m



24 m

24 m



26 m

26 m



28 m

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Fotodokumentation der Bohrung 51.R.12 (R2)





















Projekt-Nr.: 51.2794

03.11.2020 / AA

51.R.12_Bohrung_R2_Fotodoku.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Bohrtiefe			Bohrtiefe
0 m			2 m
2 m			4 m
4 m			6 m
6 m			8 m
8 m			10 m
10 m			12 m
12 m			14 m
14 m			16 m
16 m			18 m
18 m			20 m

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Fotodokumentation der Bohrung 51.R.13 (R3)

Projekt-Nr.: 51.2794

03.11.2020 / AA

51.R.13_Bohrung_R3_Fotodoku.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Bohrtiefe

Bohrtiefe

20 m



22 m





















**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Fotodokumentation der Bohrung 51.R.13 (R3)

Projekt-Nr.: 51.2794

03.11.2020 / AA

51.R.13_Bohrung_R3_Fotodoku.pdf

Bohrtiefe			Bohrtiefe
0 m			2 m
2 m			4 m
4 m			6 m
6 m			8 m
8 m			10 m
10 m			12 m
12 m			14 m
14 m			16 m
16 m			18 m
18 m			20 m

**Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693**

Fotodokumentation der Bohrung 51.R.14 (R4)





Projekt-Nr.: 51.2794

03.11.2020 / AA

51.R.14_Bohrung_R4_Fotodoku.pdf

Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel | Pfeffingerstrasse 41 | 4053 Basel | +41 (0)61 365 10 70 | info@geo-online-bs.ch
www.geo-online.ch

Bohrtiefe		Bohrtiefe	
20 m			22 m
22 m			24 m

Böckten, Damm SBB,
Verstärkung EB km 22.693

Fotodokumentation der Bohrung 51.R.14 (R4)

Projekt-Nr.: 51.2794

03.11.2020 / AA

51.R.14_Bohrung_R4_Fotodoku.pdf




Beilage 6

Profile der Kleinsondierungen

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böckten
79576 Weil am Rhein	Projektnr.: 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 18.09.2020
Bohrprofil DIN 4023	Maßstab : 1: 50

RKS 1

Ansatzpunkt: 384.25 mNN

P1	0.20m	0.20m	M u		Mutterboden, Schluff, sandig, schwach humos, durchwurzelt, erdfeucht, weich, dunkelbraun
P2	0.90m	0.90m			Schluff, schwach tonig, schwach kiesig, schwach sandig, erdfeucht, steif, braun
P3	1.60m	1.60m			Kies, sandig, schluffig bis schwach schluffig, erdfeucht, braun

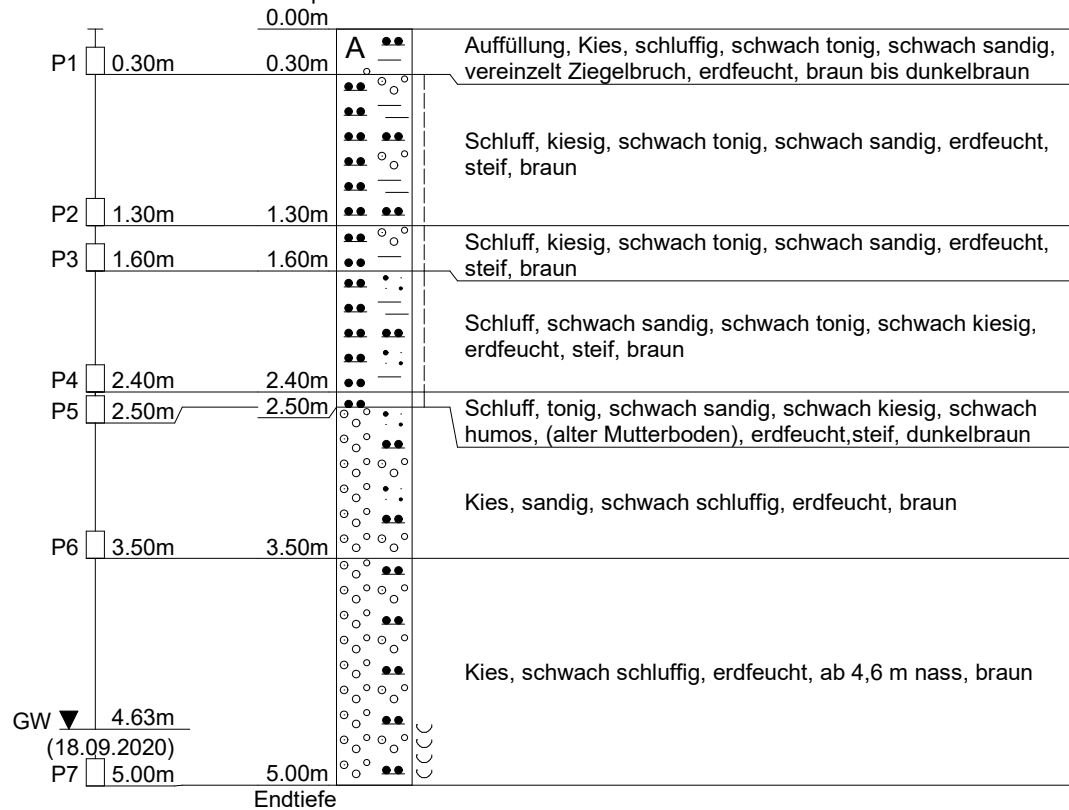
Endtiefe

kein Bohrfortschritt

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böckten
79576 Weil am Rhein	Projektnr.: 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 18.09.2020
Bohrprofil DIN 4023	Maßstab : 1: 50

RKS 2

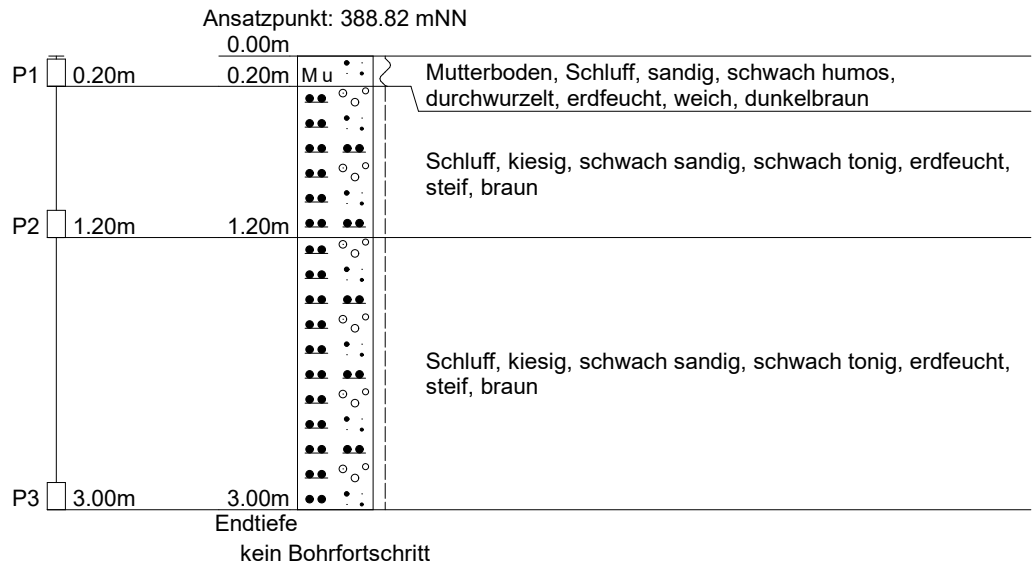
Ansatzpunkt: 383.53 mNN



Wasser ab 4,63 m im Bohrhoch. Kein Bohrfortschritt

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böckten
79576 Weil am Rhein	Projektnr.: 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 18.09.2020
Bohrprofil DIN 4023	Maßstab : 1: 50

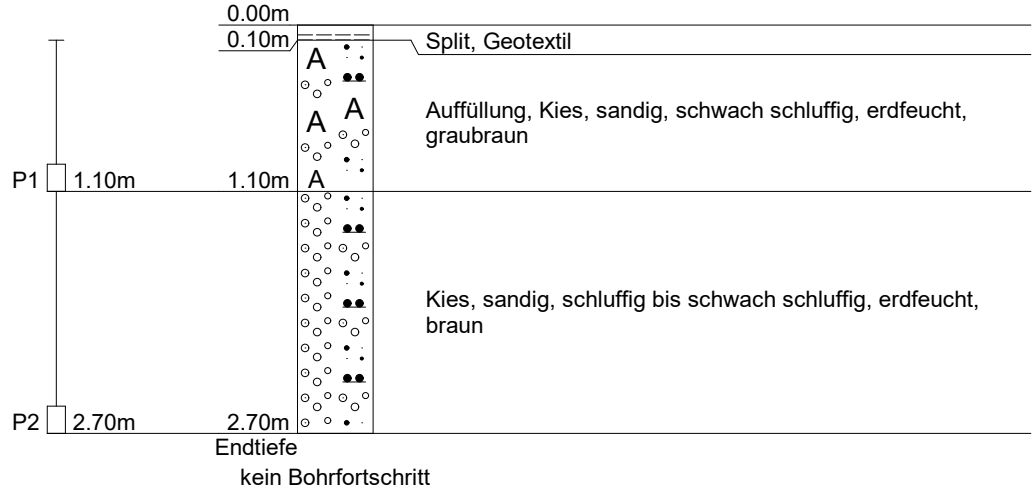
RKS 3



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böckten
79576 Weil am Rhein	Projektnr.: 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 18.09.2020
Bohrprofil DIN 4023	Maßstab : 1: 50

RKS 4

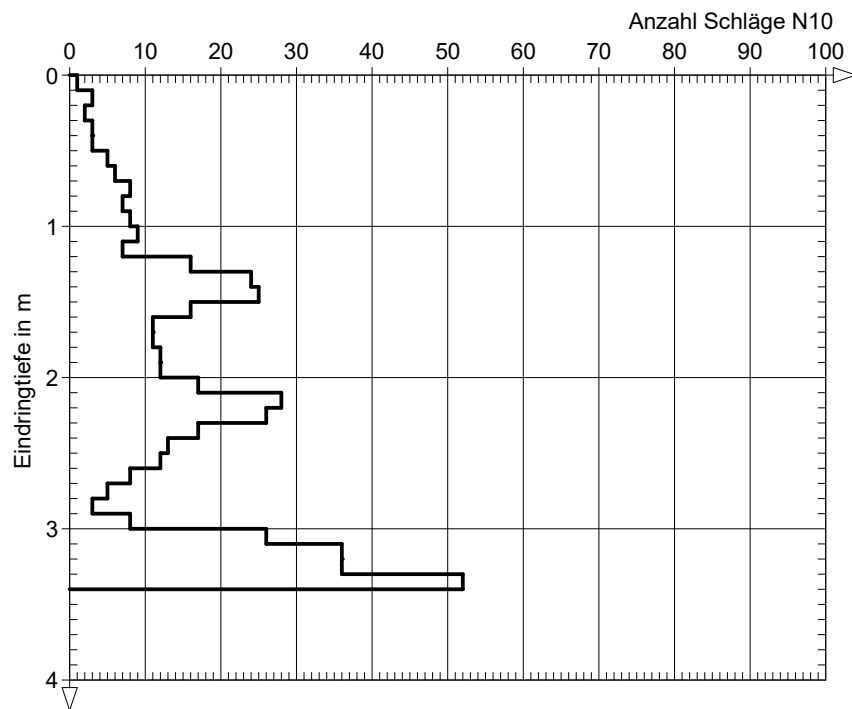
Ansatzpunkt: 386.68 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 28.09.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPH 4

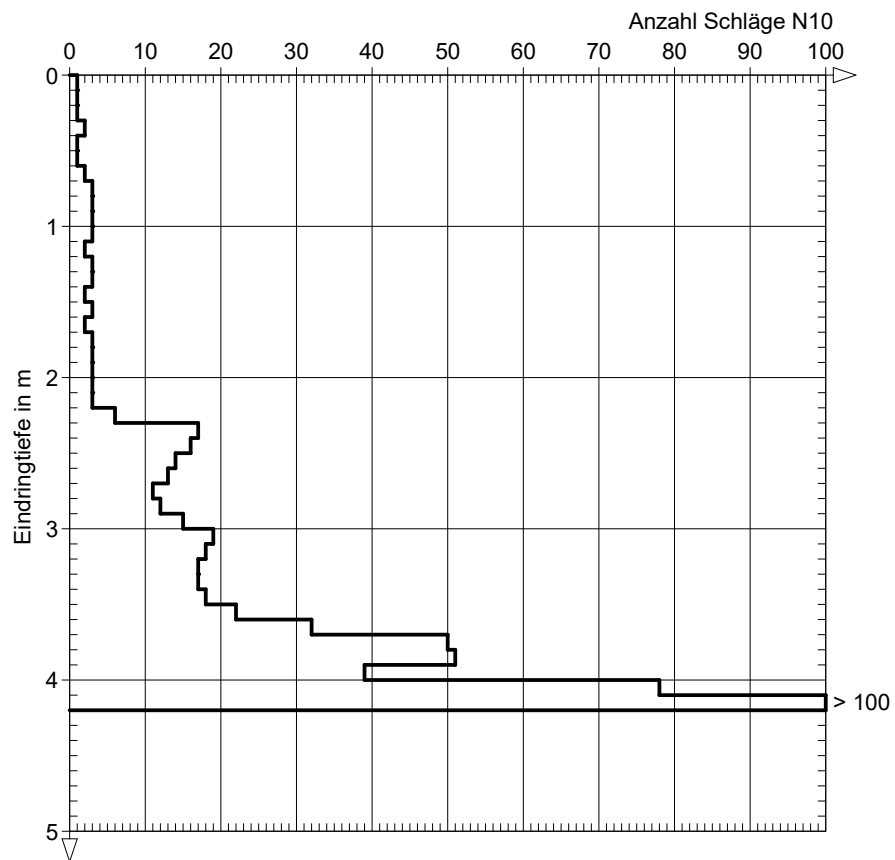
Ansatzpunkt: 382.81 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 28.09.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPH 6

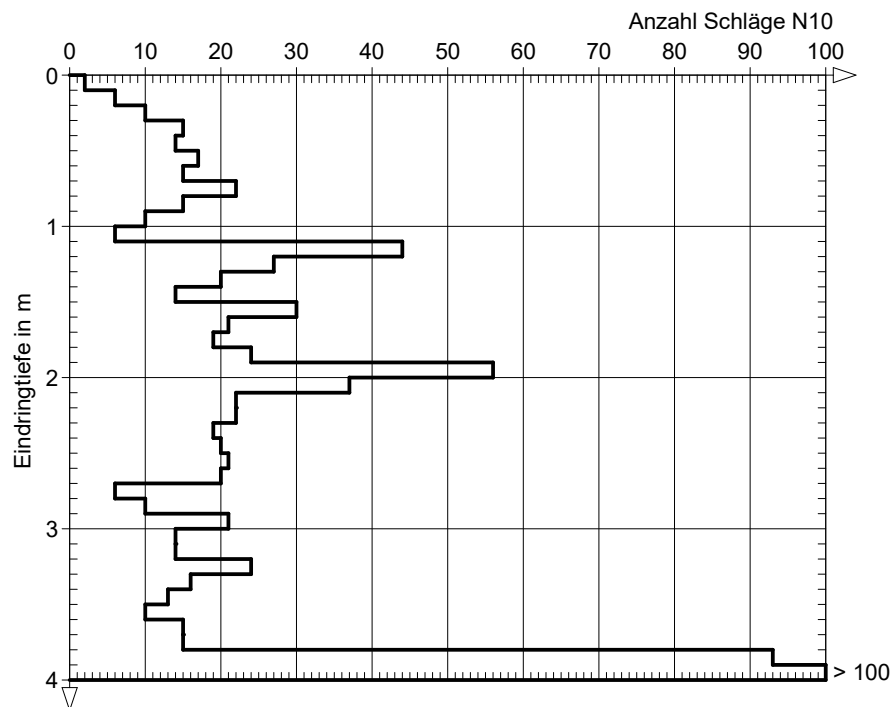
Ansatzpunkt: 383.67 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 28.09.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPM 1

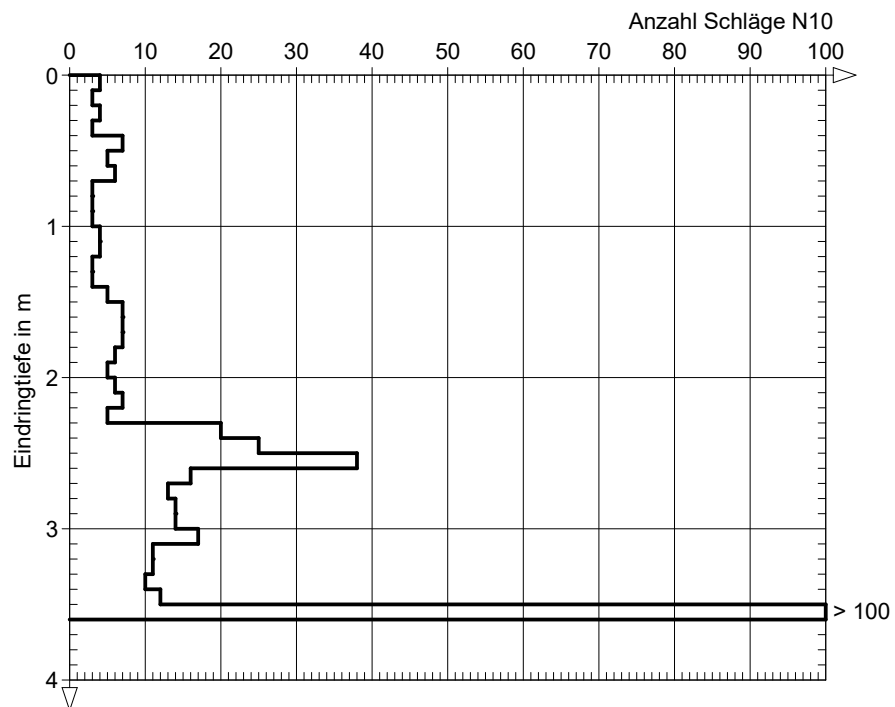
Ansatzpunkt: 386.29 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 08.10.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPM 2

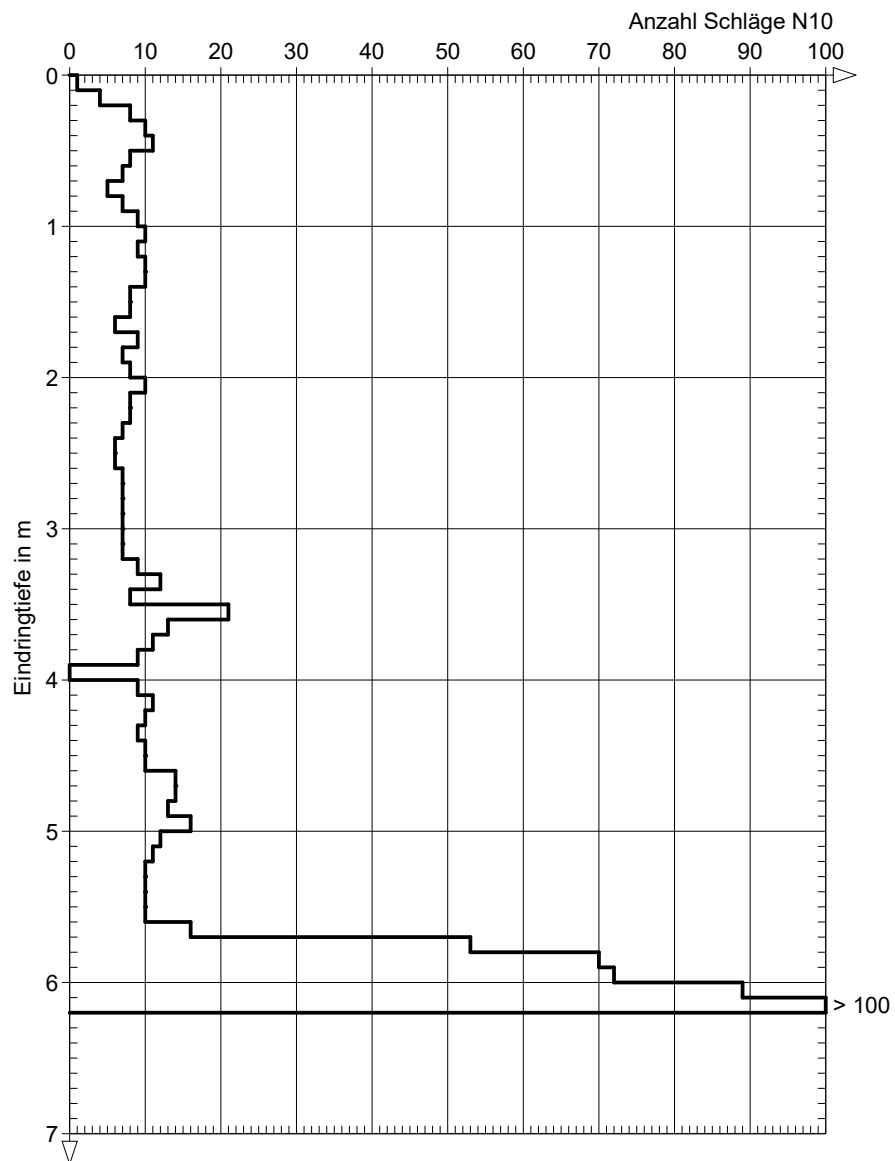
Ansatzpunkt: GOK



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 28.09.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPM 3

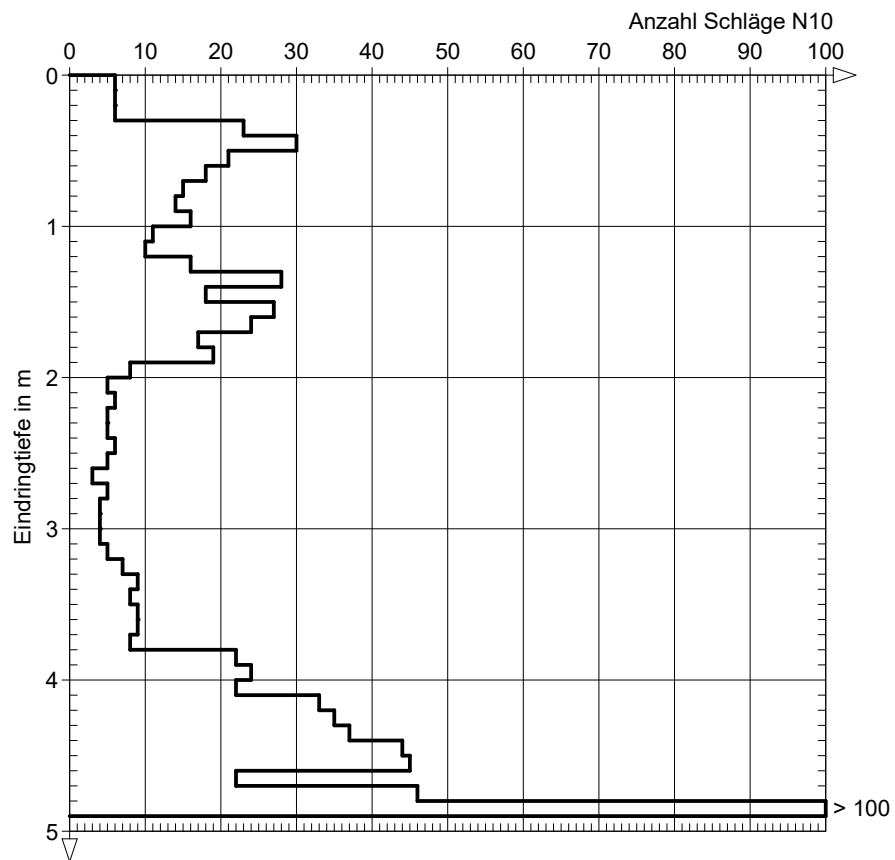
Ansatzpunkt: 386.45 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 28.09.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPM 5

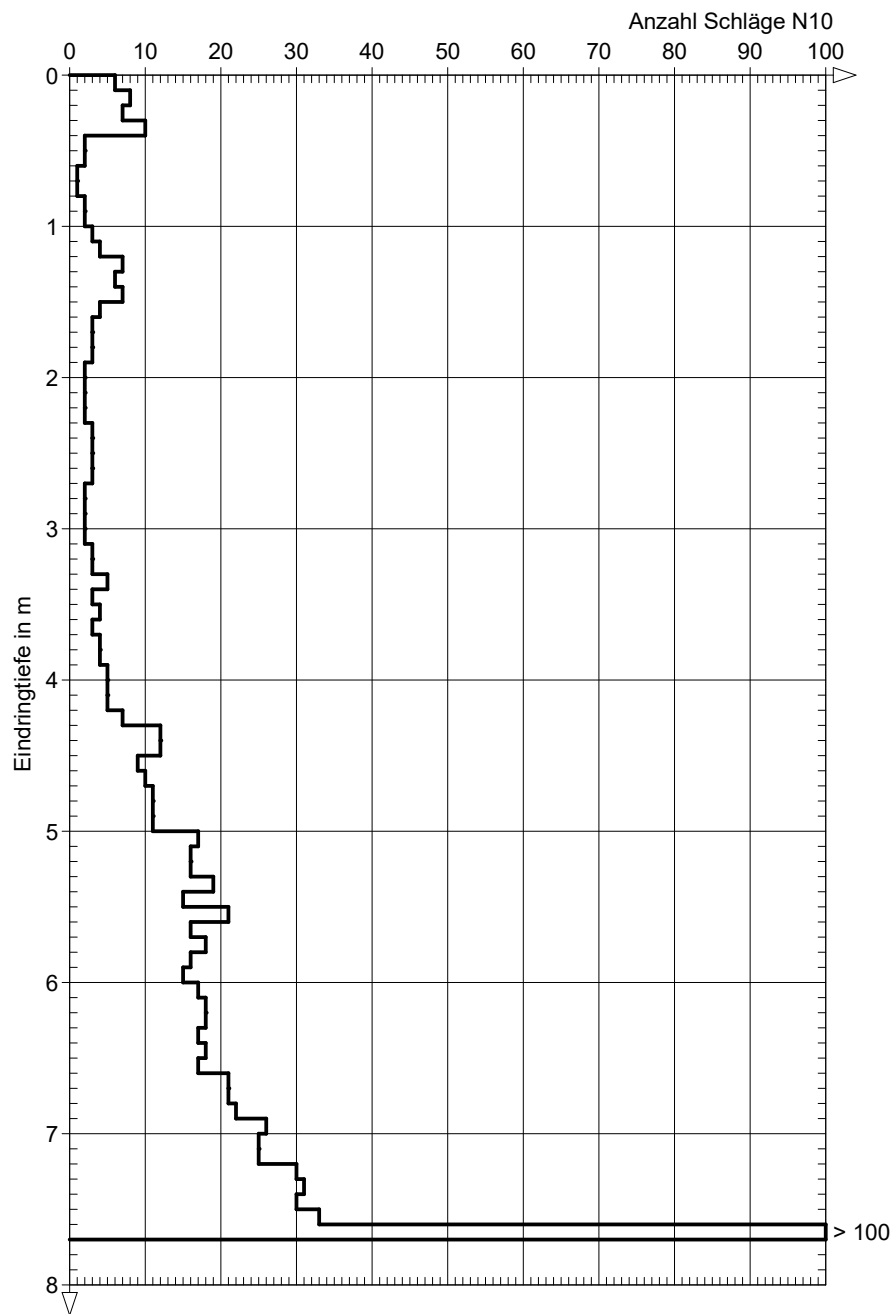
Ansatzpunkt: 385.65 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 28.09.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPM 8

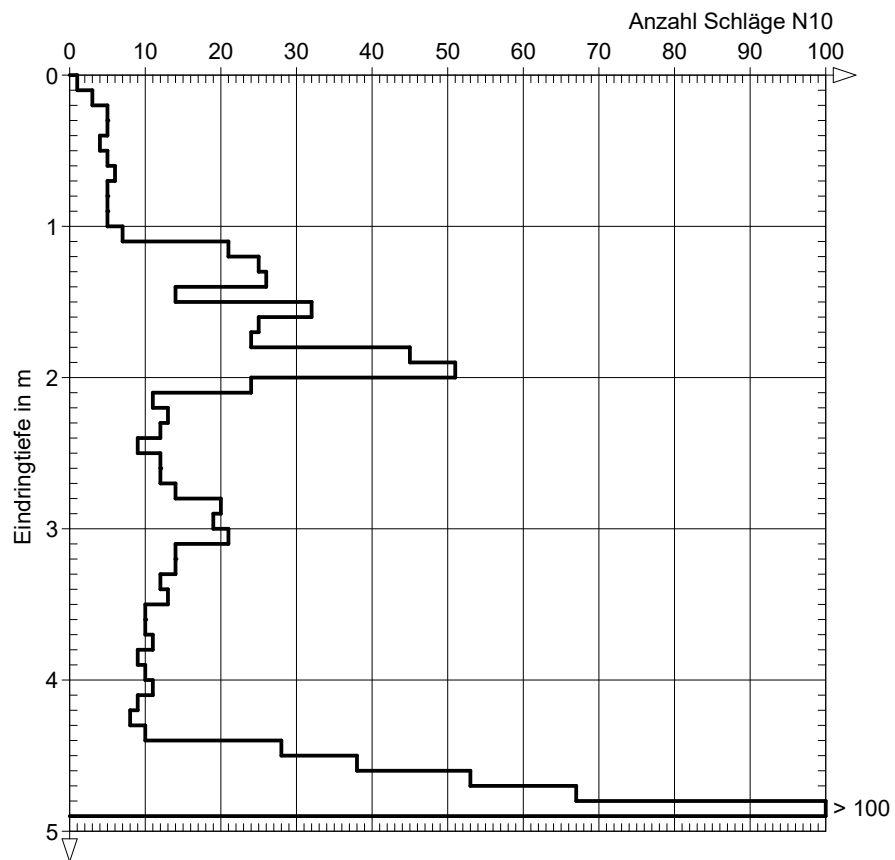
Ansatzpunkt: GOK



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 28.09.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPM 9

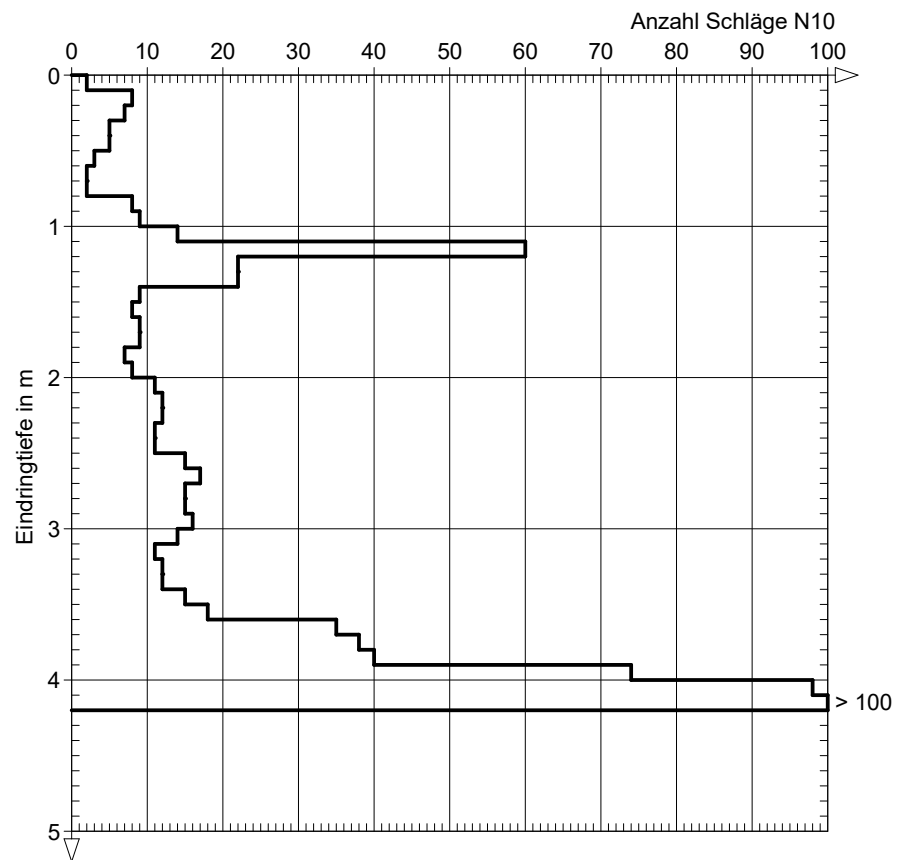
Ansatzpunkt: 386.57 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 15.10.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPM 10

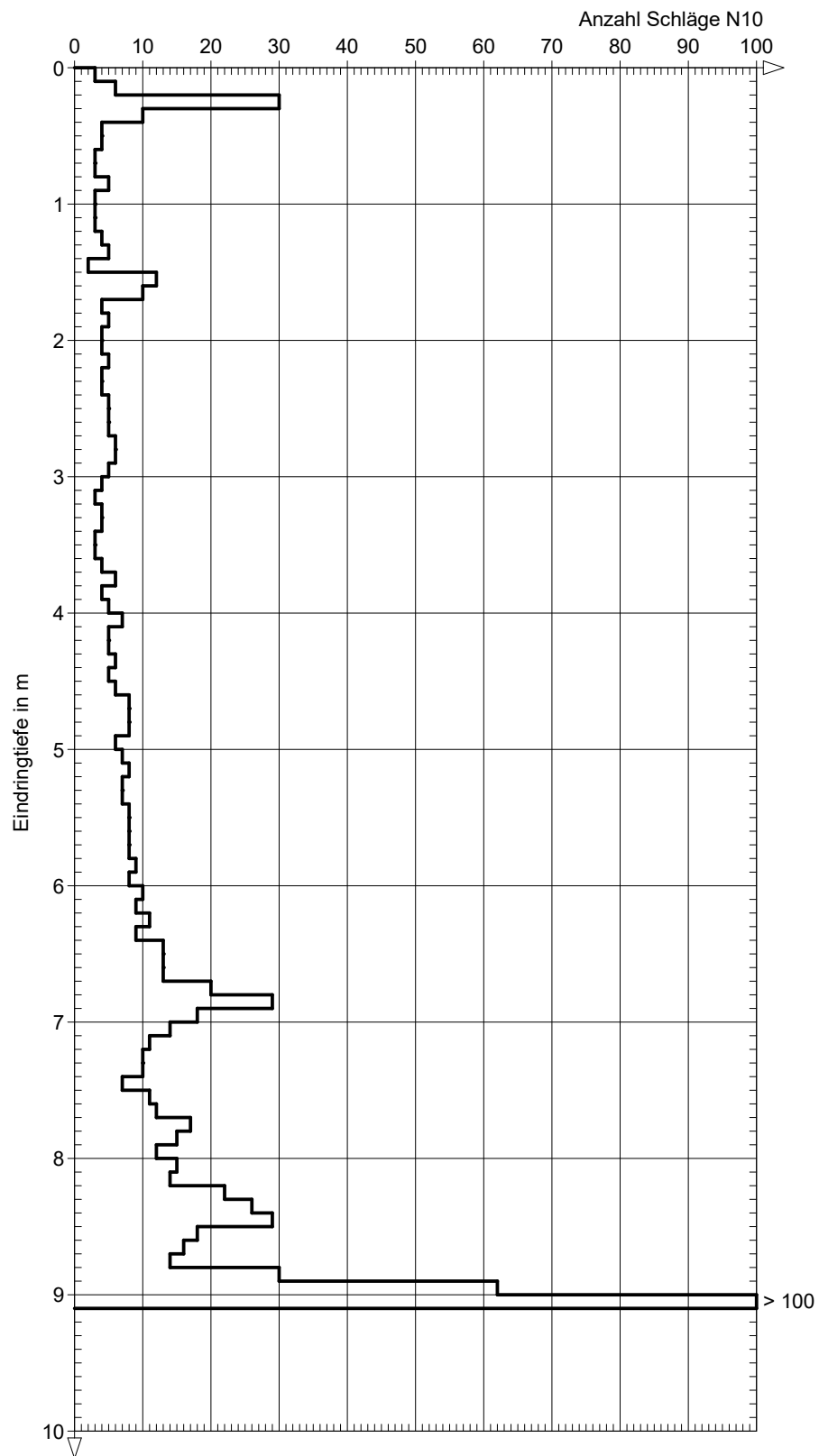
Ansatzpunkt: 389.24 mNN



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 28.09.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPM 11

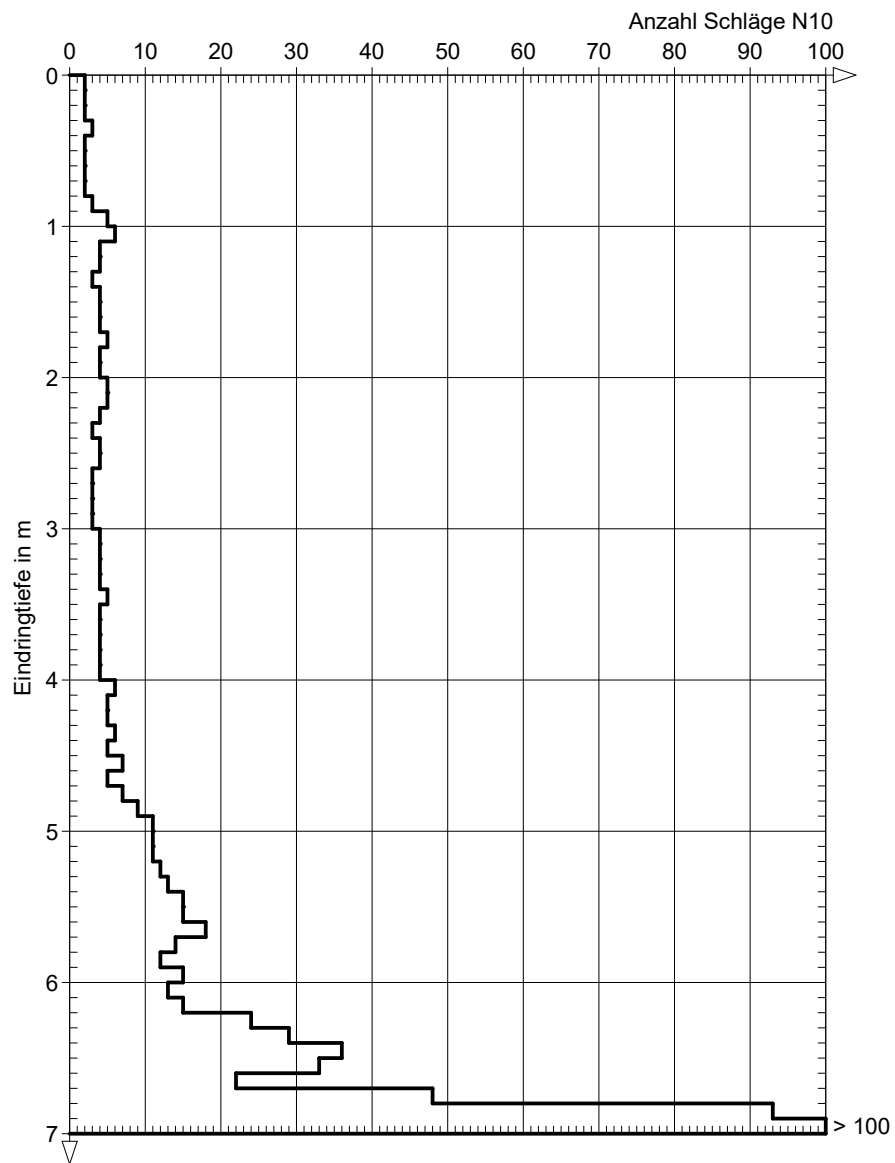
Ansatzpunkt: GOK



Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber : Schweizerische Bundesbahn SBB, Bern
Am Kesselhaus 5	Projekt : SIS-GKD Verstärkung EB km 22.693, Damm Böchten
79576 Weil am Rhein	Projektnr. : 6272
Telefon 07621/95664-0	Datum : 15.10.2020
DIN 4094-3	Maßstab : 1: 50

DPM 12

Ansatzpunkt: 392.06 mNN



Beilage 7

Profile bestehender Rotationskern-
bohrungen

**Kiefer & Studer**Landererstrasse 2
CH-4153 Reinach

Telefon 061/76 94 76

Rotationsbohrung RB 1

M 1:100

Beilage

1319/3

Nr. 1319 Objekt: SBB - Damm Böckter Einschnitt

Höhe in m ü M:

Koordinaten:

Sachbearbeiter: W. Fries

Bohrfirma:

Cron AG

Bohrmeister:

Zwickert

Datum:

12.11.90

L.Nr.	Tiefe	Profil	Geotechnische Bezeichnung	Geol.	Bemerkungen
					SPT
			a) Künstliche Aufschüttung (0.00-7.40 m)		
			00.00-00.55 m: Kiesiger Sand, beige (Rhein-		
			kies, d bis 4 cm).		
			00.55-01.40 m: Graubrauner toniger Silt,		
			weichplastisch mit Kiesen und		
			Steinen (bis 8 cm).	a	— 4/7/8
			01.40-02.45 m: Brauner toniger Silt, weich-		
			plastisch, sandig-kiesig.		
			Steine bis 10 cm.		
			02.45-05.60 m: Steine und Blöcke (d = bis		
			14 cm) eines harten, dichten		
			schwarzen Kalkes, z.T. ooli-		
			thisch in Matrix aus weich-		
			plastischem bis breiigem sil-		
			tigem Ton (Tunnelausbruch-		
			material, evtl. "Unterer		
			Dogger").		
07.40			05.60-07.40 m: Grauer und brauner toniger Silt		
			mit schwarzen Flecken. Fein-		
			verteilter Sand und kantiger		
			Feinkies (oolithische, graue		
			Kalke). Ausgeprägte Plastizi-		
			tät. (Talaueböden mit organi-		
			schsen Beimengungen).		
				b	— 4/6/10
			b) Alluvionen (07.40-14.00 m)		
			07.40-08.75 m: Grüner bis brauner toniger Silt		
			mit Kalkfeinkies (kantige Ooli-		
			the) und schwarzen Schlieren		
			von organischem Material.		
			Steifplastische bis feste Kon-		
			sistenz mit weichplastischen		
			Abschnitten (7.60-7.70 m und		
			8.00-8.40 m).		
			08.75-09.25 m: Brauner tonig-sandiger Silt,		
			weichplastisch.		
			09.25-09.80 m: Kernverlust (in Bohrröhr verklemmte)		
			09.80-10.05 m: Graugrüner weichplastischer to-		
			niger Silt, sandig mit Kalk-		
			kiesen.		
			10.05-15.50 m: Talschotter: Graugelbe sandig-		
			siltige Kalkkiese mit Steinen		
			und Blöcken. Ab 12 m mehrere		
			fest verbackene Lagen.		
15.50					
			Wasserspiegel: 13.90 m		



Kiefer & Studer

Landererstrasse 2
CH-4153 Reinach

Telefon 061/76 94 76

Rotationsbohrung RB 2

M 1:100

Beilage

1319/4

Nr. 1319 Objekt: SBB-Damm Böckter Einschnitt

Höhe in m ü M:

Koordinaten:

Sachbearbeiter: W. Fries

Bohrfirma: Cron AG

Bohrmeister: Zwickert

Datum: 12.11.90

LNr.	Tiefe	Profil	Geotechnische Bezeichnung	Geol.	Bemerkungen
					SPT
			<p><u>a) Künstliche Aufschüttung (0.00-7.15 m)</u></p> <p>00.00-00.50 m: Beiger, sandiger Rheinkies.</p> <p>00.50-00.95 m: Grauer, siltig-sandiger Kies vermischt mit rotbraunem tonigem Silt.</p> <p>00.95-01.15 m: Rheinkiese und -steine mit rotbrauner, siltig-toniger Matrix.</p> <p>01.15-01.45 m: Grünbrauner, toniger Silt mit Kiesen.</p> <p>01.45-02.35 m: Gelbgraue, siltig-sandige Kalkkiese.</p> <p>02.35-02.70 m: Brauner, weichplastischer Lehm mit kantigen Kalkfeinkiesen.</p> <p>02.70-06.10 m: Grüngrauer z.T. brauner und bläulicher, plastischer bis weichplastischer toniger Silt mit organischem Material. Feinverteilter Sand und Feinkiese (Talauelehne).</p> <p>06.10-07.15 m: Brauner, siltig-sandiger Kalkkies.</p> <p><u>b) Alluvionen (7.15-15.70 m)</u></p> <p>07.15-09.65 m: Grüngrauer, weichplastischer Alluviallehm, sandig, mit organischem Material und Kalkkiesen.</p> <p>09.65-10.30 m: Gelbbrauner, siltig-sandiger Kies.</p> <p>10.30-10.50 m: Rotbrauner, siltig-sandiger Kies.</p> <p>10.50-13.10 m: Graubrauner, toniger Silt überwiegend weichplastische Konsistenz mit Kalkkiesen, Steinen und Blöcken.</p> <p>13.10-13.55 m: Durchbohrter Kalkblock.</p> <p>13.55-13.70 m: Blaugrauer, weichplastischer, siltiger Ton mit hohem Anteil an organischem Material.</p> <p>13.70-15.05 m: Brauner, lehmiger Kies, Matrix weichplastisch.</p> <p>15.05-15.65 m: Blaugrauer, halbfester bis weichplastischer, siltiger Ton mit organischer Beimengung.</p>	a	<p>— 4/8/5</p> <p>4.9 5.1 p</p> <p>— 4/6/8</p> <p>8.7 8.9 p</p> <p>— 16/30/22</p> <p>15.5 15.7 p</p>
	07.15				
	15.65				
			Wasserspiegel: -12.20 m		

**Kiefer & Studer**Landererstrasse 2
CH-4153 Reinach

Telefon 061/76 94 76

Rotationsbohrung RB 3

M 1:100

Beilage

1319/5

Nr. 1319

Objekt: SBB-Damm Böckter Einschnitt

Höhe in m ü M:

Koordinaten:

Sachbearbeiter: W. Fries

Bohrfirma: Cron AG

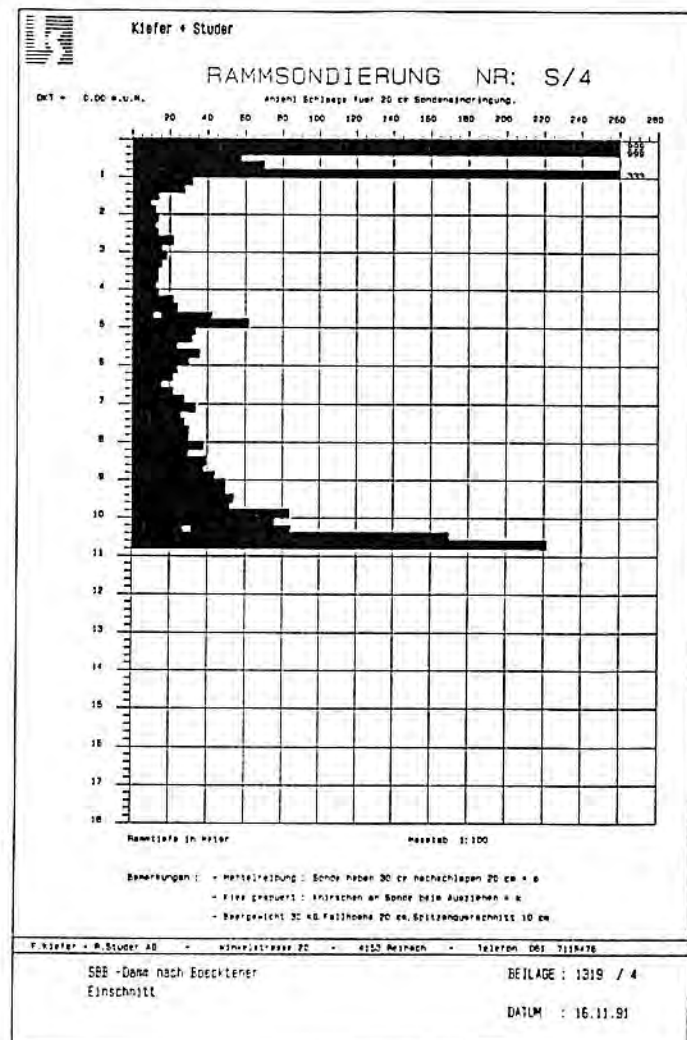
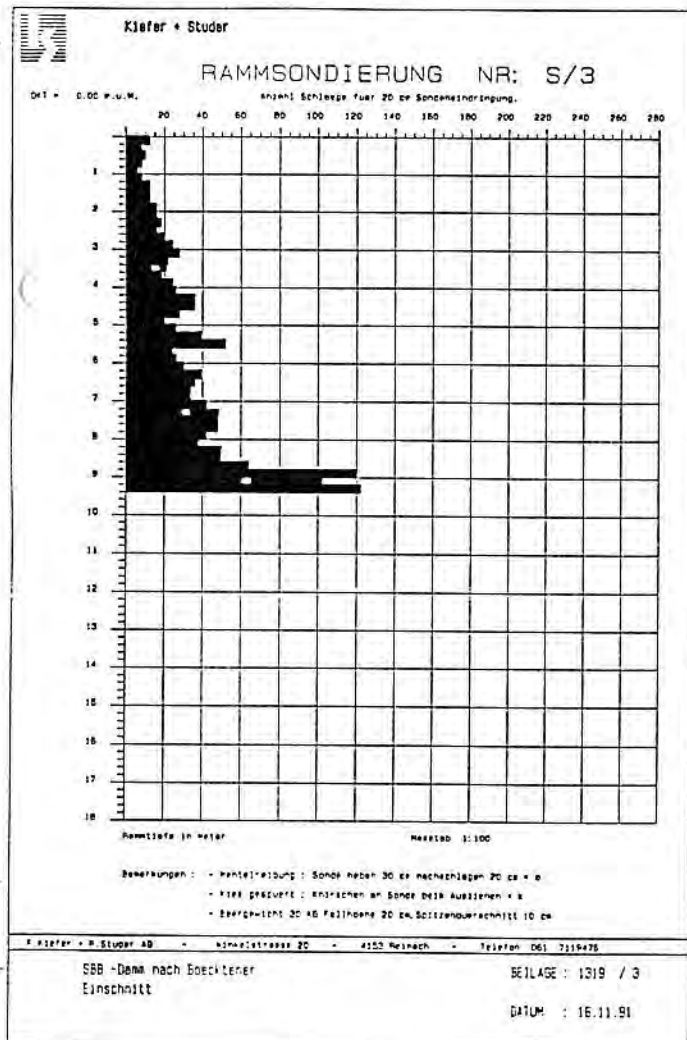
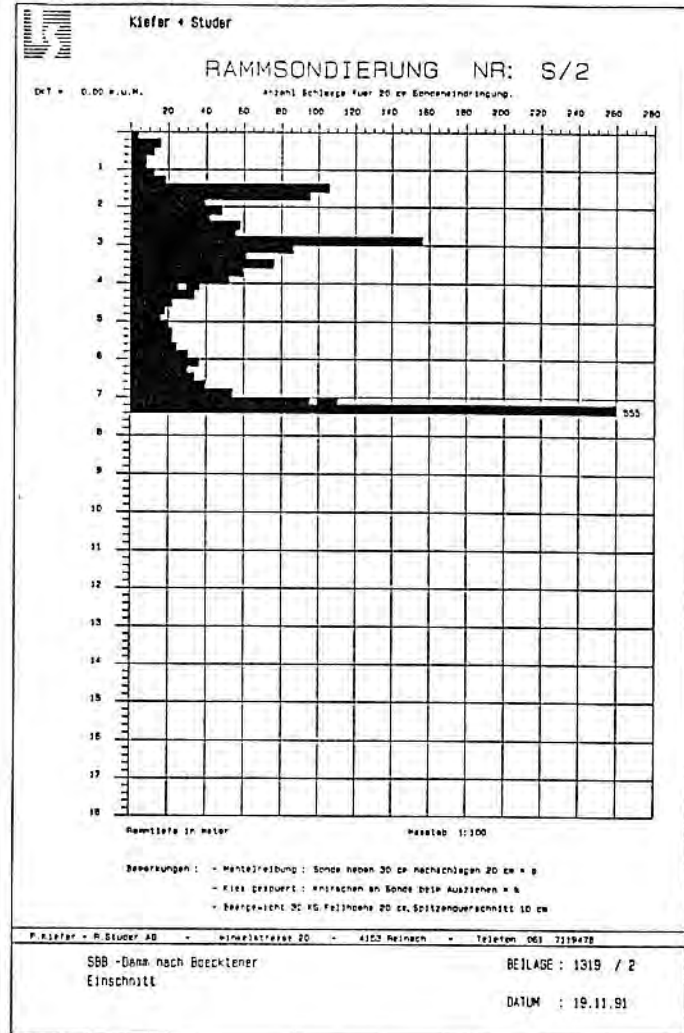
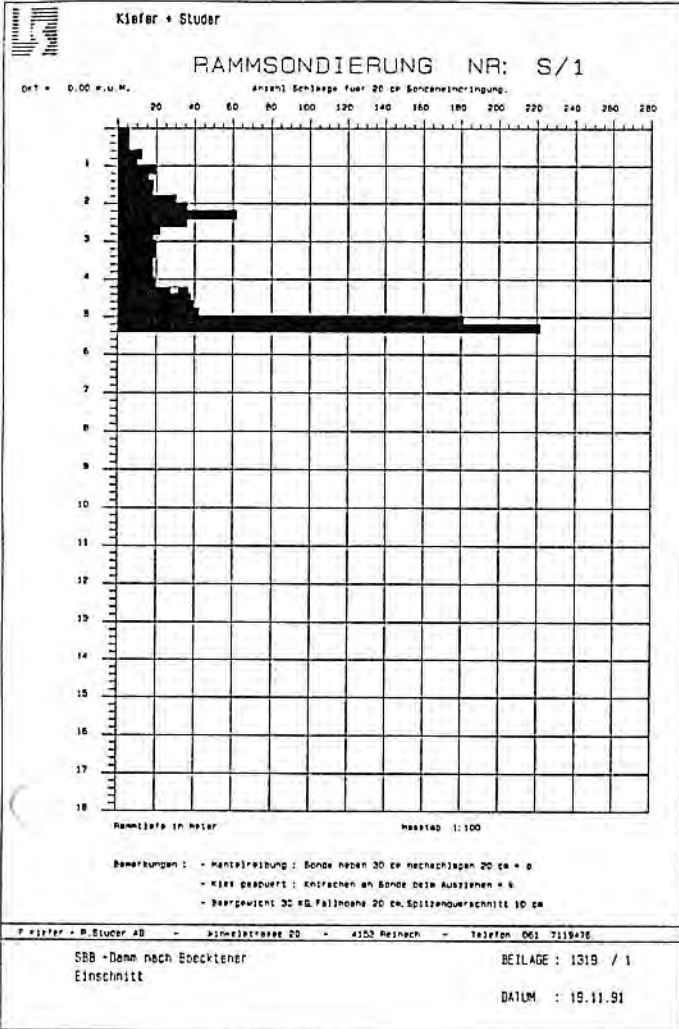
Bohrmeister: Zwickert

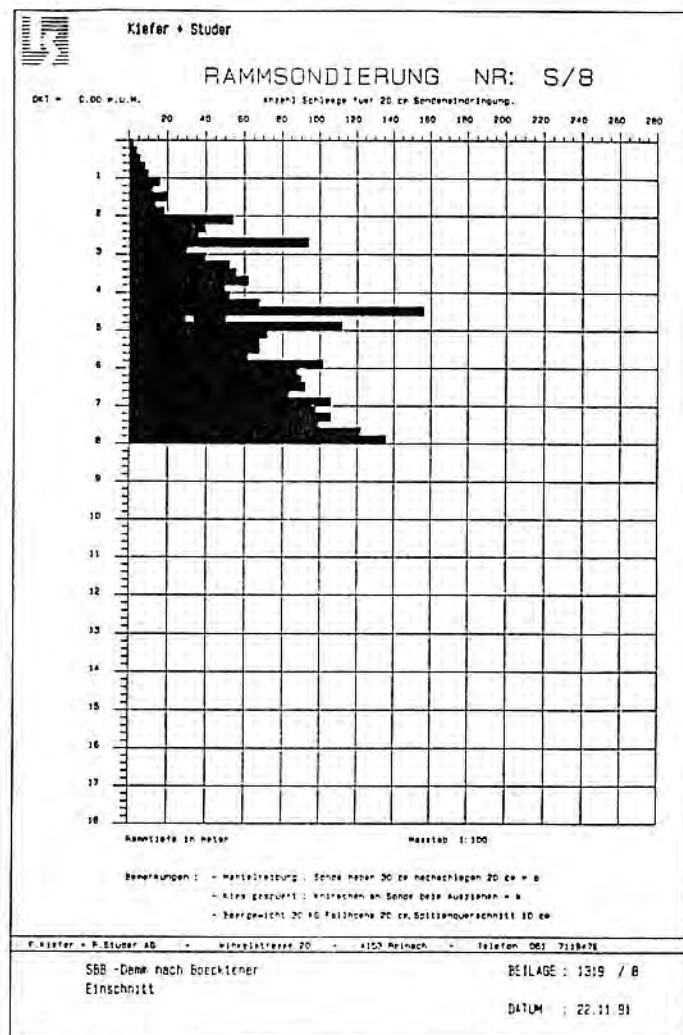
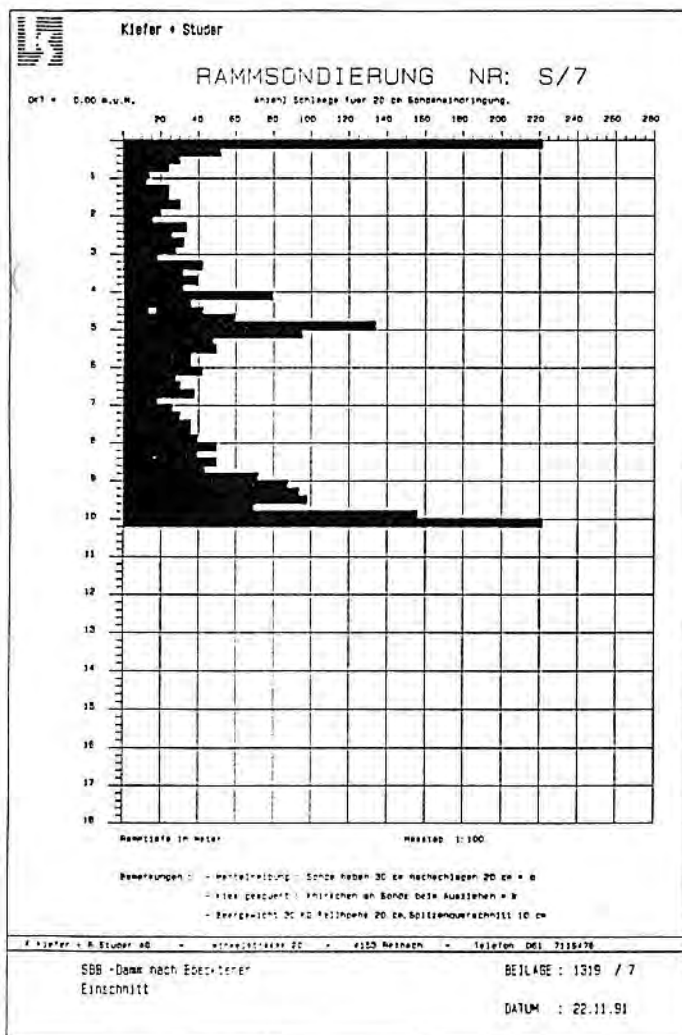
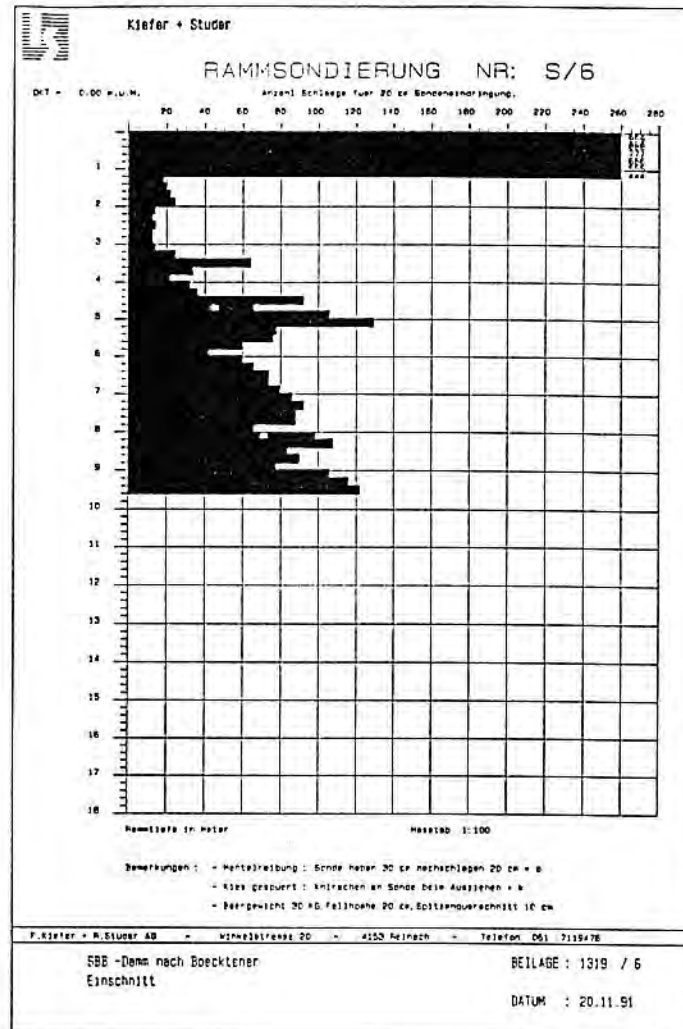
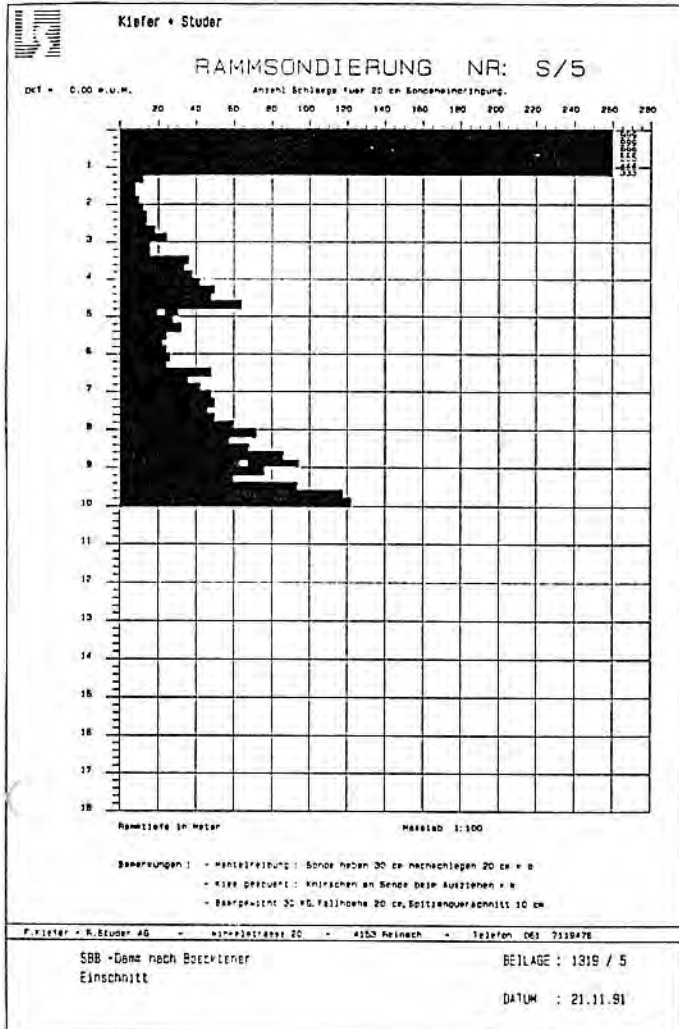
Datum: 12.11.90

LNr.	Tiefe	Profil	Geotechnische Bezeichnung	Geol.	Bemerkungen
					SPT
			<u>a) Künstliche Aufschüttung (0.00-6.00 m)</u> 00.00-00.20 m: Geleiseschotter. 00.20-00.70 m: Gerundete Kiese mit tonigem Silt, grau mit violetter Färbung 00.70-02.00 m: Graublauer, weichplastischer siltiger Ton mit organischem Material und Kalkiesen mit Steinen und Blöcken. 02.00-02.25 m: Gelbgrauer siltig-sandiger Kies. 02.25-04.00 m: Beigebrauner, toniger Silt, weichplastisch mit Kies. 04.00-05.60 m: Kein Bohrgut in der Kernkiste. Material vermutlich durch Bohrvorgang komprimiert. 05.60-06.00 m: Grüngrauer, tonig-siltiger Kies. Matrix weichplastisch.	a	— 6/13/18 3.3 3.5 P — 8/16/21
06.00			<u>b) Alluvionen (06.00-13.80 m)</u> 06.00-10.95 m: Beiger, siltig-toniger Kies mit Sand und einzelnen Steinen. 10.95-11.10 m: Olivgrüner, siltiger Ton, weichplastisch, mit Kalkfeinkiesen. 11.10-13.70 m: Beiger, siltig-sandiger Kalkkies mit Steinen und Blöcken. Abschnittsweise tonig.	b	6.8 7.0 P — 7/10/21
13.70			Wasserspiegel : -12.4 m		

Beilage 8

Profile bestehender Kleinsondierungen

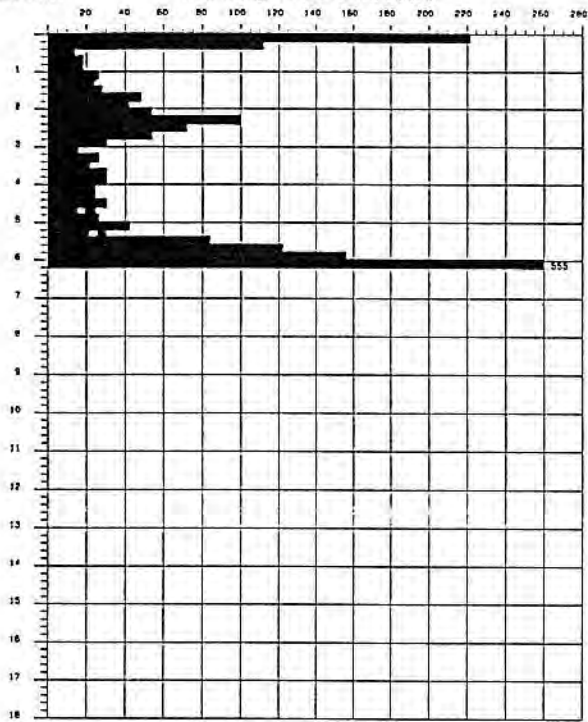




RAMMSONDIERUNG NR: S/9

Ort: 1.00 m.u.M.

Anzahl Schläge fuer 20 cm Sondeneindringung:



Sondentiefe in Meter

Maßstab 1:100

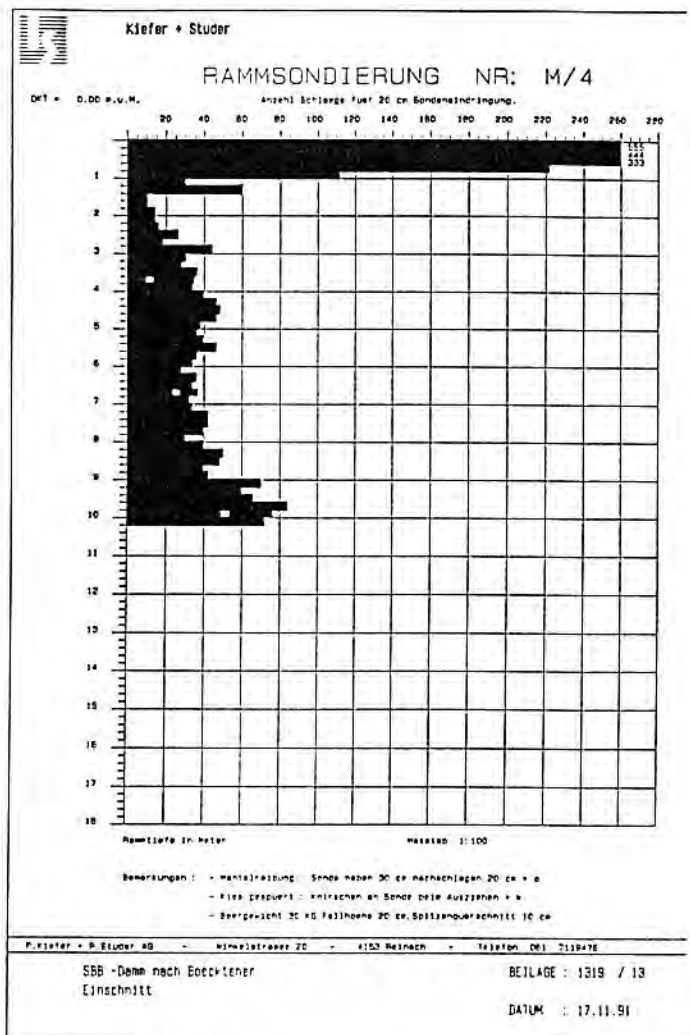
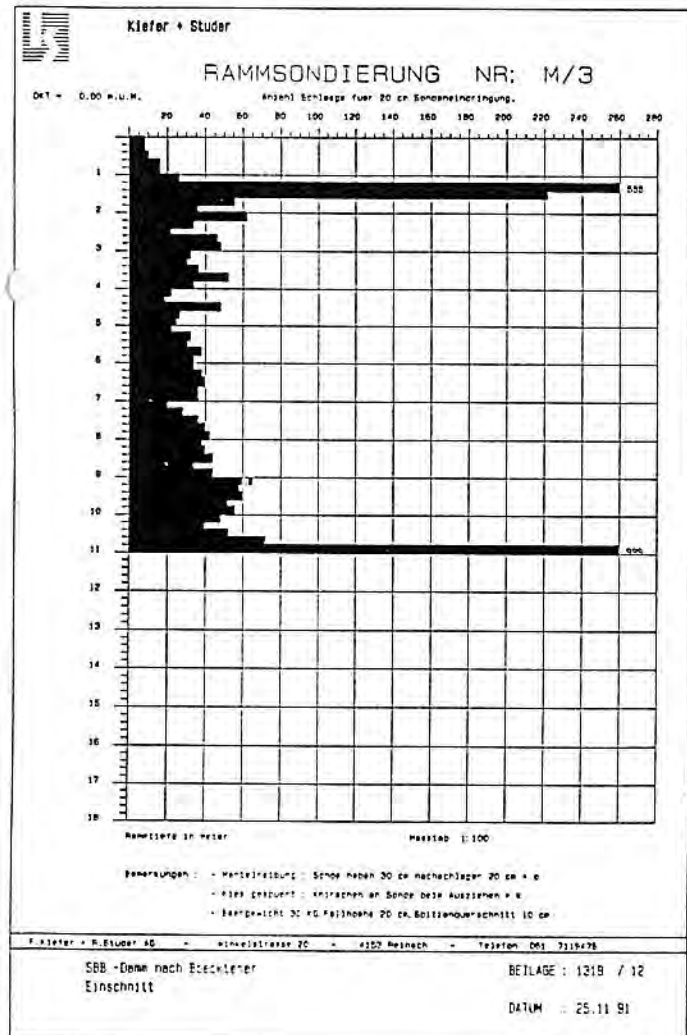
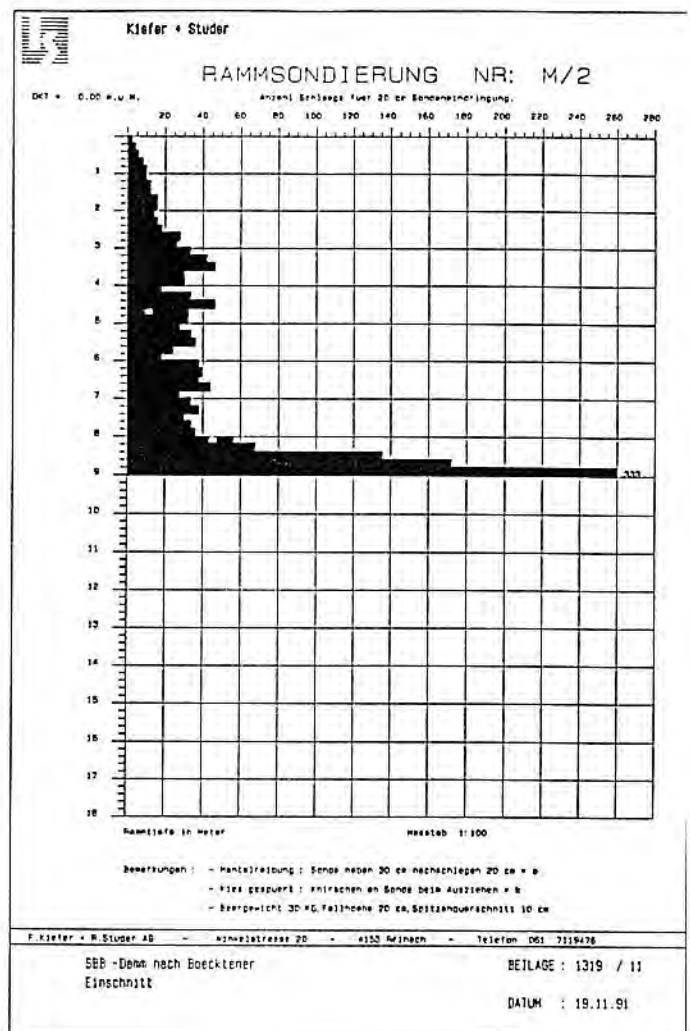
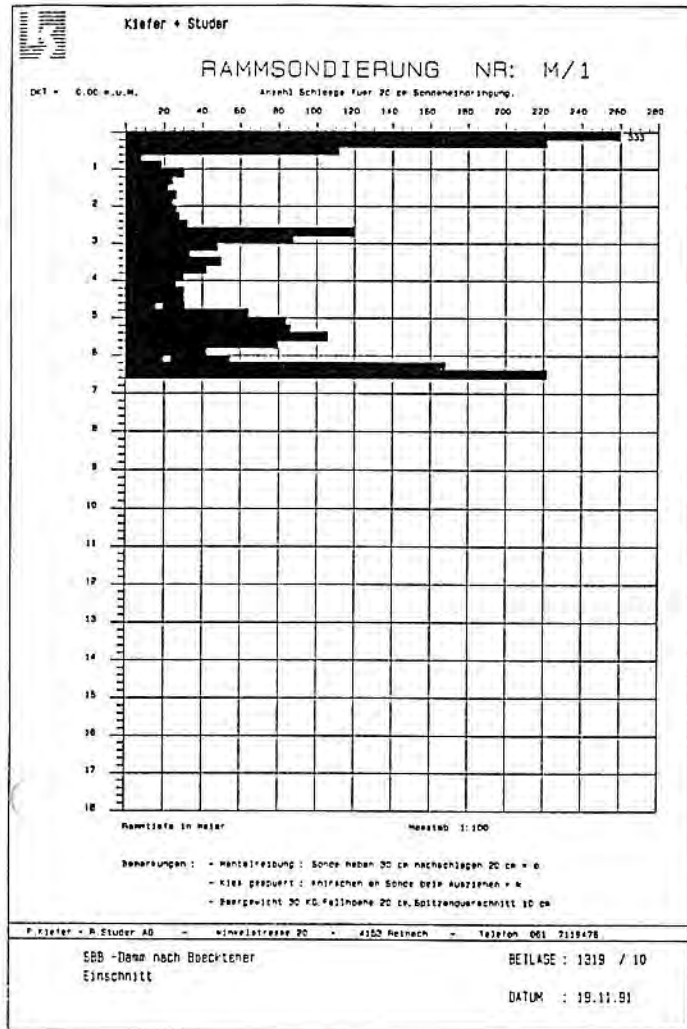
Bemerkungen: - Penetration: Sonde haben 30 cm nachschlagen 20 cm = 0
 - Kies geprüf: Anzeichen an Sonde beim Ausziehen = 0
 - Baugewicht 30 kg Fallhöhe 20 cm, Bohrlochdurchschnitt 10 cm

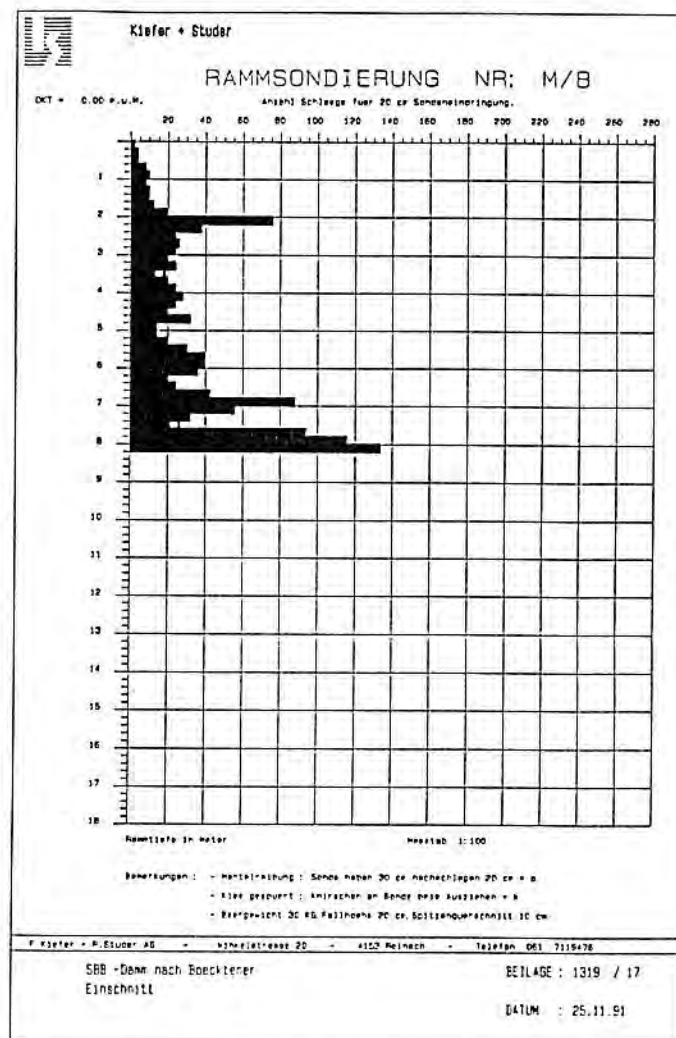
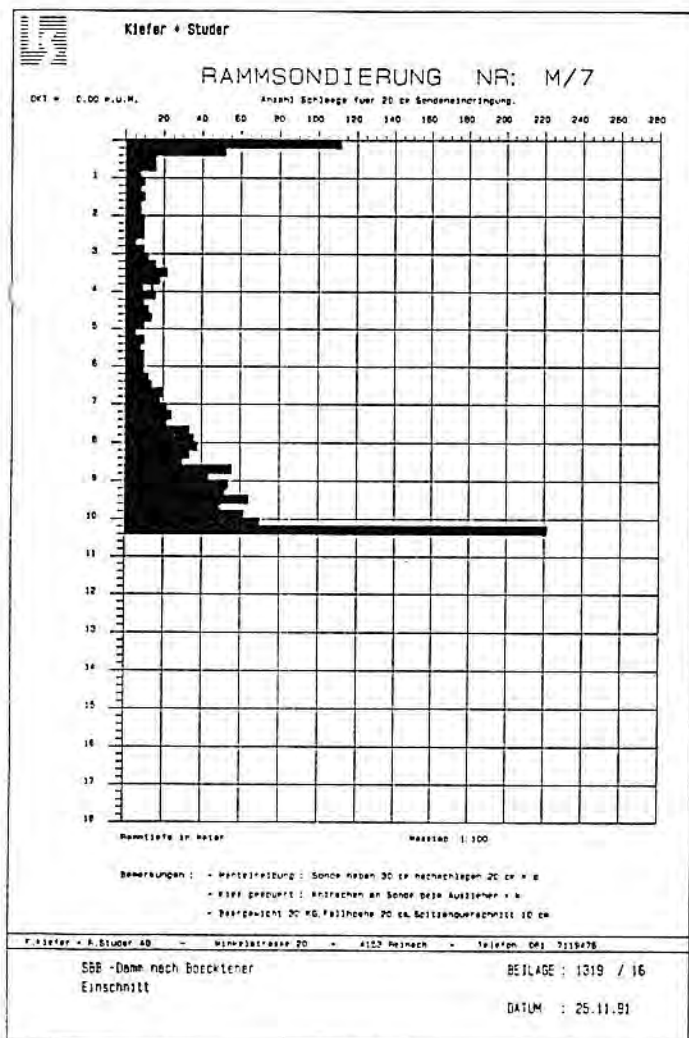
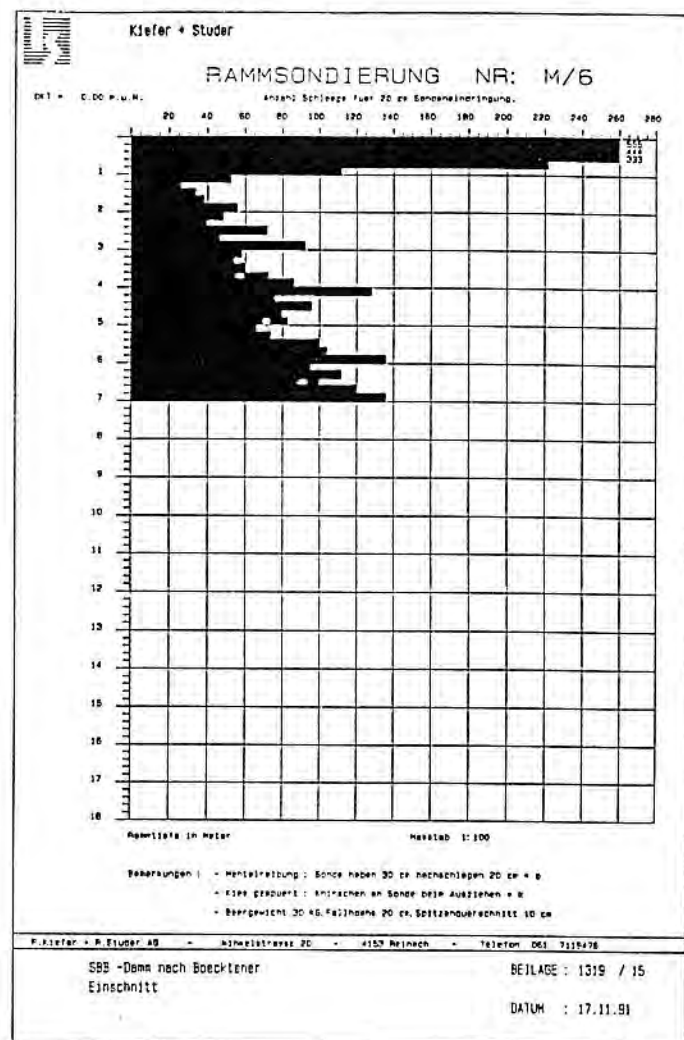
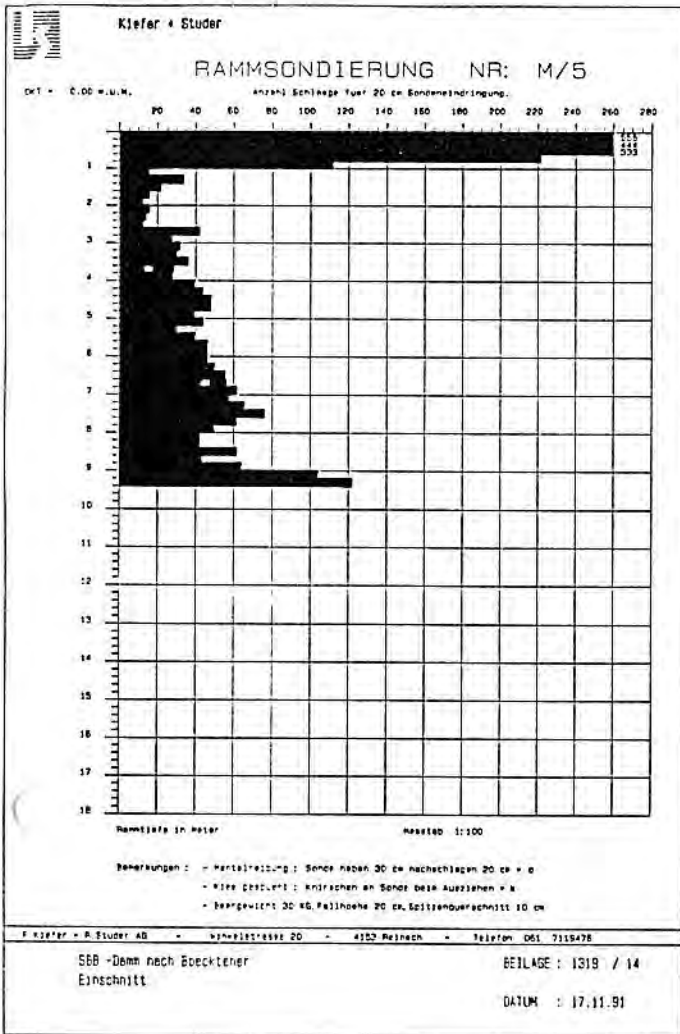
P. Kiefer + R. Studer AG - Winkelstrasse 20 - 4153 Reinach - Telefon 061 7119476

SBB -Damm nach Boeckleiner
 Einschnitt

BEILAGE: 1319 / 9

DATUM: 22.11.91

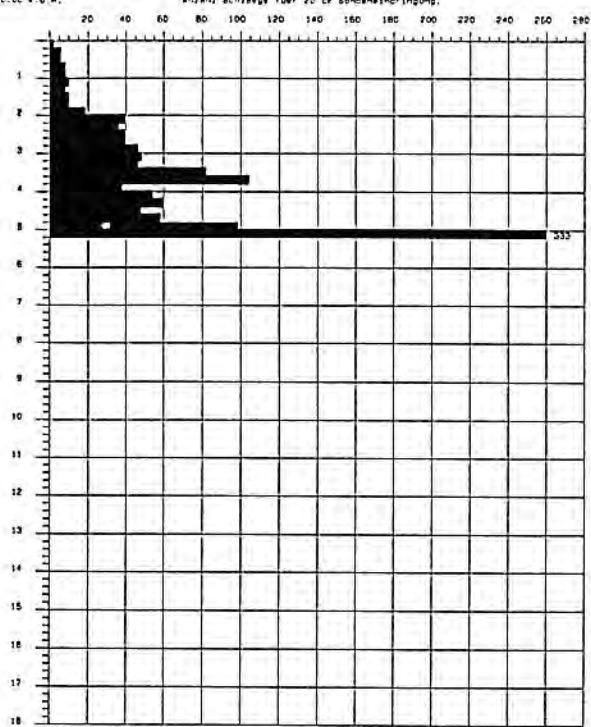




RAMMSONDIERUNG NR: M/9

Dkt. = D. DC a.u.M.

anzahl Schläge fuer 20 cm Sondeneindringung.



Rammtiefe in Meter

Maßstab 1:100

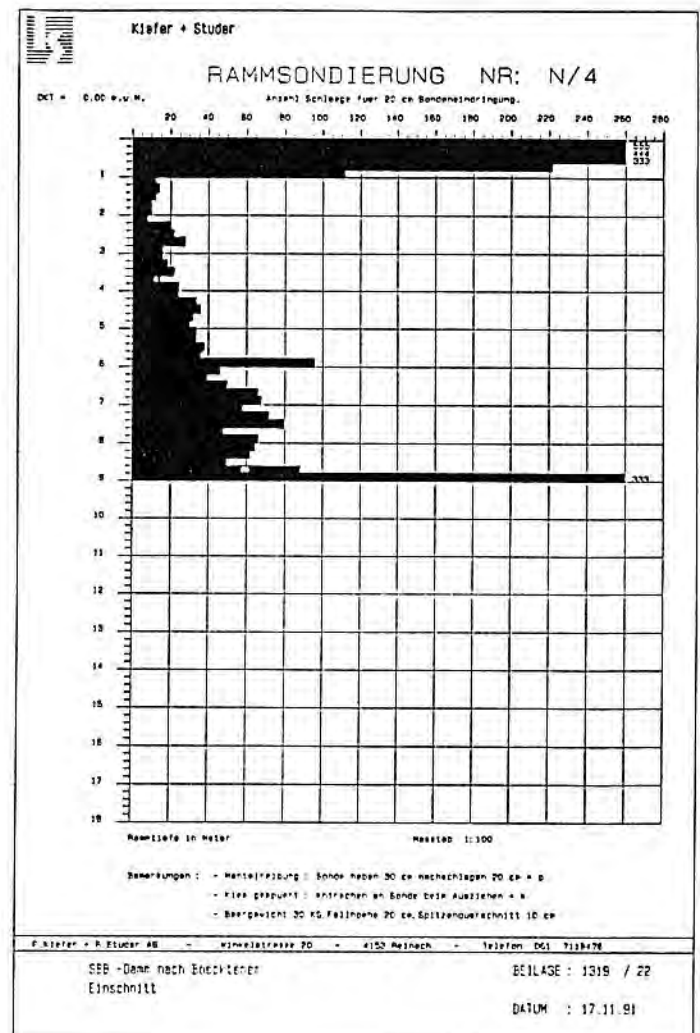
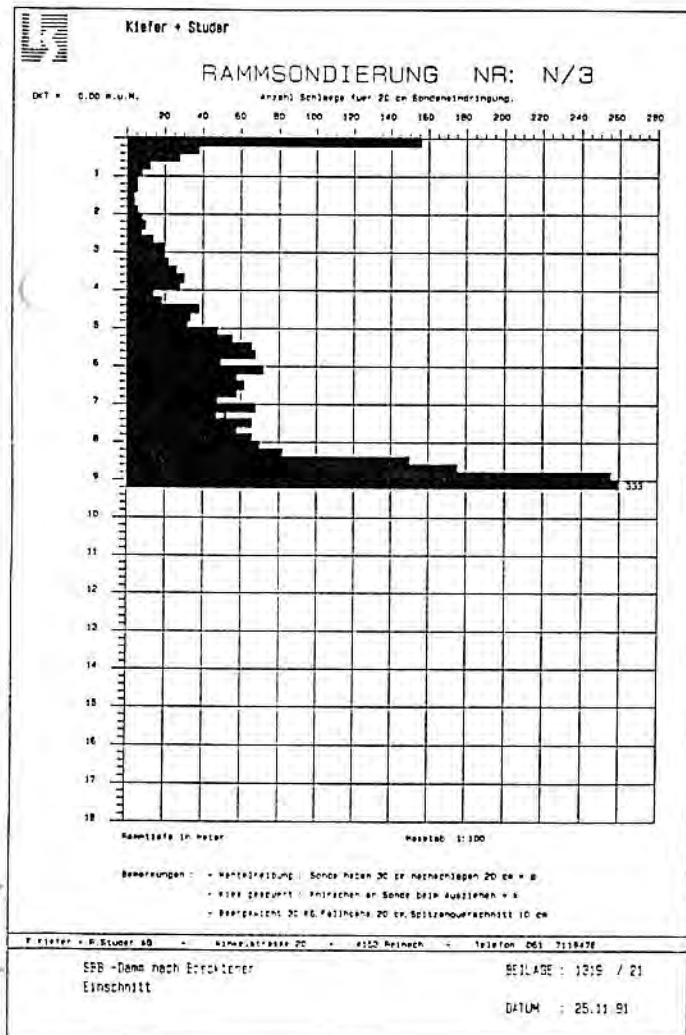
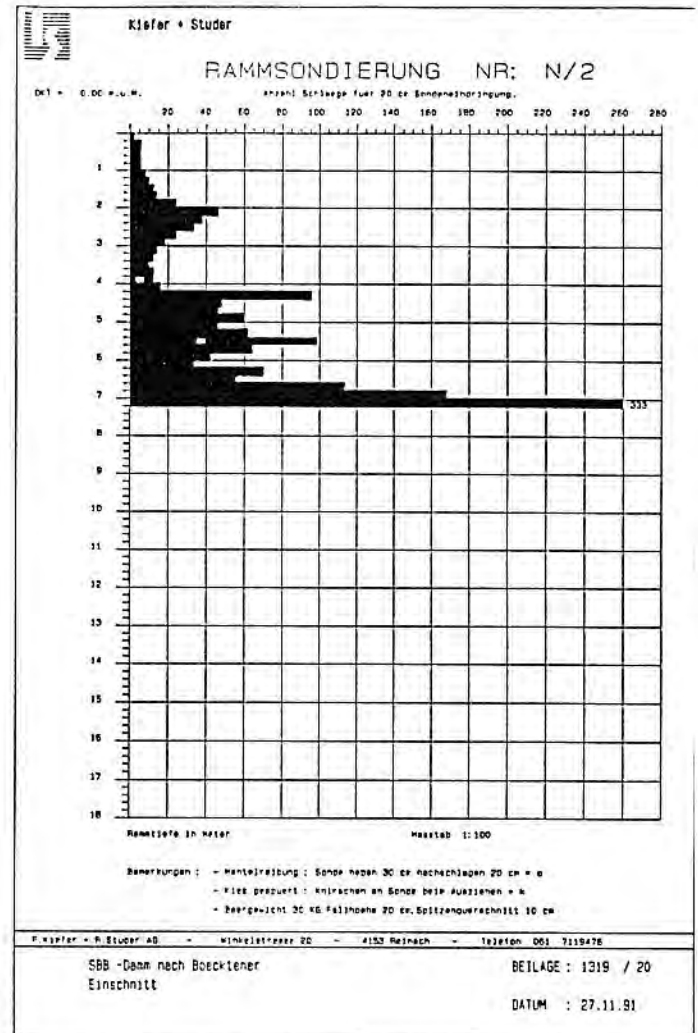
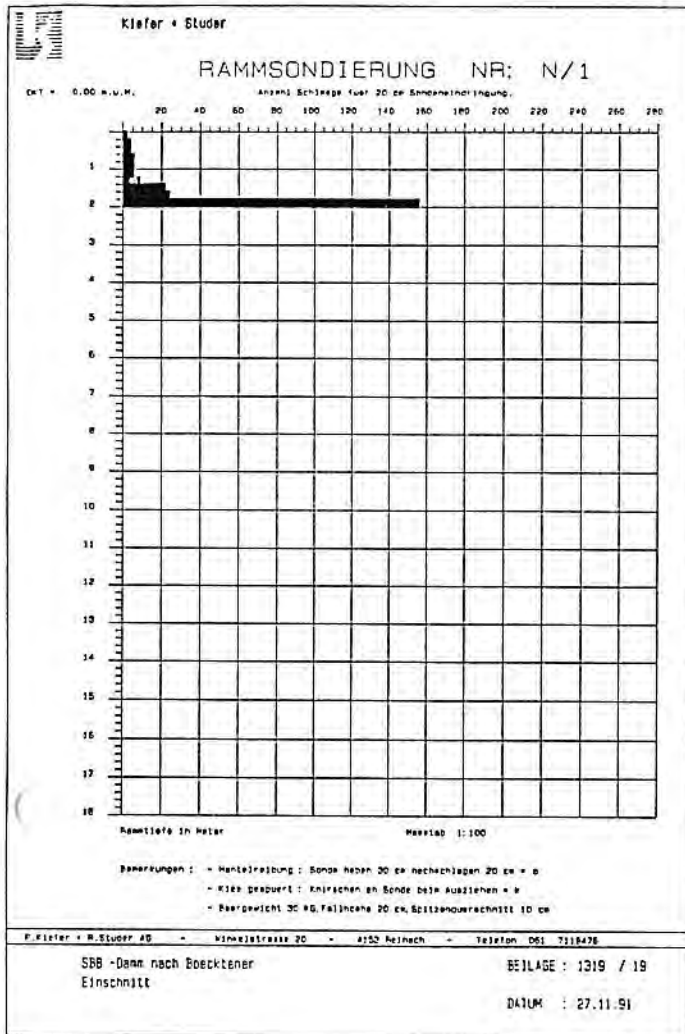
- Benutzungen:
- Mantelreibung: Sonde neben 20 cm hochschlagen 20 cm = 0
 - Kiste gepumpt: Knirschen an Sonde beim Ausziehen = 0
 - Baugewicht 30 kg Fallhöhe 20 cm Spitzendurchschnitt 10 cm

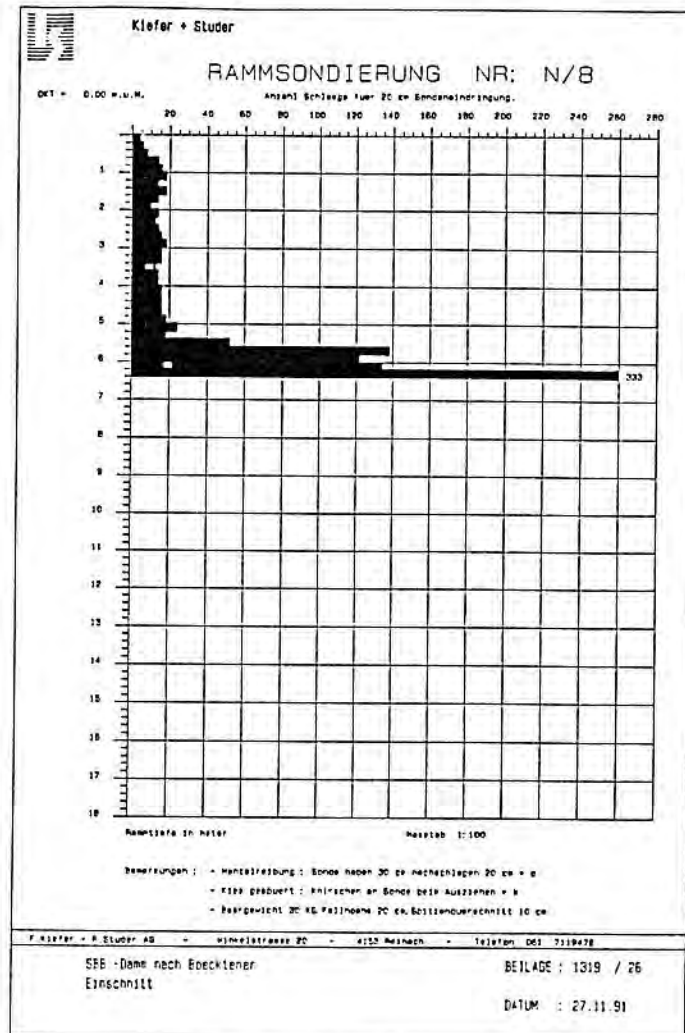
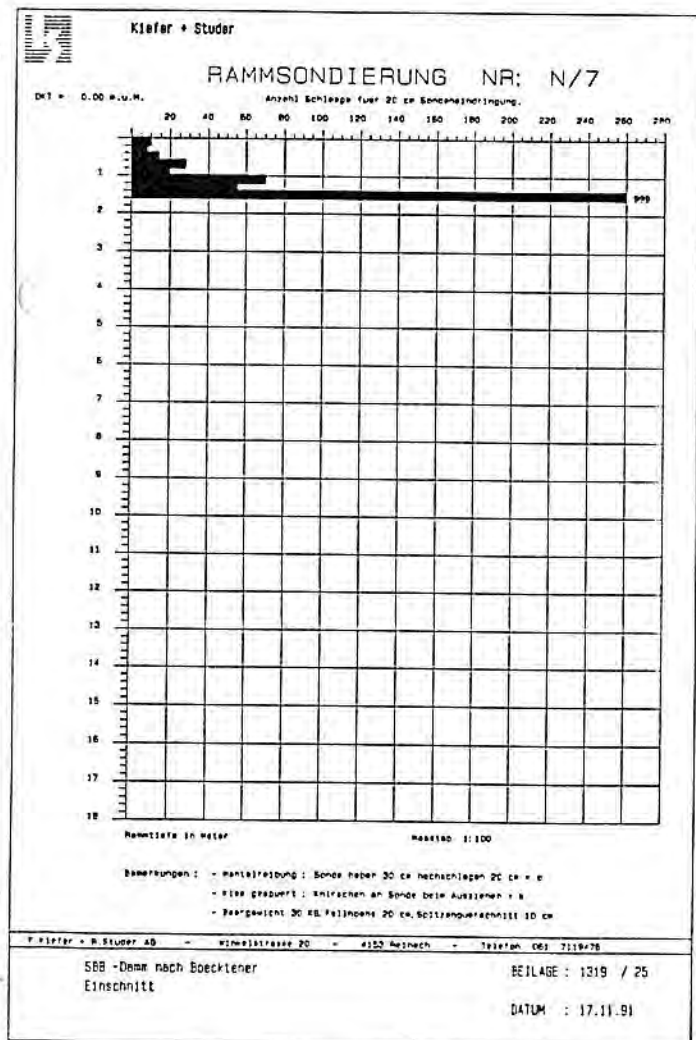
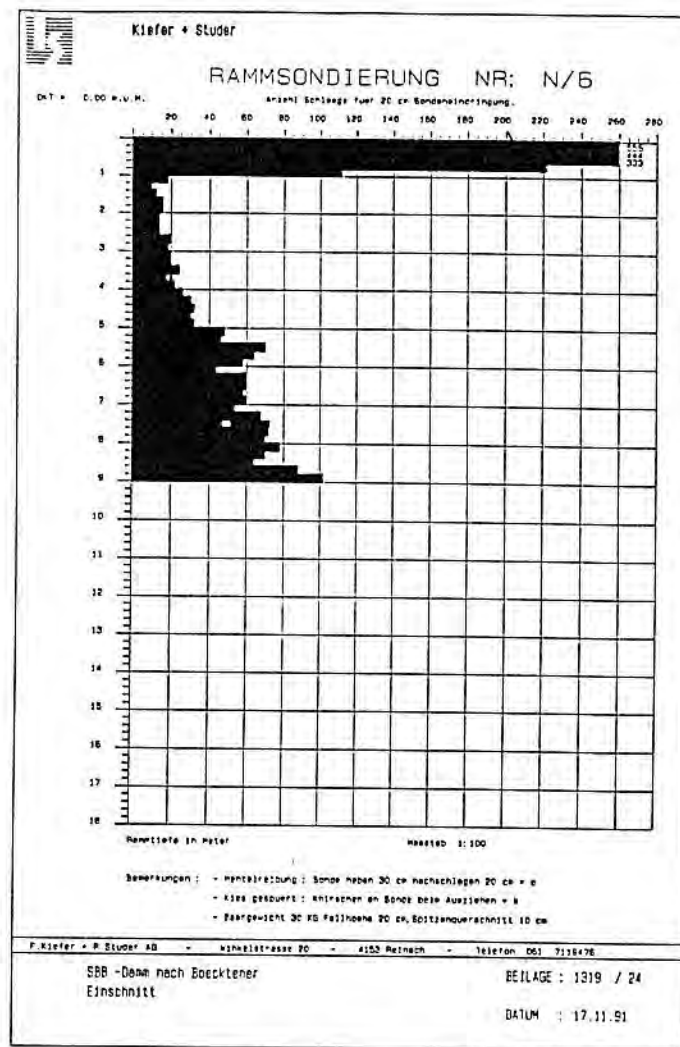
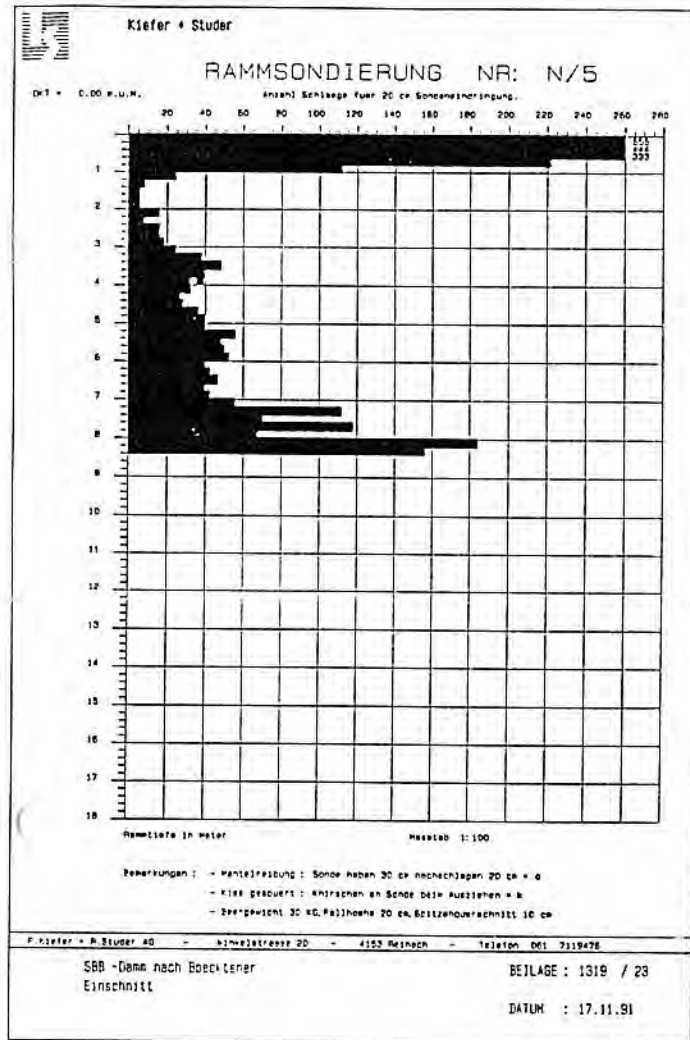
F. Kiefer + R. Studer AG - Winkelstrasse 20 - 4150 Reinach - Telefon 061 7119478

SBB -Damm nach Edecktener
Einschnitt

BEILAGE: 1319 / 18

DATUM: 22.11.91

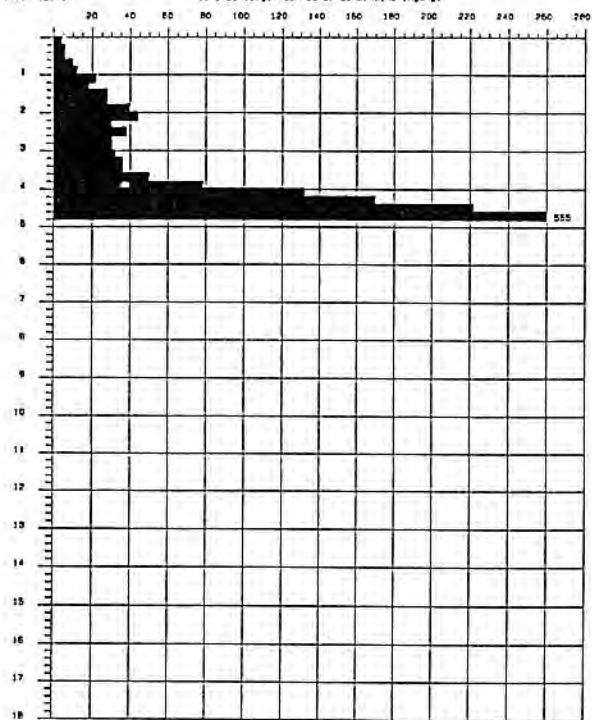




RAMMSONDIERUNG NR: N/9

Dm = 0.00 - u. M.

Anzahl Schläge fuer 20 cm Sondeneindringung.



Rechnung in Meter

Maßstab 1:100

Bemerkungen:

- Mantelreibung: Sonde haben 30 cm nachschlagen 20 cm = 0
- Kies gesäubert: Knirschen an Sonde beim Ausziehen = 0
- Beirgezeit 30 kg Fallhöhe 20 cm Schlagenurschnitt 10 cm

F. Kiefer - R. Studer AG - Winkelstrasse 20 - 4155 Reinach - Telefon 061 7119478

SBB -Damm nach Eoekterer
Einschnitt

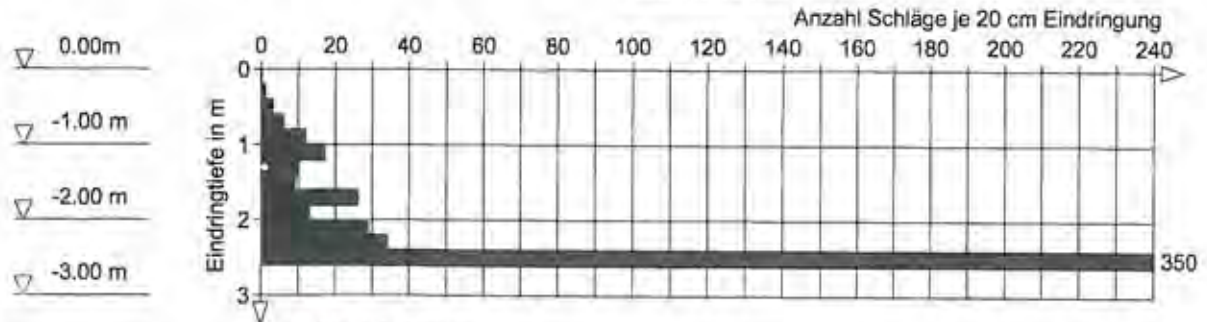
BEILAGE : 1319 / 27

DATUM : 27.11.91

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	7A
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 1A

Ansatzpunkt: GOK



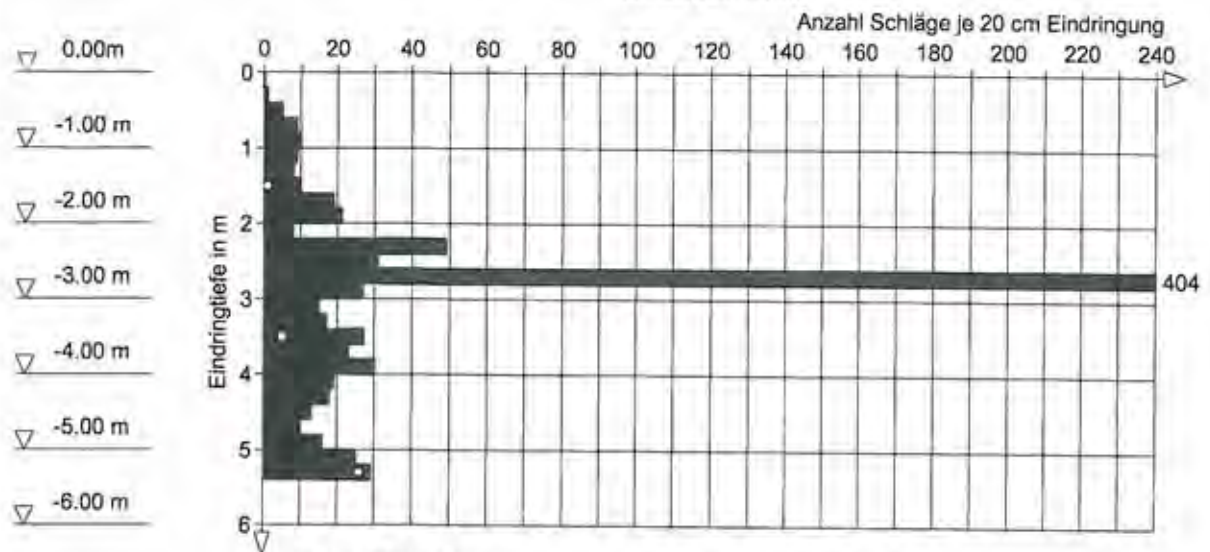
Mantelreibung

Mittelschwere Handrammsondierung, Ausführung 23.11.09

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	78
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 1b

Ansatzpunkt: GOK

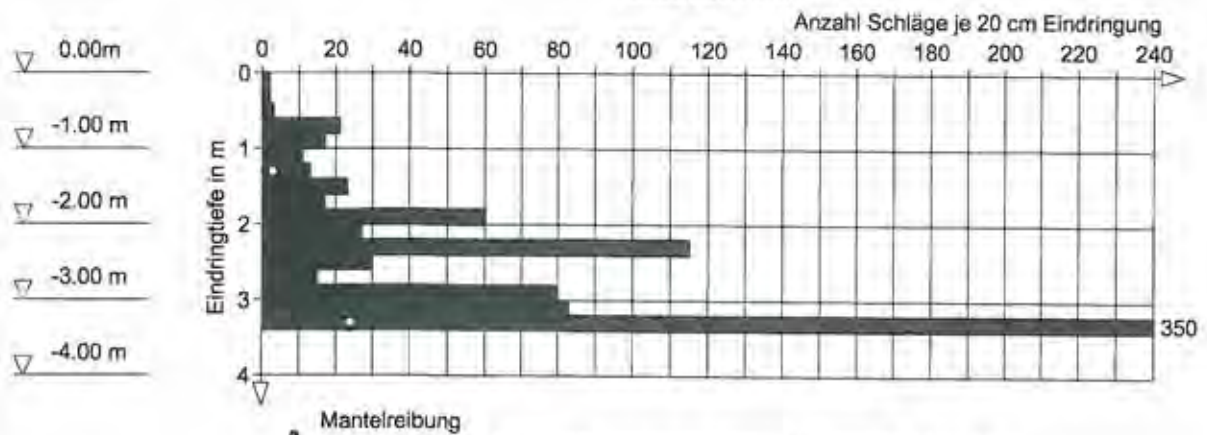


Mittelschwere Handrammsondierung, Ausführung 23.11.09

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	8
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 2

Ansatzpunkt: GOK

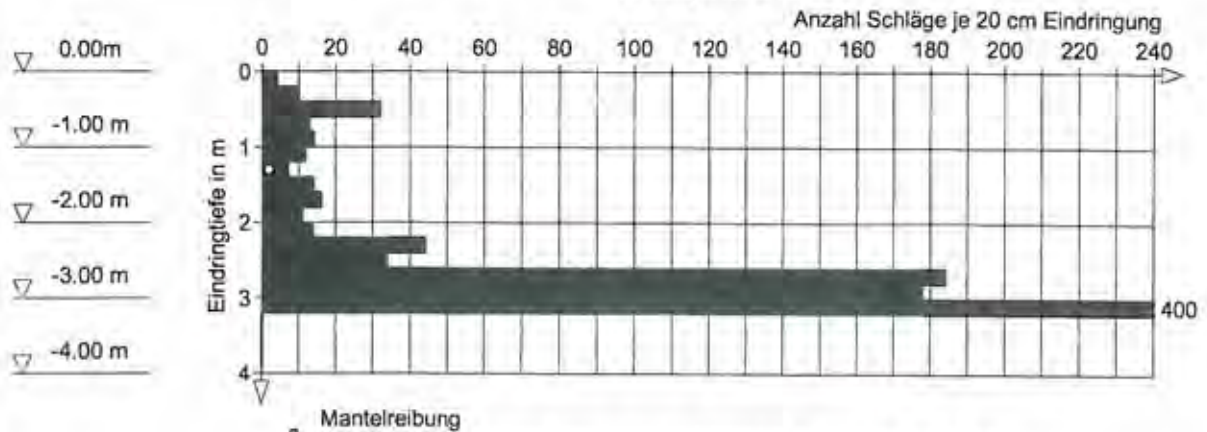


Mittelschwere Handdrammsondierung, Ausführung 23.11.09

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	9
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 3

Ansatzpunkt: GOK

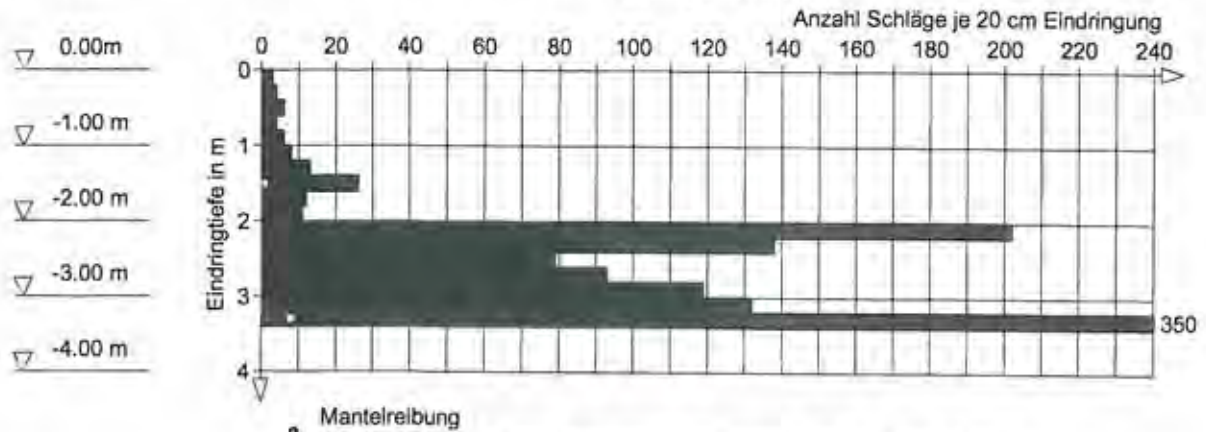


Mittelschwere Handrammsondierung, Ausführung 23.11.09

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	10
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 4

Ansatzpunkt: GOK

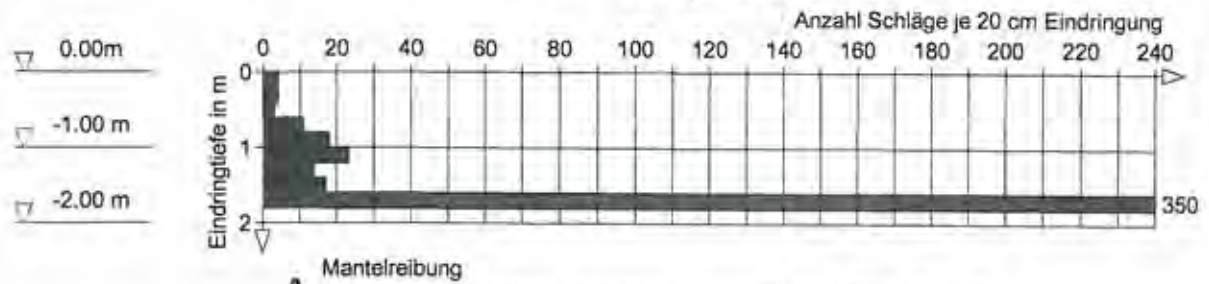


Mittelschwere Handrammsondierung, Ausführung 23.11.09

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	M
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 5b

Ansatzpunkt: GOK

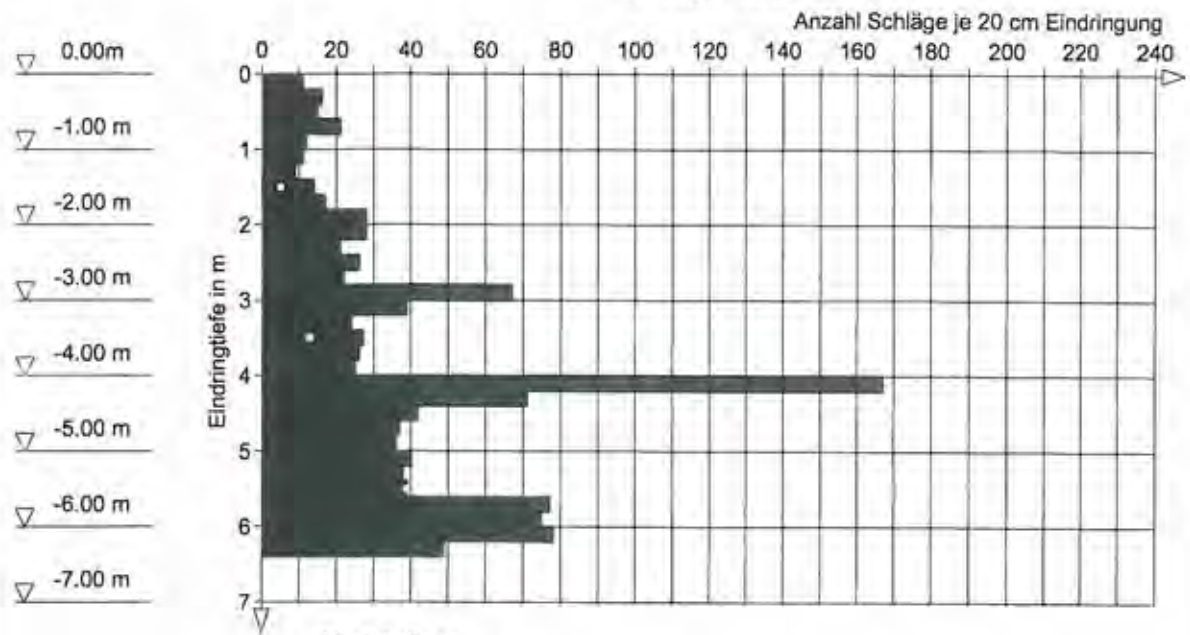


Mittelschwere Handrammsondierung, Ausführung 23.11.09

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	12
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 6

Ansatzpunkt: GOK

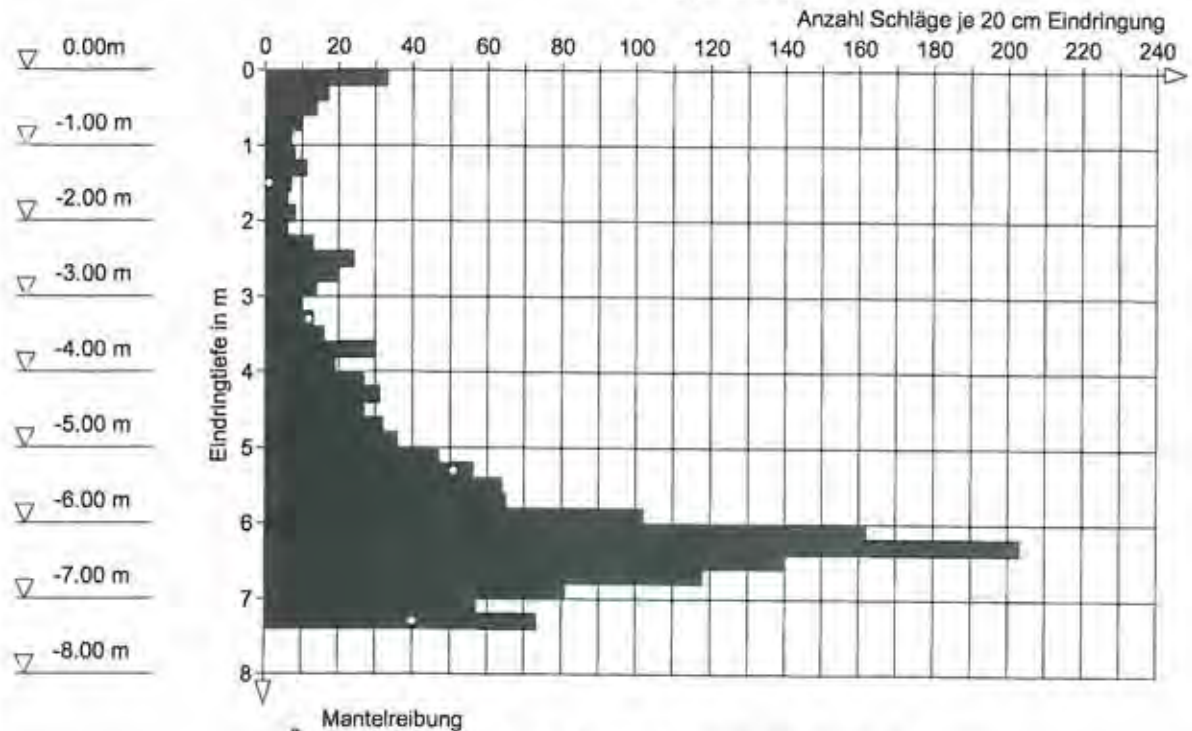


Mittelschwere Rammsondierung, Ausführung 24.11.2009

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	13
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 7

Ansatzpunkt: GOK

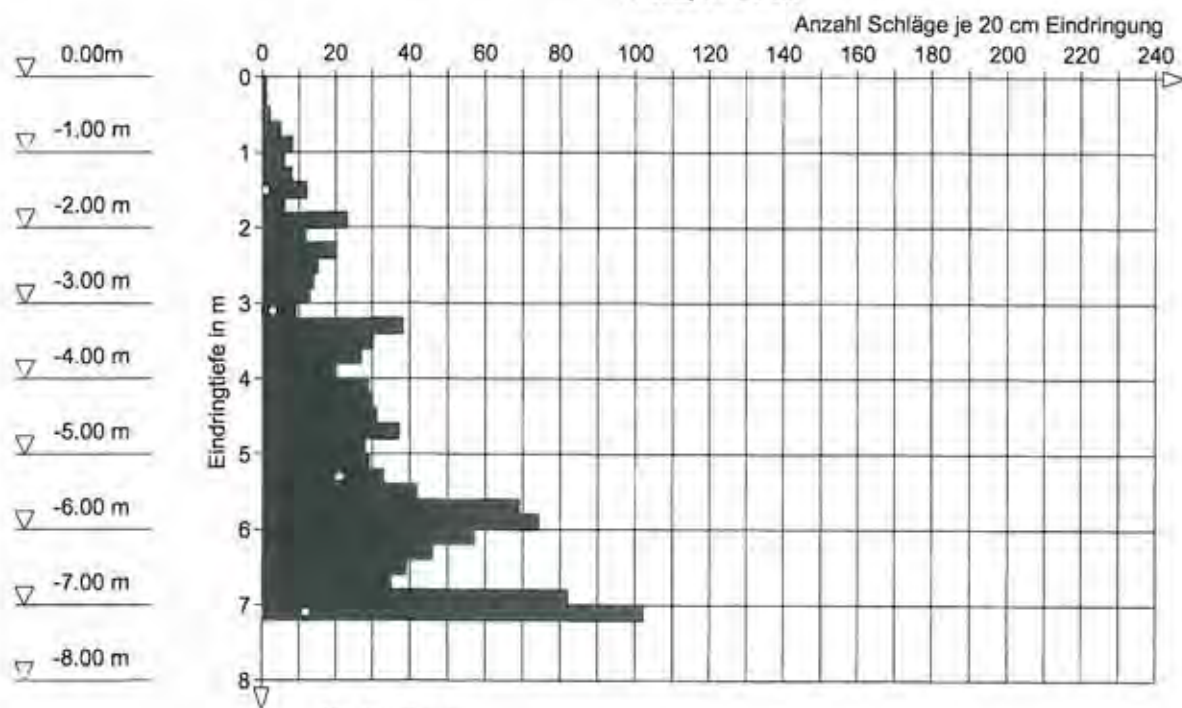


Mittelschwere Rammsondierung, Ausführung 24.11.2009

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	14
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 8

Ansatzpunkt: GOK



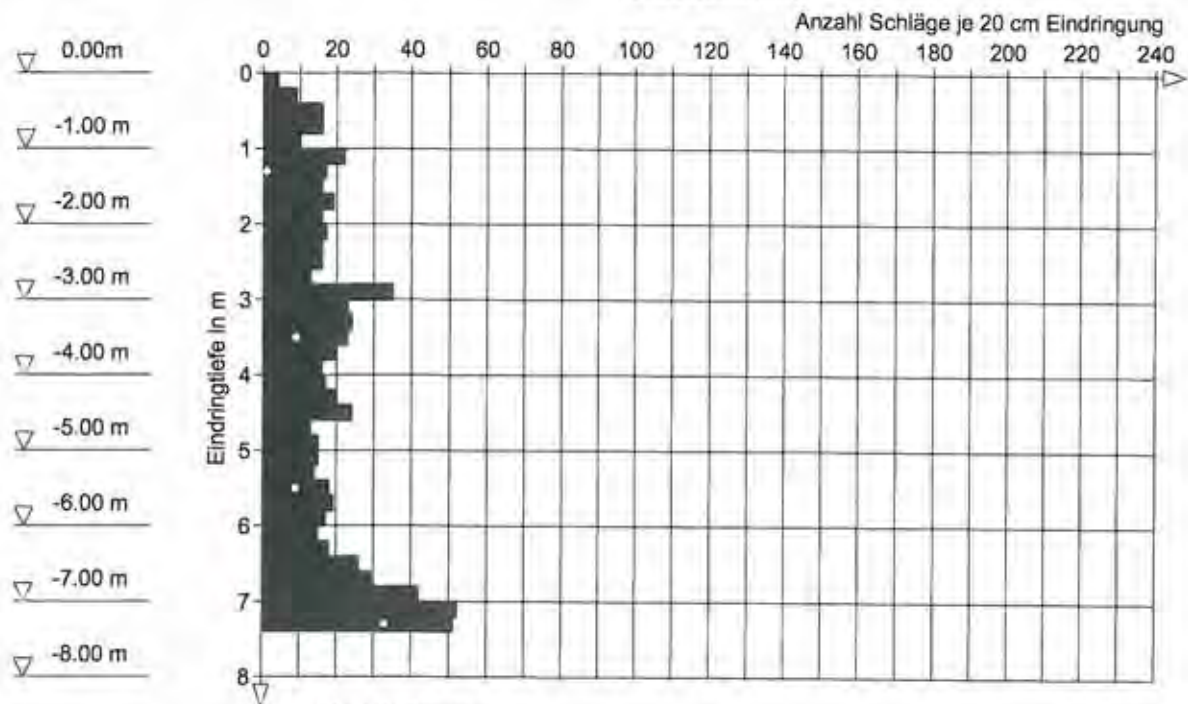
• Mantelreibung

Mittelschwere Rammsondierung, Ausführung 24.11.2009

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	15
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 9

Ansatzpunkt: GOK



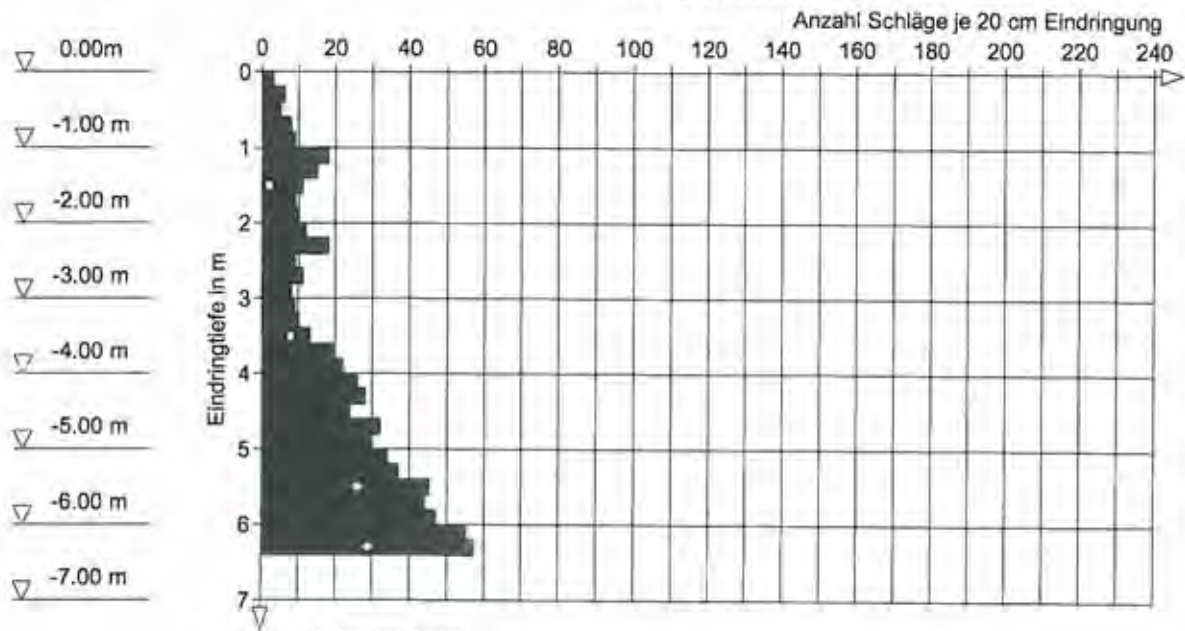
• Mantelreibung

Mittelschwere Rammsondierung, Ausführung 24.11.2009

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	16
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 10

Ansatzpunkt: GOK



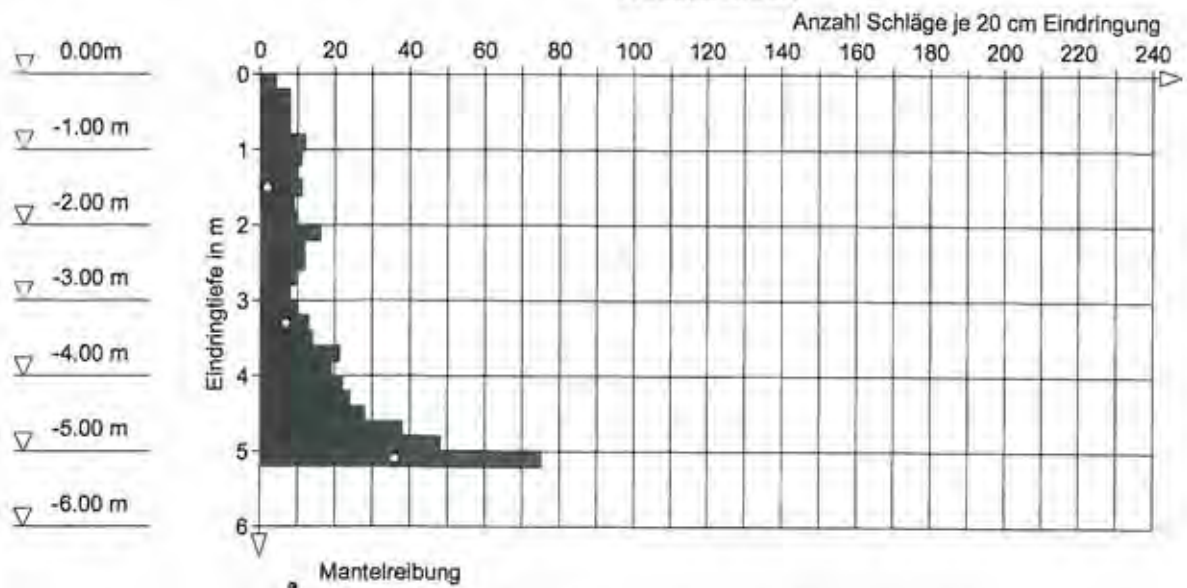
Mantelreibung

Mittelschwere Rammsondierung, Ausführung 24.11.2009

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	17
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 11

Ansatzpunkt: GOK

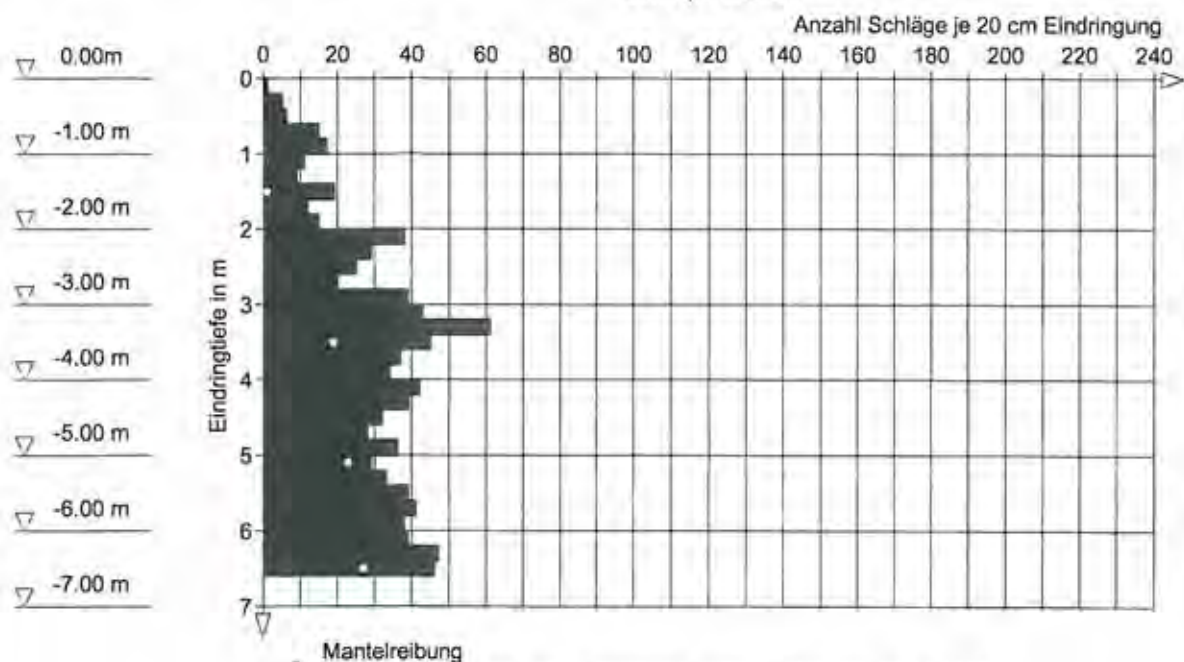


Mittelschwere Rammsondierung, Ausführung 25.11.2009

Kiefer & Studer AG	Projekt : SBB Damm vor Böcktener Einschnitt	18
Geotechniker SIA/USIC	Projektnr.: 3866	
Therwilerstr. 27	Datum : 26.11.2009	
4153 Reinach BL	Maßstab : 1: 100	

RS 12

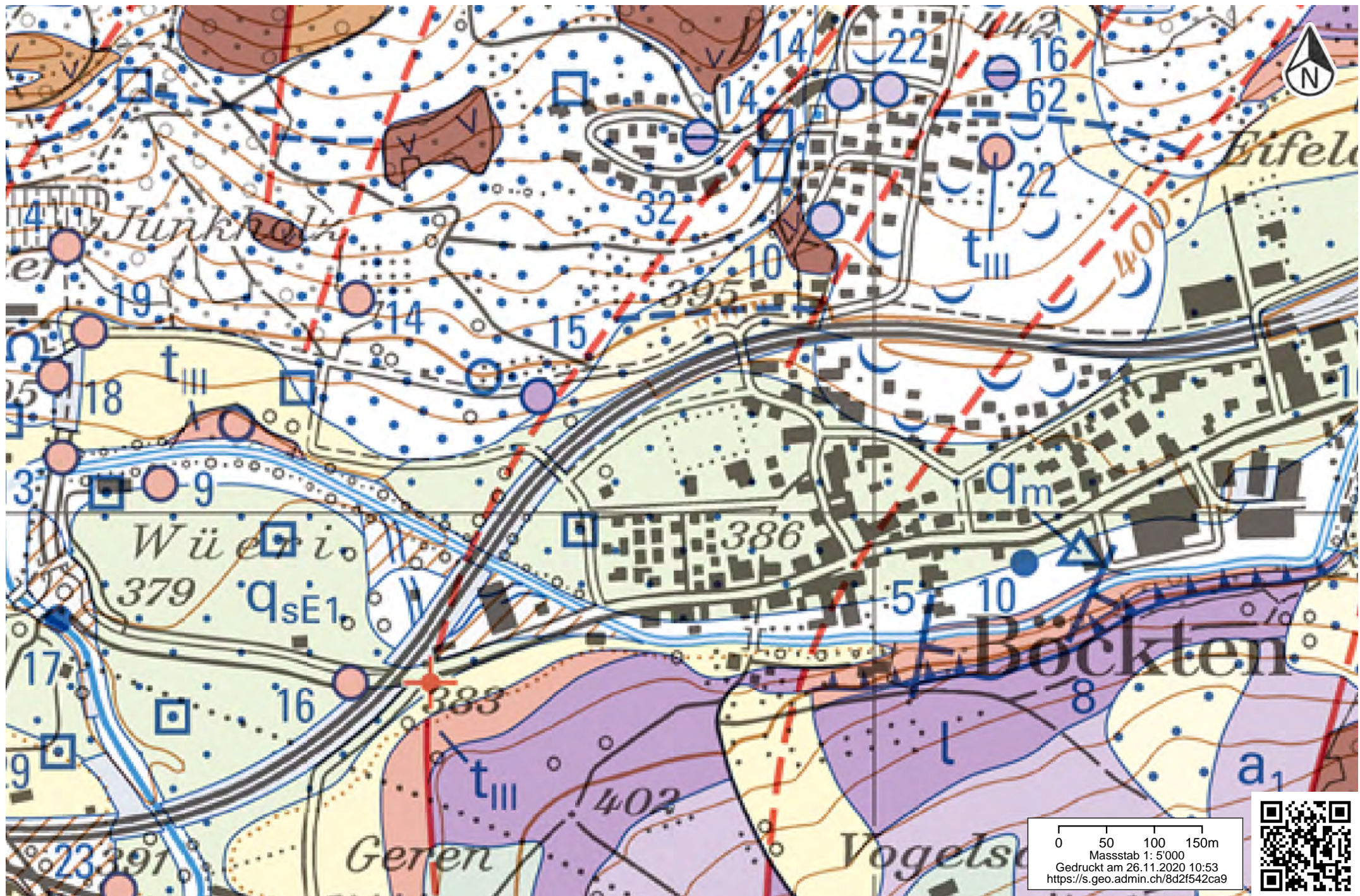
Ansatzpunkt: GOK



Mittelschwere Rammsondierung, Ausführung 25.11.2009

Beilage 9

Ausschnitt aus dem geologischen
Atlas der Schweiz

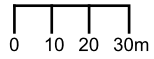


Beilage 10

Naturgefahrenkarte synoptisch



Massstab 1: 2'000



Auszug aus dem Geoinformationssystem Basel-Landschaft

© Kantonale Verwaltung Basel-Landschaft

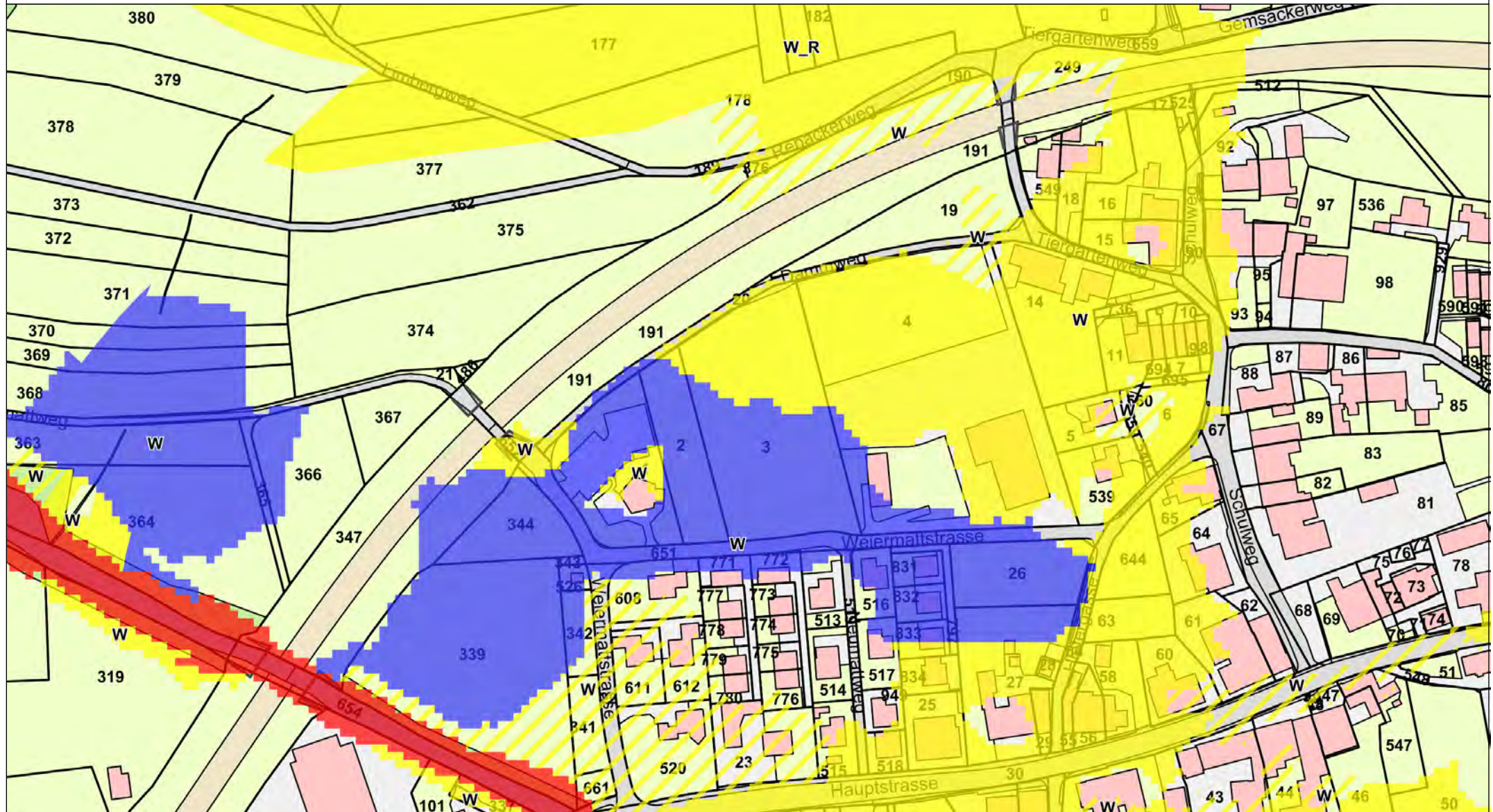
Swiss Map Raster, SWISSIMAGE, Geolog. Atlas, histor. Karten: Quelle swisstopo

**BASEL
LANDSCHAFT**

VOLKSWIRTSCHAFTS- UND GESUNDHEITSDIREKTION
AMT FÜR GEOINFORMATION

Liestal, 26.11.2020 11:09 Uhr

Die aus dem Geoinformationssystem publizierten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können deshalb keine rechtlichen Ansprüche irgendwelcher Art abgeleitet werden.
Auskunft erteilt die GIS-Fachstelle, Tel. 061 552 52 13.





Massstab 1: 2'000


Auszug aus dem Geoinformationssystem Basel-Landschaft
© Kantonale Verwaltung Basel-Landschaft
Swiss Map Raster, SWISSIMAGE, Geolog. Atlas, histor. Karten: Quelle swisstopo

BASEL
LANDSCHAFT
VOLKSWIRTSCHAFTS- UND GESUNDHEITSDIREKTION
AMT FÜR GEOINFORMATION

Liestal, 26.11.2020 11:09 Uhr

Die aus dem Geoinformationssystem publizierten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können deshalb keine rechtlichen Ansprüche irgendwelcher Art abgeleitet werden.
Auskunft erteilt die GIS-Fachstelle, Tel. 061 552 52 13.

Synoptische

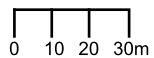
-  Gefahrenkarte Text
-  Gefahrenhinweis Murgang
-  Gefahrenhinweis Hangwasser
-  Gefahrenhinweis Erdfall
-  Gefahrenhinweis Grundwasseraufstoss
-  Gefahrenhinweis Rückstau Kanalisation
-  Gefahrenhinweis Ufererosion
-  keine natürliche Gefahrenquelle
-  Gefährdung erheblich
-  Gefährdung mittel
-  Gefährdung gering
-  Restgefahr

Beilage 11

Grundwasserkarte



Massstab 1: 2'000



Auszug aus dem Geoinformationssystem Basel-Landschaft

© Kantonale Verwaltung Basel-Landschaft

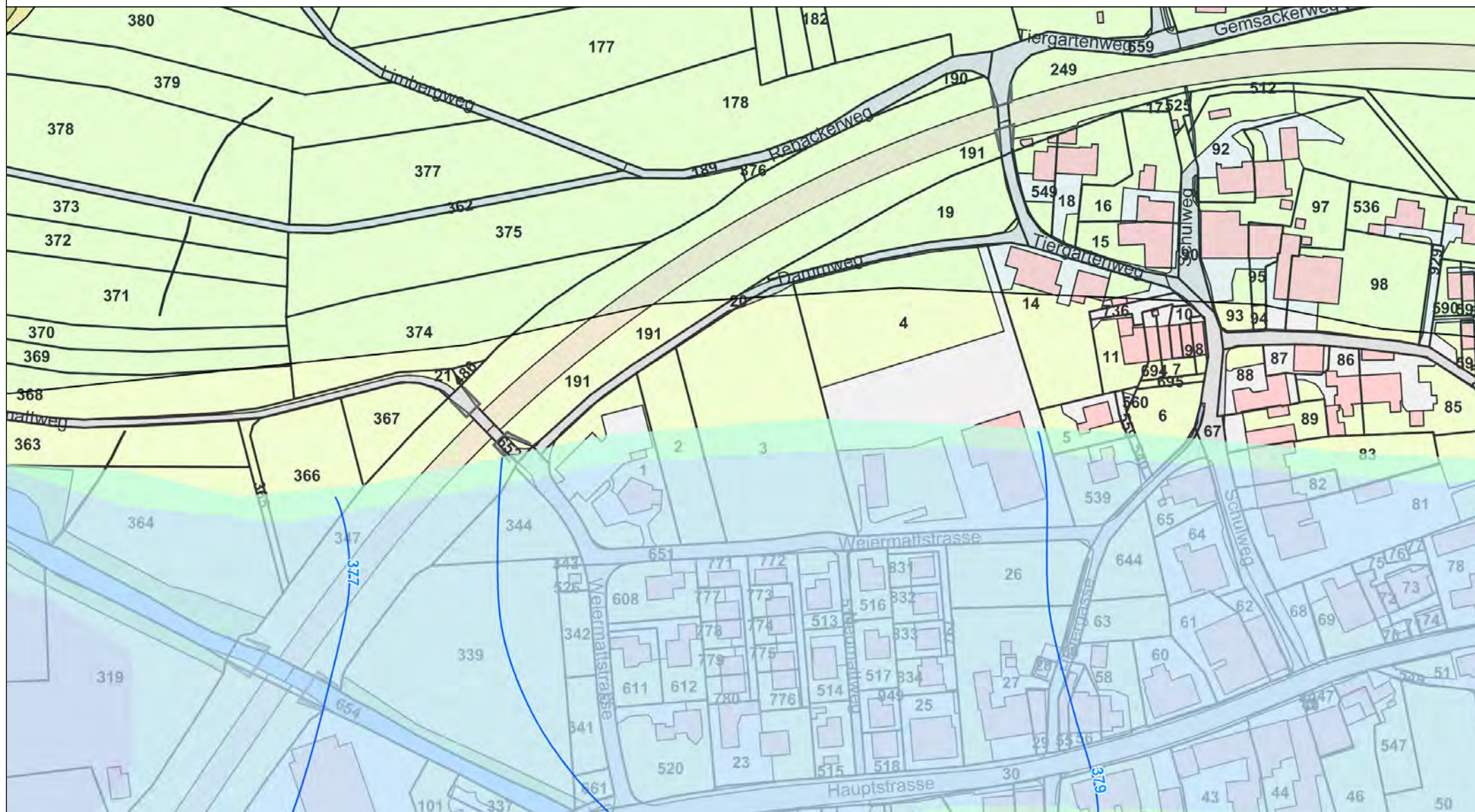
Swiss Map Raster, SWISSIMAGE, Geolog. Atlas, histor. Karten: Quelle swisstopo

**BASEL
LANDSCHAFT**

VOLKSWIRTSCHAFTS- UND GESUNDHEITSDIREKTION
AMT FÜR GEOINFORMATION

Liestal, 26.11.2020 11:00 Uhr


Die aus dem Geoinformationssystem publizierten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können deshalb keine rechtlichen Ansprüche irgendwelcher Art abgeleitet werden.
Auskunft erteilt die GIS-Fachstelle, Tel. 061 552 52 13.








Die aus dem Geoinformationssystem publizierten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können deshalb keine rechtlichen Ansprüche irgendwelcher Art abgeleitet werden.
Auskunft erteilt die GIS-Fachstelle, Tel. 061 552 52 13.

Grundwasserisohypsen in m ü.M. Mittelwasser





































Label Isohypsen 5'000

 Grundwasserisohypsen in m ü.M.

Grundwassermächtigkeit Mittelwasser

-  0 bis 2 m
-  >2 bis 10 m
-  >10 bis 20 m
-  >20 bis 30 m
-  >30 bis 40 m

Geologische Karte

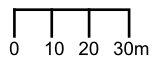
-  Lettenkauper
-  Raster von Bachschuttkegel
-  Raster von Biotit
-  Vorverfaltung
-  Seen
-  junge Talhöden, einget. Alluvionen, Bachschuttkegel, Schwemmfächer, Rutschungen, Sackungen
-  Sumptige Gabröte, anmoorige Böden, Beckensedimente
-  Gehängeschutt, teilweise verfestigt
-  Postglaziale Verwitterungsschmelze, Schwemmlerme und -sande
-  Glaziale, interglaziale und spätglaziale Schwemmlerme und Beckensedimente, Löss und Lösslehm
-  Früh- bis spätkvarterzzeitliche Schotter (Mittel- und Niederterrasen) - Niveau
-  Moräne der Würm-Vereisung (mit Wall)
-  Risszeitliche Schotter
-  Moräne der Riss-Vereisung (mit Wall)
-  Deckenschotter
-  Quartäre Ablagerungen, ungliedert (Schwarzwald)
-  Konglomeratsstufe, Ohninger Schichten, mittlerer Komplex
-  Serie der Jura-Nagelfluh (Tafelura-Südranden)
-  Serie der Jura-Nagelfluh: mergelige Fazies
-  CMM: obere Abteilung
-  USM: obere bunte Molasse
-  USM: Kalkstein-Serie
-  Kalkmangel (Gelberden), Krustenkalke
-  Böhmer-Formation
-  Welfinger Schichten
-  Bellerer Schichten
-  Williger-Formation
-  Wildeg-Formation und Oxford-Mergel
-  Anope-Athleta-Colith, Marcophalus- und Varian-Schichten
-  Hauptrogenstein, Spatalk
-  Unterer Dogger
-  Opalinus-Ton
-  Insektenmergel bzw. Peloceras-Schichten bis Jurensis-Schichten
-  Rhat: Sandsteine und Tone, Bondebed, Schluffstein, Gipskauper, Lettenkauper
-  Trigonodus-Dolomit
-  Hauptmuschelkalk
-  Anhydritgruppe
-  Wellergebirge
-  Oberer Buntsandstein
-  Mittlerer und unterer Buntsandstein
-  Oberer Buntsandstein
-  Oberer Buntsandstein (Kulm-Konglomerat)
-  Vulkanische Ergussgesteine, Tuffe, Agglomerate und Vulkanische Breccien
-  Schiefer und Grauwacken
-  Metamorphie am Nord- und Südrand der Zone Badenweiler-Lenzkirch
-  Quarz-Biotitschiefer und Hornfels von Schlüslihofhaus
-  Deckenartiger Quarzporphyr von St. Kilian
-  Gangschwärze
-  Einzelne Gänge
-  Bärthalde-Granit
-  Schlüsli-Granit
-  Granit von Säckingen
-  Albst-Granit
-  Malsburg-Granit
-  Blauen-Granit
-  Kammberg-Granit
-  Randgranit
-  Münselthalde-Granit
-  Granit von Schönbau-Herrnschwand
-  Granit von St. Blasien
-  Randzone des Granites von St. Blasien
-  Granit von Mimbach
-  Lenzkirch-Stein-Granit
-  Granit von Hauenstein
-  Biotitgneise und Leukokrate Gneise der Typen Todmoss-Horbach und Steinthal
-  Biotit- und Cordieritgneise vom Typus Murgel

Beilage 12

Karte der Grundwasserschutzzonen



Massstab 1: 2'000



Auszug aus dem Geoinformationssystem Basel-Landschaft

© Kantonale Verwaltung Basel-Landschaft

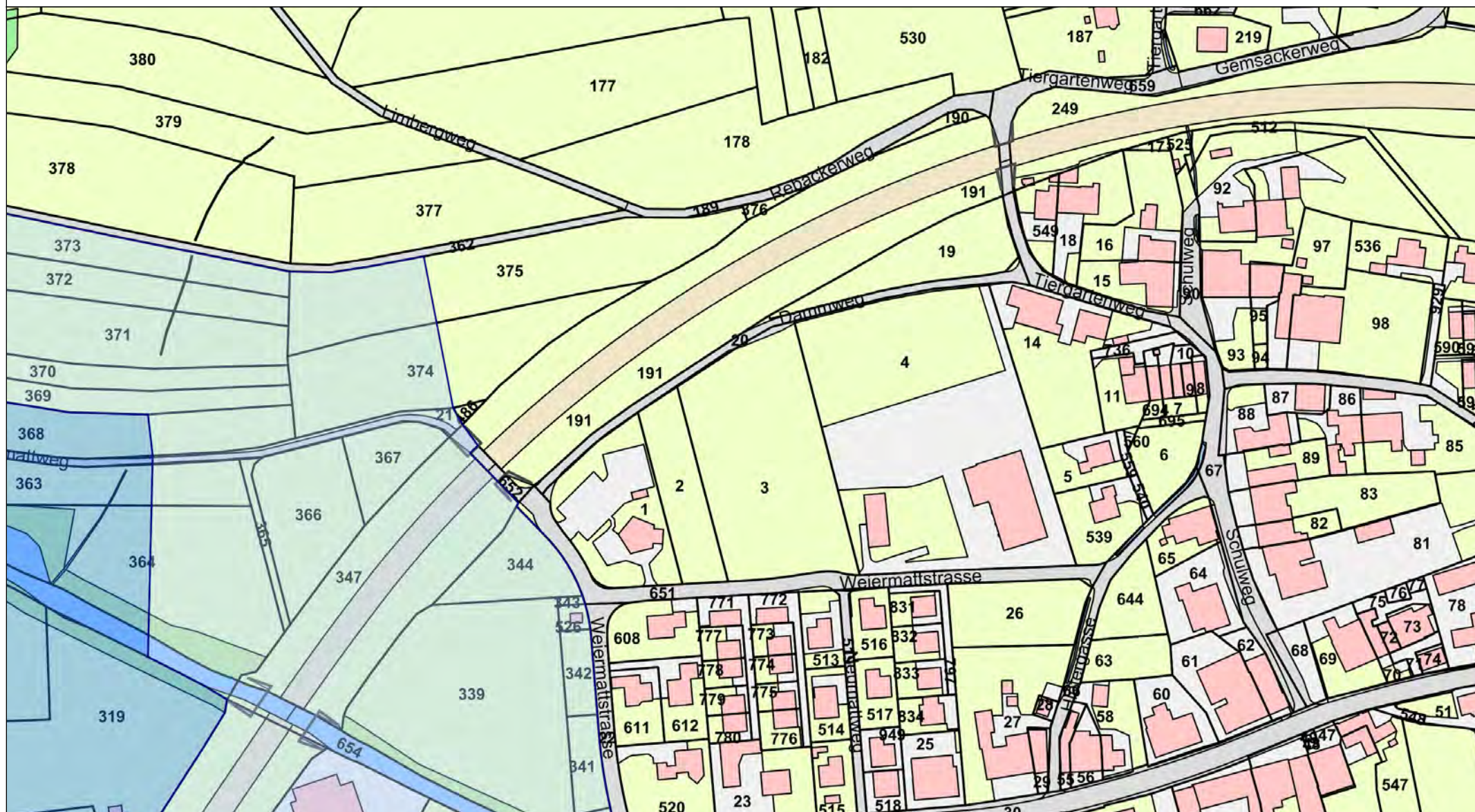
Swiss Map Raster, SWISSIMAGE, Geolog. Atlas, histor. Karten: Quelle swisstopo

**BASEL
LANDSCHAFT**

VOLKSWIRTSCHAFTS- UND GESUNDHEITSDIREKTION
AMT FÜR GEOINFORMATION

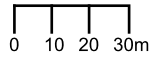
Liestal, 26.11.2020 10:50 Uhr

Die aus dem Geoinformationssystem publizierten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können deshalb keine rechtlichen Ansprüche irgendwelcher Art abgeleitet werden.
Auskunft erteilt die GIS-Fachstelle, Tel. 061 552 52 13.





Massstab 1: 2'000



Auszug aus dem Geoinformationssystem Basel-Landschaft

© Kantonale Verwaltung Basel-Landschaft

Swiss Map Raster, SWISSIMAGE, Geolog. Atlas, histor. Karten: Quelle swisstopo

BASEL
LANDSCHAFT

VOLKSWIRTSCHAFTS- UND GESUNDHEITSDIREKTION
AMT FÜR GEOINFORMATION

Liestal, 26.11.2020 10:50 Uhr

Die aus dem Geoinformationssystem publizierten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können deshalb keine rechtlichen Ansprüche irgendwelcher Art abgeleitet werden.
Auskunft erteilt die GIS-Fachstelle, Tel. 061 552 52 13.

Rechtsgültige


Grundwasserschutzzonen

-  Grundwasserschutzzone S1
-  Grundwasserschutzzone S2
-  Grundwasserschutzzone S3
-  Grundwasserschutzzone Sh
-  Grundwasserschutzzone Sm


Sonderbauwerke

-  Pumpwerk
-  private ARA
-  ARA
-  Schieberschacht
-  Regenüberlauf
-  Ölabscheider
-  Regenbecken
-  Havariebecken
-  Strassenabwasserbehandlungsanlage


Einleitstellen gewässerrelevant

 gewässerrelevant

Einleitstellen nicht gewässerrelevant

 nicht gewässerrelevant

Einzugsgebiet

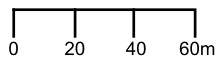
 Einzugsgebiet

Beilage 13

Karte der Naturobjekte / -Inventare



Massstab 1: 2'500



Natur und Landschaft

Auszug aus dem Geoinformationssystem Basel-Landschaft

© Kantonale Verwaltung Basel-Landschaft

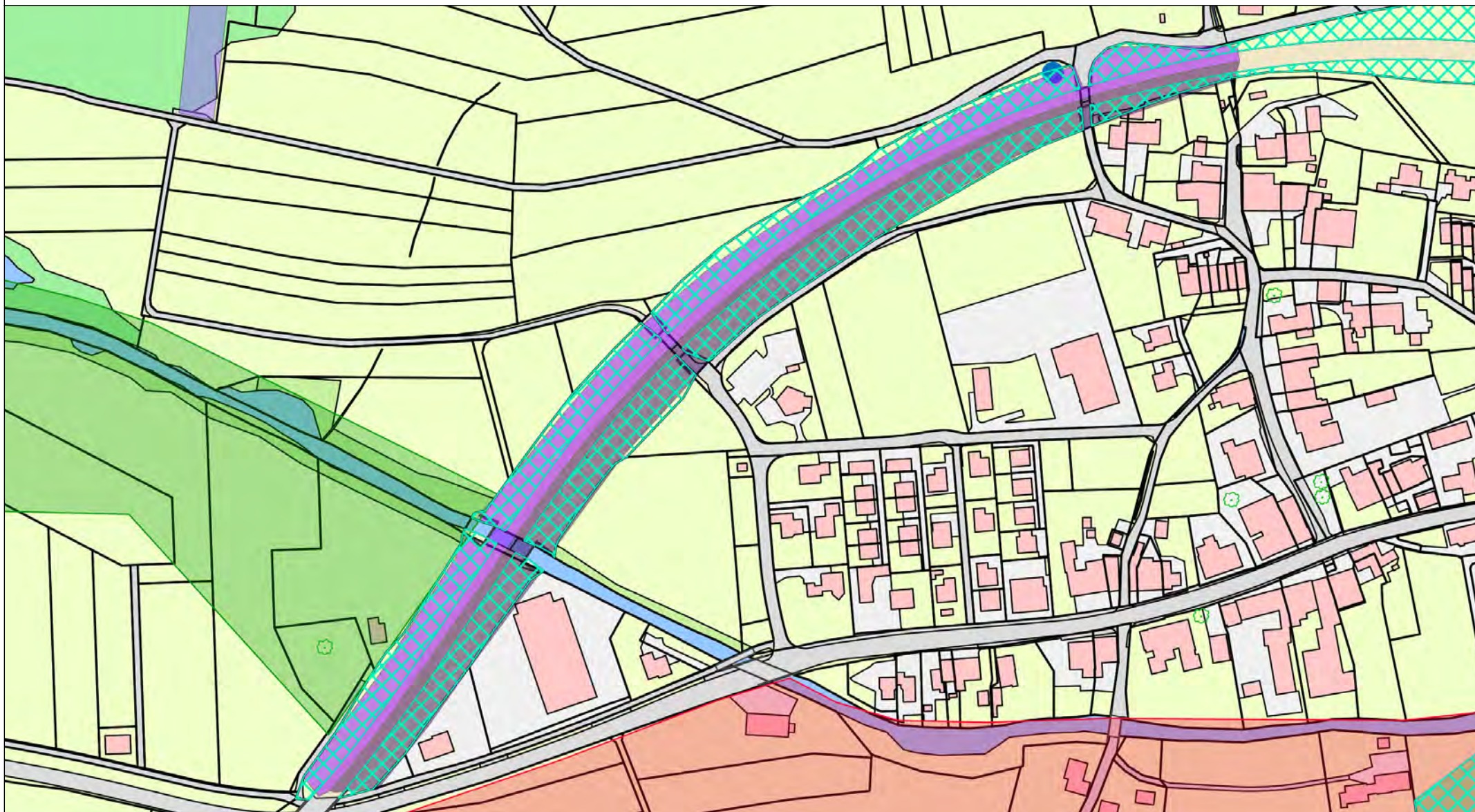
Swiss Map Raster, SWISSIMAGE, Geolog. Atlas, histor. Karten: Quelle swisstopo


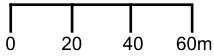
**BASEL
LANDSCHAFT**

VOLKSWIRTSCHAFTS- UND GESUNDHEITSDIREKTION
AMT FÜR GEOINFORMATION

Liestal, 08.07.2021 10:04 Uhr

Die aus dem Geoinformationssystem publizierten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können deshalb keine rechtlichen Ansprüche irgendwelcher Art abgeleitet werden.
Auskunft erteilt die GIS-Fachstelle, Tel. 061 552 52 13.



	<p>Massstab 1: 2'500</p> 	<p>Natur und Landschaft</p> <p>Auszug aus dem Geoinformationssystem Basel-Landschaft</p> <p>© Kantonale Verwaltung Basel-Landschaft</p> <p>Swiss Map Raster, SWISSIMAGE, Geolog. Atlas, histor. Karten: Quelle swisstopo</p>	<p>BASEL LANDSCHAFT</p> <p>VOLKSWIRTSCHAFTS- UND GESUNDHEITSDIREKTION AMT FÜR GEOINFORMATION</p> <p>Liestal, 08.07.2021 10:04 Uhr</p>
<p>Die aus dem Geoinformationssystem publizierten Daten haben nur informativen Charakter. Aus diesen Daten und deren Darstellung können deshalb keine rechtlichen Ansprüche irgendwelcher Art abgeleitet werden. Auskunft erteilt die GIS-Fachstelle, Tel. 061 552 52 13.</p>			

Naturobj. aus komm. Nutzungspl.



Weiher

-  verbindliches Objekt Bereich Naturschutz
-  Naturschutzeinzelobjekt
-  Uferschutzobjekt
-  Geotopschutz
-  Hecke / Feldgehölz
-  Elemente der traditionellen Kulturlandschaft
-  schützenswerte Einzelbäume und Baumgruppen
-  Quelle
-  Gewässer
-  ökologische Vernetzungsachse
-  Naturschutzobjekt
-  Uferschutzobjekt
-  Geotopschutz
-  Hecke / Feldgehölz
-  verbindliche Objekte Bereich Naturschutz
-  Elemente der traditionellen Kulturlandschaft
-  schützenswerte Einzelbäume und Baumgruppen
-  Gewässer
-  ökologische Vernetzungsachse
-  Naturschutzzone
-  Uferschutzzone
-  Geotopschutz
-  Gewässer

Ornithologisches Inventar

-  Wertgebiet
-  Defizitgebiet

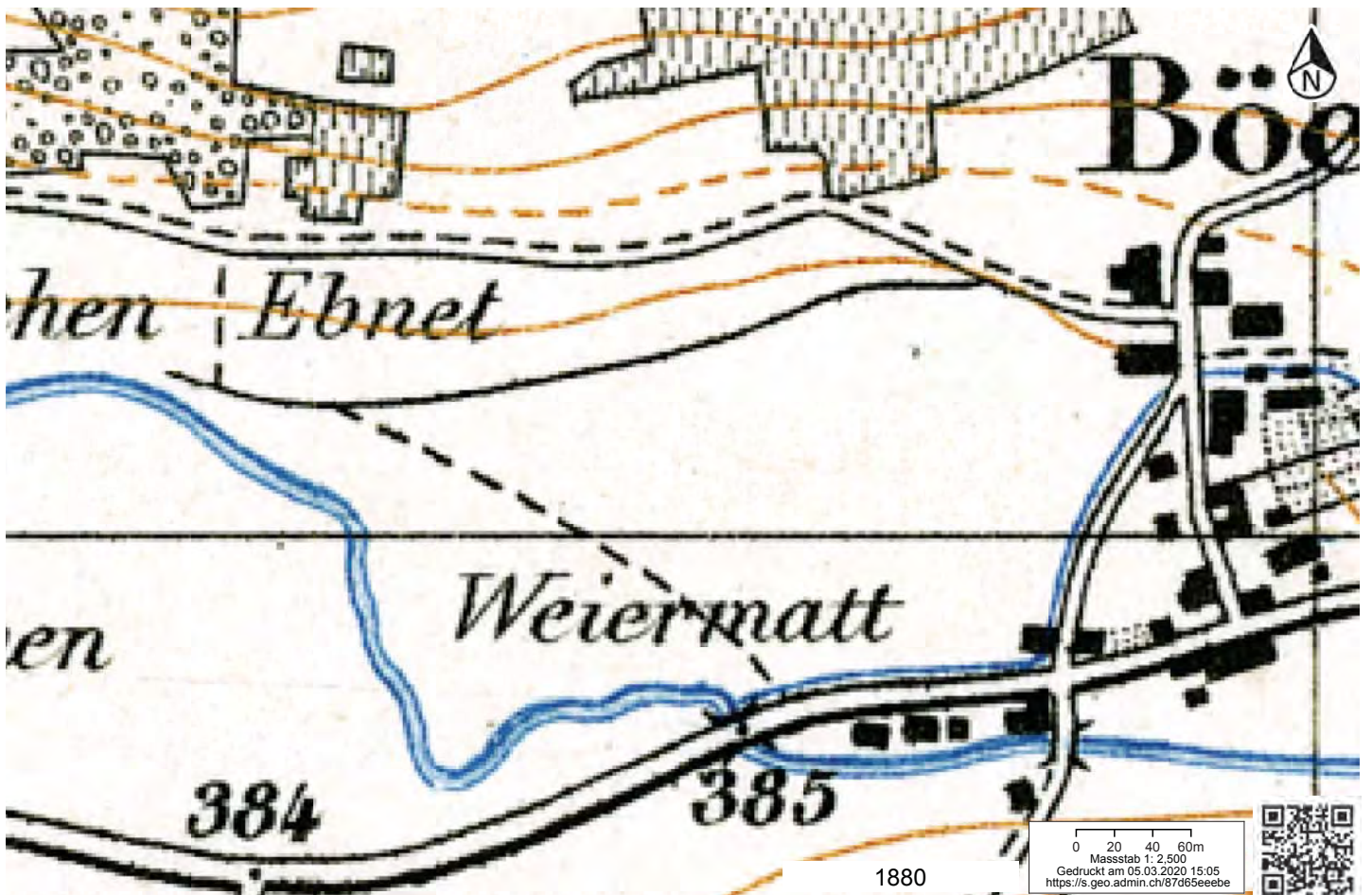
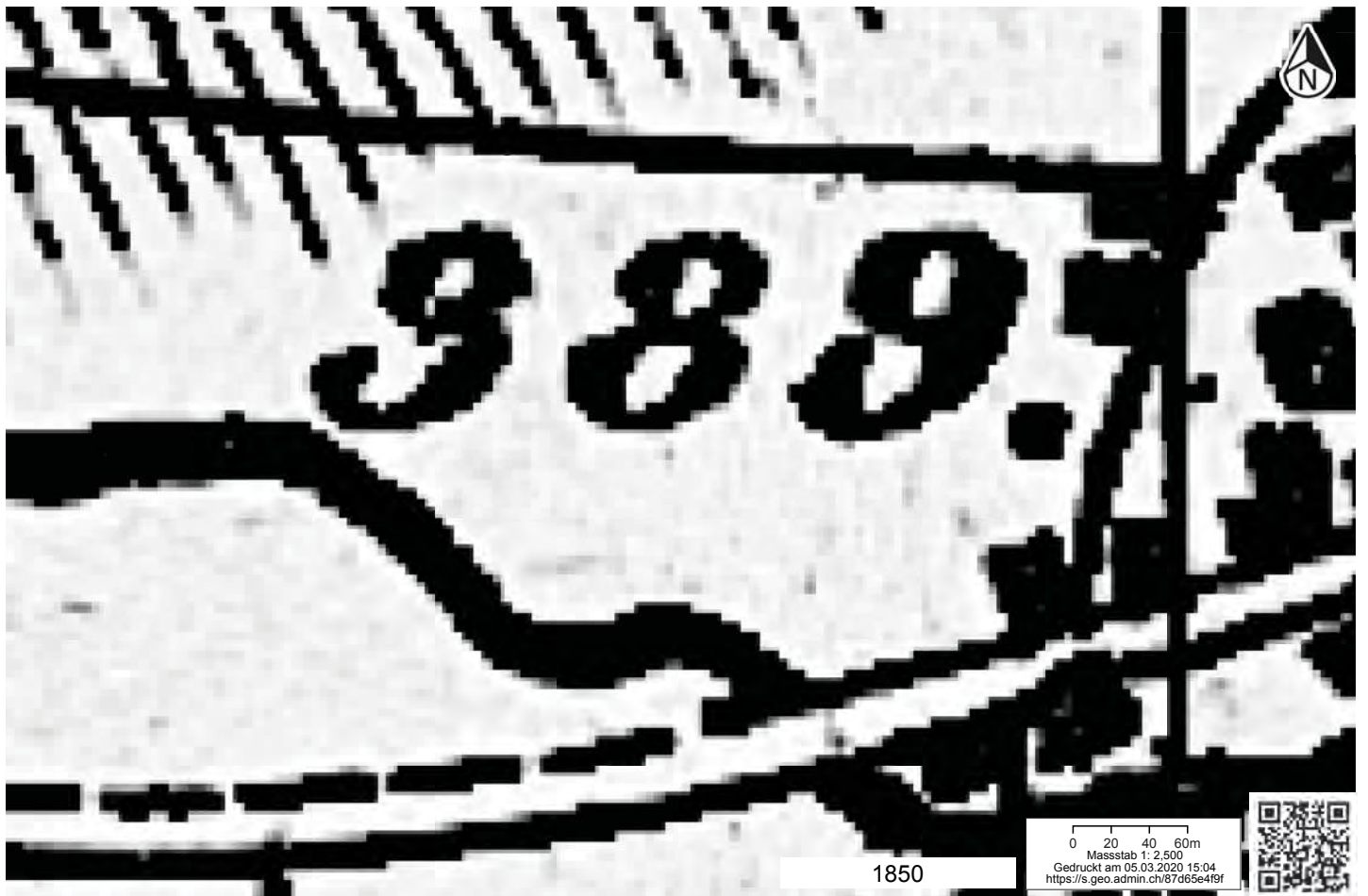
Reptilieninventar

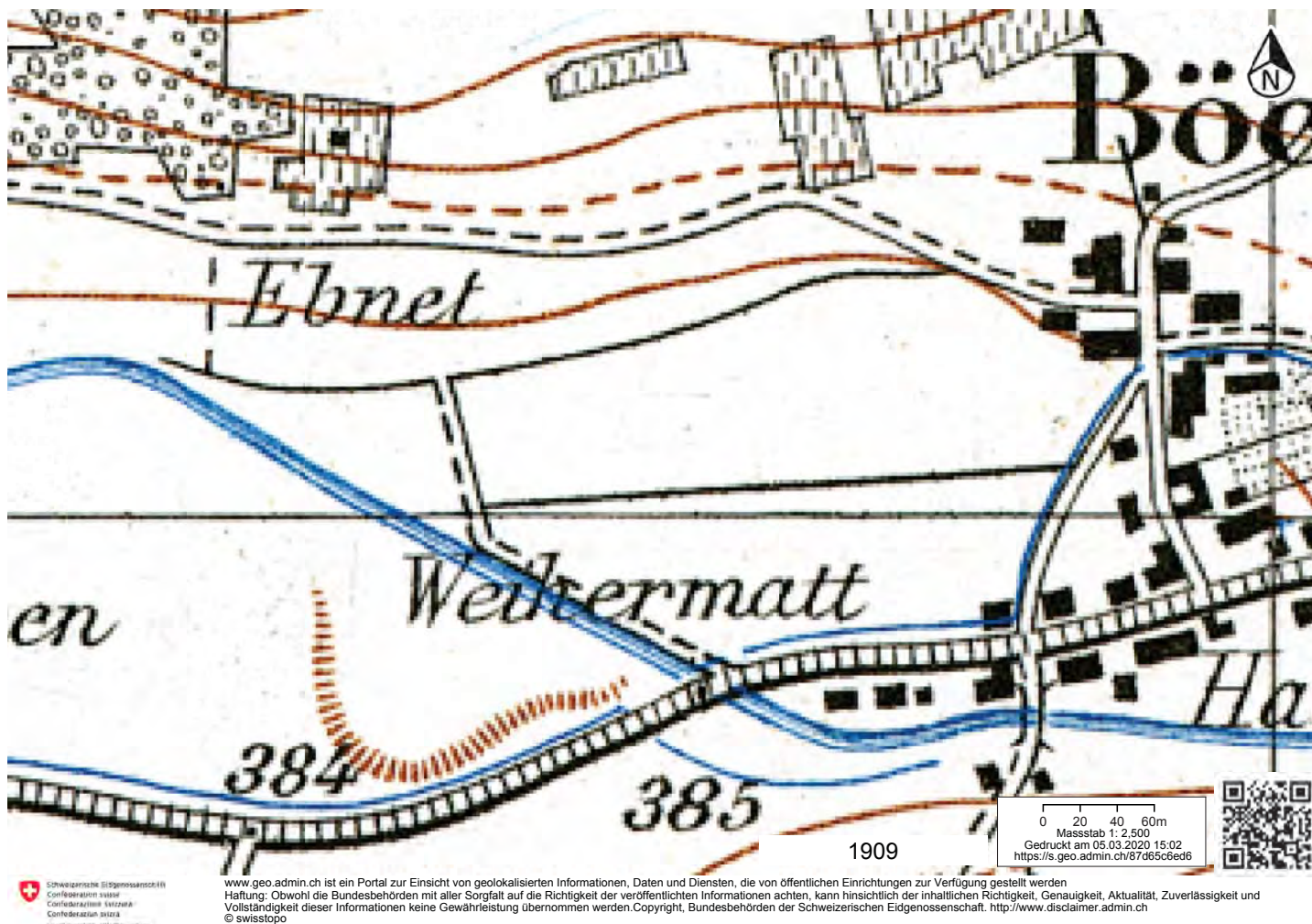
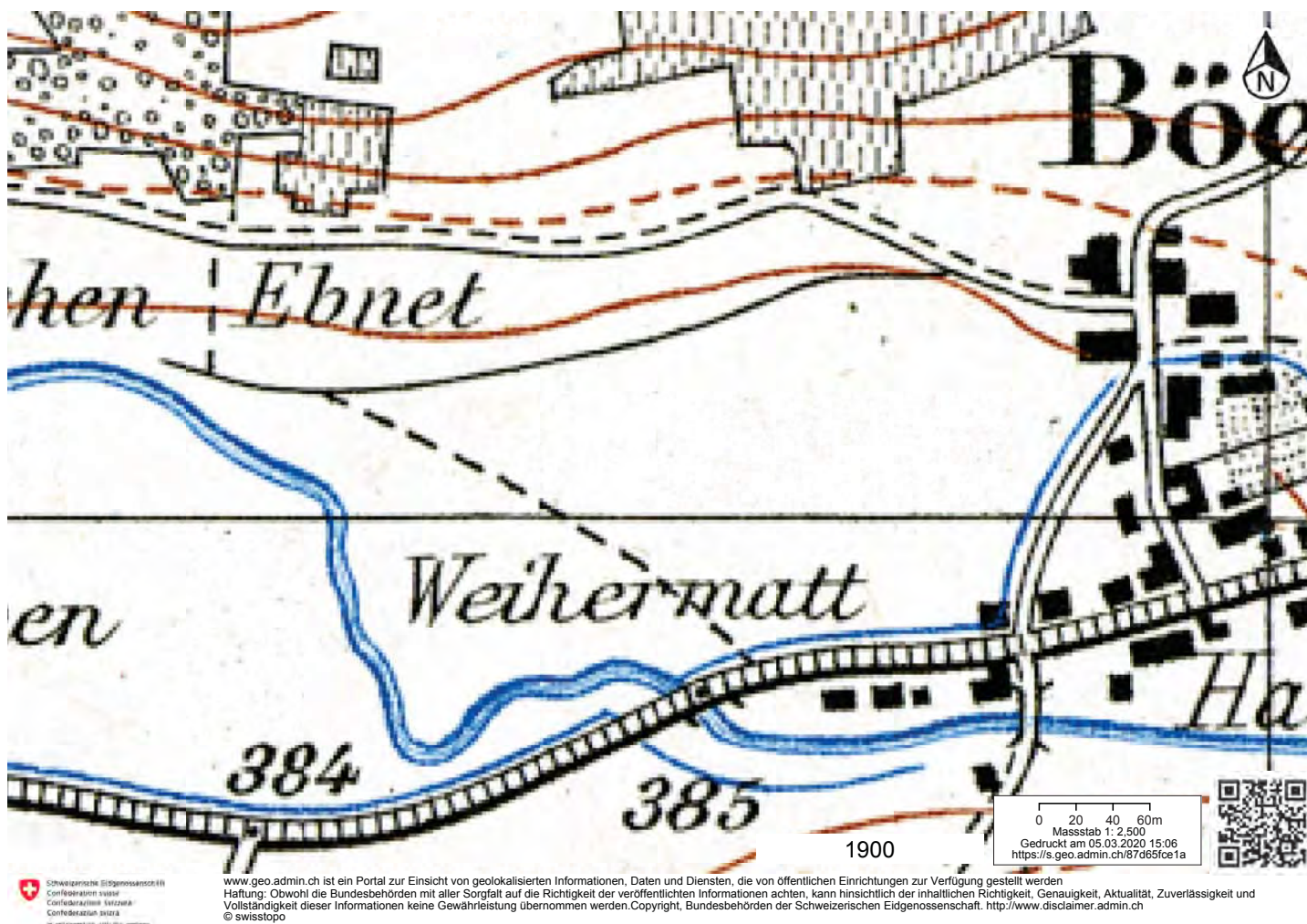
-  niedrig
-  mässig
-  hoch
-  sehr hoch

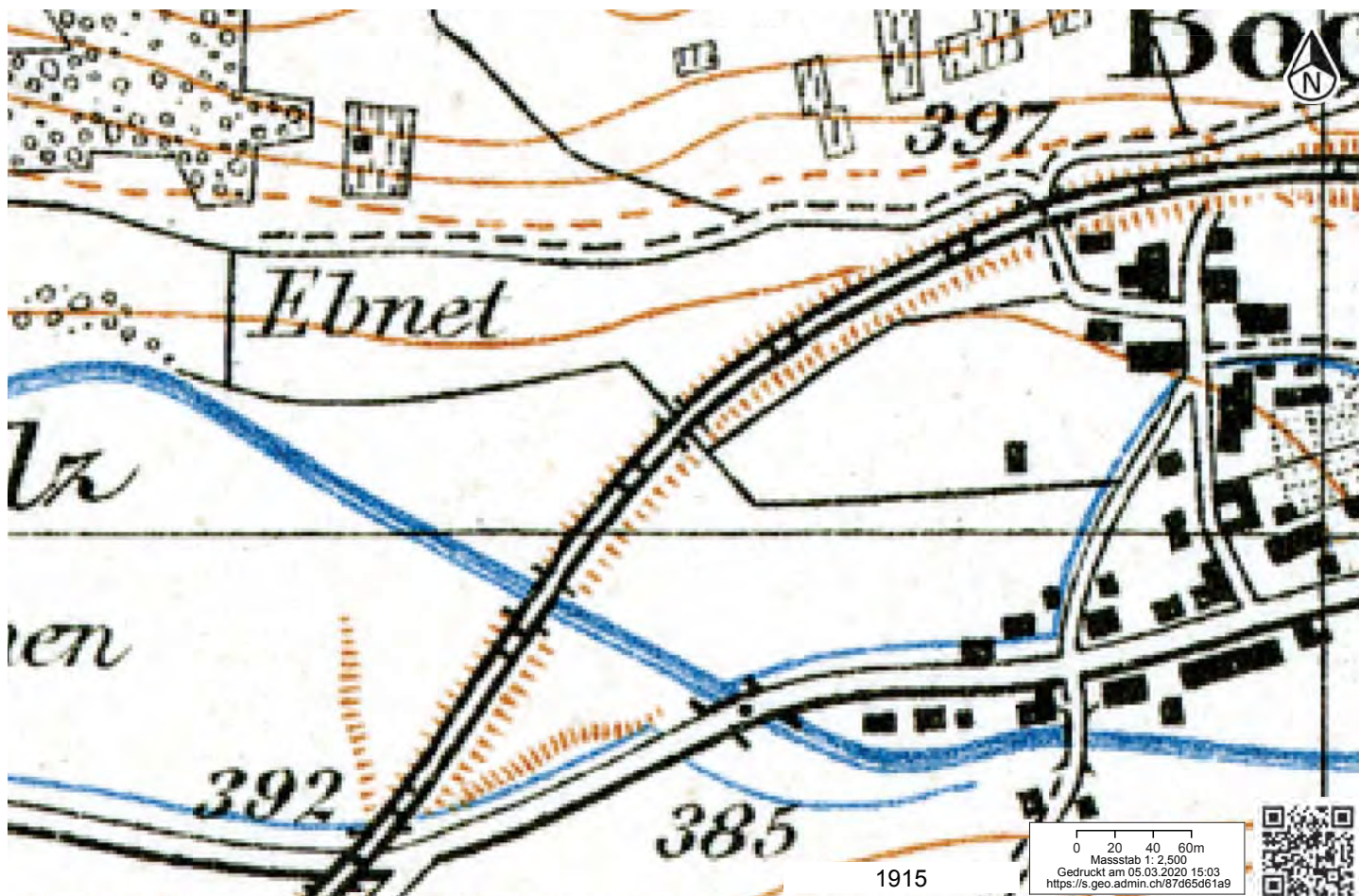
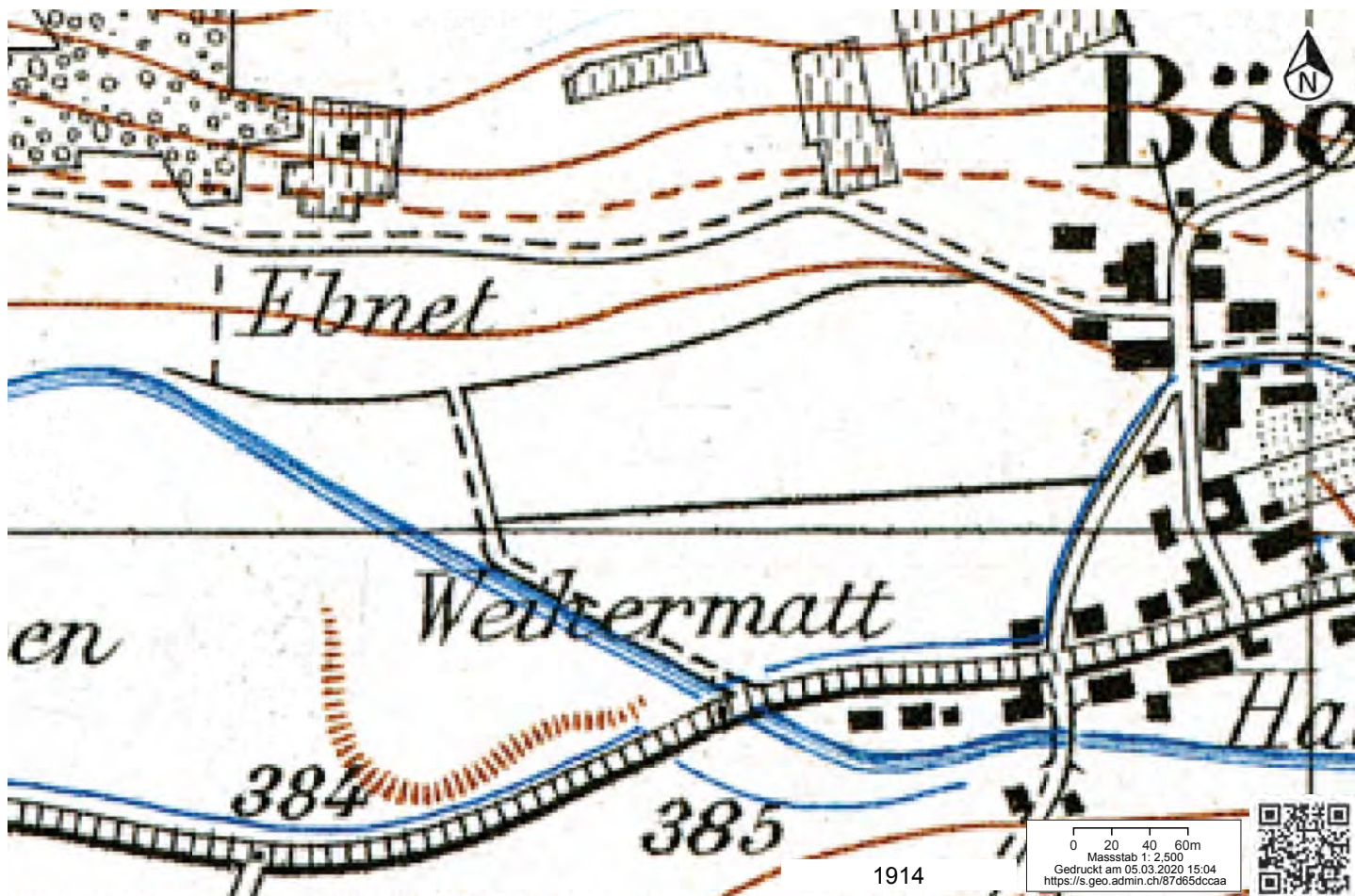
Weiherinventar

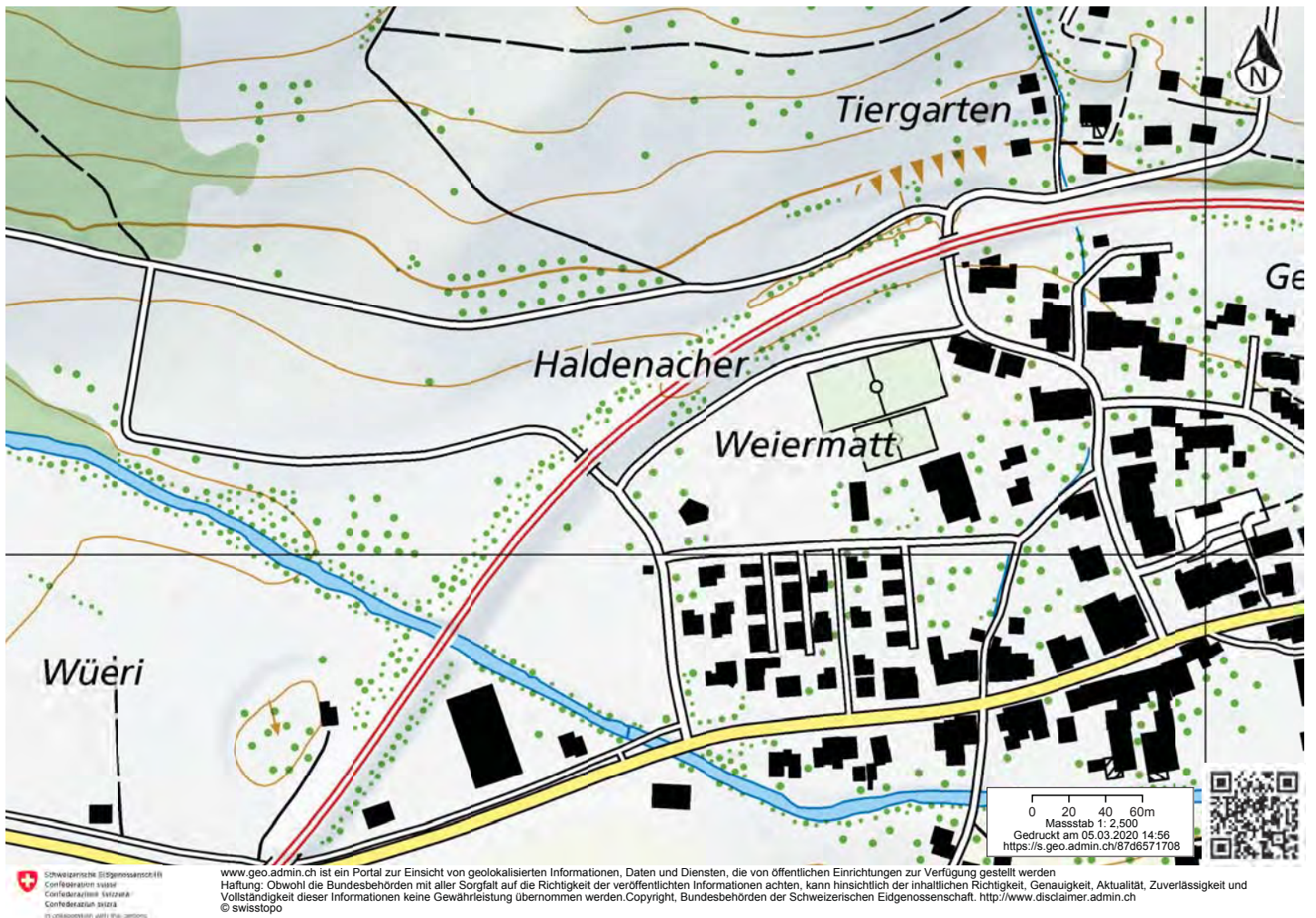
Beilage 14

Historische topographische Karten
(swisstopo-Zeitreisen)









Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra
in collaboration with the cantons

www.geo.admin.ch ist ein Portal zur Einsicht von geolokalisierten Informationen, Daten und Diensten, die von öffentlichen Einrichtungen zur Verfügung gestellt werden
Haftung: Obwohl die Bundesbehörden mit aller Sorgfalt auf die Richtigkeit der veröffentlichten Informationen achten, kann hinsichtlich der inhaltlichen Richtigkeit, Genauigkeit, Aktualität, Zuverlässigkeit und Vollständigkeit dieser Informationen keine Gewährleistung übernommen werden. Copyright, Bundesbehörden der Schweizerischen Eidgenossenschaft. <http://www.disclaimer.admin.ch>
© swisstopo

Beilage 15

Laboruntersuchungen (Daten, Bericht)

Entwurf – Messergebnisse - Damm Böckten

Objekt: Damm Böckten (51.2794)

Auftraggeber: Geotechnisches Institut
Aktiengesellschaft Basel
Dr. -Ing. R. Zeh
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel

Bestellnr.: 2020-250820-3

Bearbeiter: MEng. Dinesh Shrestha
MSc. Nils Schumann
Prof. Dr. Frank Wuttke

Kiel, 13.09.2021

.....
Dinesh Shrestha

.....
Nils Schumann

.....
Frank Wuttke

Inhaltsverzeichnis

1. Aufgabenstellung.....	8
2. Übersicht zur Probennahme und der entnommenen Proben.....	8
3. Ergebnisse der Untersuchungen	9
3.1 Wassergehalte, Korndichten und Porenzahl	9
3.2 Klassifikation nach Casagrande	9
3.3 Sieblinien.....	10
3.4 Ödometerversuch	17
3.5 Einaxialer Druckversuche	55
3.6 Triaxial Versuche	56
3.7 Zyklischer Ödometerversuch	71
3.8 Ramenscherversuch.....	73
3.9 Ödometer-Kriechversuche (Creep Test).....	80
3.10 Analyse der mineralogischen Zusammensetzung.....	81
4. Literatur.....	82

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Sieblinie der Probe GI201484.....	10
Abbildung 2: Sieblinie der Probe GI201479.....	11
Abbildung 3: Sieblinie der Probe GI201478.....	11
Abbildung 4: Sieblinie der Probe GI201465.....	12
Abbildung 5: Sieblinie der Probe GI201471.....	12
Abbildung 6: Sieblinie der Probe GI201473.....	13
Abbildung 7: Sieblinie der Probe GI201483.....	13
Abbildung 8: Sieblinie der Probe GI201480.....	14
Abbildung 9: Sieblinie der Probe GI201541.....	14
Abbildung 10: Sieblinie der Probe GI201542.....	15
Abbildung 11: Sieblinie der Probe GI201474.....	15
Abbildung 12: Sieblinie der Probe GI201470.....	16
Abbildung 13: Sieblinie der Probe GI201466.....	16
Abbildung 14: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201479.	18
Abbildung 15: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201479.....	20
Abbildung 16: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201484.	21
Abbildung 17: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201484.....	23
Abbildung 18: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201465.	24
Abbildung 19: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201465.....	26
Abbildung 20: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201466.	27
Abbildung 21: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201466.....	29
Abbildung 22: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201480.	30
Abbildung 23: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201480.....	32

Abbildung 24: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201483.	33
Abbildung 25: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201483.	35
Abbildung 26: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201470.	36
Abbildung 27: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201470.	38
Abbildung 28: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201541.	39
Abbildung 29: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201541.	41
Abbildung 30: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201473.	42
Abbildung 31: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201473.	44
Abbildung 32: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201471.	45
Abbildung 33: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201471.	47
Abbildung 34: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201478.	48
Abbildung 35: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201478.	50
Abbildung 36: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201480.	51
Abbildung 37: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201480.	53
Abbildung 38: Druck-stauchungsdiagramm, Probe:GI201467.	55
Abbildung 39: Vor dem (links) und nach dem (recht) Versuche, probe GI201467.	55
Abbildung 40: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q - ϵ Diagram), Probe:GI201465.	56
Abbildung 41: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_0$ - ϵ Diagram), Probe:GI201465	56
Abbildung 42: P-p-Diagram bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe:GI201465.	57
Abbildung 43: P-p-Diagram bzw. τ - σ' Diagram, Probe:GI201465.	57
Abbildung 44: : Probe GI201465 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).	58
Abbildung 45: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q - ϵ Diagram), Probe:GI201541.	58
Abbildung 46: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_0$ - ϵ Diagram), Probe:GI201541.	59

Abbildung 47: P-p-Diagramm bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe:GI201541.....	59
Abbildung 48: P-p-Diagramm bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe:GI201541.....	60
Abbildung 49: Probe GI201541 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).....	60
Abbildung 50: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q- ϵ Diagram), Probe:GI201479.	61
Abbildung 51: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_0 - \epsilon$ Diagram , Probe:GI201479.	61
Abbildung 52: P-p-Diagramm bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe:GI201479.....	62
Abbildung 53: P-p-Diagramm bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe:GI201479.....	62
Abbildung 54: Probe GI201479 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).....	63
Abbildung 55: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q- ϵ Diagram), Probe:GI201471.	63
Abbildung 56: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_0 - \epsilon$ Diagram , Probe:GI201471.	64
Abbildung 57: P-p-Diagramm bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe:GI201471.....	64
Abbildung 58: P-p-Diagramm bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe:GI201471.....	65
Abbildung 59: Probe GI201471 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).....	65
Abbildung 60: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q- ϵ Diagram), Probe:GI201483.	66
Abbildung 61: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_0 - \epsilon$ Diagram , Probe:GI201483.	66
Abbildung 62: P-p-Diagramm bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe:GI201483.....	67
Abbildung 63: P-p-Diagramm bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe:GI201483.....	67
Abbildung 64: Probe GI201483 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).....	68
Abbildung 65: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q- ϵ Diagram), Probe:GI201466.	68
Abbildung 66: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_0 - \epsilon$ Diagram , Probe:GI201466.	69
Abbildung 67: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_0 - \epsilon$ Diagram , Probe:GI201466.	69
Abbildung 68: P-p-Diagramm bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe:GI201483.....	70
Abbildung 69: Probe GI201466 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).....	70
Abbildung 70: Zeit-Dehnung (inks) und Zeit-vertikalspannung (recht).....	71
Abbildung 71: Vertikalspannung-Axialer Dehnung (static) (blaue farbe) und plastischen Dehnung nach 50.000 zyklen (rote farbe).....	72
Abbildung 72: Akkumulation der plastischen Dehnung bei verschiedenen Zyklen.....	72

Abbildung 73: Akkumulation der plastischen Dehnung	73
Abbildung 74: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201484.	73
Abbildung 75: τ - σ'_N -Diagramm, Probe:GI201484.....	74
Abbildung 76: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201465.	74
Abbildung 77: τ - σ'_N -Diagramm, Probe:GI201465.....	75
Abbildung 78: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201470.	75
Abbildung 79: τ - σ'_N -Diagramm, Probe:GI201470.....	76
Abbildung 80: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201473.	76
Abbildung 81: τ - σ'_N -Diagramm, Probe:GI201473.....	77
Abbildung 82: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201478.	77
Abbildung 83: τ - σ'_N -Diagramm, Probe:GI201478.....	78
Abbildung 84: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201480.	78
Abbildung 85: τ - σ'_N -Diagramm, Probe:GI201480.....	79
Abbildung 86: : Setzung - Zeit (t) (oben), bezogene Setzung - Zeit (t) (unten) für Belastung, Probe: GI201480.....	80
Abbildung 87: Proben GI201480 nach dem Ödometer-Kriechversuch.....	80
Abbildung 88: XRD der Probe GI201480.....	81
Abbildung 89: XRD der Probe GI201471.....	81
Abbildung 90: XRD der Probe GI201541.....	82

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Liste der Proben und der dazugehörigen Versuche.....	8
Tabelle 2: Listung der Wassergehalte [%] , Korndichten [g/cm³], und der Porenzahl [%] der ungestörten Bodenproben.....	9
Tabelle 3: Fließgrenze, Ausrollgrenze und Plastizitätszahl.	10
Tabelle 4: Siebanalyse paramter.....	17
Tabelle 5: Abgeleitete Konsolidationswerte – Cc, Cs, Cr.	54
Tabelle 6: Einaxiale Druckversuchparameter.....	55
Tabelle 7: Triax-Scherparameter - ϕ' , c'	71
Tabelle 8: Ramenscherversuch-Scherparameter - ϕ' , c'	79
Tabelle 9: Chemische Eigenschaften der Probe GI201480.....	82

1. Aufgabenstellung

Die GeoAnalysis-Engineering GmbH wurde vom Geotechnischen Institut Basel beauftragt Untersuchungen an bindigem Material eines Bahndamms bei Böckten, Kanton Basel-Landschaft, durchzuführen. Der Bahndamm ist ca. 5 bis 8 m hoch, hat ein Alter von ca. 90 Jahren und verformt sich seit langem. Hierzu wurden 18 Proben aus vier Bohrungen geliefert. Bei den gewünschten Versuchen handelt es sich um Bestimmung des Wassergehalts, der Kornverteilung, der Korndichte, der Porenzahl, Klassifizierung nach Casagrande, direkten Scherversuchen, Multistage-Triaxialversuchen, Ödometerversuchen, sowie einem einaxialen Druckversuch.

2. Übersicht zur Probennahme und der entnommenen Proben

Die Proben wurden am Kopf des Damms Böckten durchgeführt. Es wurden insgesamt 18 überwiegend gestörte Proben bei vier Bohrungen (R1 (51.R.11) bis R4 (51.R.14)) genommen. Es handelt sich überwiegend um Kerne aus bindigem Bodenmaterial, sowie drei Lockermaterialproben. Eine Liste der Bohrungen, Proben und den jeweils durchgeführten Versuchen ist in Tabelle 1 dargestellt.

Nr.	Proben-Nr.	Entnahme tiefe (m)	Länge (cm)	Art	Wassergehalt	Kornverteilung	Korndichte	Porenzahl	Klassifizierung nach Casagrande	Direkter Scher-Versuch	Triaxial Versuch (Multi-stage)	Ödometer	1 axialer Druckversuch
Bohrung R1 (51.R.11)													
1	GI201482	3,1 - 3,7	60	Locker									
2	GI201483	5,5 - 5,8	30	Kern	X	X	X	X	X		X	X	
3	GI201484	7,0 - 7,2	20	Kern	X	X	X	X	X	X		X	
4	GI201541	8,2 - 8,4	20	Kern	X	X	X	X	X		X	X	
5	GI201542	15,4 - 15,7	30	Locker		X							
Bohrung R2 (51.R.12)													
6	GI201465	5,1 - 5,5	40	Kern	X	X	X	X	X	X	X	(X)	
7	GI201466	5,5 - 5,7	20	Kern	X	X	X	X	X	0	(X)	X	
8	GI201467	25,4 - 25,6	20	Kern									X
9	GI201468	27,7 - 27,8	10	Kern									
Bohrung R3 (51.R.13)													
10	GI201470	2,5 - 2,9	40	Kern, Harte	X	X	X	X	X	X		X	
11	GI201471	5,2 - 5,5	30	Kern	X	X	X	X	X		X	X	
12	GI201473	7,5 - 7,8	30	Kern, Harte	X	X	X	X	X	X		X	
13	GI201474	13,7 - 14,0	30	Kern		X							
14	GI201475	16,7 - 16,8	10	Kern									
15	GI201477	19,8 - 19,9	10	Locker									
Bohrung R4 (51.R.14)													
16	GI201478	2,25 - 2,6	35	Kern, Harte	X	X	X	X	X	X		X	
17	GI201479	3,2 - 3,5	30	Kern	X	X	X	X	X		X	X	
18	GI201480	7,15 - 7,5	35	Kern, Harte	X	X	X	X	X	X		X	
Total					11	13	11	11	11	7	6	11	1

Tabelle 1: Liste der Proben und der dazugehörigen Versuche.

3. Ergebnisse der Untersuchungen

3.1 Wassergehalte, Korndichten und Porenzahl

Proben	Wassergehalt [%]	Korndichte, ρ_s [g/cc]	Porenzahl, e [-]
GI201483	20,6	2,632	0,6894
GI201484	19,2	2,571	0,5521
GI201541	23,7	2,627	0,6305
GI201465	20,6	2,662	0,6651
GI201466	18,5	2,627	0,5054
GI201470	19,0	2,640	0,5064
GI201471	27,4	2,651	0,8932
GI201473	25,3	2,590	0,6505
GI201478	28,1	2,754	0,8293
GI201479	20,5	2,754	0,6761
GI201480	37,3	2,644	1,1086

Tabelle 2: Listung der Wassergehalte [%], Korndichten [g/cm³], und der Porenzahl [%] der ungestörten Bodenproben.

3.2 Klassifikation nach Casagrande

Proben	Fließgrenze [%]	Ausrollgrenze [%]	Plastizitätszahl [%]	Klassifikation nach Casagrande
GI201484	28,2	12,9	15,3	TL
GI201483	30,0	19,7	10,3	TL
GI201541	60,7	25,6	35,1	TA
GI201465	46,5	18,4	28,1	TM
GI201466	38,6	17,5	21,1	TM
GI201470	44,9	22,1	22,8	TM
GI201471	62,4	24,6	37,8	TA

GI201473	58,0	15,5	42,5	TA
GI201478	53,1	21,3	31,8	TA
GI201479	35,0	18,2	16,8	TM
GI201480	78,0	29,3	48,7	TA

Tabelle 3: Fließgrenze, Ausrollgrenze und Plastizitätszahl.

3.3 Sieblinien

Probe: GI201484

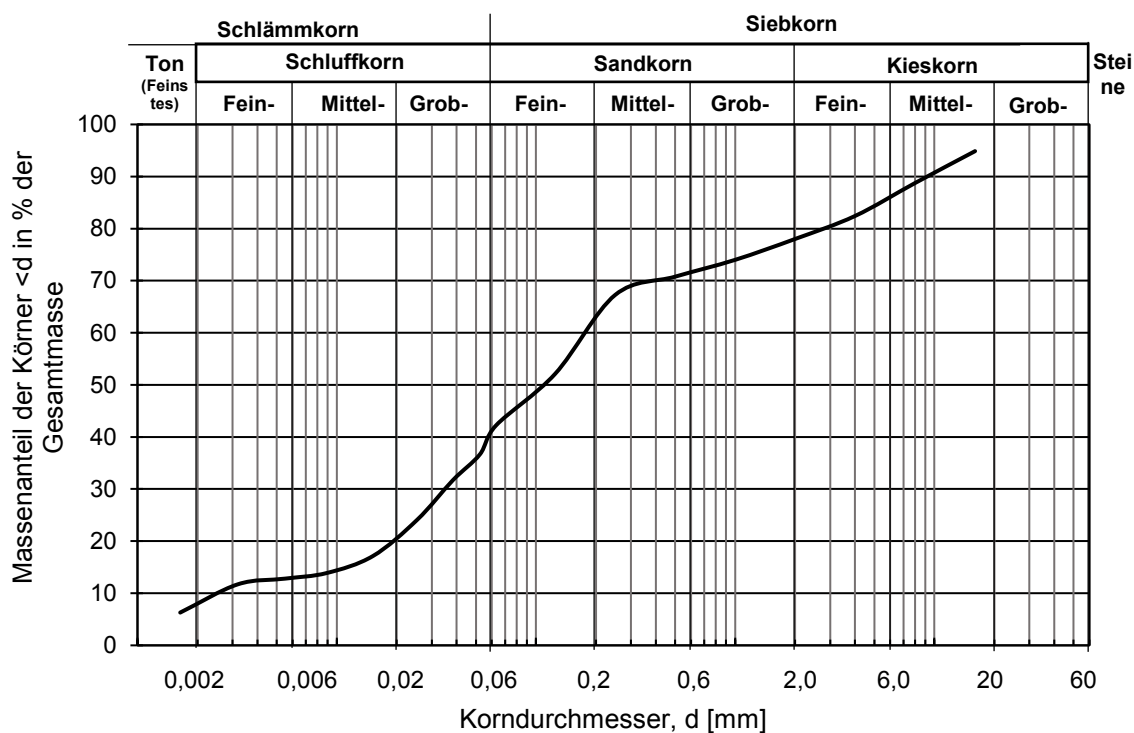


Abbildung 1: Sieblinie der Probe GI201484

Probe: GI201479

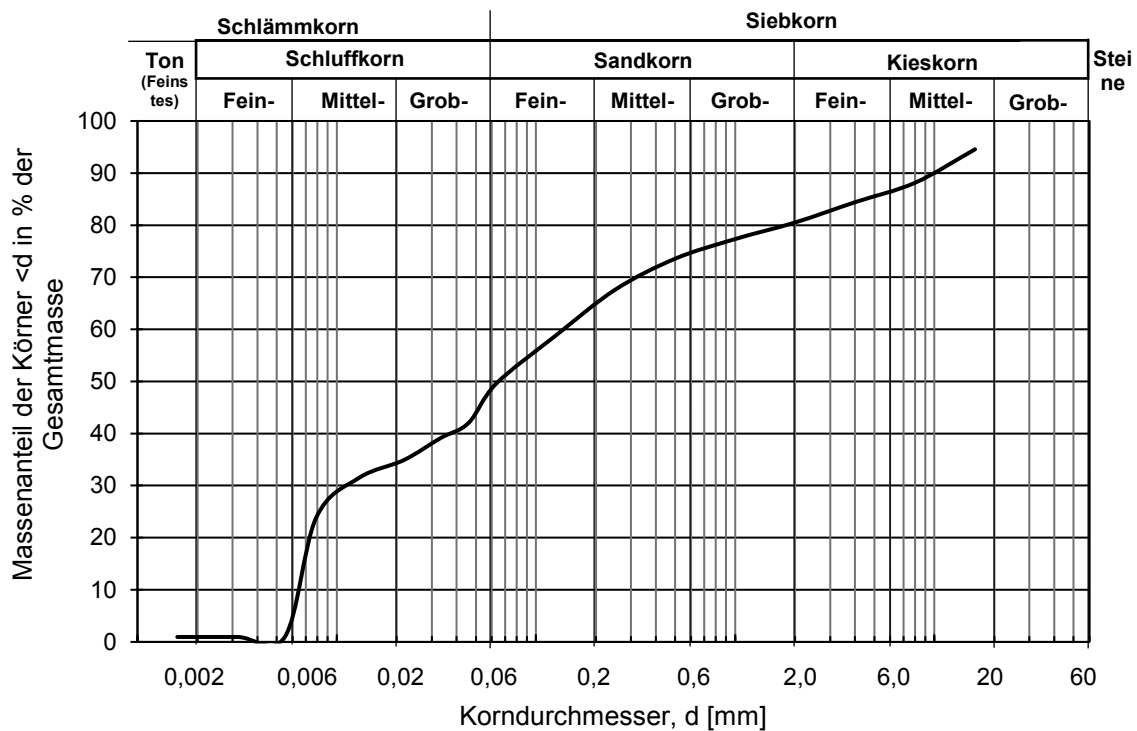


Abbildung 2: Sieblinie der Probe GI201479

Probe: GI201478

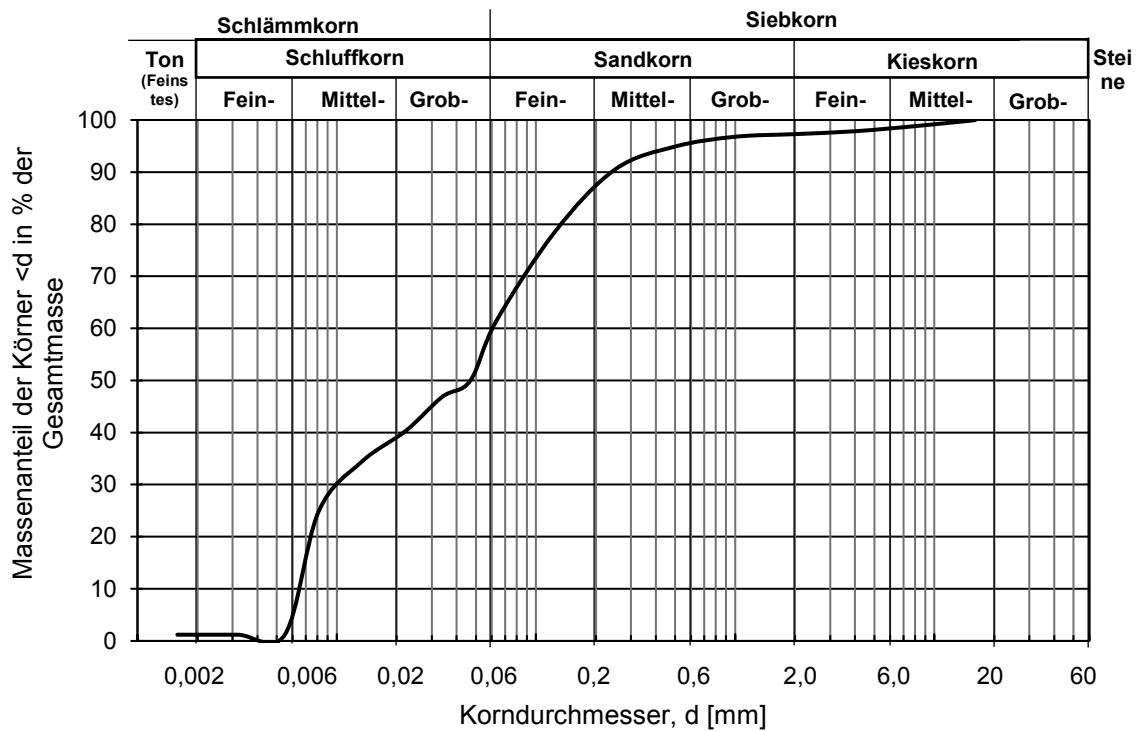


Abbildung 3: Sieblinie der Probe GI201478

Probe: GI201465

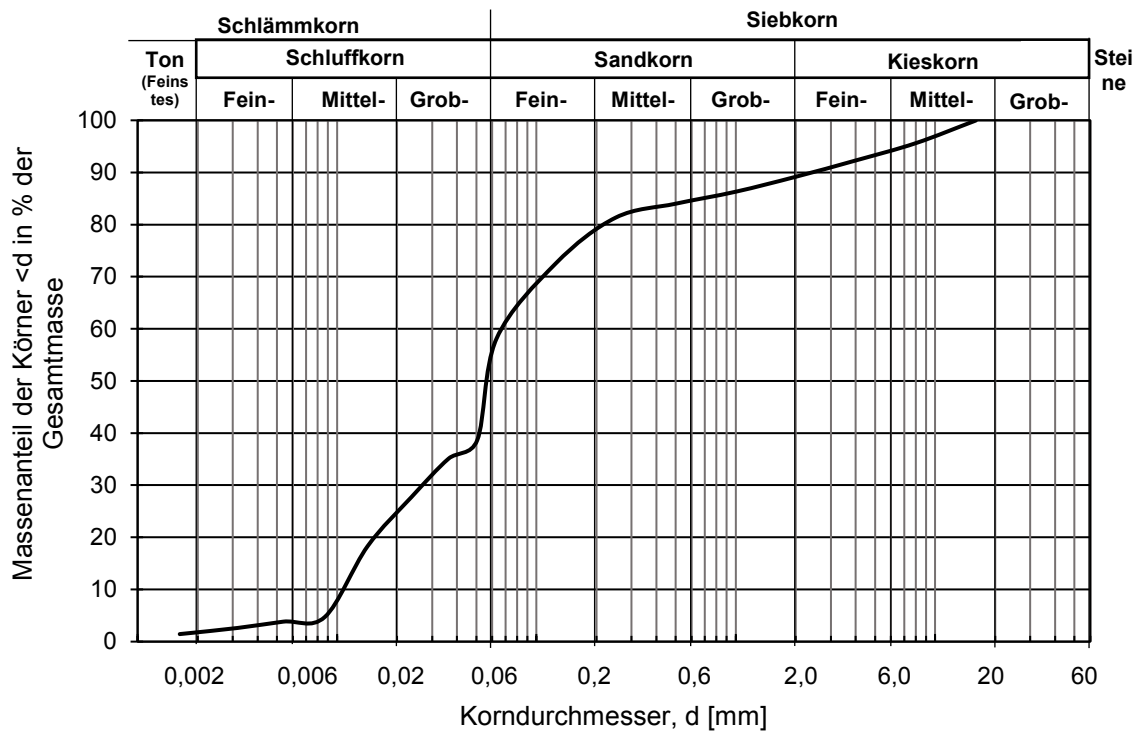


Abbildung 4: Sieblinie der Probe GI201465

Probe: GI201471

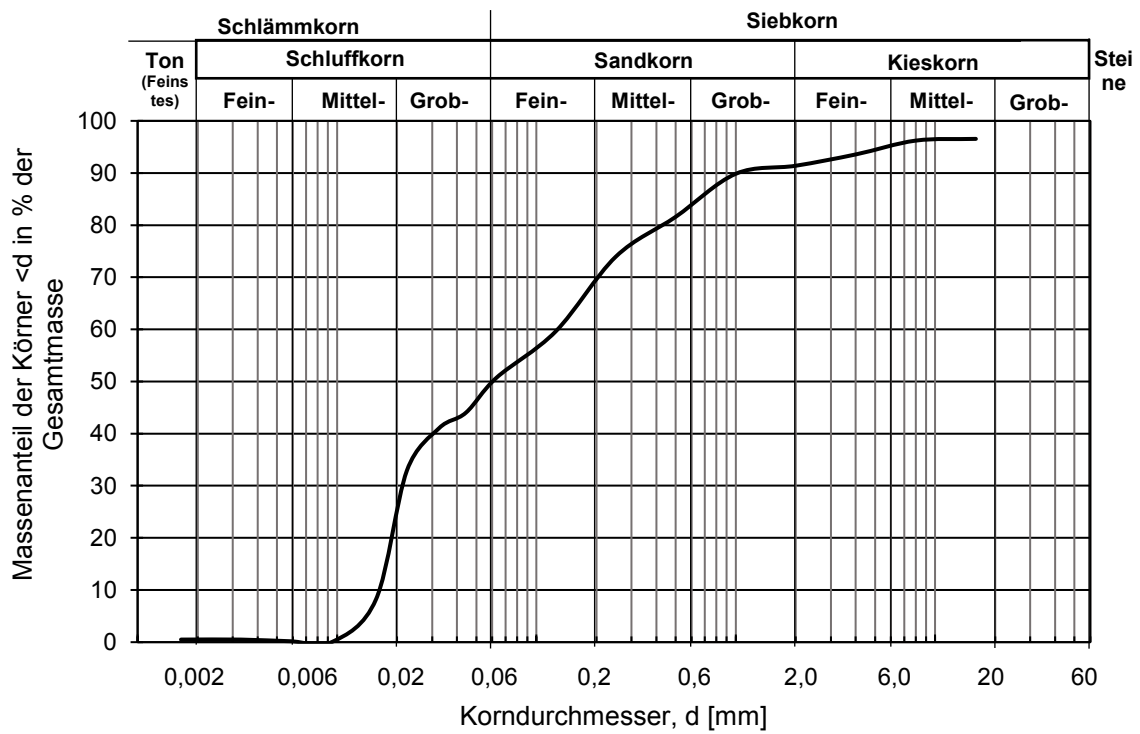


Abbildung 5: Sieblinie der Probe GI201471

Probe: GI201473

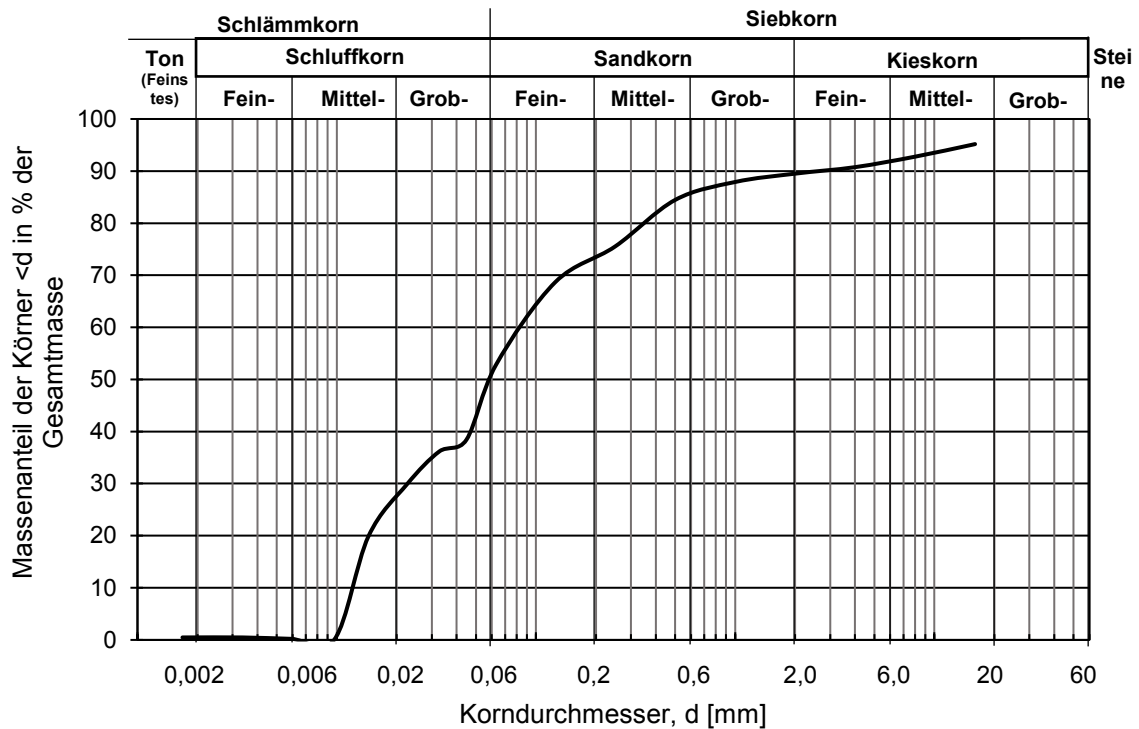


Abbildung 6: Sieblinie der Probe GI201473

Probe: GI201483

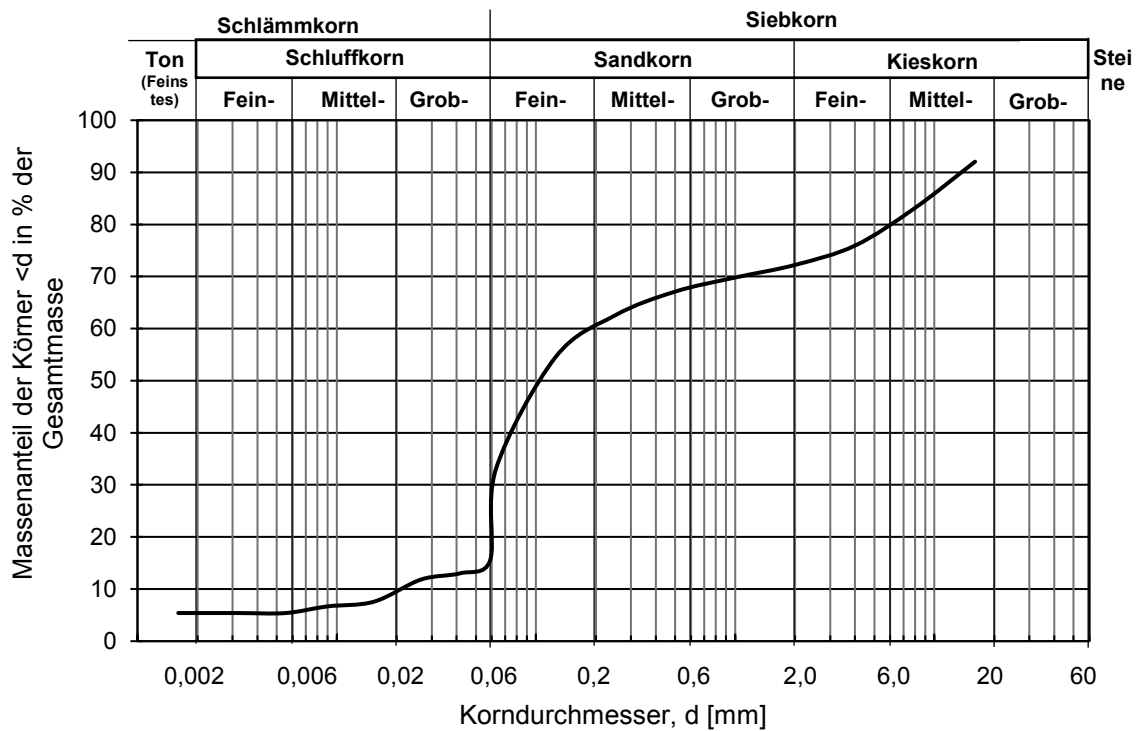


Abbildung 7: Sieblinie der Probe GI201483

Probe: GI201480

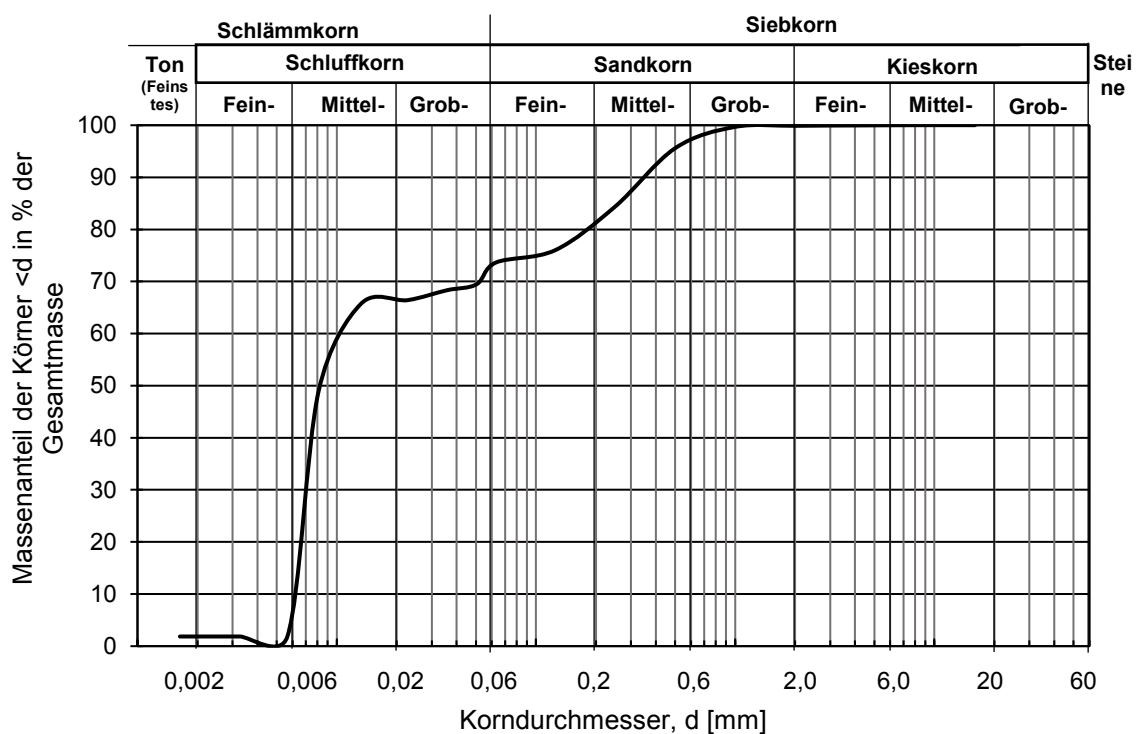


Abbildung 8: Sieblinie der Probe GI201480

Probe: GI201541

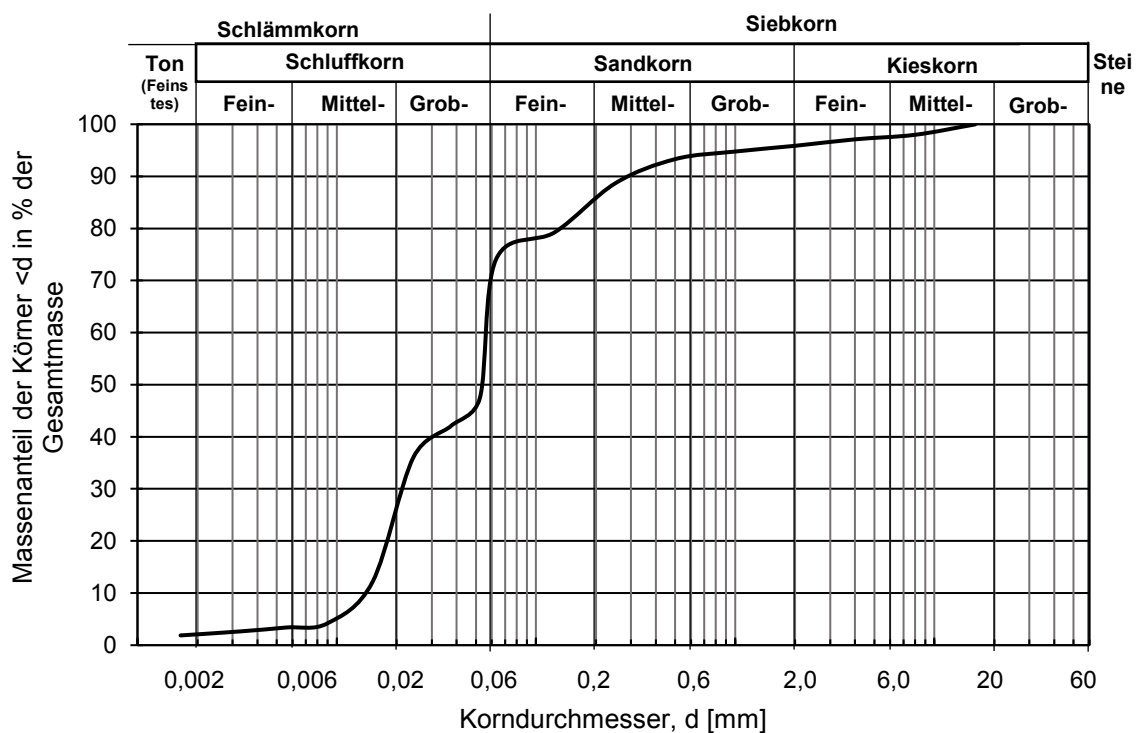


Abbildung 9: Sieblinie der Probe GI201541

Probe: GI201542

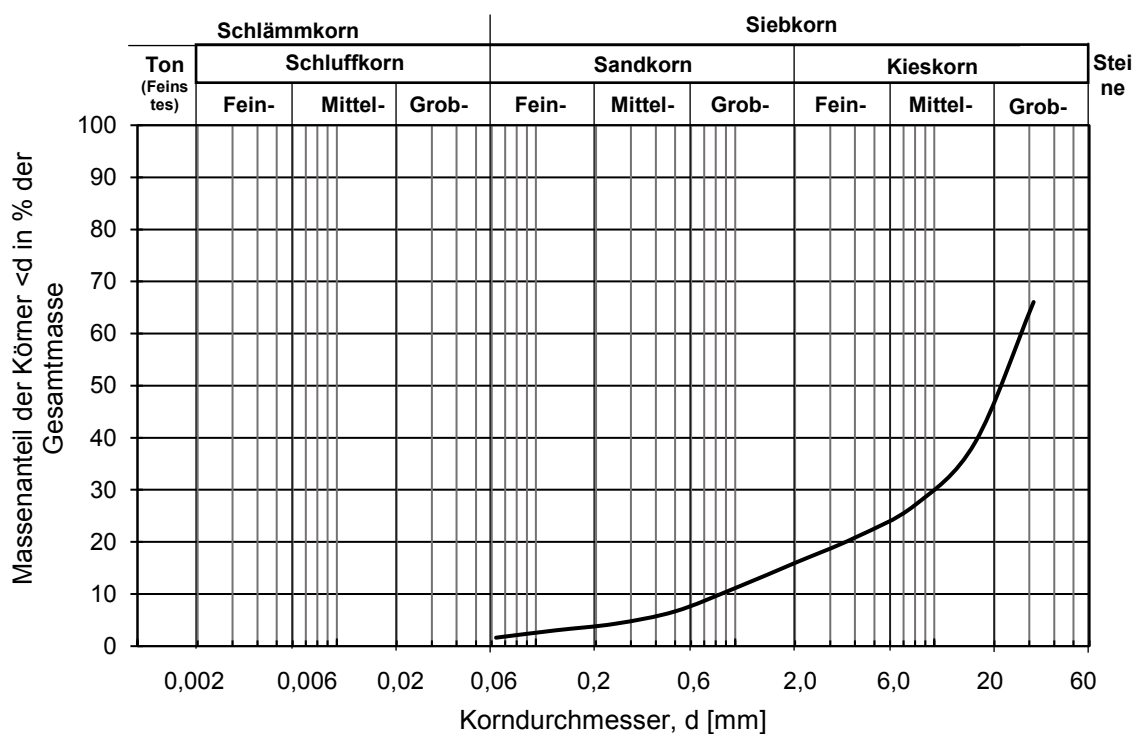


Abbildung 10: Sieblinie der Probe GI201542

Probe: GI201474

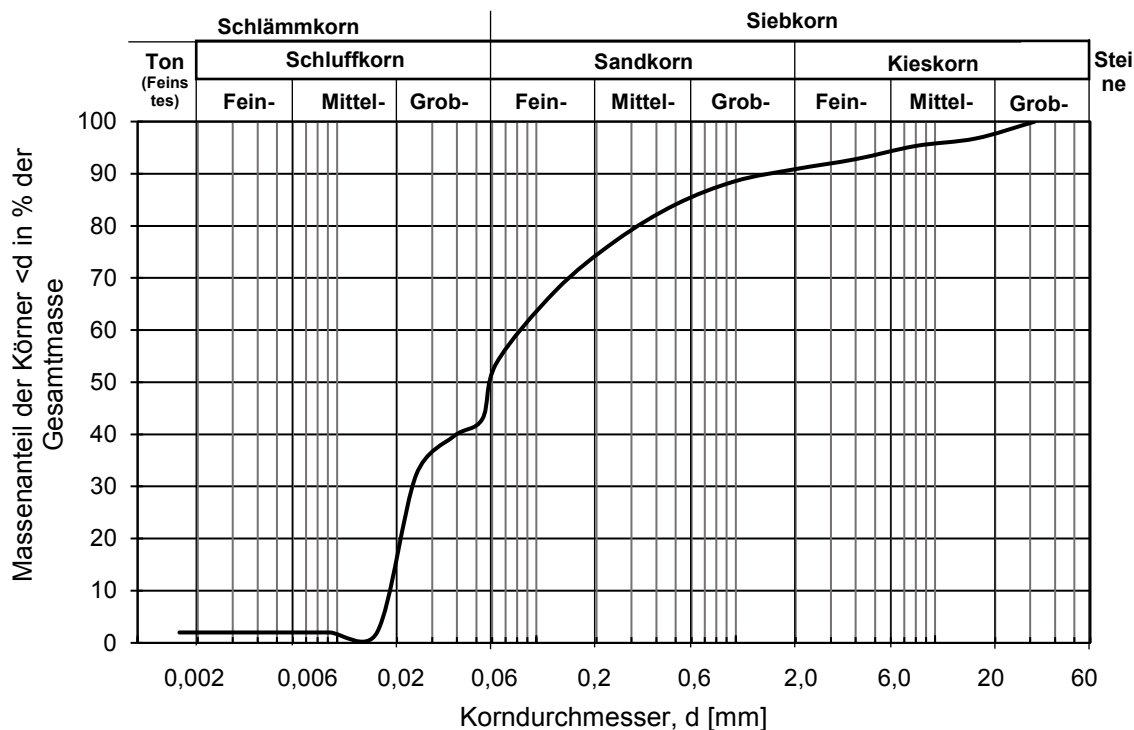


Abbildung 11: Sieblinie der Probe GI201474

Probe: GI201470

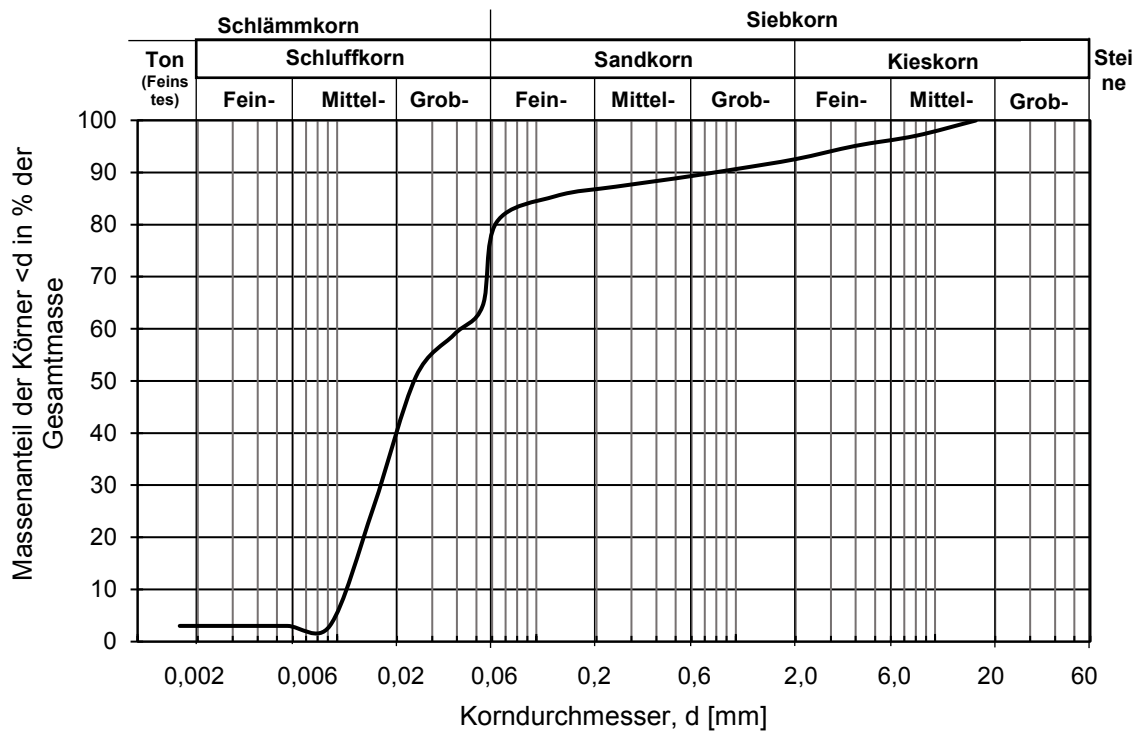


Abbildung 12: Sieblinie der Probe GI201470

Probe: GI201466

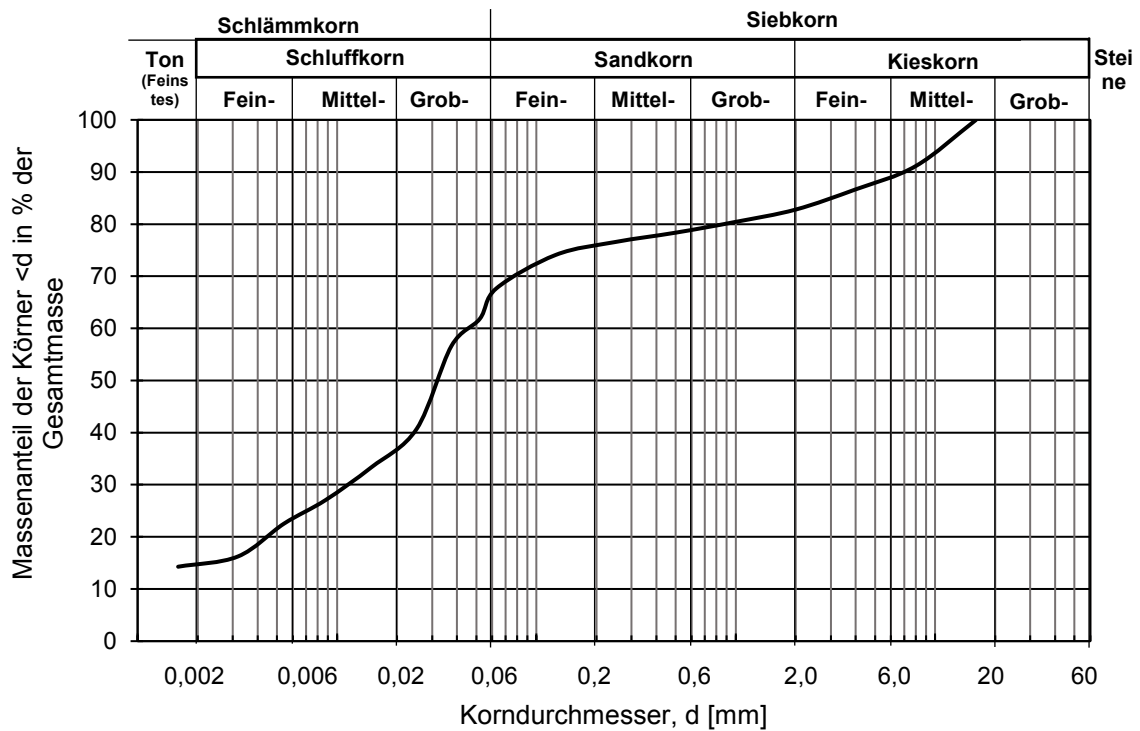


Abbildung 13: Sieblinie der Probe GI201466

Proben	Klassi- fikation nach Siebung	Siebung			
		Kies	Sand	Schluff	Ton
GI201483	SÜ*	27,74	39,16	27,69	5,4
GI201484	U oder T	22,01	35,82	35,90	6,27
GI201541	U oder T	4,11	21,82	72,21	1,86
GI201542	GI	84,02	14,36	1,61	-
GI201465	U oder T	10,80	31,10	56,65	1,45
GI201466	U oder T	17,18	15,14	52,67	15,00
GI201470	U oder T	7,41	12,19	77,42	2,97
GI201471	U oder T	8,61	40,68	50,21	0,50
GI201473	U oder T	10,49	36,73	52,35	0,42
GI201474	U oder T	9,08	37,29	51,65	1,98
GI201478	U oder T	2,68	35,98	60,17	1,17
GI201479	U oder T	19,49	30,97	48,61	0,94
GI201480	U oder T	0,12	26,25	71,77	1,86

Tabelle 4: Siebanalyse paramter.

3.4 Ödometerversuch

Probe: GI201479, Tiefe: 3,2-3,5 m, Versuchart: zus. wassergehalt

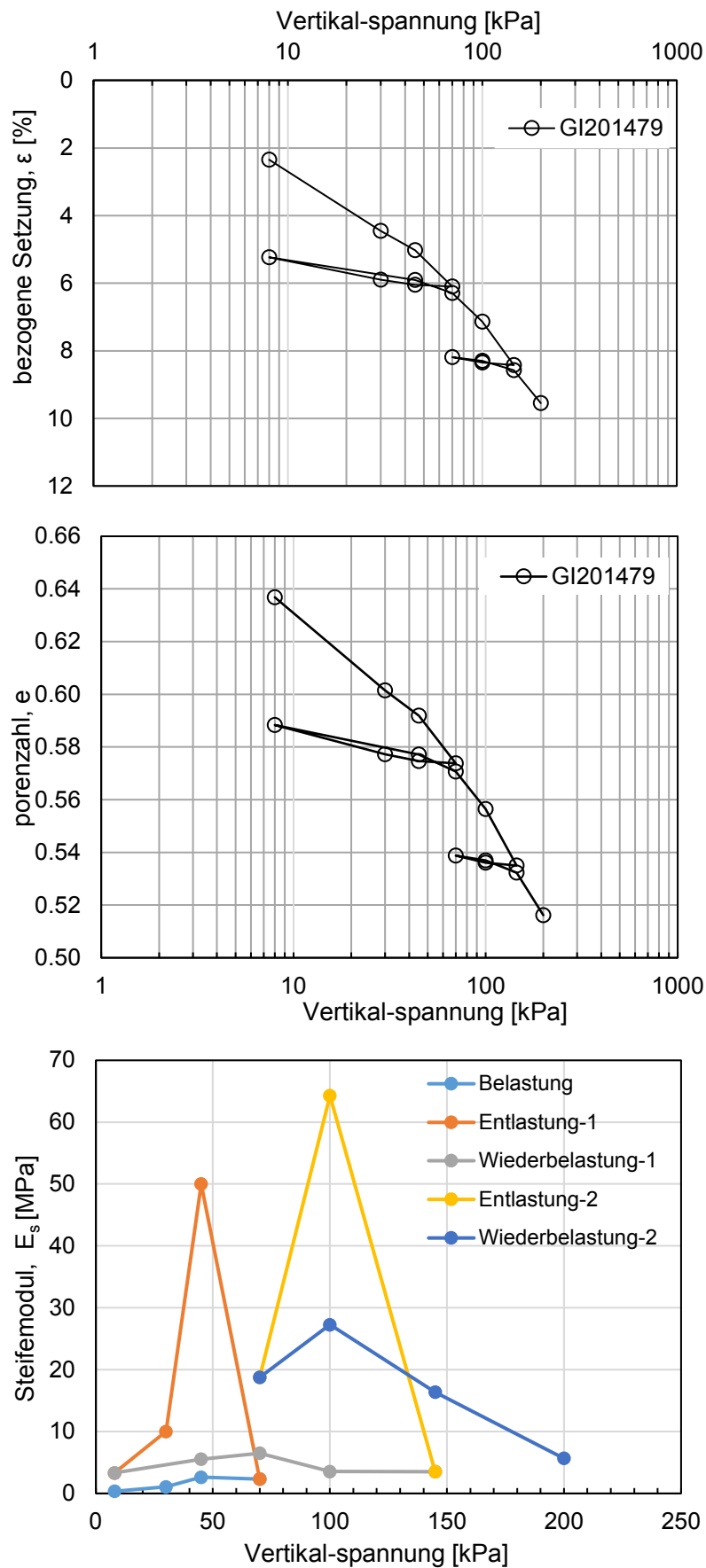
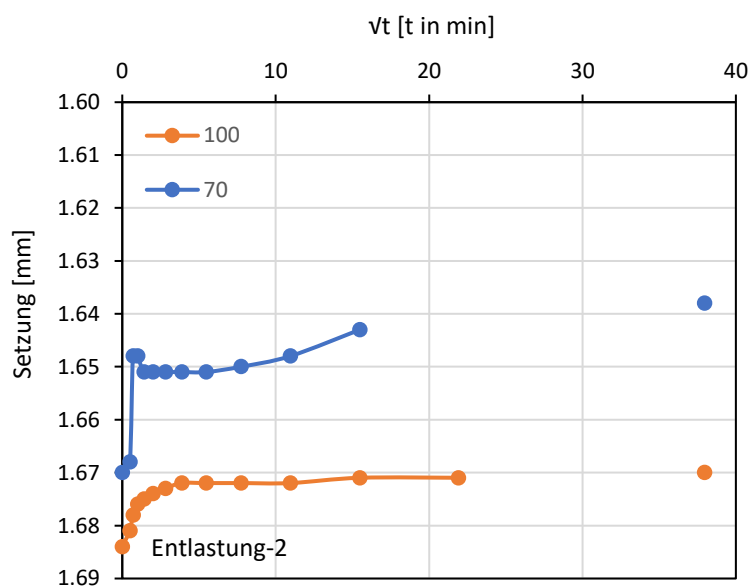
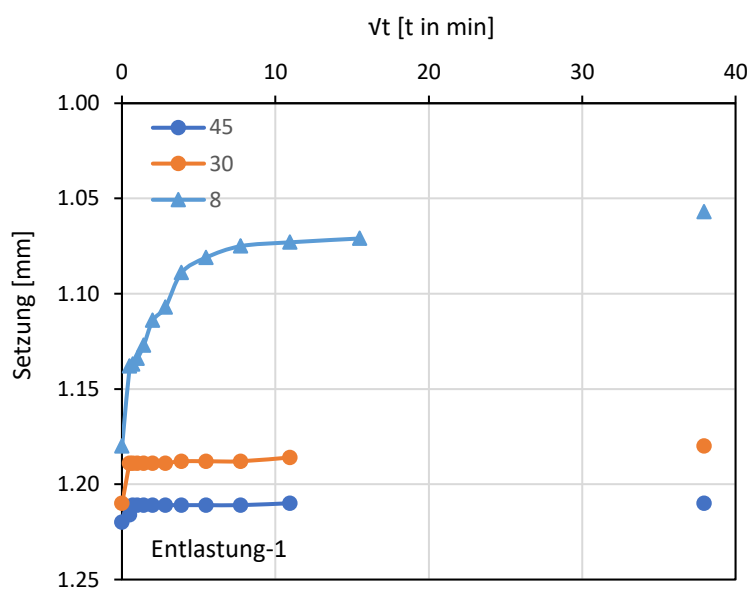
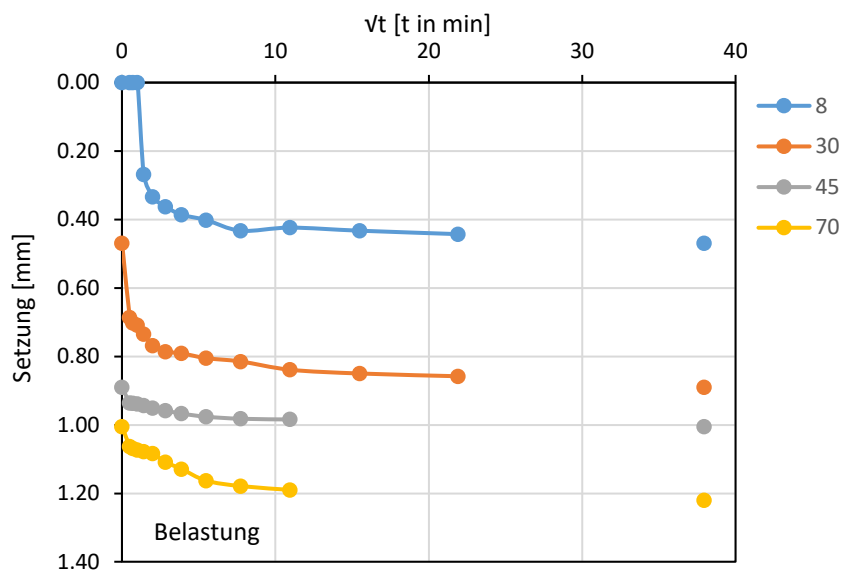


Abbildung 14: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf (mitte), σ -Steifenzahlverlauf (unten), Probe: GI201479.



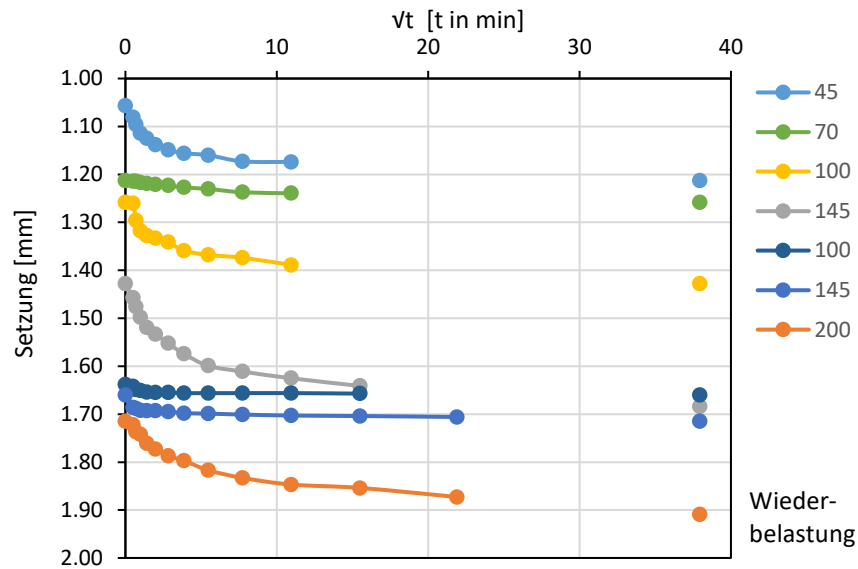
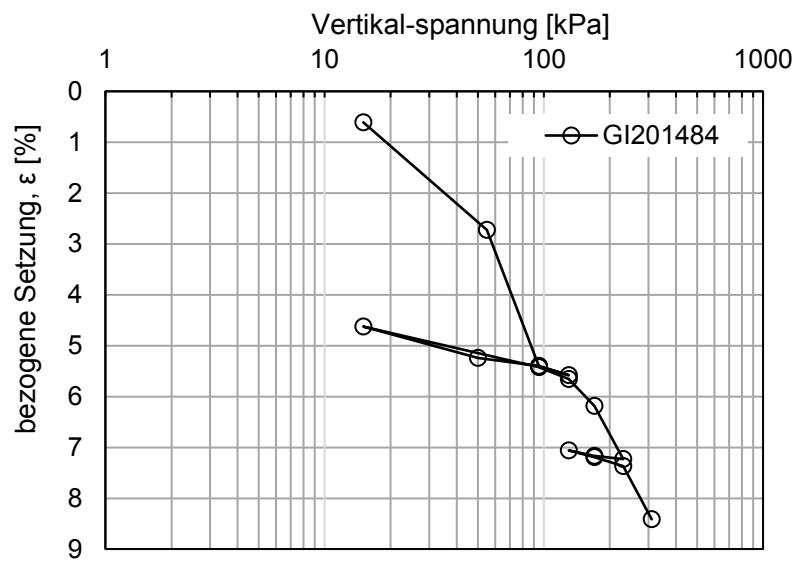


Abbildung 15: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201479

Probe: GI201484, Tiefe: 7,0-7,2 m, Versuchart: zus. wassergehalt



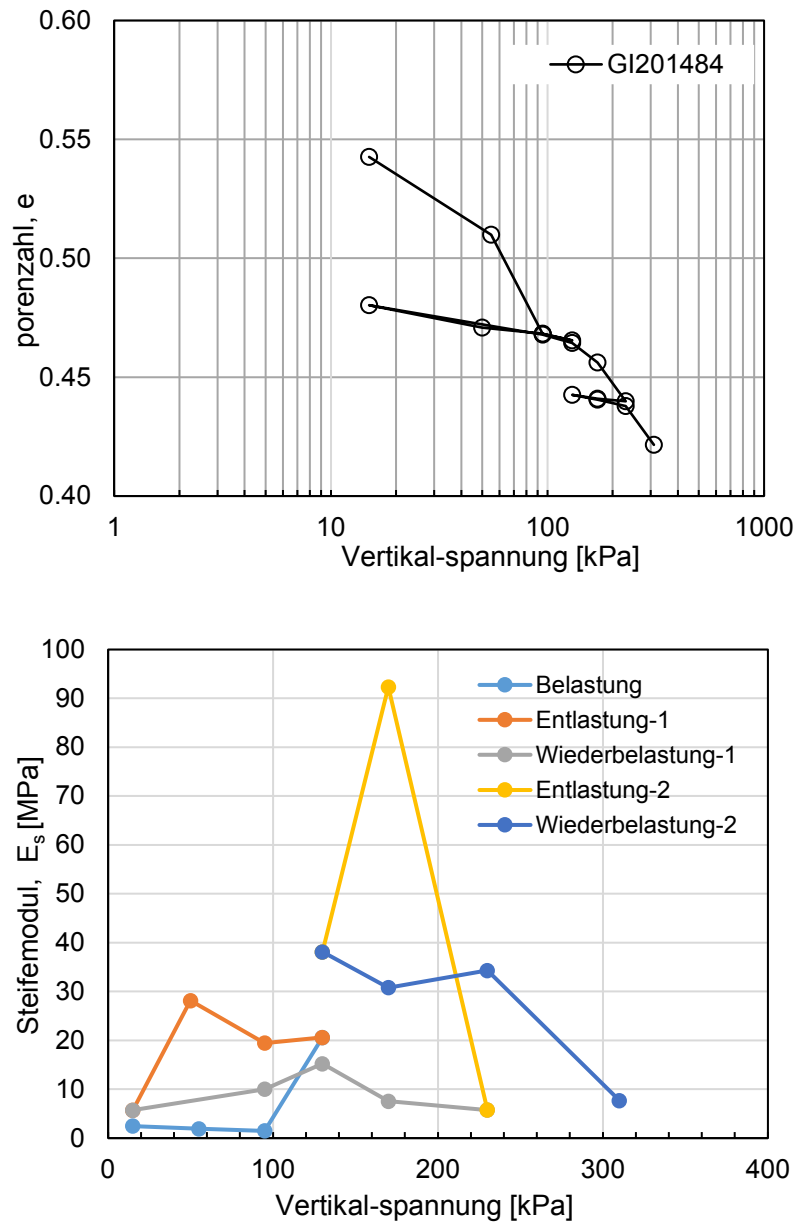
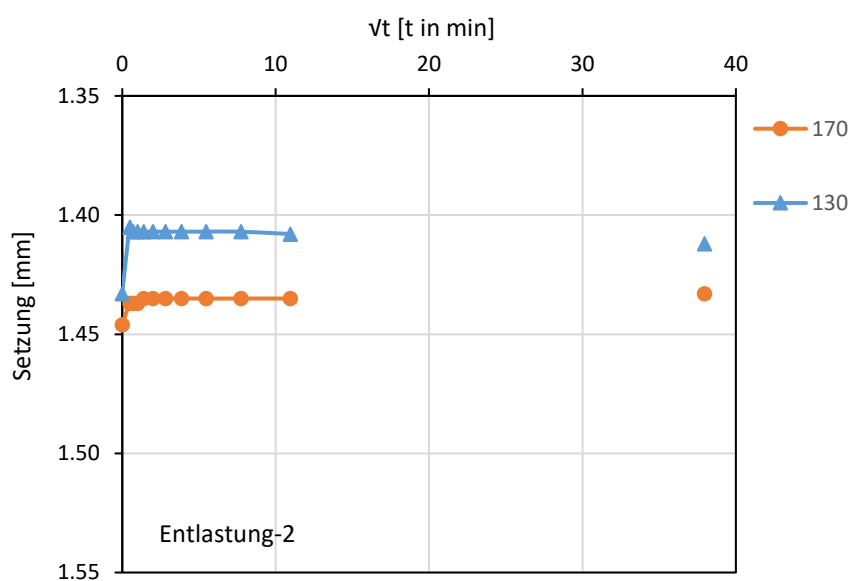
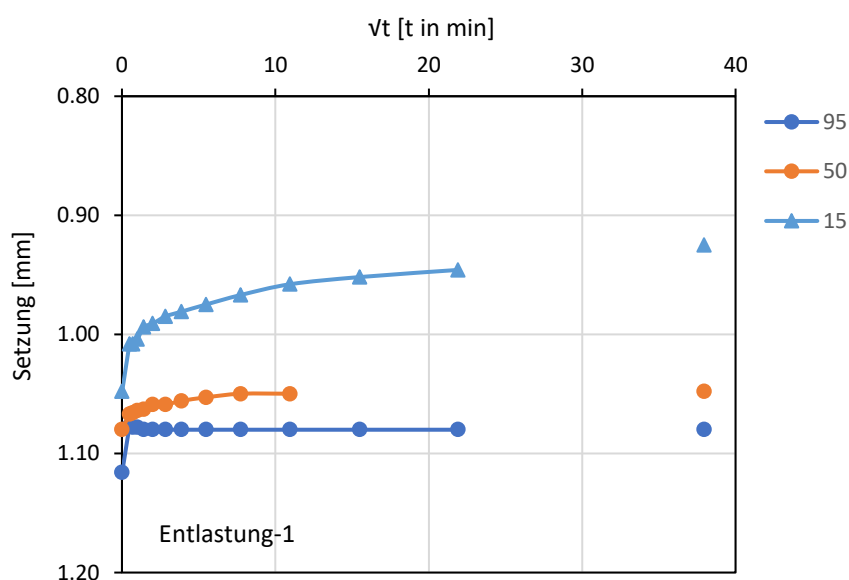
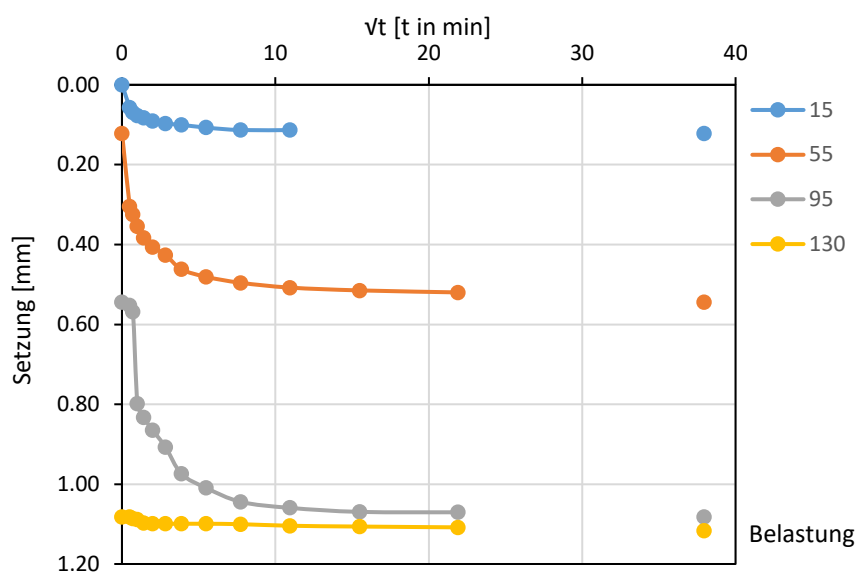


Abbildung 16: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf (mitte), σ -Steifezahlverlauf (unten), Probe: GI201484.



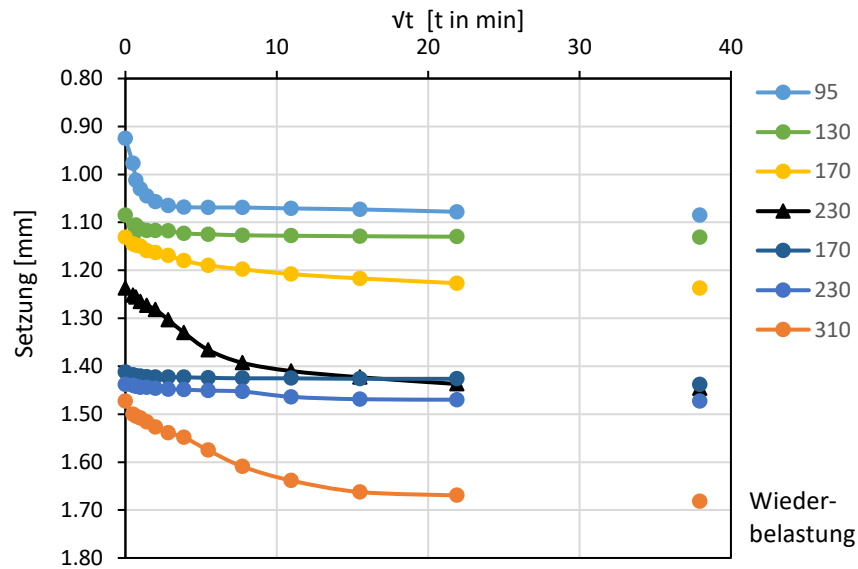
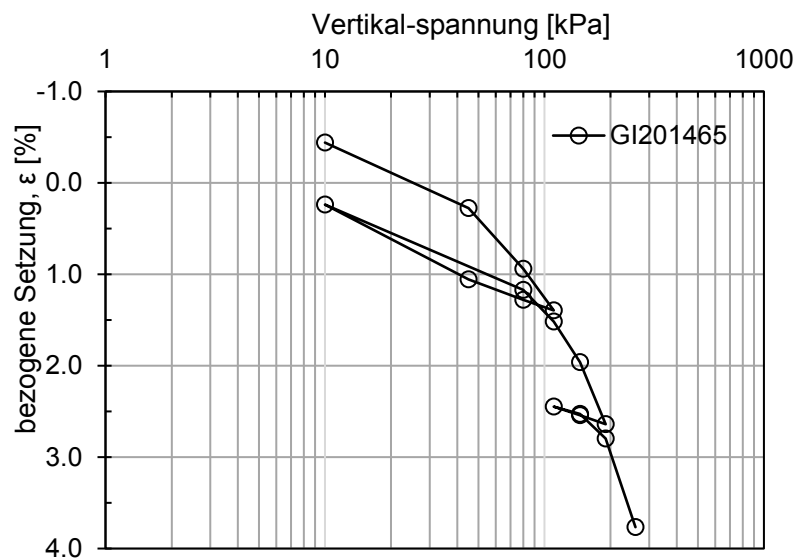


Abbildung 17: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201484

Probe: GI201465, Tiefe: 5,1-5,5 m, Versuchart: zus. wassergehalt



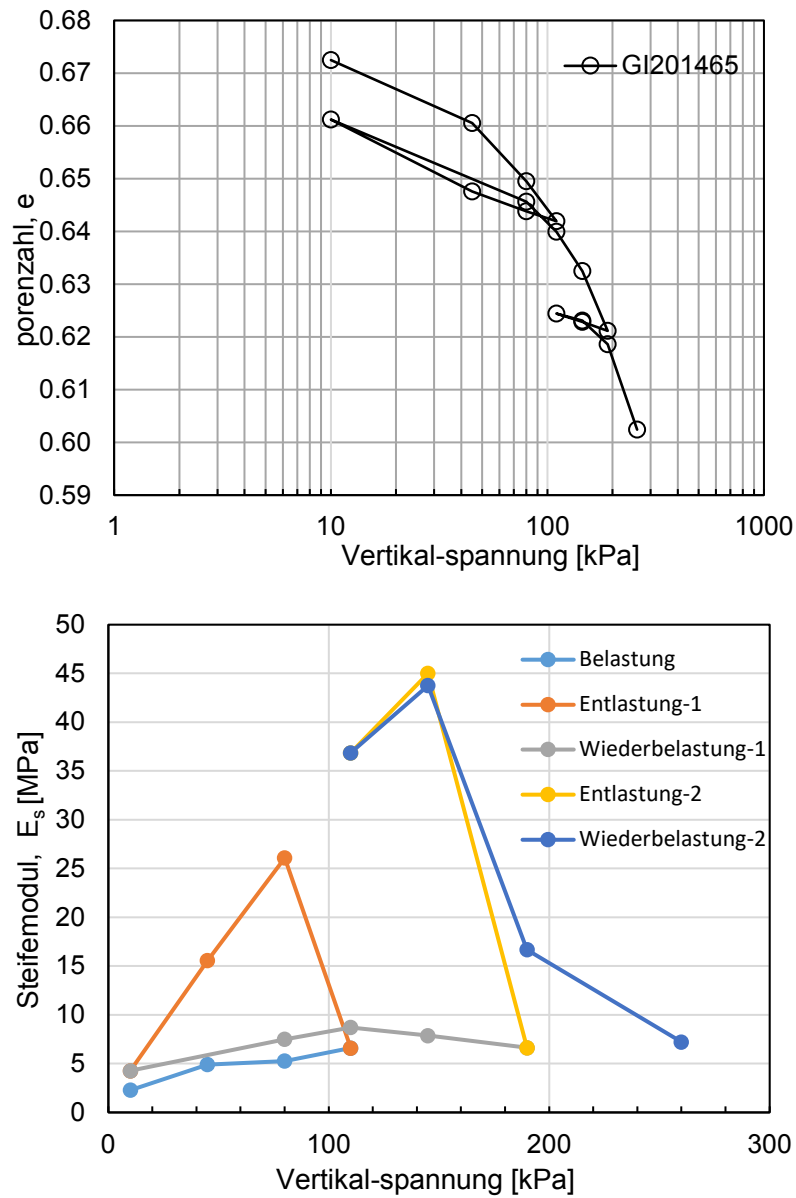
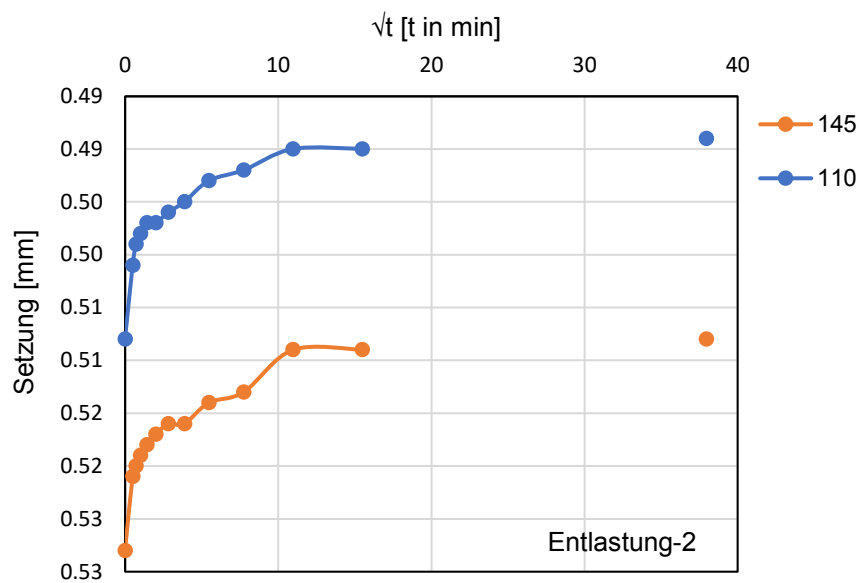
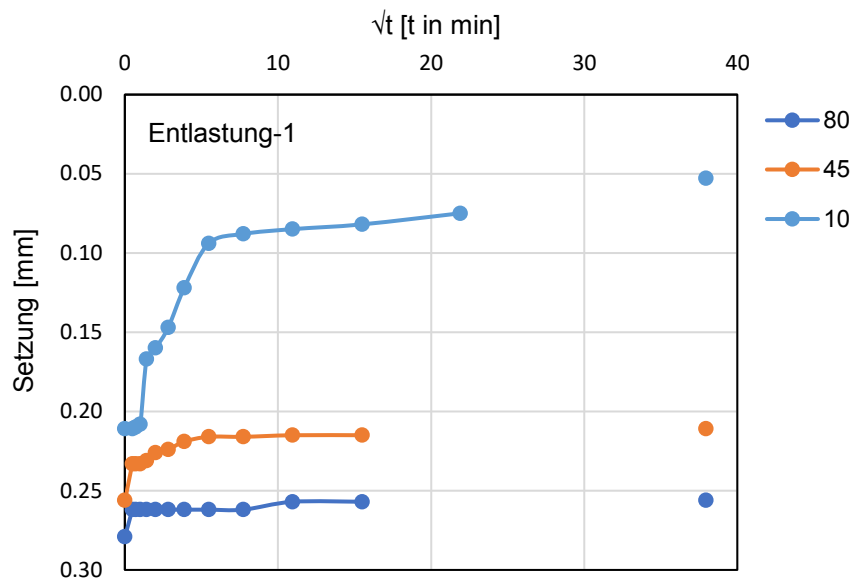
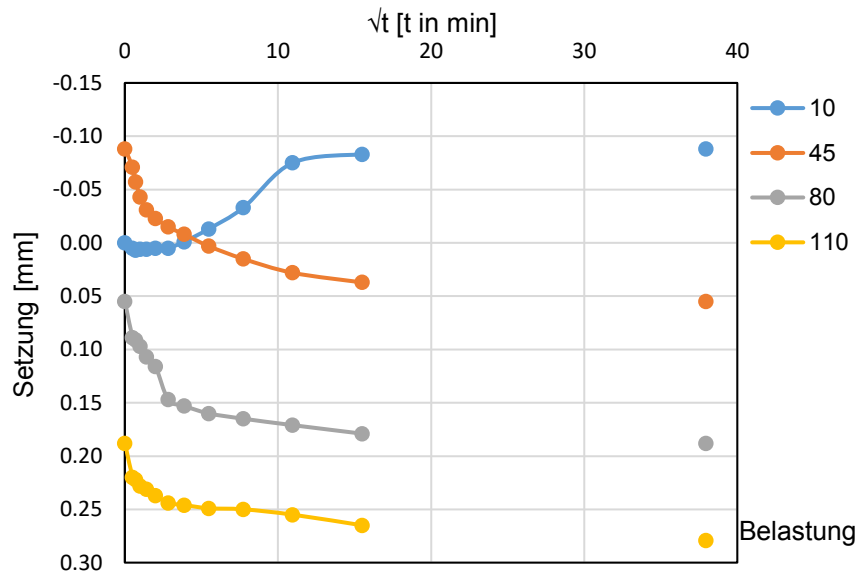


Abbildung 18: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf (mitte), σ -Steifenzahlverlauf (unten), Probe: GI201465.



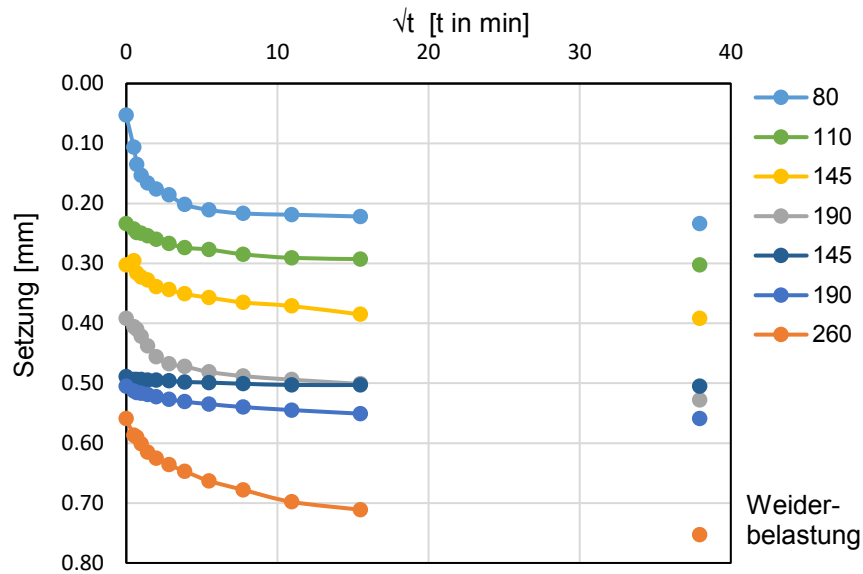
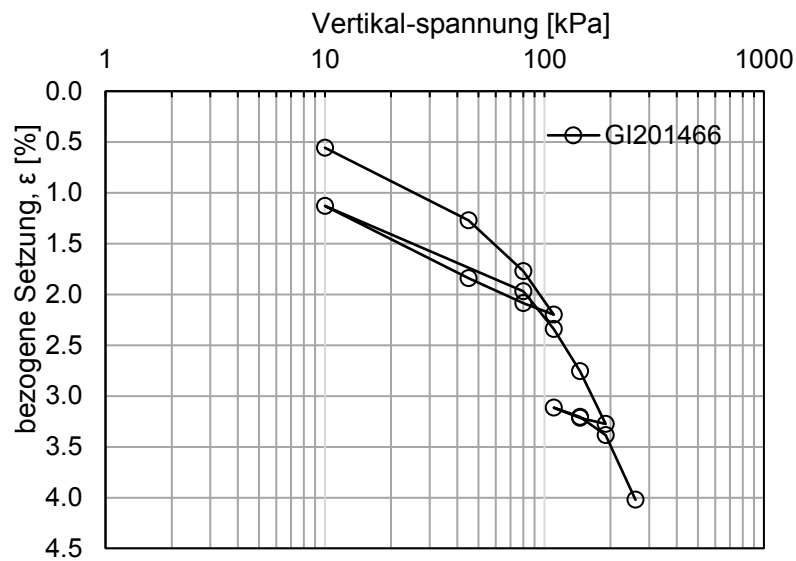


Abbildung 19: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201465

Probe: GI201466, Tiefe: 5,5-5,7 m, Versuchart: zus. wassergehalt



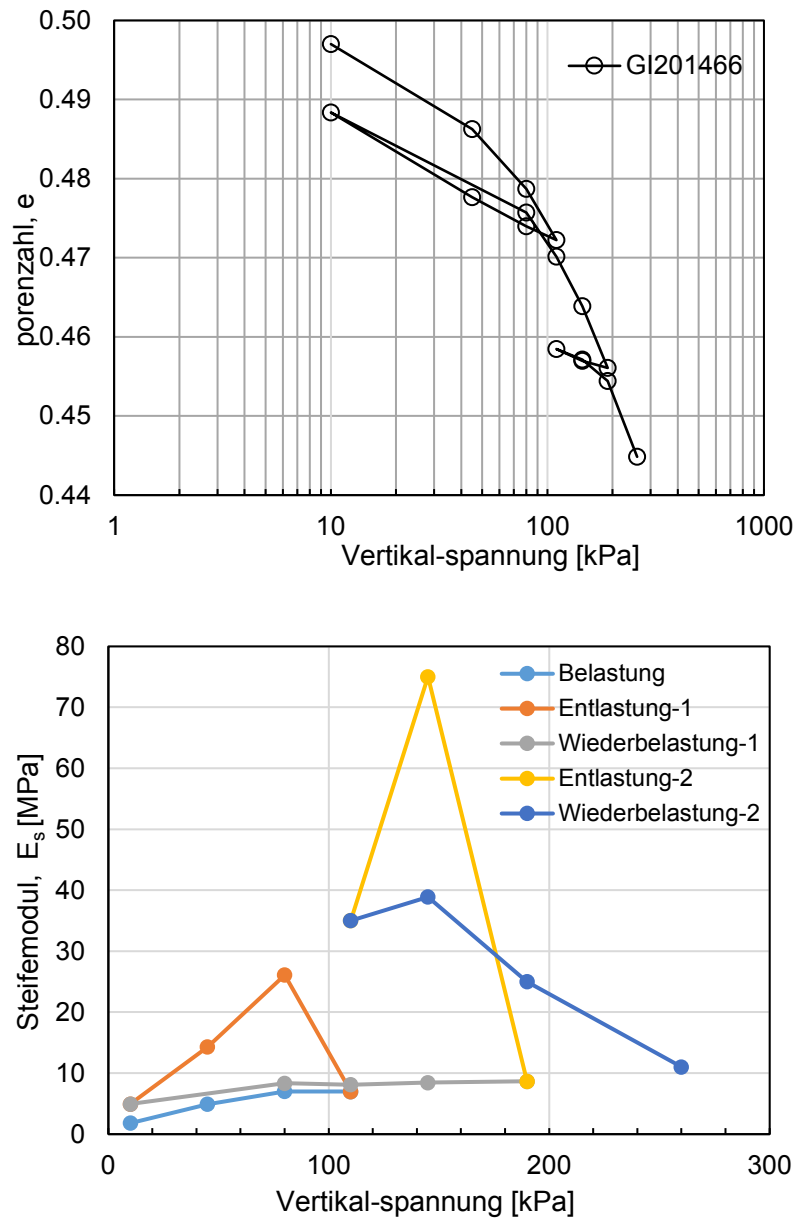
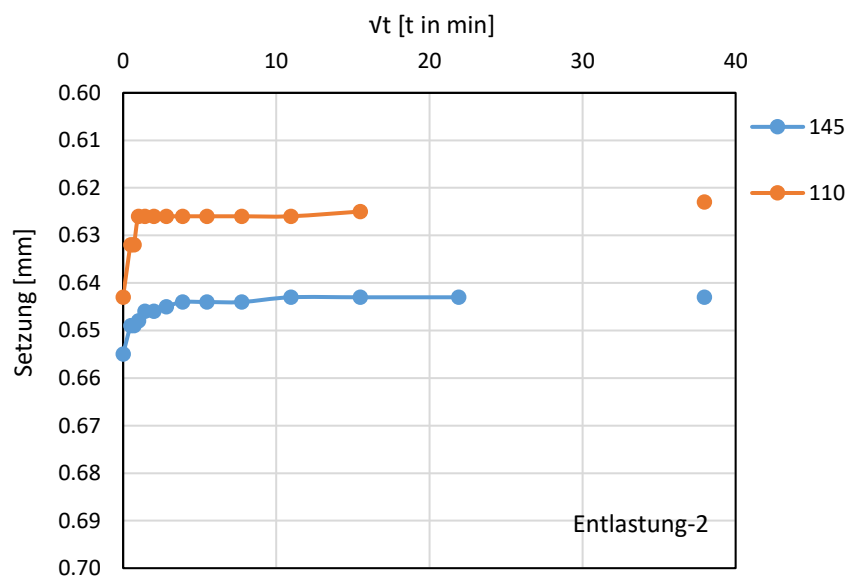
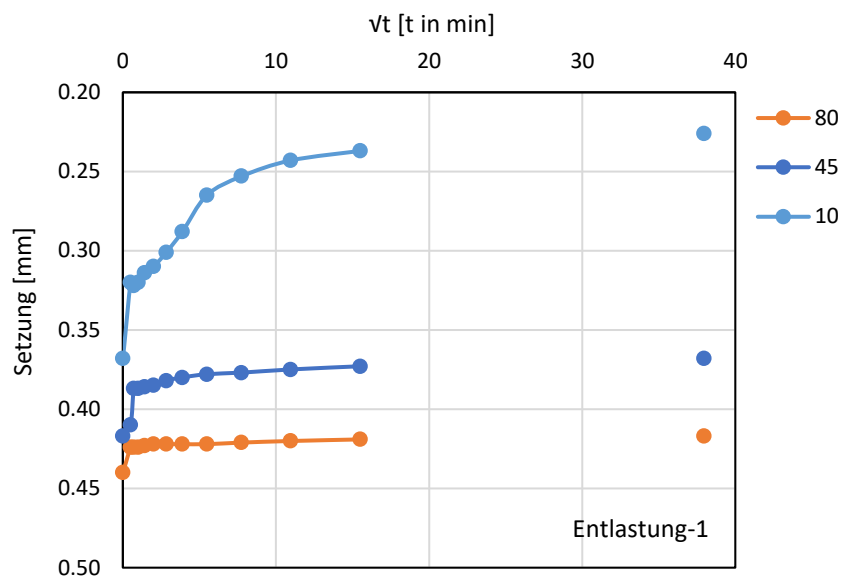
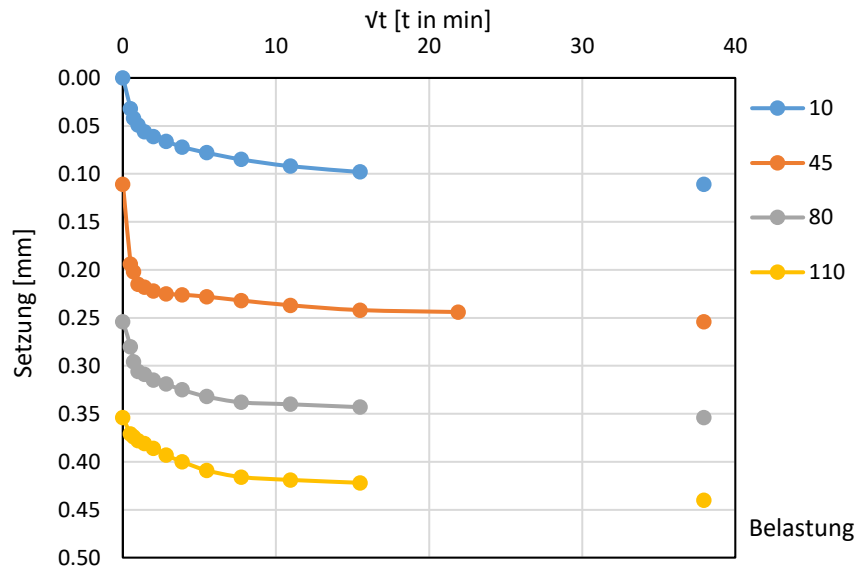


Abbildung 20: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf (mitte), σ -Steifenzahlverlauf (unten), Probe: GI201466.



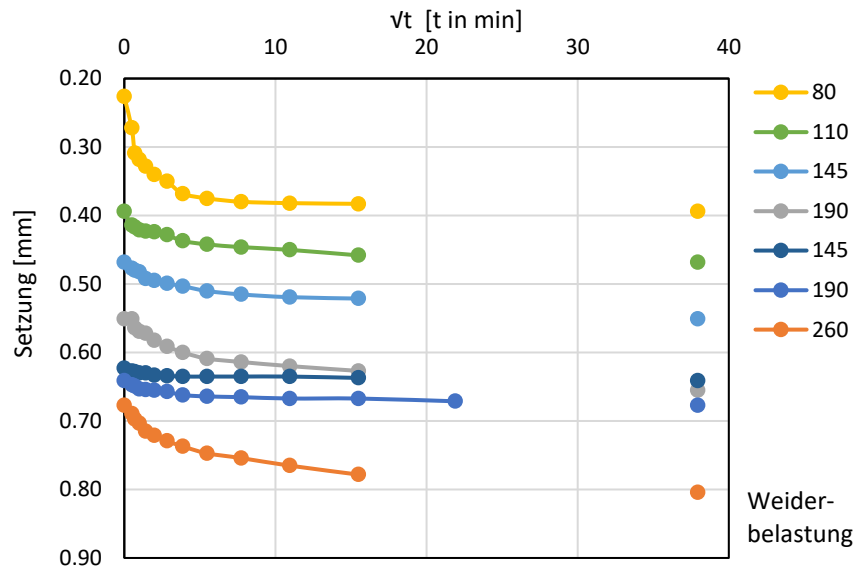
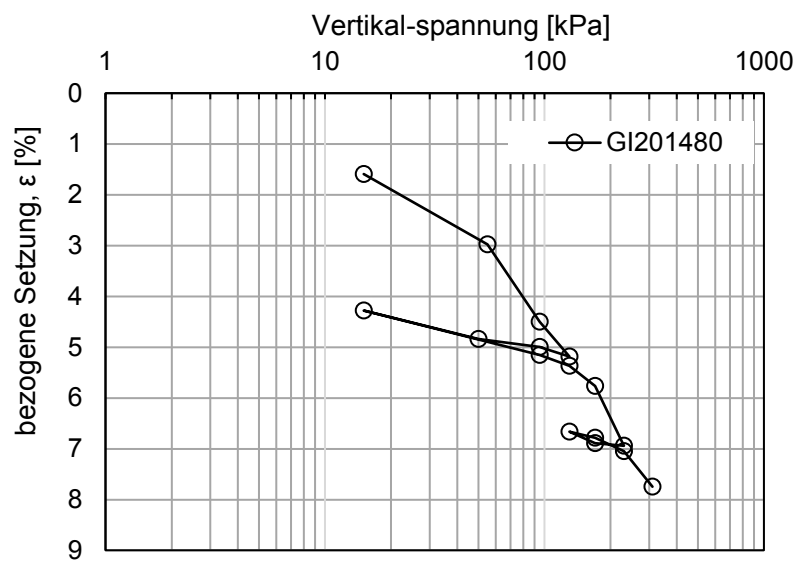


Abbildung 21: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201466

Probe: GI201480, Tiefe: 7,15-7,50 m, Versuchart: zus. wassergehalt



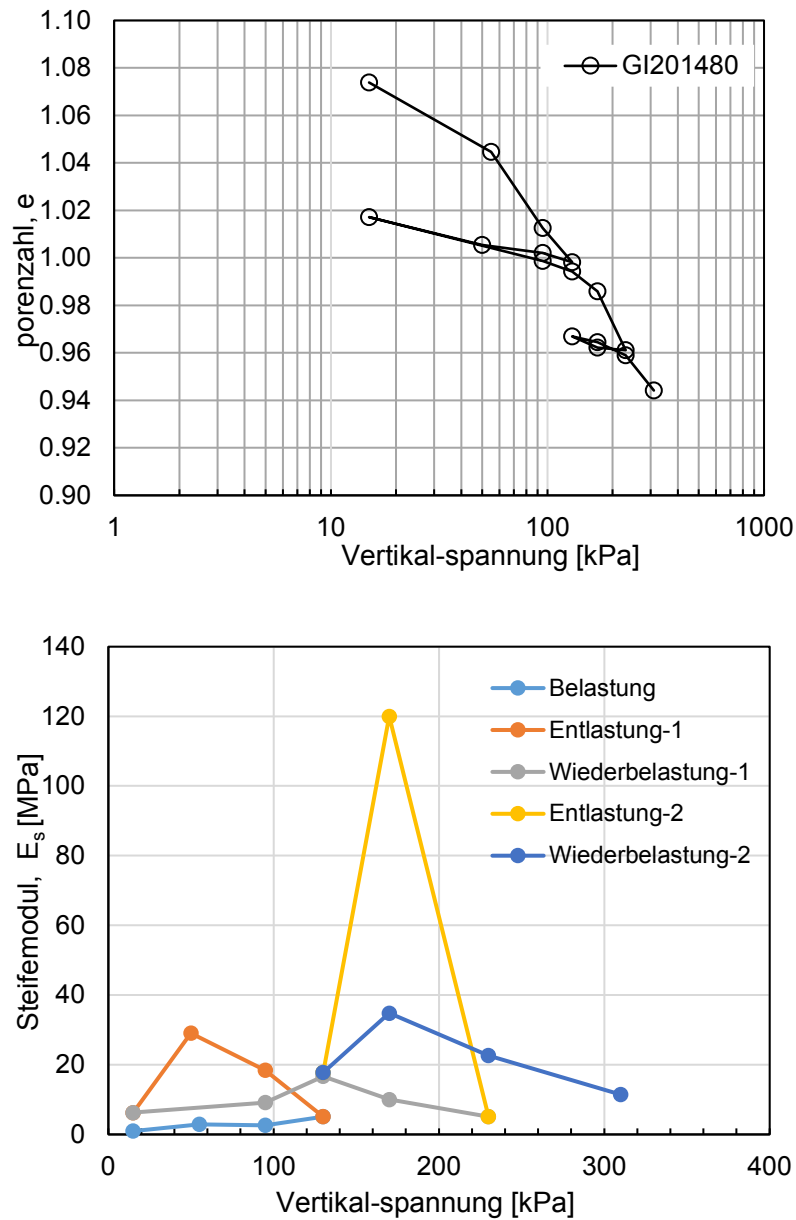
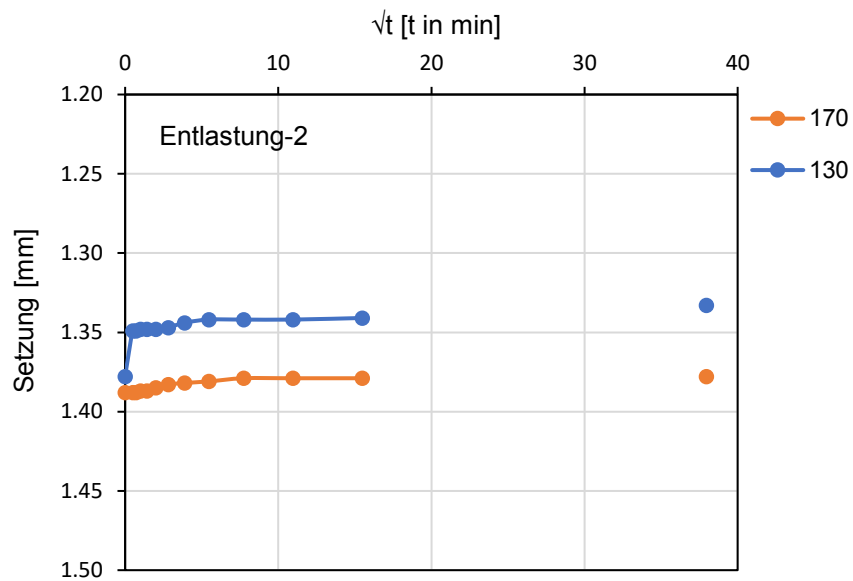
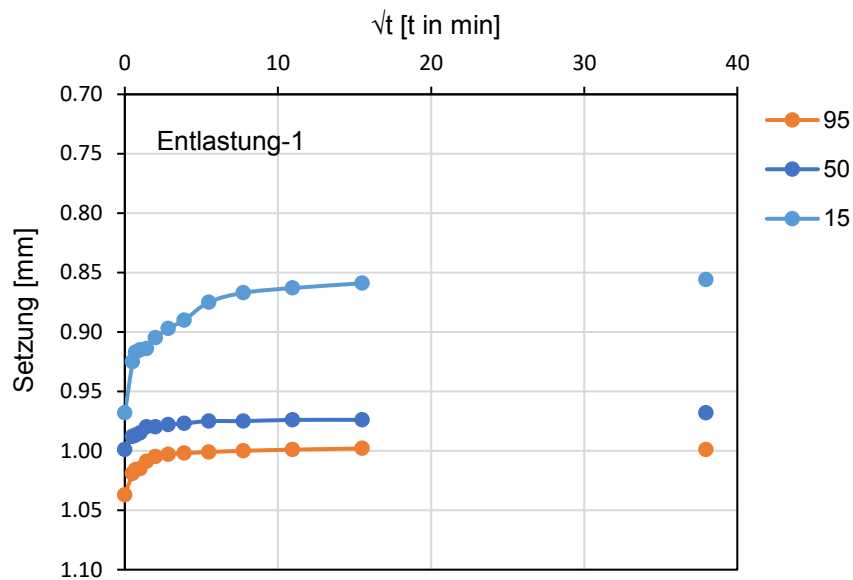
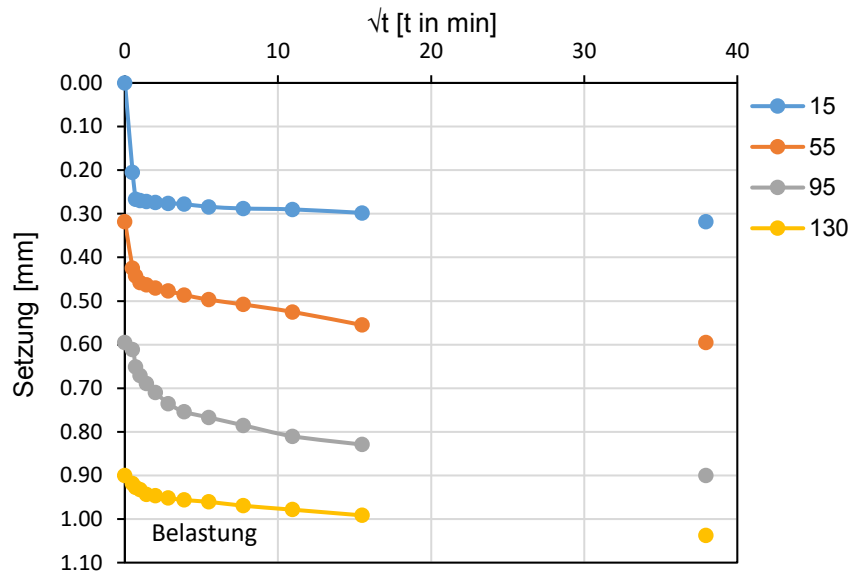


Abbildung 22: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf (mitte), σ -Steifezahlverlauf (unten), Probe: GI201480.



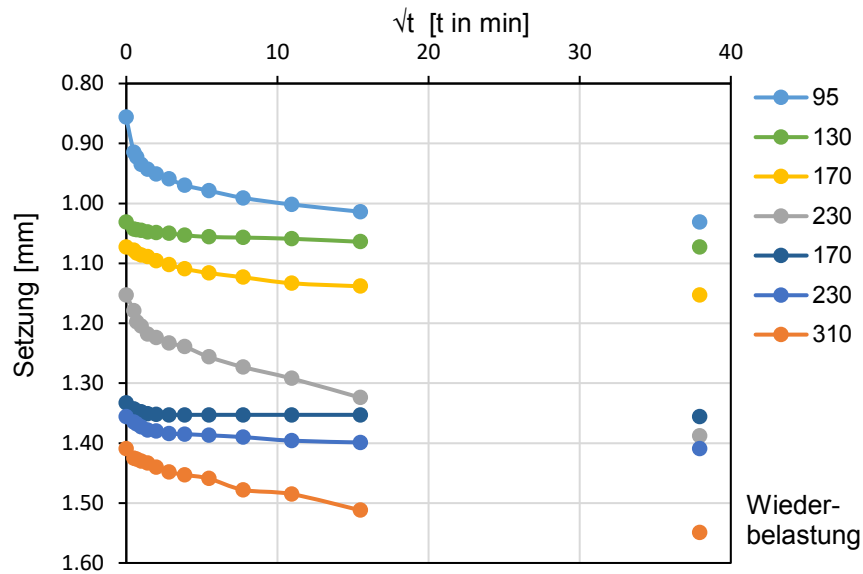
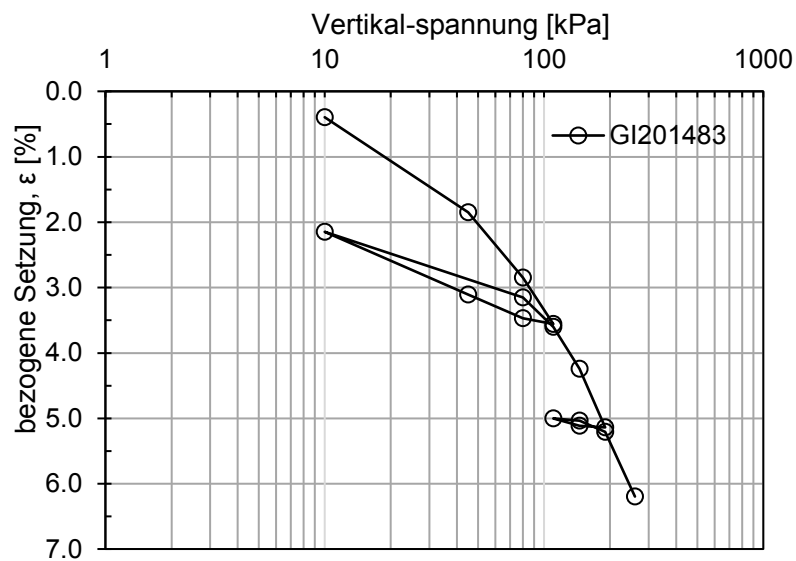


Abbildung 23: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201480.

Probe: GI201483, Tiefe: 5,5-5,80 m, Versuchart: zus. wassergehalt



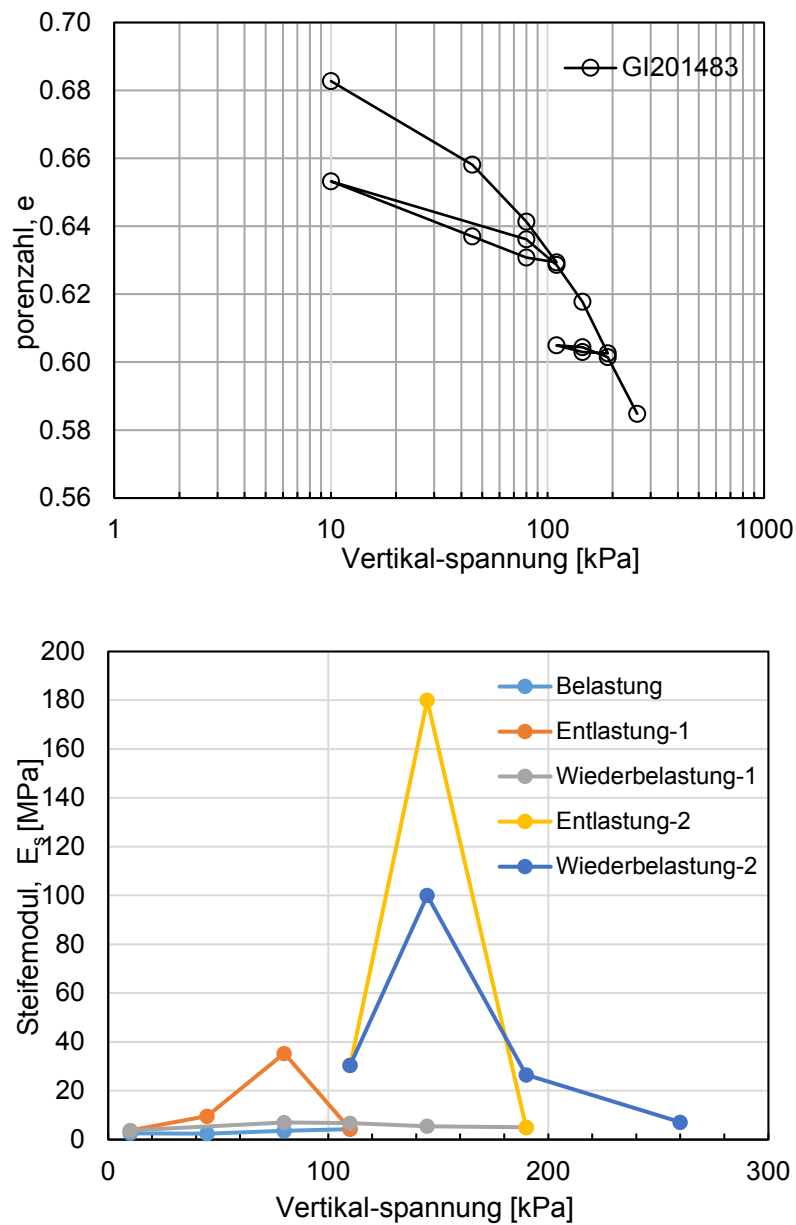
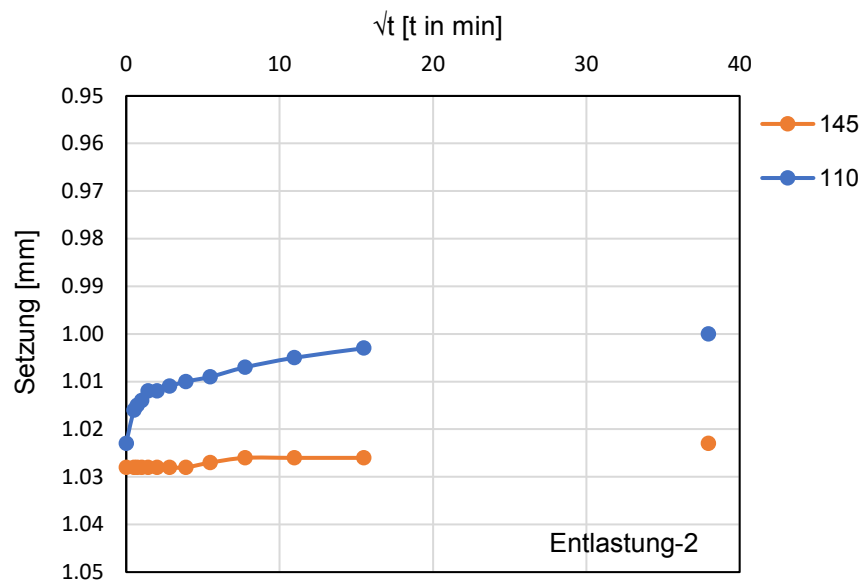
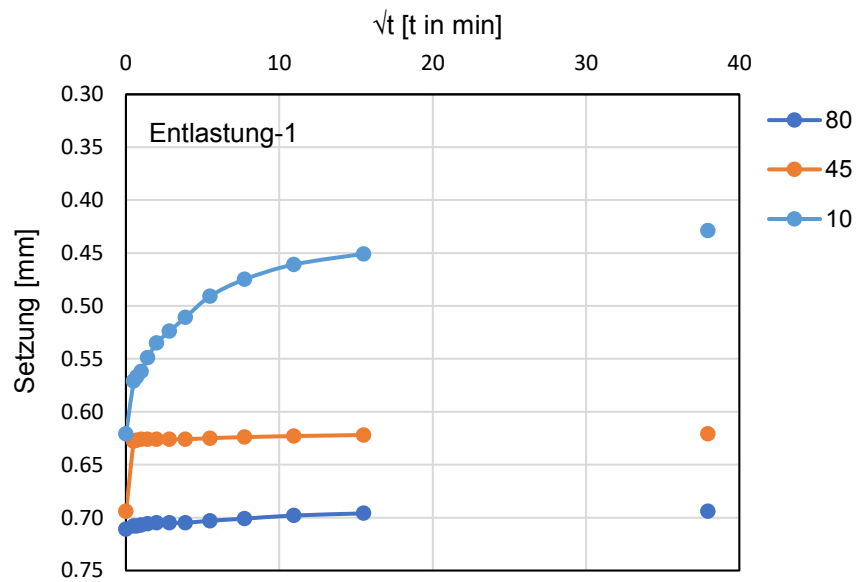
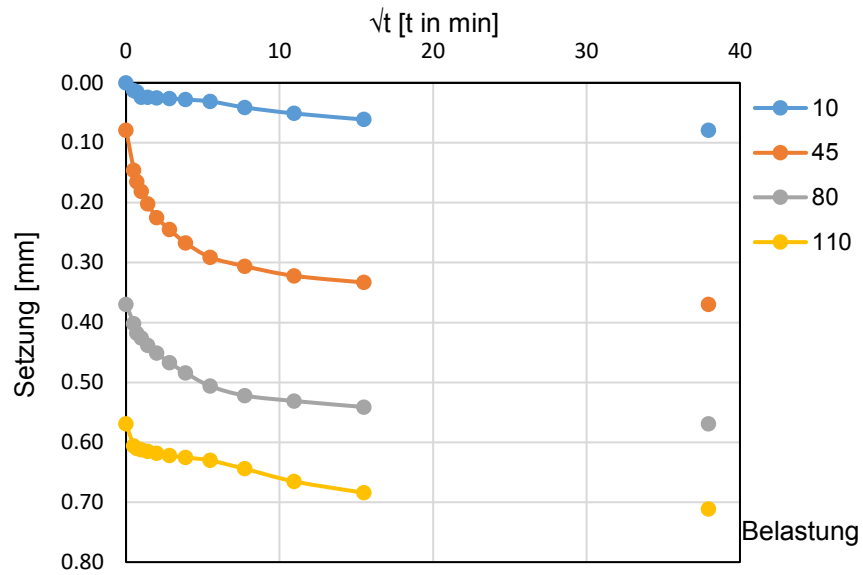


Abbildung 24: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf (mitte), σ -Steifezahlverlauf (unten), Probe: GI201483.



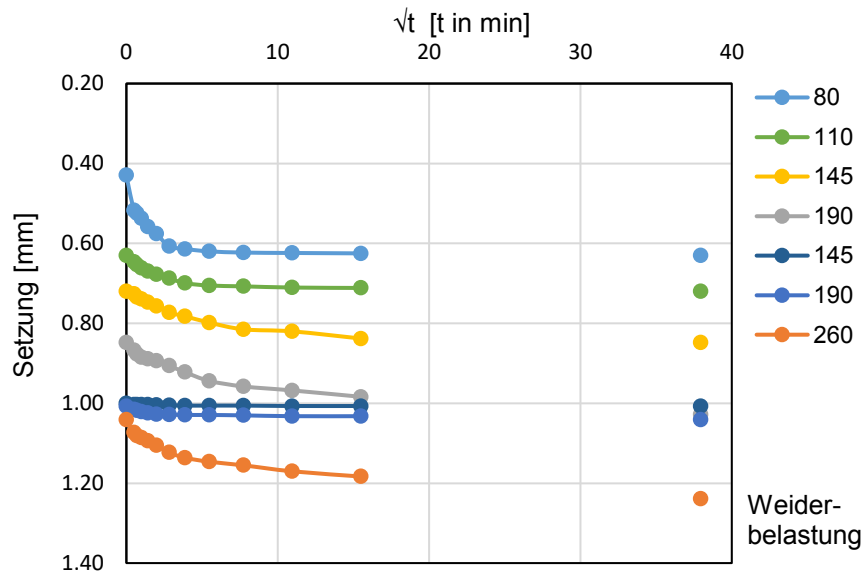
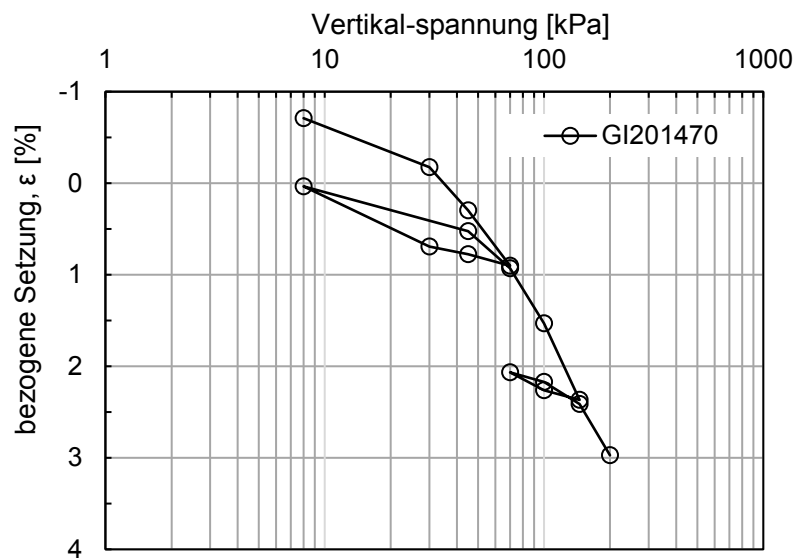


Abbildung 25: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201483.

Probe: GI201470, Tiefe: 2,5-2,90 m, Versuchart: zus. Wassergehalt



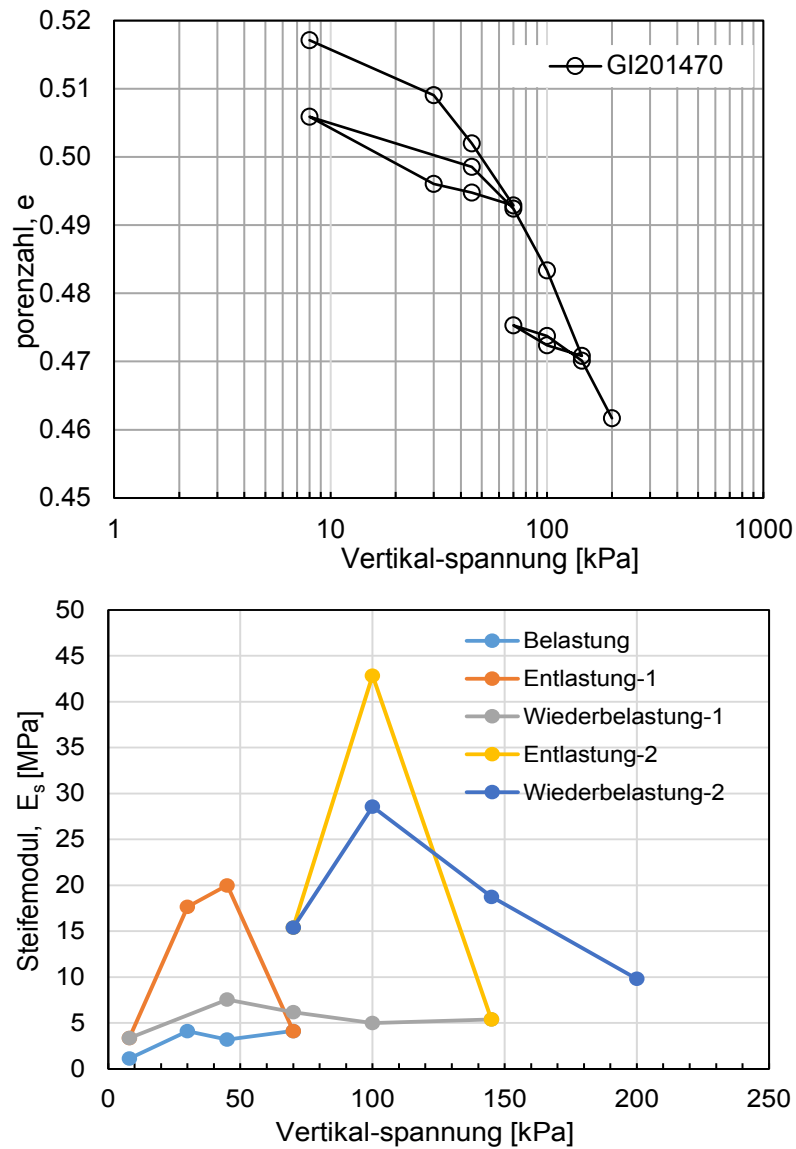
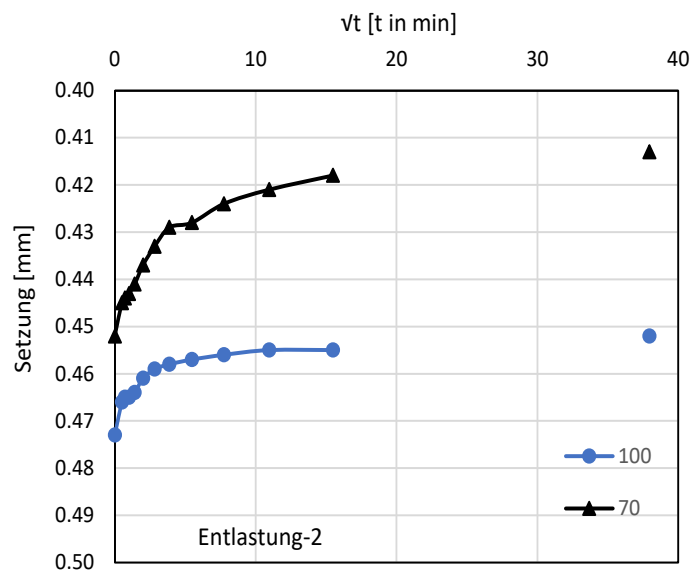
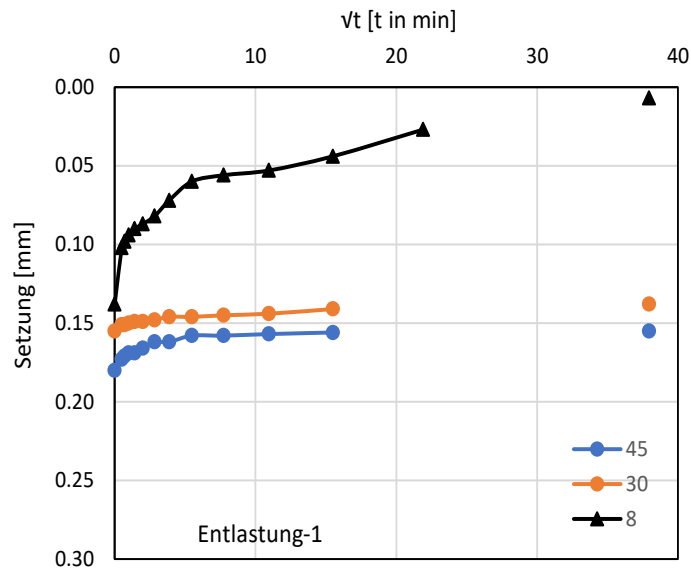
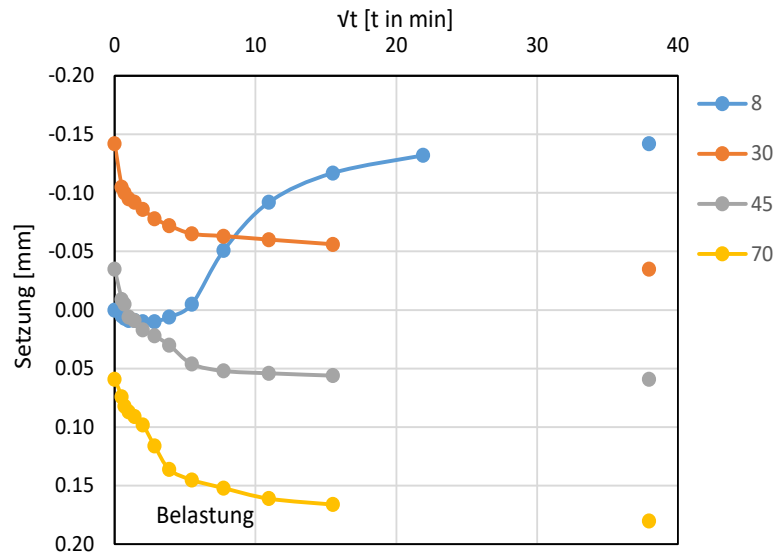


Abbildung 26: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf (mitte), σ -Steifezahlverlauf (unten), Probe: GI201470.



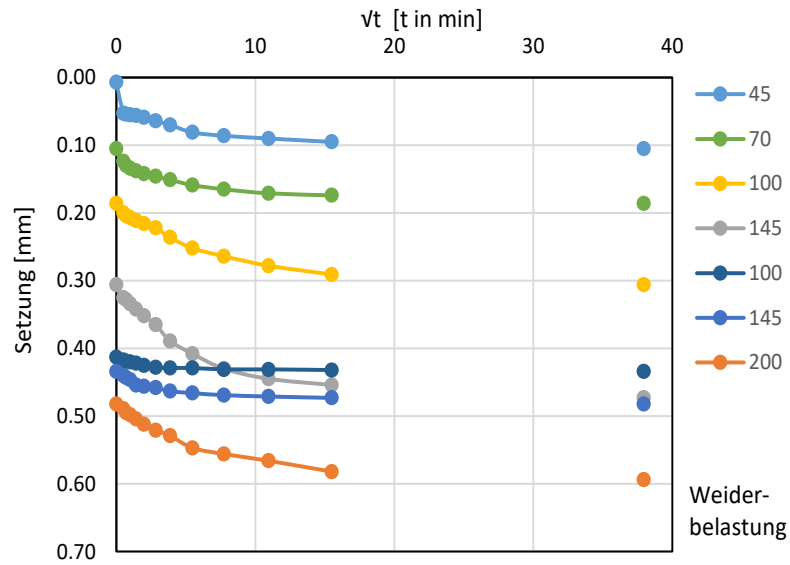
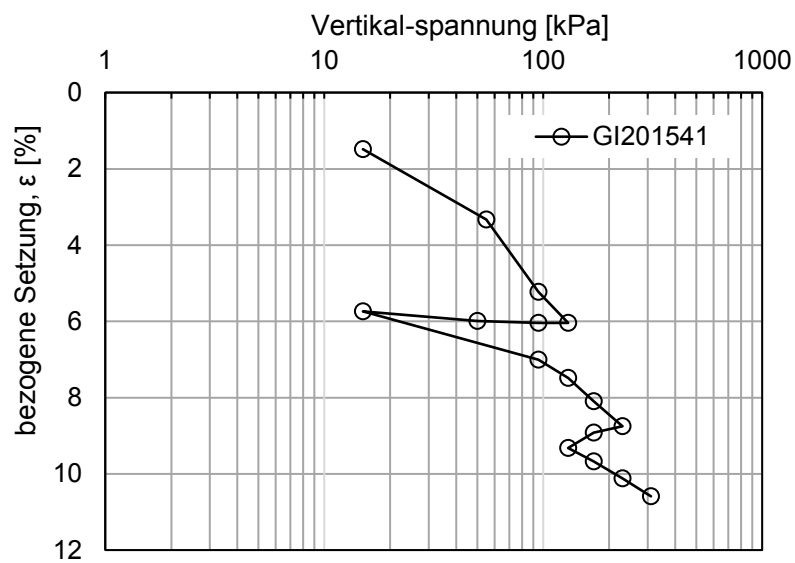


Abbildung 27: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201470.

Probe: GI201541, Tiefe: 8,2-8,4 m, Versuchart: nat. Wassergehalt



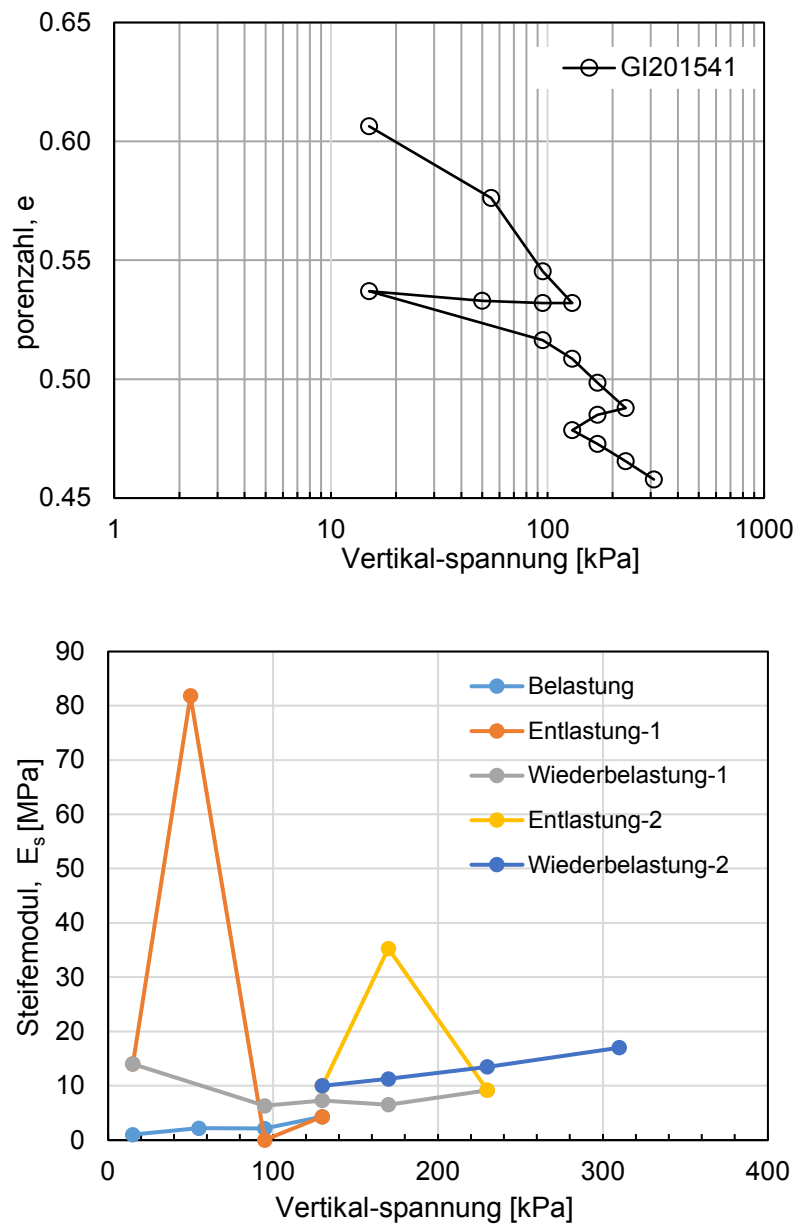
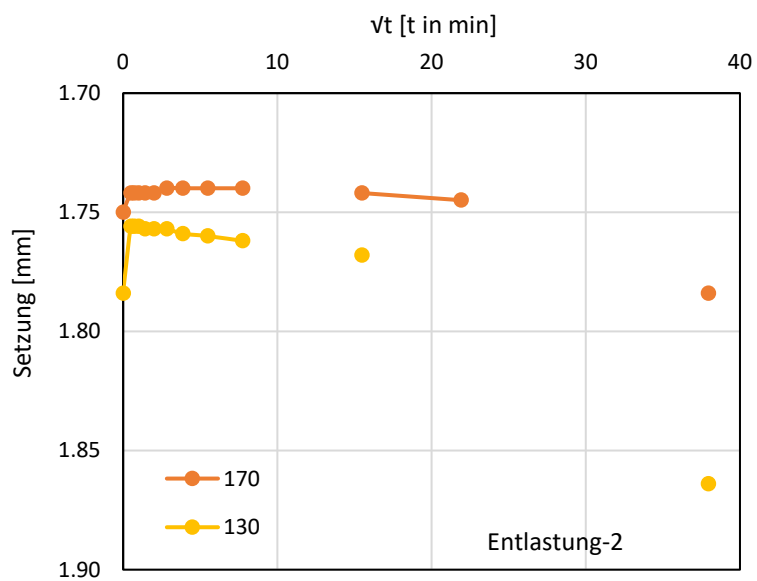
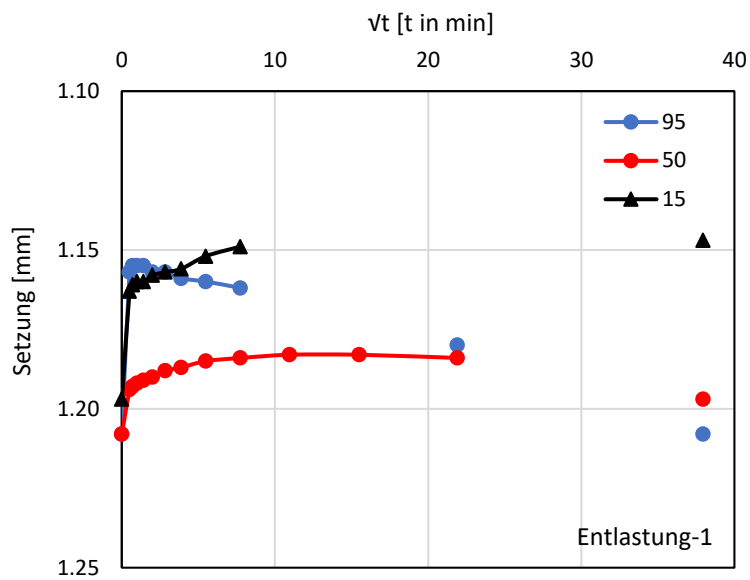
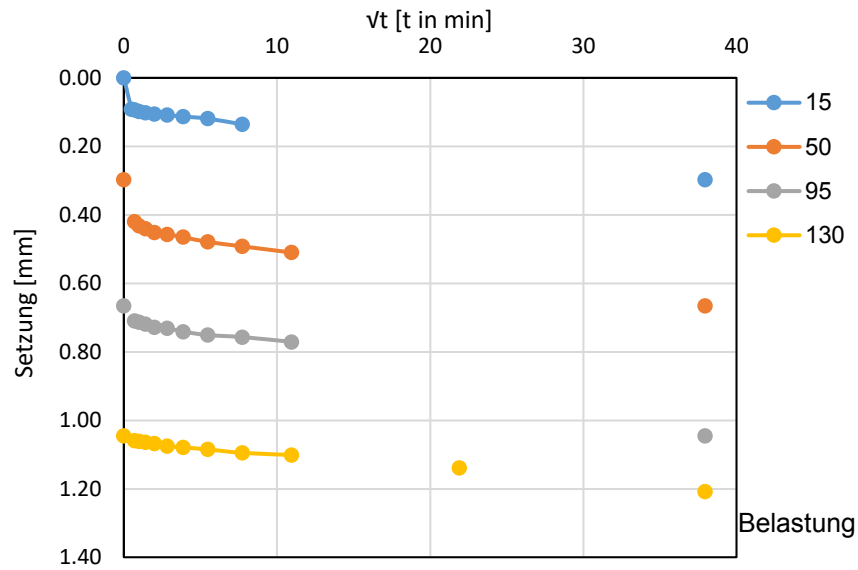


Abbildung 28: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf (mitte), σ -Steifezahlverlauf (unten), Probe: GI201541.



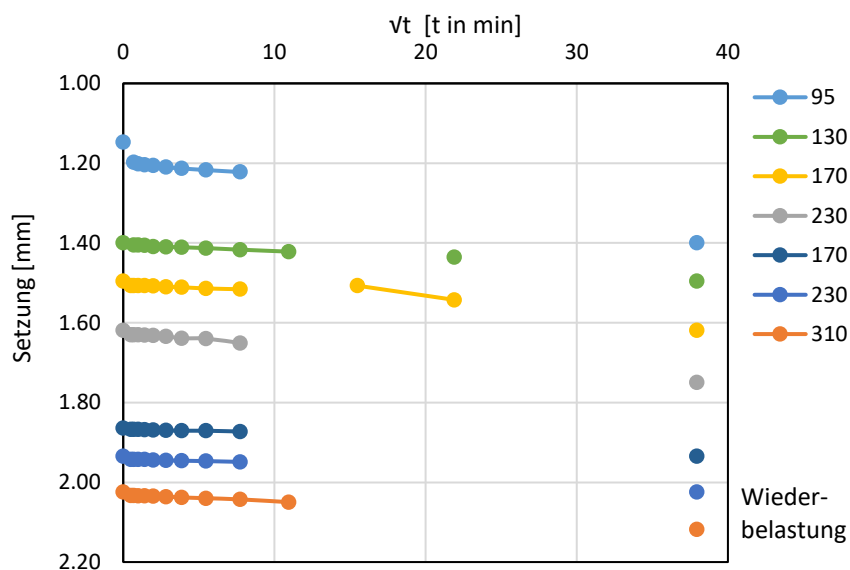
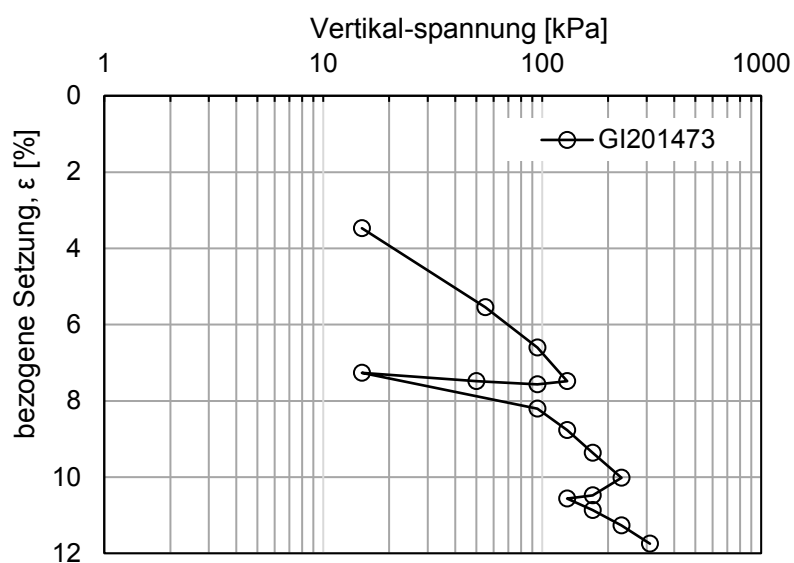


Abbildung 29: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201541.

Probe: GI201473, Tiefe: 7,5-7,8 m, Versuchart: nat. Wassergehalt



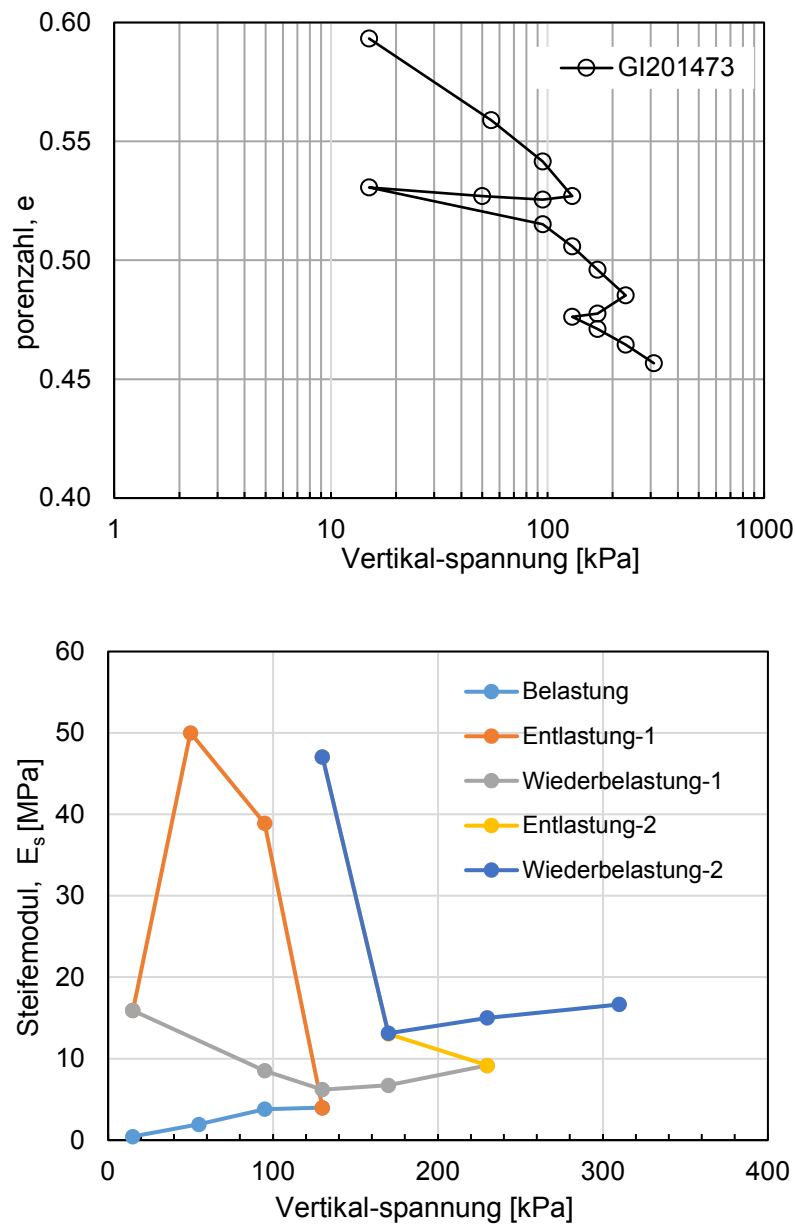
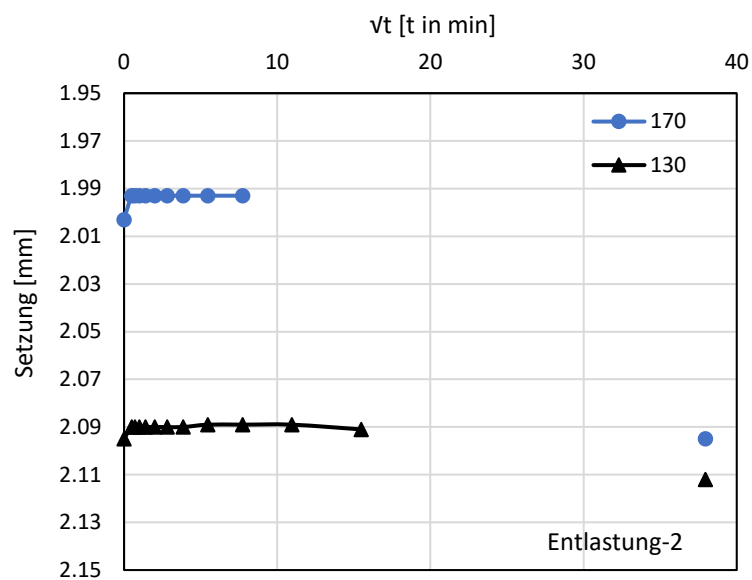
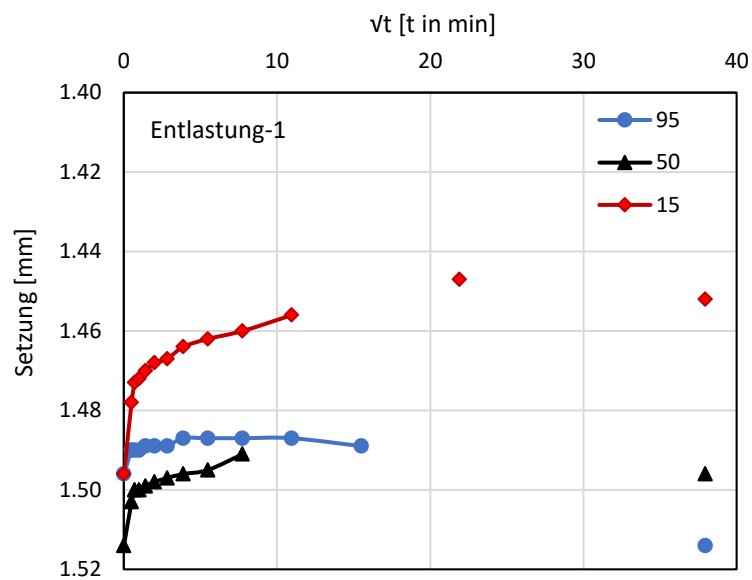
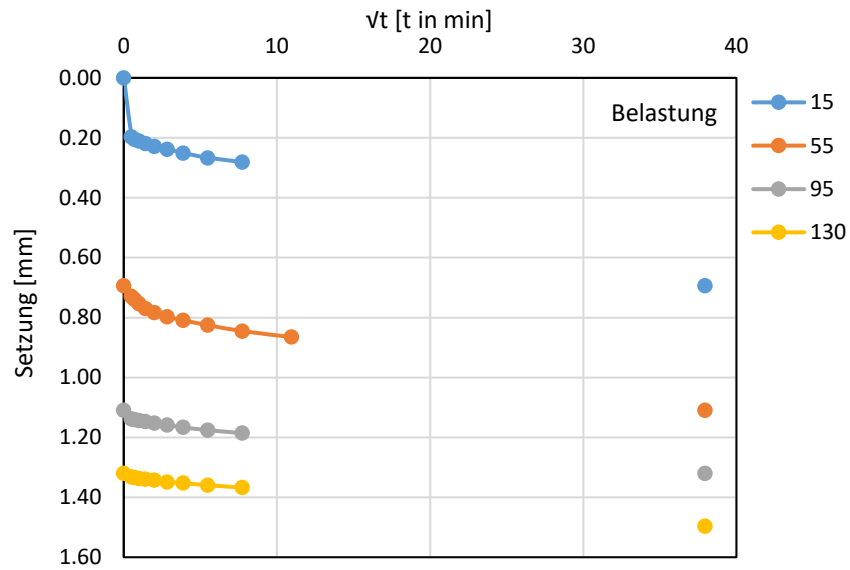


Abbildung 30: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifenzahlverlauf(unten), Probe: GI201473.



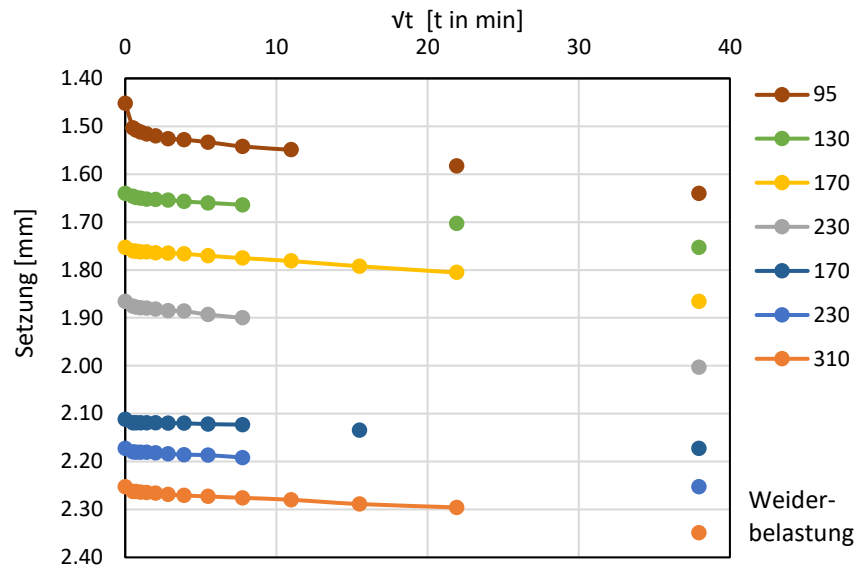
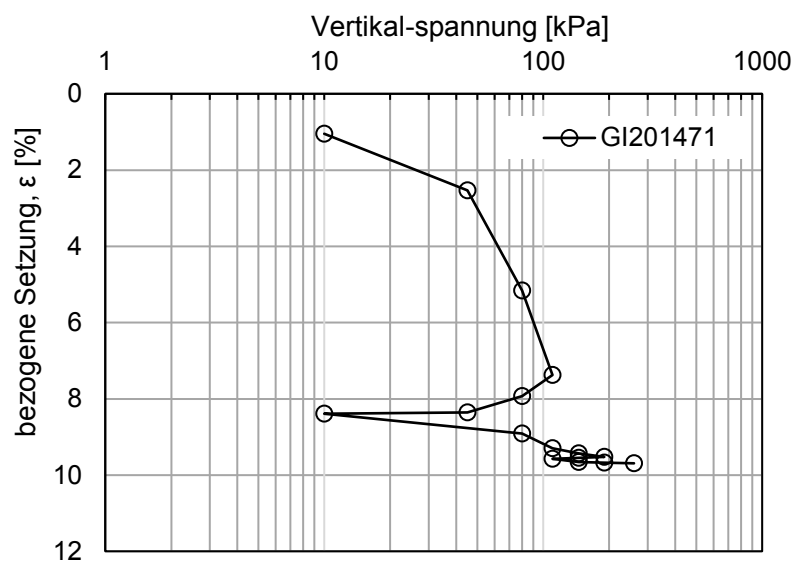


Abbildung 31: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201473.

Probe: GI201471, Tiefe: 5,2-5,5 m, Versuchart: nat. Wassergehalt



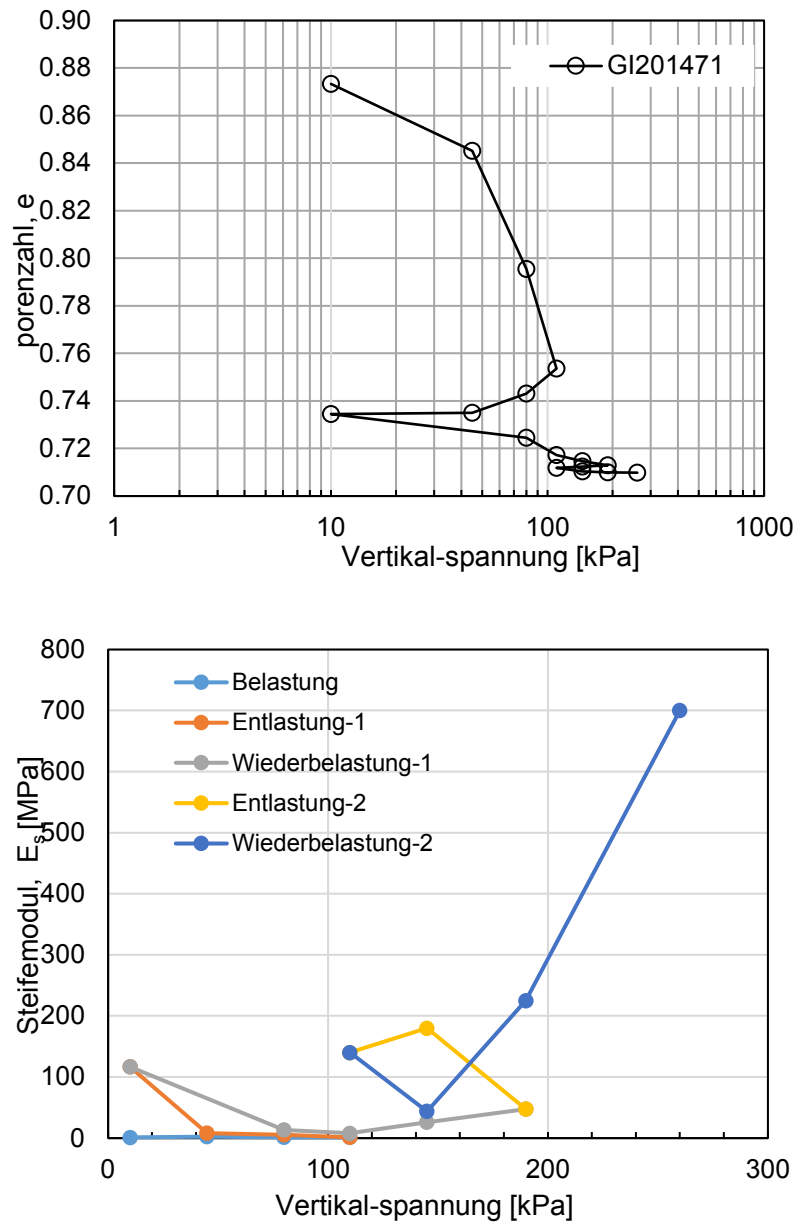
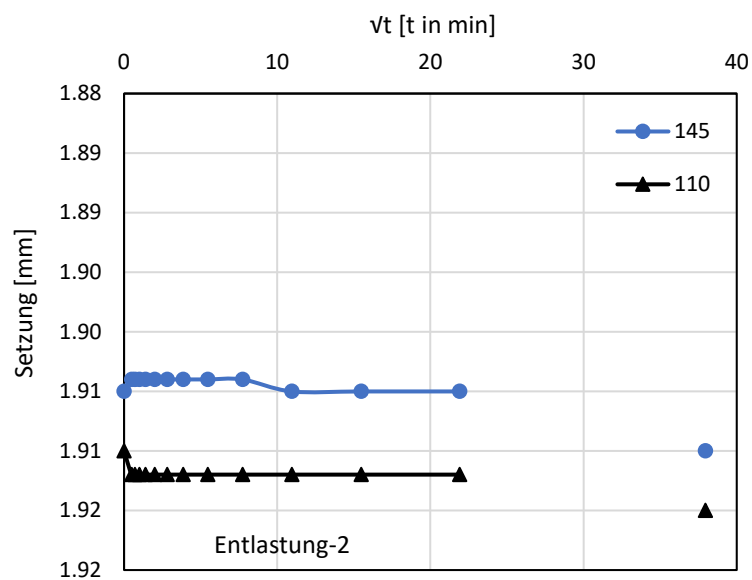
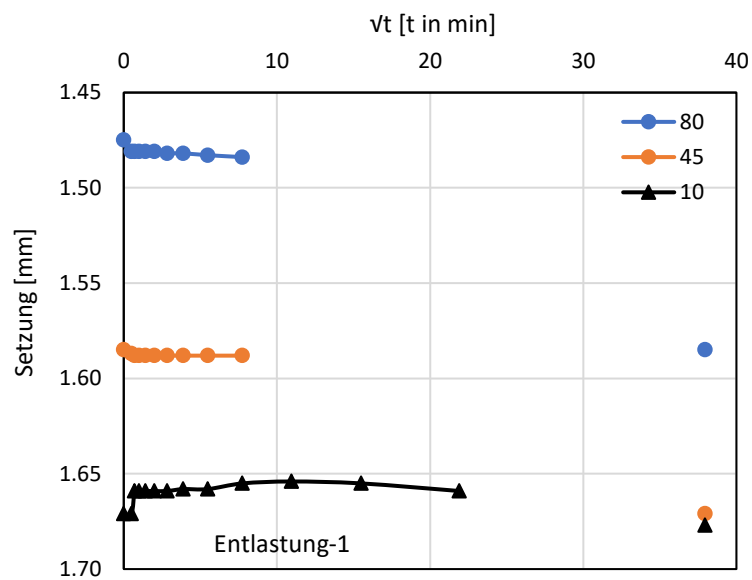
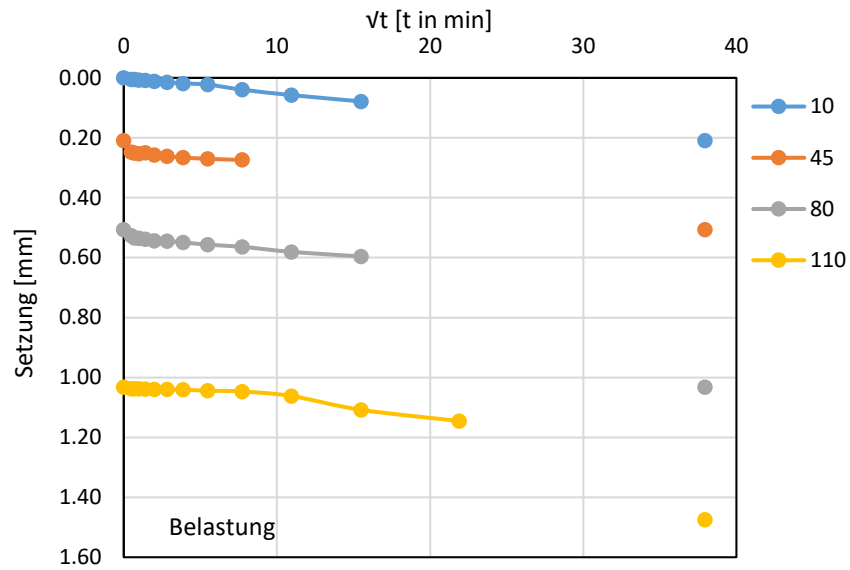


Abbildung 32: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201471.



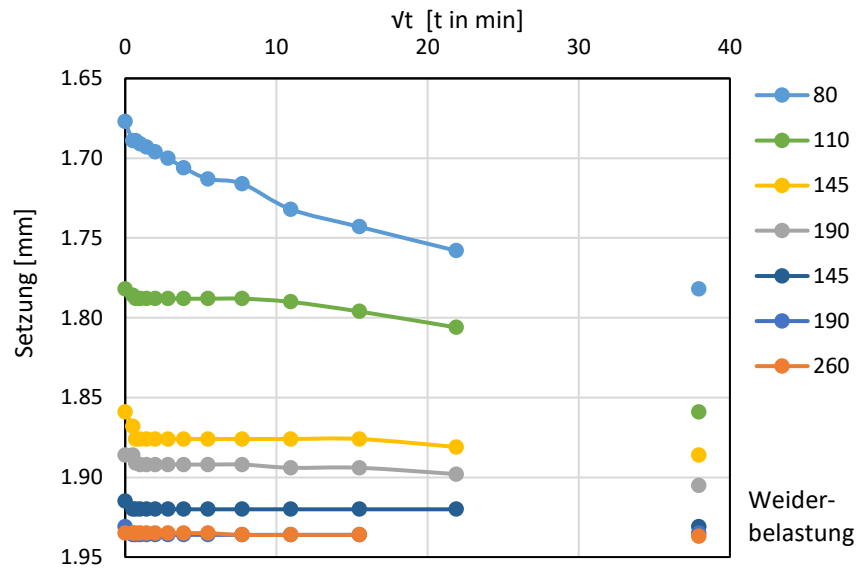
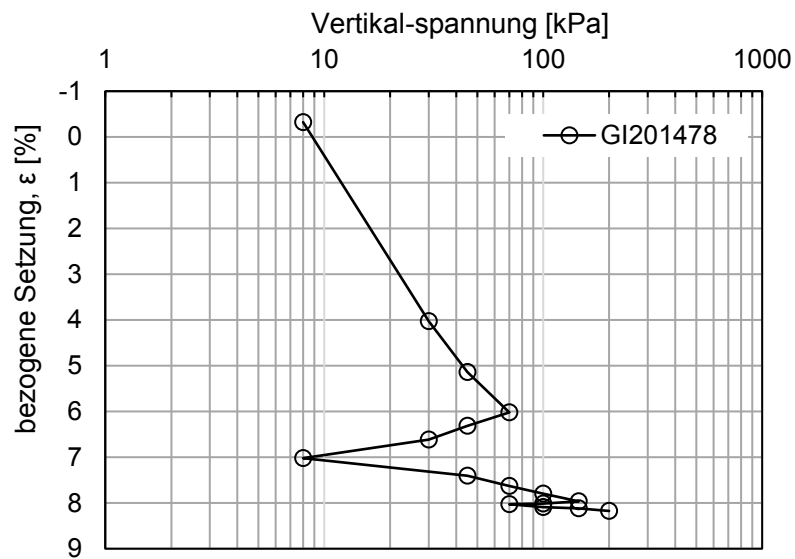


Abbildung 33: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201471.

Probe: GI201478, Tiefe: 2,25-2,6 m, Versuchart: nat. Wassergehalt



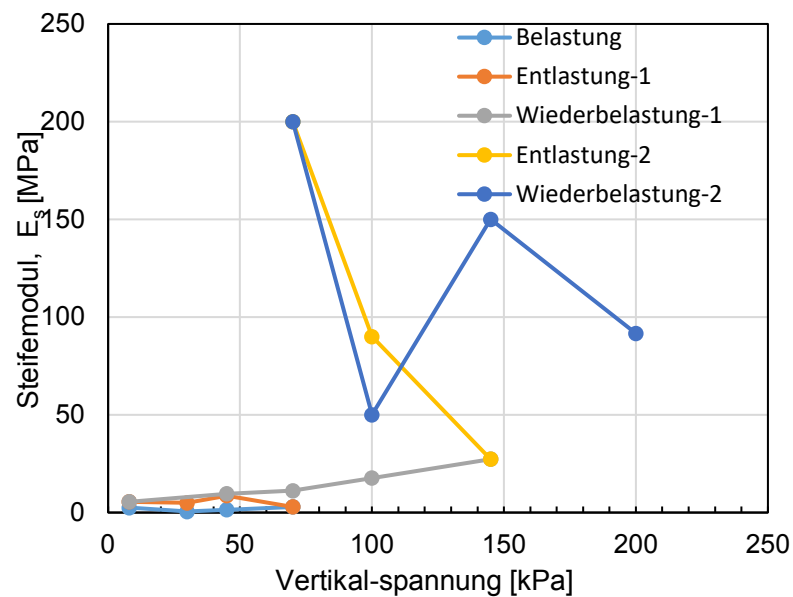
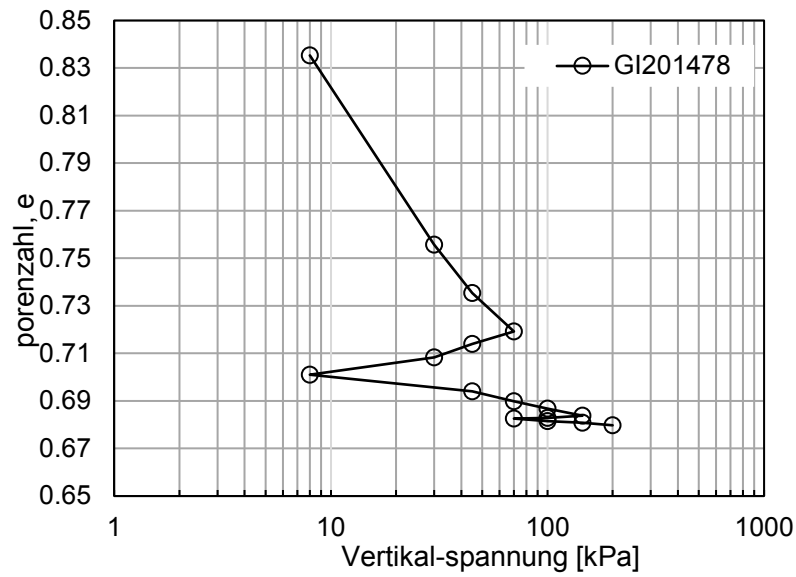
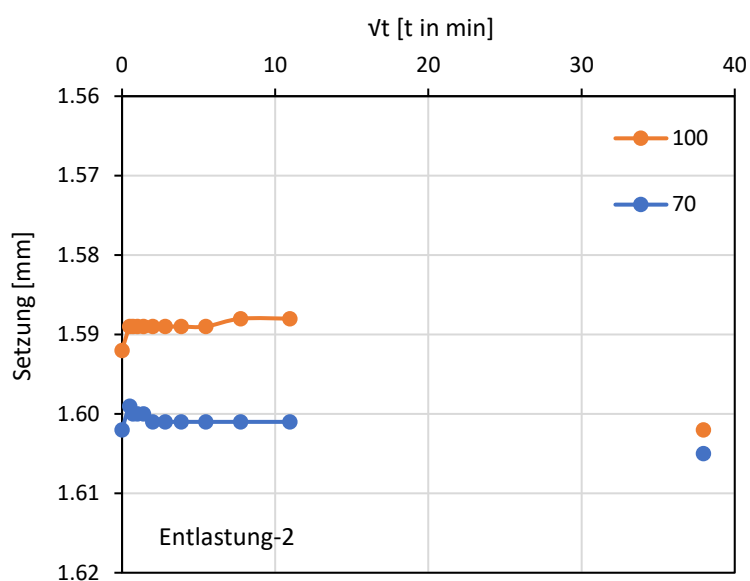
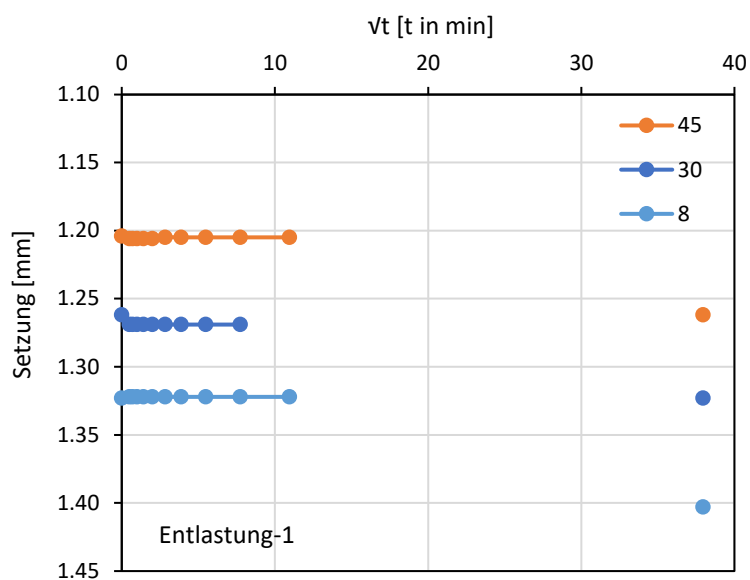
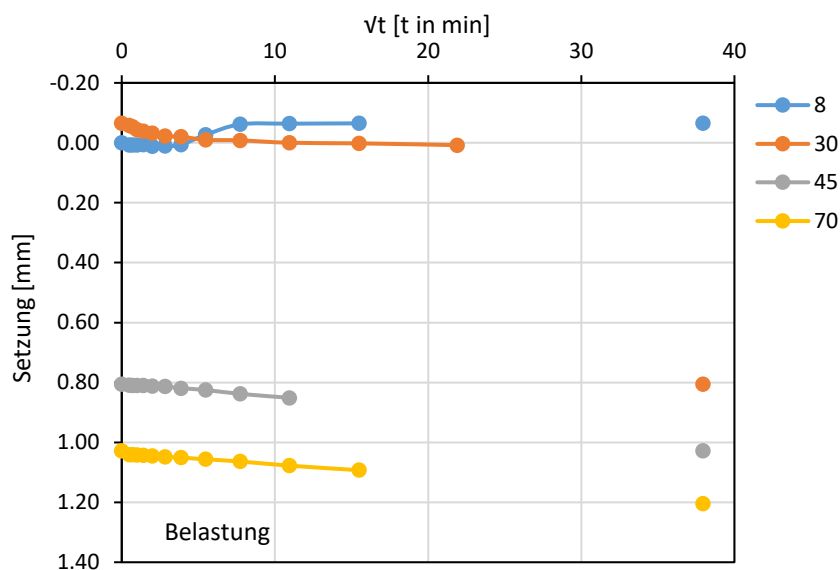


Abbildung 34: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf (mitte), σ -Steifenzahlverlauf (unten), Probe: GI201478.



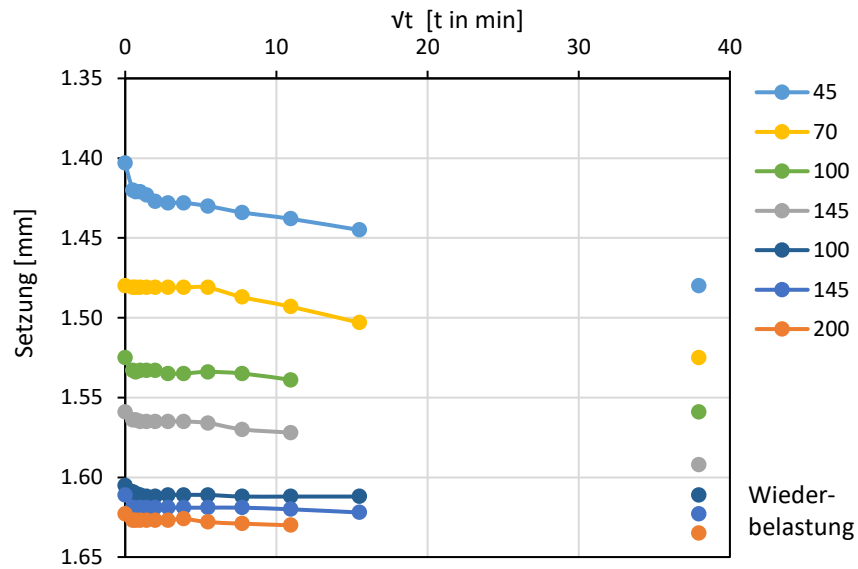
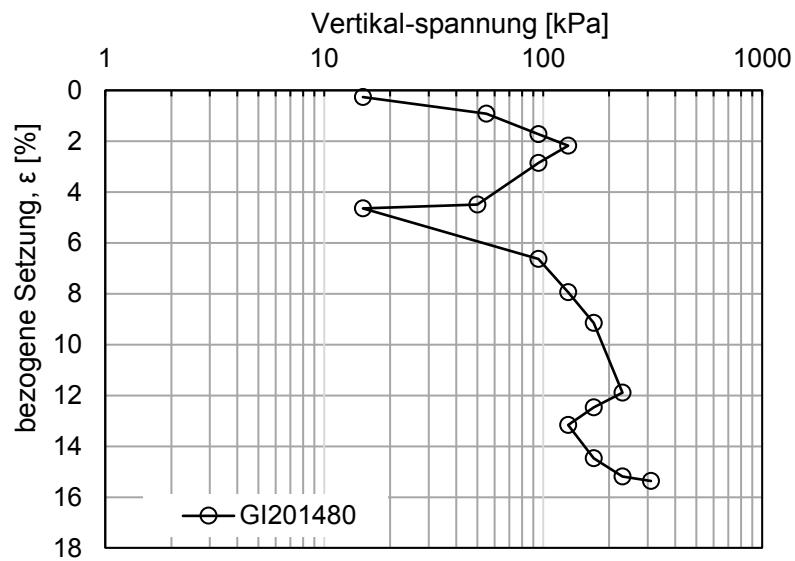


Abbildung 35: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201478.

Probe: GI20180, Tiefe: 7,15-7,5 m, Versuchart: nat. Wassergehalt



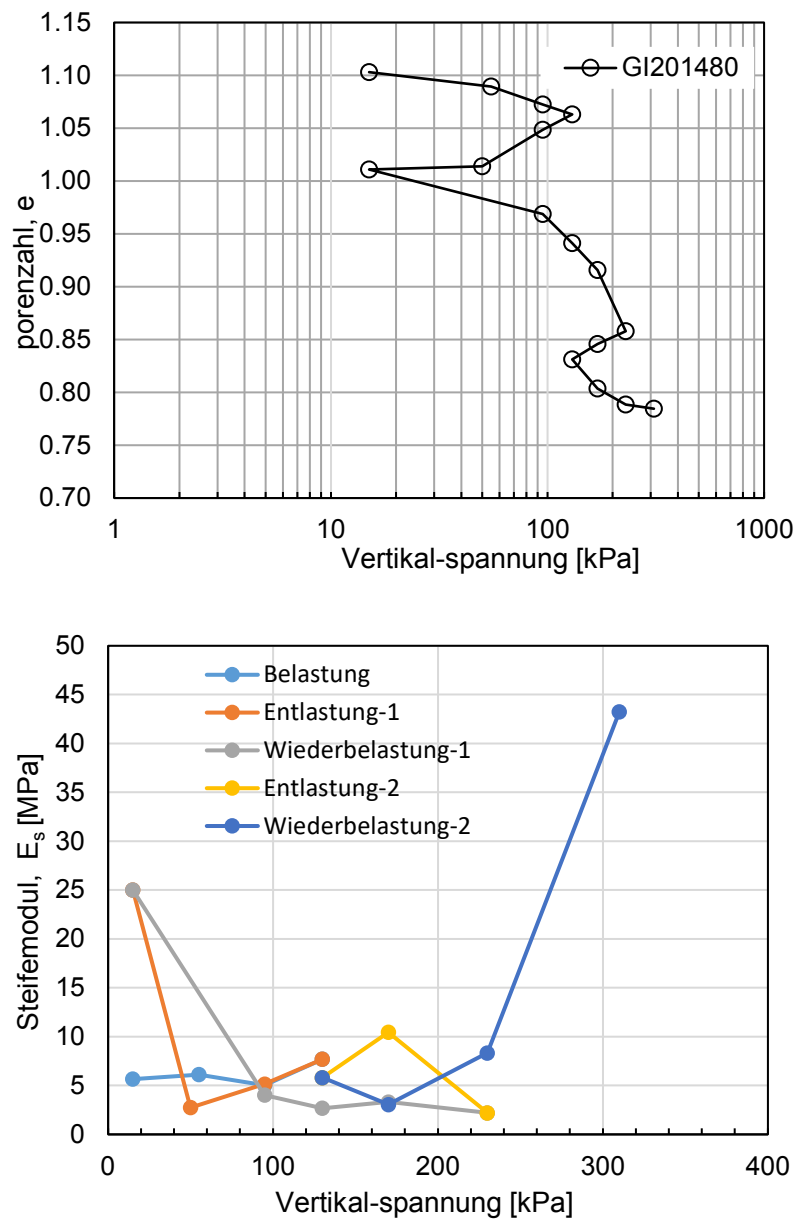
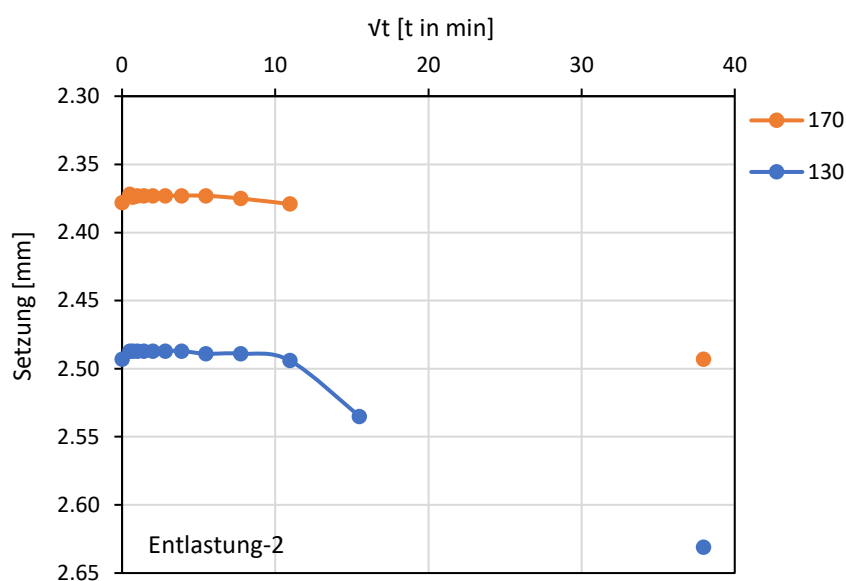
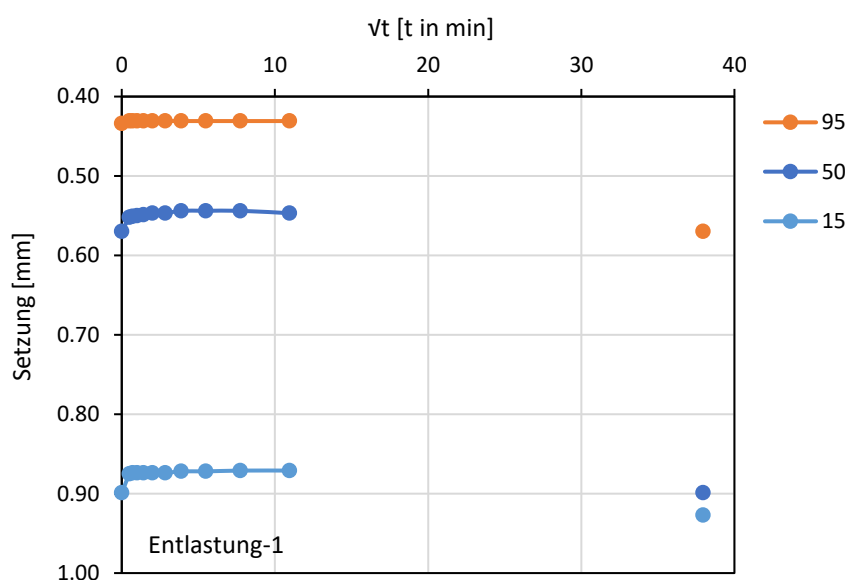
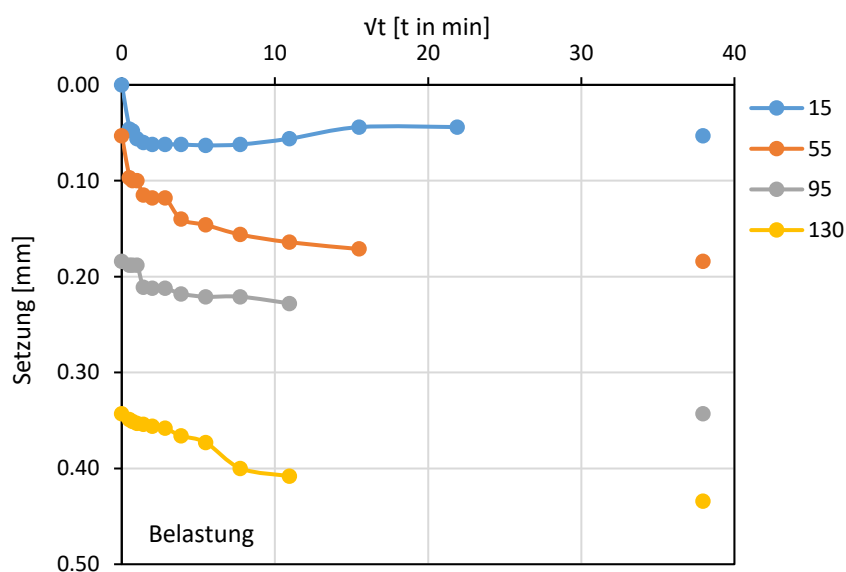


Abbildung 36: Spannungs (σ)-Verschiebungsverlauf (oben), σ -Porenzahlverlauf(mitte), σ -Steifezahlverlauf(unten), Probe: GI201480.



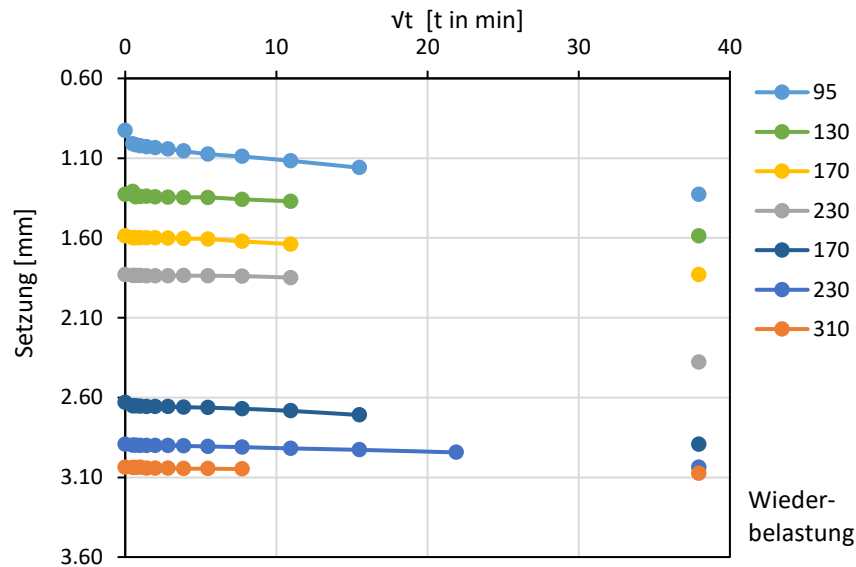


Abbildung 37: Zeit (t) -Setzung für Belastung, Entlastung und Wiederbelastung, Probe: GI201480.

Proben	Cc	Cs	Cr
GI201479	0,134 (100-200 kPa)	0,015 (Entlastung -1) 0,012 (Entlastung-2)	0,019 (Wiederbelastung-1) 0,020 (Wiederbelastung-2)
GI201484	0,074 (170-310 kPa)	0,016 (Entlastung -1) 0,011 (Entlastung-2)	0,017 (Wiederbelastung-1) 0,019 (Wiederbelastung-2)
GI201465	0,119 (145-260kPa)	0,019 (Entlastung -1) 0,014 (Entlastung-2)	0,025 (Wiederbelastung-1) 0,020 (Wiederbelastung-2)
GI201466	0,073 (110-260kPa)	0,015 (Entlastung -1) 0,010 (Entlastung-2)	0,017 (Wiederbelastung-1) 0,017 (Wiederbelastung-2)
GI201480	0,078 (170-310kPa)	0,020 (Entlastung -1) 0,023 (Entlastung-2)	0,023 (Wiederbelastung-1) 0,032 (Wiederbelastung-2)
GI201483	0,1302 (145-260kPa)	0,0229 (Entlastung -1) 0,0100 (Entlastung-2)	0,0236 (Wiederbelastung-1) 0,0146 (Wiederbelastung-2)

			2)
GI201470	0,0721 (100-200kPa)	0,0138 (Entlastung -1) 0,0143 (Entlastung-2)	0,0143 (Wiederbelastung-1) 0,0164 (Wiederbelastung-2)
GI201541	0,1976 (130-310kPa) 0,2314 (230-310kPa)	0,0053 (Entlastung -1) -0,0375 (Entlastung-2)	0,0083 (Wiederbelastung-1) 0,0526 (Wiederbelastung-2)
GI201473	0,1865 (130-310kPa) 0,2203 (230-310kPa)	0,0039 (Entlastung -1) -0,0363 (Entlastung-2)	0,0265 (Wiederbelastung-1) 0,0470 (Wiederbelastung-2)
GI201471		-0,0184 (Entlastung-1) -0,0040 (Entlastung-2)	0,0165 (Wiederbelastung-1) 0,0080 (Wiederbelastung-2)
GI201478	0,0857 (45-200kPa)	-0,0193 (Entlastung -1) -0,0038 (Entlastung-2)	0,0118 (Wiederbelastung-1) 0,0052 (Wiederbelastung-2)

Tabelle 5: Abgeleitete Konsolidationswerte – Cc, Cs, Cr.

3.5 Einaxialer Druckversuche

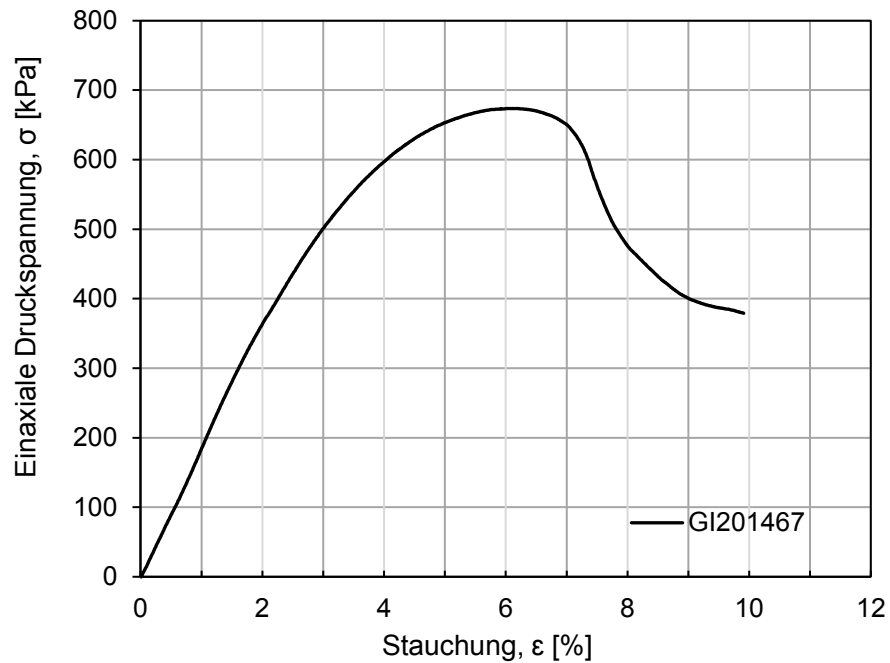


Abbildung 38: Druck-stauchungsdiagramm, Probe:GI201467.

Proben	Einaxiale Druckfestigkeit, q_u [kPa]	Bruchstauchung, ϵ [%]	Modul des einaxialen Druckversuchs, E_u [MPa]
GI201467	671	5,69	18,39

Tabelle 6: Einaxiale Druckversuchparameter



Abbildung 39: Vor dem (links) und nach dem (rechts) Versuche, probe GI201467.

3.6 Triaxial Versuche

Probe: GI201465, Tiefe: 5,1-5,5 m, Versuchart: Multistage, CD

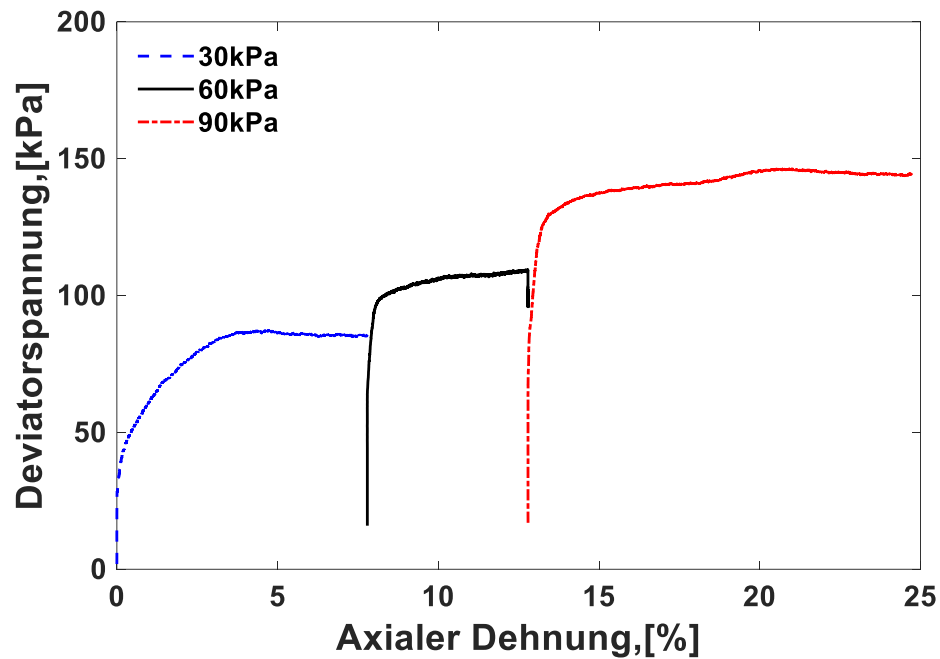


Abbildung 40: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q-ε Diagram), Probe:GI201465.

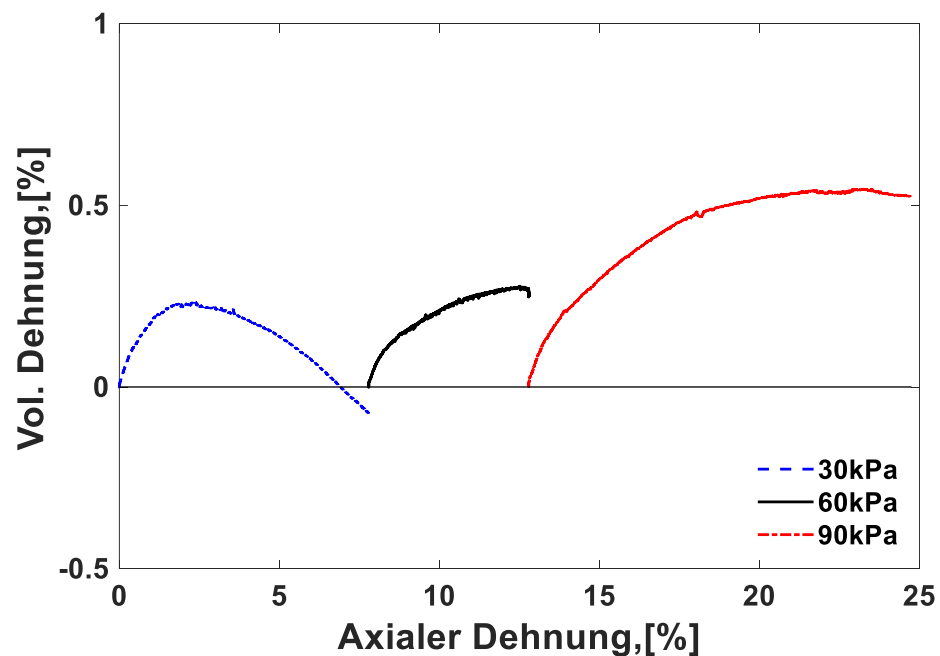


Abbildung 41: Volumetrische Dehnungen - Axialer Dehnungsverlauf (ΔV/Vo - ε Diagram), Probe:GI201465.

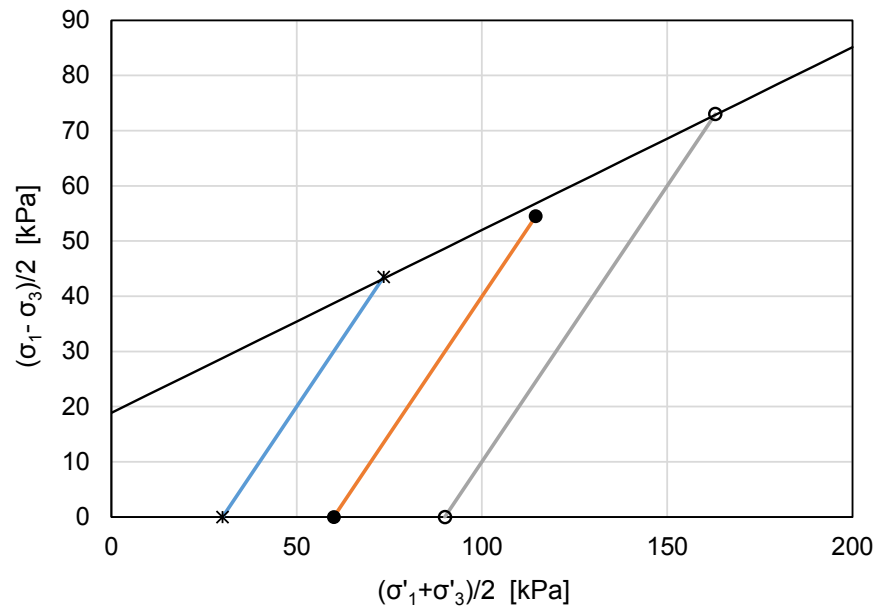


Abbildung 42: P-p-Diagramm bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe:GI201465.

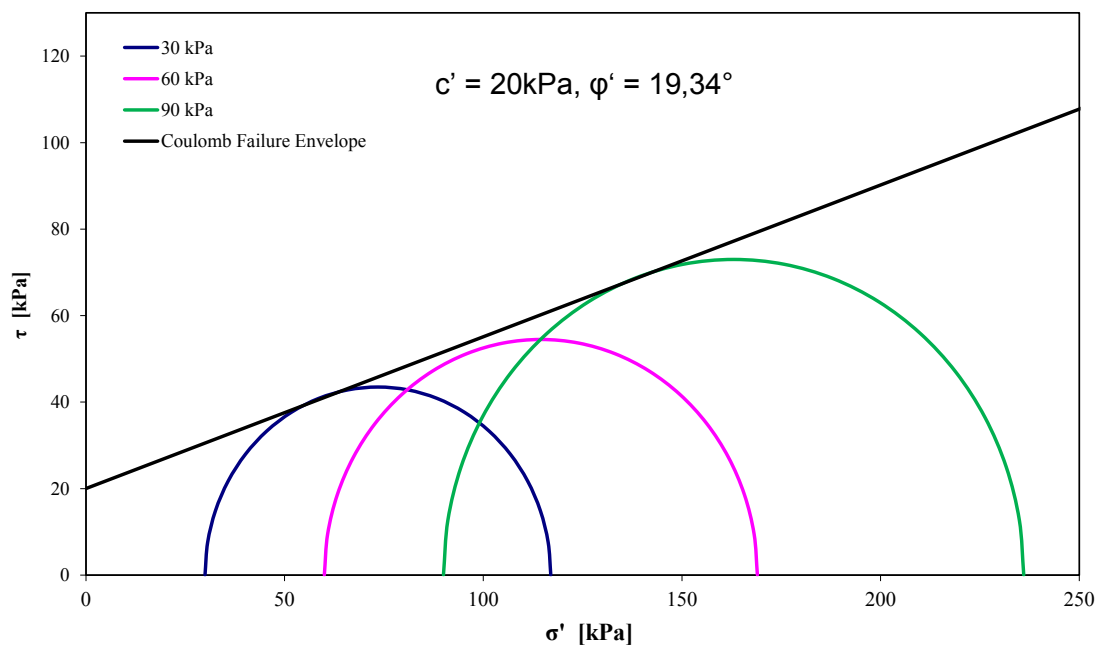


Abbildung 43: P-p-Diagramm bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe:GI201465.



Abbildung 44: : Probe GI201465 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).

Probe: GI201541, Tiefe: 8,2-8,4 m, Versuchart: Multistage, CD

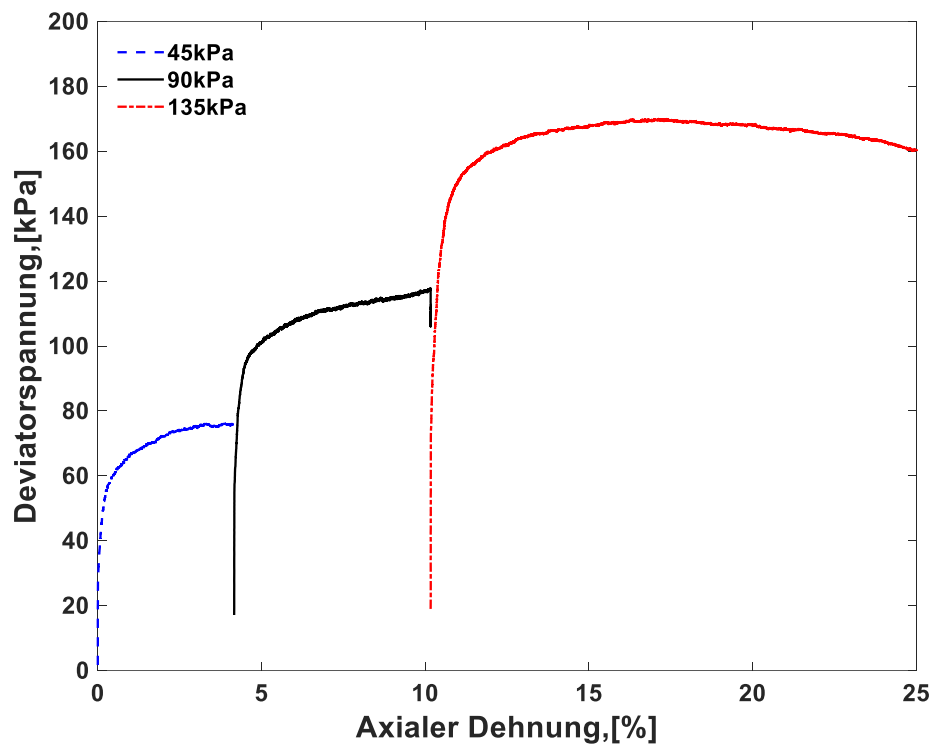


Abbildung 45: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q - ϵ Diagram), Probe:GI201541.

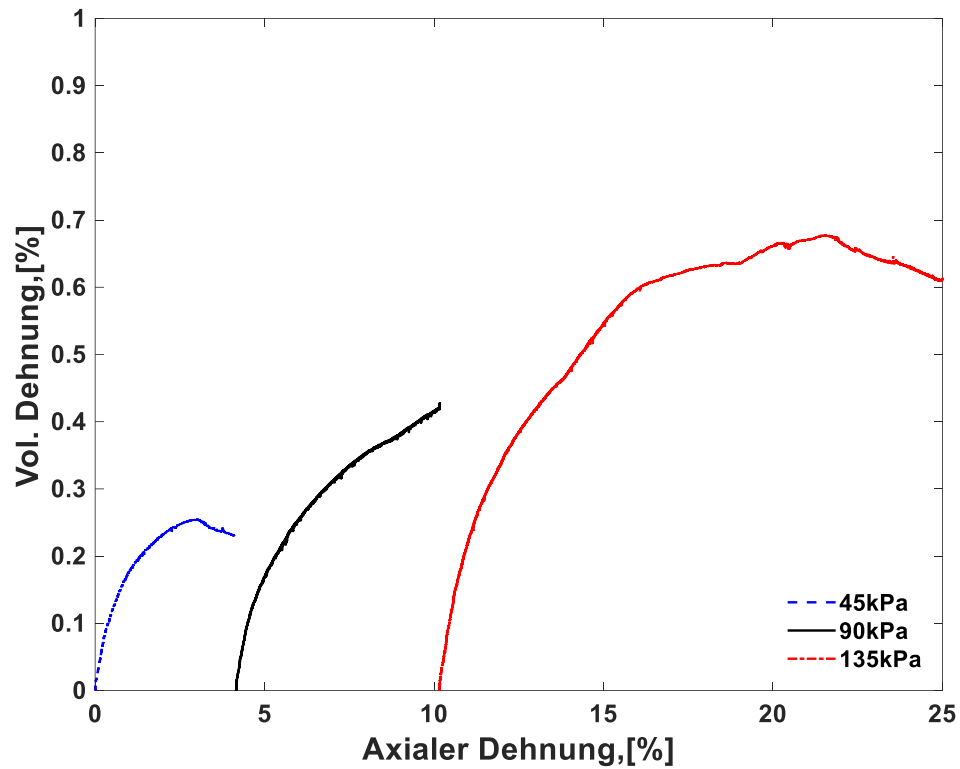


Abbildung 46: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_o$ - ϵ Diagram), Probe: GI201541.

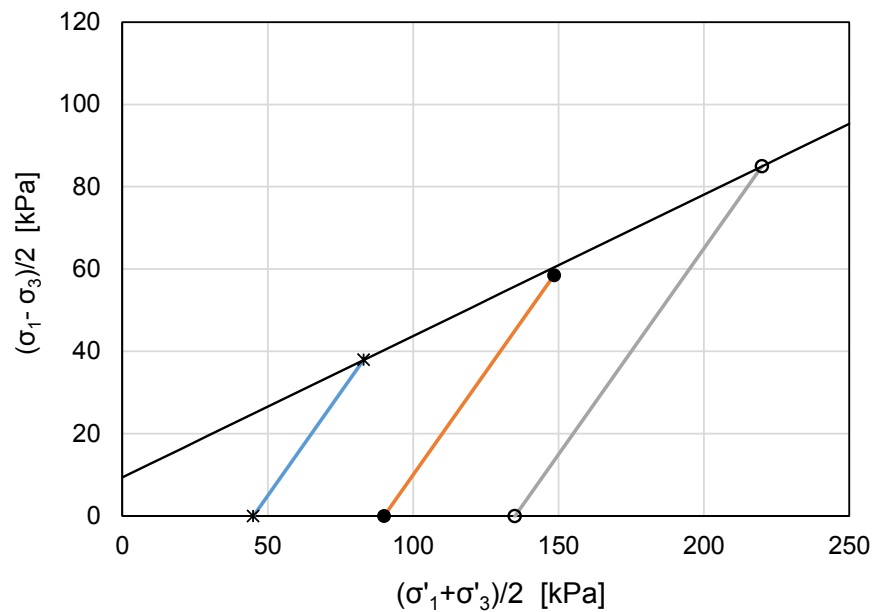


Abbildung 47: P-p-Diagramm bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe: GI201541.

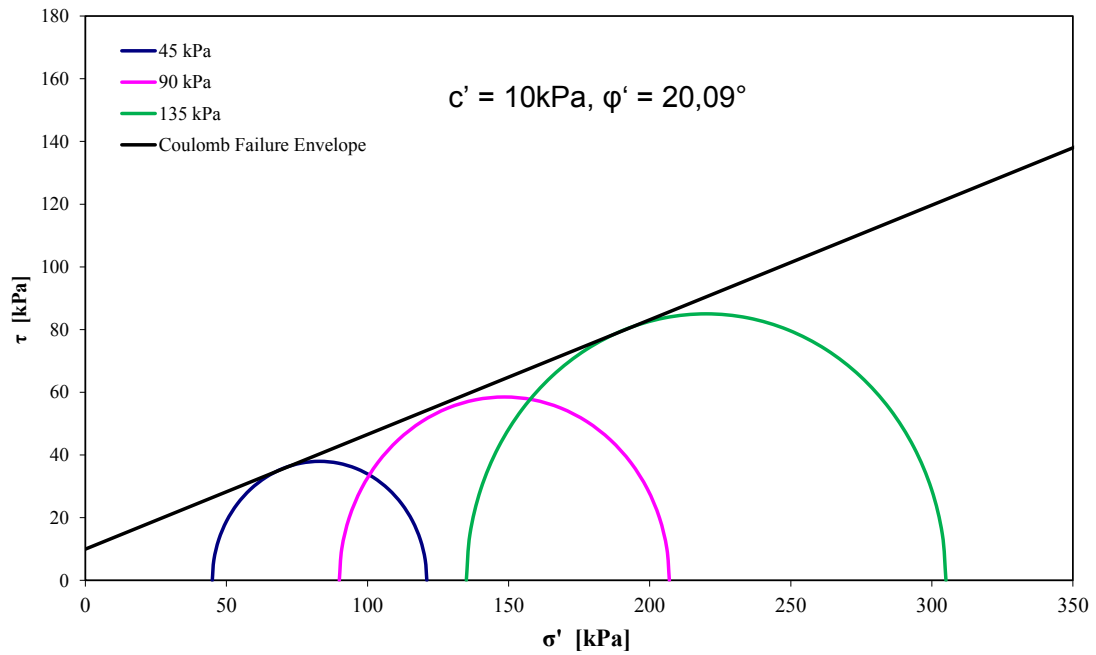
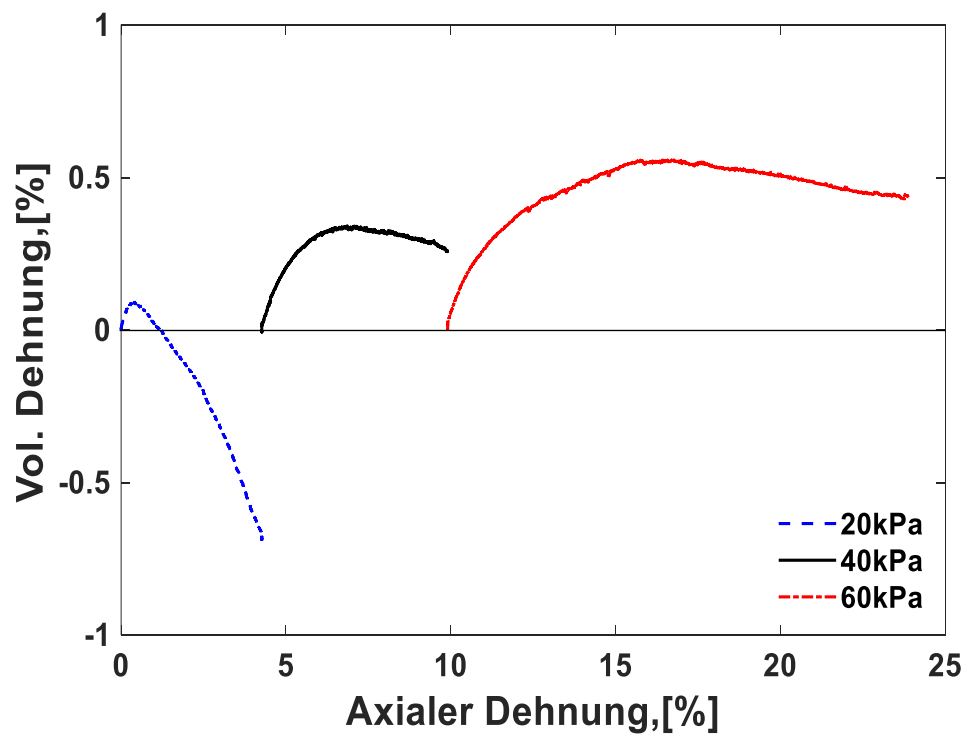
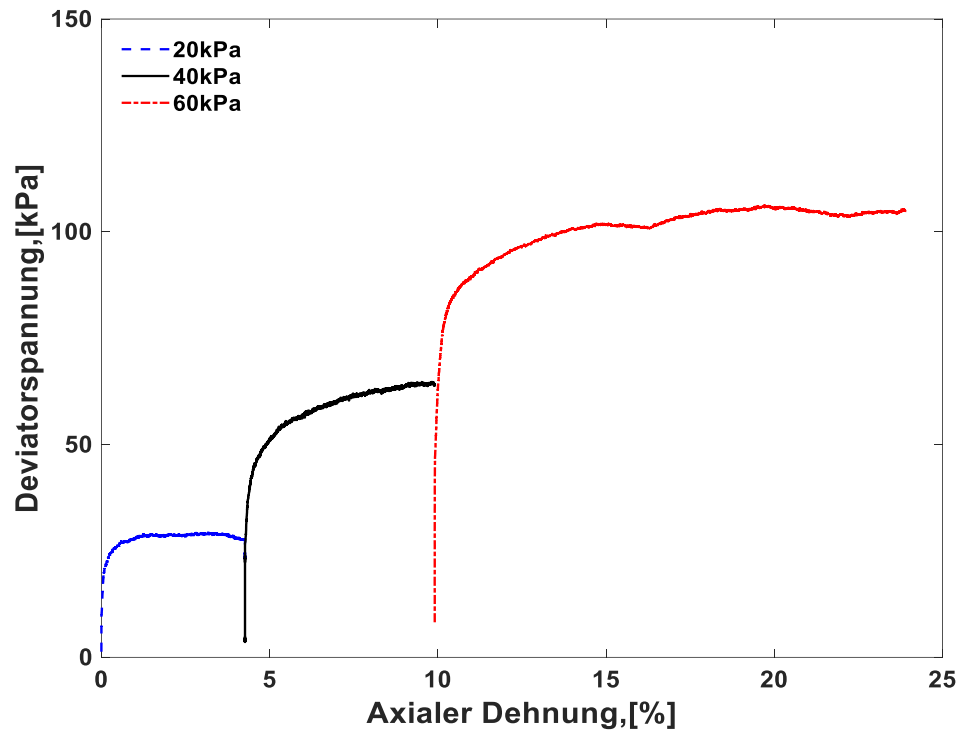


Abbildung 48: P-p-Diagramm bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe: GI201541.



Abbildung 49: Probe GI201541 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).

Probe: GI201479, Tiefe: 3,2-3,5 m, Versuchart: Multistage, CD



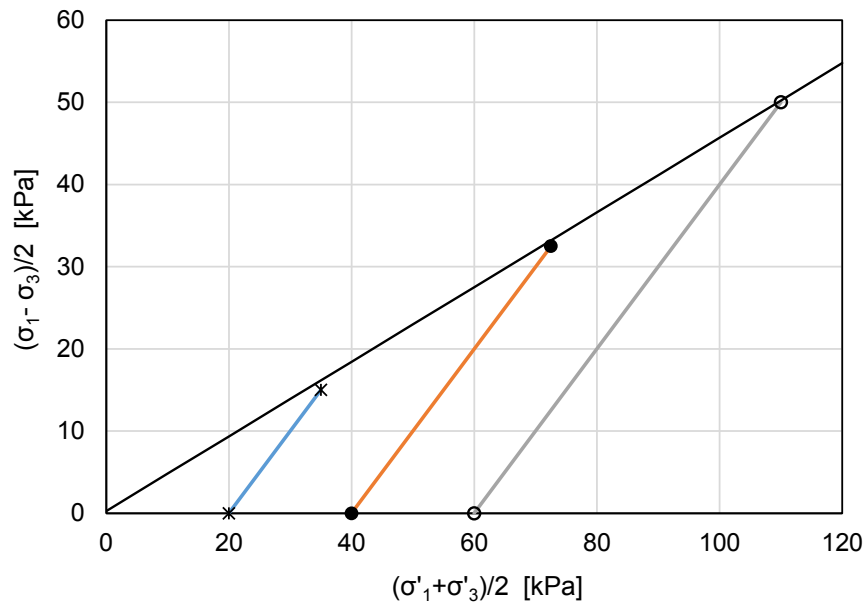


Abbildung 52: P-p-Diagramm bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe: GI201479.

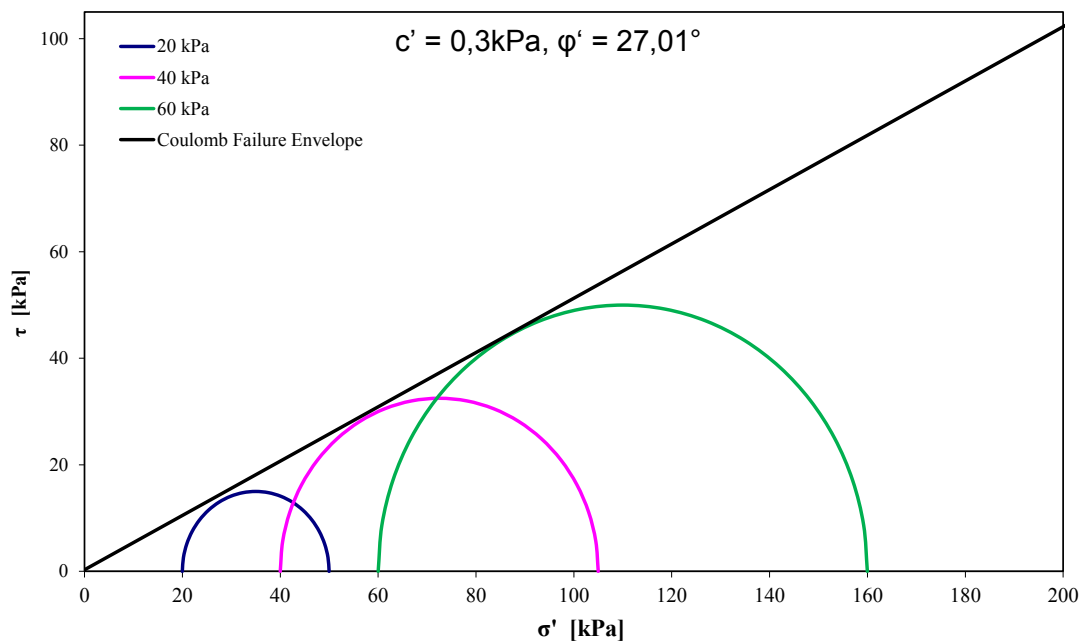


Abbildung 53: P-p-Diagramm bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe: GI201479.



Abbildung 54: Probe GI201479 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).

Probe: GI201471, Tiefe: 5,2-5,5 m, Versuchart: Multistage, CD

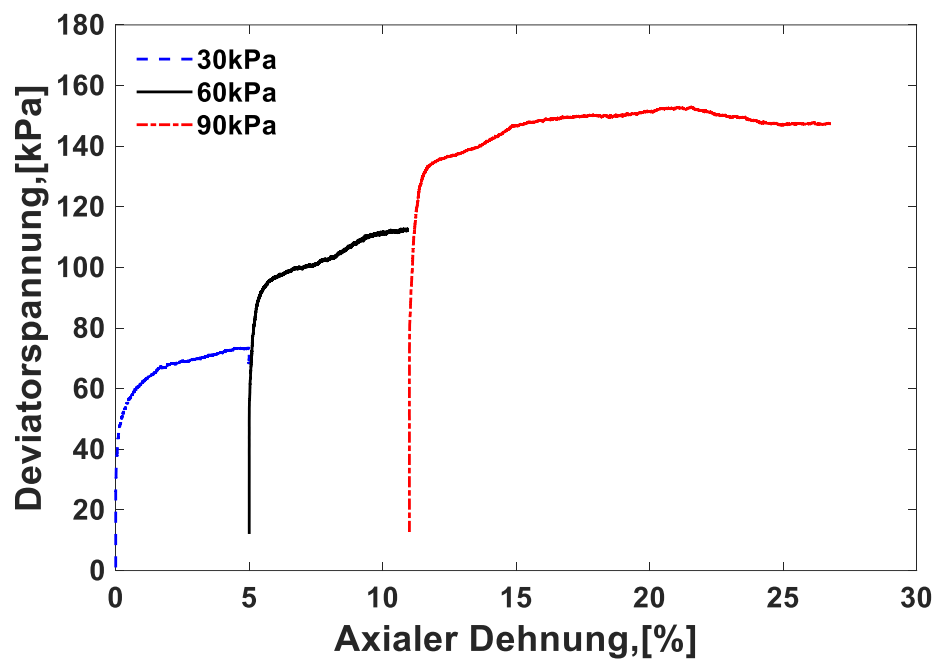


Abbildung 55: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q - ϵ Diagram), Probe: GI201471.

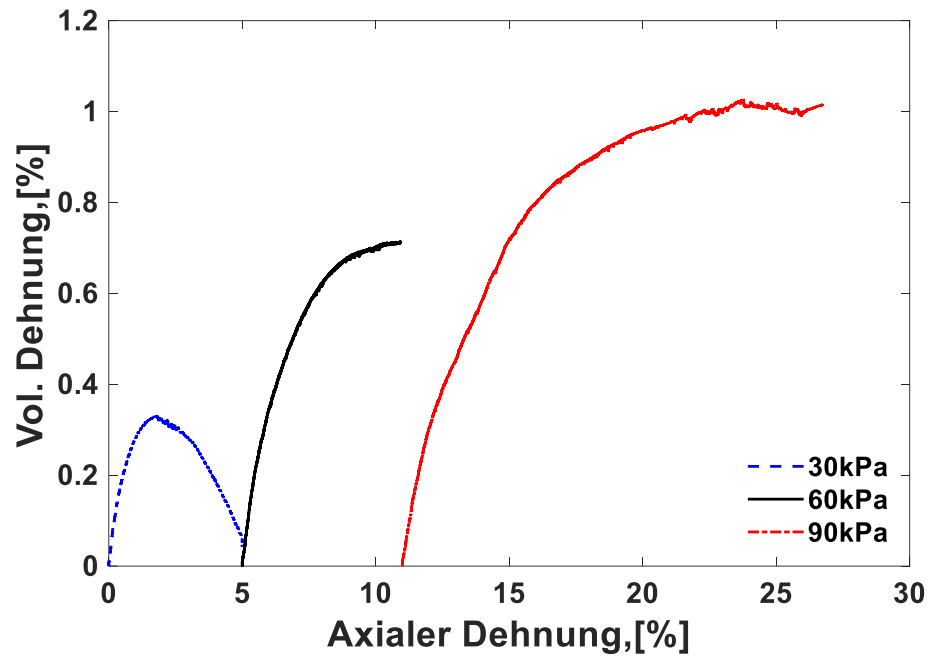


Abbildung 56: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_o$ - ϵ Diagram, Probe:GI201471).

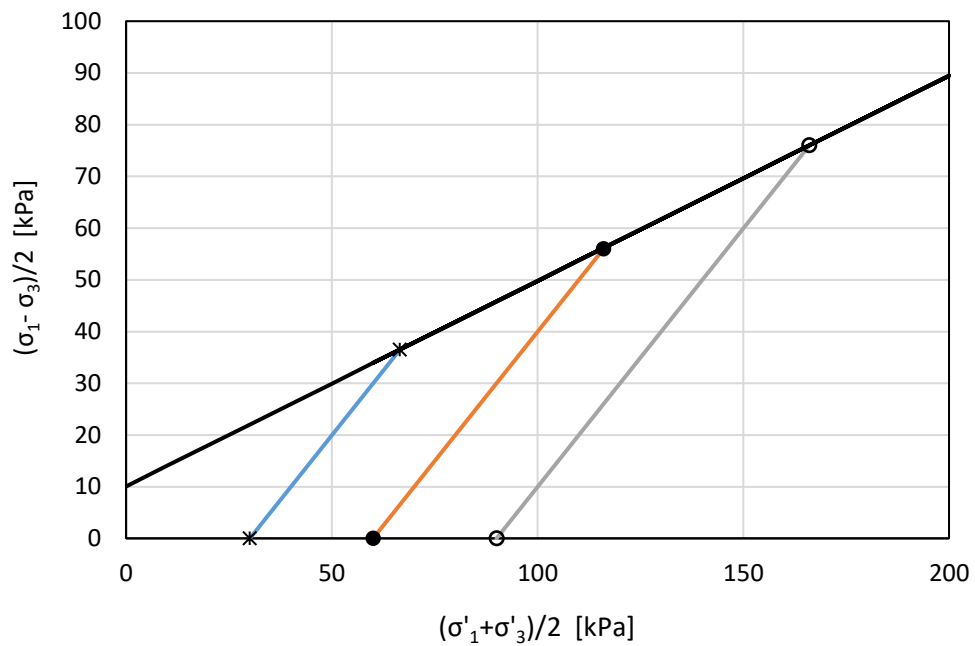


Abbildung 57: P-p-Diagramm bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe:GI201471.

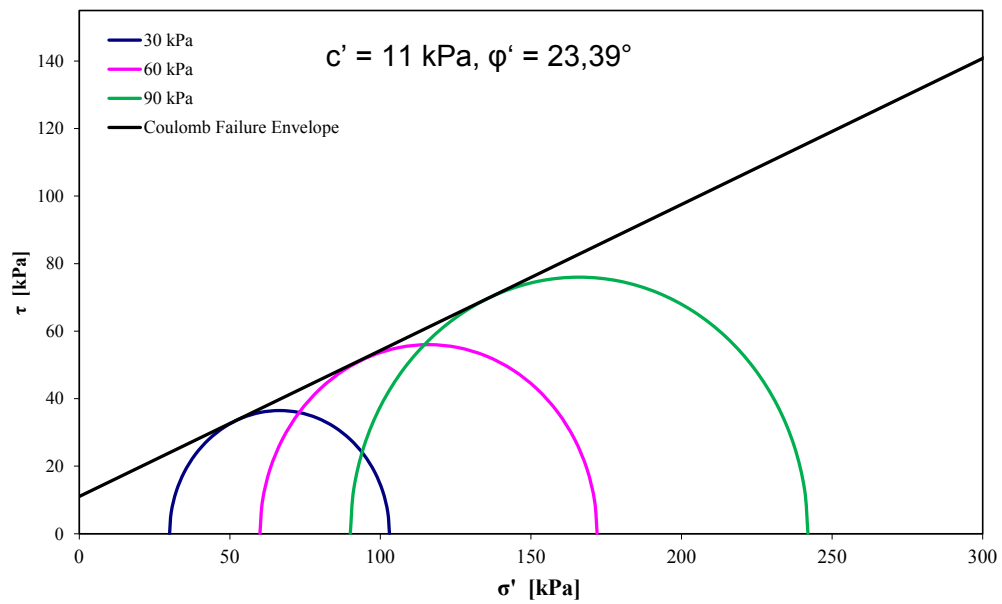


Abbildung 58: P-p-Diagram bzw. τ - σ' Diagram, Probe:GI201471.



Abbildung 59: Probe GI201471 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).

Probe: GI201483, Tiefe: 5,5-5,8 m, Versuchart: Multistage, CD

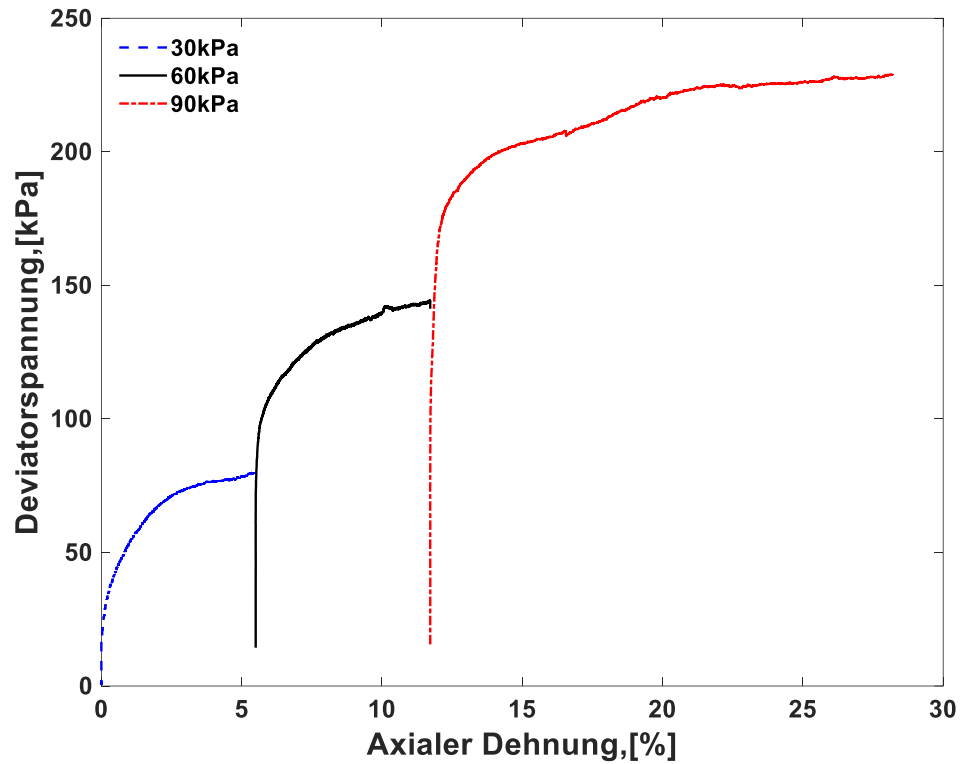


Abbildung 60: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q - ϵ Diagram), Probe: GI201483.

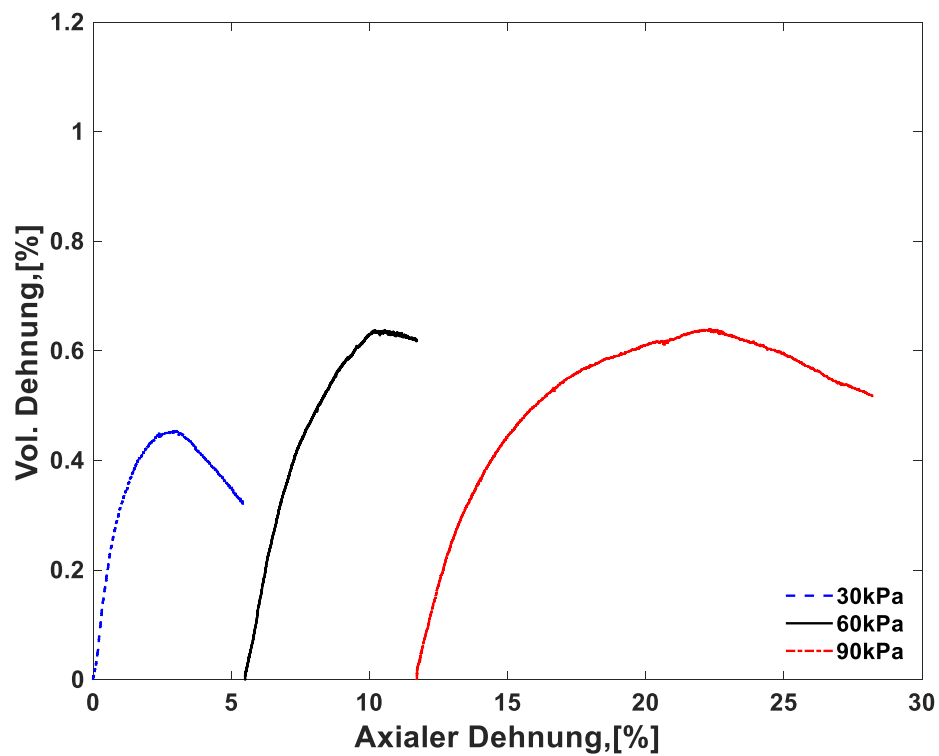


Abbildung 61: Volumetrische Dehnungen - Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_o$ - ϵ Diagram), Probe: GI201483.

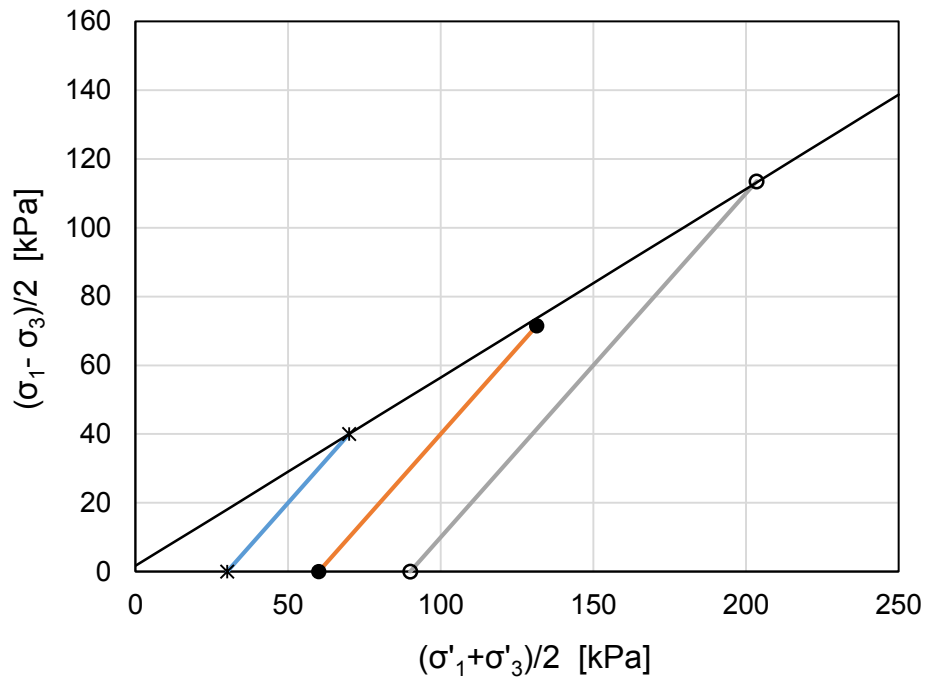


Abbildung 62: P-p-Diagramm bzw. $(\sigma'_1 - \sigma'_3)/2$, $(\sigma'_1 + \sigma'_3)/2$ Diagram, Probe:GI201483.

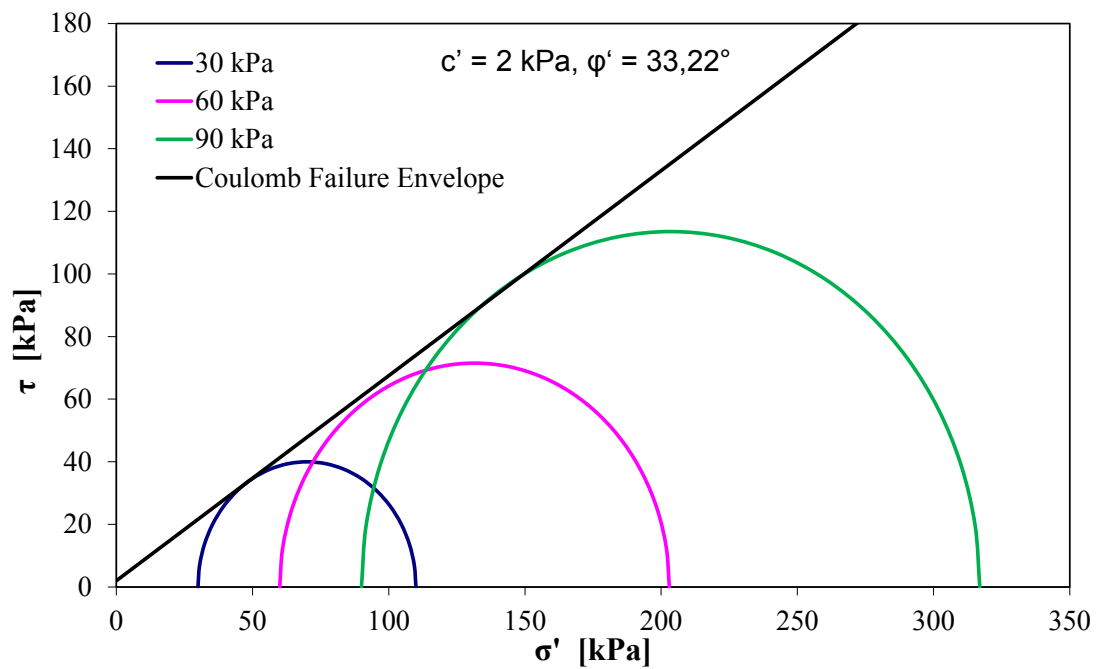


Abbildung 63: P-p-Diagramm bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe:GI201483.



Abbildung 64: Probe GI201483 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).

Probe: GI201466, Tiefe: 5,5-5,7 m, Versuchart: Multistage, CD

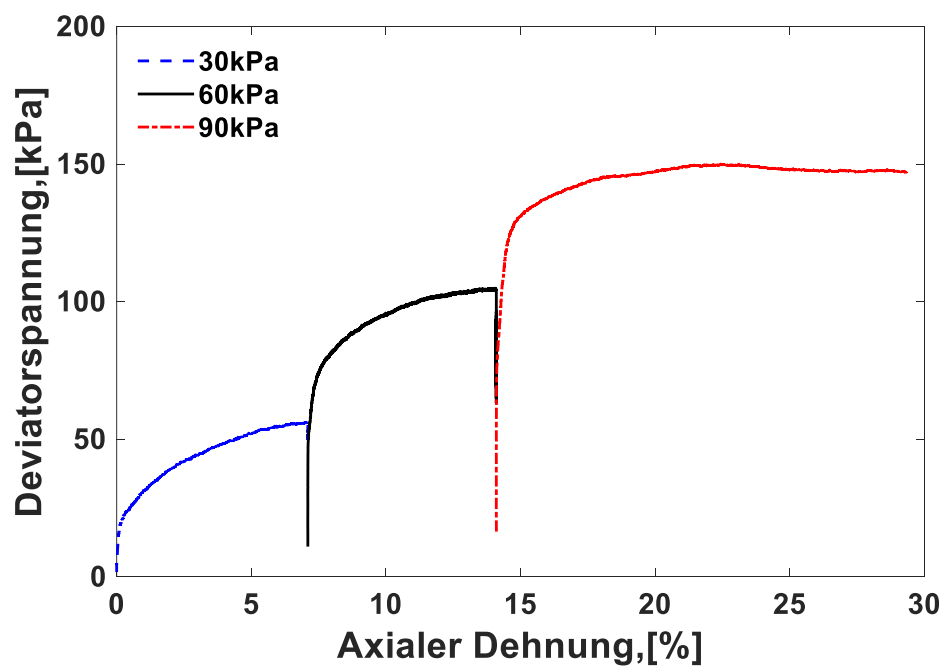


Abbildung 65: Deviatorspannung - Axialer Dehnungsverlauf (q - ϵ Diagram), Probe:GI201466.

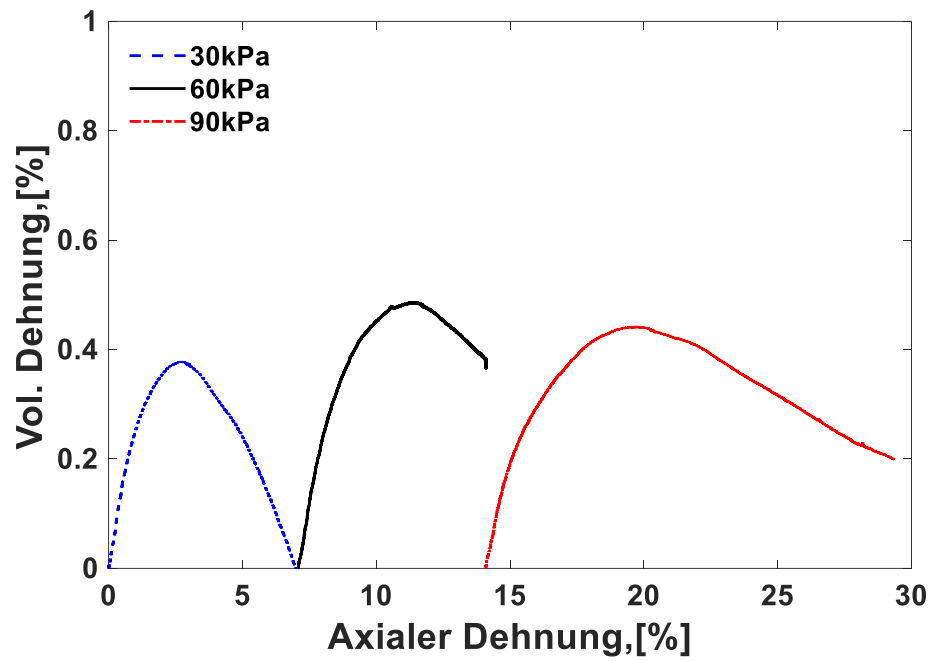


Abbildung 66: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_o$ - ϵ Diagram , Probe: GI201466.

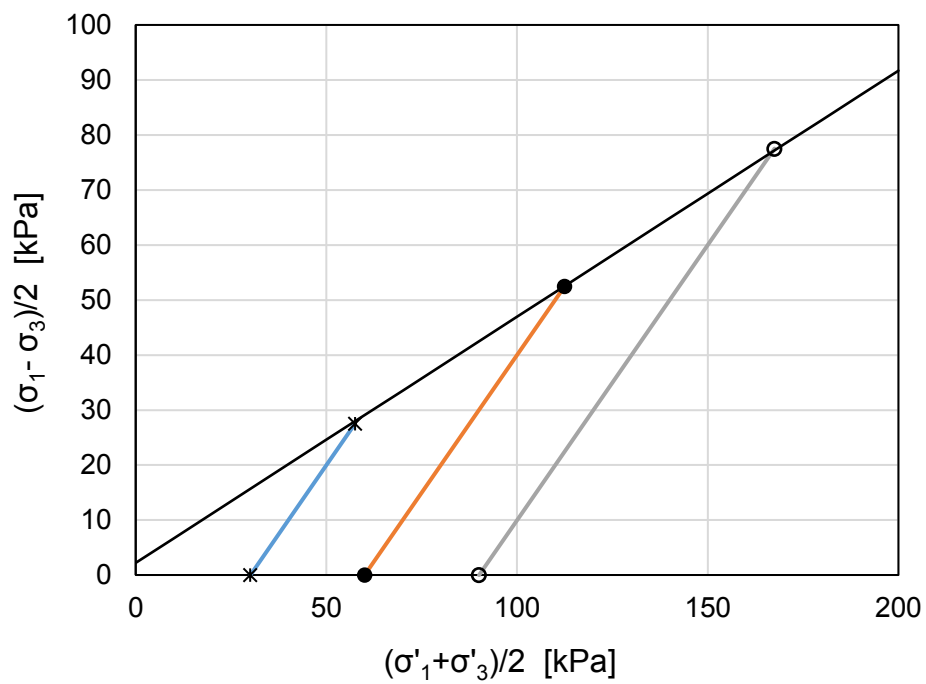


Abbildung 67: Volumetrische Dehnungen – Axialer Dehnungsverlauf ($\Delta V/V_o$ - ϵ Diagram , Probe: GI201466.

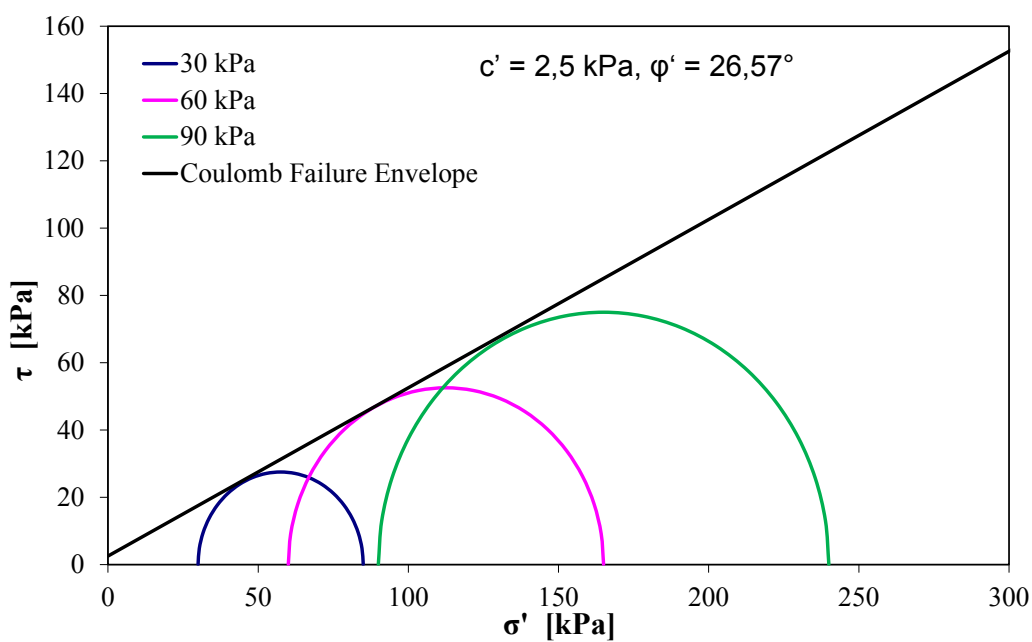


Abbildung 68: P-p-Diagram bzw. $\tau - \sigma'$ Diagram, Probe: GI201483.



Abbildung 69: Probe GI201466 nach dem Abscheren mit dem sichtbaren Scherband (multi-stage).

Proben	b' [kPa]	α'	Effective Kohäsion, c' [kPa]	Effective Reibungswinkel, ϕ' [°]
GI201465	18,87	18,32°	20	19,34
GI201541	9,39	18,96°	10	20,09
GI201479	0,27	24,42°	0,3	27,01

GI201471	10,10	21,65°	11,0	23,39
GI201483	1,67	28,72°	2,0	33,22
GI201466	2,24	24,10°	2,5	26,57

Tabelle 7: Triax-Scherparameter - φ' , c'

3.7 Zyklischer Ödometerversuch

Probe: GI201480, Tiefe: 7,15-7,5 m, Versuchart: Nature Wassergehalt

Staticspannung = 170 kPa

Amplitude = ± 20 kPa

Frequency = 2,5 Hz

Anzahl der Zyklen = 50.000

Statische Belastung vor zyklischer Belastung

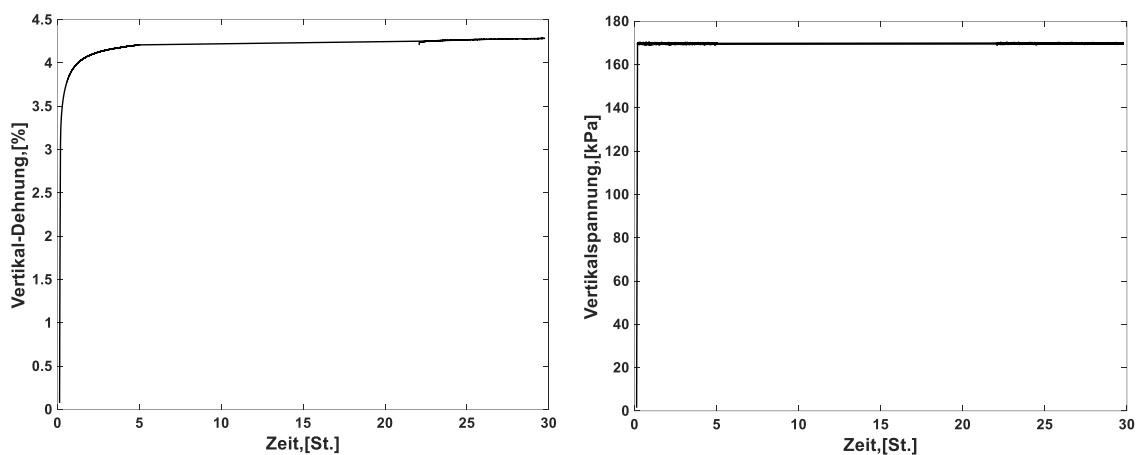


Abbildung 70: Zeit-Dehnung (links) und Zeit-vertikalspannung (rechts).

Nach dem 50.000 zyklen

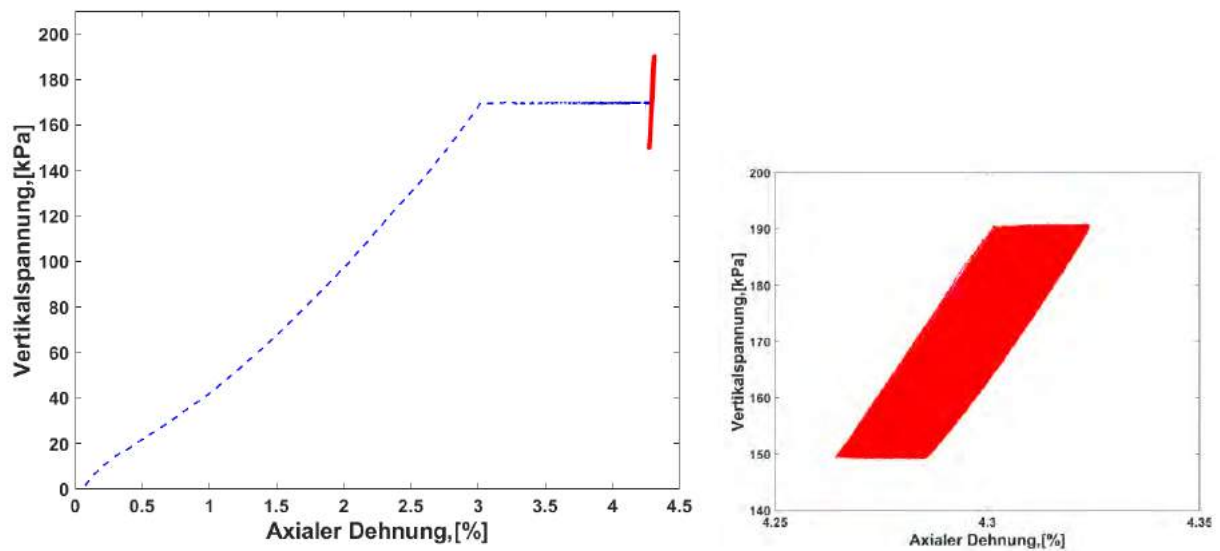


Abbildung 71: Vertikalspannung-Axialer Dehnung (static) (blaue farbe) und plastischen Dehnung nach 50.000 zyklen (rote farbe).

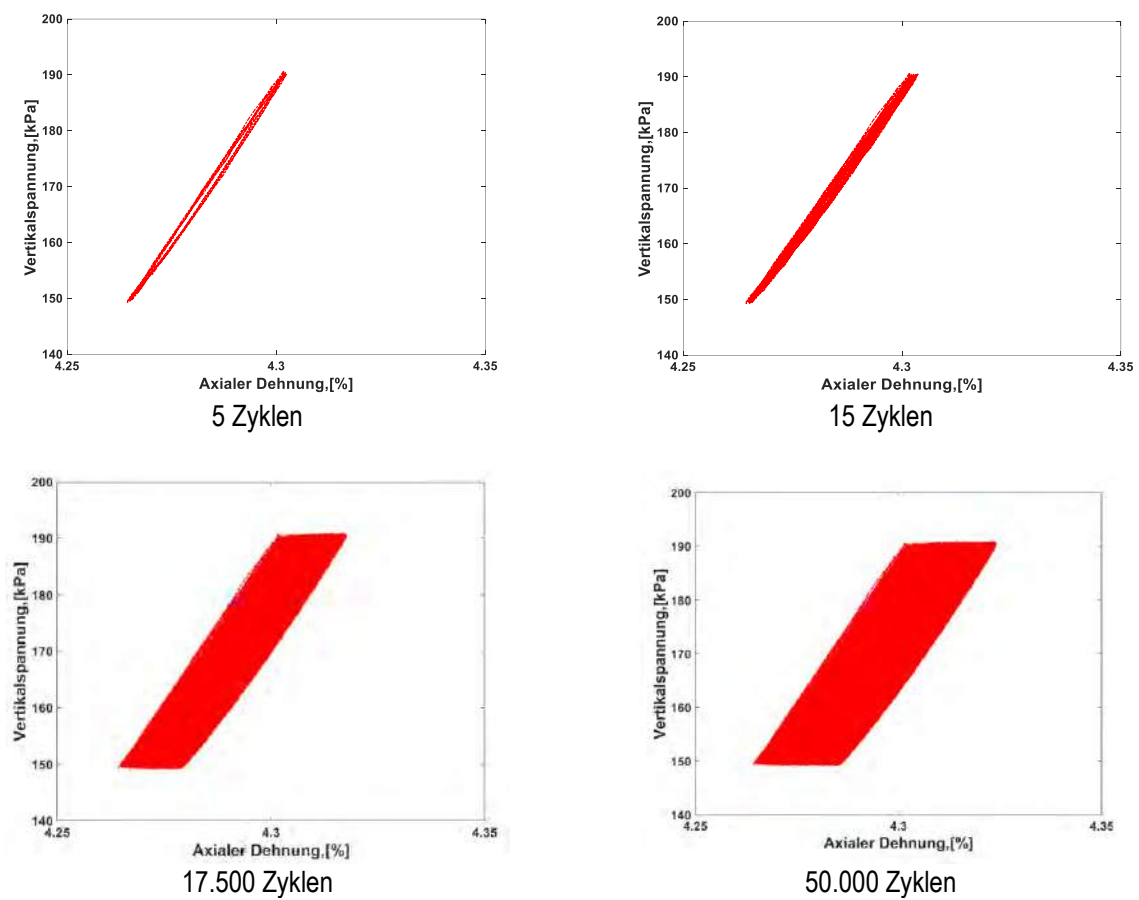


Abbildung 72: Akkumulation der plastischen Dehnung bei verschiedenen Zyklen

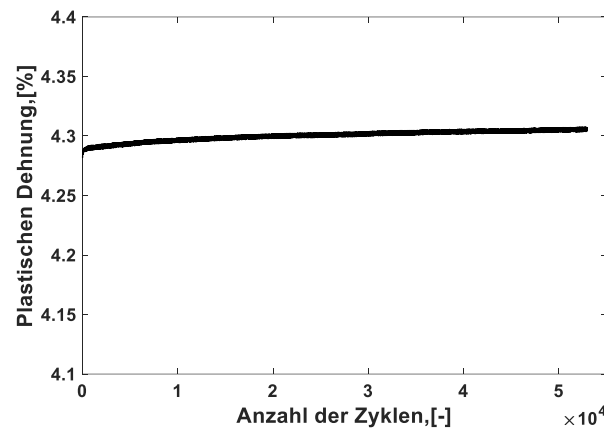


Abbildung 73: Akkumulation der plastischen Dehnung

3.8 Ramenscherversuch

Probe: GI201484, Tiefe: 7,0-7,2 m

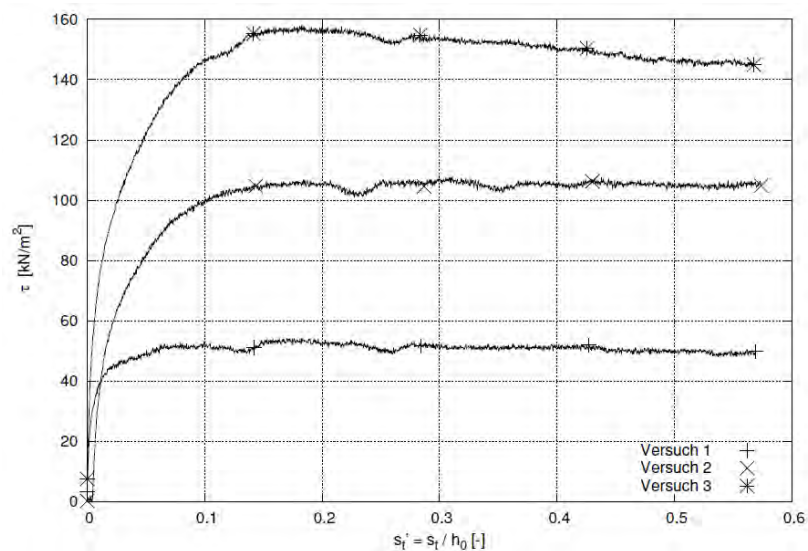


Abbildung 74: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201484.

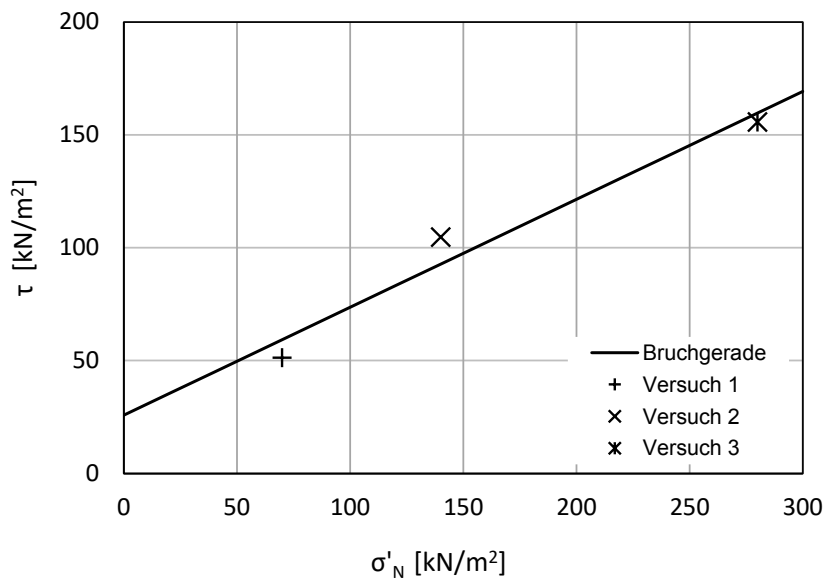


Abbildung 75: τ - σ'_N -Diagramm, Probe: GI201484.

Probe: GI201465, Tiefe: 5,10-5,5 m

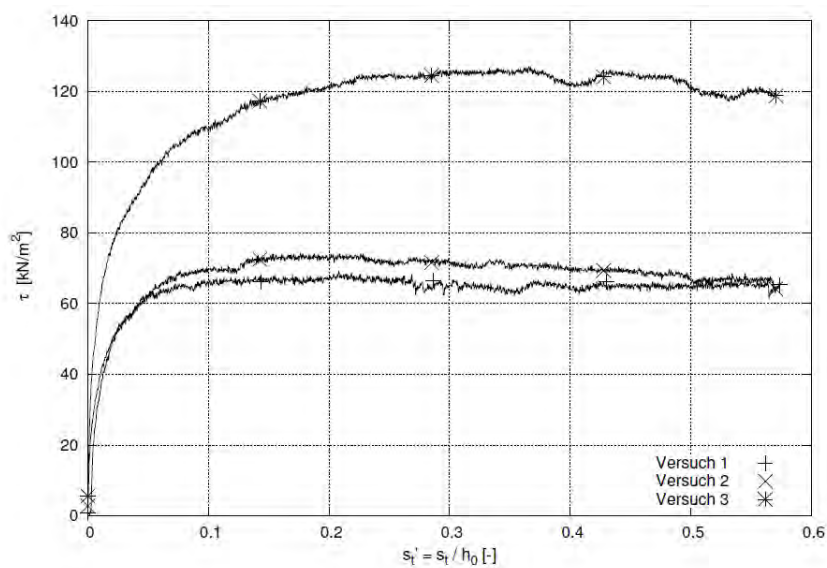


Abbildung 76: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201465.

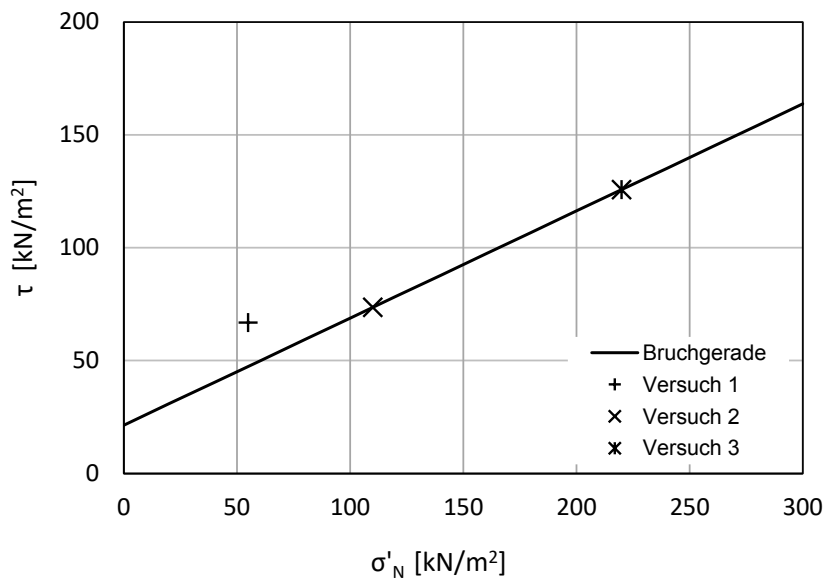


Abbildung 77: τ - σ'_N -Diagramm, Probe: GI201465.

Probe: GI201470, Tiefe: 2,50-2,9 m

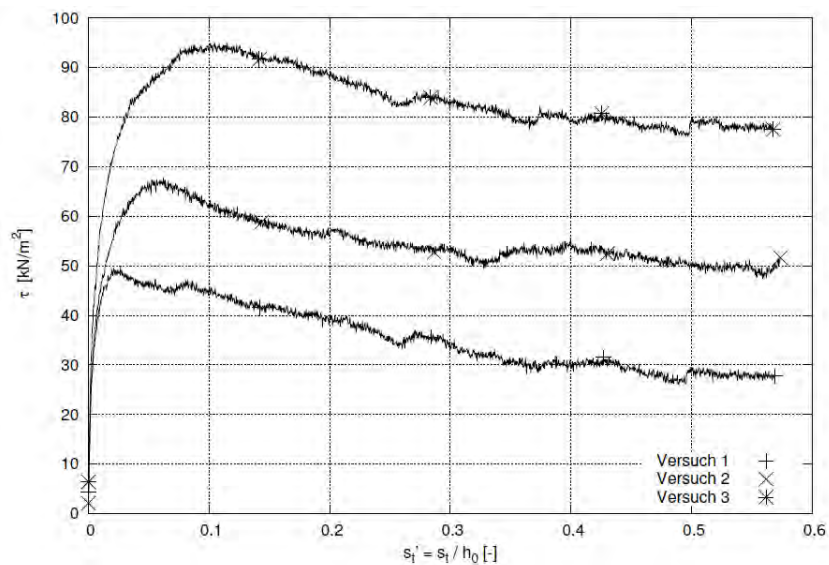


Abbildung 78: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201470.

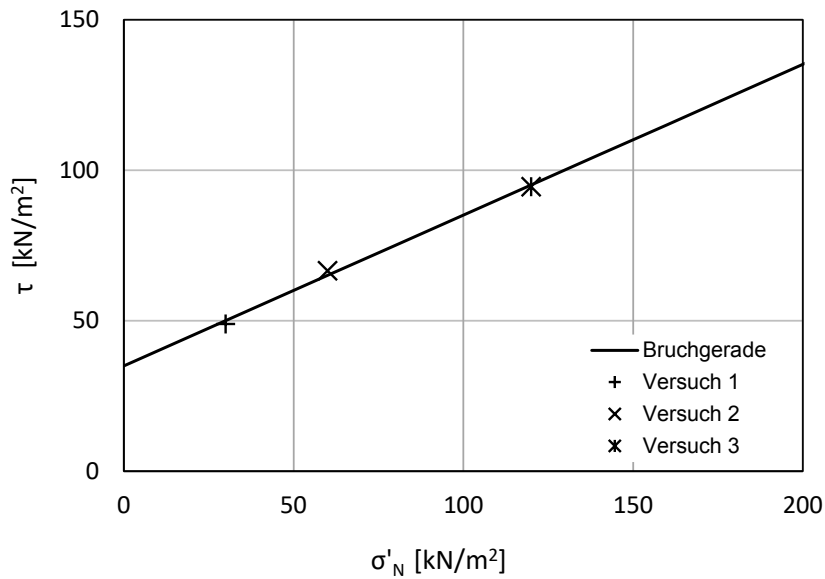


Abbildung 79: τ - σ'_N -Diagramm, Probe: GI201470.

Probe: GI201473, Tiefe: 7,50-7,8 m

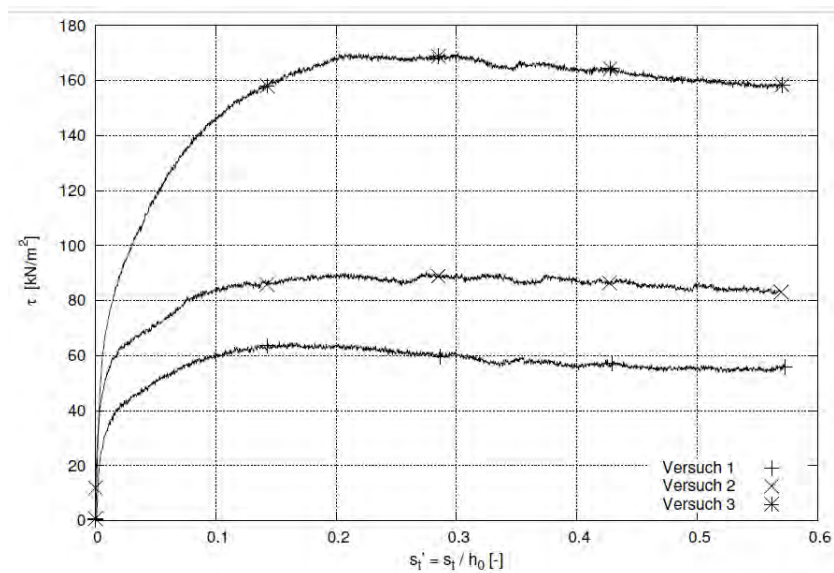


Abbildung 80: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201473.

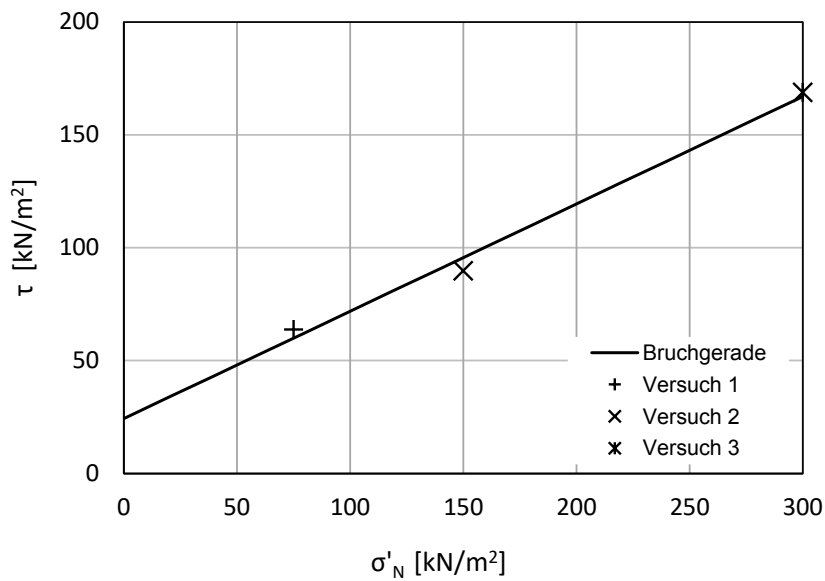


Abbildung 81: τ - σ'_N -Diagramm, Probe: GI201473.

Probe: GI201478, Tiefe: 2,25-2,6 m

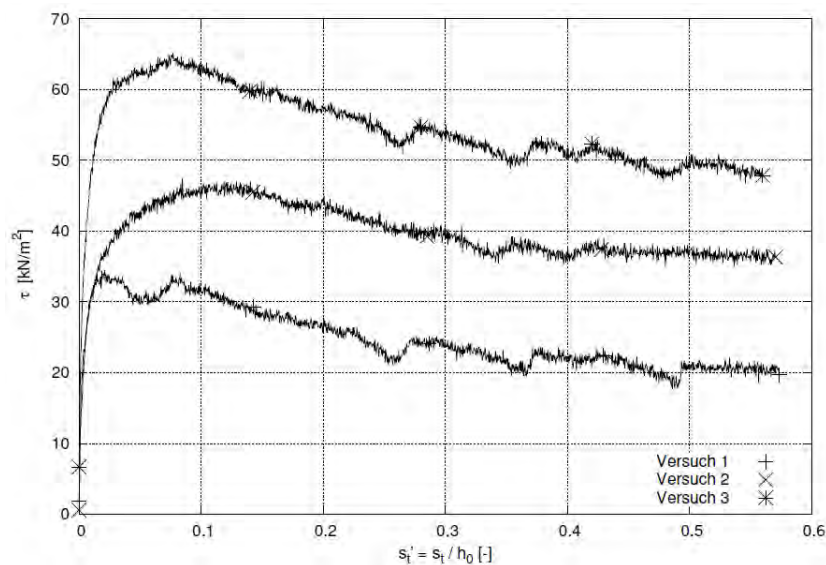


Abbildung 82: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201478.

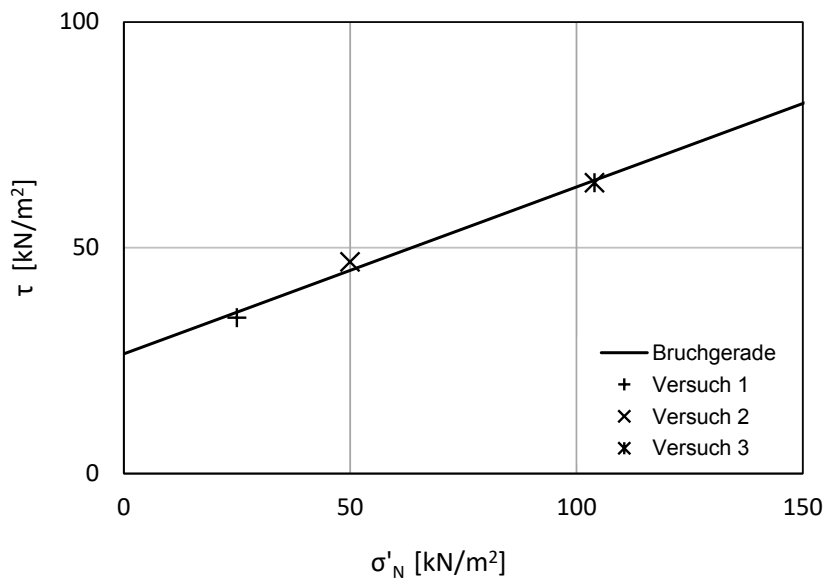


Abbildung 83: τ - σ'_N -Diagramm, Probe: GI201478.

Probe: GI201480, Tiefe: 7,15-7,5 m

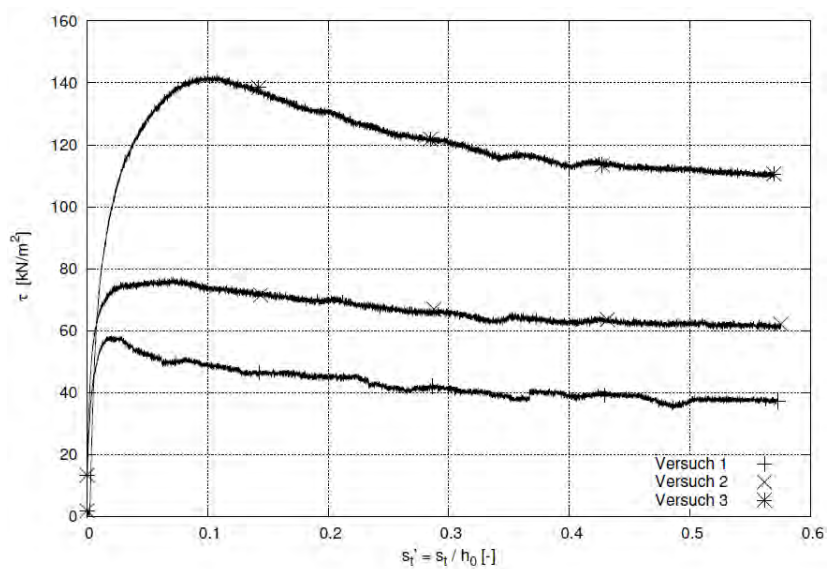


Abbildung 84: Scherspannungs-scherweg-Diagramm, Probe: GI201480.

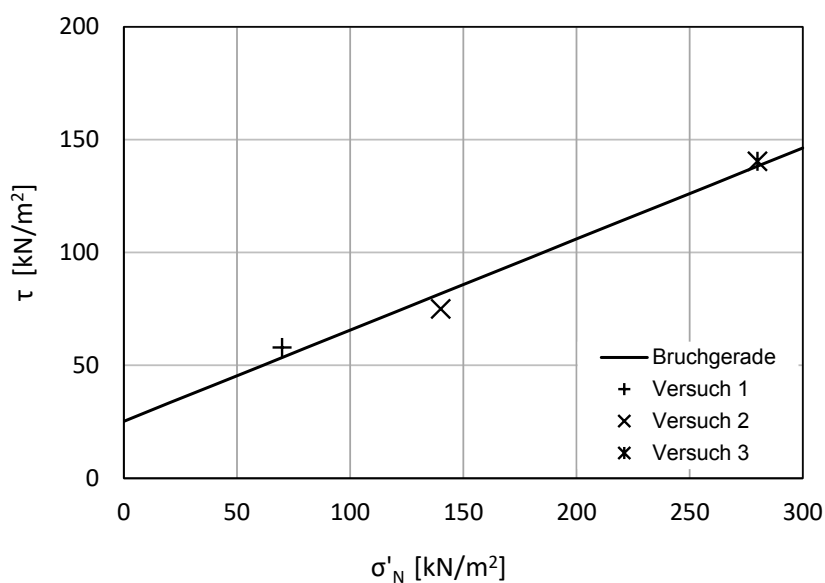


Abbildung 85: τ - σ'_N -Diagramm, Probe: GI201480.

Proben	Normalspannung, σ'_N [kPa]	Effective Kohäsion, c' [kPa]	Effektiver Reibungswinkel, φ' [°]
GI201484	70, 140, 280	25,8	25,6
GI201465	55, 110, 220	21,4	25,4
GI201470	30, 60, 120	35,0	26,6
GI201473	75, 150, 300	24,3	25,4
GI201478	25, 50, 104	26,5	20,3
GI201480	70, 140, 280	25,3	22,0

Tabelle 8: Ramenscher Versuch-Scherparameter - φ' , c'

3.9 Ödometer-Kriechversuche (Creep Test)

Probe: GI201480, Tiefe: 7,15-7,5 m, Versuchart: nat. wassergehalt

Anfangswassergehalt = 37,6 %; Endwassergehalt = 16,5 %; Schrumpfgrenze = 17,88 %

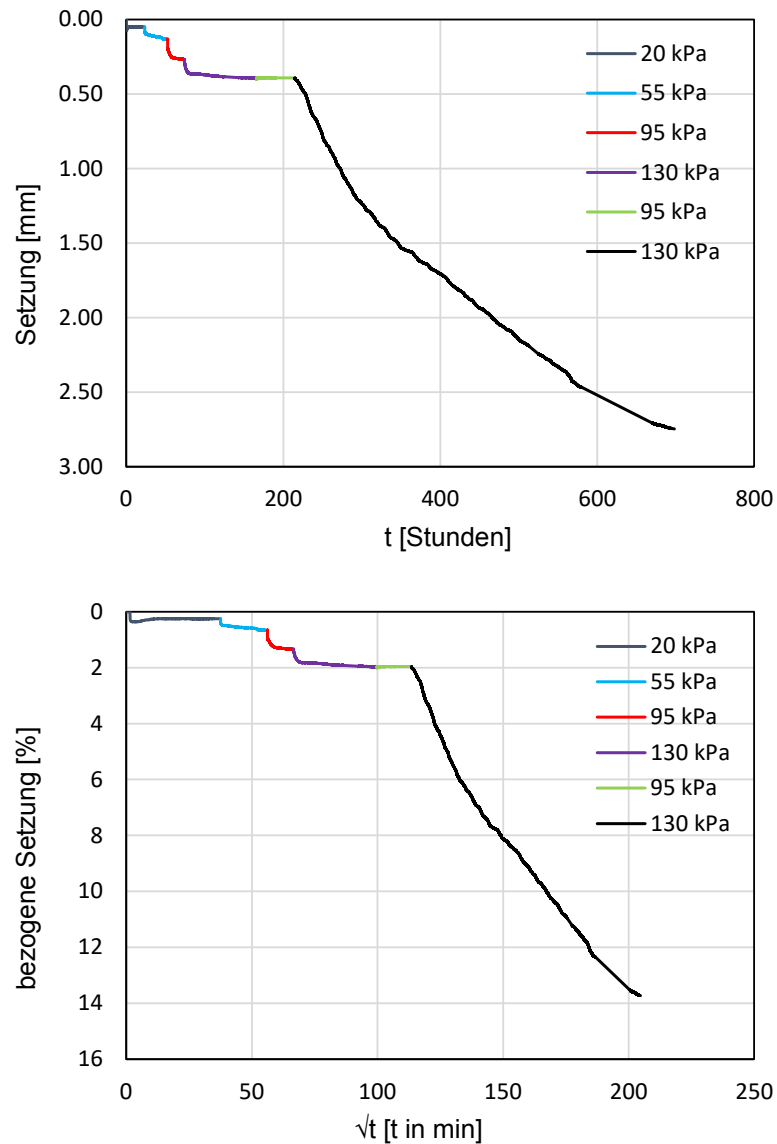


Abbildung 86: : Setzung - Zeit (t) (oben), bezogene Setzung - Zeit (t) (unten) für Belastung, Probe: GI201480.

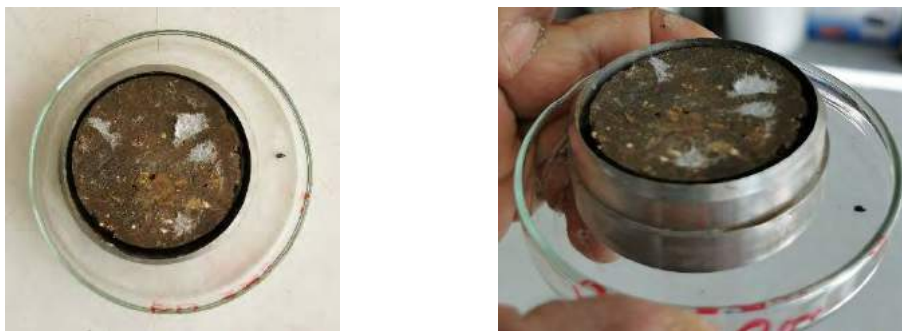


Abbildung 87: Proben GI201480 nach dem Ödometer-Kriechversuch.

3.10 Analyse der mineralogischen Zusammensetzung

Drei Proben GI201480, GI201541 und GI201471 wurden ausgewählt, um sie auf ihre mineralogische Zusammensetzung hin zu untersuchen. Die XRD wurde für alle Proben durchgeführt und die Ergebnisse sind in den Abbildungen 88-90 dargestellt. Aus den Ergebnissen ist ersichtlich, dass die Probe GI80 etwa 80 % Quarz, 20 % Franklinit und eine geringe Menge Zeolith oder Vermiculit enthält. Die Probe GI71 enthält rund 75 % Quarz, 9 % Calcit und 16 % Zeolith. Die Probe GI41 besteht ebenfalls aus Quarz und Zeolith. In dieser Stichprobe ist die genaue Quantifizierung jedoch schwierig zu bewerten. Die RFA wird auch für Probe GI80 durchgeführt, um die chemische Zusammensetzung der Probe zu überprüfen. Das RFA-Ergebnis von GI80 ist in Tabelle 9 dargestellt.

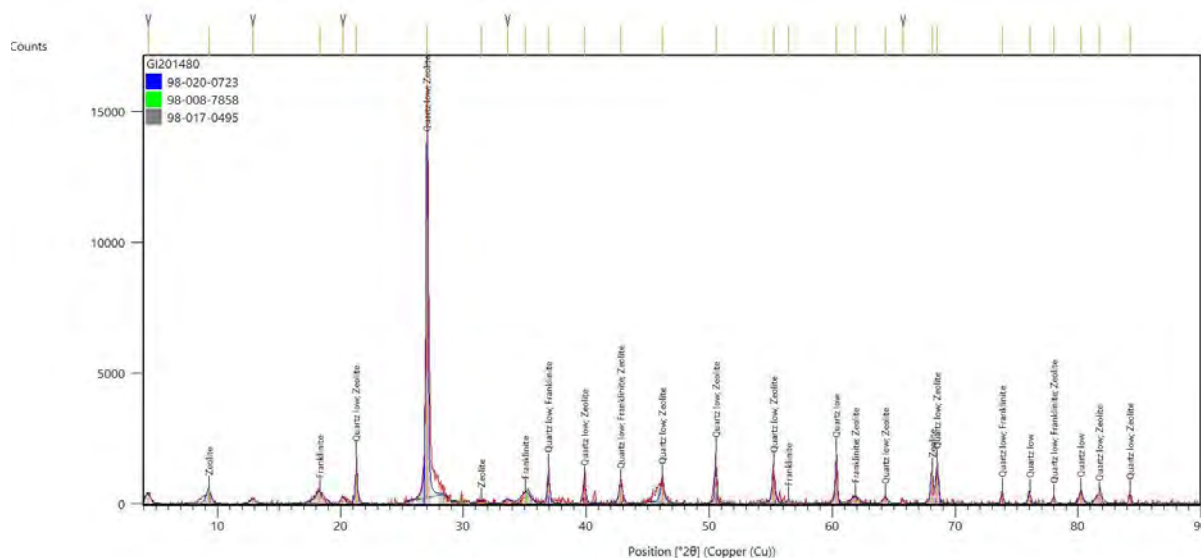


Abbildung 88: XRD der Probe GI201480.

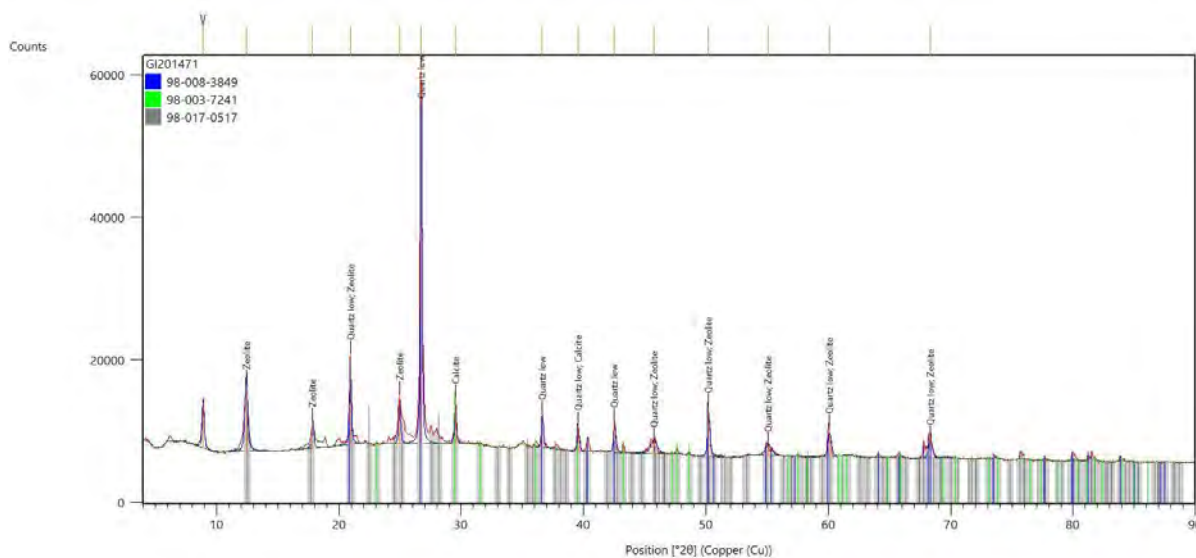


Abbildung 89: XRD der Probe GI201471.

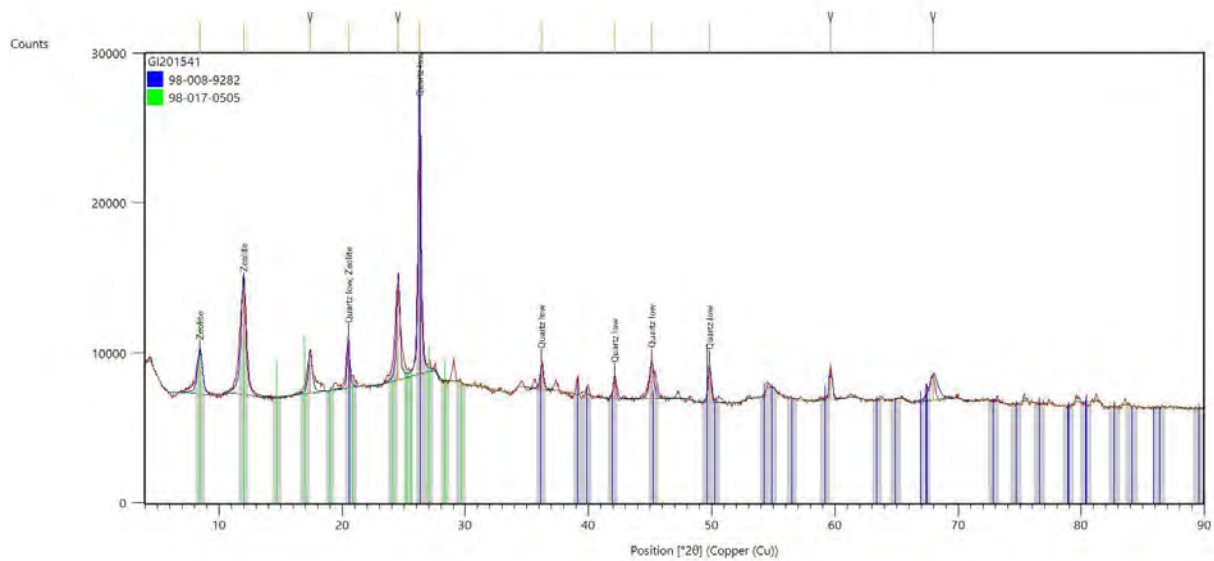


Abbildung 90: XRD der Probe GI201541.

Chemische Elemente	[%]
SiO ₂	64,27
Al ₂ O ₃	18,40
Fe ₂ O ₃	5,65
CaO	1,19
MgO	2,62
K ₂ O	5,25
TiO ₂	0,92
SO ₃	0,19
Others	0,51

Tabelle 9: Chemische Eigenschaften der Probe GI201480.

4. Literatur

Beilage 16

Geotechnische Messungen – Ergebnisse

INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: 52.R.11

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

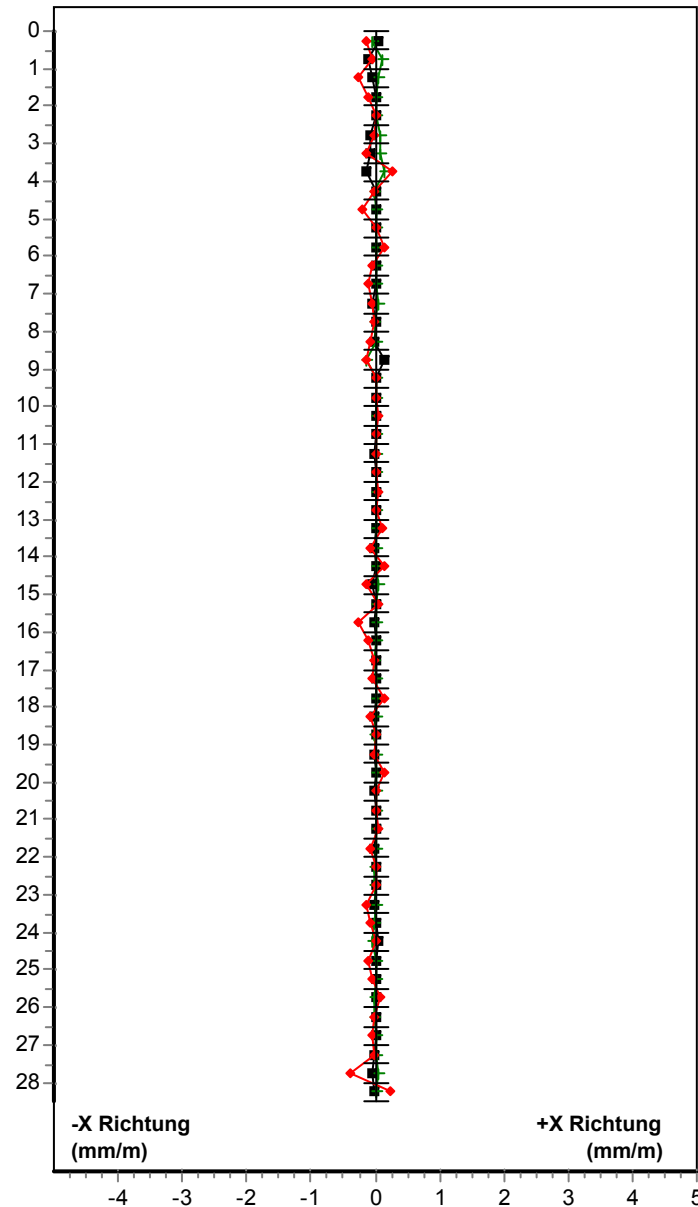
Messung		Datum
—■—	1	27 Okt 2020
—+—	2	27 Okt 2020
—♦—	3	22 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

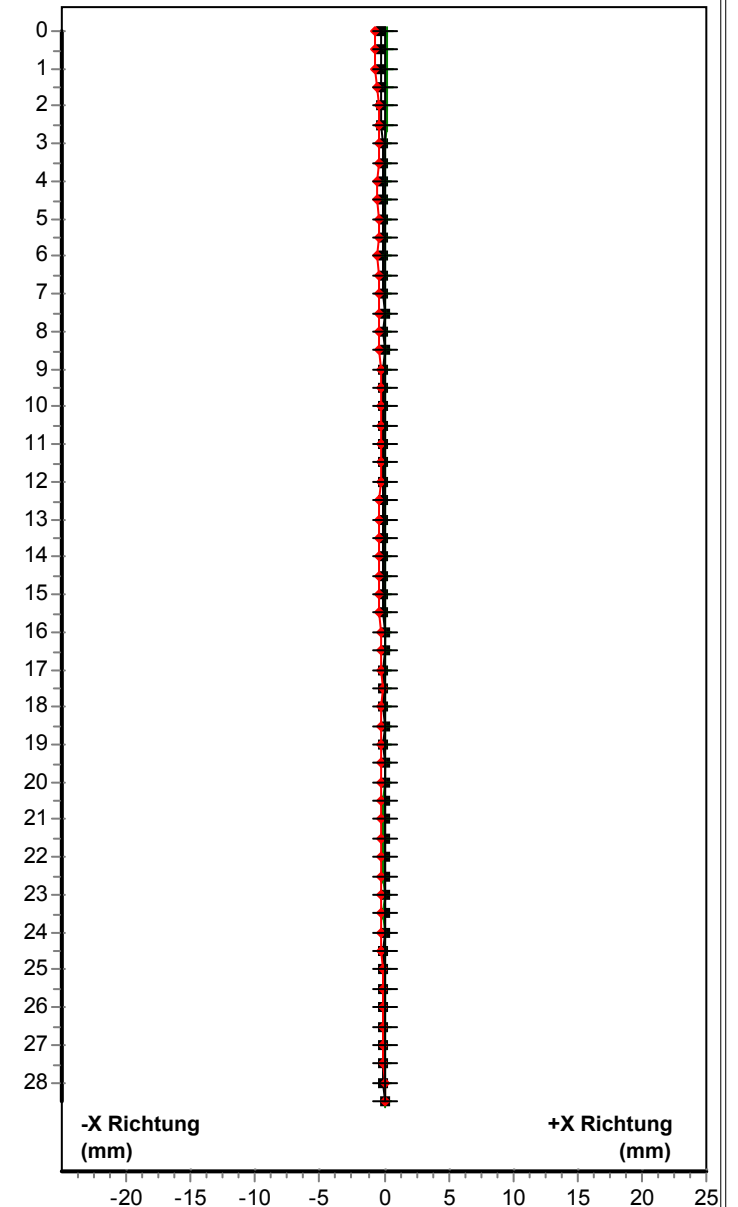
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: 52.R.11

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

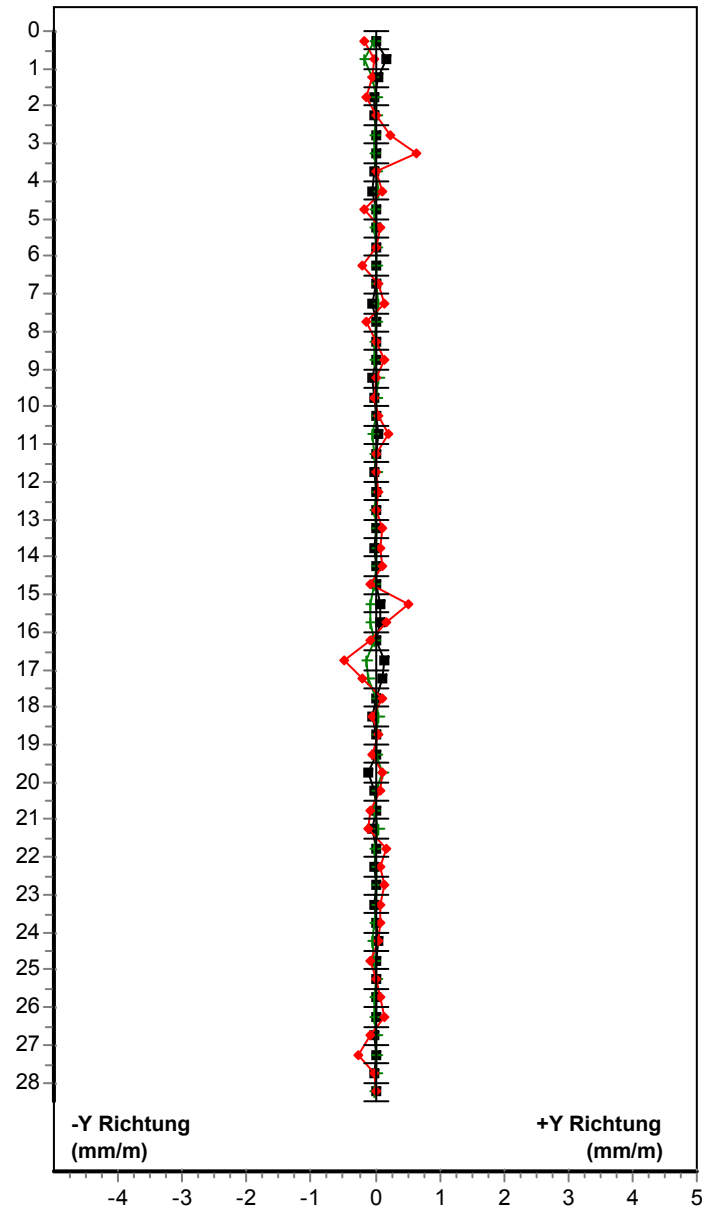
Messung		Datum
—■—	1	27 Okt 2020
—+—	2	27 Okt 2020
—◆—	3	22 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

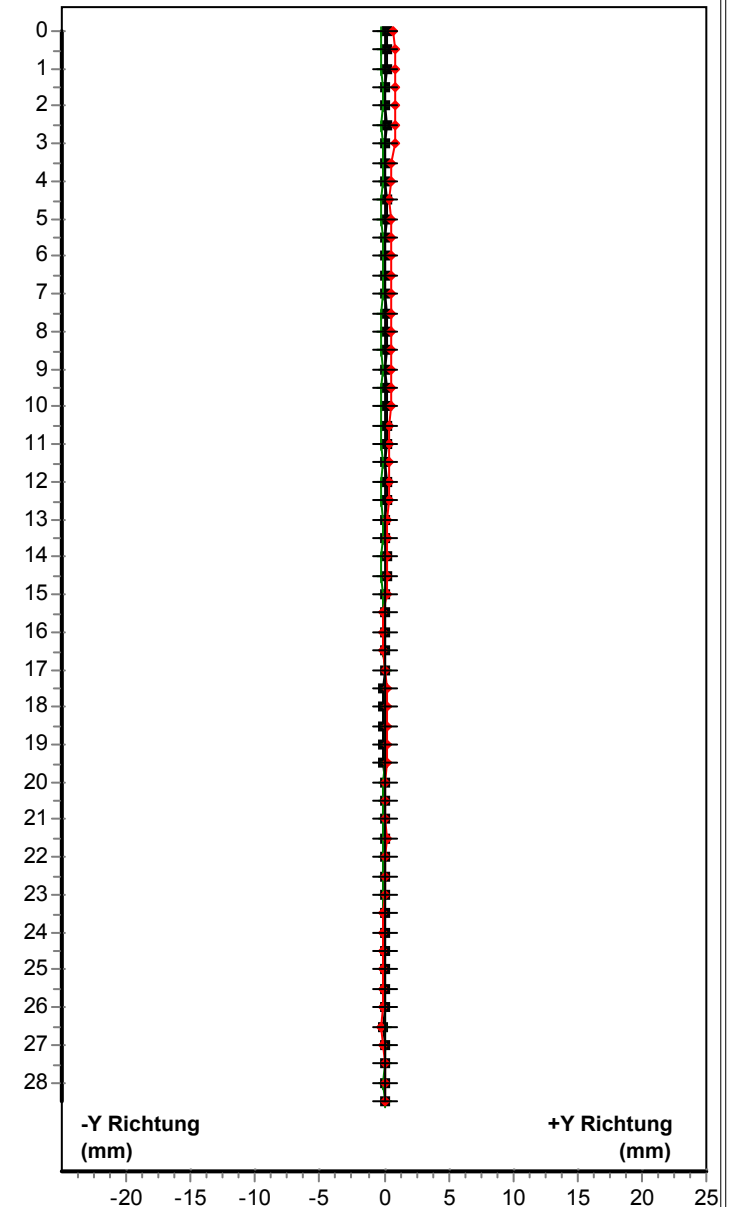
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794

MESSLINIE: 52.R.12

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 23 Okt 2020 *

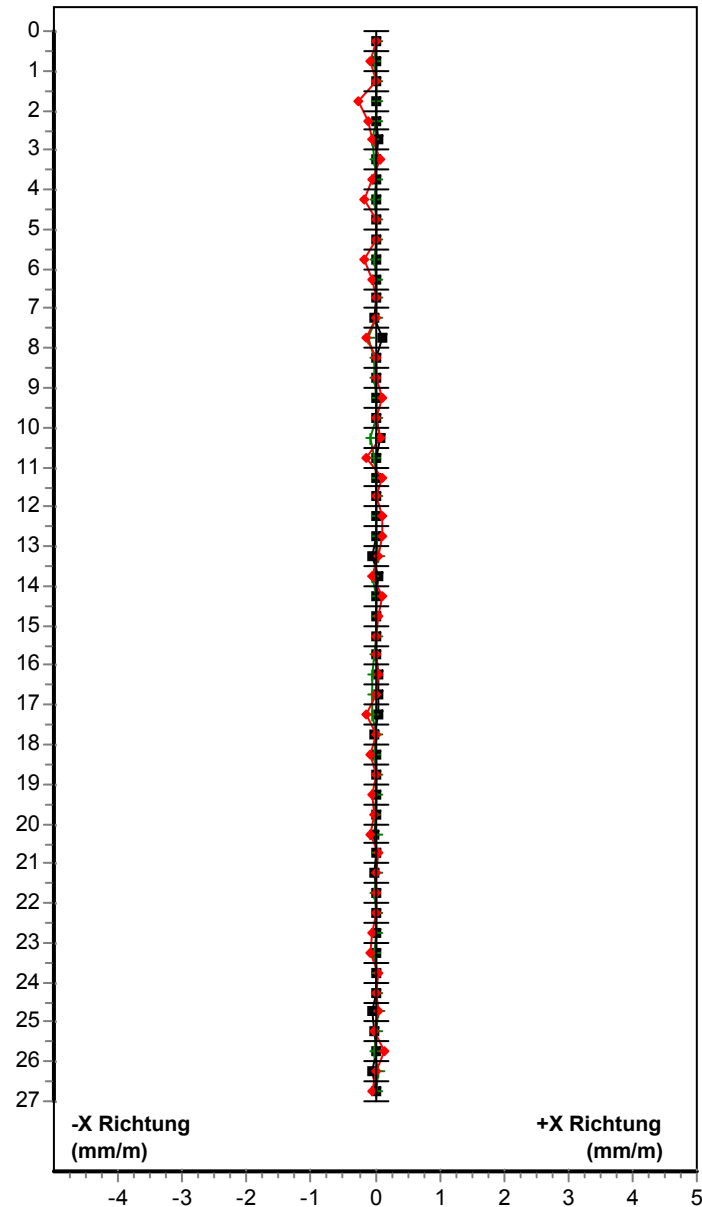
Messung		Datum
—■—	1	23 Okt 2020
—+—	2	23 Okt 2020
—♦—	3	01 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

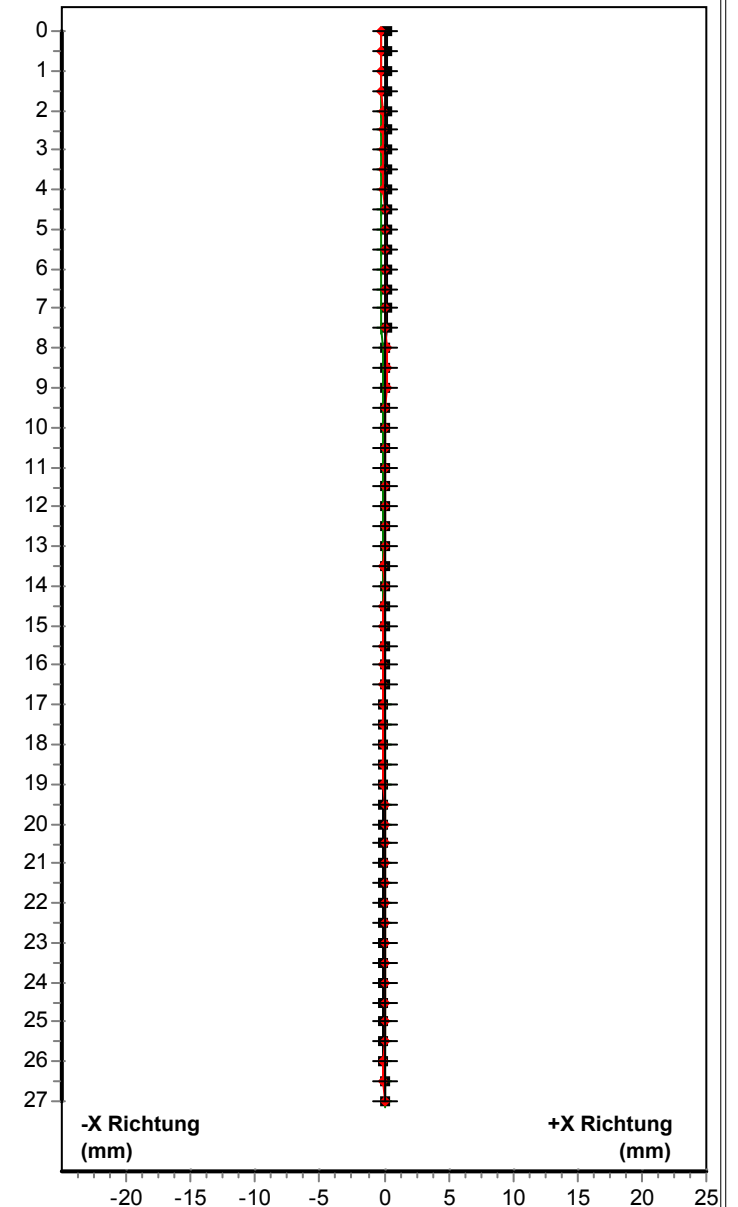
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794

MESSLINIE: 52.R.12

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 23 Okt 2020 *

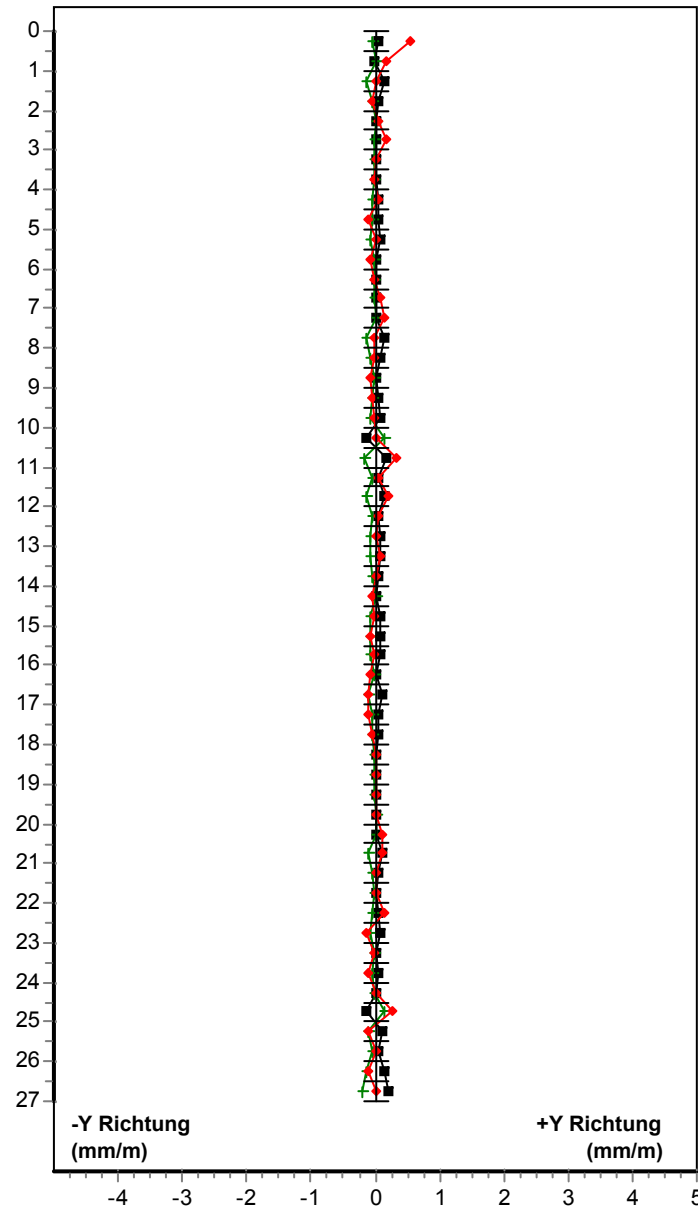
Messung		Datum
—■—	1	23 Okt 2020
—+—	2	23 Okt 2020
—◆—	3	01 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

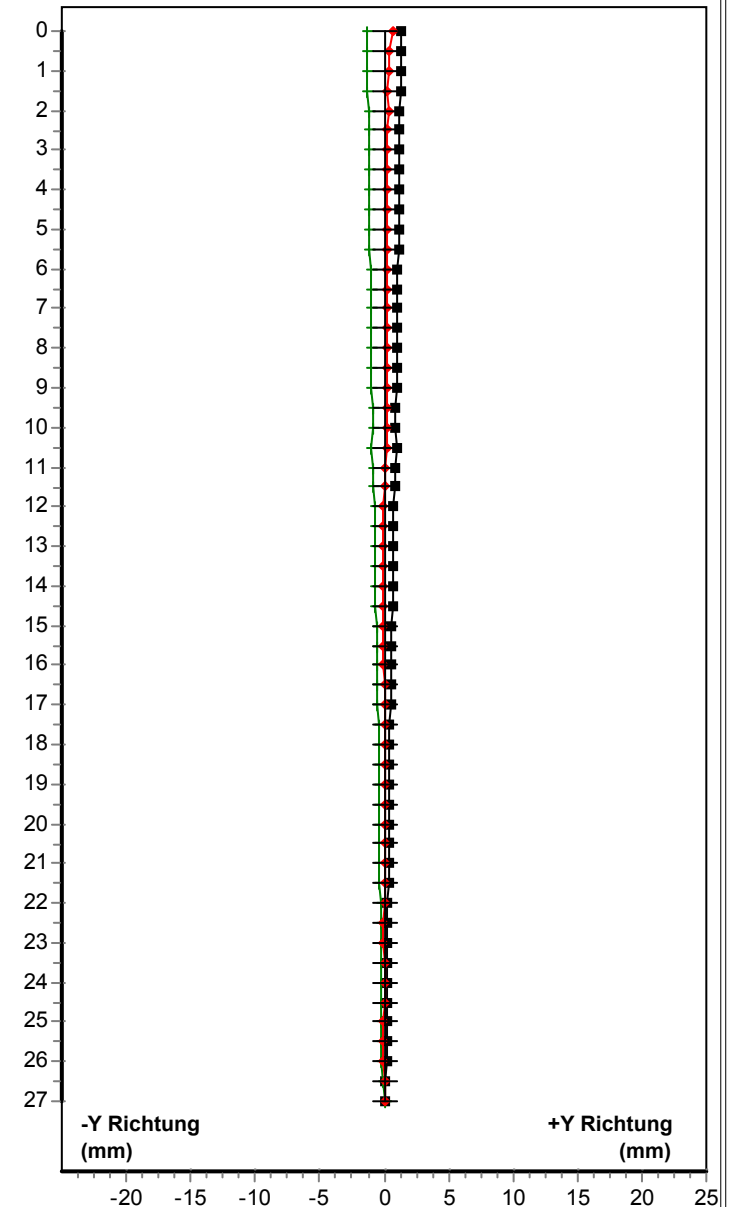
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794

MESSLINIE: 51.R.13

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 23 Okt 2020 *

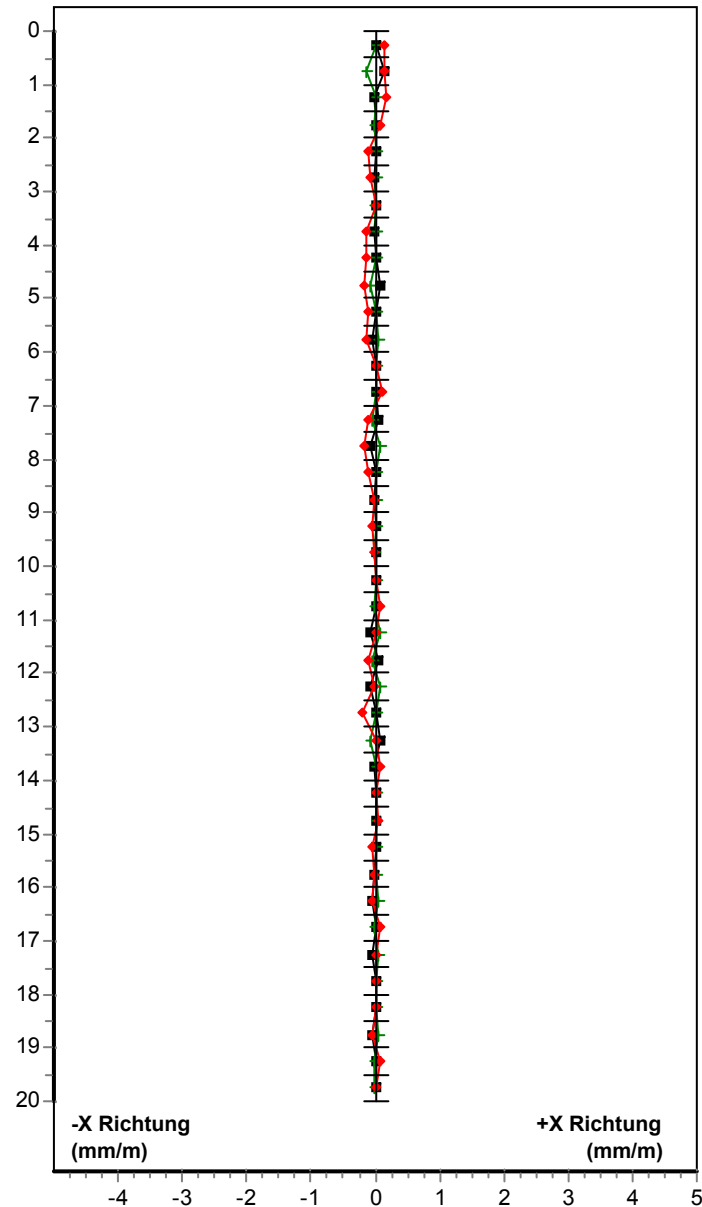
Messung		Datum
—■—	1	23 Okt 2020
—+—	2	23 Okt 2020
—◆—	3	01 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

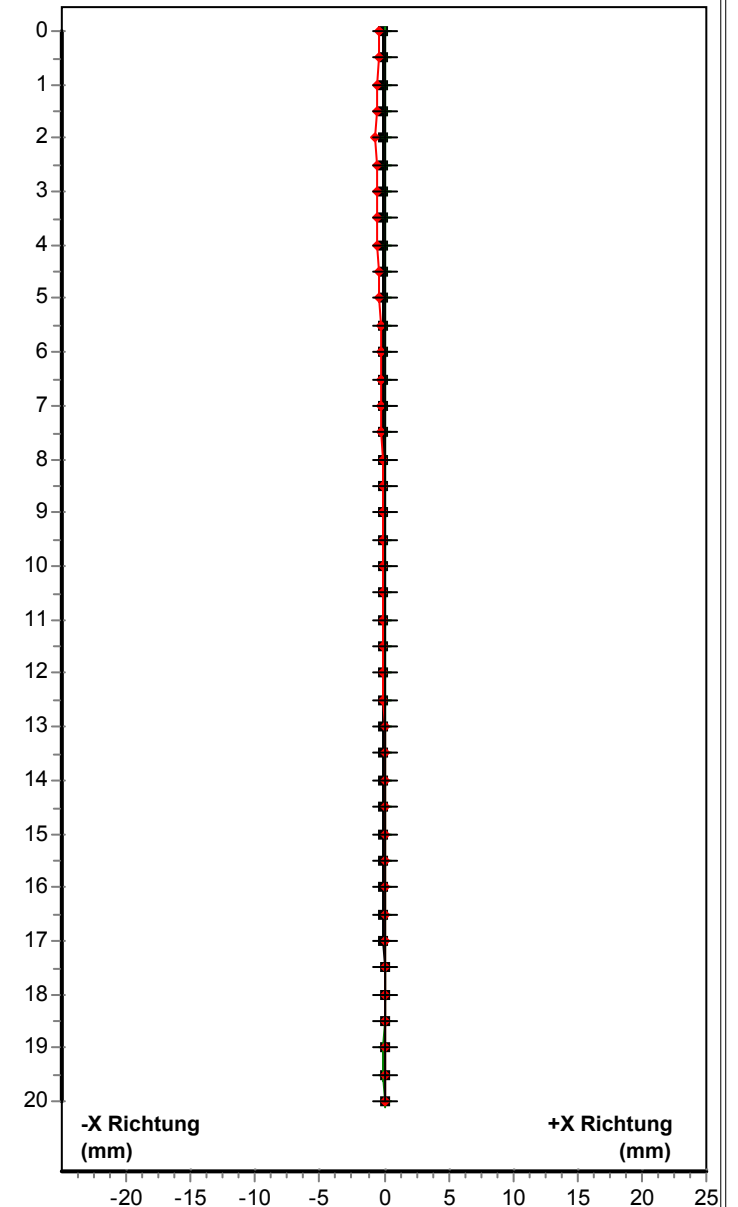
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794

MESSLINIE: 51.R.13

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 23 Okt 2020 *

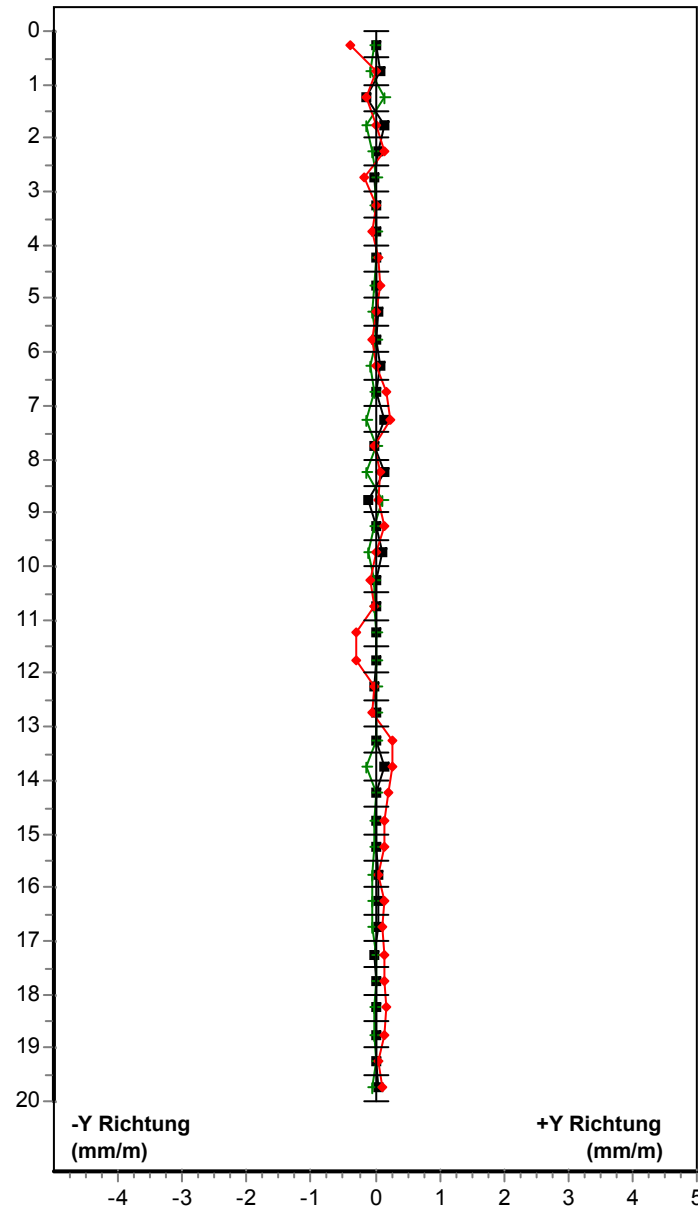
Messung		Datum
—■—	1	23 Okt 2020
—+—	2	23 Okt 2020
—♦—	3	01 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

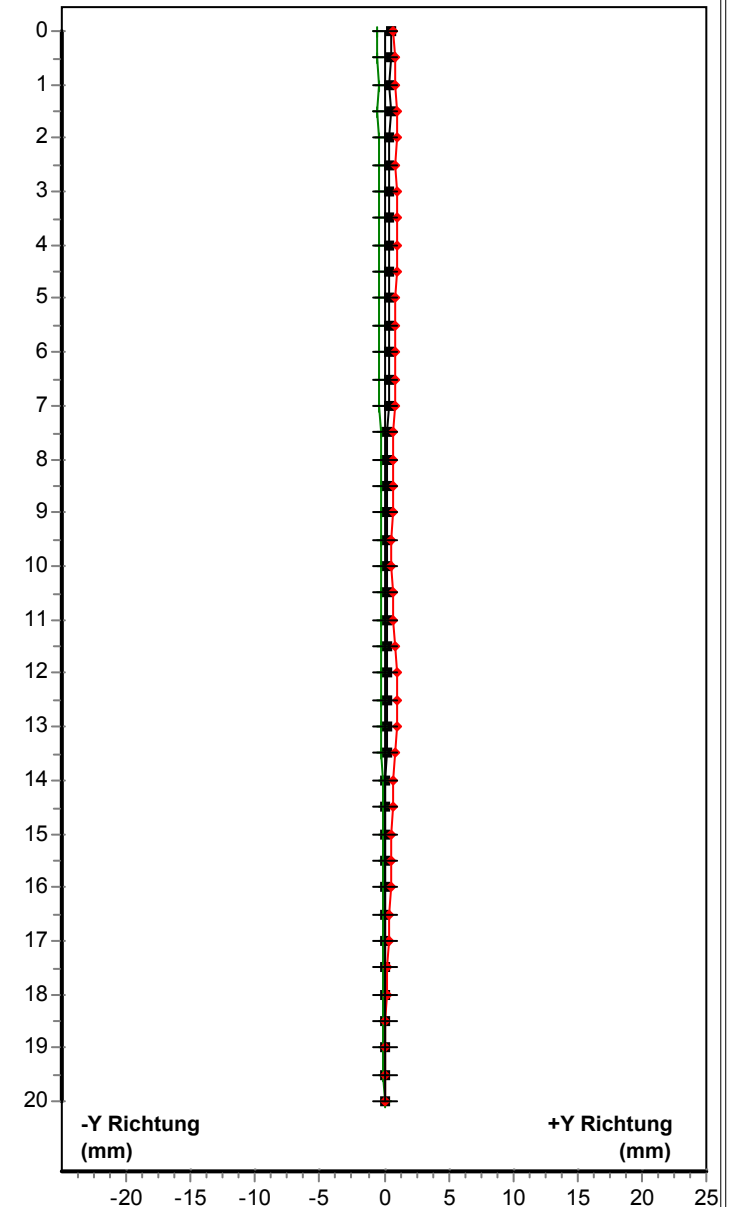
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: 52.R.14

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

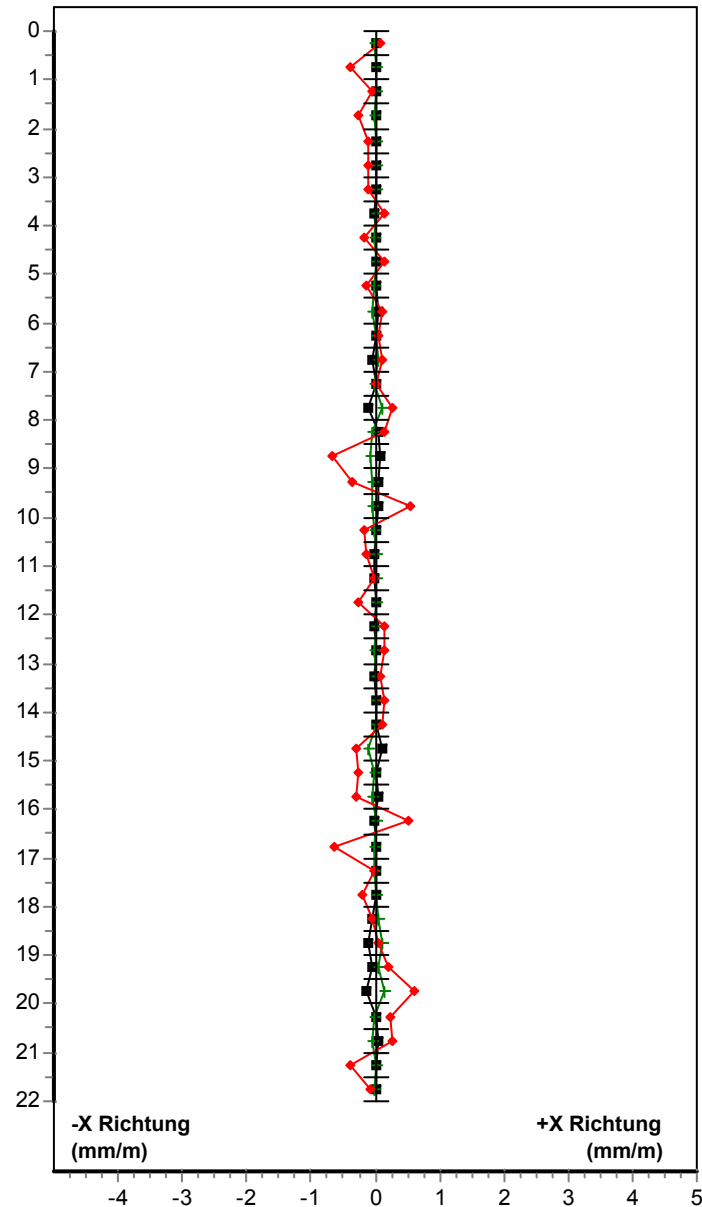
Messung		Datum
—■—	1	27 Okt 2020
—+—	2	27 Okt 2020
—◆—	3	22 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

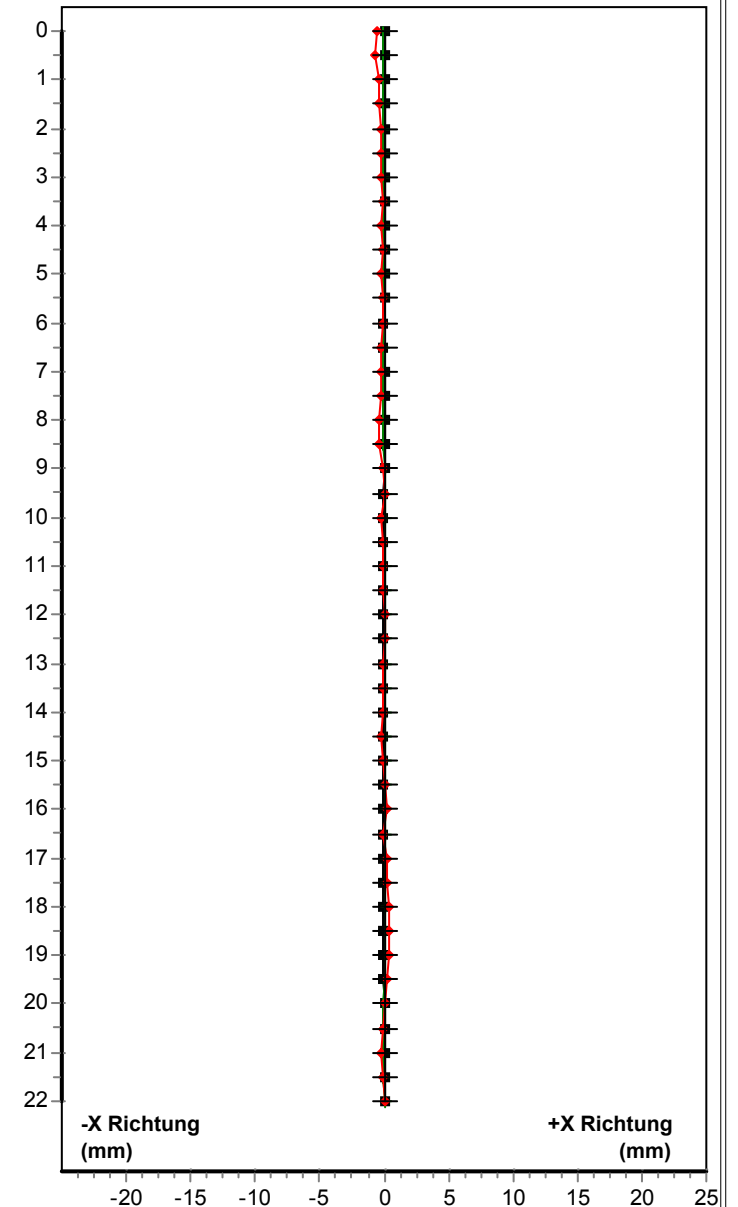
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: 52.R.14

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

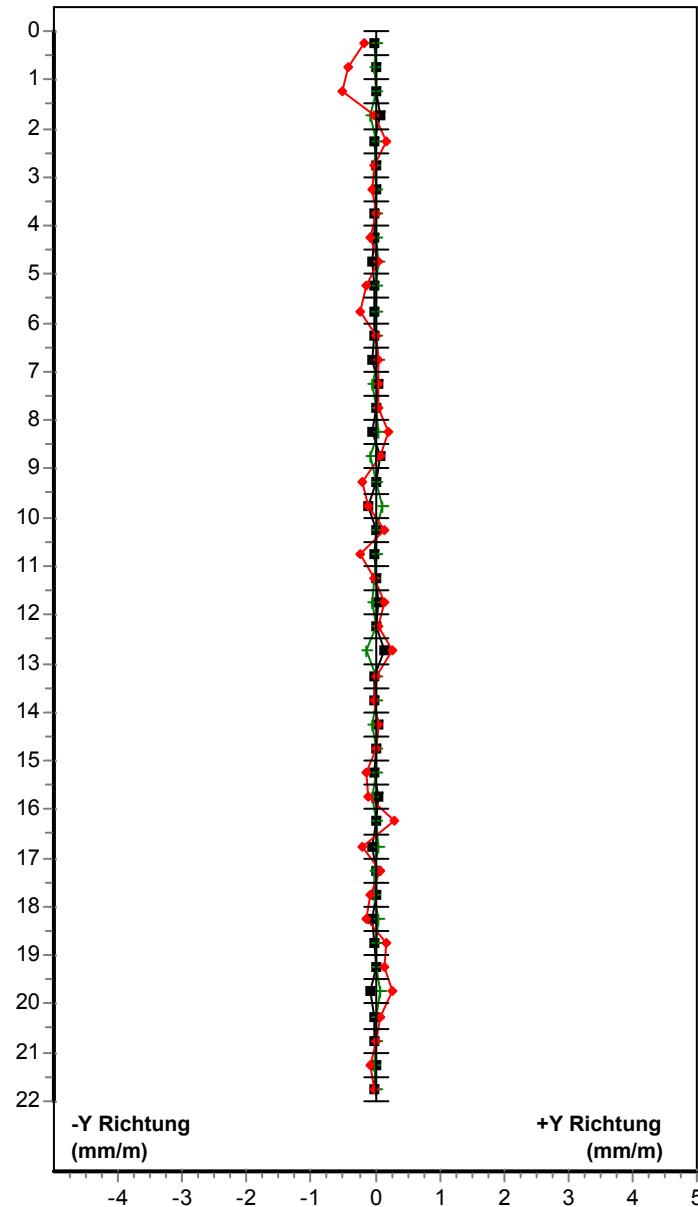
Messung		Datum
■	1	27 Okt 2020
+	2	27 Okt 2020
◆	3	22 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

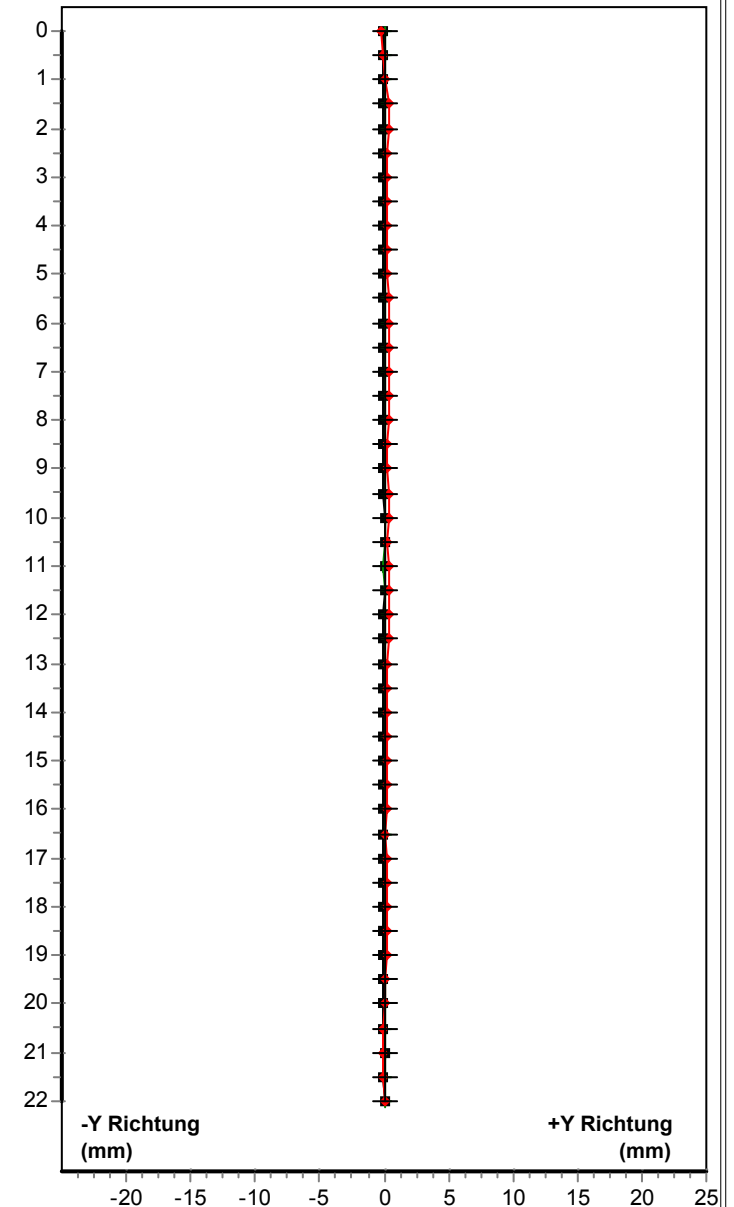
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: B1

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

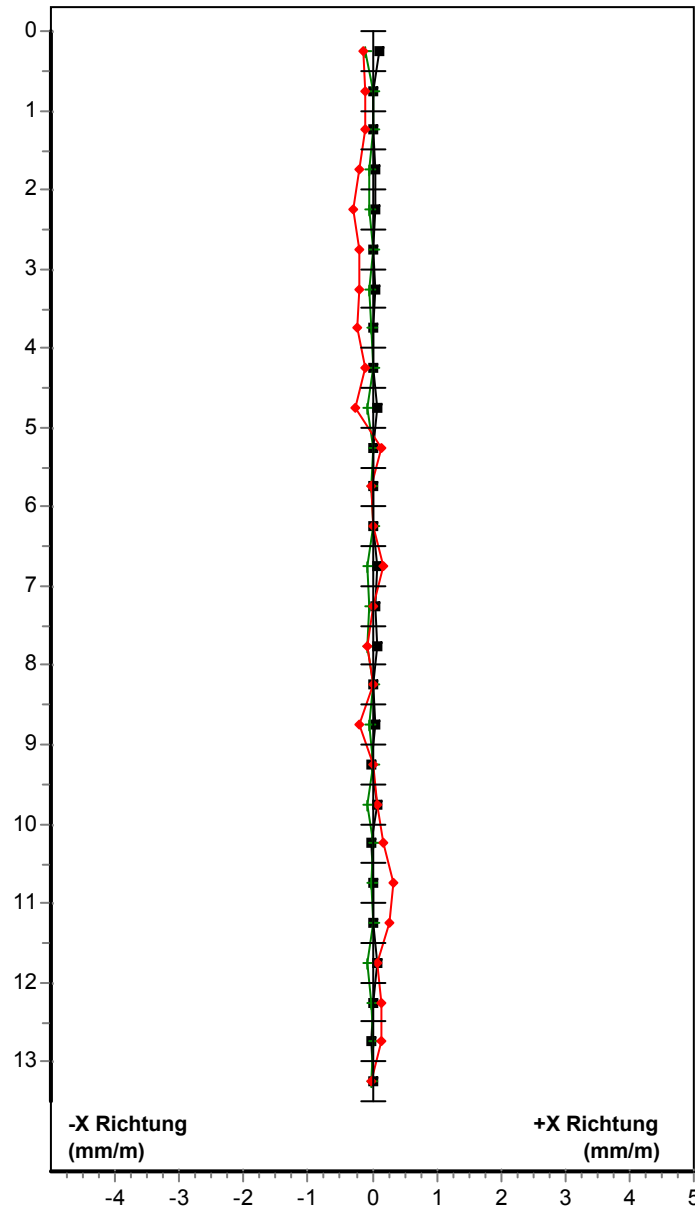
Messung		Datum
1	27 Okt 2020	
2	27 Okt 2020	
3	22 Apr 2021	

* Datum der ersten Messung

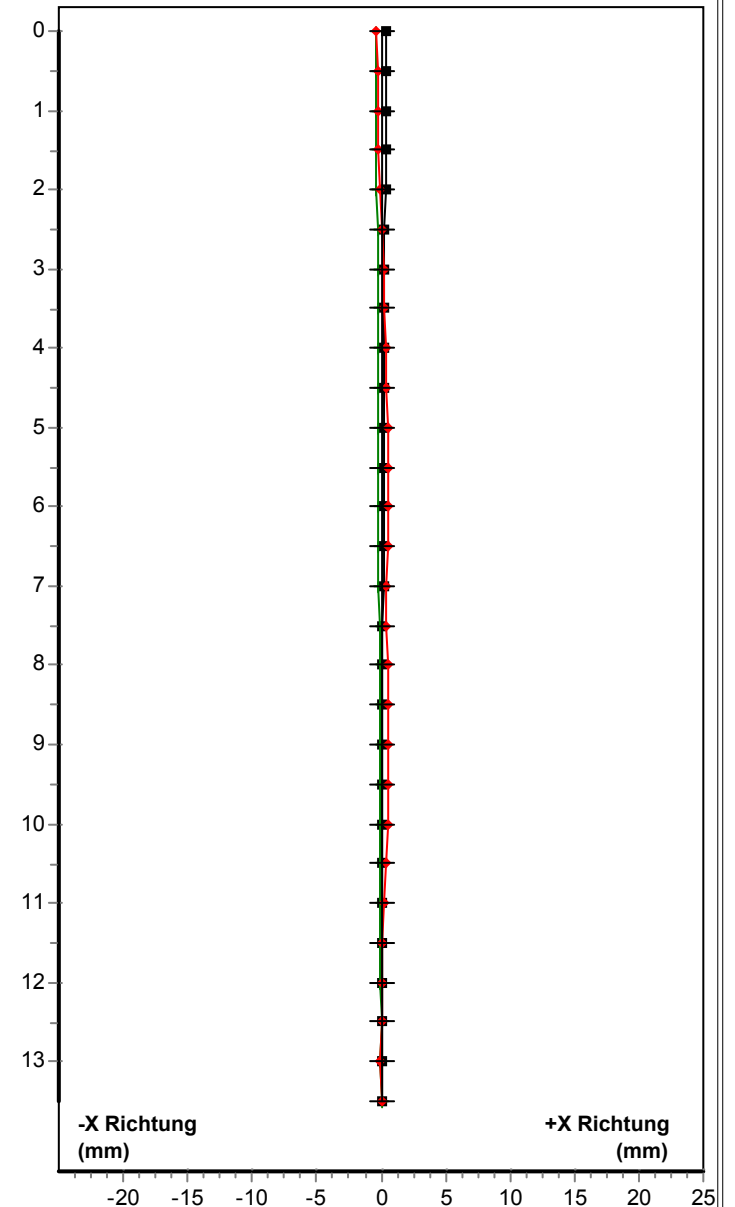
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: B1

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

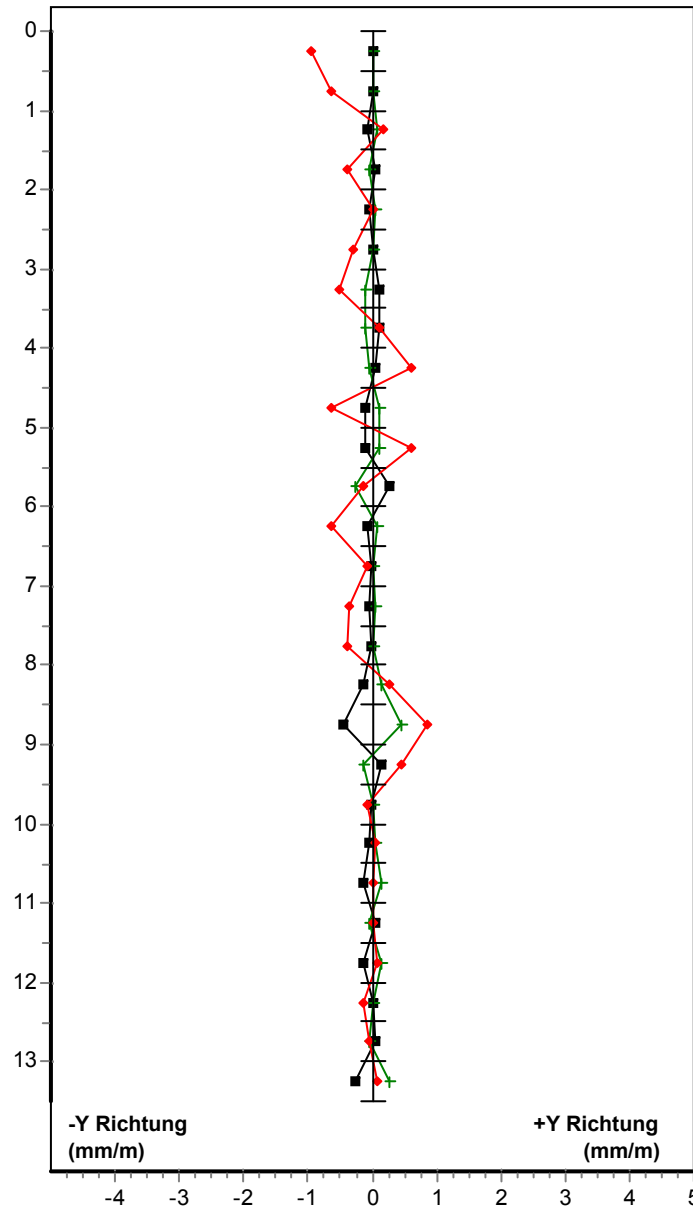
Messung		Datum
■	1	27 Okt 2020
+	2	27 Okt 2020
◆	3	22 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

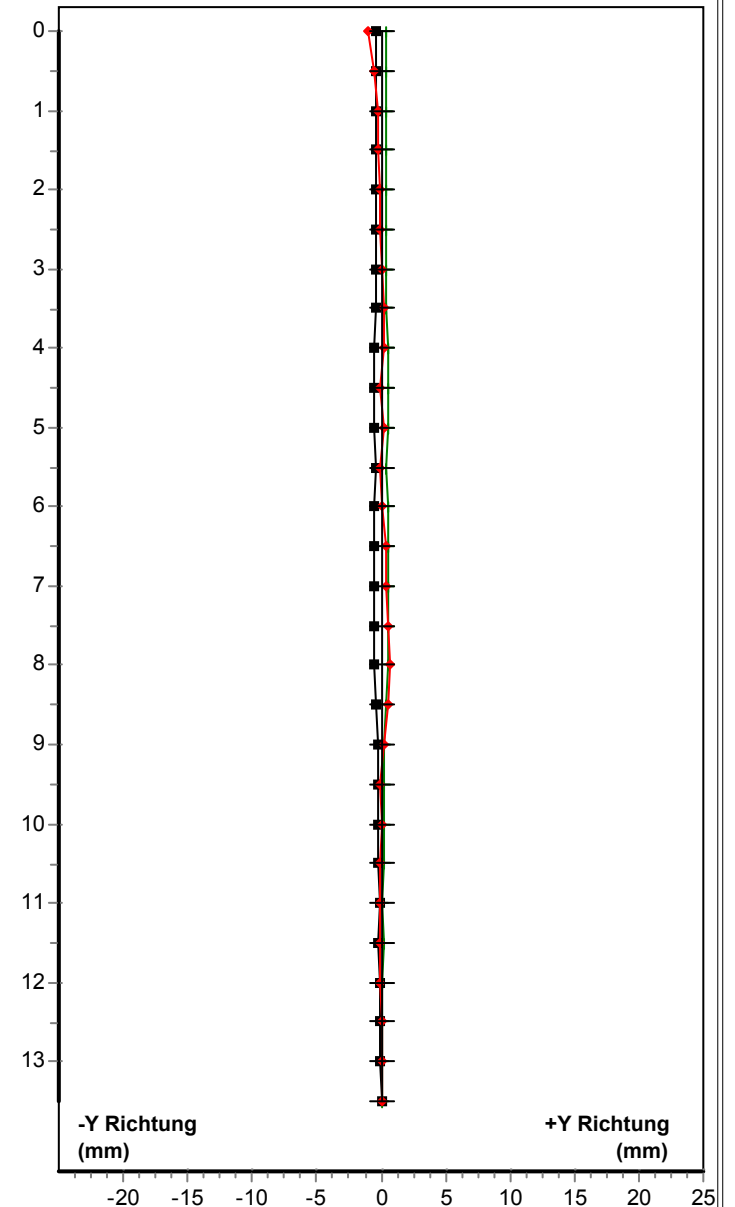
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: B2

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

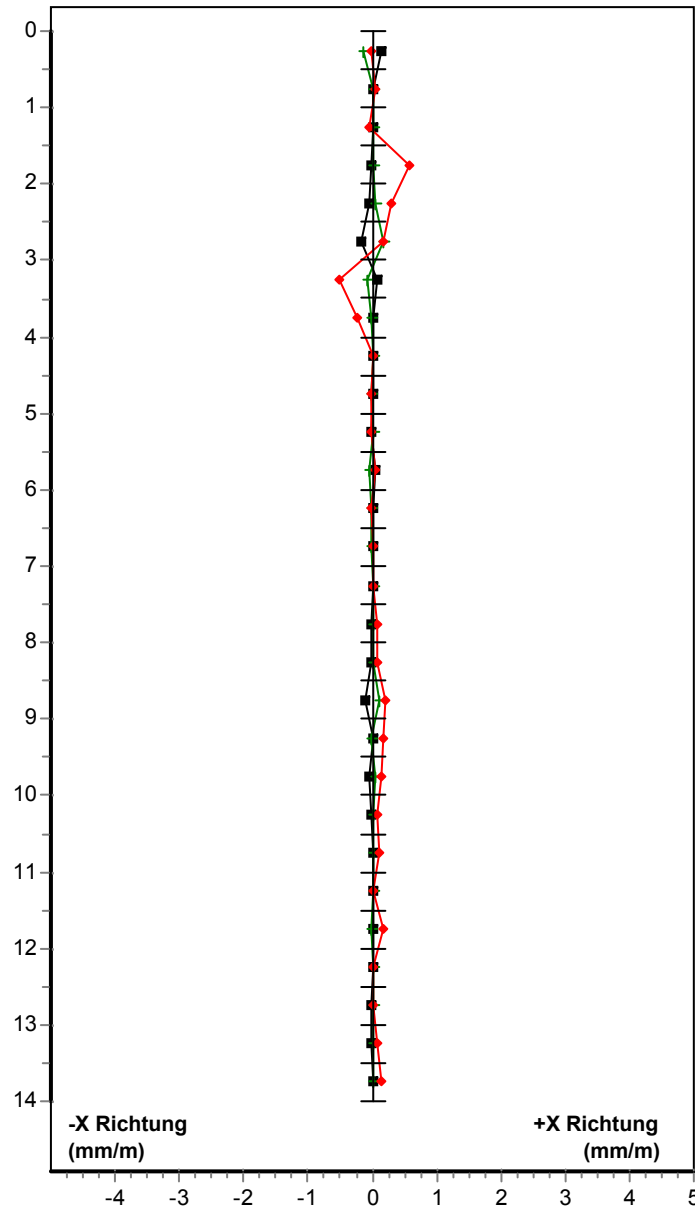
Messung		Datum
—■—	1	27 Okt 2020
—+—	2	27 Okt 2020
—◆—	3	22 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

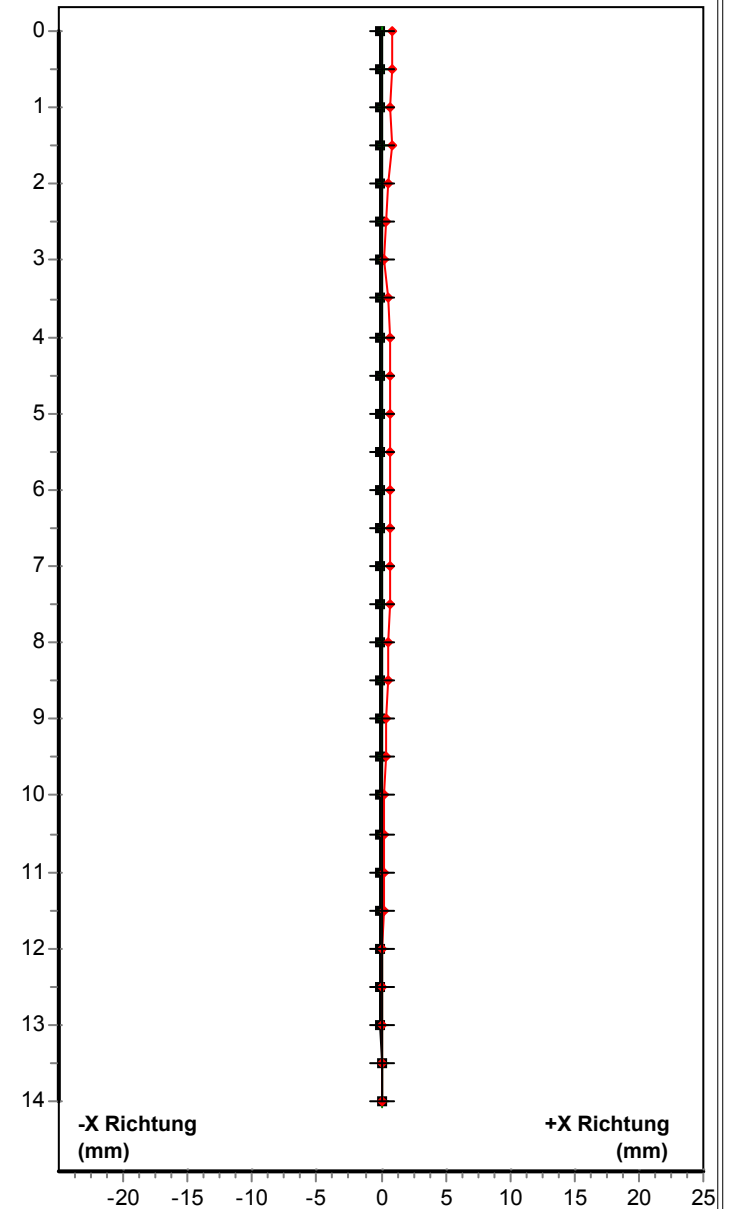
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: B2

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

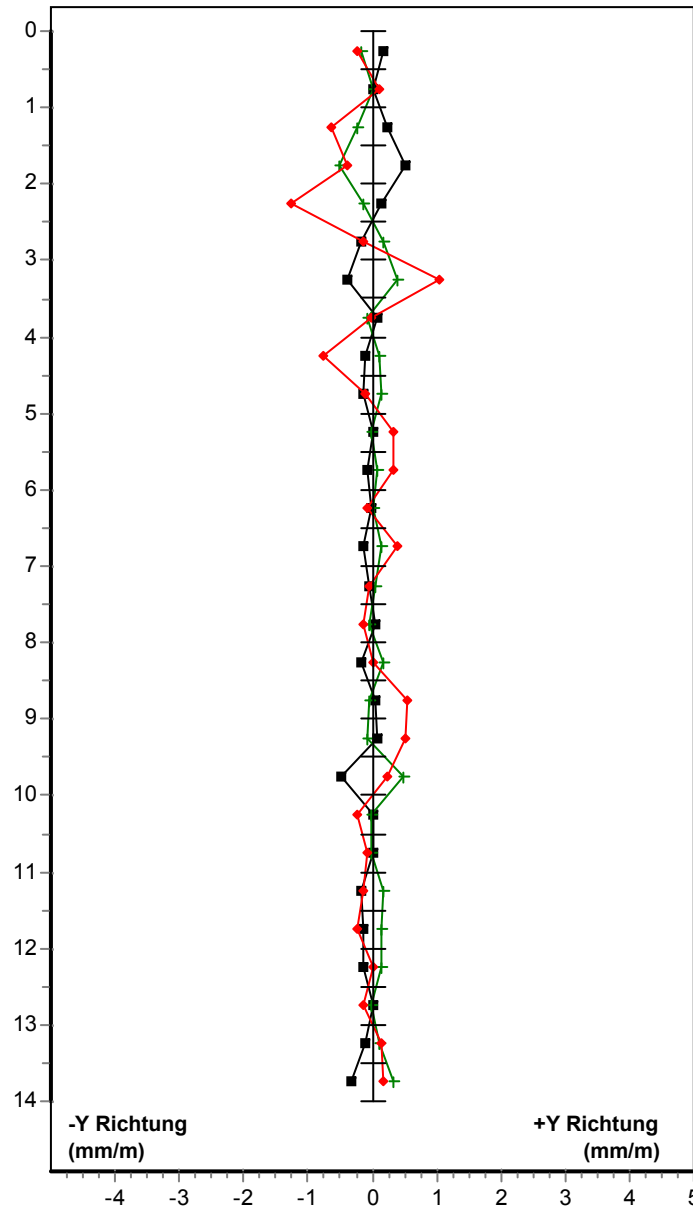
Messung		Datum
—■—	1	27 Okt 2020
—+—	2	27 Okt 2020
—◆—	3	22 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

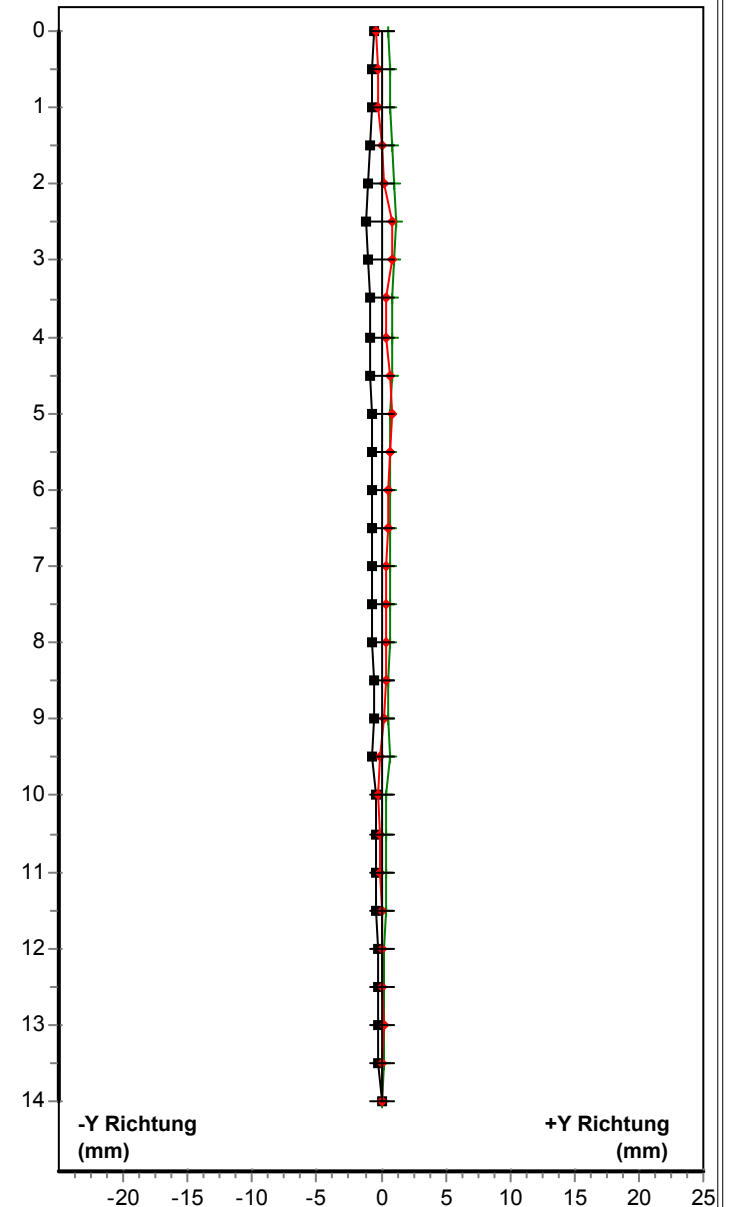
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: B3

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

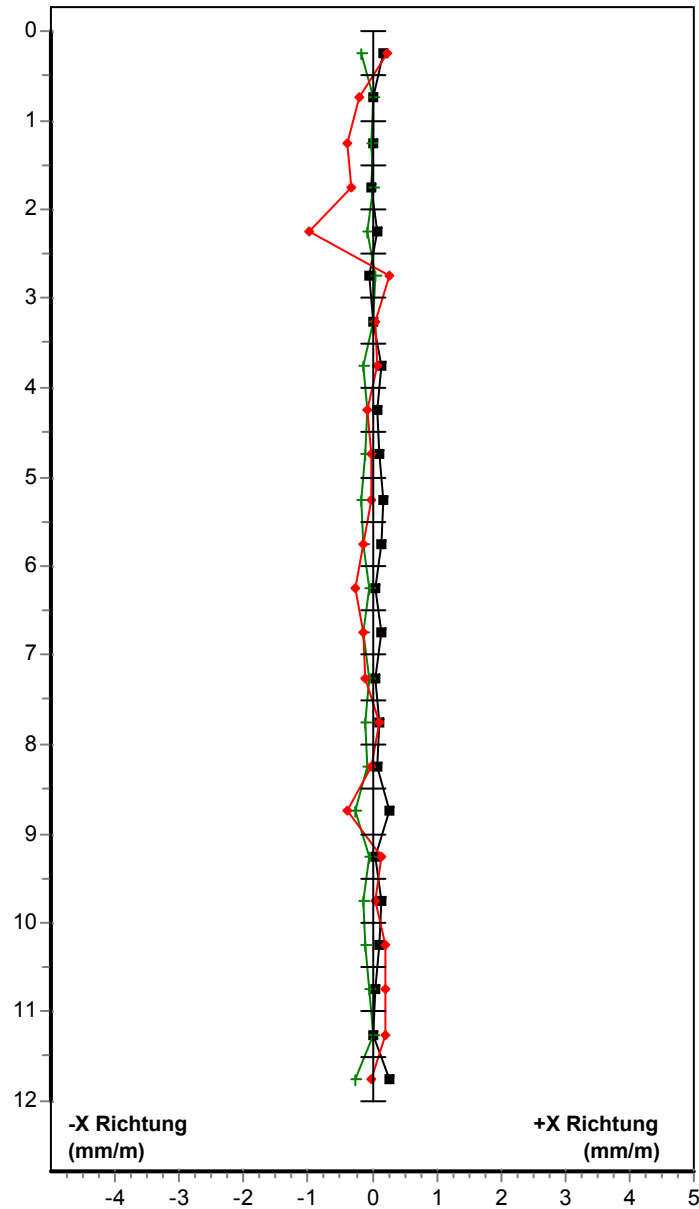
Messung		Datum
■	1	27 Okt 2020
+	2	27 Okt 2020
◆	3	22 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

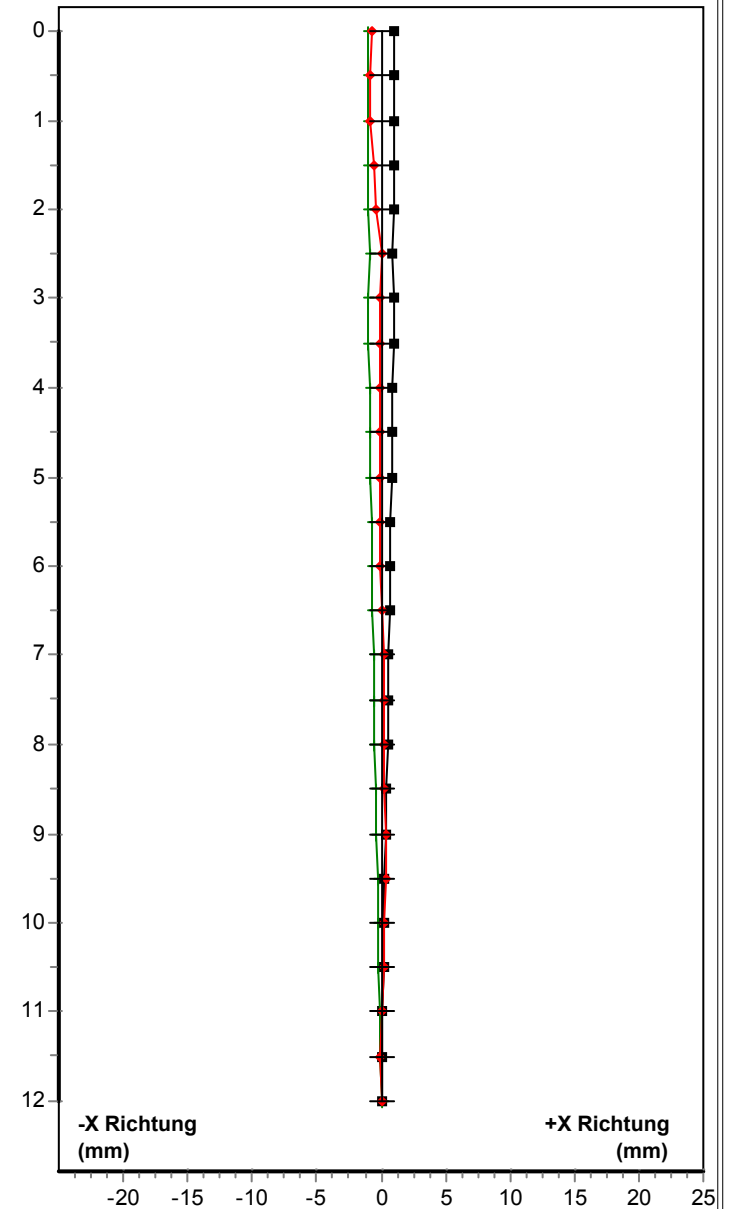
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: B3

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

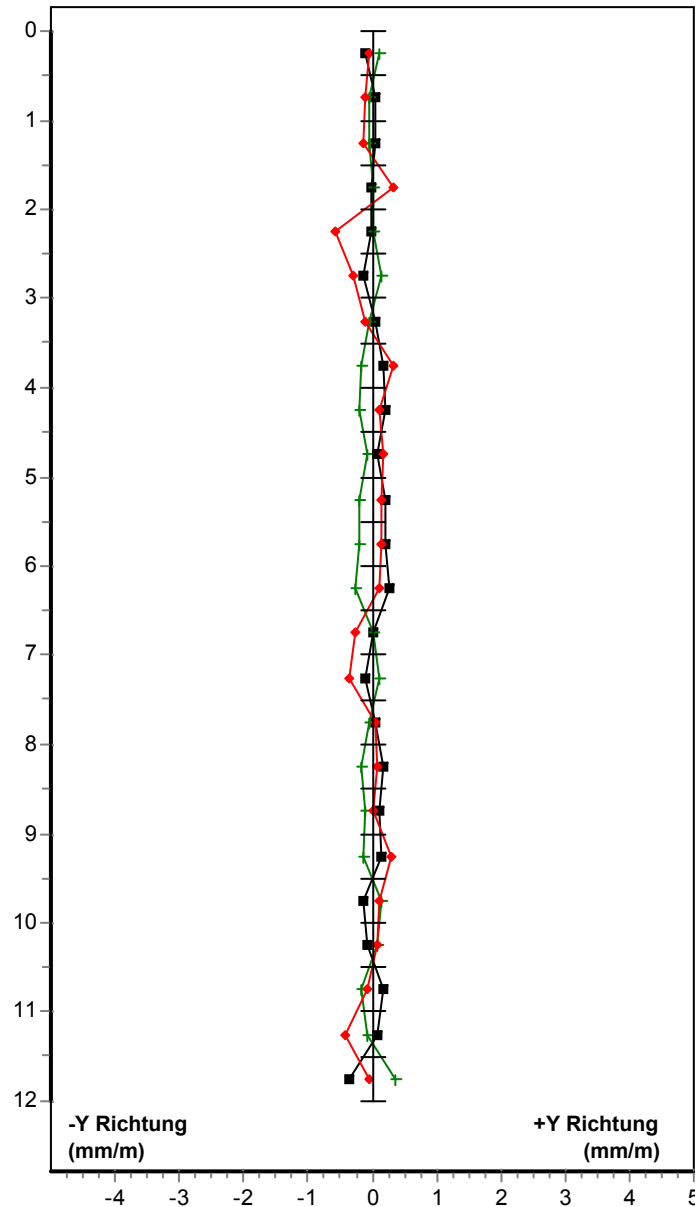
Messung		Datum
—■—	1	27 Okt 2020
—+—	2	27 Okt 2020
—◆—	3	22 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

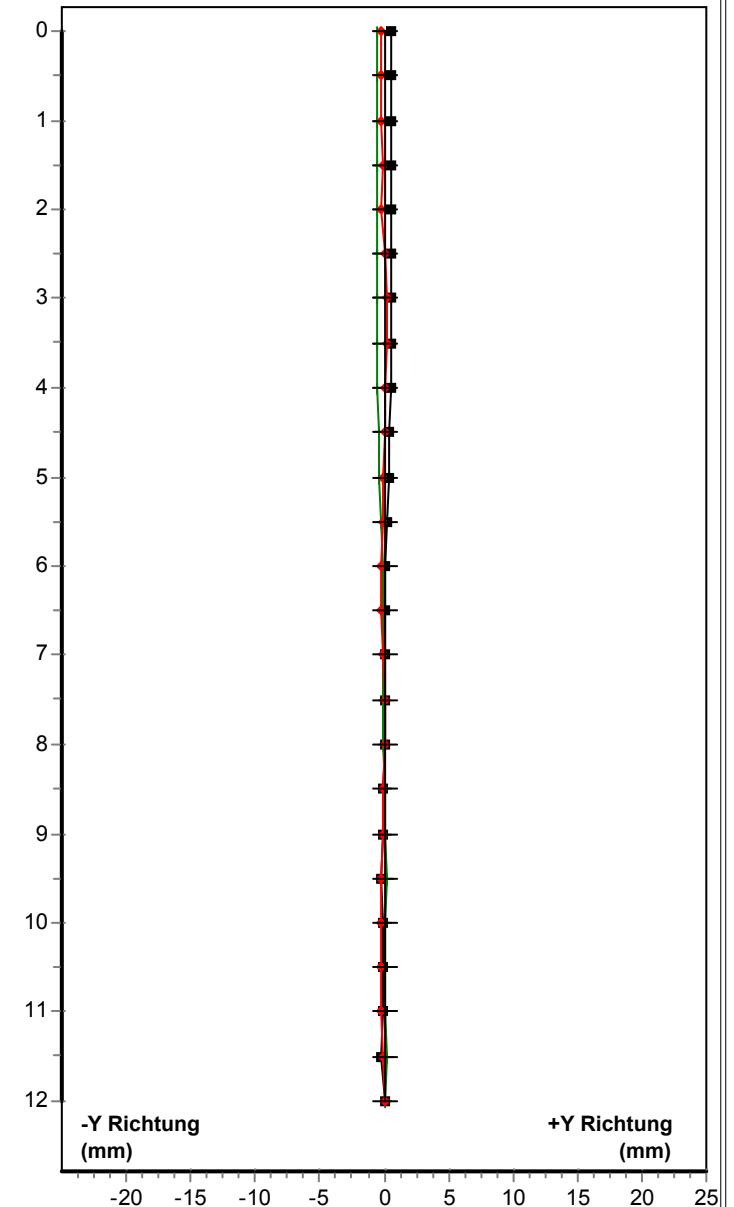
BEMERKUNGEN:

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Switzerland
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794 Damm Böckten
MESSLINIE: B1

BEZUGSMESSUNG:

1 : 08 Feb 1994

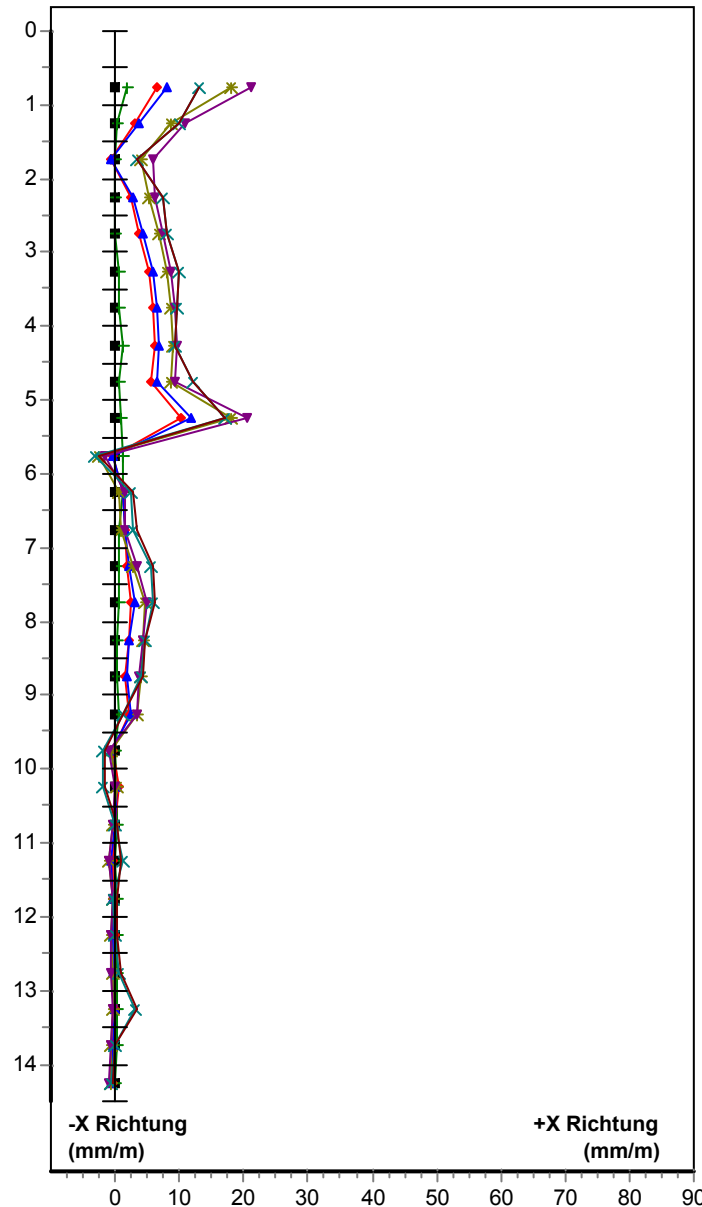
Messung		Datum
1	08 Feb 1994	
8	12 Mai 1998	
2	22 Jun 2006	
3	19 Jun 2008	
4	21 Aug 2015	
5	09 Jun 2020	
6	27 Okt 2020	
7	22 Apr 2021	

BEMERKUNGEN:

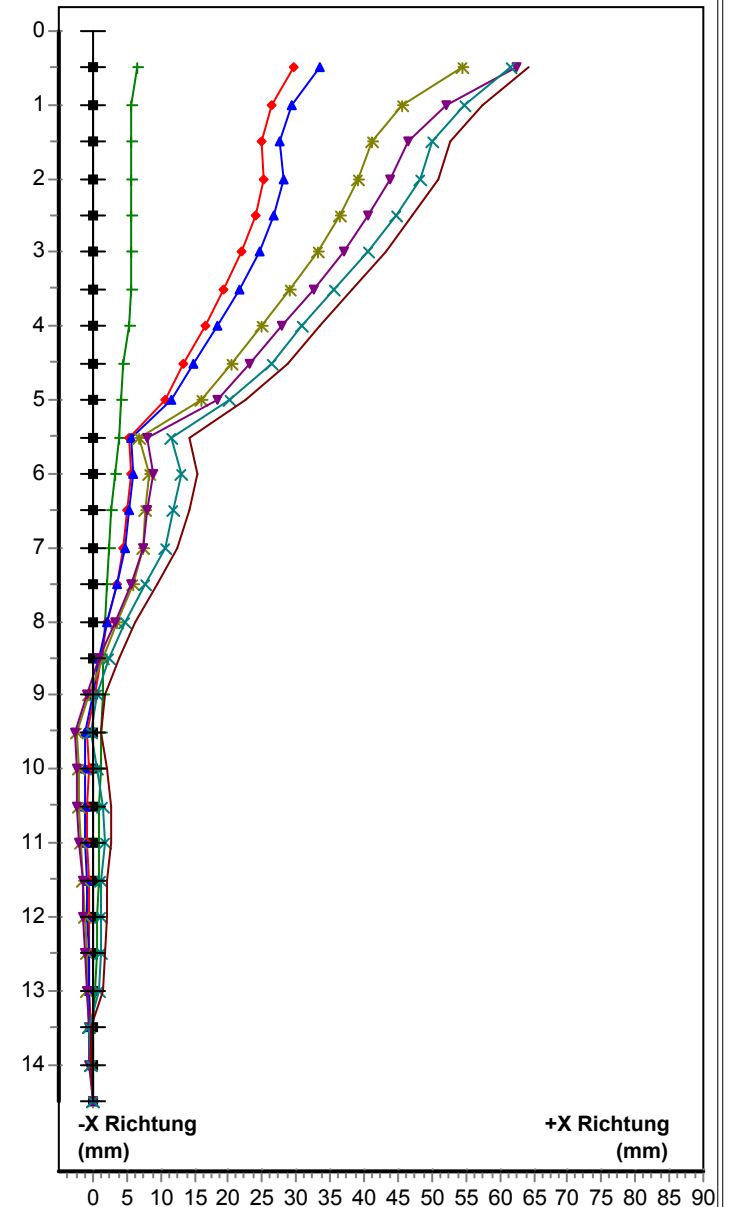
Erstmessung/Nullmessung/Bezugsmessung
(K&S) 1994
FM1998: Konvertierungsnachtrag, daher
Pos.8

Geotechnisches Institut AG
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel
Schweiz
Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794 Damm Böckten

MESSLINIE: B1

BEZUGSMESSUNG:

1 : 08 Feb 1994

Messung		Datum
■	1	08 Feb 1994
+	8	12 Mai 1998
◆	2	22 Jun 2006
▲	3	19 Jun 2008
✱	4	21 Aug 2015
▼	5	09 Jun 2020
✕	6	27 Okt 2020
—	7	22 Apr 2021

BEMERKUNGEN:

Erstmessung/Nullmessung/Bezugsmessung
(K&S) 1994
FM1998: Konvertierungsnachtrag, daher
Pos.8

Geotechnisches Institut AG

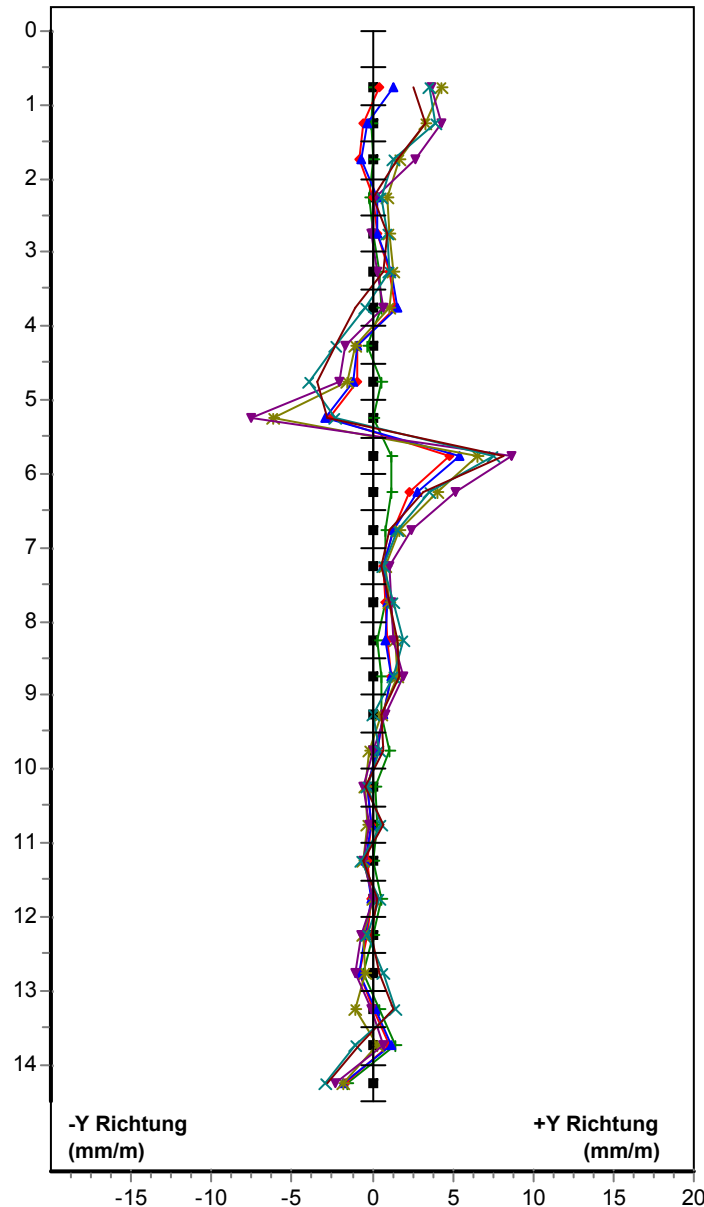
Pfeffingerstrasse 41

4053 Basel

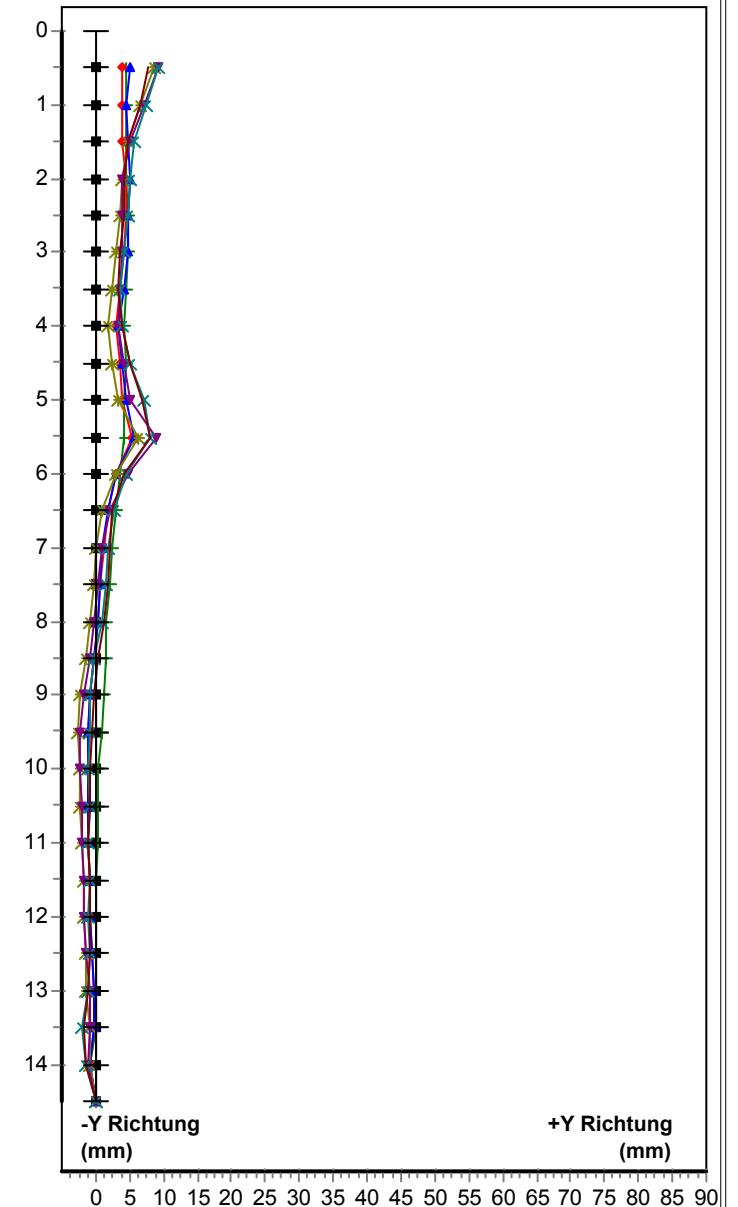
Schweiz

Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794 Damm Böckten

MESSLINIE: B2

BEZUGSMESSUNG:

1 : 23 Aug 1994

Messung		Datum
1	23 Aug 1994	
8	11 Mai 1998	
2	22 Jun 2006	
4	21 Aug 2015	
5	27 Okt 2020	
6	27 Okt 2020	
7	22 Apr 2021	

BEMERKUNGEN:

Erstmessung/Nullmessung/Bezugsmessung (K&S) 1994
FM1998: Konvertierungsnachtrag, daher Pos.8
FM2008: unkonstante Messwerte von K&S

Geotechnisches Institut AG

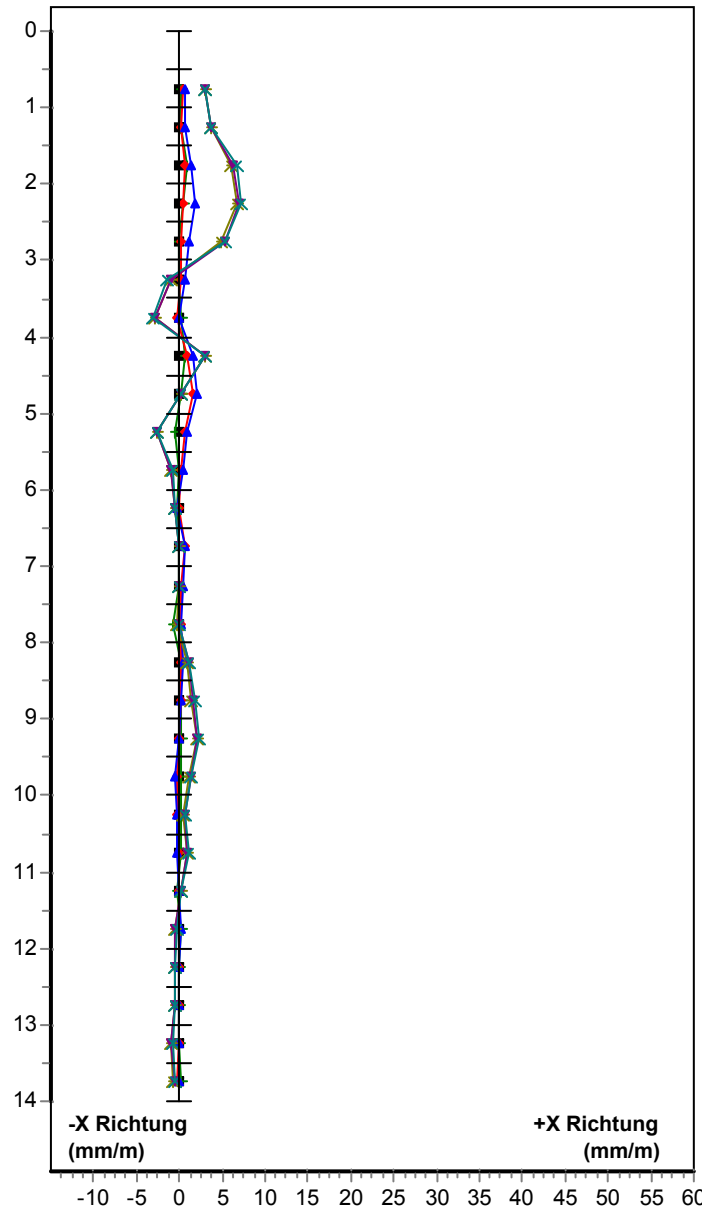
Pfeffingerstrasse 41

4053 Basel

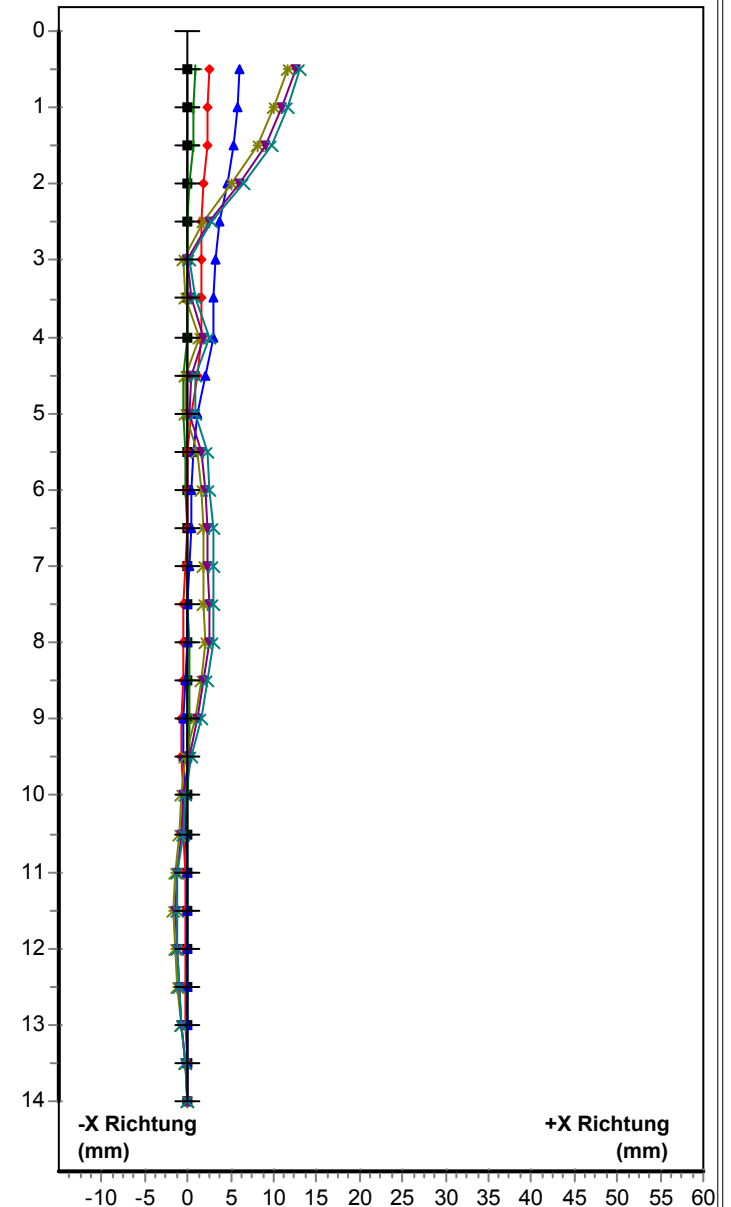
Schweiz

Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794 Damm Böckten

MESSLINIE: B2

BEZUGSMESSUNG:

1 : 23 Aug 1994

Messung		Datum
■	1	23 Aug 1994
+	8	11 Mai 1998
◆	2	22 Jun 2006
▲	4	21 Aug 2015
*	5	27 Okt 2020
▼	6	27 Okt 2020
×	7	22 Apr 2021

BEMERKUNGEN:

Erstmessung/Nullmessung/Bezugsmessung
(K&S) 1994
FM1998: Konvertierungsnachtrag, daher
Pos.8
FM2008: unkonstante Messwerte von K&S

Geotechnisches Institut AG

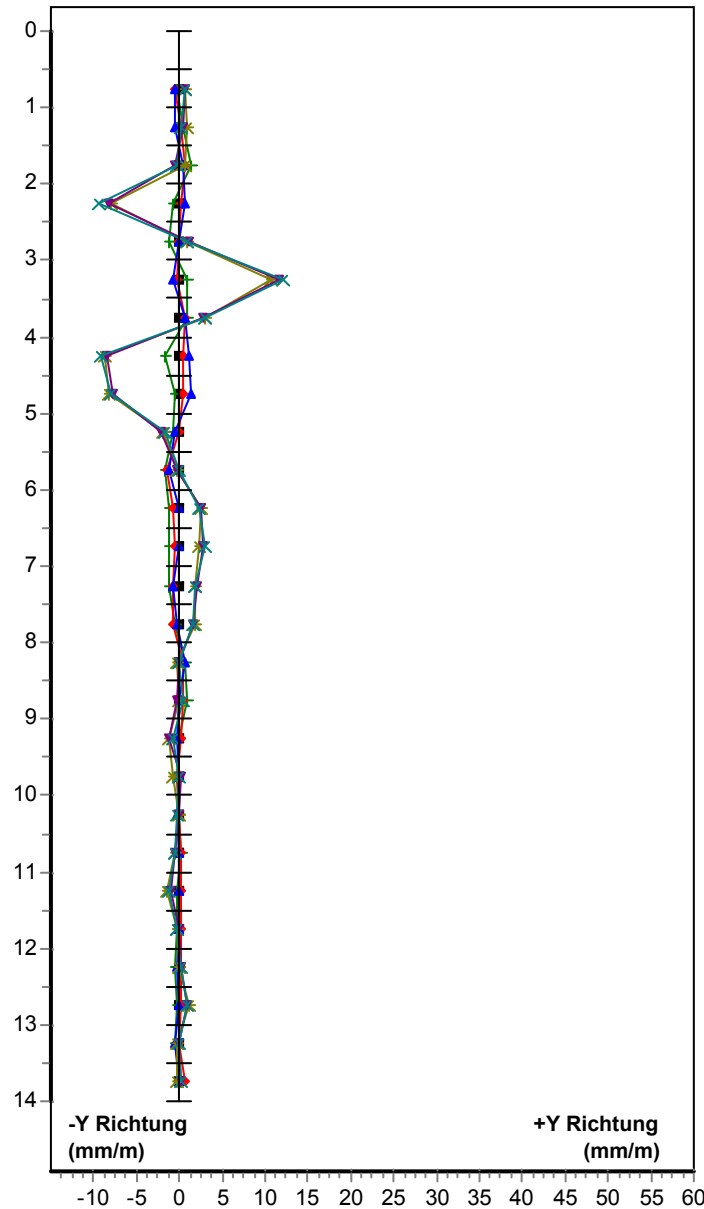
Pfeffingerstrasse 41

4053 Basel

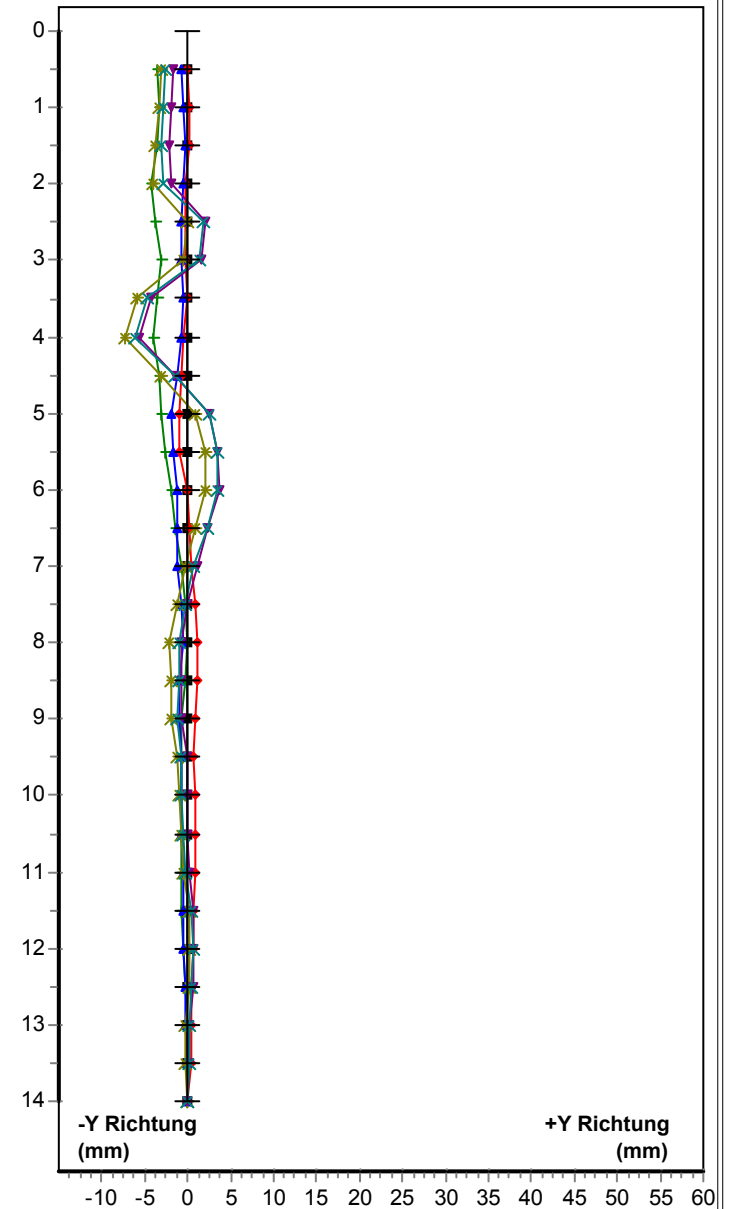
Schweiz

Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794 Damm Böckten

MESSLINIE: B3

BEZUGSMESSUNG:

1 : 23 Aug 1994

Messung		Datum
1	23 Aug 1994	
8	12 Mai 1998	
2	22 Jun 2006	
3	19 Jun 2008	
4	21 Aug 2015	
5	27 Okt 2020	
6	27 Okt 2020	
7	22 Apr 2021	

BEMERKUNGEN:

Erstmessung/Nullmessung/Bezugsmessung
(K&S) 1994
FM1998: Konvertierungsnachtrag, daher
Pos.8

Geotechnisches Institut AG

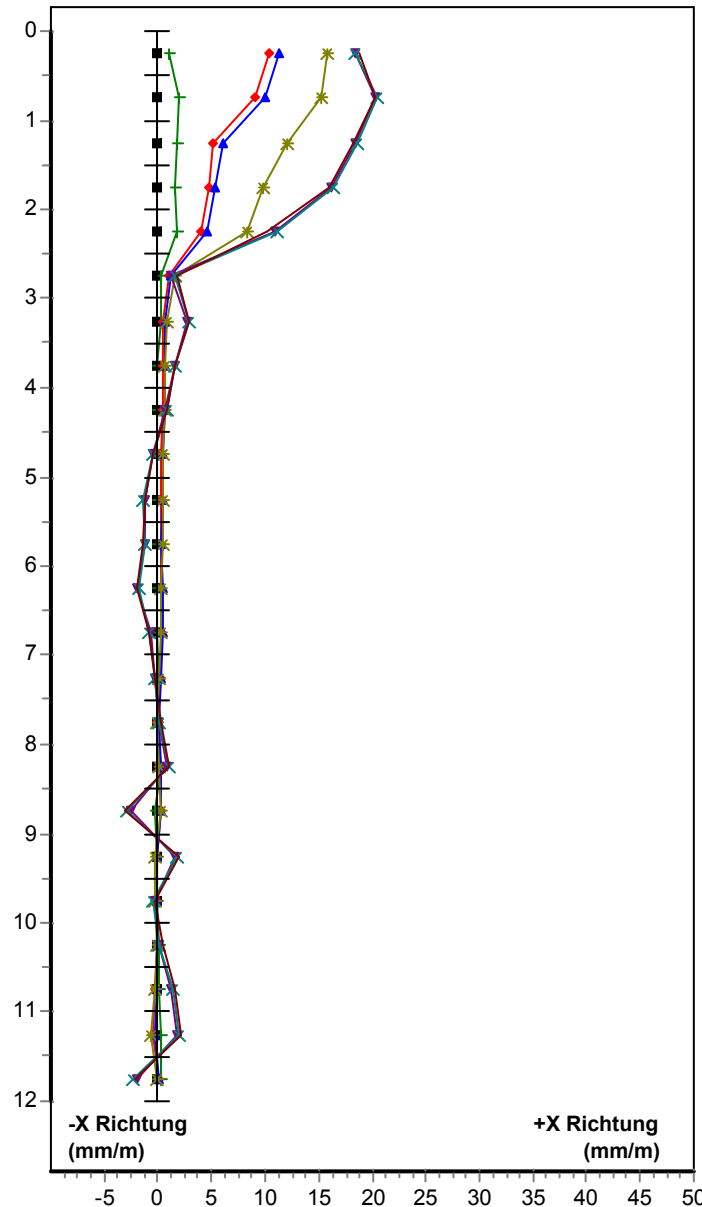
Pfeffingerstrasse 41

4053 Basel

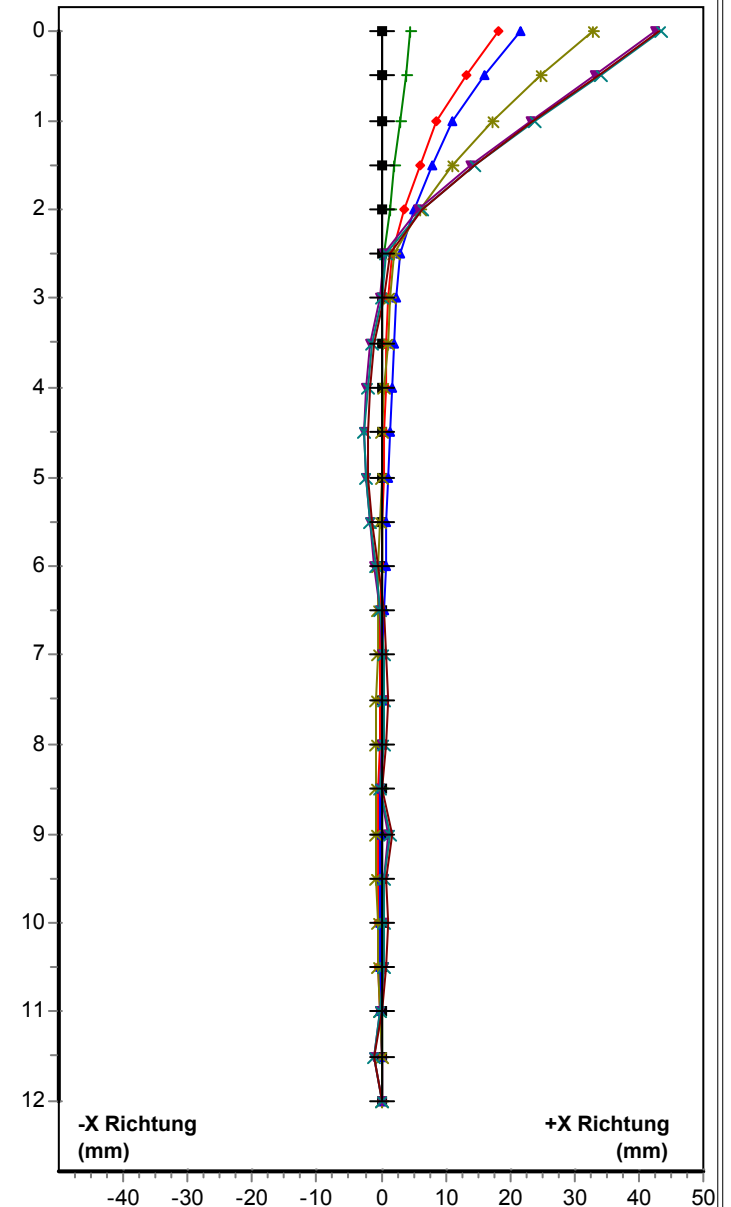
Schweiz

Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-X



INTEGRIERTER PLOT V-X



INKLINOMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794 Damm Böckten

MESSLINIE: B3

BEZUGSMESSUNG:

1 : 23 Aug 1994

Messung		Datum
■	1	23 Aug 1994
+	8	12 Mai 1998
◆	2	22 Jun 2006
▲	3	19 Jun 2008
*	4	21 Aug 2015
▼	5	27 Okt 2020
×	6	27 Okt 2020
—	7	22 Apr 2021

BEMERKUNGEN:

Erstmessung/Nullmessung/Bezugsmessung
(K&S) 1994
FM1998: Konvertierungsnachtrag, daher
Pos.8

Geotechnisches Institut AG

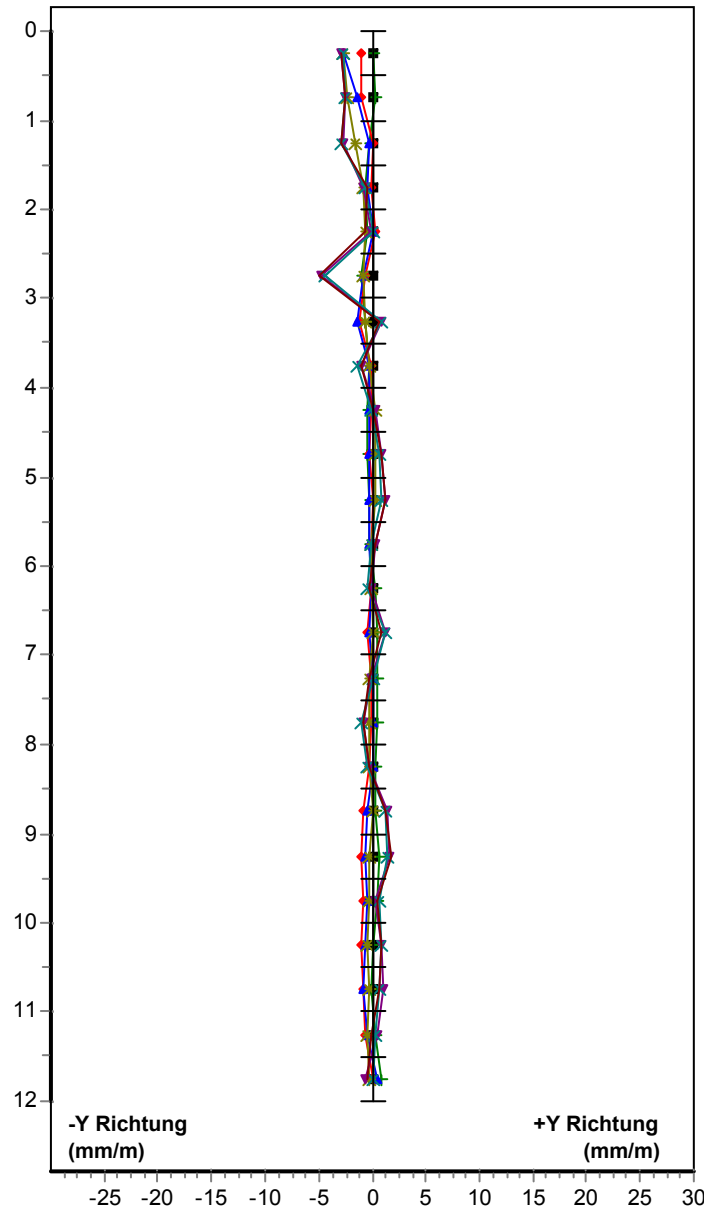
Pfeffingerstrasse 41

4053 Basel

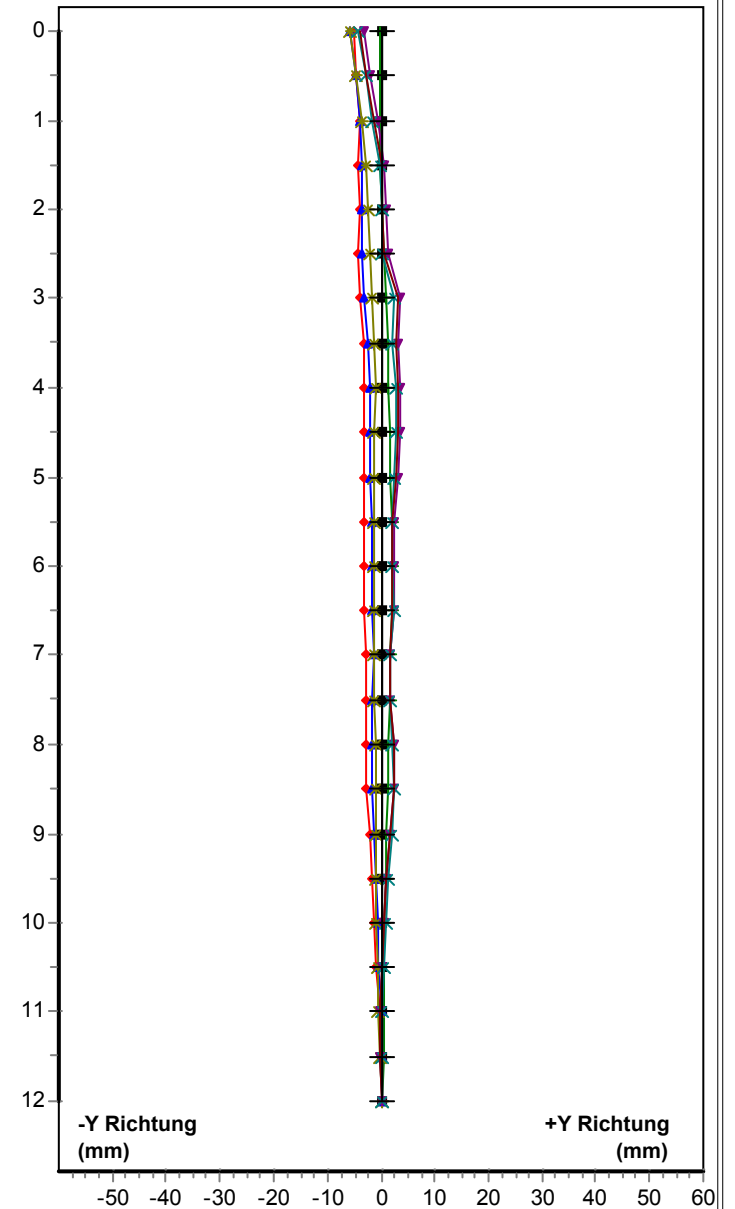
Schweiz

Tel.: 0041 (0)61 365 10 70

DIFFERENTIELLER PLOT D-Y



INTEGRIERTER PLOT V-Y

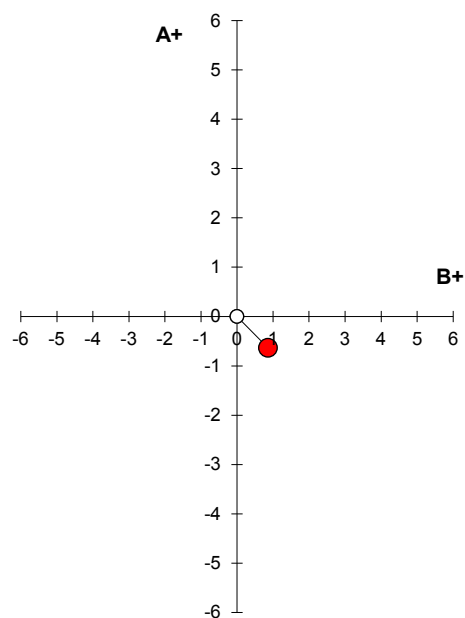


Auswertung Inklinometermessungen

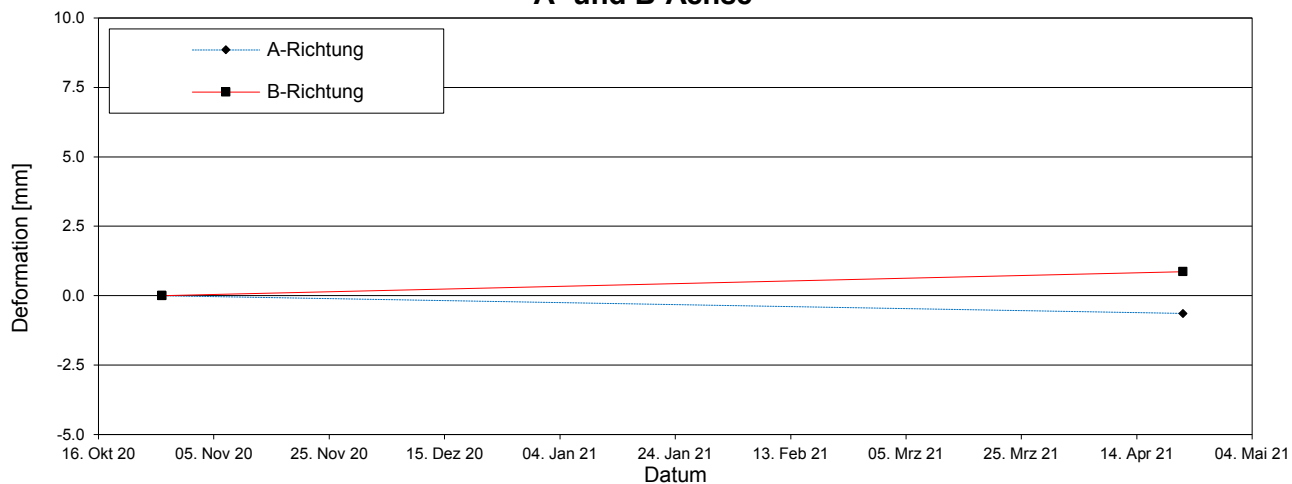
Auftragsnummer: 51.2794.000
Ort: Böckten , Dammweg
Messstelle: 52.R.11

Messung	Datum	A-Richtung	B-Richtung
1	27.10.2020	0.00	0.00
2	27.10.2020	0.00	0.00
3	22.04.2021	-0.64	0.86

Bewegung des Kopfpunktes



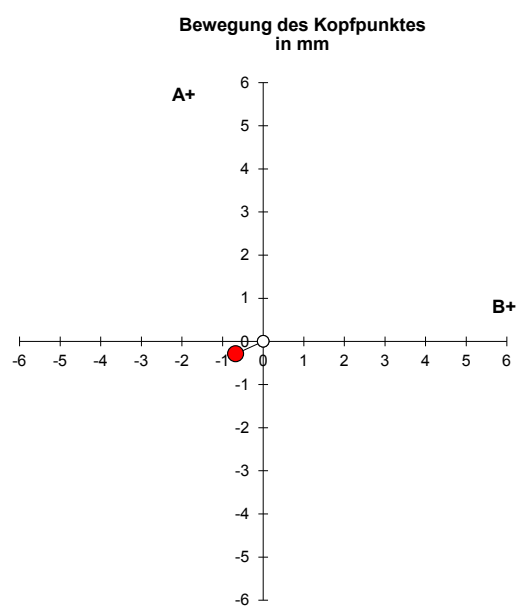
Deformationsverlauf
A- und B-Achse



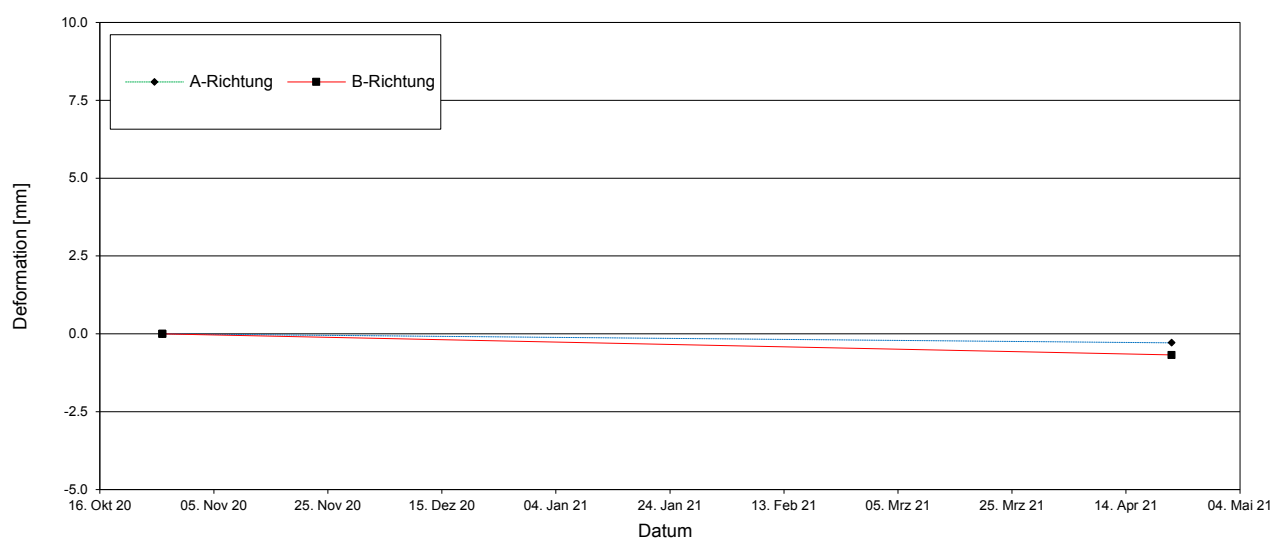
Auswertung Inklinometermessungen

Auftragsnummer: 51.2794.000
Ort: Böckten, Dammweg
Messstelle: 52.R.12

Messung	Datum	A-Richtung	B-Richtung
1	27.10.2020	0.00	0.00
2	27.10.2020	0.00	0.00
3	01.04.2021	-0.29	-0.68



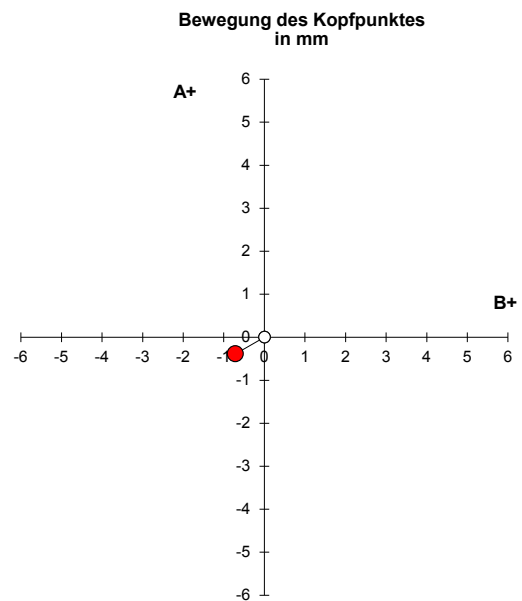
Deformationsverlauf A- und B-Achse



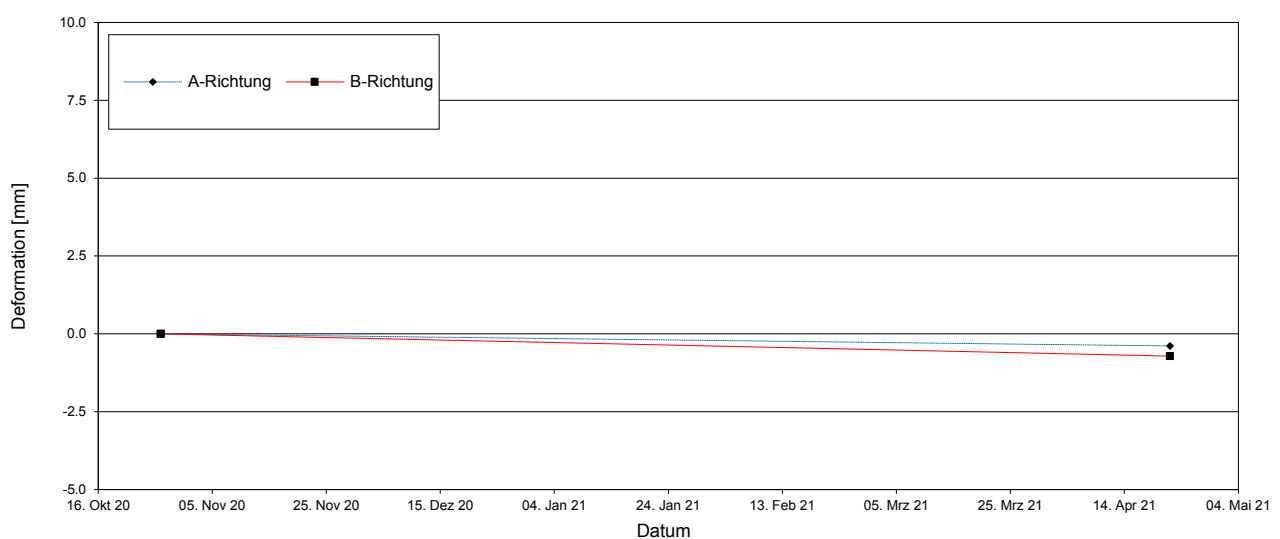
Auswertung Inklinometermessungen

Auftragsnummer: 51.2794.000
Ort: Böckten, Dammweg
Messstelle: 52.R.13

Messung	Datum	A-Richtung	B-Richtung
1	27.10.2020	0.00	0.00
2	27.10.2020	0.00	0.00
3	01.04.2021	-0.39	-0.71



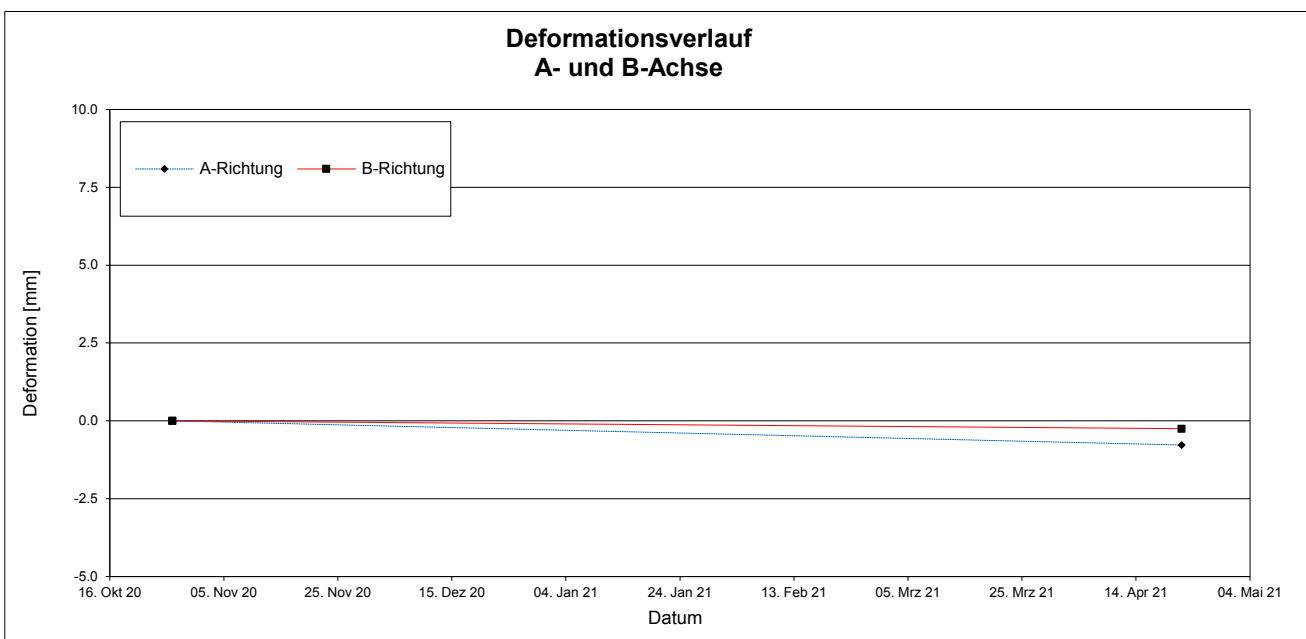
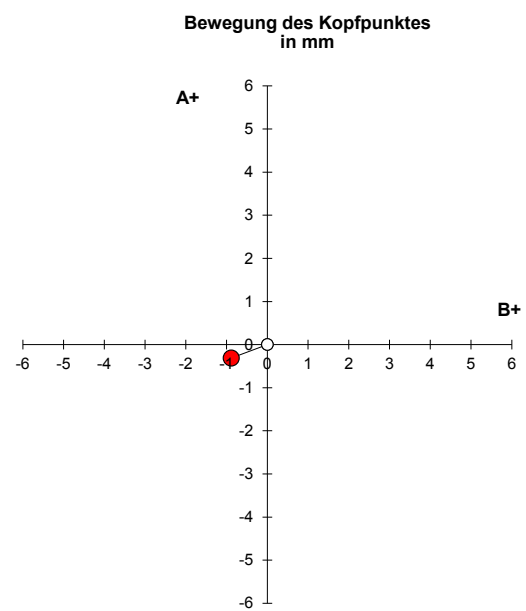
Deformationsverlauf A- und B-Achse



Auswertung Inklinometermessungen

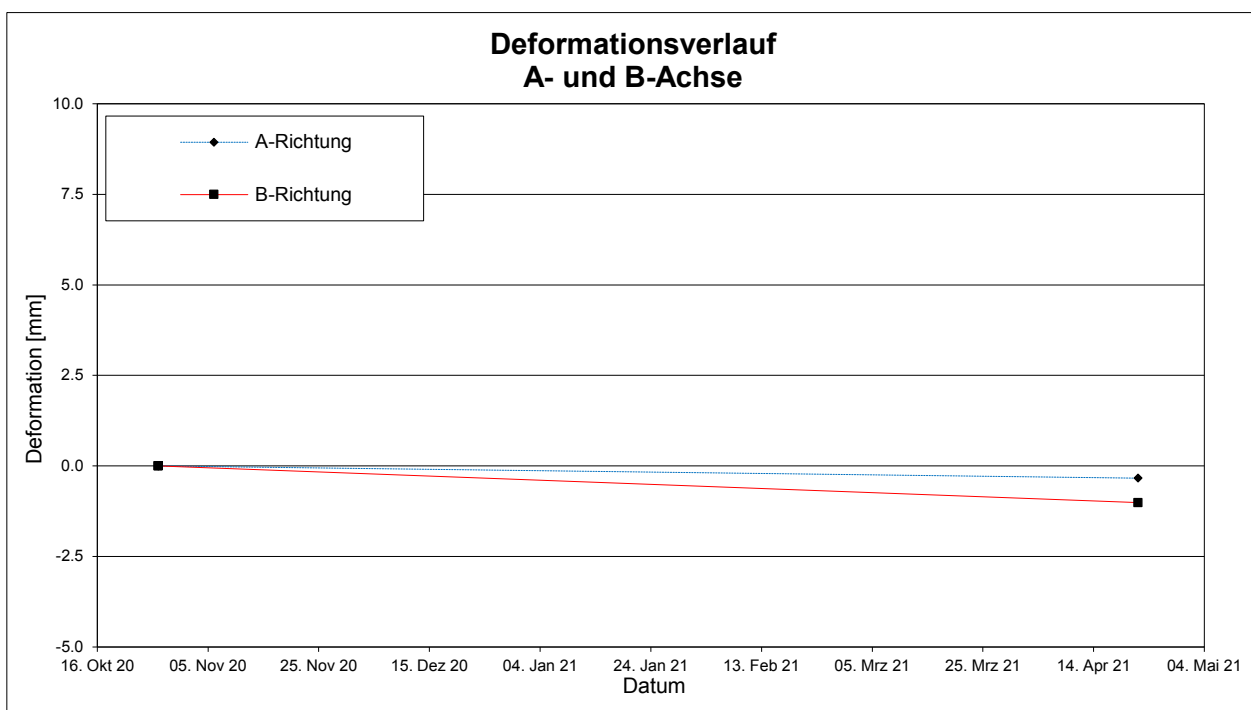
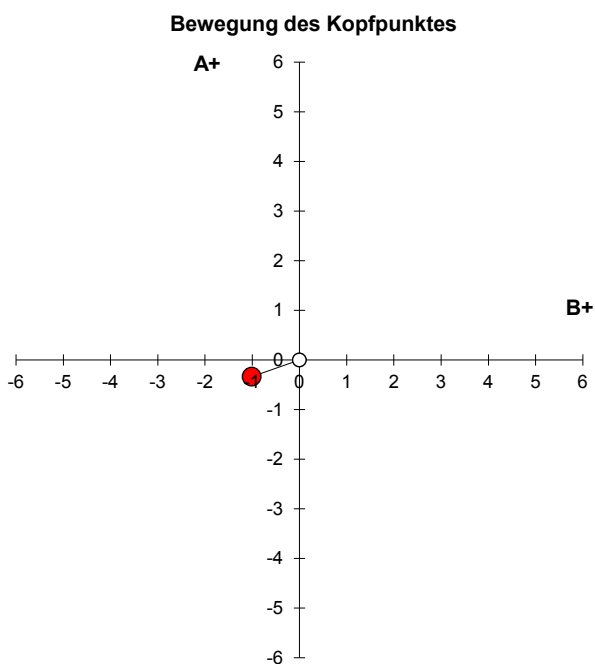
Auftragsnummer: 51.2794.000
Ort: Böckten, Dammweg
Messstelle: 52.R.14

Messung	Datum	A-Richtung	B-Richtung
1	27.10.2020	0.00	0.00
2	27.10.2020	0.00	0.00
3	22.04.2021	-0.31	-0.89



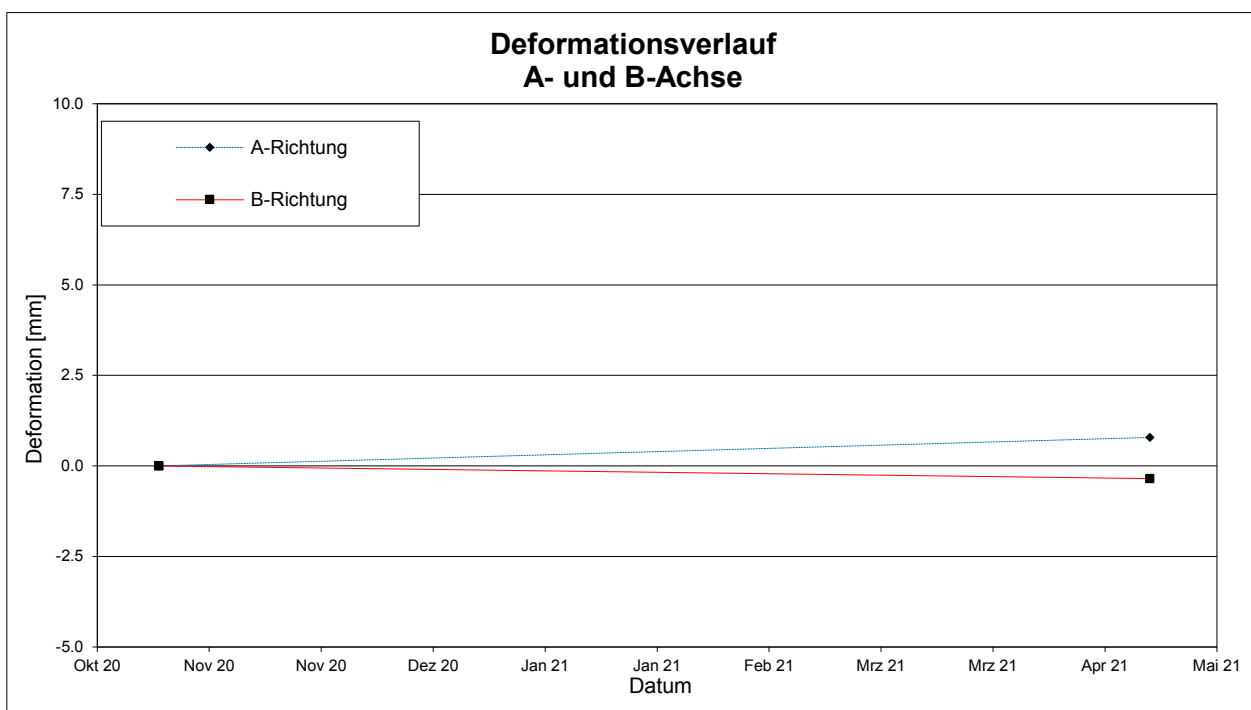
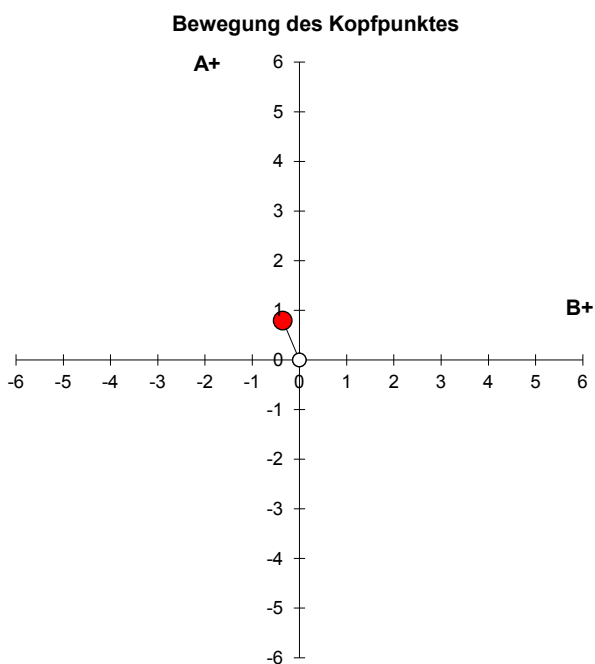
Auftragsnummer: 51.2794.000
Ort: Böckten , Dammweg
Messstelle: SB 1

Messung	Datum	A-Richtung	B-Richtung
1	27.10.2020	0.00	0.00
2	27.10.2020	0.00	0.00
3	22.04.2021	-0.34	-1.01



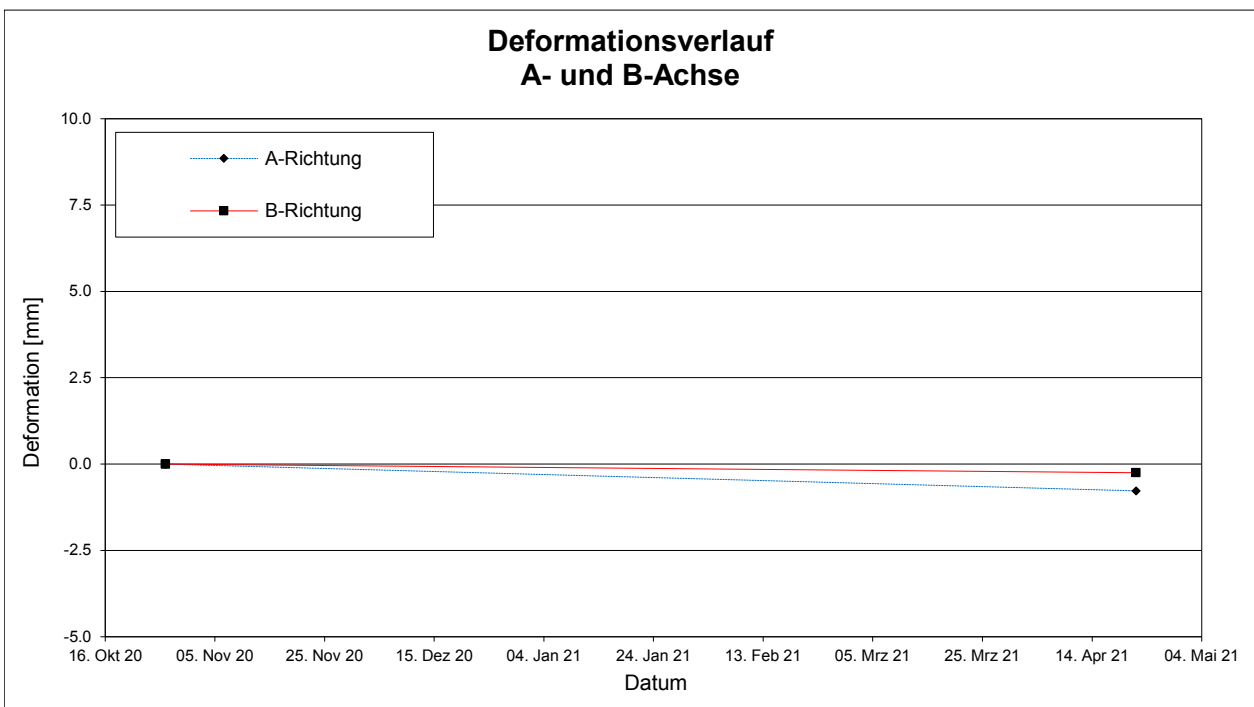
Auftragsnummer: 51.2794.000
Ort: Böckten , Dammweg
Messstelle: SB 2

Messung	Datum	A-Richtung	B-Richtung
1	27.10.2020	0.00	0.00
2	27.10.2020	0.00	0.00
3	22.04.2021	0.79	-0.35



Auftragsnummer: 51.2794.000
Ort: Böckten , Dammweg
Messstelle: SB 3

Das Diagramm zeigt ein 2D-Koordinatensystem zur Darstellung der Bewegung des Kopfpunktes in mm. Die horizontale Achse ist mit **A+** beschriftet und reicht von -6 bis 6. Die vertikale Achse ist mit **B+** beschriftet und reicht von -6 bis 6. Ein roter Punkt ist bei der Position (0, -1) eingezeichnet.



GLEITDEFORMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: 52.R.11

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

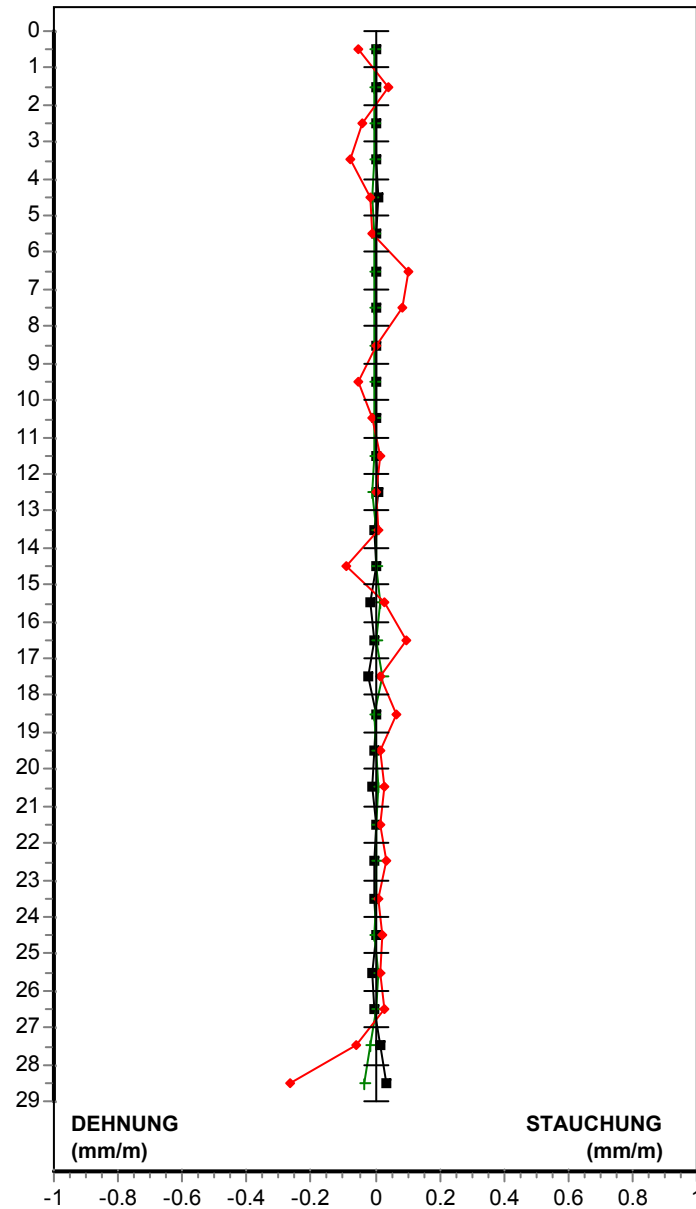
Messung		Datum
■	1	27 Okt 2020
+	2	27 Okt 2020
◆	3	23 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

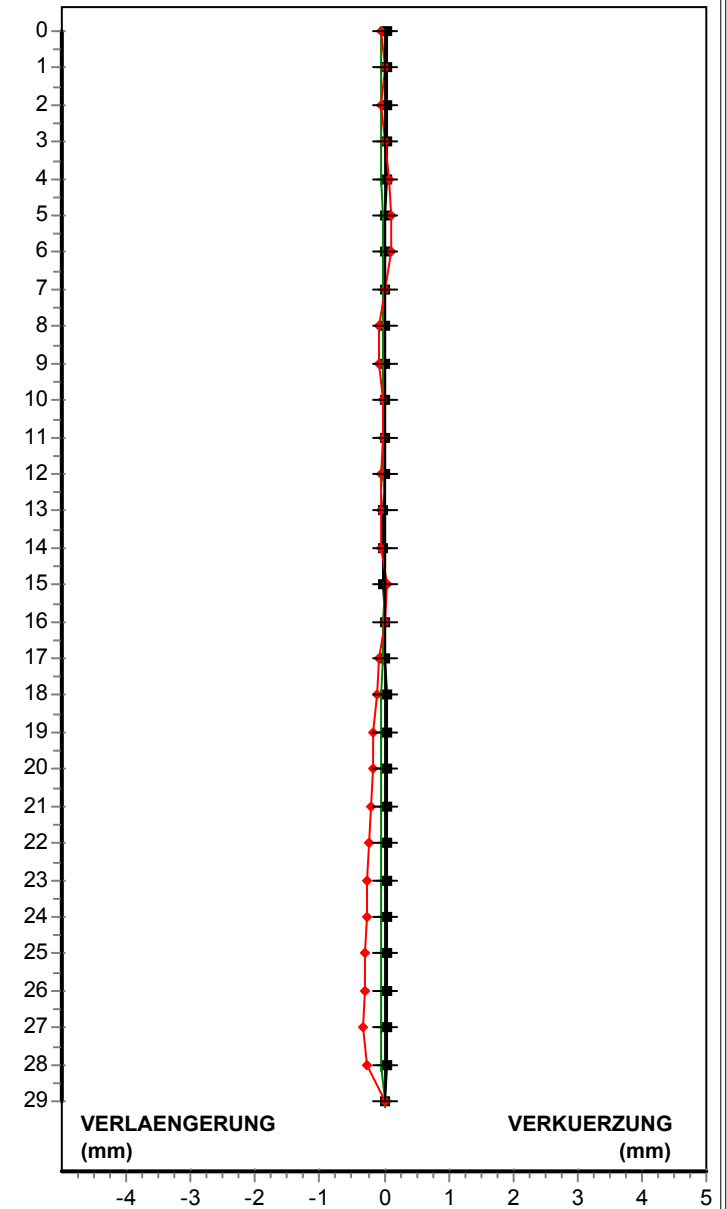
BEMERKUNGEN:

Solexperts AG
Mettlenbachstrasse 25
8617 Mönchaltorf
Schweiz
Tel. 0041 (0)44 806 29 29

DIFFERENTIELLER PLOT D-Z



INTEGRIERTER PLOT V-Z



GLEITDEFORMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794

MESSLINIE: 52.R.12 gd

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 21 Okt 2020 *

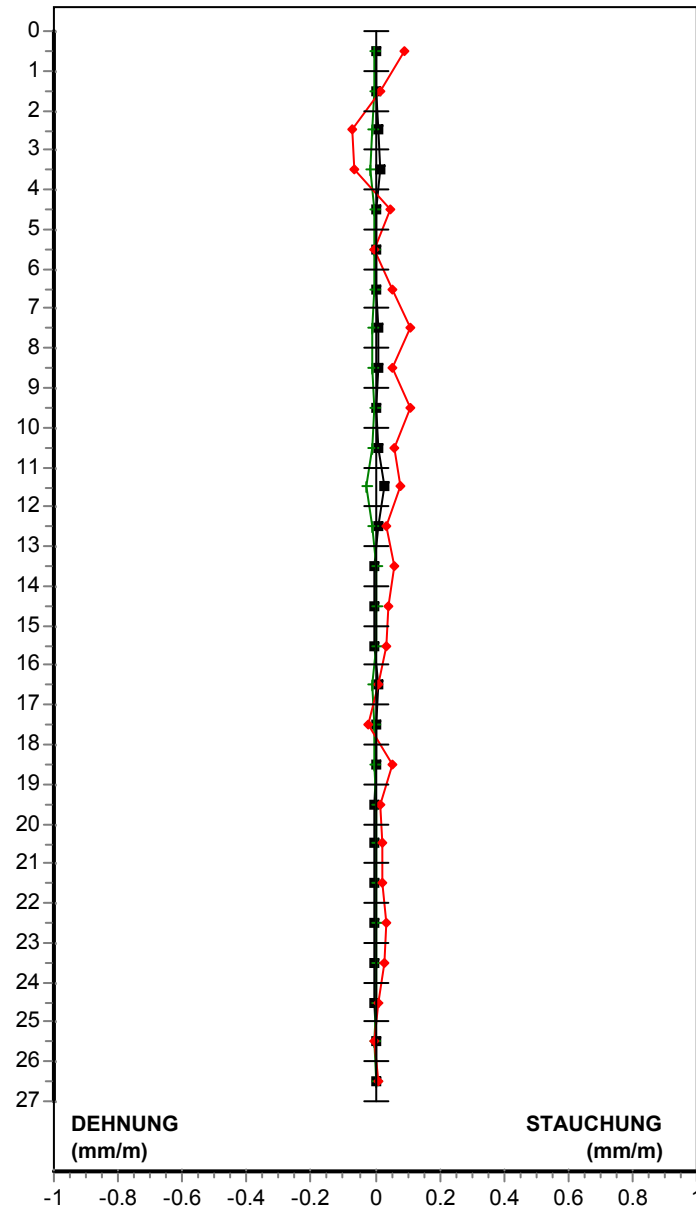
Messung		Datum
—■—	1	21 Okt 2020
—+—	2	21 Okt 2020
—◆—	3	01 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

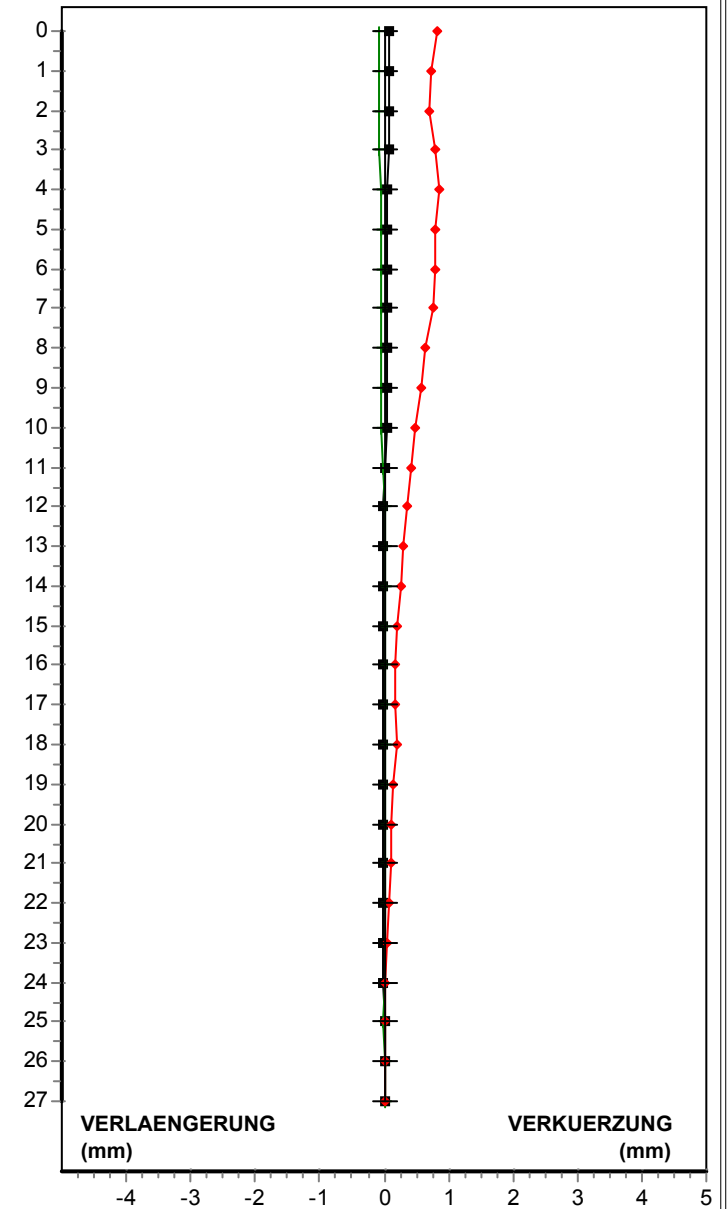
BEMERKUNGEN:

Solexperts AG
Mettlenbachstrasse 25
8617 Mönchaltorf
Schweiz
Tel. 0041 (0)44 806 29 29

DIFFERENTIELLER PLOT D-Z



INTEGRIERTER PLOT V-Z



GLEITDEFORMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794

MESSLINIE: 52.R.13 gd

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 21 Okt 2020 *

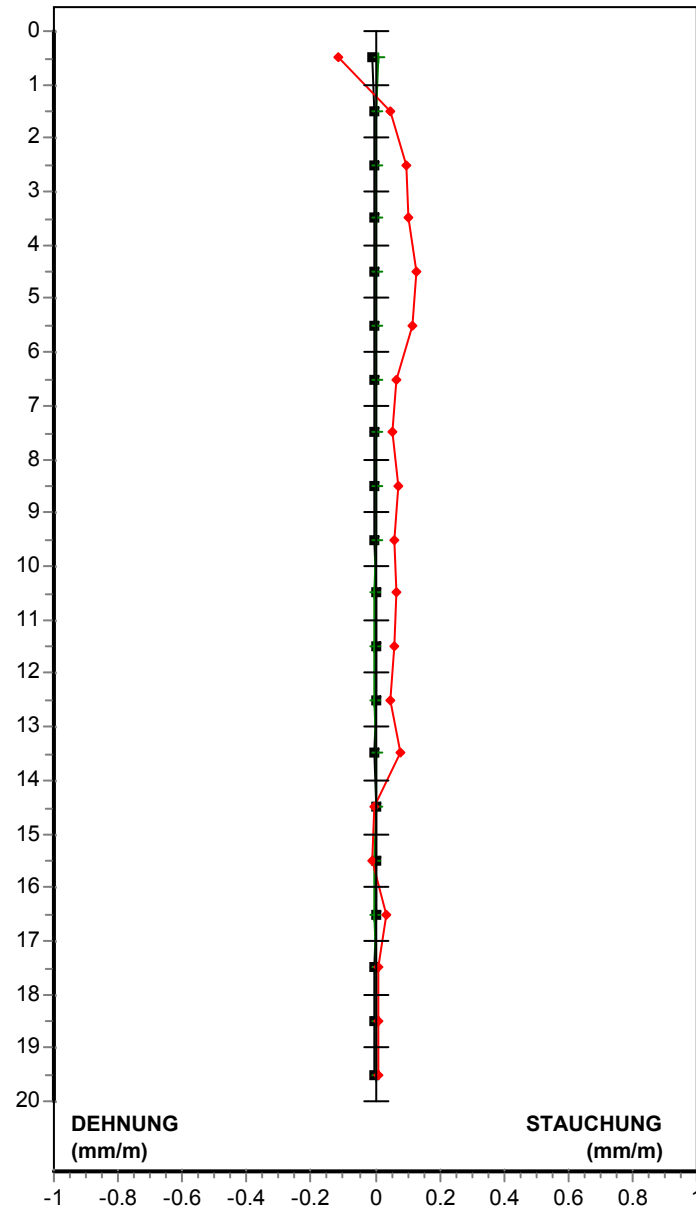
Messung		Datum
■	1	21 Okt 2020
+	2	21 Okt 2020
◆	3	01 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

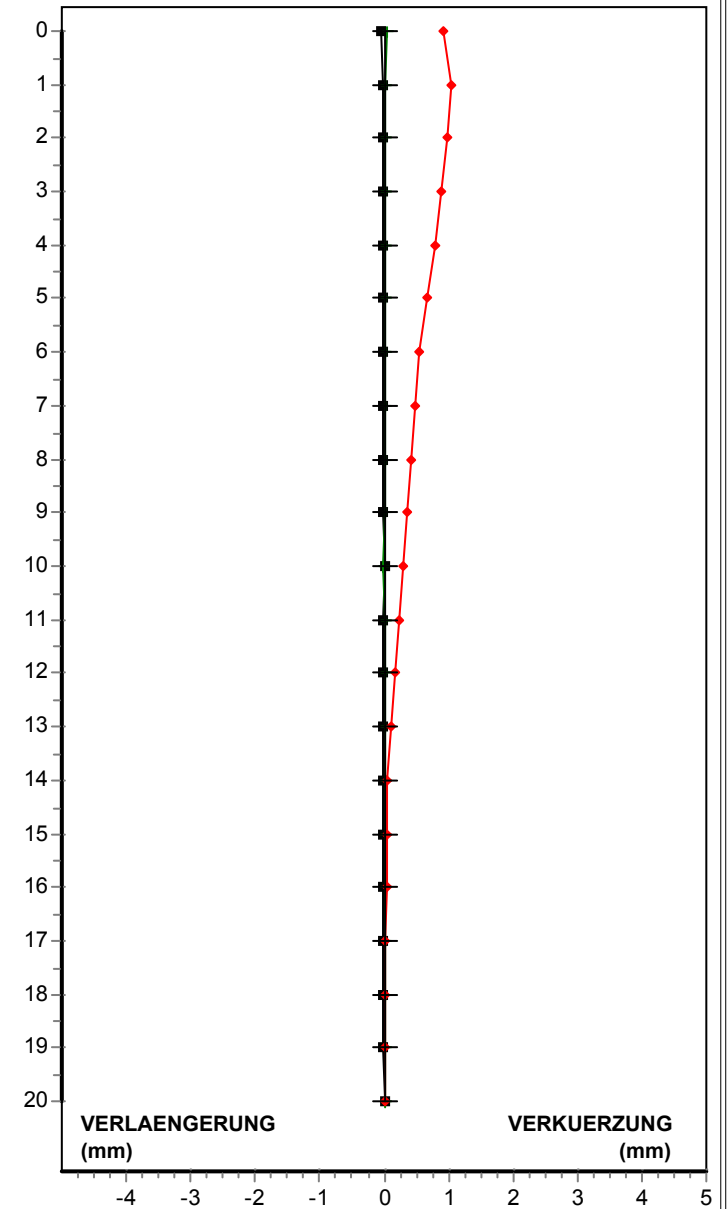
BEMERKUNGEN:

Solexperts AG
Mettlenbachstrasse 25
8617 Mönchaltorf
Schweiz
Tel. 0041 (0)44 806 29 29

DIFFERENTIELLER PLOT D-Z



INTEGRIERTER PLOT V-Z



GLEITDEFORMETER MESSUNGEN

PROJEKT: 51.2794.000 Böckten

MESSLINIE: 52.R.14

BEZUGSMESSUNG:

1,2 : 27 Okt 2020 *

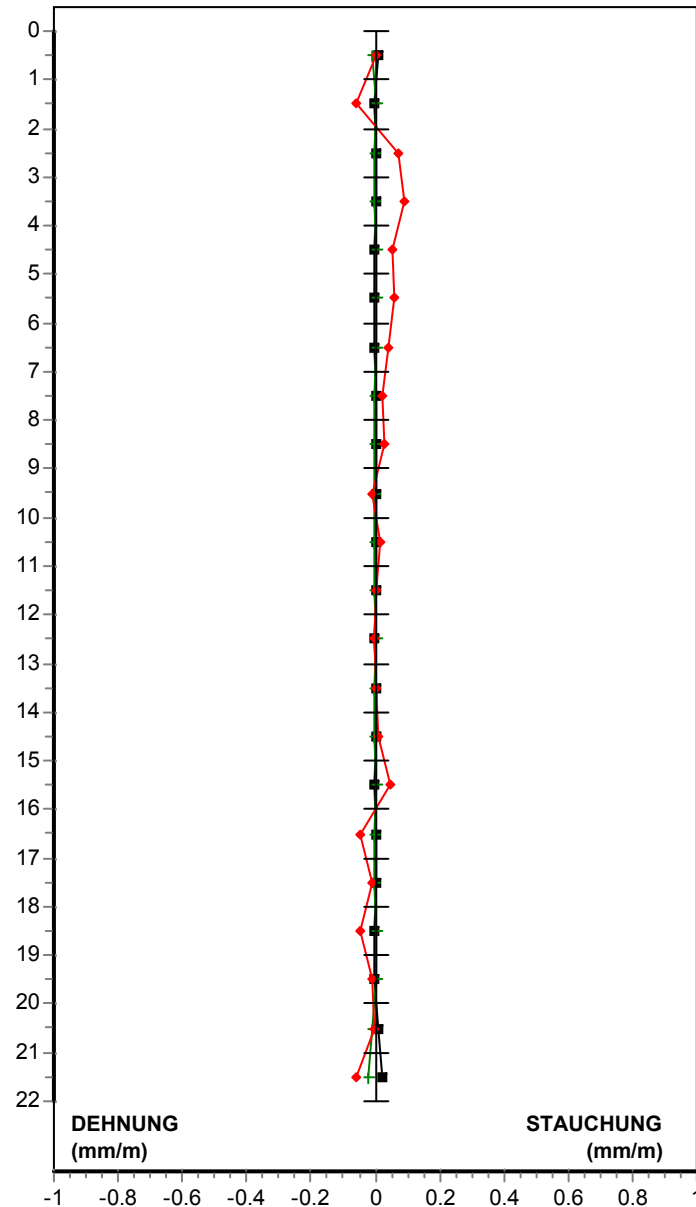
Messung		Datum
—■—	1	27 Okt 2020
—+—	2	27 Okt 2020
—◆—	3	23 Apr 2021

* Datum der ersten Messung

BEMERKUNGEN:

Solexperts AG
Mettlenbachstrasse 25
8617 Mönchaltorf
Schweiz
Tel. 0041 (0)44 806 29 29

DIFFERENTIELLER PLOT D-Z



INTEGRIERTER PLOT V-Z

