

Kanton Zürich

Gemeinde 8636 Wald ZH

## Schulanlage 8637 Laupen

### Geologisch-geotechnische Baugrunduntersuchung

Bericht Nr. 26.04.18/3.742

Verteiler:

Schader Hegnauer Ammann Architekten AG, Voltastrasse 1, 8044 Zürich  
Tel.: 044 252 62 00 / E-Mail: office@sha-arch.ch

1 Ex / 1 pdf

Gemeinde Wald ZH, Bereichsleiter Liegenschaften, Bahnhofstrasse 6  
Postfach 364, 8636 Wald ZH  
Tel.: 055 256 51 90 / marco.gremli@wald-zh.ch

3 Ex / 1 pdf

Inhalt	Seite
1 Einleitung	2
2 Standortspezifische Informationen	2
3 Bauvorhaben	3
4 Geologische Übersicht	3
5 Baugrundverhältnisse	4
6 Hydrogeologie / Wasserhaltung	7
7 Geotechnische Kennziffern	8
8 Geotechnische Empfehlungen	9
8.1 Foundation	9
8.2 Böschungen	10
8.3 Aushub	11
8.4 Meteorwasserversickerung	11
9 Vorsorgliche Massnahmen	12

#### Anhänge

Anhang 1	Situation der Rammsondierungen RS 1-10, der Baggerschlitz BS 1-3 und approximativer Darstellung OK Molasse (m ü.M.)	Massstab 1:500
Anhang 2	Rammsondierung RS 1	Massstab 1:100
Anhang 3	Rammsondierung RS 2	Massstab 1:100
Anhang 4	Rammsondierung RS 3	Massstab 1:100
Anhang 5	Rammsondierung RS 4	Massstab 1:100
Anhang 6	Rammsondierung RS 5	Massstab 1:100
Anhang 7	Rammsondierung RS 6	Massstab 1:100
Anhang 8	Rammsondierung RS 7	Massstab 1:100
Anhang 9	Rammsondierung RS 8	Massstab 1:100
Anhang 10	Rammsondierung RS 9	Massstab 1:100
Anhang 11	Rammsondierung RS 10	Massstab 1:100
Anhang 12	Baggerschlitz BS 1	Massstab 1:50
Anhang 13	Baggerschlitz BS 2	Massstab 1:50
Anhang 14	Baggerschlitz BS 3	Massstab 1:50

# 1 Einleitung

Auftrag / Zielsetzung	<p>Erkundung der Lockergesteinssituation, der untief unter der Geländeoberfläche erwarteten Molasseoberfläche und der Hangwasserverhältnisse im Projektareal zwecks Beurteilung der Fundationsmöglichkeiten, der Böschungssicherung und der Versickerungsproblematik.</p> <p>Zur punktuellen Information über die in den umfangreichen Auffüllungen enthaltenen Fremdanteile/Belastungen wurden bisher 3 Baggerschlitzte BS 1-3 durchgeführt.</p>
Ausgeführte Arbeiten	<p>Durchführung von 10 Rammsondierungen RS 1-10 (Anhänge 2-11) am 26.04.2018 mit geologisch-geotechnischer Interpretation.</p> <p>Durchführung von 3 Baggerschlitzten BS 1-3 (Anhänge 12-14) am 10.08.2018.</p> <p>Die Sondierstellen wurden derart festgelegt, dass eine flächendeckende Übersicht über das gesamte Projektgelände gewonnen werden kann.</p> <p>Dementsprechend ist die Lage der Molasseoberfläche approximativ im Anhang 1 dargestellt.</p>
Geol.-geotechn. Berichterstattung	Erstellen des vorliegenden Berichts, umfassend alle massgebenden geologisch-geotechnischen Informationen zuhanden der Planer.

# 2 Standortspezifische Informationen

Kanton	Zürich
Gemeinde	8637 Wald ZH
Objekt	Schulanlage Laupen, gegenwärtig umfassend eine Schulhausanlage mit bergseitig anschliessenden Sportplatz-Flächen.
Bauherrschaft	Gemeinde Wald ZH Bereichsleiter Liegenschaften Bahnhofstrasse 6 Postfach 364 8636 Wald ZH
Parzelle	<b>7836</b>
Koordinaten	<b>2'712'760 / 1'236'100</b>
Mittlere Meereshöhe	<b>~624.50 m ü.M.</b>
Wärmenutzungsatlas	Der Projektstandort liegt gemäss GIS-ZH in der <b>"Zone F: Erdwärmesonden grundsätzlich zulässig; Bohrtiefeeinschränkung an dieser Stelle: 400 m. Tiefere Erdwärmesonden nur mit speziellen Auflagen erlaubt"</b> .
Gewässerschutzkarte	Die gesamte Parzelle liegt zusammen mit der weiteren Umgebung im Gewässerschutzbereich <b>"üB"</b> .
Grundwasserkarte	<b>Keine Hinweise; keine Quellen im Nahbereich des Projektareals.</b>
Grundwasserspiegel	Keine Angaben; innerhalb des Grenzbereichs zwischen Hangschutt und Deltasedimenten, innerhalb der Deltasedimente sowie unmittelbar über der Molasseoberfläche sind Hangwasserzirkulationswege mit niederschlagsbedingt schwankenden Schüttungsmengen zu erwarten.

Hangwasserströmung	Im östlichen Projektabschnitt <b>von N bis NNW nach S bis SSE</b> verlaufend, im W der Projektparzelle von NE nach SW bzw. längs der im Anhang 1 dargestellten vermuteten Felsmulde verlaufend.
Radonbelastung BAG	Gemäss Radonkarte des BAG wird das <b>Radonrisiko</b> in der <b>Gemeinde Wald ZH</b> als <b>mittel</b> eingestuft. Anzahl gemessener Gebäude: 34, arithmetisches Mittel 116 Bq/m <sup>3</sup>  Kontaktadressen für ergänzende standortspezifische Detailinformationen (Intensität im Projektstandort) sind unter <a href="http://www.bag.admin.ch">www.bag.admin.ch</a> erhältlich.
Naturgefahrenkarte	Keine Hinweise bzw. zur Zeit in Revision
Kataster der belasteten Standorte	<b>Keine Einträge</b>
Prüfperimeter für Bodenverschiebungen	<b>Im Projektareal liegen keine Verdachtsflächen vor</b>
Seismische Gefährdung gemäss SIA 261	<b>Gefährdungszone 1</b> <b>Baugrundklasse A+E.</b> Je nach Standort (vgl. Rammprofile RS 1-10). Die Molasseoberfläche ist in Tiefen von 0.60 m - ≥9 m zu erwarten.

### 3 Bauvorhaben

Projekt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gegenwärtig ohne konkrete Projektpläne.</li> <li>- Die geologisch-geotechnische Baugrunduntersuchung ist als Planungsgrundlage vorgesehen.</li> </ul>
Höhenlagen / Fundamentstiefe	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die massgebenden Geländehöhen sind im Anhang 1 enthalten.</li> <li>- Fundamentstiefen sind bislang noch keine bekannt.</li> </ul>

### 4 Geologische Übersicht

Allgemeine geologische Verhältnisse	<p>Das Projektgelände ist Teil einer charakteristischen Schichtrippen-Landschaft, wie sie zwischen Wattwil und dem Oberen Zürichsee weiträumig vorliegt.</p> <p>Diese Landschaft ist gekennzeichnet durch langgestreckte, glazial überprägte und <b>in ENE-WSW-Richtung streichende Geländerippen</b> der Oberen Süsswassermolasse.</p> <p><b>Diese Schichtrippen werden zwischen Laupen und Wald ZH von einer in SE-NW-Richtung verlaufenden Talung durchschnitten.</b> Die Eintiefung dieser Talung erfolgte vermutlich zeitlich gestaffelt in Zwischeneiszeiten bzw. Warmphasen, während denen intensive Schmelzwassermassen aus dem nördlichen Randbereich des in der Linthebene vorgelegenen Linth-/Rheingletschers in Richtung Wald zum Tal der Jona abgeflossen sind.</p> <p>Das Projektareal liegt auf einer Geländeterrasse innerhalb einer nach S orientierten Talflanke dieser Talung.</p>
Felsunterlage	Die Felsunterlage wird durch die <b>Obere Süsswassermolasse</b> gebildet, deren Gesteine überwiegend aus Nagelfluh oder harten Sandsteinen mit Mergel-Zwischenlagen bestehen, die im Raum Laupen-Diemberg in der Regel <b>mit 10-12° nach NW bis NNW einfallen</b> .

	Bei der im N des Projektareals vorliegenden Geländerippe handelt es sich beispielsweise um eine graue und äusserst harte Nagelfluh (sog. Appenzeller-Granit), die sich nach SW fortsetzt und im Gebiet Geissbühl westlich der Hofacherstrasse im Rahmen einer Überbauung aufgeschlossen wurde.
Erosionsresistenz	Zwischen den Geländerippen liegen Mulden mit weniger erosionsresistenten Molassegesteinen derselben Schichtlage. Es handelt sich dabei mehrheitlich um Mergel, mergelige Sandsteine oder um Tonmergel.
Fehlende Moräne/ Grundmoräne	<p>Innerhalb des sondierten Projektareals <b>fehlen</b> glaziale Ablagerungen in Form von <b>Moräne und Grundmoräne</b> weitgehend.</p> <p>Der Grund für ihr Fehlen sind umfangreiche Schmelzwasserströmungen, welche die glazialen Ablagerungen weitgehend ausräumten oder aber in ihrer Mächtigkeit massiv reduzierten.</p>
Deltaschüttungen	<p>Stattdessen wurden beispielsweise im Talboden über der Molasseoberfläche spätglaziale <b>kiesreiche Deltaschüttungen</b> abgelagert, die ihrerseits durch <b>feinkörnige Staubeckensedimente</b> überlagert werden.</p> <p>Innerhalb des Projektareals, das deutlich über dem Talboden liegt, lagern unmittelbar über der Molasseoberfläche ebenfalls Deltasedimente, deren Korngrössen jedoch grundsätzlich mit zunehmender Höhe über Talboden abnehmen.</p>
Hangschutt	Über den Deltaschüttungen folgt Hangschutt, der jedoch bevorzugt nur im Hangfussbereich des im NW des Projektareals vorliegenden Steilhangs vorliegt und talseitig bzw. nach S bis SE auskeilt.
Auffüllungen	Als jüngste Ablagerungen wurden innerhalb des Projektareals zur Geländegestaltung umfangreiche <b>Auffüllungen</b> eingebracht.

## 5 Baugrundverhältnisse

Gültigkeitsbereich	- Die nachfolgenden Ausführungen beschränken sich ausschliesslich auf das in der Situation (Anhang 1) dargestellte Projektareal.
Dokumentation	- Eine detaillierte Übersicht über den geologischen Aufbau des Projektareals geben die Rammprofile RS 1-10 (Anhänge 2-11), die Baggerschlitz BS 1-3 (Anhänge 12-14) sowie die im Anhang 1 mittels Isohypsen approximativ dargestellte Molasseoberfläche.
Geologische Schnitte	<p>- Da noch keine konkreten Projekte vorliegen, wurde zum gegenwärtigen Zeitpunkt auf die Darstellung geologischer Schnitte verzichtet.</p> <p>- Sobald jedoch konkrete Projekte vorliegen, können basierend auf den bisherigen Sondier-Resultaten, jederzeit detaillierte standortspezifische Schnitte erstellt werden.</p>

### Humus

Vorkommen	- Im gesamten Projektareal ausserhalb bestehender Gebäude, Hartbelagsflächen und Erschliessungswegen flächendeckend vorliegend.
Mächtigkeit	- Ca. 0.15 m – ca. 0.25 m

**Auffüllung****USCS-Code: GP-GM**

Vorkommen	- Im gesamten Projektareal, besonders im Bereich der Sportplatzflächen, vorliegend.
Mächtigkeit	- 0.00 m (RS 4) – 1.35 m (BS 2); im Hinterfüllungsbereich bestehender Gebäude vermutlich bis >2 m mächtig ansteigend.
Lithologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Als Koffer meist als sauberer bis leicht siltiger Kies mit variablen Sandanteilen und Steinen vorliegend.</li> <li>- Abschnittsweise als Felsaushub (BS 2) bestehend aus kantigen Steinen/Blöcken bis ca. 0.40 m Durchmesser und ohne Feinanteile eingebracht.</li> <li>- Oberflächennah verbreitet humos und durchwurzelt; braun bis braungrau.</li> <li>- In BS 1 wurden innerhalb der Auffüllung 1-2 % Fremdanteile (Belagsreste) vorgefunden.</li> </ul>
Lagerungsdichte	- Lagerungsdichte örtlich wechselhaft; in gekofferten Abschnitten dicht bis sehr dicht gelagert, in humosen Abschnitten locker bis mitteldicht gelagert.
Wasserleitfähigkeit	- Mittel
k-Werte	- $10^{-4}$ - $10^{-5}$ m/s; örtlich wechselhaft

**Hangschutt****USCS-Code: GP-GM / SP-SM**

Vorkommen	- Bevorzugt im Hangfussbereich des nördlichen Steilhangs vorliegend und talseitig bzw. ungefähr südlich einer Verbindungslinie BS 2 – BS 3 auskeilend.
Mächtigkeit	- 0.00 m (RS 1 / BS 1) – 0.80 m (RS 2+3)
Lithologie	- Leicht siltiger Sand mit wenig bis reichlich Kies bis leicht siltiger Kies mit reichlich Sand; verbreitet von brauner bis rötlichbrauner Farbe; in Oberflächennähe humos.
Lagerungsdichte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Locker bis mitteldicht gelagert</li> <li>- Feinkörnige Lockergesteinsanteile infolge deutlicher Silt- und Feinsandanteile häufig von weicher bis mittelsteifer Konsistenz.</li> </ul>
Wasserleitfähigkeit	- Mittel bis schlecht
k-Werte	- $10^{-5}$ - $10^{-6}$ m/s

**Deltasedimente****USCS-Code: GP-GM / SP-SM**

Vorkommen	- Im gesamten Projektareal mit Ausnahme des Bereichs um RS 5 und RS 10 mit oberflächennah vorliegender Molasseoberfläche vorliegend.
Mächtigkeit	- 0.00 m (RS 5+10) – ca. 7.60 m (RS 1)
Lithologie	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Kiesreiche Abfolgen:</b> meist sauberer bis leicht siltiger Kies (verbreitet Rundkies) mit schichtenweise wechselnden Sandanteilen und reichlich bis viel Steinen, bräunlichgrau.</li> <li>- <b>Sandreiche Abfolgen:</b> saubere Sande (Mittel-bis Grobsande) mit schichtenweise schwankenden Kiesanteilen bis saubere Fein- bis Mittelsande ("Schliesande") von brauner bis rötlichbrauner Farbe.</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sowohl die sauberen kiesreichen als auch die sandigen Deltasedimente sind vollkommen kohäsionslos, äusserst rollig und daher selbst ohne Wasserzutritte akut einsturzgefährdet.</li> </ul>
Lagerungsdichte	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Lagerungsdichte der Deltasedimente ist überwiegend locker bis mitteldicht. Hier handelt es sich bevorzugt um sandreiche Abfolgen.</li> <li>- Mit zunehmender Tiefe und zunehmenden Kiesanteilen steigt auch die Lagerungsdichte.</li> <li>- Dementsprechend sind kiesreiche Abschnitte in RS 1 (ab ca. 6.80 m), in RS 8 ab 2.00 m, in RS 9 ab ca. 3.00 m und in RS 10 ab ca. 0.60 m sehr dicht gelagert.</li> <li>- Örtliche Schichten mit zurückweichenden Schlagzahlen sind die Folge von Gefügebruch innerhalb sandreicher und kohäsionsloser Zwischenlagen beim Durchfahren mit der Rammspitze.</li> </ul>
Wasserleitfähigkeit	- Mittel bis gut
k-Werte	- $10^{-4}$ - $10^{-5}$ m/s

## Felsunterlage

## Obere Süsswassermolasse

Vorkommen	- Im Untergrund des gesamten Projektareals vorliegend
Lage der Felsoberfläche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Die Molasseoberfläche liegt in Tiefen von 0.60 m (RS 5+10) - <math>\geq 8.80</math> m (RS 1) ab OK Terrain vor.</li> <li>- Die Lage der Molasseoberfläche ist im Anhang 1 mittels Felsisohypsen approximativ dargestellt. Dabei fällt auf, dass die Felsoberfläche um ca. 623 m ü.M. bis ca. 624 m ü.M. eine dreieckförmige Hochfläche bildet, ab der sie dann sowohl nach SW als auch nach SE deutlich abfällt.</li> </ul>
Lithologie	- Anhand der Endwiderstände der Rammsondierungen sowie aufgrund der mit BS 3 erreichten Molassegesteine besteht der Felsuntergrund aus harten Sandsteinen, siltig feinsandigem Mergel und untergeordnet aus Nagelfluh.
Schichtlage	- Im Standortgebiet ist von einer mit ca. $10$ - $12^\circ$ nach NNW einfallenden Schichtlage der Molasse auszugehen. Diese Schichtflächenmessung von 343/12 (Fallazimut/Fallen) wurde im Gebiet Geissbühl, unmittelbar westlich der Hofacherstrasse, im Bereich einer grossräumigen und parallel zur Hangoberfläche verlaufenden oberen Grenzfläche einer Nagelfluh-Schichtrippe ("dip-slope") gemessen.
Kluftflächen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innerhalb der Baggerschlitze wurden keine Kluftflächen beobachtet.</li> <li>- Entlang grösserer Talflanken können jedoch gebietsweise häufig <math>\pm</math> talparallel verlaufende, steilstehende Entlastungsklüftungen vorliegen.</li> <li>- Derartige Klüfte liegen vorzugsweise in harten und auf tektonische Einflüsse spröde reagierenden Gesteinen vor. Sie weisen Fallwinkel zwischen <math>80^\circ</math> und <math>90^\circ</math> auf und können durchaus Reichweiten im 10 m- bis 50 m-Bereich erreichen. Ihre Öffnungsweiten liegen dabei häufig im 5-20 cm-Bereich. Im Rahmen von Aushubarbeiten ist daher bergseitig hoher Böschungen das Vorliegen derartiger Trennflächen laufend zu prüfen.</li> </ul>
Bankung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Nagelfluh:</b> dm- bis m-Bereich</li> <li>- <b>Kalksandstein:</b> cm- bis dm-Bereich</li> </ul>

- **Siltiger bis toniger Mergel:** geschichtet (mm- bis cm-Bereich) bis massig. Massige Abschnitte sind häufig von einem feinmaschigen Kluftsystem durchsetzt (gebräches Gesteinsgefüge).
  - Die Gesteine der Oberen Süsswassermolasse sind grundsätzlich als gute Stauer zu betrachten.
  - Bergwasserzirkulationen innerhalb der Molasse sind nur längs Trennflächen (Bankungs- und Kluftflächen) oder aber innerhalb des verwitterten Felsgefüges möglich.
- Wasserleitfähigkeit

## 6 Hydrogeologie / Wasserhaltung

- Gewässerschutzbereich
- Das gesamte Projektareal liegt im Gewässerschutzbereich "**üb**".
- Hangwasserspiegel  
Hangwasserzutritte
- Ein durchgehender Hangwasserspiegel wurde in den offenen Rammkanälen der Rammsondierungen nicht beobachtet.
  - Hangwasserzutritte erfolgten lediglich in RS 1 (8.51 m UKT) und in RS 4 (2.62 m UKT).
  - Trotzdem ist zu beachten, dass **temporäre Hangwasserzirkulationen** jederzeit als Folge intensiver Niederschläge im Grenzbereich zwischen Auffüllungen und unterlagernden feinkörnigen Deltasedimenten (siltige Feinsande usw.) sowie unmittelbar über der Molasseoberfläche auftreten können.
  - **Bergwasserzutritte** sind ebenfalls innerhalb von Molasseböschungen zu erwarten.
- Auswirkungen auf das  
Neubauprojekt
- **Alle Baugruben – ob innerhalb von Molassegesteinen oder innerhalb von Lockergesteinen, sind zwingend basal zu entwässern.**
- Objektschutzmassnahme
- **Die bergseitige Entwässerung aller vorgesehenen Bauten ist im Sinn einer Objektschutzmassnahme mittels basaler Sickerleitungen dauerhaft sicherzustellen.**
  - **Zu diesem Zweck sind die Sickerleitungen grosszügig zu dimensionieren und die für periodische Kontrollen notwendigen Stutzen gut zugänglich einzuplanen (Versinterungsgefahr in diesem Gebiet erfahrungsgemäss bereits nach 2-3 Jahren).**
  - **Innerhalb der allenfalls erreichbaren Molassegesteine und der überkonsolidierten Staubeckensedimente erstellte abflusslose Gruben führen zwingend zu einem Aufstau des anfallenden Sickerwassers.**
  - **In derartigen Baugruben erstellte Gebäudeteile sind daher als permanent im Wasser stehend zu betrachten und entsprechend abzudichten.**

## 7 Geotechnische Kennziffern

Keine Labortests

Im Rahmen der vorliegenden geologischen Untersuchung wurden keine mechanischen Labortests durchgeführt.

Bei den nachfolgenden geotechnischen Kennziffern handelt es sich um Schätzungen des Geologen, basierend auf Erfahrungswerten aus vergleichbaren Lockergesteinstypen mit vergleichbarer Genese (Entstehungsgeschichte).

Beschreibung geotechnisch unterteilbarer Schichten	Feuchtraumgewicht	Kohäsion	Reibungswinkel	Zusammendrückungsmodul	
	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	$c'$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$\Phi'$ [°]	Erstbelastung $M_E$ [MN/m <sup>2</sup> ]	Wiederbelastung $M_E'$ [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>Humus</b>	17-18.5	0-2	25-30	--	--
<b>Auffüllung (ohne Kofferung), humos</b>	18.5-19.5	0-2	32-34	6-8	10-12
<b>Hangschutt</b>	19-19.5	0-2	28-32*	8-10	10-15
<b>Deltasedimente siltig / sandig</b>					
spez. Rammwiderstände: $\leq 5$ MN/m <sup>2</sup>	18-19.5	0	30-32*	5-8	15-20
spez. Rammwiderstände: 5-10 MN/m <sup>2</sup>	19.5-20	0	33-34*	8-15	25-30
spez. Rammwiderstände: 10-15 MN/m <sup>2</sup>	20-20.5	0	33-34	15-25	60-80
spez. Rammwiderstände: 15-20 MN/m <sup>2</sup>	20.5-21	0	33-34	25-35	$\geq 180$
<b>Deltasedimente kiesig</b>					
spez. Rammwiderstände: 10-15 MN/m <sup>2</sup>	20-20.5	0	34-35	20-25	75-90
spez. Rammwiderstände: 15-20 MN/m <sup>2</sup>	20.5-21	0	34-35	25-35	90-120
spez. Rammwiderstände: 20->30 MN/m <sup>2</sup>	21	0	34-35	35-55	$\geq 180$
1 kN/m <sup>3</sup> = 0.1 t/m <sup>3</sup> 1 kN/m <sup>2</sup> = 0.1 t/m <sup>2</sup> = 0.01 kg/cm <sup>2</sup> 1 MN/m <sup>2</sup> = 100 t/m <sup>2</sup> = 10 kg/cm <sup>2</sup>					

\* Siltig-feinsandige Sedimente neigen bei Wasserzutritt zu Gefügebruch. Entsprechend verschlechtern sich die Reibungswinkel um Werte bis zu 10°!

Die zu erwartenden Bruchwerte der einaxialen Druckfestigkeiten [ $Q_u$ ] zeigen folgendes:

Lockergestein	Einaxiale Druckfestigkeit $Q_u$ [kN/m <sup>2</sup> ]	Mantelreibung [MN/m <sup>2</sup> ]
<b>Hangschutt</b>	80-100	0.025
<b>Deltasedimente siltig / sandig</b>		
spez. Rammwiderstände: $\leq 5$ MN/m <sup>2</sup>	60-80	0.025
spez. Rammwiderstände: 5-10 MN/m <sup>2</sup>	80-150	0.025-0.03
spez. Rammwiderstände: 10-15 MN/m <sup>2</sup>	150-300	0.03-0.05
spez. Rammwiderstände: 15-20 MN/m <sup>2</sup>	300-600	0.05-0.06
<b>Deltasedimente kiesig</b>		
spez. Rammwiderstände: 10-15 MN/m <sup>2</sup>	120-300	0.04-0.05
spez. Rammwiderstände: 15-20 MN/m <sup>2</sup>	300-600	0.05-0.06
spez. Rammwiderstände: 20->30 MN/m <sup>2</sup>	600- $\geq 1'200$	0.06-0.09
<b>Fels</b>		<b>Bemerkungen</b>
<b>Siltige Mergel, verwittert</b>	250-600	wechselhaft
<b>Siltige Mergel, unverwittert</b>	600-1'600	
<b>Mergelige Sandsteine, verwittert</b>	300-800	wechselhaft
<b>Mergelige Sandsteine, unverwittert</b>	800- $\geq 1'800$	
<b>Karbonatische Sandsteine, verwittert</b>	400-800	wechselhaft
<b>Karbonatische Sandsteine, unverwittert</b>	800->20'000	
<b>Nagelfluh (mittel- bis grobkörnig), verwittert</b>	2'000-6'000	wechselhaft
<b>Nagelfluh (mittel- bis grobkörnig), unverwittert</b>	5'000- $\geq 30'000$	
<b>Nagelfluh, verwittert</b>	2'000-6'000	lokal wechselhaft
<b>Nagelfluh, unverwittert</b>	5'000- $\geq 25'000$	

Sowohl die kiesreichen als auch die sandreichen Deltasedimente sind konsolidierbar, womit ihre Tragfähigkeit massgeblich erhöht wird.



## 8 Geotechnische Empfehlungen

### 8.1 Foundation

Flachfundation auf Molasse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Idealerweise sind die Foundationen von Neubauten im unverwitterten Molassefels vorzusehen.</li> <li>- Da es sich bei allen Molassegesteinen um wirkungsvolle Stauer handelt, ist es empfehlenswert, unmittelbar über der Aushubsohle einen mittels Flies nach unten mechanisch abgetrennten, gut konsolidierten Schotter einzubringen.</li> <li>- Mit diesem Vorgehen wird <b>einerseits eine vollflächige hydraulische Verbindung</b> (Entwässerung aufsteigenden Bergwassers) unter der Bodenplatte gewährleistet, <b>andererseits werden</b> im Fall geringfügiger Tragfähigkeitsunterschiede zwischen Molassegesteinen unterschiedlicher geotechnischer Eigenschaften <b>differenzielle Setzungen vermieden</b>.</li> </ul>
Riegel, Tatzen oder Pfahlfundation	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Sollte zwischen UK Bodenplatte und OK unverwitterter Molasse eine Höhendifferenz von weniger als ca. 1.60 m liegen, ist erfahrungsgemäss eine Riegelfundation prüfenswert.</li> <li>- Kommt die tragfähige Fundationsfläche jedoch tiefer zu liegen, sind Foundationen entweder mittels Tatzen oder aber mittels Mikropfählen prüfenswert.</li> </ul>
Wechselhafte Locker- gesteinsqualitäten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Im Fall von Flachfundationen können flächenhaft wechselnde Lockergesteinsqualitäten geringfügige differenzielle Setzungen in der Bodenplatte verursachen.</li> </ul>
Materialersatz erforderlich	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>In derartigen Fällen ist neben einer Verdichtung der Aushubsohle von Beginn weg ein Materialersatz unterhalb der Bodenplatte vorzusehen. Dieser ist über einem basalen Flies einzubringen.</b></li> </ul>
Wichtig	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Prüfenswert ist auch die Möglichkeit, sauberen Kies aus höher gelegenen Aushubbereichen als Materialersatz wieder verwenden zu können. <b>Ein derartiger Materialaustausch ist jedoch zwingend durch den Geologen und Ingenieur zu begleiten!</b></li> </ul>
Aushubsohle und Materialersatz verdichten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Entsprechend ist je nach vorgesehener Lastsituation ein grosszügig dimensionierter, in Schichten zu 0.20 m gut konsolidierter Koffer, vorzusehen. Die Konsolidierung dieses Koffers inkl. der Baugrubensohle hat mittels Vibroplatte zu erfolgen. Dabei ist jedoch darauf zu achten, dass während der Verdichtung möglichst kein durchnässtes Feinmaterial vorliegt!</li> <li>- Durchnässte und/oder allenfalls siltige Abschnitte sind grosszügig auszuheben und mit gut konsolidiertem Koffermaterial zu verfüllen.</li> <li>- Verwitterte Molassegesteine mit hoher Setzungsanfälligkeit sind grosszügig auszuräumen und anschliessend unverzüglich mit Geröllbeton zu verfüllen.</li> </ul>
Plattendruckversuche	<ul style="list-style-type: none"> <li>- <b>Die Einbauqualität und das Setzungsverhalten eingebrachter Koffer ist unbedingt mittels Plattendruckversuche zu überprüfen.</b> Dazu sind die Testpunkte durch den Ingenieur und Geologen vorzugeben und die Versuche zu begleiten. Diese Versuche werden mit Vorteil beim Erreichen der Aushubsohle sowohl auf der unbewehrten Aushubsohle als auch auf einem in den ungefähren Ausmassen von ca. 5 m x 5 m erstellten "Test-Koffer" durchgeführt. Sollten die Druckversuche nicht die gewünschten Resultate ergeben, kann in diesem Fall die Aushubsohle zusätzlich tiefer gelegt und die Mächtigkeit des Materialersatzes ohne grossen Aufwand erhöht werden.</li> </ul>

- Begleitung der Fundamentationsarbeiten durch Ingenieur und Geologe
- Die Aushubarbeiten sind zur Optimierung des Materialersatzes, zur Böschungssicherung und zur Entwässerung (wenn erforderlich) durch den Ingenieur und Geologen begleiten zu lassen.

## 8.2 Böschungen

- Unbewehrte Lockergesteinsböschungen
- Unbewehrte Lockergesteinsböschungen sind keinesfalls steiler als im Verhältnis 1:1 vorzusehen und nach deren Erstellen mittels Kunststoff-Folie gegen Niederschlag und Austrocknung zu schützen.
  - Es ist davon auszugehen, dass die in rolligem Kies und in kohäsionslosen Sanden vorgesehenen Böschungen selbst bei Neigungen im Verhältnis 1:1 ab Aushubsohle einzubringende Bewehrungen erfordern (beispielsweise mindestens Geröllbeton).
  - Lockergesteinsböschungen sind gegenüber unterlagernden Felsböschungen um mindestens 0.50 m bergseitig zu verschieben.
- Standsicherheitsnachweise**
- Böschungen steiler als im Verhältnis 1:1 sind von Beginn weg zu bewehren. Dazu sind Standsicherheitsnachweise durch den Ingenieur zu erbringen.
- Böschungen in alternierenden Etappen erstellen
- Böschungsanschnitte sind unbedingt in alternierenden Etappen (maximal ca. 3 m Breite) anzugehen, so dass die einzelnen Etappen – falls erforderlich – jederzeit mittels vor Ort vorliegendem Lockergestein oder aber mittels Geröllbeton, kurzfristig gesichert werden können. Breitere Etappen sind erst nach Rücksprache mit dem Ingenieur zuzulassen.
  - **In Abschnitten mit rolligem Material oder im Bereich der Anlieferung ist von Beginn weg eine Bewehrung (Geröllbeton oder aber rückverankerter armierter Spritzbeton) vorzusehen.**
- Zusatzbelastungen
- Zusatzbelastungen im Bereich unbewehrter Lockergesteinsböschungen sind unbedingt zu unterlassen. Entsprechend sind Zusatzlasten erst im horizontalen Abstand der Baugrubentiefe ab dem oberen Böschungsrand zuzulassen.
- Felsböschungen
- Unbewehrte Felsböschungen sind nicht steiler als im Verhältnis 3:1 anzustreben. Dabei ist zu beachten, dass die anzuböschende Molasse keine durch Bergwasser erodierbaren Abschnitte aufweist. Sollten Gleitflächen oder absturzgefährdete Kluftkörper beobachtet werden, sind lokale Bewehrungen in Form von örtlichen Vernagelungen oder aber Sicherungen mittels Geröllbeton vorzusehen.
  - **Wichtig ist dabei eine laufende Kontrolle der Aushubarbeiten durch den Ingenieur und Geologen. Mit diesen Kontrollgängen können allfällige Problemstellen frühzeitig erkannt und entsprechend wirtschaftliche Gegenmassnahmen getroffen werden.**
  - Durch Erosion geschwächte Bereiche in Böschungsflächen mit permanentem Wasserzutritt sind von Beginn weg grosszügig auszuräumen und mit einer "Geröllbeton-Füllung" kraftschlüssig zu bewehren, um eine rückschreitende Erosion mit anschliessenden lokalen Instabilitäten der Böschung zu verhindern. Für derartige Sicherungen ist unbedingt frühzeitig der Geologe beizuziehen.
  - Hohe und gebräuche Felsböschungen (besonders Nagelfluh) sind je nach Ausmass der Gefährdung mit einer armierten Schutzfolie oder aber mit einem Schutznetz zu bewehren.

### 8.3 Aushub

Belasteter Aushub	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innerhalb von Auffüllungen sind Fremdmaterialanteile nie auszuschliessen. Im Rahmen der Sondierungen ergaben sich bisher Hinweise Verdachtsmomente für gering belasteten Aushub.</li> <li>- Im Fall von Verunreinigungen ist das belastete Lockergestein vor Ort kontrolliert zwischenzulagern, von einer Fachperson repräsentativ zu beproben und gemäss Analyseergebnisse fachgerecht zu entsorgen.</li> <li>- Die Entsorgungsarbeiten sind durch die Fachperson zuhanden der Behörden zu dokumentieren.</li> <li>- <b>Auf Aushubsohle vorliegende feinsandige Schichten oder aber auf Aushubsohle vorliegende Molasse bilden relative Stauer. Auf Baugrubensohle ist daher ab Beginn der Bauarbeiten für eine kontrollierte und funktionierende Entwässerung zu sorgen.</b></li> <li>- <b>Zu bedenken ist allerdings, dass bei Aushubarbeiten in anstehender Molasse benachbarte Gebäude in denselben Schichten fundiert sein können. Das bedeutet, dass bei einem allenfalls erforderlichen Felsabtrag jeder Schlag mit dem Abbauhammer optimal in die unmittelbare Umgebung übertragen wird, was damit in benachbarten Gebäuden zu extremen Lärmbelastigungen führt.</b></li> </ul>
Felsabtrag	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Für die Aushubarbeiten innerhalb unverwitterter Nagelfluh oder harter Sandsteine ist unbedingt schweres Gerät (<math>\geq 30</math> t) erforderlich!</li> <li>- Erfahrungsgemäss haben Bagger mit einem Gewicht <math>&lt; 30</math> t bereits extreme Probleme mit dem Abtrag der vorliegenden Molassegesteine.</li> </ul>
Abbauhammer	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Für den Abtrag der harten Nagelfluh ist in gebankten Abschnitten der Gebrauch eines Felskübels sowie eines hydraulischen schweren Abbauhammers (ca. 2.8 t) unbedingt erforderlich.</li> </ul>
Felsfräse	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Alternativ zum hydraulischen Abbauhammer ist für den Abtrag der harten Nagelfluh auch die Verwendung einer maschinengestützten Fräse prüfenswert.</li> <li>- Die Fräsarbeiten erfolgen weitgehend erschütterungsfrei; bei trockenem und windigem Wetter erfordern diese Arbeiten in der Nähe bestehender Gebäude jedoch eine örtliche Wasserbestäubung gegen die Staubentwicklung.</li> </ul>
Auflockerungs-Sprengungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Wichtig ist, dass bei allenfalls erforderlichen örtlichen Sprengarbeiten in Randbereichen zur Felsböschung grössere Abstände gewahrt bleiben. Andernfalls erfolgt eine unnötige Auflockerung des umliegenden Felsgefüges, was umständliche ergänzende Felsabträge ("nachrippern") erforderlich machen kann!</li> </ul>

### 8.4 Meteorwasserversickerung

Versickerungsproblematik	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Innerhalb der Deltasedimente ist voraussichtlich eine mässige Sickerfähigkeit zu erwarten.</li> <li>- Zu bedenken ist jedoch, dass die exponierte Lage des Projektareals zusammen mit der talseitig anschliessenden Hanglage für Versickerungen ungünstig sind. Entsprechendes Sickerwasser kann in talseitigen Hanglagen zu temporären Nässen, örtlichen Hangwasseraustritten oder sogar als Folge intensiver Niederschläge zu örtlichen Murgängen führen.</li> </ul>
--------------------------	---

-

Situierung des Projekts in geologischen Schnitten

## 9 Vorsorgliche Massnahmen

- Erstellen ergänzender geologischer Schnitte bei Vorliegen verbindlicher Neubauprojekte. Basierend auf den vorliegenden Untersuchungen können praktisch an jeder Stelle geologische Schnitte erstellt werden, was zu standortbezogenen ergänzenden geologisch-geotechnischen Empfehlungen durch den Unterzeichnenden führen kann.
- Vorsorgliche Zustandskontrolle benachbarter Bauten und Strassen. Neben einer vertrauensbildenden Massnahme gegenüber den benachbarten Grundbesitzern bietet dieses Vorgehen die Möglichkeit zur zweifelsfreien Widerlegung späterer, erfahrungsgemäss meist ungerechtfertigter Schadensansprüche Dritter.
- Im Rahmen allfälliger Rückbauarbeiten oder aber im Rahmen von Felsaus-hub ist darauf zu achten, dass intensive Erschütterungen durch "Umwerfen von Fassadenteilen", "Einreissen von Kellerwänden" oder Abtrag mittels hydraulischem Abbauhammer vermieden werden. Dieser Hinweis basiert auf der Erfahrung, dass selbst in Neubauprojekten, die bezüglich Erschütterungen als vollkommen ungefährlich erscheinen, **häufig intensivste Erschütterungen während den Rückbauarbeiten verursacht werden!**
- Allfällige Befürchtungen bezüglich Erschütterungen können mit Beginn der Rückbauarbeiten erfolgreich mit zeitlich kurzfristigen und begleiteten Erschütterungsmessungen dokumentiert und entsprechend wirkungsvoll widerlegt werden.
- Erstellen eines Messkonzepts zur vermessungstechnischen Überprüfung hoher unbewehrter oder aber bewehrter Böschungen.
- Die entsprechenden Vermessungspunkte sind durch den Ingenieur festzulegen. Ebenso ist die Periodizität der Kontrollmessungen durch den Ingenieur vorzugeben.

Jona, den 28.09.2018

Dr. A. Gübeli