



Gemeinden Baar / Menzigen

Alte Lorzentobelbrücke

BW 1704-0005

Auflageprojekt Instandsetzung

Geologische Baugrunduntersuchungen

Widerlager Ost



Der Kantonsingenieur:

Plan-Nr: 1704-0005.Wy
Datum: 15.11.2021
Rev.: -
Visum: G. Wyssling

Auftrag-Nr.: 2000768
Planformat: A4
Massstab: -

Planer: Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG, Lohzelgstrasse 5, 8118 Pfaffhausen

Bauherr: Tiefbauamt Kantons Zug, Aabachstrasse 5, 6300 Zug

Tiefbauamt Kanton Zug, Abt. Brückenbau

**Menzingen / ZG. Instandsetzung der alten Lorzentobelbrücke
Geologische Baugrunduntersuchung im Bereich
des rechten (östlichen) Brückenwiderlagers**

mit 5 Beilagen

23. Juli 2015

Bericht-Nr. 2015.4106

GEOLOGISCHES BÜRO DR. LORENZ WYSSLING AG

Beratung und Expertisen in Grundwasserfragen,
Umweltgeologie, Geotechnik und Rohstoffprospektion
Georg Wyssling, Dr.phil.II, Geologe
Paul Felber, Dr.sc.nat., Geologe ETH/SIA

Lohzelgstrasse 5
8118 Pfaffhausen/ZH
Telefon 044 825 30 56
Telefax 044 825 30 75

GEOLOGISCHES BÜRO DR. LORENZ WYSSLING AG

Beratung und Expertisen in Grundwasserfragen,
Umweltgeologie, Geotechnik und Rohstoffprospektion

Georg Wyssling, Dr.phil.II, Geologe
Paul Felber, Dr.sc.nat., Geologe ETH/SIA

Lohzelgstrasse 5
8118 Pfaffhausen/ZH
Telefon 044 825 30 56
Telefax 044 825 30 75

E-mail: wyssling.ag@bluewin.ch
Objekt-Nr.2015.4106

Menzingen / ZG. Instandsetzung der alten Lorzentobelbrücke. Geologische Baugrunduntersuchung im Bereich des rechten (östlichen) Brückenwiderlagers.

Inhalt

1. Einleitung	2
1.1 Veranlassung und Auftrag	2
1.2 Ausgeführte Arbeiten	2
1.3 Verwendete Unterlagen, frühere Berichte	3
2. Hydrogeologische Übersicht.....	4
3. Untergrundverhältnisse beim rechten Brückenwiderlager	5
3.1 Schichtaufbau	5
3.2 Grundwasser	6
4. Untergrundverhältnisse bei der Stützmauer	8
4.1 Schichtaufbau	8
4.2 Grundwasser	8
4.3 Stützmauer	8
5. Bautechnische Verhältnisse	9
5.1 Baugrundwerte	9
5.2 Grundwasser	9
5.3 Grundwasserschutz, Empfehlungen.....	10

Beilagen

1. Situation 1:1'000 mit Lage der Sondierstellen
2. Hydrogeologisches Profil A 1:200, rechtes Brückenwiderlager
3. Hydrogeologisches Profil B 1:100, Stützmauer
- 4.1-4.2 Resultate Markiersuch
- 5.1 – 5.3 Bohrprofile KB1b, KB2, KB3

Auftraggeber

Baudirektion des Kantons Zug, Tiefbauamt BrückenbauAabachstrasse 56300 Zug

Projektingenieur

ewp AG Ingenieure / Planer / Geometer, Rikonerstrasse 41, 8307 Effretikon

1. Einleitung

1.1 Veranlassung und Auftrag

Im Zusammenhang mit der Sanierung und Instandsetzung der alten Lorzentobelbrücke werden von Projektingenieur M. Amsler (Ingenieurbüro ewp AG, Effretikon) detaillierte Kenntnisse über die örtlichen Untergrundverhältnisse im Bereich des östlichen Brückenwiderlagers benötigt.

Vom Tiefbauamt des Kantons Zug, Abteilung Brückenbau wurde das Geologische Büro Dr. Lorenz Wyssling AG beauftragt, die hydrogeologischen Untergrundverhältnisse im Bereich des rechten (östlichen) Brückenwiderlagers der alten Lorzentobelbrücke abzuklären, gemäss unserem Untersuchungsprogramm mit Aufwandschätzung vom 21.5.2015.

1.2 Ausgeführte Arbeiten

- **Johann Bohrtech AG, Rotkreuz**
Ausführen von 3 Kernbohrungen KB1b(2015), KB2(2015) und KB3(2015) zu 10.0m bis 17.0m Tiefe, im Juni 2015. Durchführen von 5 Einspülversuchen, und von 7 SPT zur Bestimmung der Lagerungsdichte des Untergrundes. Einbau eines Filterrohres in KB2, Verfüllen der Bohrlöcher, oben mit Betonzapfen.
- **Ingenieurbüro ewp AG, Effretikon**
Technische Bauleitung der Sondierarbeiten, Festlegen der Bohrstandorte, Einmessen und Nivellieren der Bohrstandorte.
- **Durchführung eines Markierversuches** in KB2 zur Bestimmung der Durchlässigkeit des Untergrundes im unmittelbaren Nahbereich der Stollenfassung O der Wasserwerke Zug AG. Organisation und Durchführung des Markierversuches durch das Geologische Büro Dr. Lorenz Wyssling AG am 22.6.2015. Probenahmen vom 22.6. bis 3.7.2015 in den Quellen O und M, total 42 Probenahmen durch Mitarbeiter der WWZ. Liefern der Markiersubstanz und Durchführung der fluorometrischen Analysen im Speziallabor Dr. H. Otz, Bellmund.
- **Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG, Pfaffhausen**
Erstellen eines geologischen Untersuchungsprogrammes, Einholen von Offerten für die Bohrarbeiten. Gewässerschutzrechtliches Gesuch für die Bohrarbeiten. Geologische Leitung der Bohrarbeiten. Aufnehmen und Aufzeichnen der Sondierbefunde. Geologische Geländeaufnahme. Darstellen der Befunde im vorliegenden schriftlichen Bericht mit Planbeilagen.

Tabelle 1: Sondierungen

Sondierung-Nr.	OKT m ü.M.	Sondiertiefe m	Ausbau der Bohrung, durchgeführte Versuche
KB1.b(2015)	601.69	14.50	Bohrloch verfüllt oben 3.5m Tonabdichtung und 0.5m Beton-Zapfen. 2 SPT, 3 Einspülversuche
KB2(2015)	602.15	17.00	Für Markierversuch Einbau 2-Zoll Filterrohr bis 15m Tiefe (7m Vollrohr, 8m Filter). Anschliessend Bohrloch verfüllt oben 5.5m Tonabdichtung und 0.5m Beton-Zapfen. 2 SPT, 2 Einspülversuche
KB3(2015)	604.82	10.00	Bohrloch verfüllt oben 0.5m Beton-Zapfen. 3 SPT.

1.3 Verwendete Unterlagen, frühere Berichte

- (1) Kanton Zug, Bauamt. Str.128 Lorzentobelbrücke. Bericht über den Zustand und die Umbaumöglichkeiten, Oktober 1960, Ingenieurbüro Hans Eichenberger, Zürich.
- (2) Kantonales Bauamt Zug. Kantonsstrasse 128a 11, Teilstrecke Talacher-Nidfuren. Sondierbohrung Nr.53. Bohraufnahme Geotechnisches Büro Dr.A.von Moos, Zürich, 24.6.1970.
- (3) Menzingen / ZG. Wasserversorgung Zürich, Wasserwerke Zug AG. Hydrogeologischer Bericht zur Ausscheidung der Grundwasserschutzzonen für die Quellen Schmidlenwald-Lorzetobel, mit 1 Beilage, vom 22.2.2008. Bericht Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG, Pfaffhausen.
- (4) Menzingen / ZG. WWZ Wasserwerke Zug AG. Quelfassungsstollen O. Geologische Stollenaufnahme. Hydrogeologischer Bericht, mit 1 Anhang, vom 10.8.2009. Bericht Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG, Pfaffhausen.
- (5) Kanton Zug, Gemeinde Menzingen/Baar. Kantonstrasse 381. Alte Lorzentobelbrücke BW414.06. Übersichtsplan (Situation 1:200, Ansicht 1:200, Querschnitte 1:100), Plan-Nr. 11038-1B, datiert 23.8.2013.
- (6) Tiefbauamt des Kantons Zug. Menzingen / ZG. Kantonsstrasse oberhalb alter Lorzentobelbrücke. Sicherung Rutschhang. Neubau Stützmauer. Geologische Baugrunduntersuchung, mit 7 Beilagen, vom 27.9.2013. Bericht Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG, Pfaffhausen.
- (7) Tiefbauamt des Kantons Zug, Abt. Brückenbau. Menzingen / ZG. Instandsetzung der altenlorzentobelbrücke. Hydrogeologische Verhältnisse, mit 2 Beilagen, vom 15.5.2015. Bericht Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG, Pfaffhausen.
- (8) Menzingen / ZG. Sanierung rechtes Brückenwiderlager der alten Lorzentobelbrücke. Gesuch um eine gewässerschutzrechtliche Bewilligung für Bohrungen in der Grundwasserschutzzone der Lorzentobelquellen, mit 3m Beilagen, vom 22.5.2015. Bericht Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG, Pfaffhausen.

- (9) Bauen in Grundwasserschutzzonen. Gewässerschutzrechtliche Bewilligung an das kantonale Tiefbauamt für die Erstellung von zwei Kernbohrungen und die Durchführung eines Markiersversuches als Baugrundabklärung zur Sanierung des Widerlagers der alten Lorzentobelbrücke, Gemeinde Menzingen, vom 26.5.2015, Baudirektion Kanton Zug, Amt für Umweltschutz.

Karten

- (10) Geologische Karte des Lorzentobel-Sihlsprung-Gebietes (Kt. Zug) 1:25'000, aufgenommen 1910 und 1911 von Roman Frei. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, neue Folge Lfg. XXXVII Taf. III, Spezialkarte No.70 – 1912.
- (11) Geologischer Atlas der Schweiz 1 : 25'000, Blatt 1131 Zug (Atlasblatt 89), Landeshydrologie und –geologie, 1990.
- (12) Grundwasserkarte Kanton Zug 1 : 25'000, Amt für Umweltschutz Zug (2014)
- (13) Gewässerschutzkarte Kanton Zug 1 : 25'000, Amt für Umweltschutz Zug (Ausgabe 2004)

2. Hydrogeologische Übersicht

Gegen Ende der letzten Eiszeit wurde mit dem Abschmelzen des Reuss-Gletschers das Gebiet des heutigen Lorzentales eisfrei. Infolge der dadurch zunehmend tieferliegenden Vorflut wurde die Erosion durch die aus dem noch eisbedeckten Ägerital von der Gletscherfront abfliessende Lorze verstärkt. Dabei wurde zwischen Neuägeri und der Höll der tiefe und enge Talabschnitt des oberen Lorzentales geschaffen.

Im engen Talabschnitt bei der Tobelbrücke wurden durch die Erosion der Lorze die zu Naggelfluh verkitteten Lorzen-Schotter und darunter folgend ältere Moränenschichten und Seeablagerungen freigelegt. Nacheiszeitlich wurde der aus Moräne bestehende mittlere und untere Tobelhang mit kiesigem Hangschutt überdeckt.

Auf der östlichen Talseite des Lorzentobels sind im Abschnitt der alten Lorzentobelbrücke insgesamt **vier** übereinander liegende **Grundwasserstockwerke** vorhanden.

Bei der alten Lorzentobelbrücke liegt die Talsohle des Lorzentobels im Niveau von sehr kompakt gelagerten, glazialen Seeablagerungen mit geringmächtigen Einschaltungen von Moränenmaterial. Die Oberfläche der glazialen Seeablagerungen weist ein beachtliches Relief auf. Darüber folgt der grundwasserführende Lorzen-Schotter, welcher durch horizontal eingelagerte undurchlässige Moränen- und Sandschichten in mehrere übereinander liegende, sich z.T. seitlich verfingernde Schotterkörper unterteilt wird. Dies führt zur Bildung von mehreren übereinander liegenden Grundwasservorkommen, welche durch undurchlässige Moränenschichten hydraulisch getrennt sind. In der Grundwasserkarte des Kantons Zug (Ref.12) sind diese einander überlagernden Grundwasservorkommen dargestellt. Über dem Lorzen-Schotter folgen ab ca. Kote 610m ü.M. praktisch undurchlässige geschichtete siltig-tonige Sande mit geringmächtigen Kieslagen, welche nur mässig Grundwasser führen. Darüber folgen die letzteiszeitlichen Moränenablagerungen.

Das im Lorzen-Schotter aus östlicher Richtung zufließende Grundwasser wird in zahlreichen, in Stollen angelegten Quelfassungen gefasst und zur kommunalen Trinkwasserversorgung

genutzt. Die Lage der einzelnen Fassungstollen und die dazugehörenden Grundwasserschutzzonen sind im Situationsplan 1:1'000 (Belage 1) angegeben.

3. Untergrundverhältnisse beim rechten Brückenwiderlager

vgl. hydrogeologisches Profil A (Beilage 2)

3.1 Schichtaufbau

Der geologische Schichtaufbau in der rechten Lorzentobel-Flanke beim Widerlager der alten Lorzentobelbrücke ist im hydrogeologischen Profil 1:200, **Beilage 2** dargestellt. Die geologische Grundlage für das hydrogeologische Profil bilden die neuen Bohrungen KB1(2015) und KB2(2015), örtliche Baugrundbefunde (Ref.1, 2), Aufnahmen der Quelfassungstollen (Ref.4), hydrogeologische Untersuchungen im Zusammenhang mit der Ausscheidung der Grundwasserschutzzonen für die Quellen im Lorzentobel (Ref.3) und unsere geologischen Feldaufnahmen vom Mai und Juni 2015. Die geologischen Bohrprofile der Bohrungen KB1b, KB2 und KB3, mit Auswertung der Standard Penetration Tests SPT und den durchgeführten Einspülversuchen sind in den Beilagen 5.1 bis 5.3 dokumentiert. Bei den im Übersichtsplan „Alte Lorzentobelbrücke BW414.06“ (Ref.5) angegebenen Höhenkoten handelt es sich um die alten Höhen, welche verglichen mit den neuen (aktuellen) Koten entsprechend um 3.26m zu hoch sind. Die Höhenlage der Lorzentobelbrücke haben wir im Profil den neuen Höhenkoten angepasst.

Beim rechten (östlichen) Brückenwiderlager der alten Lorzentobelbrücke liegt von oben nach unten folgender Schichtaufbau vor (siehe Beilage 2):

a) **Auffüllung**

im Profil weiss belassen

Unter dem Schwarzbelag (stark PAK-haltiger Steinkohleteer) folgt der kiesige Schotterkoffer und darunter ab 0.6m bzw. 0.8m locker gelagertes, sehr heterogen zusammengesetztes Auffüllmaterial aus Steinen, Blöcken, sandigem Kies und Sand.

b) **Hanglehm und Hangschutt**

im Profil mit hellrosa koloriert

In beiden Bohrungen KB1b und KB2 wurde ab 1.75m bzw. 4.30m Tiefe der frühere Boden, bestehend aus locker gelagertem Hanglehm erbohrt. Dabei handelt es sich um einen olivgrauen, siltigen Ton und siltig-tonigen Sand mit Holz- und Wurzelresten. Im unteren Teil folgt kiesiger Hangschutt. Die Mächtigkeit des Hanglehm- und Hangschutt-Ablagerungen beträgt 1.5 bis 2.25 m. Die Obergrenze der Hanglehm-Ablagerungen steigt mit ca. 18° in östlicher Richtung hangaufwärts an.

c) **Lorzen-Schotter**

im Profil weiss belassen

Unter dem kiesigen Hangschutt folgt der Lorzen-Schotter. Dabei handelt es sich um einen sandigen, wenig siltigen Kies mit leicht bis mässig verkitteten Horizonten. In den kiesigen Schotter eingelagert sind Sandlinsen und kiesige Steinlagen. Ein guter Schotteraufschluss befindet sich

unmittelbar am Ostende der Brücke beim Spielplatz. Der kompakt gelagerte Lorzen-Schotter zeichnet sich im SPT durch hohe N_{15} -Werte von >50 aus.

d) glaziale Seeablagerungen, siltig-sandig, kompakt
im Profil mit beige koloriert

Unten dem Lorzen-Schotter folgen in beiden Bohrungen KB1b und KB2 um Kote 588 m ü.M. glaziale Seeablagerungen, bestehend aus einer Wechsellagerung von siltigem Sand und Sand, vereinzelt mit wenig Kies. In einzelnen Sandschichten treten kleine, verkalkte „Knauersandsteinartige“ Linsen und dünne Lagen auf. Die glazialen Seeablagerungen sind vorbelastet und weisen dem entsprechend eine hohe Lagerungsdichte auf.

In westlicher Richtung werden die glazialen Seeablagerungen von grobblockiger Moräne unterlagert. Diese Moräne ist im steilen Tobelhang oberhalb des Einganges der Stollen-Quelle O der WWZ aufgeschlossen.

3.2 Grundwasser

Der Lorzen-Schotter ist ein sehr bedeutender regionaler **Grundwasserleiter**. Das aus östlicher bis südöstlicher Richtung im tieferen Untergrund in den gut durchlässigen, rinnenartig angeordneten Schottern zufließende, qualitativ einwandfreie Grundwasser wird auf der rechten (östlichen) Lorzentobelseite in zahlreichen, in Stollen angelegten Quelfassungen gefasst und der Trinkwassernutzung nach Zug bzw. nach Zürich zugeleitet. Die Lage der Fassungen ist im Situationsplan 1:1'000 (Beilage 1) angegeben. Südlich des rechten Brückenwiderlagers befinden sich die tiefer liegenden Fassungstollen der Quelle F (mittlere Quellschüttung: 2'100 l/min) und die Quellen M_{1-3} (mittlere Quellschüttung: 910 l/min). Unmittelbar unter der Brücke befindet sich der Stolleneingang zum hangparallel angelegten Fassungstollen der Quelle O (mittlere Quellschüttung: 170 l/min).

Das rechte Widerlager der alten Lorzentobelbrücke liegt in der Grundwasserschutzzone S2 und teilweise in der Grundwasserschutzzone S3. Die Begrenzung der **Grundwasserschutzzonen** ist in der Beilage 1 angegeben. Der mittlere und westliche Teil der Brücke liegt ausserhalb der Grundwasserschutzzonen im Gewässerschutzbereich A_u .

Mit den beiden Bohrungen KB1b(2015) und KB2(2015) wurde der obere Grundwasserleiter des obersten der vier Grundwasserstockwerke im Lorzen-Schotter erbohrt. Dieser wurde in den Bohrungen KB1b(2015) und KB2(2015) nicht wasserführend angetroffen, evtl. infolge lokaler Verkittung des Grundwasserleiters oder Hochlage des Stauers (?).

Das nächst tieferliegende, durch eine nur gering durchlässige Schicht aus glazialen Seeablagerungen und Moräne vom obersten Grundwasserstockwerk getrennte Grundwasserstockwerk im Lorzen-Schotterkomplex beherbergt die Stollenfassung O der WWZ. Zum Schutz des genutzten Grundwassers wurden die beiden Bohrungen KB1b(2015) und KB2(2015) nicht bis in dieses tieferliegende Stockwerk der Quelle O abgeteuft, sondern im Niveau der darüber liegenden, praktisch undurchlässigen Schicht aus glazialen Seeablagerungen und Moräne eingestellt. Siehe Hydrogeologisches Profil A, Beilage 2.

Zwecks Beurteilung einer allfälligen Gefährdung der Quellen O und M durch die projektierten Bauarbeiten, namentlich durch die zur Rückverankerung des Brückenwiderlagers erforderlichen Ankerbohrungen, wurden in der Bohrung KB2(2015) Einspülversuche sowie ein Markierversuch durchgeführt. Die im unverrohrten Bohrloch von KB1b(2015) und KB2(2015) durchgeführten

fünf Absenkversuche ergaben für das getestete oberste Lorzen-Schotter-Grundwasserstockwerk durchwegs geringe Durchlässigkeiten von $0.22 \cdot 10^{-5}$ bis $2.5 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Resultate Absenkversuche

Bohrung-Nr. Versuch-Nr.	Offene, unverrohrte Bohrloch- strecke im Lorzen-Schotter		Durchlässigkeit (k-Wert)
	von m u.T.	bis m u.T.	m/s
KB1b AVS-Nr.1	6.00	7.10	$2.5 \cdot 10^{-5}$
KB1b AVS-Nr.2	10.00	11.20	$1.7 \cdot 10^{-5}$
KB1b AVS-Nr.3	11.00	14.40	$0.22 \cdot 10^{-5}$
KB2 AVS-Nr.1	6.00	2.27	$1.4 \cdot 10^{-5}$
KB2 AVS-Nr.2	9.00	11.00	$1.08 \cdot 10^{-5}$

Markierversuch

Zur Abklärung ob zwischen dem obersten Lorzen-Schotter beim rechten Brückenwiderlager und dem darunter folgenden, grundwasserführenden Lorzen-Schotter eine hydraulische Verbindung vorhanden ist, wurde ein Markierversuch durchgeführt. Die Resultate des Markierversuches sind in Beilage 4 dokumentiert.

Durchführung Markierversuch: Der Markierversuch wurde am 22.6.2015 ab 8:30 durchgeführt. Die Impfung des Markierstoffes (100 g Eosin) erfolgte in KB2. Der Markierstoff wurde in das in bis 15m Tiefe hinabreichende Filterrohr eingegeben und mit 1000 Liter Wasser eingespült. Die Versickerung im Bohrloch war sehr gut; um 12 Uhr war das Bohrloch bereits wieder trocken, d.h. alles eingespülte Wasser war im Untergrund versickert. Während der zweiwöchigen Probenahmezeit wurden das Wasser aus dem Stollen O sowie der Gesamtabfluss der Lorzentobelquellen WWZ täglich beprobt. Im Gesamtabfluss ist die sehr ergiebige Quellgruppe M und auch die Quelle O enthalten. Während des Markierversuches lag die Quellschüttung der Quelle O bei 170 l/min, der Gesamtabfluss bei 1780 l/min.

Resultat des Markierversuches: Bereits in der ersten Probe, d.h. **2.5 Stunden** nach Beginn des Markierversuches konnte der eingegebene Markierstoff in hoher Konzentration sowohl in der Quelle O wie auch im Gesamtabfluss der Quellen Lorzentobel, enthaltend Quelle M, nachgewiesen werden (vgl. Diagramm in Beilage 4.2). Bis zum Ende des zweiwöchigen Markierversuches konnten 82% des eingegebenen Markierstoffes nachgewiesen werden. Der sehr schnelle Ersteinsatz und die hohe Farbstoffkonzentration zeigen, dass zwischen der Eingabestelle und den beprobten Quellen eine kurzschlussartige Verbindung mit sehr schnellen Fließwegen vorhanden sein muss. Derartig schnelle Fließwege lassen sich nur mit **offenen Kluftsystemen** erklären. Solche talparallel verlaufende, steil stehende Kluftsysteme sind im Lorzentobel z.B. aus der 300m langen Kohlbodenfassung bekannt. Es muss deshalb gefolgert werden, dass auch hier beim rechten Widerlager der Lorzentobelbrücke im Untergrund talparallel verlaufende, steil stehende, offene Klüfte vorhanden sind, welche den verkitteten Lorzen-Schotter, die glazialen Seeablagerungen und die kompakten Moränenschichten durchtrennen.

4. Untergrundverhältnisse bei der Stützmauer

vgl. hydrogeologisches Profil B (Beilage 3)

100m strassenaufwärts des rechten Brückenwiderlagers ist der Fuss der tobelseitigen Strassenstützmauer instabil. Einzelne Mauerblöcke sind bereits ausgebrochen. Zur Beurteilung der geologischen Untergrundverhältnisse wurde im Trasse der alten Lorzentobelstrasse die Bohrung KB3(2015) ausgeführt. Details vgl. hydrogeologisches Profil B, Beilage 3 und Bohrprofil KB3 in Beilage 5.3

4.1 Schichtaufbau

Unter dem Strassenbelag folgt locker gelagerte Auffüllung und Hangschutt. In 2.6m Tiefe wurden kompakt gelagerte, sandige Seeablagerungen erbohrt. Darunter ab 4.0m Tiefe folgte der Lorzen-Schotter. Der kompakt gelagerte Lorzen-Schotter zeichnet sich im SPT durch hohe N_{15} -Werte von >50 aus.

4.2 Grundwasser

Ab 8.50m war das Bohrgut nass. Ein Wasserspiegel konnte im Bohrloch nicht gemessen werden.

4.3 Stützmauer

Die talseitige Stützmauer ist mit Sandsteinblöcken aufgemauert, ohne Mörtelzwischenlagen. Bei der Ausbruchstelle der äusseren Mauerblöcke ist die Hinterfüllung erkennbar. Es handelt sich um grobblockigen Schutt mit einer sandigen Matrix. Der Sand ist feucht bis nass.

Die bergseitige Aushubböschung der Stützmauer ist nicht sichtbar. Vermutlich dürfte die Böschungsmauer steil abgebösch im wenig bis mässig verkitteten Lorzen-Schotter angelegt worden sein. Ob das Fundament im Niveau des standfesten Lorzen-Schotters, oder teilweise im lockergelagerten, instabilen Hangschutt angelegt worden ist, ist nicht bekannt.

Die Ausbrüche aus der Mauer, dürften höchstwahrscheinlich in ursächlichem Zusammenhang stehen mit den offenen Spalten und Rissen zwischen Strassenbelag und talseitigem Betonriegel. Ein Teil des abfliessenden Oberflächenwassers von der Strasse versickerte hier im Untergrund und gelangte hinter der Trockenmauer in die Mauerhinterfüllung aus sandigem Blockschutt. Aus Ausbruch erfolgte vermutlich durch Frostsprengung.

5. Bautechnische Verhältnisse

5.1 Baugrundwerte

Für erdstatische Berechnungen können die geschätzten Baugrundwerte gemäss SIA-Norm 267 (Geotechnik) der nachfolgenden **Tabelle** verwendet werden. Es handelt sich dabei um geschätzte Erwartungswerte mit Angabe von Extremwerten.

Tabelle: Baugrundwerte für ungestörte Verhältnisse
(geschätzte Erwartungswerte X_m , in Klammer Extremwerte X_{extr})

Bodenbeschreibung	Raumlast	Kohäsion	Reibungswinkel	Zusammendrückungsmodul	
				Erstbelastung	Wiederbelast.
	γ	c'	φ'	M_E	$M_{E'}$
	[kN/m ³]	[kN/m ²]	[°]	[MN/m ²]	[MN/m ²]
Hangschutt , locker gelagert	20	0	(26) 28	(3) 5	15
Moräne , sandig-kiesig, kompakt	22	(10) 20	(31) 33	(60) 80	250
Lorzen-Schotter , sandiger Kies, wenig bis mässig verkittet	(22) 23	20*	(37) 39	>80	> 250
glaziale Seeablagerungen: vorwiegend sandig, kompakt	21	(5) 10	(24) 26	(40) 60	180

*) technische Kohäsion infolge hoher Lagerungsdichte und Verkittung (geht bei Auflockerung vollständig verloren)
Umrechnung Einheiten: 1 kN/m³ = 0.1 t/m³; 1 kN/m² = 0.1 t/m² = 0.01 kg/cm²; 1 MN/m² = 100 t/m² = 10 kg/cm²
Bestimmung der charakteristischen Werte $X_k = X_m - \alpha (X_m - X_{extr})$. Faktor für Zuverlässigkeit $\alpha = 0.20$

5.2 Grundwasser

Im Bereich des rechten Brückenwiderlagers befindet sich ca. 20m unter dem Brückenniveau der Eingang zu der in nördlicher Richtung talparallel verlaufenden Stollenfassung O der WWZ. Beim Stollen der Quelle O liegt der Grundwasserspiegel zuflusseitig um Kote 583 m ü.M.

Aufgrund der Bohrbefunde in KB1 und KB2 sind im Bereich des östlichen Brückenwiderlagers im mässig verkitteten Lorzen-Schotter und den darunter folgenden sandigen glazialen Seeablagerungen bis Kote 585 m ü.M. hinab keine wasserführende Schicht festgestellt worden. Die 1980-1981 eingebauten Anker liegen somit durchwegs in trockenem Lorzen-Schotter. Die durchgeführten Einspülversuche haben zudem ergeben, dass der verkittete Lorzen-Schotter nur eine geringe Durchlässigkeit (k -Wert $\geq 2.5 \cdot 10^{-5}$ m/s) besitzt. Mit dem durchgeführten Markierversuch wurde aber erkannt, dass beim rechten Brückenwiderlager im Untergrund talparallel verlaufende, steil stehende, offene Klüfte vorhanden sind, welche den gesamten Schichtstapel aus gut durchlässigen Lorzen-Schotter und praktisch undurchlässigen glazialen Seeablagerungen und Moräne durchschneiden. Im Lichte der vorliegenden Markierversuchbefunde muss gefolgert werden, dass der beim östlichen Brückenwiderlager anstehende obere Lorze-Schotter

durch talparallele Klüfte hydraulisch wirksam mit den tieferliegenden grundwasserführenden Schottervorkommen der Stollenquellen O und M verbunden ist.

5.3 Grundwasserschutz, Empfehlungen

Da das östliche Brückenwiderlager der alten Lorzentobelbrücke in der Grundwasserschutzzone S2 der zur Trinkwasserversorgung genutzten Quellen O und M liegt, ist für jedes Bauvorhaben eine **gewässerschutzrechtliche Bewilligung erforderlich**. In der Grundwasserschutzzone S2 gilt ein Bauverbot. Ausnahmen können durch die zuständige Behörden (AfU Zug) jedoch bewilligt werden.

Für die Sanierung des rechten Brückenwiderlagers der alten Lorzentobelbrücke sind für die Rückverankerung des Brückenwiderlagers Erdankerbohrungen unerlässlich. Die erforderlichen Erdanker kommen durchwegs in die trockenen, gering durchlässigen, verkitteten Lorzen-Schotter zu liegen, welche von talparallel verlaufenden, sehr gut durchlässigen steil stehenden Klüften durchtrennt werden. Mit dem Markierversuch vom Juni 2015 wurde nachgewiesen, dass zwischen dem Lorzen-Schotter beim Brückenwiderlager und den tieferliegenden Quellen O und M eine kurzschlussartige hydraulische Verbindung besteht. Die erforderlichen Ankerbohrungen stellen damit eine grosse Gefahr für das in den Quellen O und M genutzte Grundwasser dar. Aus Sicht des Grundwasserschutzes sind deshalb besondere Schutzmassnahmen erforderlich, welche im Detail mit den zuständigen Behörden noch zu definieren sind. Wir empfehlen die erforderlichen Ankerbohrungen auf ein absolutes Minimum zu beschränken und für die Anker-Injektionen einen „Strumpf“ vorzusehen, damit kein Injektionsgut in die offenen Klüfte und damit in die tieferliegenden Grundwasserleiter austreten kann. Als Sicherheitsvorkehrung sind während der Bauzeit die Quellen O und M in den Verwurf zu leiten. Wir empfehlen die Quellwasserqualität vor Baubeginn, sowie während und nach Abschluss der Bauarbeiten chemisch und bakteriologisch zu analysieren und die Quellschüttung periodisch zu messen.

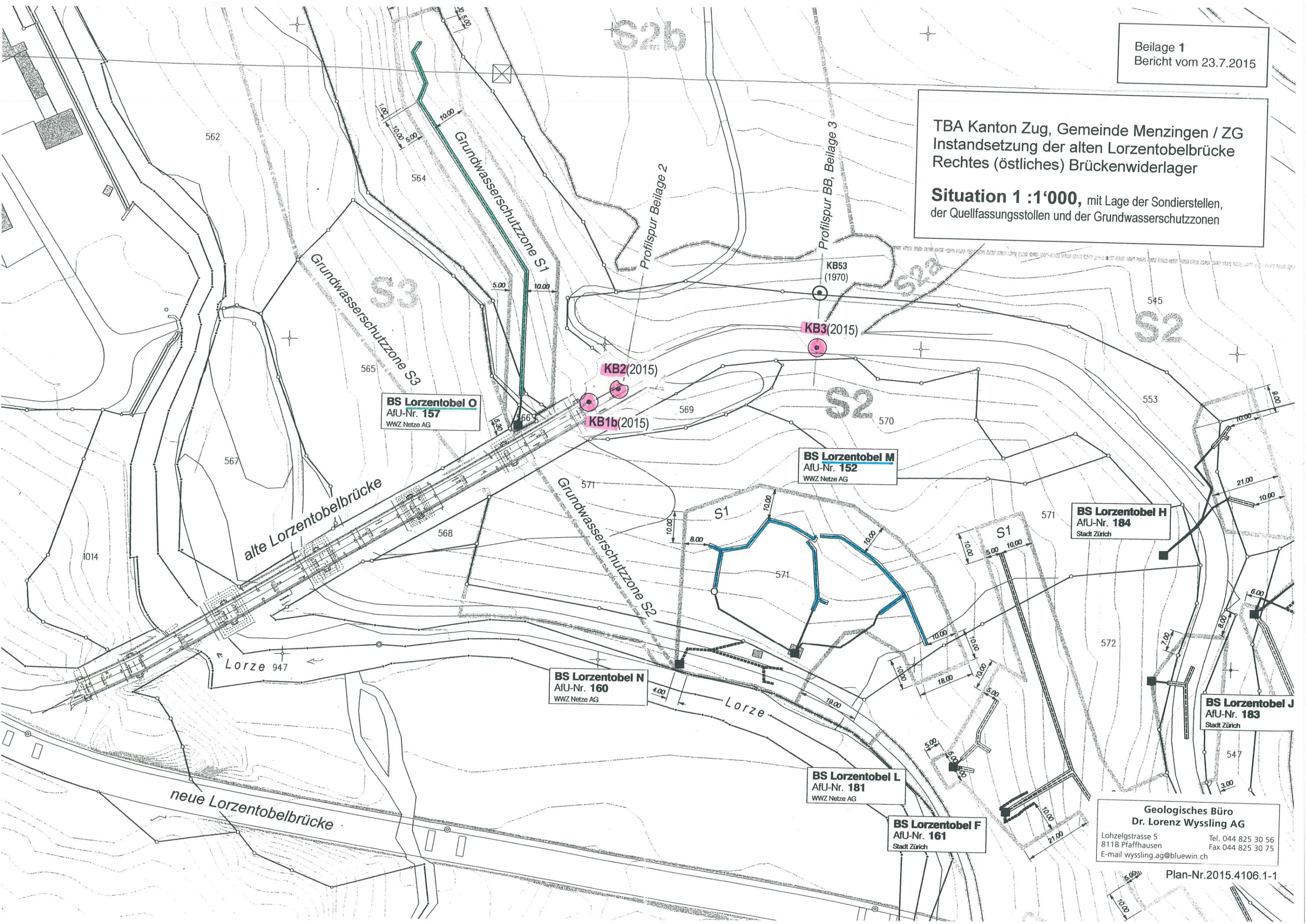
Pfaffhausen, 23.7.2015



Sachbearbeiter: Dr. Georg Wyssling

TBA Kanton Zug, Gemeinde Menzingen / ZG
Instandsetzung der alten Lorzentobelbrücke
Rechtes (östliches) Brückenwiderlager

Situation 1 :1'000, mit Lage der Sondierstellen,
der Quelfassungsstellen und der Grundwasserschutzzonen



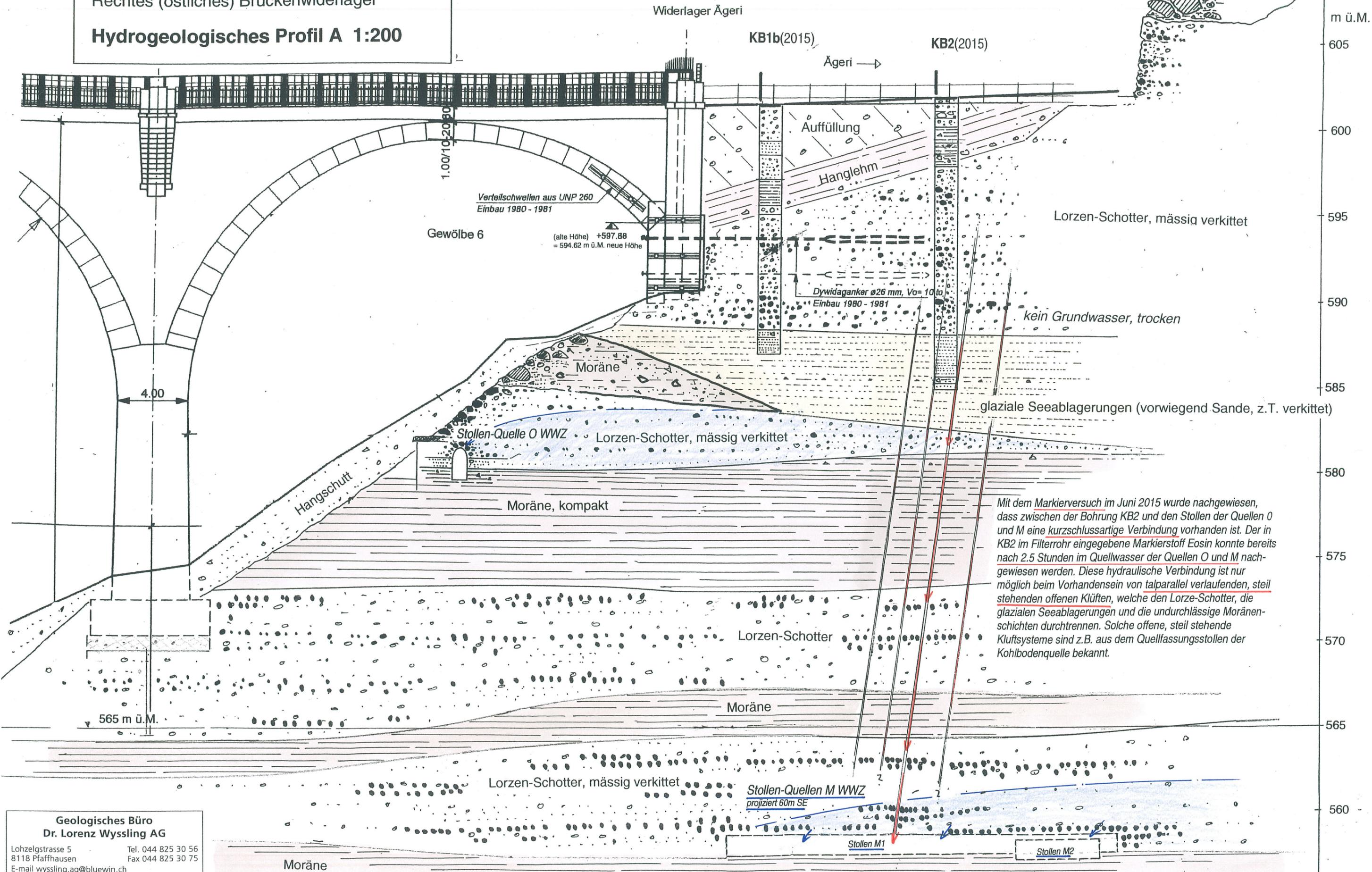
**Geologisches Büro
Dr. Lorenz Wyssling AG**
Lohzelgstrasse 5
8118 Pfaffhausen
E-mail wyssling.ag@bluewin.ch

Tel. 044 825 30 56
Fax 044 825 30 75

TBA Kanton Zug, Gemeinde Menzingen / ZG
 Instandsetzung der alten Lorzentobelbrücke
 Rechtes (östliches) Brückenwiderlager

Hydrogeologisches Profil A 1:200

Beilage 2
 Bericht vom 23.7.2015

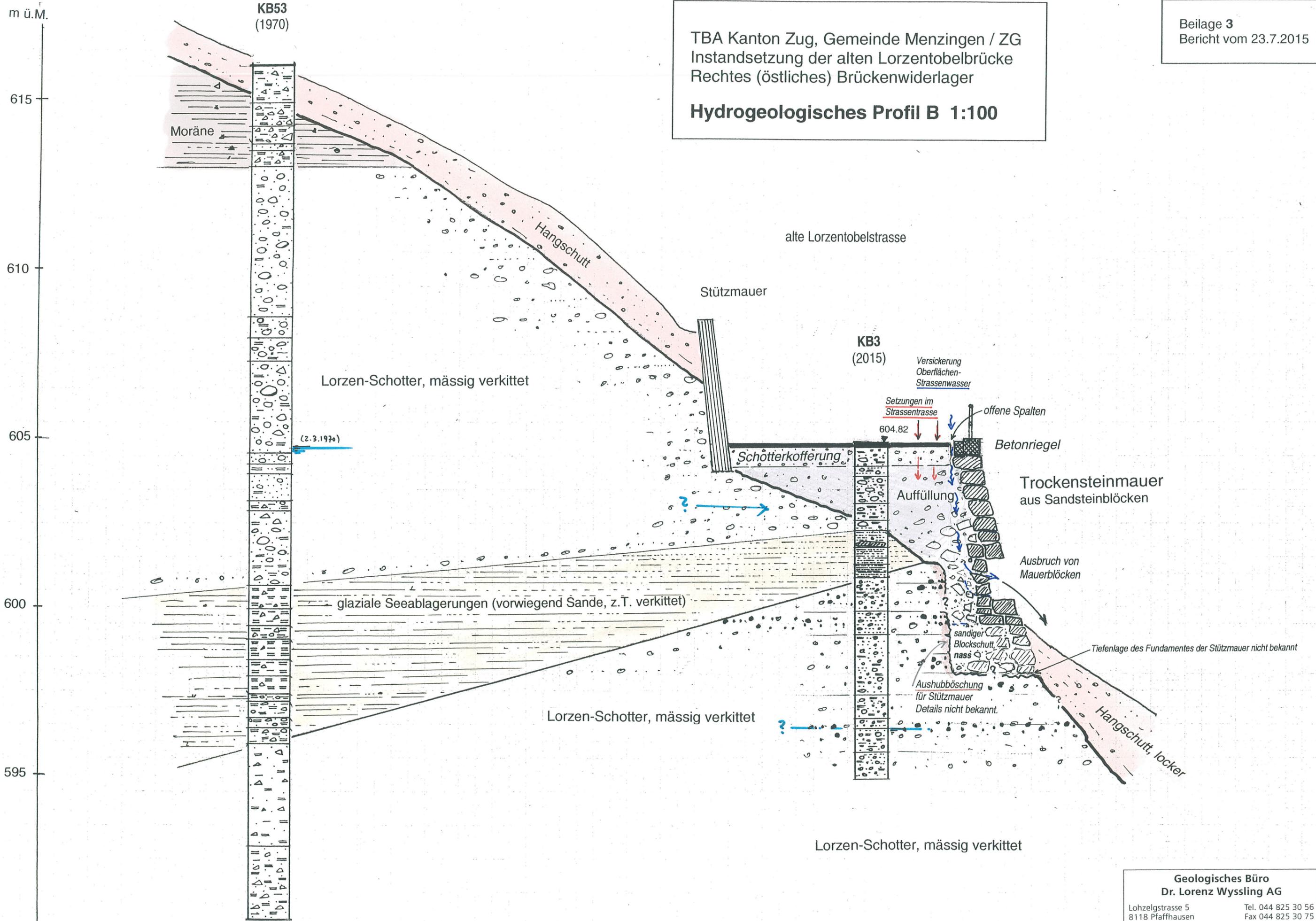


Mit dem Markerversuch im Juni 2015 wurde nachgewiesen, dass zwischen der Bohrung KB2 und den Stollen der Quellen O und M eine kurzschlussartige Verbindung vorhanden ist. Der in KB2 im Filterrohr eingegebene Markierstoff Eosin konnte bereits nach 2.5 Stunden im Quellwasser der Quellen O und M nachgewiesen werden. Diese hydraulische Verbindung ist nur möglich beim Vorhandensein von talparallel verlaufenden, steil stehenden offenen Klüften, welche den Lorze-Schotter, die glazialen Seeablagerungen und die undurchlässige Moränenschichten durchtrennen. Solche offene, steil stehende Kluftsysteme sind z.B. aus dem Quellfassungsstollen der Kohlbodenquelle bekannt.

Geologisches Büro
 Dr. Lorenz Wyssling AG
 Lohzelgstrasse 5
 8118 Pfaffhausen
 E-mail wyssling.ag@bluewin.ch
 Tel. 044 825 30 56
 Fax 044 825 30 75

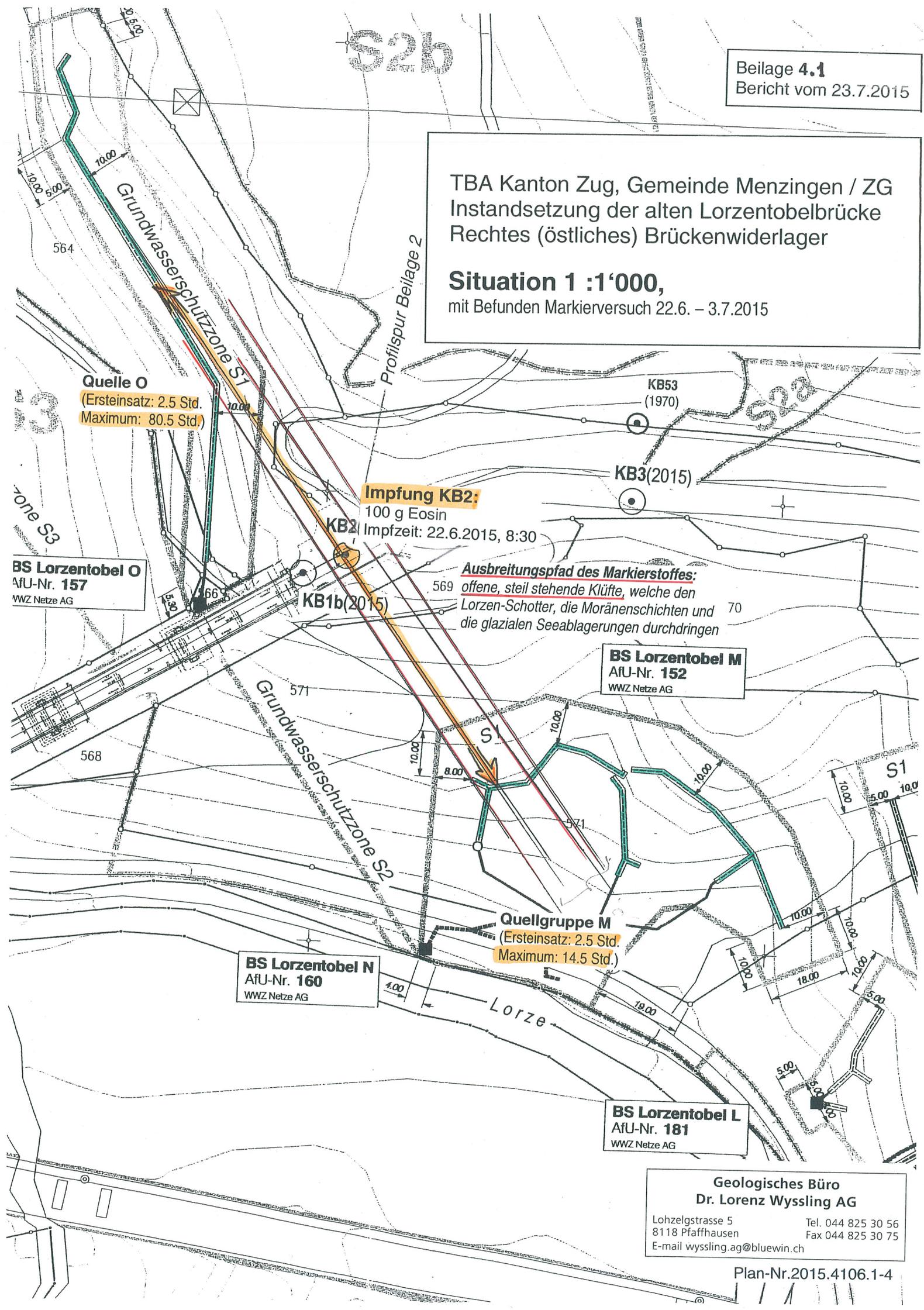
TBA Kanton Zug, Gemeinde Menzingen / ZG
Instandsetzung der alten Lorzentobelbrücke
Rechtes (östliches) Brückenwiderlager

Hydrogeologisches Profil B 1:100



TBA Kanton Zug, Gemeinde Menzingen / ZG
Instandsetzung der alten Lorzentobelbrücke
Rechtes (östliches) Brückenwiderlager

Situation 1 :1'000,
mit Befunden Markierversuch 22.6. – 3.7.2015



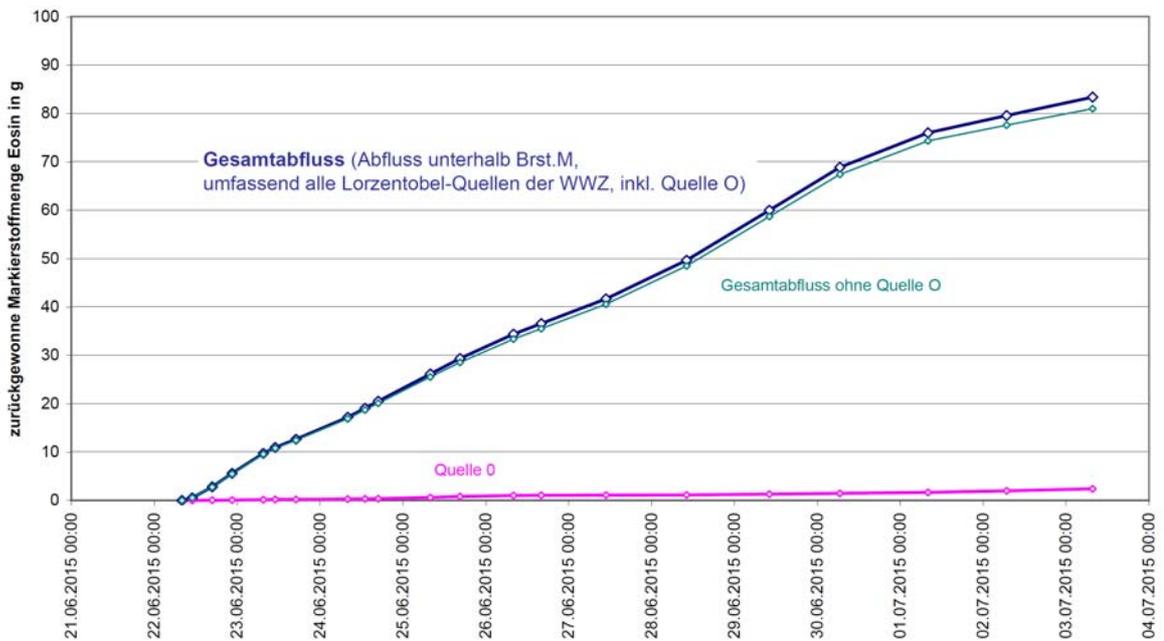
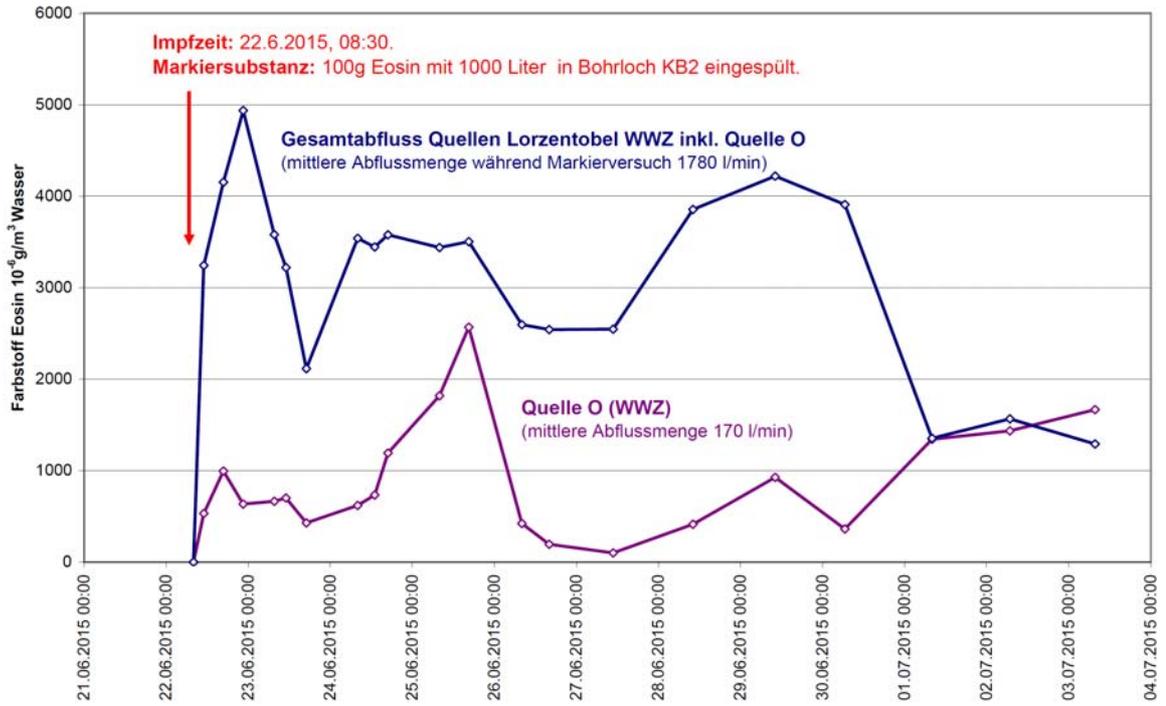
BS Lorzentobel M
AfU-Nr. 152
WWZ Netze AG

BS Lorzentobel N
AfU-Nr. 160
WWZ Netze AG

BS Lorzentobel L
AfU-Nr. 181
WWZ Netze AG

**Geologisches Büro
Dr. Lorenz Wyssling AG**
Lohzelgstrasse 5
8118 Pfaffhausen
E-mail wyssling.ag@bluewin.ch
Tel. 044 825 30 56
Fax 044 825 30 75

TBA Kanton Zug. Instandsetzung der alten Lorzentobelbrücke
Befunde Markierversuch 22.6. – 3.7.2015



Menzingen / ZG.
Alte Lorzentobelbrücke
Geologische Untersuchungen

Geologisches Büro
Dr. Lorenz Wyssling AG
 Lohzelgstrasse 5 8118 Pfaffhausen
 Tel. 044 825 30 56 Fax. 044 825 30 75
 E-mail: wyssling.ag@bluewin.ch

Bericht 23.7.2015

Beilage 5.1

Bohrung KB1.b(2015)

Bauherrschaft: Kanton Zug, Tiefbauamt

Geologische Bohraufnahme:
 Dr. Georg Wyssling

Bohrfirma: Johann Bohrtech AG, Rotkreuz

Objekt-Nr. 2015.4106

Bohrmeister: Antonio Malaghaes

Ausführungsdatum: Juni 2015

Lokalität: Lorzentobelbrücke (Ostseite)
Gemeinde: Menzingen / ZG

OK Terrain: 601.69 m ü.M.

Koord.: 684799 / 225984

Bohrart Ø	Geologische Einheit	Tiefe (m u.T.)	Profil	Beschreibung des Bohrmaterials	Ausbau: Bohrloch verfüllt	
Rotationskernbohrung (Ø 178mm)	Auffüllung	0.80		15cm Schwarzbelag (Steinkohleteer), schwarz darunter sandiger Kies, siltig grau (Schotterkofferung)		
		1.05		sandiger Kies, mässiger Geruch nach Steinkohleteer, dunkelgrau		
		2.00		sandiger Kies, siltig mit einzelnen Steinen, beige-grau		
		2.80		mässig sauberer Sand mit viel Kies, grau		
		3.80		siltiger Sand, wenig tonig mit viel Kies, hellbraun, z.T. schmierig feucht, locker gelagert		
		4.30		siltig-toniger Kies, stark sandig, hellbraun		
	Hanglehm, alter Boden- horizont	4.95		siltiger Ton, feinsandig mit wenig Kies und einzelnen Pflanzen und Holzresten, olivgrau, locker gelagert		
		5.05		siltig-toniger Sand, erdig mit reichlich Holz- und Wurzelreste, wenig Kies, dunkelbraun		
		5.80		siltiger Ton, feinsandig mit wenig Kies und einzelnen Pflanzen und Holzresten, olivgrau, locker gelagert		
	Hangschutt	6.00		sandiger Kies, siltig mit viel Steinen, gerundet, rotbraun		
		6.30		siltig-sandiger Kies, mit einzelnen Steinen gut gerundet, braungrau, trocken		
	Lorzen- Schotter	7.10		sandiger Kies, wenig siltig mit Steinen, gerundet, kompakt, braungrau		SPT: (7.00-7.07m): 50
		7.30		sandiger Kies, mässig gerundet, braungrau		
		7.85		Grobsand, sandig mit mässig Kies, braungrau		
		8.60		sandiger Kies, siltig, mässig verkittet, kompakt gelagert, braungrau, trocken		
		9.50		sandreicher Kies, siltig, braungrau		
		10.10		Sand, siltig mit mässig Fein- und Mittelkies, braungrau		
		10.50		Sand, siltig mit viel Grobsand und mässig Kies, grau		SPT: (11.00-11.08m): 50
		11.10		Kies, siltig-feinsandig, mässig zementiert (Nagelfluhartig verkittet), sehr kompakt gelagert, braungrau		
	Moräne?	13.50		siltiger Sand mit viel Kies, moränenartig, kompakt		
Lorzen- Schotter	13.60		siltiger Feinsand mit wenig Kies, sehr kompakt, ockerbraun			
	14.50		Sand mit wenig Kies, mit zementierten Lagen, hellbraun, trocken			

Menzingen / ZG. Alte Lorzentobelbrücke Geologische Untersuchungen		Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG Lohzelgstrasse 5 8118 Pfaffhausen Tel. 044 825 30 56 Fax. 044 825 30 75 E-mail: wyssling.ag@bluewin.ch		Bericht 23.7.2015	Beilage 5.2
Bauherrschaft: Kanton Zug, Tiefbauamt		Geologische Bohraufnahme: Dr. Georg Wyssling		Bohrung KB2(2015)	
Bohrfirma: Johann Bohrtech AG, Rotkreuz		Objekt-Nr. 2015.4106			
Bohrmeister: Antonio Malaghales		Ausführungsdatum: Juni 2015			
OK Terrain: 602.15 m ü.M.		Koord.: 684808.6 / 225988.5		Lokalität: Lorzentobelbrücke (Ostseite) Gemeinde: Menzingen / ZG	

Bohrart Ø	Geologische Einheit	Tiefe (m u.T.)	Profil	Beschreibung des Bohrmaterials	Ausbau: 2-Zoll Filterrohr
Rotationskernbohrung (Ø 178mm)	Auffüllung	0.60		10cm Schwarzbelag (Steinkohleleer), schwarz darunter sandiger Kies, siltig, grau	<p>0.5m</p> <p>Nach Durchführung des Markierversuches wurde das Filterrohr mit Sand und Tonkugeln dicht verfüllt und oben mit einem 0.5m langen Betonzapfen verschlossen.</p> <p>5.5m Tonabdichtung</p> <p>6.00m ASV-Nr.1: k= 1.4·10⁻⁵m/s ▼ 7.27m</p> <p>10m Filterkies 6-8mm</p> <p>9.00m ASV-Nr.2: k= 1.08·10⁻⁵m/s ▼ 11.00m</p> <p>Markierversuch am 22.6.2015, 09:00: Markierstoff: 100g Eosin Eingegeben Wassermenge: 1'000 Liter</p>
		0.80		siltig-toniger Feinsand mit Kies und Steinen, braun	
		1.20		Steine und Blöcke	
		1.75		sandiger Kies, siltig mit einzelnen Steinen, braungrau	
	Hanglehm	2.00		siltig-sandiger Ton, mit wenig Kies und Steinen, hellbraun	
		2.90		siltiger Ton, feinsandig mit wenig Kies, mittlerer Plastizität, hellbraun	
		3.30		siltiger Ton, sandig mit Kies und Steinen, dunkelbraun	
	Hangschutt	4.00		sandig-toniger Kies, siltig, braungrau	
		5.00		sandiger Kies, siltig, grau	
	Lorzen-Schotter	6.50		Kies, sandig-siltig, z.T. nagelfluhartig verkittet, mit kleinen, tonigen (hellbeigen) Zwickelfüllungen, beige-grau, kompakt gelagert	
		7.10		siltiger Sand mit wenig Kies, bei 6.8-6.9m siltiger Feinsand, tonig, ockerbraun SPT: (7.00-7.12m): 50	
		8.00		siltig-sandiger Kies, schwach tonig, beige-grau, moränenartig, kompakt gelagert	
		8.50		sandiger Kies, beige-grau	
		10.00		sandiger Kies, siltig, vereinzelt mit zementierten Grobsandlagen, braungrau	
		10.60		mässig sauberer, sandiger Kies, wenig siltig, braungrau	
		11.50		sandreicher Fein- und Mittelkies, hellbraungrau SPT: (11.00-11.12m): 50	
		12.50		sandreicher Kies, siltig mit einzelnen Steinen, vereinzelt nagelfluhartig verkittet, beige-grau	
		12.80		siltig-sandiger Kies, beige-grau, trocken	
		13.80		sandiger Kies, siltig, schwach tonig, bräunlich grau	
	glaziale Seeab-lagerungen	14.00		siltiger Sand mit wenig Kies, grau, sehr kompakt, feucht	
16.00			sauberer Sand mit dünnbankigen, verkitteten Lagen, vereinzelt Kies, braungrau, ab 15.5m nass		
16.30			siltiger Sand mit wenig Kies, braungrau		
16.70			siltiger Feinsand mit Kies, moränenartig, sehr kompakt gelagert, ockerbraun		
17.00			siltiger Feinsand, sehr kompakt gelagert, ocker, trocken		

Menzingen / ZG. Alte Lorzentobelbrücke Geologische Untersuchungen			Geologisches Büro Dr. Lorenz Wyssling AG Lohzelgstrasse 5 8118 Pfaffhausen Tel. 044 825 30 56 Fax. 044 825 30 75 E-mail: wyssling.ag@bluewin.ch		Report 23.7.2015	Beilage 5.3
Bauherrschaft: Kanton Zug, Tiefbauamt			Geologische Bohraufnahme: Dr. Georg Wyssling		Bohrung KB3(2015)	
Bohrfirma: Johann Bohrtech AG, Rotkreuz			Objekt-Nr. 2015.4106			
Bohrmeister: Antonio Malaghales			Ausführungsdatum: Juni 2015			
OK Terrain: 604.82m ü.M.			Koord.: 684860.0 / 226001.4		Lokalität: Lorzentobelbrücke (Ostseite) Gemeinde: Menzingen / ZG	
Bohrart Ø	Geologische Einheit	Tiefe (m u.T.)	Profil	Beschreibung des Bohrmaterials	Ausbau: Bohrloch verfüllt	
Rotationskernbohrung (Ø 178mm)	Auffüllung	0.70		0.15m Schwarzbelag darunter Kies, sandig.siltig mit einzelnen Steinen, grau (Schotterkofferung)	0.5m	Bohrlochverfüllt mit Kies und oben 0.5m Betonzapfen
	Hangschutt (Auffüllung?)	1.00		siltiger Sand, tonig mit mässig Kies, hellbraun		
		1.80		sandiger Kies mit reichlich Steinen, beigebraungrau		
		2.30		siltiger Sand mit wenig Kies, hellbraun		
		2.60		siltig-sandiger Kies, tonig mit Steinen, braun		
	glaziale Seeab- lagerungen	3.10		siltiger Sand, tonig mit wenig Kies, dunkelgrau mit Verrucanoblock von 3.-3.1m	SPT: (3.00-3.45m): 41/6/3	
		3.60		tonig-siltiger Sand, olivgrau		
		4.00		siltiger Sand, tonig, horizontal geschichtet, ockergrau		
	Lorzen- Schotter	5.00		sandiger Kies, siltig, braungrau	SPT: (6.00-6.05m): 50	
		5.70		grob sandreicher, sandiger Kies, braungrau		
		7.50		siltig-sandiger Kies, grau		
		8.20		siltig-sandiger Kies, tonig, braungrau, nass	SPT: (9.00-9.08m): 50	
		8.50		sandiger Kies, siltig, braun		
9.20			siltig-sandiger Kies, wenig tonig, braungrau, schmierig nass			
10.00			sandiger Kies, siltig, braungrau, bis 9.8m nass			