

Nansenstrasse 5  
CH-8050 Zürich  
Tel +41 44 315 10 10  
Fax +41 44 315 10 11  
[www.friedlipartner.ch](http://www.friedlipartner.ch)  
[info@friedlipartner.ch](mailto:info@friedlipartner.ch)

Zürich, 30. November 2017 / 17.197.1 / mar (rem)

## AKTENNOTIZ

### SZU-Linie KM 4.1 bis KM 4.2, Triemli – Uitikon-Waldegg

#### Untersuchung Instabilitäten

#### 1. Einleitung

##### Ausgangslage

Auf der Parzelle Kat.-Nr. AR5732 an der SZU-Linie Triemli – Uitikon-Waldegg (siehe Abbildung 2) wurde Ende Juli 2017 eine trichterförmige Böschungseinsenkung festgestellt. Die Absenkung (vgl. Abbildung 1) erfolgte im Böschungsbereich nahe dem Schwellenkopf. Der Schwellenkopf selbst sowie der Bahnverkehr wurden durch das Ereignis nicht beeinträchtigt.



Abbildung 1: Foto mit Böschungseinbruch (rote Ellipse), aufgenommen am 25.07.2017

Beim Einbruch ist der Bahnschotter in ein ca. 1 m x 1 m grosses Loch versunken. Das Loch wurde am 25. Juli 2017 mit Bahnschotter aufgefüllt und verdichtet.

Gemäss Aussage der SZU ist die Absenkung innerhalb des ersten Halbjahres von 2017 aufgetreten, der genaue Zeitpunkt ist nicht bekannt.

Am 25. Juli 2017 wurden wir durch die SZU AG, Herr Lutz Rainero, aufgeboten, die Situation vor Ort zu beurteilen sowie die mögliche Ursache des Einbruches anzugeben.

**Auftrag** Mit Auftragsbestätigung vom 16. August 2017 der Sihltal Zürich Uetliberg Bahn AG, Herr L. Rainero, wurde die FRIEDLIPARTNER AG Zürich beauftragt, auf der Parzelle Kat.-Nr. AR5732 Zwischen KM 4.1 und KM 4.2 eine Baugrunduntersuchung auszuführen. Grundlage dafür war unsere Offerte vom 10. August 2017.

**Inhalt Aktennotiz** Die vorliegende Aktennotiz dokumentiert die Ergebnisse der Baugrunduntersuchung und beinhaltet Empfehlungen zum weiteren Vorgehen.

<b>Objektdaten</b>	Auftraggeber	Sihltal Zürich Uetlibergbahn AG, 8045 Zürich
	Objektbezeichnung	SZU-Linie KM 4.1 bis KM 4.2, Triemli – Uitikon-Waldegg
	Gemeinde	8055 Zürich
	Grundstück Kat.-Nr.	AR5732
	Mittlere Koordinaten	2'678'999 / 1'246'819
	Gewässerschutzbereich	Zone S3 [3]
	Grundwasservorkommen	Kein genutztes Grundwasservorkommen [2], jedoch in Nähe zu gefassten Quellen

**Verwendete Unterlagen**

- Situation 1:500, Triemli - Uitikon-Waldegg, KM 3.9 – 4.4, Bahnplan Nr. 67 vom 10.08.2016, Sihltal Zürich Uetliberg Bahn AG, 8045 Zürich

[1] Pavoni, N. et al. (1992) Geologischer Atlas der Schweiz 1:25'000, Blatt 1111, Zürich. Landeshydrologie und -geologie, Bern.

[2] Grundwasserkarte (Mittel-/ Hochwasserstand), Kanton Zürich, GIS-Browser, <http://maps.zh.ch>, aktueller Bearbeitungsstand.

[3] Gewässerschutzkarte, Kanton Zürich, GIS-Browser, <http://maps.zh.ch>, aktueller Bearbeitungsstand.

[4] SIA 267, Geotechnik, 2013

## 2. Ausgeführte Arbeiten

**Sondierungen** Zur Erkundung der Lagerungsdichte des Baugrundes wurden in der Nacht vom 26. auf den 27. Oktober 2017 fünf Rammsondierungen (RS 17-1 bis RS 17-5) ausgeführt. Die Lage der Sondierstellen ist im Situationsplan in Anhang 1 eingetragen. Das daraus abgeleitete Baugrundmodell ist in den geologischen Profilschnitten A-A und B-B in Anhang 2 dargestellt. Anhang 3 beinhaltet die Profile der Rammsondierungen. Die Rammsondierung RS 17-1 wurde im Bereich des Einbruches ausgeführt.

### 3. Geologie und Baugrund

Geologie	Gemäss geologischer Karte [1] liegt der betroffene Streckenabschnitt im Bereich eines Rutschgebietes mit relativ oberflächennahem Molassefels. Die Sondierungen wurden als eine Abfolge aus Material des Bahndamms bzw. Bahnschotter, Gehängelehm resp. Uetliberglehm und verwittertem Molassefels interpretiert.
Bahndamm / Bahnschotter	Die Sondierungen wurden im Bereich des Bahndammes und auf dem Bahnschotter ausgeführt, dementsprechend wurde in allen Sondierungen Material des <b>Bahndamms</b> und <b>Bahnschotter</b> angetroffen. Das Material des Bahndamms und der Bahnschotter besteht aus Kies. Die Schicht weist gemäss Rammsondierungen (3-10 Nettoschläge / 20 cm) eine lockere bis mitteldichte Lagerung auf. RS 17-4 stiess in 4.2 m wahrscheinlich auf einen Block.
Gehängelehm / Uetliberglehm	Direkt unter dem Bahndamm bzw. dem Bahnschotter wurde in allen Sondierungen <b>Gehängelehm</b> bzw. <b>Uetliberglehm</b> angetroffen. Der Gehängelehm bzw. Uetliberglehm bestehen erfahrungsgemäss aus vorwiegend tonigen Silten und beinhaltet teilweise Steine und Blöcke. Diese Schicht weist gemäss Rammsondierungen (mehrheitlich 1-3 Nettoschläge / 20 cm) eine sehr weiche Konsistenz auf.
Verwitterter Molassefels	In allen Sondierungen, ausser RS 17-4, wurde ab ca. 7 bis 8 m ab OK Terrain <b>verwitterter Molassefels</b> angetroffen. Dieser besteht erfahrungsgemäss aus verwittertem Standstein sowie Mergel.
Baugrundwerte	<p>Die Baugrundwerte wurden anhand der durchgeführten Baugrunduntersuchung bestimmt. Hieraus resultieren die in Tabelle 1 zusammengestellten Werte. Einerseits wird der geschätzte Erwartungswert <math>X_m</math> (wahrscheinlicher Mittelwert), andererseits werden die repräsentativen Schwankungsbreiten der Extremwerte <math>X_{extr}</math> (geschätzte Maximal- und Minimalwerte) in Klammern angegeben.</p> <p>Für jede geotechnische Berechnung sind die zu verwendenden charakteristischen Baugrundwerte <math>X_k</math> sorgfältig – unter Beachtung ihres Einflusses auf die jeweilige Berechnung (Baugrubenabschluss/Fundation, Stichwort: Sensitivität) – vom Projektierenden in Zusammenarbeit mit dem Berichtverfasser festzulegen (siehe SIA 267 [4]).</p>

Tabelle 1: Baugrundwerte

Parameter	Feuchtraumlast	Reibungswinkel	Effektive Kohäsion	Durchlässigkeitsbeiwert	Zusammendrückungsmodul	
					Erstbelastung	Wiederbelastung
	$\gamma_e$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\phi'$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$k_f$ [m/s]	$M_E$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$M_{E'}$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Bahndamm, Bahnschotter (Schicht a)	20 (19-21)	35 (33-38)	0	$10^{-3}$ - $10^{-4}$	25 (20-30)	75 (60-90)
Gehängelehm, Uetliberglehm (Schicht b)	20 (19-20)	26 (25-28)	0 (0-5)	$10^{-5}$ - $10^{-8}$	8 (5-10)	24 (15-30)
Verwitterter Molassefels (Schicht c)	21 (20-22)	28 (25-30)	10 (5-15)	$10^{-5}$ - $10^{-8}$	35 (30-40)	105 (90-120)

#### 4. Hydrogeologie

Hangwasser

Gemäss Grundwasserkarte des Kantons Zürich [2] liegt das untersuchte Grundstück ausserhalb eines Grundwasservorkommens. Die Grundwasserkarte zeigt in der näheren Umgebung zu den Sondierstellen diverse Quelfassungen (siehe Abbildung 2). Diese werden durch Hang- und Kluftgrundwasser gespeist.

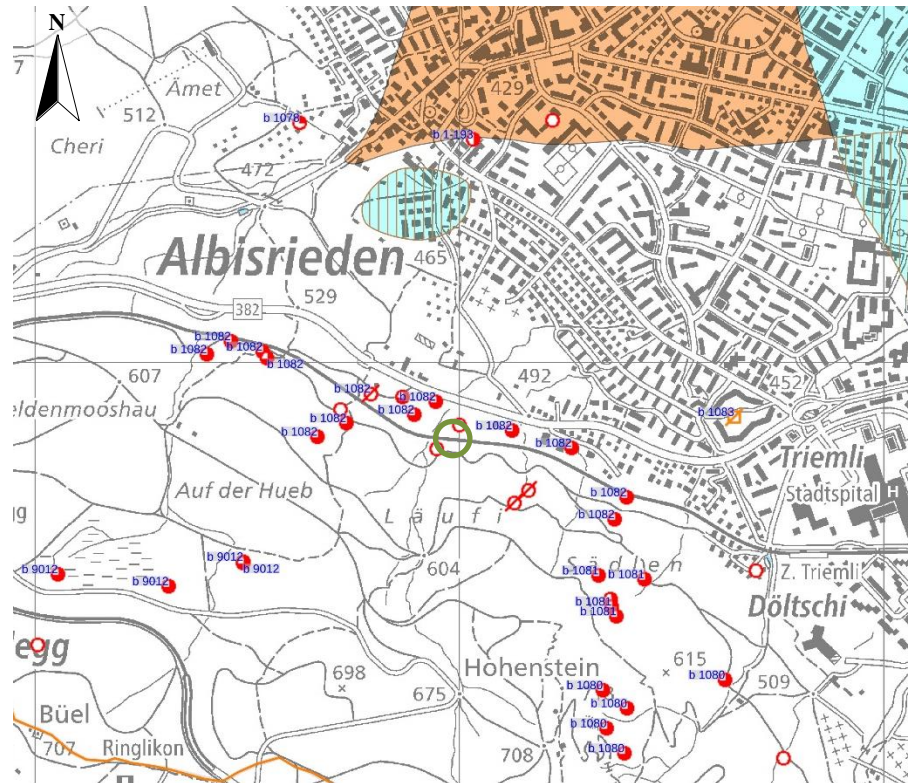


Abbildung 2: Grundwasserkarte mit Lage des untersuchten Streckenabschnitts (Sondierstandort: grüner Kreis). Quelfassungen als rote Kreise, ohne Massstab, aus maps.zh.ch (aktueller Stand)

Schutzzone

Das Grundstück liegt gemäss Gewässerschutzkarte des Kantons Zürich [3] in der Schutzzone Z3 einer Quelle.

#### 5. Interpretation

Keine Hohlräume

Die ausgeführten Rammsondierungen zeigen, dass der Gehängelehm bzw. Uetliberglehm teilweise sehr weich ist. Dies ist für den angetroffenen Untergrund jedoch nicht unüblich und deutet nicht auf Hohlräume im Untergrund hin.

Erosion im Untergrund

Das im Sommer aufgetretene Loch dürfte durch Erosion im Untergrund (Ausspülungen im Oberbau/Aufschüttung oder im obersten Bereich des Uetliberglehms) entstanden sein. Die an der Stelle des Einbruchs ausgeführte Rammsondierung RS 17-1 weist im Uetliberglehm etwas tiefere Schlagzahlen als die übrigen Sondierungen auf. Dies kann als kleinräumige, schlotartige Auflockerung im Untergrund interpretiert werden (verursacht durch innere Erosion / Ausspülungen im Uetliberglehm). Das Auftreten solcher engen Erosionsformen über eine Tiefe von

rund 7 m, ohne Anzeichen in den übrigen Sondierungen, wird aber als unwahrscheinlich eingestuft. Gemäss den Sondierungen ist nicht mit weiteren, grösseren Löchern in der Umgebung zu rechnen.

Tragfähigkeit Untergrund	Der Unterbau aus Uetliberglehm weist allgemein eine geringe Tragfähigkeit auf. Dies betrifft nicht nur den untersuchten Abschnitt, sondern grosse Gebiete an den Abhängen des Uetliberges. Die geringe Tragfähigkeit ist v.a. im Trasseebau zu berücksichtigen (teilweise ungenügende Tragfähigkeit der Rohplanie).
-----------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

## 6. Empfehlungen zum weiteren Vorgehen

Periodische Kontrolle	Wir empfehlen, den Böschungsbereich periodisch zu kontrollieren (z.B. durch Streckenläufer SZU).
Allfällige Mass- nahmen	Sollten sich nach starken Niederschlagsereignissen weitere Einbrüche zeigen, wäre die Situation durch den Geologen neu zu beurteilen. Als weiter gehende Massnahmen wäre z.B. der Wasseintrag in den Untergrund zu reduzieren (z.B. Sickerpackung bergseits der Bahn).
Überwachung mit Inklinometer	Während den Sondierarbeiten wurde ein Inklinometerrohr mit Schacht direkt neben dem untersuchten Einbruch festgestellt (siehe I1 in Anhang 1). Bei Auftreten von weiteren Einsenkungen empfehlen wir regelmässig Inklinometermessungen durchführen zu lassen.

Zürich, 30. November 2017



Manuel Ruf  
MSc Bau.-Ing. ETH / SIA

Projektleiter



Reto Murer  
Dipl. Natw. ETH / CHGeol

Fachbereichsleiter Geologie

Anhang	Anhang 1	Situation
	Anhang 2	Profilschnitte A-A und B-B
	Anhang 3	Profile der Rammsondierungen

Verteiler	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sihltal Zürich Uetliberbahn AG, 8045 Zürich</li> </ul>
-----------	-----------------------------------------------------------------------------------------------

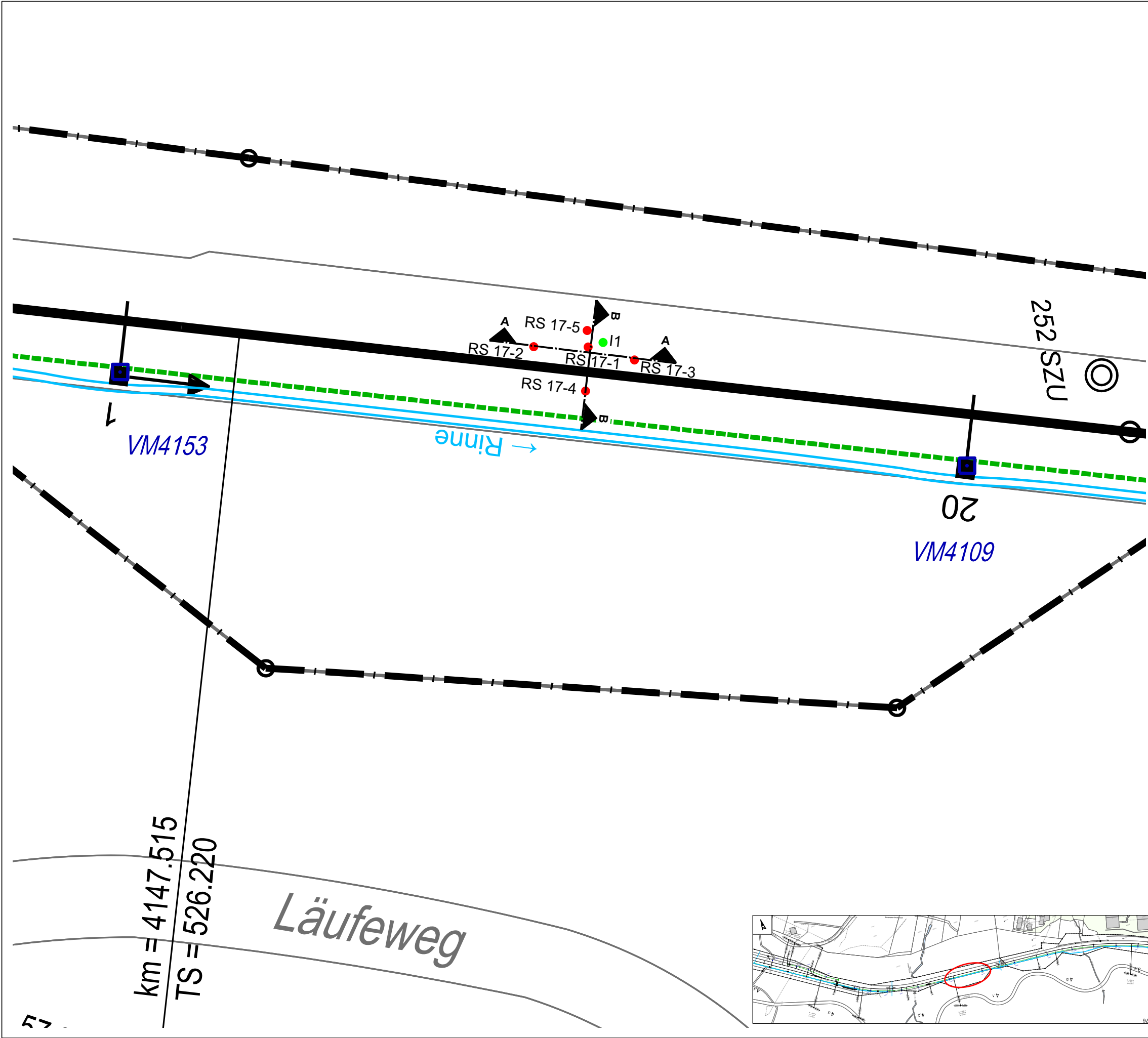
P:\2017\17.197 Zürich SZU-Linie Zürich HB-Uetliberg Instabilitäten\12 Berichte FP\17.197.1 Aktennotiz Baugrunduntersuchung 2017-11-23.docx

Situation

Projektadresse: <b>SZU-Linie KM 4.1 bis KM 4.2 Triemli - Uitikon-Waldegg</b>	Mst: 1:200
	Format: A3
Projekt-Nr.: 17.197.1 <b>Aktennotiz Untersuchung Instabilitäten</b>	Erstellt: mar Datum: 21.11.17
Plangrundlage: Sihltal Zürich Uetliberg Bahn AG, SZU Triemli - Uitikon-Waldegg, KM 3.9 - 4.4, Bahnplan Nr. 76, Situation vom 10.08.16	Geprüft: rem Datum: 22.11.17

Legende

- Rammsondierung ohne Piezometer (2017)
- Bestehendes Inklinometerrohr
- ▲--- Geologische Schnitte A-A und B-B





NW

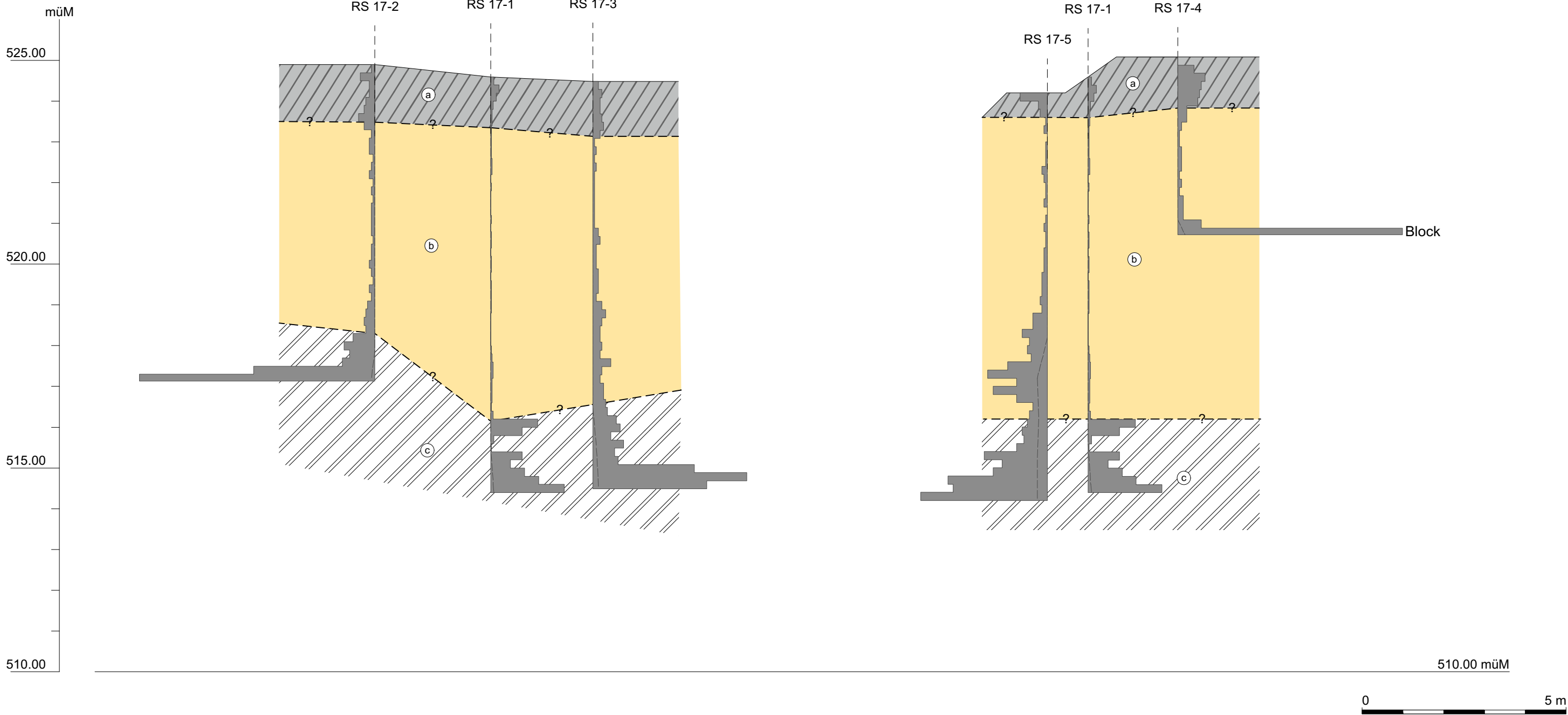
SE

NE

SW

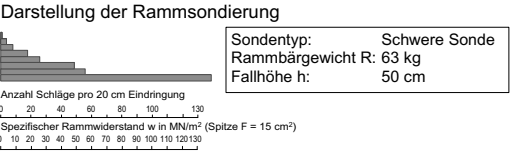
Schnitt A-A

Schnitt B-B



Legende

Geologie	Schicht	Geschätzte Baugrundwerte				
		$\gamma_e$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$\varphi'$ [°]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$M_E$ [MN/m <sup>2</sup> ]	$M'_E$ [MN/m <sup>2</sup> ]
Bahndamm, Bahnschotter	(a)	19-21	33-38	0	20-30	60-90
Gehängelehm, Uetliberglehm	(b)	19-20	25-28	0-5	5-10	15-30
Verwitterter Molassefels	(c)	20-22	25-30	5-15	30-40	90-120



FRIEDLIPARTNER AG  
GEOTECHNIK ALTLASTEN UMWELT

Geologische Schnitte A-A und B-B

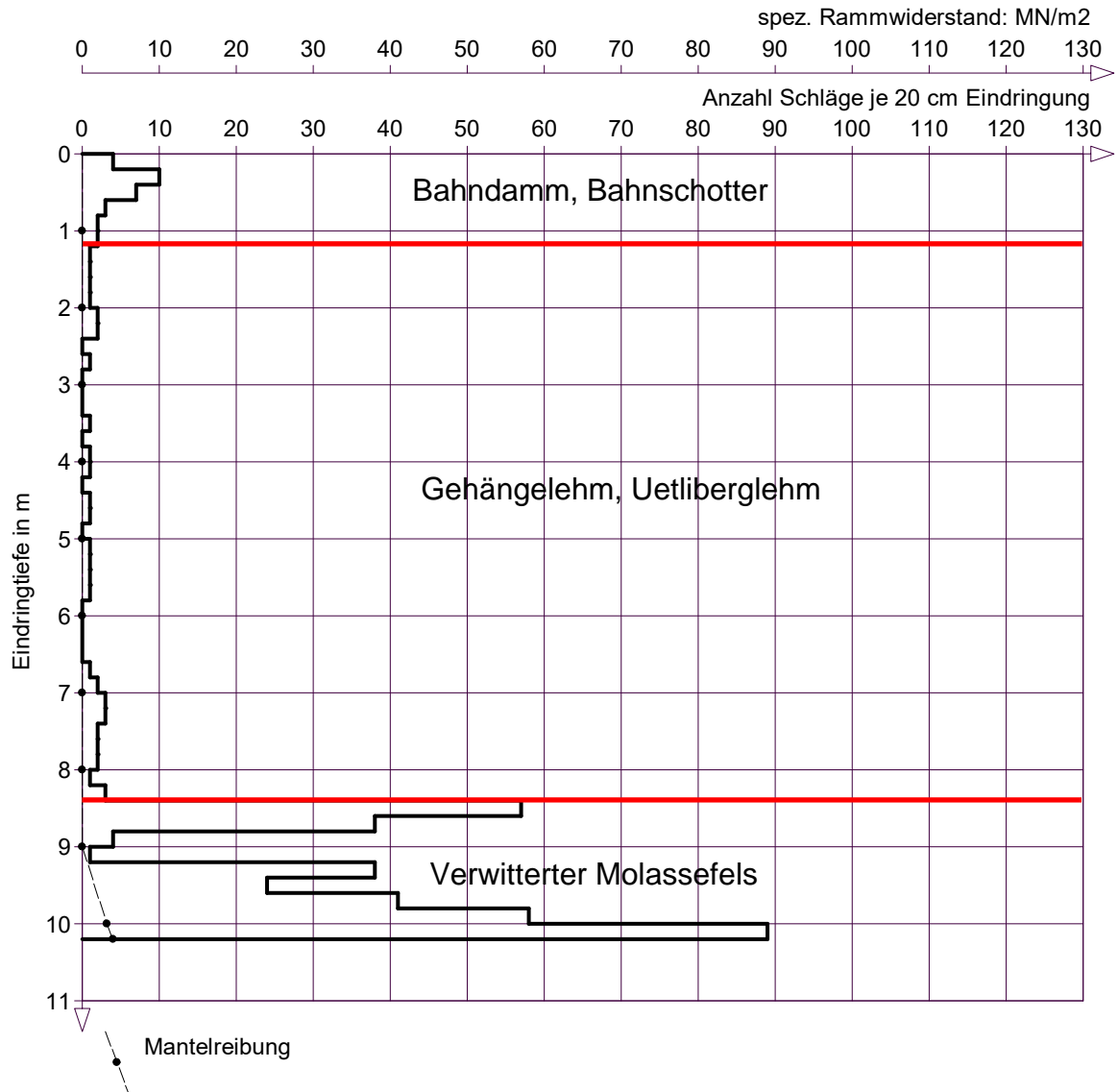
Projektadresse: <b>SZU-Linie KM 4.1 bis KM 4.2 Triemli - Uitikon-Waldegg</b>	Mst: 1:100
	Format: A3
Projekt-Nr.: 17.197.1 <b>Aktennotiz Untersuchung Instabilitäten</b>	Erstellt: mar Datum: 22.11.17
Plangrundlage: Sihltal Zürich Uetliberg Bahn AG, SZU Triemli - Uitikon-Waldegg, KM 3.9 - 4.4 Bahnplan Nr. 76 vom 10.08.16	Geprüft: rem Datum: 22.11.17

Dorfstrasse 25, 8332 Rumlikon ZH  
Tel. 044 362 18 74 / Fax 044 362 47 56  
www.geocontrol.ch

Schwere Rammsonde: Ramm-Masse: 63.5 kg  
Fallhöhe: 0.50 m  
Spitzenoberfläche: 1590 mm<sup>2</sup>

## Rammsondierung RS 17-1

524.59 müM



Endtiefe: 10.20m

Freie Länge: 1.80m

Wasser: kein Wasser in der freien Länge nach Gestängerrückzug

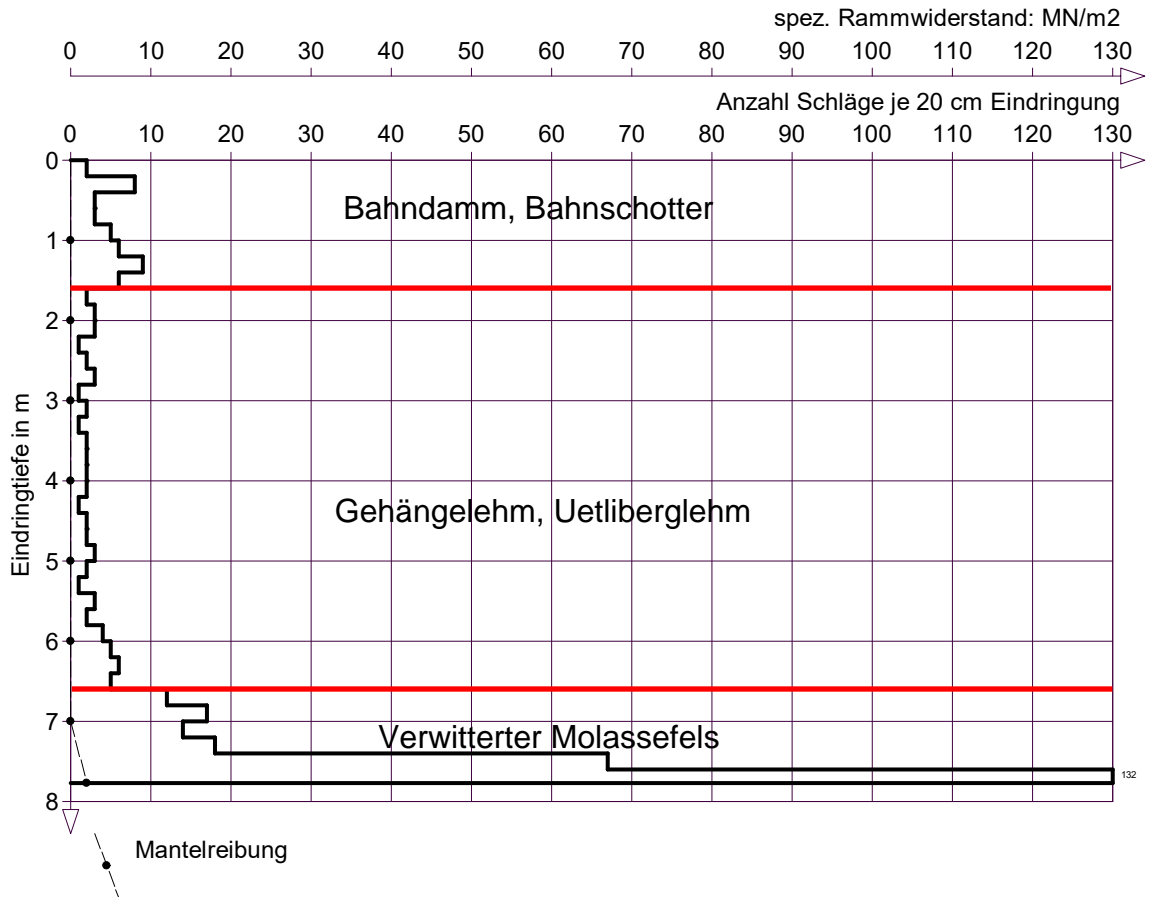


Dorfstrasse 25, 8332 Rumlikon ZH  
Tel. 044 362 18 74 / Fax 044 362 47 56  
www.geocontrol.ch

Schwere Rammsonde: Ramm-Masse: 63.5 kg  
Fallhöhe: 0.50 m  
Spitzenoberfläche: 1590 mm<sup>2</sup>

## Rammsondierung RS 17-2

524.89 müM



Endtiefe: 7.77m, Gestänge hart aufgestanden

Freie Länge: 2.25m

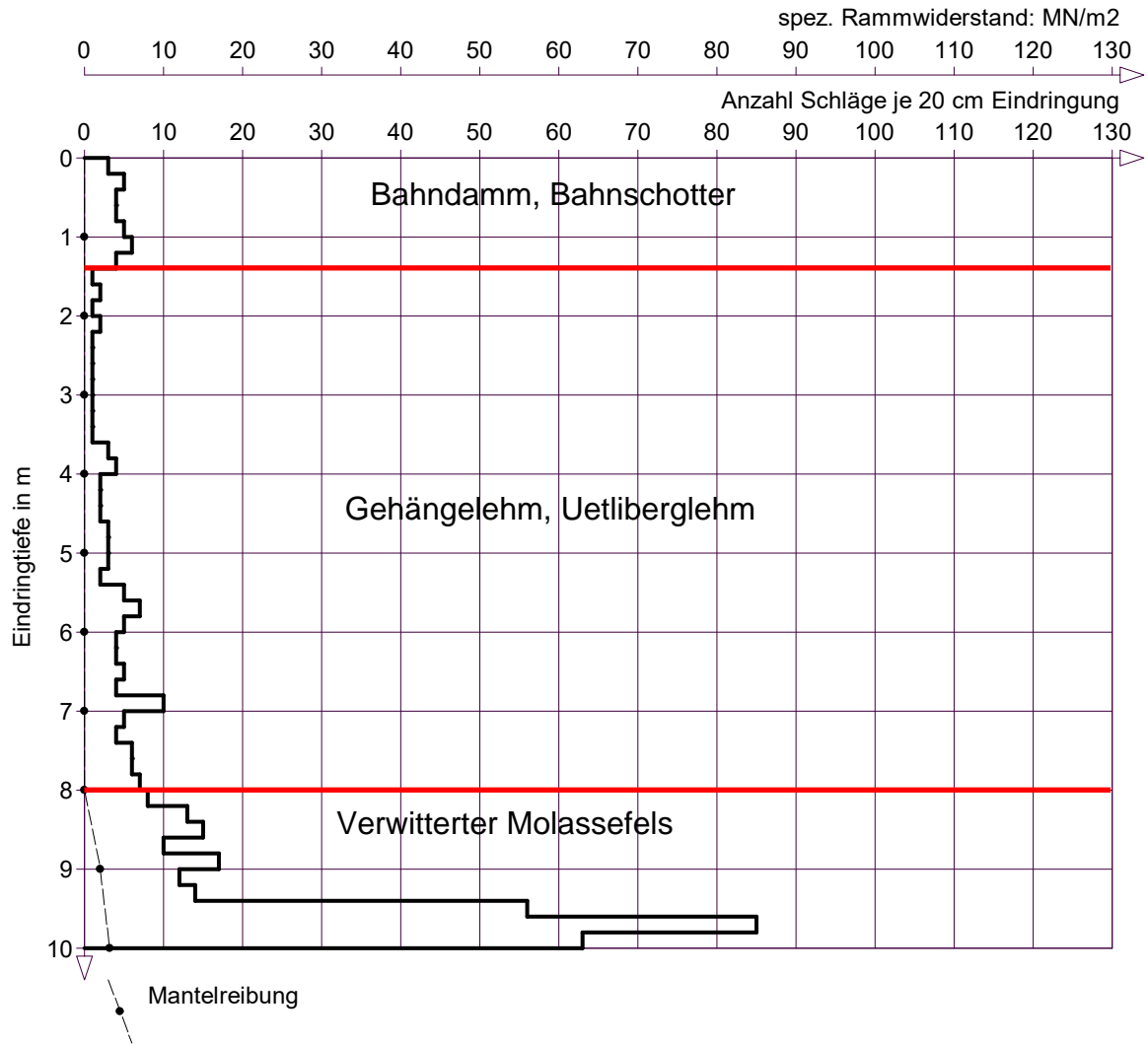
Wasser: kein Wasser in der freien Länge nach Gestängerrückzug

Dorfstrasse 25, 8332 Rumlikon ZH  
Tel. 044 362 18 74 / Fax 044 362 47 56  
www.geocontrol.ch

Schwere Rammsonde: Ramm-Masse: 63.5 kg  
Fallhöhe: 0.50 m  
Spitzenoberfläche: 1590 mm<sup>2</sup>

## Rammsondierung RS 17-3

524.48 müM



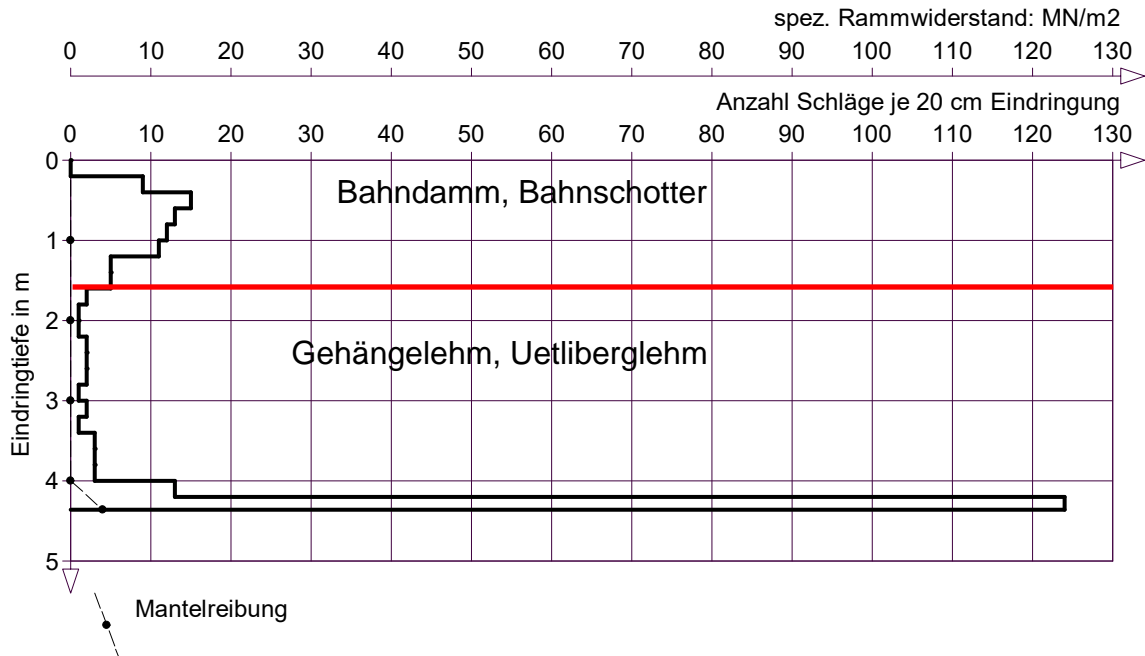
Endtiefe: 10.00m

Freie Länge: 0.20m

Wasser: kein Wasser in der freien Länge nach Gestängerrückzug

## Rammsondierung RS 17-4

525.08 müM



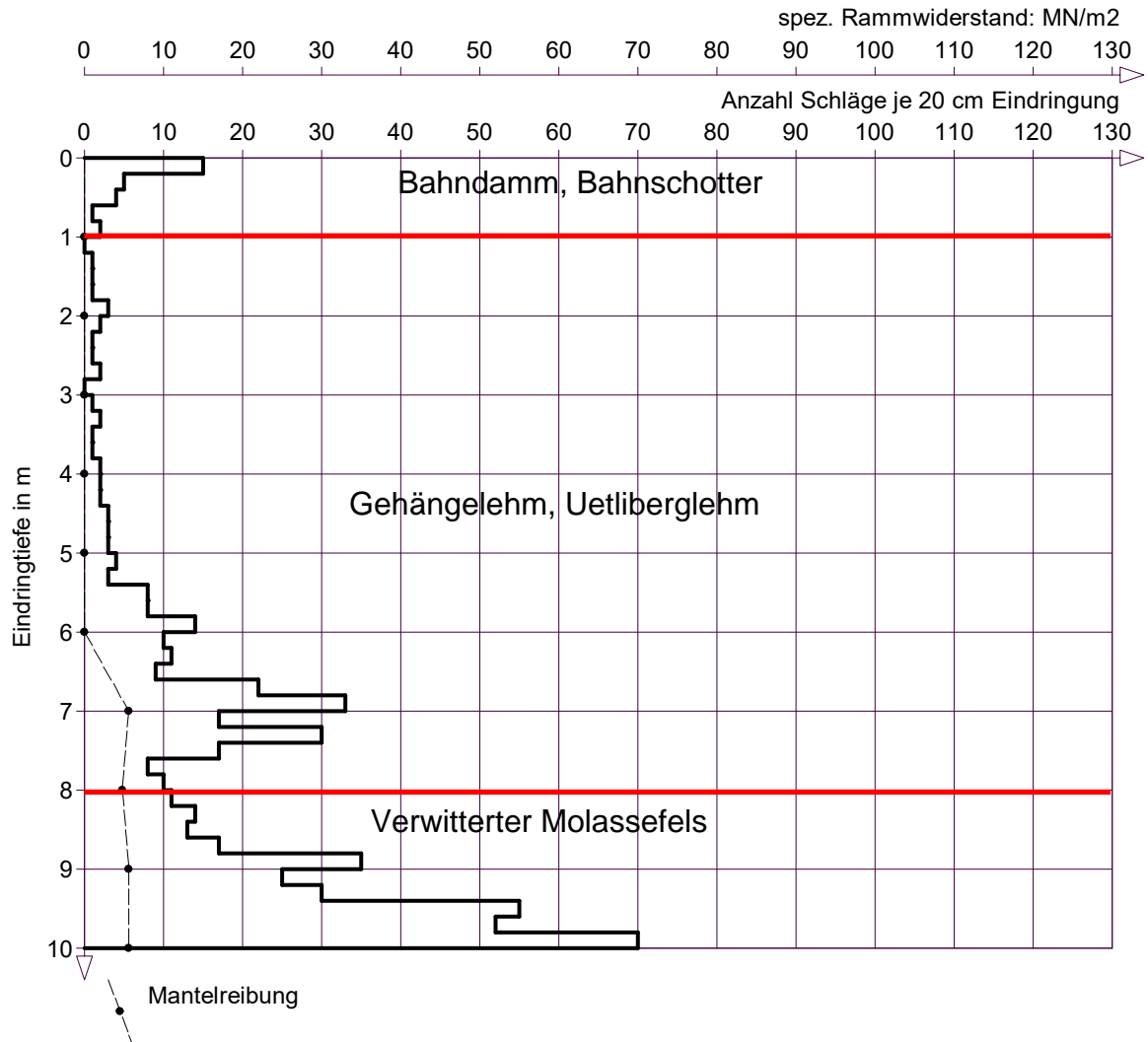
Endtiefe: 4.36m, Gestänge hart aufgestanden

Freie Länge: 0.75m

Wasser: kein Wasser in der freien Länge nach Gestängerrückzug

## Rammsondierung RS 17-5

524.20 müM



Endtiefe: 10.00m

Freie Länge: 1.63m

Wasser: kein Wasser in der freien Länge nach Gestängerrückzug