Geotechnisches Institut

Geotechnisches Institut AG Basel Pfeffingerstrasse 41 4053 Basel
061 365 10 70 info@geo-online-bs.ch www.geo-online.ch

12.905

Kurzbericht

Projekt	Basel - Rodersdorf, BLT Linie 10/17, Neubau 3 Gleichrichter
Projekt Nr.	51.3271
Ort, Datum	Basel, 12. Mai 2023, rev. 14.12.2023
Betrifft	**Baugrunduntersuchung Standort Gleichrichter Bottmingen**

Verteiler

Patrick Zeller	patrick.zeller@blt.ch	BLT AG
Patrick Baschnagel	patrick.baschnagel@blt.ch	BLT AG
Rainer Grün	rainer.gruen@rapp.ch	Rapp AG
Sabine Niebel	sabine.niebel@gruner.ch	Gruner AG
Regula Probst	regula.probst@geo-online-bs.ch	Geotechnisches Institut AG Basel
S. Mahr von Staszewski	stefanie.mahr@geo-online-bs.ch	Geotechnisches Institut AG Basel

1 Einführung

1.1 Ausgangslage

Im Rahmen umfangreicher Instandsetzungen auf der Linie 10/17 zwischen Basel und Rodersdorf ist der Ersatz des Gleichrichters auf Parzelle 397 in Bottmingen vorgesehen (Landeskoordinaten ca. 2'610'065 / 1'263'825, OKT ca. 291 m ü.M.).

Das Areal ist nicht im Kataster der belasteten Standorte des Kantons BL und des BAV verzeichnet, jedoch als Bodenverdachtsfläche (Tram, Strasse, Siedlungsgebiete vor 1960), es liegt ausserhalb des Gewässerschutzbereichs Au[1] [7].

Bzgl. Naturgefahren liegt eine geringe Gefährdung schwacher Intensität bzgl. Wasser vor [9].

Der Projektperimeter liegt in der Erdbebenzone Z3a.[2]

[1] Der Gewässerschutzbereich Au umfasst die nutzbaren unterirdischen Gewässer sowie die zu ihrem Schutze notwendigen Randgebiete.

[2] Nach SIA Swisscode 261, Anhang F

1.2 Ausgeführte Arbeiten

durch Geotechnisches Institut AG, Basel

- Organisation und Koordination der Feldarbeiten
- Durchführung von 2 unverrohrten Rammsondierungen (DPH) in Tiefen von 6.9 m ab OKT, totale Rammlänge: 13.8 m
- Durchführung von einer Rammkernsondierung (RKS) bis in eine Tiefe von 6.0 m ab OK Terrain
- Erstellen von Sondierprofilen
- Erstellung von Plänen (Situation und Schnitt)
- Schriftliche Kurzberichterstattung

1.3 Verwendete Unterlagen

– Verwendete Unterlagen, erhalten von der BLT AG / Rapp AG:
[1] Factsheet und Situation Gleichrichter Bottmingen

– Swisstopo
[2] Geologischer Atlas der Schweiz, Blatt 1067 Arlesheim, 1:25'000
[3] Belastete Standorte im Bereich des öffentlichen Verkehrs

– Geoviewer Kanton Basel-Landschaft
[4] Orts- und Parzellenplan
[5] Bohrkataster
[6] Kataster der belasteten Standorte
[7] Gewässerschutzkarte
[8] Grundwasserisohypsen
[9] Naturgefahrenkarte

– Normen, Regelwerke und allg. Literatur (Auswahl)
[10] SIA 261 „Einwirkungen auf Tragwerke“, August 2020;
[11] SIA 267 „Geotechnik“, August 2013;
[12] SIA 267-1 „Geotechnik – ergänzende Festlegungen“, August 2013;
[13] Grundbau-Taschenbuch, 8. Auflage, Teile 1-3, Verlag Ernst & Sohn, Berlin 2017;
[14] EA-Pfähle: Empfehlungen des Ausschusses Pfähle der Deutschen Gesellschaft für Geotechnik, Verlag Ernst & Sohn, 2. Auflage Berlin 2012;
[15] EN ISO 14688-1: 2019-04 Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung (ISO 14688-1:2017);
[16] EN ISO 14688-2: 2019-04: Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen für Bodenklassifizierungen (ISO 14688-2:2017);
[17] VSS, SN 70 140b: Frost (März 2019).

1.4 Gesetzliche Grundlagen und Vollzugshilfen[3]

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:

[18] Verordnung über die Sanierung von belasteten Standorten (Altlasten-Verordnung, AltlV vom 26.08.1998)
[19] Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (Abfallverordnung, VVEA vom 01.01.2016)
[20] SIA Empfehlung 430; Entsorgung von Bauabfällen bei Neubau-, Umbau- und Abbrucharbeiten; Ausgabe 1993, Schweizer Norm SN
[21] Bundesamt für Umwelt BAFU, Umwelt-Vollzug; Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle (Ausbauasphalt, Strassenaufbruch, Betonabbruch, Mischabbruch), Bern 2006
[22] Verordnung über die Sicherheit und den Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (Bauarbeitenverordnung, BauAV) vom 18. Juni 2021 (Stand am 1. Januar 2022)

[3] Zum Zeitpunkt der Berichterstellung jeweils aktueller Stand.

2 Untersuchungsergebnisse

2.1 Geologischer Überblick und Grundwasserverhältnisse

Das Projektareal liegt am östlichen Rand des Birsigtals. Der Felsuntergrund (Meletta-Schichten) wird durch Wechsellagerungen von mergeligem Feinsandstein bis Tonstein gebildet. Es handelt sich dabei um tertiäre Molassefüllungen des Rheingrabens. Der Fels ist durch die frühere Überlagerung vorbelastet und deshalb überkonsolidiert, die Felsoberfläche ist verwittert und dadurch aufgelockert. Gemäss [5] liegt sie im Projektbereich auf einer Kote von ca. 280 bis 281 m ü.M. Durch das frühere Einschneiden des Gewässernetzes ist die Felsoberfläche unregelmässig und wellig ausgebildet, lokal sind Rinnenvertiefungen vorhanden.

Die geologische Situation ist im Allgemeinen geprägt durch junge, unverfestigte Alluvionen (Schwemmablagerungen), die dem Fels aufliegen. Die Alluvionen bestehen zur Hauptsache aus Schwemmlehmen, verschwemmten Silten und Tonen der unterliegenden Molasse, und aus Lokalschottern des Birsigs. Diese Bildungen sind meist lagen- bzw. linsenweise miteinander verzahnt.

Bei den Schwemmlehmen handelt es sich um von den nahen Talhängen abgeschwemmten Lösslehmen, die Silte und Tone des verschwemmten Molassematerials sind häufig von Pflanzenresten und Schlick durchsetzt. Die Lokalschotter, die lagen- und linsenweise in den Silten und Tonen sowie in Rinnen der Felsoberfläche vorhanden sind, bestehen aus meist schlecht gerundeten Jurakalkgeröllen, was auf einen kurzen Transportweg hindeutet. Sie sind meist von Silt und Ton durchsetzt.

In den grobkörnigen Alluvionen zirkuliert Grundwasser mit geringem Abstand zur Geländeoberkante, wobei der Grundwasserspiegel (je nach Durchlässigkeit des Materials) vermutlich mit dem Pegel des Birsigs korrespondiert. Das Grundwasser zirkuliert bei Mittelwasserständen gemäss [8] auf einer Kote von ca. 287.5 bis 288.25 m ü.M. mit Fliessrichtung gegen Norden. Ein Hochwasserspiegel ist im Bereich der Streckenführung nicht angegeben, wir schätzen diesen auf ca. 1 bis 1.5 m höher als den Mittelwasserspiegel. Aufgrund der feinkörnigen Überdeckung kann der Grundwasserspiegel lokal auch leicht gespannt sein. In den sandigen Lagen der Meletta-Schichten kann lokal ebenfalls Wasser zirkulieren.

Bezüglich Erdbebeneinwirkung sind die Kennwerte der Erdbebenmikrozonierung von Basel und Umgebung für Bemessungen zu verwenden[4]. Der betrachtete Projektperimeter liegt hierbei innerhalb der Zone Rheingraben West, Subzone Holozän. Nach SIA 261 kann das untersuchte Areal der Baugrundklasse E zugeordnet werden.

[4] Bei Verwendung der bestehenden, nicht aktualisierten Mikrozonierung ist das empfohlene Vorgehen der Normenkommission SIA 261 vom Mai 2021 zu beachten: «Für die Bestimmung des elastischen Antwortspektrums am betrachteten Standort soll die Umhüllende des Antwortspektrums der nicht aktualisierten Mikrozonierung und des elastischen Antwortspektrums gemäss Norm SIA 261 (Ausgabe 2020) für die entsprechende Erdbebenzone und Baugrundklasse verwendet werden».

2.2 Geotechnischer Schichtbeschrieb

2.2.1 Künstliche Auffüllungen

Zusammensetzung

Kies, sandig, schwach siltig, graubraun,
bis
Silt, sandig bis stark sandig, schwach kiesig, braun
bis

mit bodenfremden Stoffen (Ziegelbruch, Betonbruch, Schlackestücke, Keramikbruchstücke)

Mächtigkeit und Verbreitung

Über das gesamte Areal mit einer Mächtigkeit von bis zu ca. 1 m verbreitet.

Lagerungsdichte resp. Konsistenz

locker bzw. weich

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte

γ	=	19	–	21	kN/m³
ϕ'	=	26	–	35	°
c'	=	0	–	5	kN/m²
M_E	=	7	–	30	MN/m²

Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen

γ_k	=	20		kN/m³	γ_γ	=	1.0
ϕ'_k	=	30		°	γ_ϕ	=	1.2
c'_k	=	0 (2)		kN/m²	γ_c	=	1.5
$M_{E1,k}$	≈	10		MN/m²			
$M'_{E2,k}/M_{E1,k}$	=	3	– 4				

Allgemeine geotechnische Beurteilung

Die künstlichen Auffüllungen sind heterogen ausgebildet und variieren bzgl. der Mächtigkeiten. Sie sind somit i. d. R. unterschiedlich, jedoch meist schlecht bis mässig tragfähig und stark setzungsempfindlich.

Die Aufnahme von gut verteilten Bauwerkslasten ist nur eingeschränkt, d. h. im Rahmen ihrer Vorbelastung möglich; zur Aufnahme von konzentrierten Einzellasten sind sie wenig bzw. nicht geeignet.

In unbelasteten Böschungen sind sie mässig bis schlecht standfest. Sie sind gut baggerbar, ramm- und bohrbar.

Grobkörnige Bereiche sind weitgehend frostsicher (G1 bis G2 nach SN 70140b) und wasserunempfindlich, feinkörnige, lehmige Bereiche mittel bis stark frostempfindlich (G3 bis G4 nach SN 70 140b) und wasserempfindlich. Mögliche Einbauten, Fundamentreste etc. können Ramm- und Bohrhindernisse darstellen, sowie bei kleinflächigen Aushüben behindernd wirken.

In Böschungen und bei Unterfangungen neigen die grobkörnigen künstlichen Auffüllungen zum Ausrieseln, insbesondere bei rollkiesartigen Bereichen. Sie reagieren darüber hinaus empfindlich auf Erschütterungen. Mögliche Einbauten, Fundamentreste etc. können Ramm- und Bohrhindernisse darstellen sowie bei kleinflächigen Aushüben behindernd wirken.

Bezüglich der Wiederverwendung sind neben den geotechnischen Aspekten insbesondere abfalltechnische Aspekte zu beachten (vgl. Kap. 4). Aus geotechnischer Sicht ist das weitgehend kiesig-sandig ausgebildete Auffüllmaterial mässig verdichtbar, somit ggf. für untergeordnete Schüttungen einsetzbar; Blöcke udgl. wären auszusortieren; stark siltig oder tonig ausgebildete Bereiche dagegen sind kaum verdichtbar.

2.2.2 Alluvionen - Schwemmlehme

Zusammensetzung

Ton, siltig bis Silt, tonig, z.T. sandig, z.T. kiesig, z.T. mit Geröllen (Jurakalk), mit kohligen Pflanzenresten, Schneckenschalen, feinsandige Zwischenlagen und Schlick, hellbraun bis rostbraun bis grau.

Mächtigkeit und Verbreitung

Über das gesamte Areal mit einer Mächtigkeit von bis zu ca. 3 bis 4 m verbreitet. Die Schichtunterkante liegt auf einer Kote von ca. 287 m ü.M.

Konsistenz

breiig bis weich

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte

γ	=	17.5	–	19.5	kN/m³
ϕ'	=	26	–	33	°
c'	=	0	–	10	kN/m²
c_u	=	6	–	60	kN/m²
M_E	=	2	–	5	MN/m²
k_f	=	$1 \cdot 10^{-6}$	–	$5 \cdot 10^{-5}$	m/s

Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen

γ_k	=	18.5		kN/m³	γ_γ	=	1.0
ϕ'_k	=	29		°	γ_ϕ	=	1.2
c'_k	=	0		kN/m²	γ_c	=	1.5
$c_{u,k}$	=	20		kN/m²			
$M_{E1,k}$	≈	4		MN/m²			
$M'_{E2,k}/M_{E1,k}$	=	3	– 4				

Allgemeine geotechnische Beurteilung

Wenig tragfähig und sehr setzungsempfindlich; zur Aufnahme von konzentrierten Gründungslasten nicht geeignet; für verteilte Lasten innerhalb der Vorbelastung (mässig) geeignet.

Geschützt in unbelasteten Bauböschungen mässig bis gut standfest, bei Frost und Wasserzutritt jedoch rasch instabil.

Gut baggerbar, rammbar und bohrbar, neigt zum Verkleben der Abbauwerkzeuge. Wenig geeignet zur Aufnahme von Kräften aus Verankerungen, Vernagelungen sowie aus Pfählungen.

Mittel bis stark frost- (G3 bis G4 nach SNV 670 140b) und wasserempfindlich; kann bei Wasserzuritt zu Verbreiung neigen.

Nicht verdichtbar, zur Wiederverwendung im geotechnischen Sinn nicht geeignet.

2.2.3 Alluvionen – Lokalschotter

Zusammensetzung

Kies, schwach siltig bis stark siltig, sauber bis tonig, z.T. sandig, bis Sand, schwach siltig bis stark siltig, sauber bis tonig, z.T. kiesig, hellbraun bis hellgelbbraun bis grau, verzahnt mit Siltlinsen

Mächtigkeit und Verbreitung

Über das gesamte Areal mit einer Mächtigkeit von bis zu ca. 6 bis 7 m verbreitet. Die Schichtunterkante liegt auf einer Kote von voraussichtlich ca. 280 bis 281 m ü.M.

Lagerungsdichte resp. Konsistenz

(Locker) bis mitteldicht bis zur Tiefe dicht resp. steif bis halbfest

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte

γ	=	20	–	22	kN/m³
ϕ'	=	30	–	36	°
c'	=	0	–	5	kN/m²
M_E	=	10	–	40	MN/m²
k_f	=	$1 \cdot 10^{-5}$	–	$1 \cdot 10^{-2}$	m/s

Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen

γ_k	=	21	kN/m³	γ_γ	=	1.0
ϕ'_k	=	33	°	γ_ϕ	=	1.2
c'_k	=	0	kN/m²	γ_c	=	1.5
$M_{E1,k}$	≈	15	MN/m²			
$M'_{E2,k}/M_{E1,k}$	=	2.5 – 4				

Allgemeine geotechnische Beurteilung

Die Lokalschotter sind im Allgemeinen wenig konsolidiert und nur locker bis mitteldicht bis zur Tiefe dicht gelagert. Sie sind wenig tragfähig sowie (stark) setzungsempfindlich. Sie eignen sich höchstens zur Fundation gut verteilter Flächenlasten.

Die Schotter führen Grundwasser (teilweise gespannte Verhältnisse), Böschungen unterhalb des Grundwasserspiegels sind nicht standfest.

Die Schotter sind durchrammbar. Sie sind mässig geeignet zur Aufnahme von Kräften aus Verankerungen, Vernagelungen sowie aus Pfählungen. Sofern es die Deformationen gestatten, kann für Vorbemessungen von Bohrpfählen (D > 0.3 m) eine charakteristische Mantelreibung (Bruchniveau) von ca. $\tau_m \leq 50$ - 80 kN/m² (mitteldicht gelagert) bzw. ca. $\tau_m \leq 80$ - 120 kN/m² (dicht gelagert) angenommen werden. Für Pfählungen (D ≥ 0.3 m) kann bei dichter Lagerung mit einer charakteristischen Spitzenpressung (Bruchniveau) von ca. 1.2 bis 2 MN/m² gerechnet werden. Für andere Pfahl-/Ankerarten sind die Werte im Detail anzupassen.

Die Schotter sind i. A. gut abbaubar, bindige Bereiche neigen zum Verkleben der Abbauwerkzeuge.

Die Schotter sind mittel frostempfindlich (G3) und wasserempfindlich. Die bindigen Schotter sind nur mässig (bis schlecht) verdichtbar und nur für Schüttungen mit begrenzten Anforderungen geeignet (Schönwettermaterial).

2.2.4 Meletta-Schichten

Zusammensetzung

Siltstein, stark tonig bis Tonstein, stark siltig, teils schwach sandig und / oder kiesig, oberflächennah quasi vollständig entfestigt, erdfeucht, oberflächennah braun, zur Tiefe grau bis blaugrau, annährend horizontal laminiert, möglich sind auch Knauer oder Sandsteinabschnitte, auch im Wechsel mit entfestigten / annähernd kohäsionslosen Sand- und Siltbereichen.

Mächtigkeit und Verbreitung

Über das gesamte Areal mit einer Mächtigkeit von > 100 m verbreitet, die Schichtoberkante liegt bei ca. 280 bis 281 m ü.M.

Konsistenz

In der Verwitterungszone (obere 1 bis 2 m) weich bis steif, darunter halbfest.

Geschätzte, mittlere bodenmechanische Kennwerte

γ	=	20	–	22	kN/m^3
ϕ'	=	21	–	29	°
c'	=	0	–	70	kN/m^2
M_E	=	20	–	100	MN/m^2
k_f	≤	$1 \cdot 10^{-8}$	–	$1 \cdot 10^{-7}$	m/s (siltig-tonige Bereiche)
k_f	≤	$1 \cdot 10^{-7}$	–	$1 \cdot 10^{-5}$	m/s (sandige Bereiche)

Empfohlene, charakteristische Kennwerte für Tragfähigkeits- und Setzungsberechnungen

Bereich weich bis steif, Verwitterungshorizont:

γ_k	=	21		kN/m^3	γ_γ	=	1.0
ϕ'_k	=	23		°	γ_ϕ	=	1.2
c'_k	=	5		kN/m^2	γ_c	=	1.5
$M_{E1,k}$	≈	25		MN/m^2			
$M'_{E2,k}/M_{E1,k}$	=	3	– 4				

Unverwitterte Bereiche:

γ_k	=	21.5		kN/m^3	γ_γ	=	1.0
ϕ'_k	=	25		°	γ_ϕ	=	1.2
c'_k	=	30		kN/m^2	γ_c	=	1.5
$M_{E1,k}$	≈	80		MN/m^2			
$M'_{E2,k}/M_{E1,k}$	=	2	– 3				

Allgemeine geotechnische Beurteilung

Weiche bis mittelsteife Bereiche setzungsempfindlich, zur Tiefe nimmt die Setzungsempfindlichkeit ab. In Bereichen weicher bis mittelsteifer Konsistenz zur Aufnahme von verteilten Gründungslasten innerhalb der Grössenordnung der Vorbelastung geeignet, zur Tiefe auch geeignet zur Aufnahme konzentrierter Lasten.

Die Meletta-Schichten sind extrem wasserempfindlich; bei Wasserzutritt weichen sie rasch auf und nehmen einen breiigen Zustand an. Aufgrund der Wasserempfindlichkeit ist die Felsoberfläche häufig stark zerfurcht. Bei Sand- bzw. Sandsteinlagen oder harten Knauerlagen (insbesondere in Wechsellagerung der Felsschichten selbst) können diese Verhältnisse zu Erschwernissen bei der Bohrpfahlherstellung führen.

In Böschungen oberflächennah wie die alluvialen Schwemmbildungen zu beurteilen, mit grösserer Tiefe stabiler.

Zur Aufnahme von Kräften aus Verankerungen, Vernagelungen sowie aus Pfählungen kann für Vorbemessungen von Bohrpfählen (D > 0.3 m), sofern es die Deformationen gestatten, hier mit einer Mantelreibung von ca. τ_m = 80 bis 160 kN/m^2 und einer Spitzenpressung von ca. 1.8 bis 3.5 MN/m^2 im unverwitterten Bereich gerechnet werden.

Verwitterte Bereiche sind i. d. R. gut bohr- und durchrammbar, unverwitterte Bereiche müssen i. d. R. vorgebohrt werden.

Etwaige kohäsionslose Sandbereiche des Fels können Wasser führen und bei ggf. vorhandenen Verbindungen, auch grossräumig, das Druckpotential des Grundwassers übertragen.

Verwitterte Bereiche sind gut baggerbar sofern nicht vernässt (klebt dann am Gerät). In unverwitterten, tieferen Felsbereichen ist ein Baggern evtl. erschwert und es müssen ggf. Zusatzmassnahmen (z. B. Spitzen, Fräsen, Rippern) ergriffen werden.

Die Oberfläche der Meletta-Schichten kann bei horizontaler Beanspruchung sowie insbesondere beim Auftreten von Schichtwasser potentielle Gleitflächen ausbilden.

Zur Wiederverwendung im geotechnischen Sinn nicht geeignet. Der Fels der Meletta-Schichten weist zudem teilweise geogene chemische Belastungen auf.

3 Bautechnische Folgerungen

3.1 Projekt

Gemäss den vorliegenden Unterlagen (vgl. [1]) soll der neue Gleichrichter am Ort des bestehenden Gleichrichters mit leicht grösseren Abmessungen als der bestehende errichtet werden. Er soll ca. 1.5 m bis 2 m in den Baugrund einbinden.

Lastangaben seitens Ingenieur liegen uns aktuell nicht vor,

3.2 Fundation und Setzungen

Mit einer Einbindetiefe von ca. 1.5 bis 2.m in den Untergrund kommt der neue Gleichrichter mit der Bodenplatte in den kaum tragfähigen und setzungsgefährdeten Schwemmlehmen zu liegen.

Wie schon unter Kapitel 3 aufgeführt ist eine Fundation in den kaum tragfähigen und setzungsgefährdeten Alluvionen kaum bzw. wenn überhaupt nur im Rahmen der Vorbelastung möglich. Allfällige grössere Lasten erfordern entweder eine tiefgründe Untergrundverbesserung (Materialersatz, Rüttelstopfverdichtung etc.) oder wären im Fels der Meletta-Schichten zu fundieren (Pfahlfundation).

Bei Fundamentdimensionen von b > 1 m kann in den weichen Schwemmlehmen für Setzungsbetrachtungen u. E. als Gebrauchslast für die Bodenpressung (Vorbemessungen) ein Wert von ca. 60 bis 100 kN/m^2 angenommen werden, in den locker bis mitteldicht gelagerten Lokalschottern von ca. 120 bis 200 kN/m^2.

Für die Begrenzung von allfälligen Verformungen ist die Ausbildung der Fundationssohle von grösster Bedeutung. Die Sohlen sollten keine aufgeweichten Flächen, Rollkieszonen oder Sandlinsen aufweisen, ggf. ist Materialersatz vorzusehen. Etwaige neue Aufschüttungen können ebenfalls gewisse Verformungen verursachen und sind entsprechend zu berücksichtigen.

Generell empfehlen wir eine Abnahme der Fundationssohlen durch einen Geologen / Geotechniker.

Eine Pfahlfundation wäre bei den vorliegenden Untergrundverhältnissen möglichst bis in den unverwitterten, mindestens steifen Fels zu führen. Es sind die in Kapitel 2 angegebenen Kennwerte anzusetzen. Die Kennwerte gelten nur für das dort angegebene Pfahlsystem. Für Vorbemessungen ohne entsprechende Erfahrung sind in der Regel die kleineren der angegebenen Werte zu verwenden. Pfahldimensionierungen von Mikropfählen anhand der in Kapitel 2 angegebenen Werte sollten nur in begründeten Ausnahmefällen stattfinden, in der Regel sind statische Pfahlprobebelastungen durchzuführen.

Bei Einbindung in den Fels kann die Mantelreibung der Alluvionen sowie des stark entfestigten Fels nicht bzw. nicht vollständig angesetzt werden, da sich die zu ihrer vollständigen Aktivierung notwendigen Verformungen nicht einstellen können. Bei der Planung allfälliger Pfähle sind die Felslage sowie die Lage des Grundwassers zu beachten.

Generell ist für Vorbemessungen von Pfählungen gemäss [11] für die Berechnung des Tragwiderstands für Vorbemessungen ohne vergleichbare Erfahrungswerte ein Umrechnungsfaktor η_a =

0.7 anzuwenden. Beim Übertragen von vergleichbarer Erfahrung kann dieser auf η_a = 0.9 erhöht werden, nach der Durchführung von statischen Pfahlbelastungsversuchen auf η_a = 1.0.

3.3 Böschungen und Verbauten

Bei ausreichenden Platzverhältnissen kann der Aushub bei trockenen Verhältnissen prinzipiell als freie Böschung erfolgen. Wir empfehlen die Ausführung der freien Böschungen mit einer Neigung von max. 40° in den künstlichen Auffüllungen, im Schwemmlehm oberhalb des Grundwasserspiegels sollten die Böschungsneigungen 2 : 3 (ca. 33°) nicht übersteigen. Es ist zu beachten, dass im Bereich der künstlichen Auffüllungen oftmals rollige Zonen vorhanden sind, die schlecht standfest sind.

Die Böschungen sind unbedingt gesichert bis mind. 1.5 m hinter dem Böschungskopf abzudecken (z. B. Plastik) und täglich durch die Bauleitung hinsichtlich Auffälligkeiten zu kontrollieren. Die Abdeckungen sollen das Eindringen von Meteorwasser in die Böschungsoberfläche und deren Aufweichen / Erosion verhindern (⇒ geordnetes Fassen und Ableiten der Wässer). Bei evtl. Wasseraustritten infolge Schichtenwässer udgl. aus der angeschnittenen Böschung wären für die Ableitung z.B. Sickerkiespackungen vorzusehen. Ggf. sind instabile Bereiche (Rollkieszonen, Sandlinsen etc.) mit Sickerbeton oder einer perforierten Spritzbetonabdeckung zu sichern. Um die Stabilität der Böschungen nicht zu gefährden, darf der Böschungskopf nicht durch zusätzliche Lasten (Materiallager, Kranstandort, etc.) belastet werden.

Unterhalb des Grundwasserspiegels sind keine freien Böschungen möglich, es wären Verbaumassnahmen zu treffen. Denkbar wären dann z.B. Spundwände (i.d.R. gestützt).

Die vorgenannten Verbausysteme benötigen i.d.R. eine horizontale Stützung mittels Ankern bzw. Nägel, alternativ sind Spriessungen vorzusehen. Die Alluvionen eignen sich hierbei jedoch kaum für die Aufnahme von Nagel- und Ankerkräften. Bei der Wahl der Nagel- bzw. Ankerlängen und –neigungen sind benachbarte Infrastruktureinrichtungen, Werkleitungen, Gebäude udgl. zu beachten.

Alle Verbausysteme sowie Böschungen > 4 m Höhe sind unter Berücksichtigung der projektspezifischen Randbedingungen gemäss [22] auf die Standsicherheit rechnerisch nachzuweisen und entsprechend zu dimensionieren. Wir empfehlen eine enge Abstimmung bzgl. der Böschungssicherungen und Abstützungen sowie allfälliger Unterfangungen zwischen Ingenieur und Geotechniker/Geologe.

3.4 Aushub

Die anstehenden Lockergesteinsschichten sind grundsätzlich baggerbar. Das feinkörnige Material neigt zum Verkleben der Abbauwerkzeuge.

Zur Vermeidung von Auflockerungen, Aufweichen etc. empfehlen wir einen schonenden, rückwärtsschreitenden Aushub (vor allem im Schwemmlehm) und ein unmittelbares Abdecken der Baugrubensohle mit Magerbeton in ausreichenden Schichtmächtigkeiten (mind. D = 12 – 15 cm) nach ihrer Freilegung.

Die alluvialen Schwemmlehmbildungen sind nach unserer Einschätzung ohne Zusatzmassnahmen kaum bis nicht befahrbar (für schwerere Gerätschaften).

3.5 Wasserhaltung

Allfällige Aushübe, die ins Grundwasser reichen, erfordern eine Wasserhaltung.

Zu gewärtigen ist auch die Möglichkeit von Schichtwasser sowie Meteorwasser durch Regenereignisse. Die wasserempfindlichen Lehme sind vor dem Aufweichen zu schützen. Das anfallende Meteorwasser ist unbedingt zu fassen und kontrolliert abzuleiten.

Aufgrund der schlechten Durchlässigkeiten ist damit zu rechnen, dass je nach verwendetem Hinterfüllungsmaterial mit einem Wasseraufstau im Hinterfüllungsraum zu rechnen ist („Badewannenbildung"). Die Errichtung einer umlaufenden Drainage um das Gebäude wäre u.E. zu empfehlen. Ein etwaiger Kieskoffer unterhalb der Bodenplatten (könnte auch als zusätzlicher Lastverteilungskoffer wirken) kann das drainierte Wasser in gewissem Umfang sammeln und langsam in den Untergrund und die Umgebung abgeben.

Kann ein Wasserablauf bzw. Druckabbau aus der Drainage langfristig gewährleistet werden, so kann das Gebäude auf „nur" drückendes Wasser ausgelegt werden. Ansonsten muss das Gebäude auf stauendes Wasser dicht ausgebildet werden, z. B. mittels weisser Wanne. In diesem Fall ist auch als „worst-case" Szenario ein möglicher Auftriebsfall im Bau- wie Endzustand statisch seitens des Ingenieurs zu berücksichtigen.

Um die Wassermengen (und Aufstauhöhen) generell möglichst gering zu halten, sollte an der Oberfläche zur Reduzierung der Meteorwässer ein sog. Lehmschlag grosszügig über den Hinterfüllungsflächen vorgesehen werden.

3.6 Versickerungsmöglichkeit

Für Neubauten ist zwingend die Möglichkeit der Meteorwasserversickerung zu prüfen. Die Dimensionierung der Versickerungsanlagen ist nach der Richtlinie «Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter» (VSA, 2019) vorzunehmen.

Die anstehenden Schwemmlehme eignen sich aufgrund ihrer geringen Wasserdurchlässigkeit erfahrungsgemäss kaum für eine konzentrierte Versickerung, die am Projektstandort vorhandene Durchlässigkeit wäre mittels Versickerungsversuch zu ermitteln. Sollte sich die Sickerfähigkeit als nicht ausreichend herausstellen, ist eine Ableitung in die Kanalisation vorzusehen.

Zu beachten ist der einzuhaltende Mindestabstand der Anlagensohle zum Hochwasserspiegel von mind. 1 m. Ausserdem ist eine Versickerung in belastetem Untergrund resp. künstlichen Auffüllungen nicht zulässig, es sei denn, es kann ein Sauberkeitsnachweis erbracht werden.

4 Allgemeine Belastungshinweise

Das betrachtete Projektareal ist nicht im Kataster der belasteten Standorte des Kantons BL resp. den Katastern auf Bundesebene BAV/VBS/BAZL geführt.

Im Rahmen der Baugrunduntersuchung wurde eine Rammkernsondierung ausgeführt. Zur weiteren Belastungsabklärung wurden ausgewählte Feststoffproben im analytischen Labor der Econetta AG in Schlieren auf nachstehende standortspezifische Parameter analysiert:

- MKW, PAK, Schwermetalle

Die Ergebnisse der Laboranalysen sind in der Beilage 5 tabellarisch zusammengefasst, die zugehörenden Prüfberichte sind Bestandteil der Beilage 6. Die Ergebnisse der Laboruntersuchungen an Feststoffproben wurden, ergänzt um den Fremdanteil, nach den Kriterien der Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen (VVEA) beurteilt:

Sondierung	Geologische Zuordnung	Tiefenlage	Parameter Belastung	Materialklasse nach VVEA	Verwertung / Entsorgung
RKS1	k.A.	0.0 – 0.6 m	FA 1 – 5 Gew%	B-Material, schwach verschmutzt (ehem. «T-Material»)	Verwertung/Aufbereitung oder Deponie Typ B[5]
		0.6 – 1.0 m	FA >5 Gew%, geruchlich auffällig	B-Material, verschmutzt (ehem. «Inert»)	Nassmechanische Aufbereitung oder Deponie Typ B

k.A.: künstliche Auffüllungen, FA: Fremdanteil, PAK: polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe,
g.T.: gewachsener Untergrund

Tabelle 1: Schadstoffbelastungen der Untergrundproben gemäss Laborbefund

Der massgebende Belastungsparameter in den künstlichen Auffüllungen ist der wechselnde Anteil an bodenfremden Stoffen (Ziegel- und Betonbruch, Keramik- und Schlackestücke), sowie die leichten organoleptischen Auffälligkeiten in der Probe aus der Tiefe 0.6 – 1.0 m. Die Materialklassierung reicht hierbei von B-Material, schwach verschmutzt bis B-Material, verschmutzt.

Der gewachsene Untergrund in Form von Schwemmlehmen hat sich als organoleptisch unauffällig herausgestellt und wurde nicht analysiert, er kann im allgemeinen als A-Material, unverschmutzt nach VVEA klassifiziert werden.

Die Parzelle ist als Bodenverdachtsfläche ausgeschieden. Wird Boden vom Standort weggeführt sind deshalb vorgängig chemische Untersuchungen des Oberbodens (oberste ca. 30 cm) und evtl. des Unterbodens notwendig, um den Boden fachgerecht handzuhaben.

[5] Für feinkörniges Aushubmaterial in B-Materialqualität schwach verschmutzt besteht keine Wiederverwertungsmöglichkeit.

5 Schlussbemerkung

Die in diesem Bericht gemachten Angaben gelten nur für das erwähnte Bauvorhaben. Eine Übertragung der Aussagen auf andere Problemkreise und Bauvorhaben ist nicht zulässig. Die Aussagen beruhen auf Interpretationen aus einzelnen Aufschlüssen. Eine Überprüfung und allfällige Anpassung des Modells bei zusätzlichen Informationen bleiben vorbehalten.

Geotechnisches Institut AG Basel

Dipl.-Ing. Stefanie Mahr von Staszewski Dr.-Ing. Rainer Zeh

Projektbearbeitung
S. Mahr von Staszewski, Dipl.-Bauing. TU/SIA

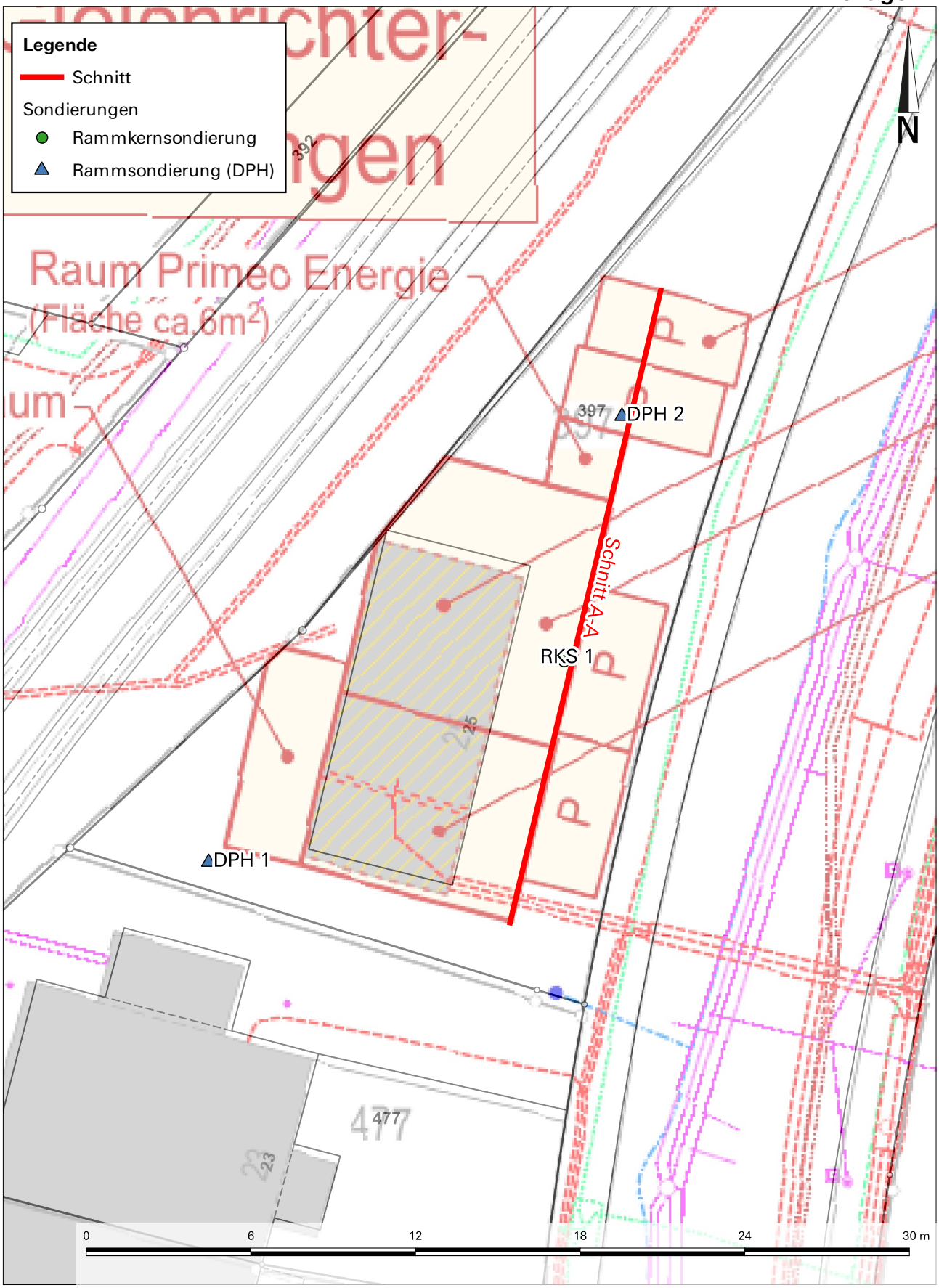
Beilagenverzeichnis

Beilage 1:	Situation mit Sondierstandorten
Beilage 2:	Schnitt A – A mit Baugrundmodell
Beilage 3:	Profile der Kleinsondierungen
Beilage 4:	Erdbebenmikrozonierung
Beilage 5:	Zusammenstellung und Auswertung der Feststoffproben
Beilage 6:	Laborbericht der Feststoffproben

Beilage 1

Situation mit Sondierstandorten

Beilage 1



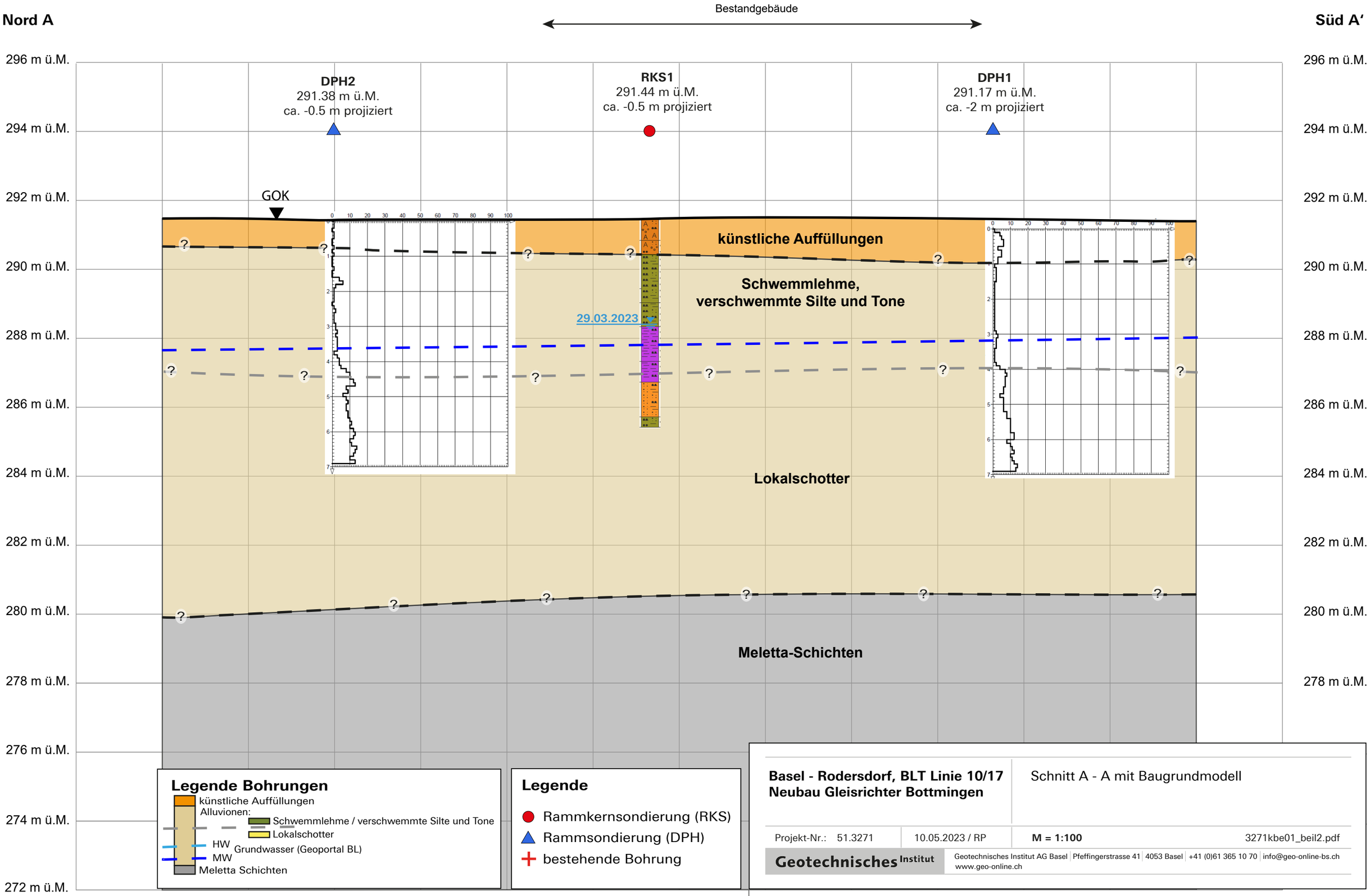
Basel - Rodersdorf, BLT Linie 10/17, Neubau Gleisrichter Bottmingen	Situation mit Sondierstandorten

Projekt-Nr.:	51.3271	05.05.2023 / RP	**M = 1:200**	3271kbe01_beil1.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

Schnitt mit Baugrundmodell


Nord A
Süd A'
Bestandgebäude
296 m ü.M.
294 m ü.M.
292 m ü.M.
290 m ü.M.
288 m ü.M.
286 m ü.M.
284 m ü.M.
282 m ü.M.
280 m ü.M.
278 m ü.M.
276 m ü.M.
274 m ü.M.
272 m ü.M.
DPH2
291.38 m ü.M.
ca. -0.5 m projiziert
RKS1
291.44 m ü.M.
ca. -0.5 m projiziert
DPH1
291.17 m ü.M.
ca. -2 m projiziert
GOK
künstliche Auffüllungen
Schwemmlehme,
verschwemmte Silte und Tone
29.03.2023
Lokalschotter
Meletta-Schichten
Legende Bohrungen
künstliche Auffüllungen
Alluvionen:
Schwemmlehme / verschwemmte Silte und Tone
Lokalschotter
HW
MW
Grundwasser (Geoportal BL)
Meletta Schichten
Legende
Rammkernsondierung (RKS)
Rammsondierung (DPH)
bestehende Bohrung
Basel - Rodersdorf, BLT Linie 10/17
Neubau Gleisrichter Bottmingen
Schnitt A - A mit Baugrundmodell
Projekt-Nr.: 51.3271
10.05.2023 / RP
M = 1:100
3271kbe01_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

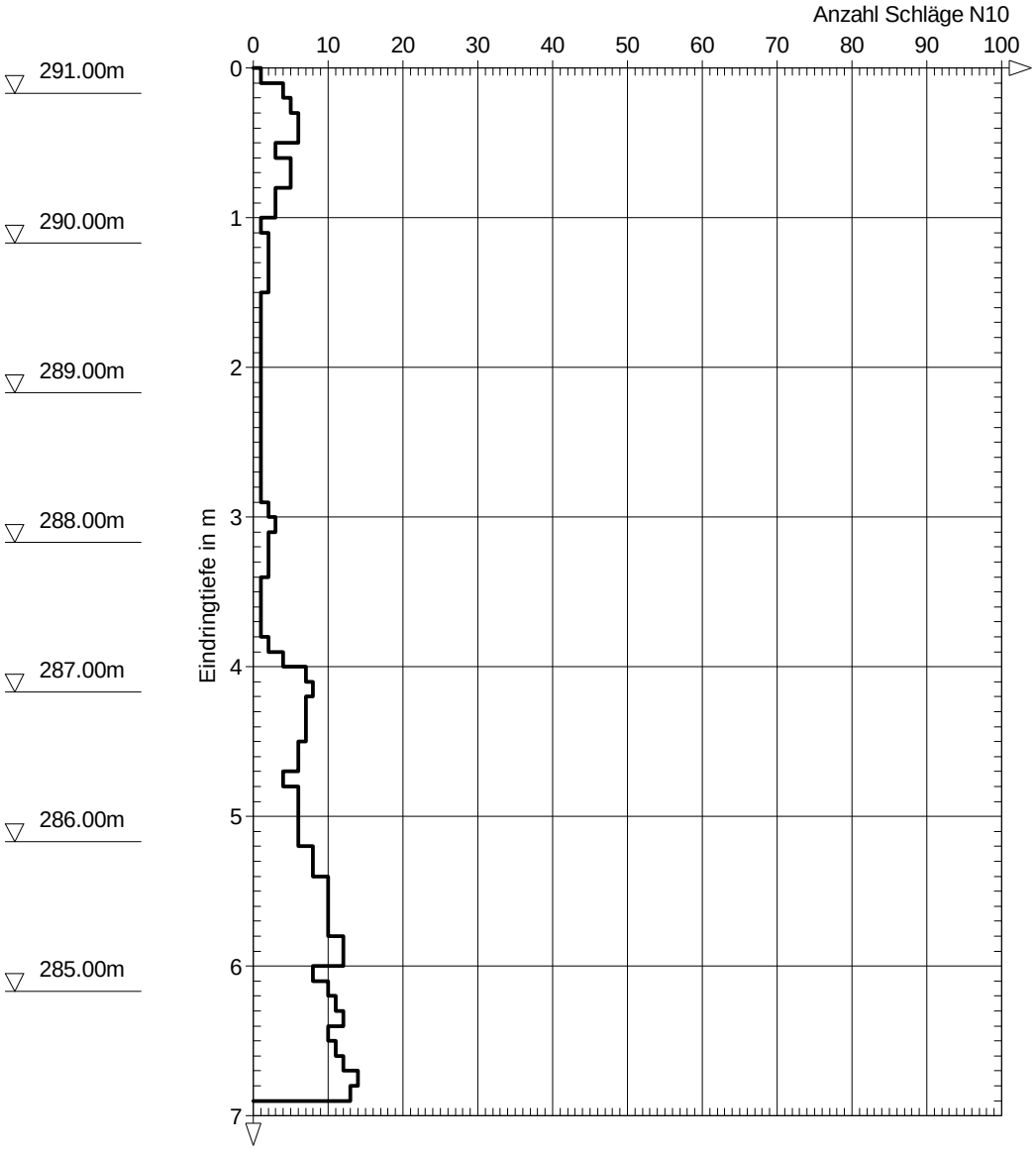
Beilage 3

Profile der Kleinsondierungen

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber:	Geotechnisches Institut AG, Basel
Am Kesselhaus 5	Projekt:	BLT Oberwil, Bottmingen, Rodersdorf
79576 Weil am Rhein	Projektnr.:	6750i
Telefon 07621 / 95664-0	Datum:	29.03.2023
Bohrprofil DIN 4023	Maßstab:	1: 50

DPH 1 - Bottmingen

Ansatzpunkt: 291.17 mNN

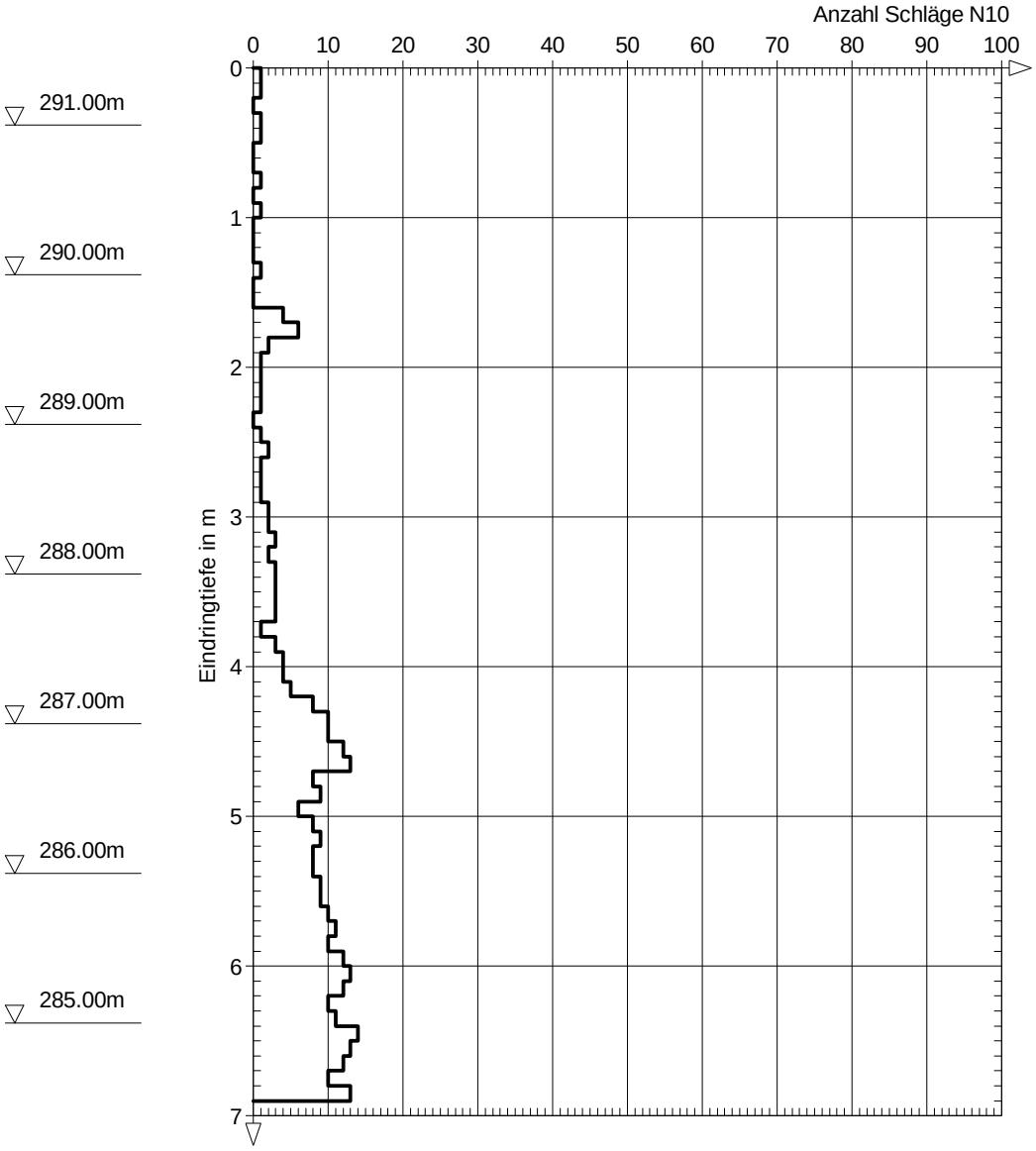


DC

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber:	Geotechnisches Institut AG, Basel
Am Kesselhaus 5	Projekt:	BLT Oberwil, Bottmingen, Rodersdorf
79576 Weil am Rhein	Projektnr.:	6750i
Telefon 07621 / 95664-0	Datum:	29.03.2023
Bohrprofil DIN 4023	Maßstab:	1: 50

DPH 2 - Bottmingen

Ansatzpunkt: 291.38 mNN

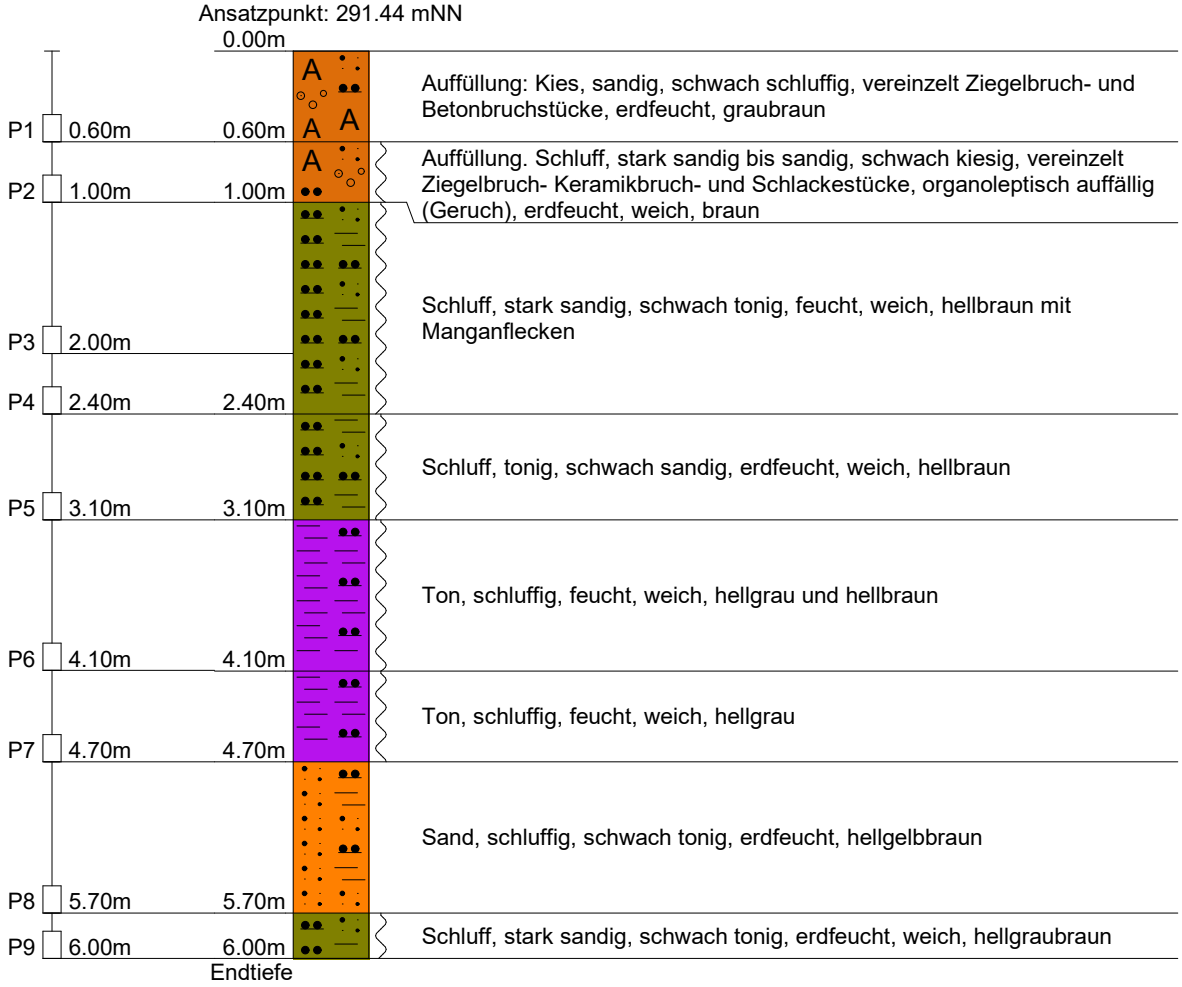


DC

Geotechnisches Institut GmbH	Auftraggeber:	Geotechnisches Institut AG, Basel
Am Kesselhaus 5	Projekt:	BLT Oberwil, Bottmingen, Rodersdorf
79576 Weil am Rhein	Projektnr.:	6750i
Telefon 07621 / 95664-0	Datum:	29.03.2023
Bohrprofil DIN 4023	Maßstab:	1: 50

RKS 1 - Bottmingen

Ansatzpunkt: 291.44 mNN



Wasser bei 3,12 m Tiefe im Bohrloch.

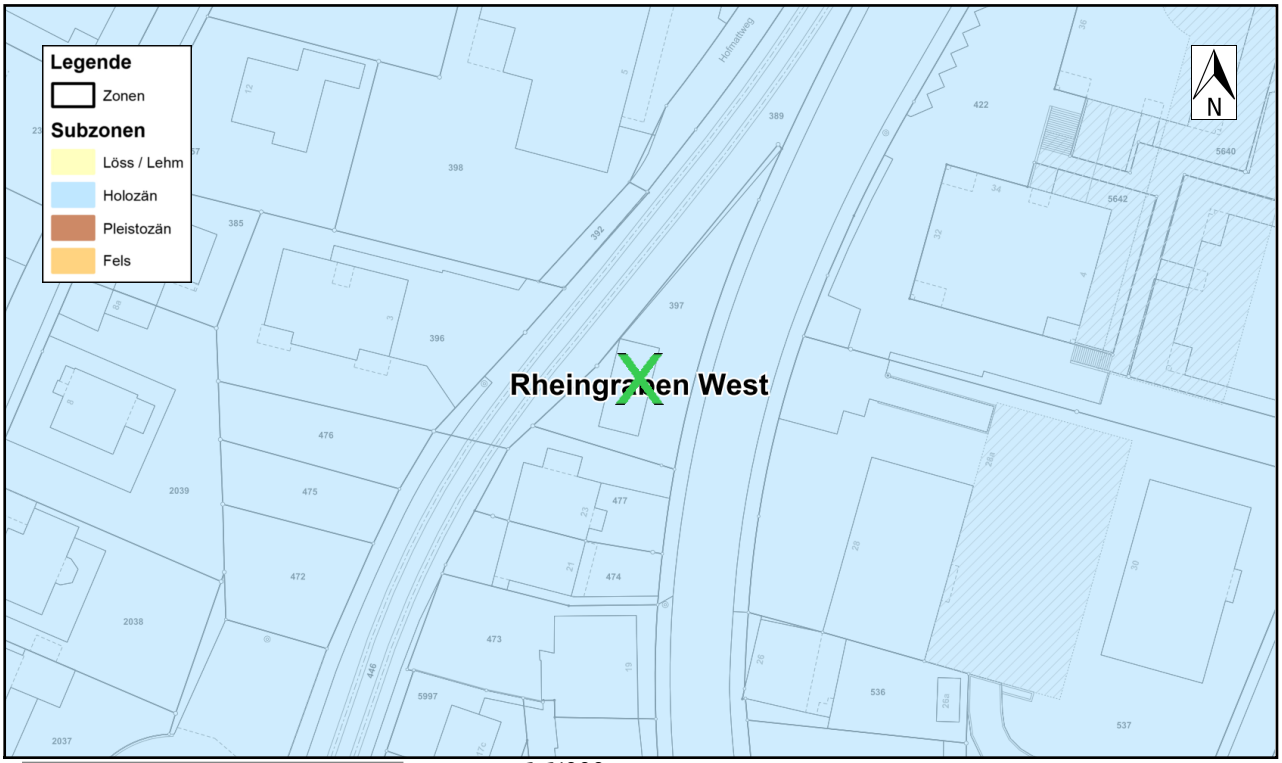
DC

Beilage 4

Erdbebenmikrozonierung

Internet-Auszug
Erdbebenmikrozonierung Region

Standort	2610065.4 / 1263827.1	**Datum**	08. Mai 2023



PK © swisstopo (DV175.PK.4)

Hinweise zum Untergrund:

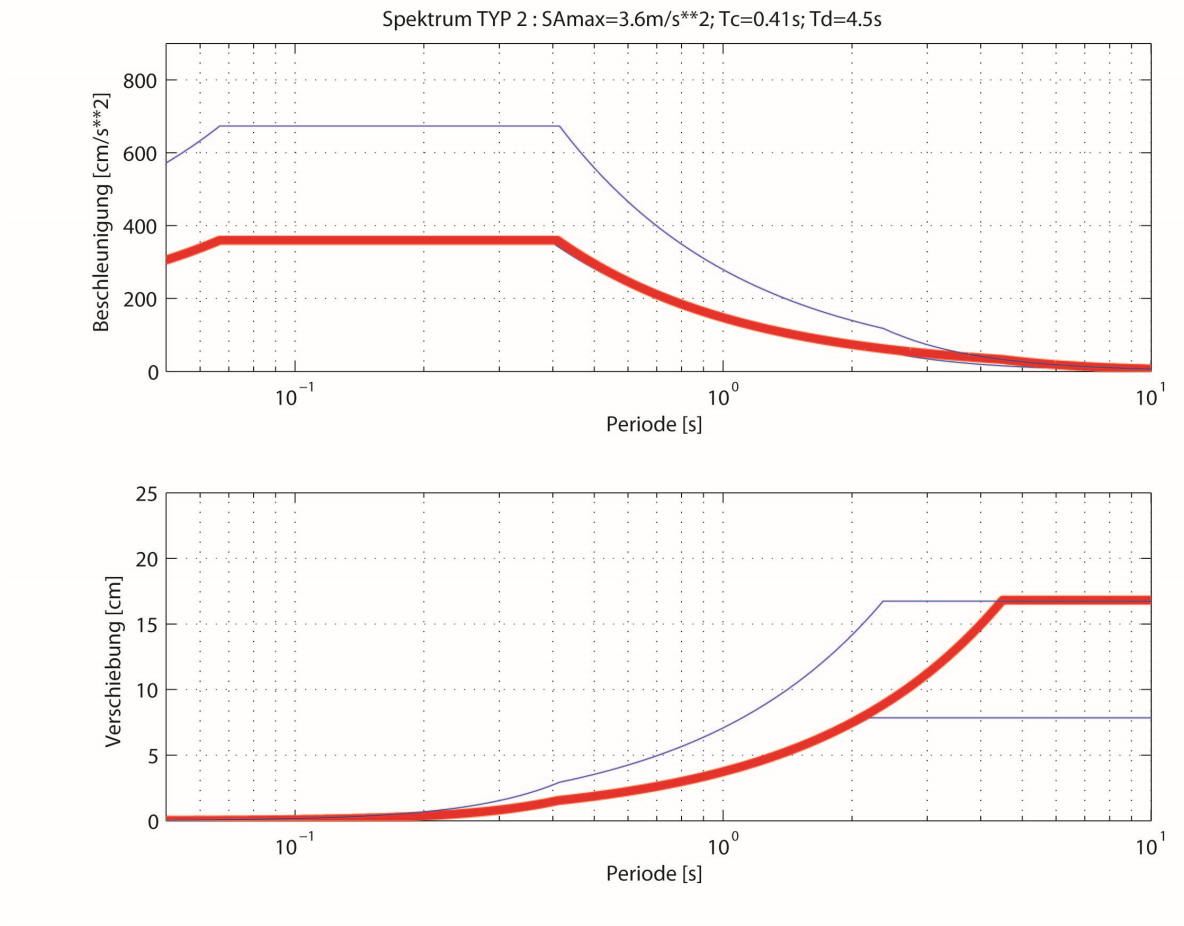
Keine grössere künstliche Auffüllung oder Deponie bekannt

Keine Hanginstabilitäten bekannt

Keine Dolinen bekannt

© 2017 Fachstelle für Geoinformation BS / GIS-Fachstelle BL

Zone	Subzone	S*agd [m/s²]	Sa,max [m/s²]	TB [s]	TC [s]	TD [s]
Rheingraben West	Holozän	1.44	3.6	0.067	0.41	4.5



Die rote Kurve ersetzt das elastische Antwortspektrum des Kapitels Erdbeben der Norm SIA 261 (2020) "Einwirkungen auf Tragwerke". Die Parameterwerte in der oben stehenden Tabelle ersetzen die entsprechenden Werte in Tabelle 24 der Norm SIA 261.

Höhenkoten

Terrainoberfläche:	ca. 291 m ü.M.	Genauigkeit:	± 2 m (BS) / s. unten (BL)
Felsoberfläche:	ca. 278 m ü.M.	Genauigkeit:	± 2 m

Die angegebene Genauigkeit der Terrainoberfläche von BL kann für steiles Gelände bis zu mehreren Metern abweichen; in flachen Gebieten liegt die Genauigkeit bei ± 2 Meter.
Detaillierte Beschreibungen zu den Parametern, Kurven und Genauigkeiten befinden sich im separaten Dokument "Erläuterungen".

Die **bestehende, nicht aktualisierte Mikrozonierung** datiert vom Jahr 2009. **Alle Angaben sind ohne Gewähr.** Jegliche Haftung durch unvollständige und fehlerhafte Daten sowie unsachgemässe Anwendung wird ausgeschlossen.

Hinweis (Stand: Februar 2022):

Bei Verwendung **der bestehenden, nicht aktualisierten Mikrozonierung** ist das empfohlene Vorgehen der Normenkommission SIA 261 vom Mai 2021 (18-05-2021 Publikationsdatum) zu beachten:

«Für die Bestimmung des elastischen Antwortspektrums am betrachteten Standort soll die Umhüllende des Antwortspektrums der nicht aktualisierten Mikrozonierung und des elastischen Antwortspektrums gemäss Norm SIA 261 (Ausgabe 2020) für die entsprechende Erdbebenzone und Baugrundklasse verwendet werden».

© 2017 Fachstelle für Geoinformation BS / GIS-Fachstelle BL

Beilage 5

Zusammenstellung und Auswertung der Feststoffproben

Geotechnisches Institut

Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel

Zusammenstellung und Beurteilung der Feststoffproben

Lokation		Grenzwerte				RKS1	
GI-Probenummer						GI230901	GI230902
Probennummer Labor		Anhang 3 Ziffer 1 A-Material: unver-schmutzt	Anhang 3 Ziffer 2 B-Material: schwach verschmutzt	Anhang 5 Ziffer 2.3 B-Material: verschmutzt	Anhang 5 Ziffer 5.2 E-Material: verschmutzt	M2304-02320	M2304-02321
Datum der Probenahme						29.03.2023	29.03.2023
Geologische Einteilung						k.A.	k.A.
Entnahmetiefe	m					0 - 0.6	0.6 - 1.0
Arsen	mg/kg TS	15	15	30	50	<15	<15
Blei	mg/kg TS	50	250	500	2000	32	81
Cadmium	mg/kg TS	1	5	10	10	<0.5	<0.5
Chrom gesamt	mg/kg TS	50	250	500	1000	25	40
Kupfer	mg/kg TS	40	250	500	5000	23	37
Nickel	mg/kg TS	50	250	500	1000	16	30
Quecksilber	mg/kg TS	0.5	1	2	5	0.2	0.3
Zink	mg/kg TS	150	500	1000	5000	66	100
MKW (C_{10}-C_{40})	mg/kg TS	50	250	500	5000	<20	<20
PAK (EPA):							
Naphthalin	mg/kg TS	-	-	-	-	<0.02	<0.02
Acenaphthylen	mg/kg TS	-	-	-	-	0.043	0.095
Acenaphthen	mg/kg TS	-	-	-	-	<0.02	<0.02
Fluoren	mg/kg TS	-	-	-	-	<0.02	<0.02
Phenanthren	mg/kg TS	-	-	-	-	0.079	0.2
Anthracen	mg/kg TS	-	-	-	-	0.035	0.092
Fluoranthen	mg/kg TS	-	-	-	-	0.25	0.54
Pyren	mg/kg TS	-	-	-	-	0.21	0.47
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	-	-	-	-	0.15	0.3
Chrysen	mg/kg TS	-	-	-	-	0.17	0.35
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	-	-	-	-	0.17	0.37
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	-	-	-	-	0.077	0.18
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.3	1.5	3	10	0.19	0.4
Dibenz(a,h)anthracen	mg/kg TS	-	-	-	-	0.023	0.065
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TS	-	-	-	-	0.16	0.29
Indeno(1,2,3-c,d)pyren	mg/kg TS	-	-	-	-	0.15	0.27
Σ 16 PAK (EPA)	mg/kg TS	3	12.5	25	250	1.7	3.6
Fremdanteil	GW%	<1	1-5	>5		1-5	>5
Beurteilung nach VVEA							
Ergänzende Hinweise:							
Farbliche Auffälligkeiten						-	-
Geruchliche Auffälligkeiten						-	auffällig
Weiteres						-	u.a. Schlacke
Abschliessende Beurteilung							

[1] Grenzwerte gemäss Genehmigung des BAFU 02. März 2018

Legende

A-Material: unverschmutzt. Anforderungen VVEA Anhang 3 Ziff. 1 eingehalten

B-Material: schwach verschmutzt. Anforderungen VVEA Anhang 3 Ziff. 2 eingehalten

B-Material: verschmutzt. Anforderungen VVEA Anhang 5 Ziff. 2.3 eingehalten

E-Material: stark verschmutzt. Anforderungen VVEA Anhang 5 Ziff. 5.2 eingehalten

> E-Material: sehr stark verschmutzt. Anforderungen VVEA Anhang 5 Ziff. 5.2 überschritten

k.A. = künstliche Auffüllung

g.T. = gewachsenes Terrain

Beilage 6

Laborbericht der Feststoffproben

ANALYSEN-BERICHT

econetta

Geotechnisches Institut AG Basel
Herr Denis Guske
Pfeffingerstrasse 41
4053 Basel

Econetta AG
Ifangstrasse 11
CH-8952 Schlieren ZH

T +41 44 732 92 92
labors@econetta.com
econetta.com

MWSt-Nr. / VAT-Nr.:
CHE-106.032.424 MWST

Schlieren, 12. April 2023

Projekt:	51.3271 BLT Gleichrichter
Auftragsnummer:	A23-00532
Datum Auftrag:	5. April 2023
Datum Analysen:	5. - 12. April 2023

Untersuchungsauftrag

Anzahl Proben 2

Parameter	Anz.	Bestimmungsmethode	SOP-Nr.
Probenvorbereitung	2	Trocknen, Brechen, Mahlen	ACH-0049
Schwermetall Screening	2	ICP-OES (Hg AAS)	Drittlabor *
Summe nachgewiesene PAK	2	GC-MS	ACH-0178
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	2	Aceton-Extrakt, GC-FID	ACH-0149

Bemerkungen

Die mit einem * markierten Prüfungen sind nicht im Geltungsbereich der Akkreditierung nach ISO/IEC 17025. Drittlaboranalysen werden, falls nicht anders erwähnt, von akkreditierten Labors unter ISO/IEC 17025 durchgeführt.
Ohne gegenteilige schriftliche Mitteilung werden Feststoffproben sechs Monate und Wasserproben zwei Monate nach Probeneingang entsorgt.
Die angegebenen Messwerte beziehen sich ausschliesslich auf die bezeichneten Proben. Angaben zu den Prüfspezifikationen (Bestimmungsgrenze, Messunsicherheit) können auf Anfrage abgegeben werden. Der Bericht darf auszugsweise nur mit schriftlicher Zustimmung des Labors vervielfältigt werden.
Dieser Bericht wurde mit einer im Informationssystem elektronisch gesicherten Unterschrift visiert und stellt somit einen gültigen Originalbericht dar.

Resultate

siehe nächste Seite(n).

Dr. Andreas Küchler
Umweltanalytik

Auftraggeber	Geotechnisches Institut AG Basel
Projekt	51.3271 BLT Gleichrichter
Auftrag Nr.	A23-00532
Datum Bericht	12.04.2023

Probenbezeichnung		RKS1 - Bottmingen - GI230901	RKS1 - Bottmingen - GI230902				
Tiefe		0.00-0.60 m	0.60-1.00 m				
Datum Probenahme							
Interne Probenbezeichnung		M2304-02320	M2304-02321				
Datum Probeneingang		05.04.2023	05.04.2023				
Probenart		Feststoff	Feststoff				
Allgemeine Angaben / Probenvorbereitung							
Analysen gemäss		VVEA	VVEA				
Trocknung	°C	40	40				
Probemenge	kg	0.54	0.39				
Screening Elemente							
Arsen	mg/kg TS	<15	<15				
Blei	mg/kg TS	32	81				
Cadmium	mg/kg TS	<0.5	<0.5				
Chrom	mg/kg TS	25	40				
Kobalt	mg/kg TS	<10	<10				
Kupfer	mg/kg TS	23	37				
Molybdän	mg/kg TS	<5	<5				
Nickel	mg/kg TS	16	30				
Quecksilber	mg/kg TS	0.20	0.30				
Zink	mg/kg TS	66	100				
PAK							
Summe nachgewiesene PAK	mg/kg TS	1.7	3.6				
Naphthalin	mg/kg TS	<0.02	<0.02				
Acenaphthylen	mg/kg TS	0.043	0.095				
Acenaphthen	mg/kg TS	<0.02	<0.02				
Fluoren	mg/kg TS	<0.02	<0.02				
Phenanthren	mg/kg TS	0.079	0.20				
Anthracen	mg/kg TS	0.035	0.092				
Fluoranthen	mg/kg TS	0.25	0.54				
Pyren	mg/kg TS	0.21	0.47				
Benzo(a)anthracen	mg/kg TS	0.15	0.30				
Chrysen	mg/kg TS	0.17	0.35				
Benzo(b)fluoranthen	mg/kg TS	0.17	0.37				
Benzo(k)fluoranthen	mg/kg TS	0.077	0.18				
Benzo(a)pyren	mg/kg TS	0.19	0.40				
Indeno(1,2,3-cd)pyren	mg/kg TS	0.15	0.27				
Dibenzo(a,h)anthracen	mg/kg TS	0.023	0.065				
Benzo(g,h,i)perylen	mg/kg TS	0.16	0.29				
Organische Summenparameter							
Kohlenwasserstoffindex C10-C40	mg/kg TS	<20	<20				