



07KG22 ZB DOPPELSPURTUNNEL HERGISWIL

## GEOLOGISCH-GEOTECHNISCHE BEURTEILUNG

### 1 EINLEITUNG UND AUFGABENSTELLUNG

Als mögliche Fortführung des Ausbaus der Zentralbahn verfasst das Ingenieurbüro Tschopp+Wespi AG (Hergiswil) eine Machbarkeitsstudie über den Bau eines Doppelspurtunnels im Abschnitt Haltestelle Matt bis Bahnhof Hergiswil. In diesem Zusammenhang hat uns Ing. St. Wespi um einen geologischen Kurzbericht ersucht, der folgende Themenkreise behandeln soll:

- Allgemeine geologische Situation im Bereich des projektierten Bahntunnels.
- Hydrogeologische Situation.
- Ausbruchtechnik, ev. Ausbruchklassen.
- Risiken (Setzungen im Portalbereich, Verschiebungen infolge Hangkriechen, etc.).

Als Unterlagen übermittelte uns St. Wespi eine Situation 1 : 1'000 mit der Projektlinie.

### 2 GEOLOGIE

Der geplante Doppelspurtunnel Hergiswil quert mehr oder weniger in Nord-Süd-Richtung den ausgedehnten **Schwemmfächer** des Steini- und des Feldbachs, der morphologisch ein leicht erhabenes Relief aufweist.

Im Bereich des geplanten Tunnelabschnitts steht der **Felsuntergrund** (helvetischer Flysch, Untere Meeresmolasse und Untere Süsswassermolasse) unter einer mehr als 50 m mächtigen Lockergesteinsbedeckung an, so dass der bis 15 bis 20 m unter der Geländeoberkante verlaufend geplante *Tunnel vollständig in die Lockergesteine* zu liegen kommt.

Die **Lockergesteine** bestehen basal (< 10 m Mächtigkeit) über dem Felsen aus unterschiedlichen Moränenablagerungen. Darüber folgen subaquatisch und subaerisch abgelagerte Sedimente der aus der steilen Talflanke mündenden Schwemmfächer vorab des Müli-, des Steini- und des Feldbachs. Je nach Ablagerungsmilieu liegen diese als schichtweise saubere bis unterschiedlich siltige Kies-Sand-Gemische (*Kies- bis Blockfraktion*) in mitteldichter bis dichter Lagerung vor. Die subaquatischen Ablagerungen unterhalb eines Niveaus von ca. 427 bis 432 m ü.M. sind generell besser sortiert, beinhalten

aber weich / locker gelagerte lakustrische Zwischenschichten aus sandigen Silten und siltigen Sanden.

Überlagert werden diese Schwemmfächer-Sedimente von **verlehmtem Gehängeschutt** aus stark siltigem Kies (Kies- bis Blockfraktion) mit Sand in mitteldichter bis dichter Lagerung. Diese sind in Hanglage bergseits der Autobahn A2 10 bis 20 m mächtig und keilen talwärts gegen die heutige Bahnlinie hin aus.

Insgesamt weist der Untergrund einen schichtweise heterogenen Lockergesteins-Aufbau auf, mit mehr oder wenig sauberen Kies-Sand-Rinnen begrenzter lateraler Ausdehnung in einer Matrix aus siltigen bis stark siltigen Kies-Sandgemischen, schichtweise mit Steinen und Blöcken. Die Lockergesteine im Untertagebau sind überwiegend kohäsionslos / rollig und nur schichtweise kohäsiv / bindig.

### 3 HYDROGEOLOGIE

Der Gehängeschutt sowie die Ablagerungen der subaerischen Schwemmfächer sind wegen der generell erhöhten Feinanteile nur gering durchlässig und wirken meist grundwasserhemmend. Lokal zirkulieren geringe Grundwassermengen entlang präferentieller Fliesspfade in isolierten kiesig-sandigen Rinnenkörpern, wobei die allgemeine Fliessrichtung talwärts und somit zum See hin gerichtet ist. Gegenüber dem tieferen Grundwasser-Stockwerk ist dieses Grundwasser des oberen, heterogenen Stockwerks als nur teilgesättigt und teilweise als schwebend zu beurteilen, mit stark niederschlagsabhängigem Wasseranfall. Mutmasslich liegen die Grundwasserspiegel solcher isolierter Rinnen zwischen 5 bis 8 m unter Terrain.

Demgegenüber wirken die tieferen, subaquatisch abgelagerten Schwemmfächersedimente als recht ergiebige Grundwasserleiter eines tieferen Grundwasser-Stockwerks, da deren Kies-Sande geringe Feinanteile aufweisen. Im Bereich der Bahnlinie ist dieses Grundwasservorkommen bedeckt durch ca. 20 m mächtige, grundwasserhemmende Schichten der subaerischen Schwemmfächer. Diese wirken als Deckschichten des gespannten Grundwasservorkommens mit einer Druckspiegelhöhe von ca. 10 bis 15 m unter Terrain. Dadurch sind bei **tiefer Lage des Tunnels gespannte Grundwasser-Druckverhältnisse** zu erwarten, die bautechnisch generell Risiken von Grundbrucherscheinungen nach sich ziehen.

Das gespannte Grundwasservorkommen ist sauerstofffrei und hat einen erhöhten Gehalt an gelöstem Eisen und Mangan. Es wird im Siedlungsgebiet von Hergiswil in verschiedenen Grundwasserfassungen thermisch genutzt. Ganz im Süden befindet sich in der Nähe der ARA die aufgelassene Grundwasserfassung der Wasserversorgung von Hergiswil.

Der geplante Tunnel dürfte somit abschnittsweise in die isolierten Grundwasservorkommen des oberen, heterogenen Grundwasser-Stockwerks zu liegen kommen und örtlich eventuell auch das untere gespannte Stockwerk tangieren.

Der geplante Doppelspurtunnel befindet sich vollständig im **Gewässerschutzbereich A<sub>u</sub>**, aber ausserhalb von Grundwasser-Schutzzonen und -Arealen. Dadurch sind die gewäs-

serschutzrechtlichen Bestimmung (va. Art 4, 6 und 43, 45 und 48 GSchG) vollumfänglich zu erfüllen. Unter anderem muss das Grundwasservorkommen erhalten bleiben, wozu der Durchfluss zu gewährleisten (max. Verringerung des Durchflussquerschnitts 10%) und eine nachteilige physikalisch-chemische Veränderung des Wassers (v.a. in der Bauphase) zu verhindern sind. Massgebend ist diesbezüglich die „Wegleitung zur Umsetzung des Grundwasserschutzes bei Untertagebauten“ (BUWAL 2001).

Die zahlreichen Oberflächengewässer (Müli-, Steini-, Feldbach u. a.) strömen dem durchschnittlich etwa 200 m talseits der heutigen Bahnlinie gelegenen Vierwaldstättersee zu.

#### 4 TUNNELBAUTECHNISCHE HINWEISE

Unter den gegebenen geologisch-hydrogeologischen Randbedingungen ist die Realisation eines Lockergesteins-Tunnels einer Länge von rund 950 m und einer Firstüberdeckung von maximal 10 bis 20 m als sehr anspruchsvolles Untertagebauwerk zu beurteilen. Aus heutiger Sicht sehen wir folgende valablen Vortriebsmethoden:

- **Tagbau:** Aus heutiger Sicht sollte versucht werden, einen möglichst langen Teil des Tunnels im Tagbau zu realisieren, was bis ca. 10 m Tiefe wirtschaftlich und machbar sein dürfte.
- **Gefrierverfahren mit TBM-Vortrieb:** Dieses Verfahren ist im teilgesättigten Bereich nur mit hohen Aufwändungen (Wässerung) und Risiken (heterogener Baugrund) zu bewerkstelligen. Zudem bestehen unter den Häusern Risiken von Hebungen durch die Expansion beim Gefrieren.
- **Jetting mit Niederdruckinjektionen, Vortrieb TBM mit Schild oder konventionell (Pilotstollen und etappierter Ausbruch der Strossen):** Bei diesem Verfahren entstehen Risiken durch die Stein- und Blocklagen sowie durch den heterogenen Baugrund mit gering durchlässigen und nur teilweise verfestigbaren Lockergesteinen.
- **Etappierter Rohrschirm und Ausbruch konventionell (Pilotstollen und etappierter Ausbruch der Strossen):** Dieses Verfahren scheint aus heutiger Sicht als erprobtes und vermutlich günstigstes System.

Vorab die konventionellen Ausbruchmethoden bedingen eine ausreichende Grundwasserabsenkung und/oder eine Abschirmung des Untertagebaus vor Sicker- und Hangwasser durch einen Dränageschirm mit talseitiger Grundwasserrückgabe.

#### 5 RISIKEN

Die vorgesehenen, sehr anspruchsvollen Untertagebauwerke unter besiedeltem Gebiet mit geringer Firstüberdeckung sind generell mit erhöhten Risiken behaftet:

- Ein wichtiges geologisches Risiko stellt der heterogene Baugrund mit Steinen und Blöcken per se dar, dem durch ein angemessenes geologisches Untersuchungsprogramm zu begegnen ist.
- Ein weiteres, bedeutendes Risiko ist in den im Tiefenbereich des Tunnels wechselhaften und derzeit nur ungenügend bekannten, hydrogeologischen Verhältnissen zu orten, woraus sich folgende Risiken ergeben:
  - Risiken eines hydraulischen Grundbruchs im Tunnel in Folge gespannter Grundwasserdruckverhältnisse im unteren Grundwasser-Stockwerk.
  - Risiken einer ungenügenden Dränage des Ausbruchsquerschnitts.
  - Risiken einer unerwünschten Beeinflussung des natürlichen Grundwasserflusses (Rückstau, unerwünschte Dränage, Längsdränage etc.).
- Risiken unerwünschter hydrochemisch-physikalischer Veränderungen des Grundwassers durch Injektionsgut.
- Risiken unerwünschter Hebungen bei Gefriermethoden und Injektionen unter Druck.
- Risiken von Senkungen und Tagbrüchen, in unterschiedlichem Ausmass bei allen Methoden.

Bedeutende Erschwernisse bei vorbeugenden / stabilisierenden Eingriffen in den Untergrund werden die zahlreichen Bauwerke z.T. beachtlicher Grundfläche darstellen, die nur einen begrenzten Zugang erlauben.

Mengis + Lorenz AG  
Geotechnik Geologie Hydrogeologie



Dr. Beat Keller