

AREALBEBAUUNG PARZELLEN 99 UND 1345, GEMEINDE EMMEN

GEOTECHNISCHER VORBERICHT
(STUFE VORSTUDIE)

Baugrundverhältnisse, Baugrubenabschluss, Foundation

Objekt	Arealbebauung Parzellen Parzellen 99 und 1345, Gemeinde Emmen		
Auftraggeber	Steiner AG, Stadthofstrasse 4, 6004 Luzern		
Koordinaten	2'663'580 / 1'214'535	Auftragsnummer	18 5836
Ort, Datum	Luzern, 21. September 2018 MR/VB/EL/ME/BK/mr/el		

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Grundlagen	1
3	Durchgeführte Arbeiten	2
4	Geologische Verhältnisse	2
5	Erste Hinweise zur Belastungssituation	4
6	Hydrogeologische Verhältnisse	4
	6.1 Grundwasserverhältnisse	4
	6.2 Gewässerschutz	5
	6.3 Erste Identifikation bautechnisch relevante Folgerungen	5
	6.3.1 Bauzustand	5
	6.3.2 Endzustand	6
7	Naturgefahren	7
	7.1 Wasserprozesse.....	7
	7.2 Oberflächenwasserabfluss	7
	7.3 Erdbebengefährdung	7
8	Archäologische Fundstellen	8
9	Erste geotechnische Folgerungen	8
	9.1 Generelle Erschwernisse	8
	9.2 Foundation	9
	9.3 Ausbildung von Baugruben.....	10
	9.3.1 Allgemeines	10
	9.3.2 Baugruben.....	10
	9.3.3 Wasserhaltung.....	11
10	Meteorwasserversickerung	12
11	Erdwärmesonden	12
12	Ergänzende, objektspezifische Baugrundsondierungen	13
13	Empfehlungen für Überwachungsmassnahmen der Umgebung während der Tiefbauarbeiten	13

Anhang

Anhang 1 Situation 1:1'000.

Anhang 2 Schematisches geologisches Profil, 1:500 / 500.

Hinweise zum Urheberrecht:

Das Urheberrecht des vorliegenden Gutachtens ist gemäss SIA 118 Art. 24 geschützt. Der vorliegende Bericht darf vom Empfänger nur im Rahmen des Vertrages verwendet werden; er darf diesen weder für eigene Zwecke weiter verwenden noch an unberechtigte Dritte zur Verwendung weitergeben; auch hat er dafür zu sorgen, dass die Unterlagen Dritten nicht zugänglich sind.

1 EINLEITUNG

Auf den Parzellen 99 und 1345 in Emmenbrücke (GB Emmen) ist eine Arealbebauung angedacht. Die Bauparzellen mit einer Grundrissfläche von insgesamt ca. 9'505 m² befinden sich im Gebiet Sonnenhof; sie grenzen im Osten an die Gersagstrasse und im Westen direkt an bestehende Gebäude. Auf Parzelle 99 finden zurzeit Parkplätze und Schrebergärten. Auf der Parzelle 1345 steht zurzeit noch ein Gebäude.

Nähere Angaben über das Bauvorhaben liegen uns derzeit nicht vor und sollen u.a. entsprechend der vorliegenden Erkenntnisse aus den örtlichen Baugrundverhältnissen entwickelt werden.

Von der Steiner AG erhielten wir den Auftrag, die örtlichen geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse mit den ersten, relevanten geotechnischen Folgerungen im Projektperimeter an Hand bestehender Baugrundsondierungen in der nahen Umgebung aus unserem Archiv sowie aufgrund unserer breiten Erfahrungen zu beschreiben. Die Ziele des vorliegenden Vorberichts auf *Stufe Vorstudie* sind:

- Beschreibung der geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse.
- Erste Angaben über allfällige Belastung des Standorts.
- Angaben zu Naturgefahren (Baugrundklasse für Erdbebenbemessung, Wasserprozesse).
- Erste geotechnische Folgerungen hinsichtlich der Foundation und Angaben zur Ausbildung der Baugrubenabschlüsse und zur Wasserhaltung.
- Angaben über Meteorwasserversickerung oder Retention.
- Aufzeigen Möglichkeiten einer geothermischen Wärmenutzung.
- Vorschlag für objektspezifische Baugrundsondierungen.
- Empfehlungen für die Überwachung der Tiefbauarbeiten.

2 GRUNDLAGEN

Die Ausarbeitung der vorliegenden geotechnischen Beurteilung basiert auf folgenden Grundlagen:

Geologie / Hydrogeologie.

- EMCH+BERGER WSB AG (2017): Gemeinde Emmen, Grundbuch Emmen, Katasterplan amtliche Vermessung 1:500, datiert 17.11.2017.
- KANTON LUZERN, RAWI (2018): Grundbuchplan, Gewässerschutzkarte, Gefahrenkarte, Kataster der belasteten Standorte, Erdwärmenutzungskarte. https://rawi.lu.ch/themen/geoportal/online_karten/; Zugriff Juni 2018.
- KELLER + LORENZ AG: Diverse Gutachten und Sondierungen aus dem Archiv.

3 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Dem vorliegenden Bericht über die geologisch-geotechnischen Grundlagen der derzeitigen Projektphase liegen folgende Arbeitsschritte zu Grunde:

Vorbereitende Arbeiten, Data-Mining	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagenstudium. • Archivarbeiten und Aktenstudium. • Zusammenstellung und digitale Erfassung vorhandener Sondierungen und Aufschlüssen.
Auswertungen und Bericht	<ul style="list-style-type: none"> • Auswertung der Erkenntnisse bezüglich der Geologie, Hydrogeologie, Naturgefahren und belasteter Standorte. • Darstellung der Ergebnisse im Bereich der Bauparzellen in einem geologischen Baugrundmodell an Hand von einem repräsentativen, schematischen geologischen Profil.

Tab. 1 Ausgeführte Arbeiten.

Aus dem Archiv der Keller + Lorenz AG und der Bohrfirma Gebr. Mengis AG wurden sämtliche bekannten, wesentlichen Gutachten zusammengetragen. Anschliessend wurden die Daten interpretiert und als geologisch-geotechnisches Modell dargestellt (Anhang 2).

4 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Die örtlichen geologischen Verhältnisse sind uns aus bestehenden Untersuchungen und aus zahlreichen Baustellenerfahrungen in der näheren Umgebung in ihren Grundzügen bekannt. Wie unsere Erfahrungen zeigen, ist auf den Bauparzellen aber *kleinräumig mit unterschiedlichen geologischen Verhältnissen* zu rechnen, die sich in ebenso **variablen geotechnischen Verhältnissen** niederschlagen. Dies ist insbesondere bei tiefen Baugruben und der Tiefenfundation durch ein entsprechend flexibles Konzept und objektspezifische Sondierungen (Kap. 12) zu berücksichtigen. Im vorliegenden Fall ist mit *asymmetrischen Baugrundverhältnissen* zu rechnen. Die lokalen geologischen Verhältnisse lassen sich im Bereich des Baugeländes wie folgt beschreiben (vgl. auch schematisches geologisches Profil in Anhang 2):

- Unterhalb der bestehenden Geländeoberkante ist aufgrund der bestehenden Bebauung (Gebäude, Schrebergärten, Parkplätze) grossflächig mit heterogen gelagerten **künstlichen Auffüllungen** zu rechnen. Diese setzen sich mutmasslich aus unterschiedlich siltigen Kies-Sand-Gemischen mit variablem Anteil an Steinen, Blöcken, organischen Beimengungen und eventuell Fremdstoffen zusammen. Im Bereich von Hinterfüllungen und Werkleitungsgräben sind mächtigere Auffüllungen zu erwarten. *Ein Eintrag im Kataster der belasteten Standorte (KbS) liegt für die Bauparzellen aktuell nicht vor.* Weiterführende Hinweise zur Belastungssituation sind Kap. 5 zu entnehmen.

- In den oberen Zonen des ursprünglichen Geländes ist verbreitet mit locker bis mitteldicht gelagerten, *setzungsempfindlichen* **Hangsedimenten** zu rechnen. Diese bestehen aus unterschiedlich tonig-siltigem bis fast sauberem Sand, teils mit Kies und vereinzelt Steinen, teils als Diamiktite¹ ausgebildet.
- Insbesondere im talseitigen Bereich der Bauparzellen können in den oberen Zonen des ursprünglichen Geländes sehr locker bis locker gelagerte oder sehr weiche bis weiche, *setzungsempfindliche* **Ablagerungen der Überschwemmungsebene mit Böden und Sümpfen** vorhanden sein. Diese bestehen aus teilweise heterolithisch geschichtetem, unterschiedlich tonigem Silt und unterschiedlich siltigem Sand mit teils vielen organischen Beimengungen (ev. Baumstämme) und Torfschichten.
- Unterhalb der Hangsedimente oder der Ablagerungen der Überschwemmungsebene mit Böden und Sümpfen stehen unterschiedlich mächtige locker bis mitteldicht gelagerte oder weiche bis steife **tw. deltaische, randglaziale Terrassensande** aus unterschiedlich tonig-siltigem bis fast sauberem Sand mit meist wenig Kies sowie Zwischenschichten aus tonigem Silt an. Diese sind im oberen Bereich schichtweise ebenfalls als *setzungsempfindlich* zu bezeichnen.
- Unterhalb der tw. deltaischen, randglazialen Terrassensanden oder den Ablagerungen der Überschwemmungsebene mit Böden und Sümpfen folgen ab ca. 5 m bis 15 m Tiefe unterhalb der bestehenden Geländeoberkante mitteldicht bis sehr dicht gelagerte **Moränenablagerungen**. Diese meist komplex aufgebauten Ablagerungen bestehen aus stark siltigem Sand bis tonigem Silt mit viel Sand und variablen Anteilen an Kies, Steinen und Blöcken und sind meist als matrixgestützte Diamiktite¹ ausgebildet. In den Moränenablagerungen sind zusätzlich **Zwischenschichten** aus **besser durchlässigen** und **locker bis mitteldicht gelagerten**, sauberen bis leicht siltigen, meist kohäsionslosen Sanden mit wenig Kies vorhanden. Solche Einlagerungen entstanden durch lokale Schmelzwasser-Rinnen am Rand des Gletschers. Im Weiteren sind in den Moränenablagerungen nestweise grössere, sehr harte Findlingsblöcke zu erwarten. Die Oberfläche der Moränenablagerungen weist erfahrungsgemäss eine erhebliche Reliefamplitude von ca. ± 2 m auf.
- Darunter folgt in einer Tiefe von zwischen ca. 5 m bis ca. 25 m unterhalb der bestehenden Geländeoberkante der **Felsen der Oberen Süswassermolasse**. Dieser besteht im Projektgebiet aus einer Wechsellagerung aus Sand-, Silt-, Schlammsteinen und Mergeln. Der Gesteinsverband ist wenig tektonisiert, und die Schichten liegen nahezu horizontal (Schichtfallen ca. 0 bis 5° nach NW), was typisch ist für die Lage in der Mittelländischen Molasse. Der Fels ist in den obersten ca. 4 bis 10 m der Verwitterungszone des Felsen generell stark verwittert und entfestigt und hat oberflächennah teilweise lockergesteinsähnliche Eigenschaften. Im Bereich von Silt- und Schlammsteinen greift die Verwitterungszone besonders entlang wasserführender Klüfte bis mehre-

¹ Diamiktit: Unsortiertes oder schlecht sortiertes Korngemisch Kies-Sand-Silt/Ton, meist als Kies in einer Schlammmatrix aus stark tonig/siltigem Sand.

re Dekameter unter die Felsoberfläche. Die Felsoberfläche ist gewellt und weist ein lebhaftes, kleinräumiges Relief auf.

5 ERSTE HINWEISE ZUR BELASTUNGSSITUATION

- Unterhalb der bestehenden Geländeoberkante ist lokal mit unterschiedlich mächtigen künstlichen Auffüllungen zu rechnen, die teilweise Fremdstoffe enthalten.
- Im Bereich der bestehenden Schrebergärten sind erfahrungsgemäss insbesondere im Bereich des Bodens (Ober- und Unterboden) oft Schwermetall-Belastungen zu finden. Daneben können auch weitere Belastungen (z.B. durch PAK²) nicht ausgeschlossen werden. Wir empfehlen, diese allfälligen Belastungen durch eine vorgängige Beprobung mit chemischer Analytik abklären zu lassen. Für Bauvorhaben mit Bodenrekultivierungen wäre ab 5'000 m² eine bodenkundliche Baubegleitung (BBB) nötig.
- Es ist davon auszugehen, dass gewisse Kubaturen innerhalb der künstlichen Auffüllungen aufgrund ihres Fremdstoffanteils als schwach verschmutzter (VVEA Typ Bv; mineralische Fremdstoffanteile bis maximal 5 %) bis wenig verschmutzter Aushub (VVEA Typ B) anfallen werden. Höher belastete Bereiche (Reaktormaterial, Sonderabfall) mit chemischen Belastungen können nicht ausgeschlossen werden.
- Unabhängig von einem Eintrag in den Kataster der belastenden Standorte (KbS) wird gemäss aktueller Vollzugspraxis der Dienststelle für Umwelt und Energie (uwe) ab Kubaturen von ca. 100 m³ belastetem Aushub eine Aushubbegleitung verlangt. Ab Kubaturen von ca. 300 m³ belastetem Aushub wird zusätzlich zu einer Aushubbegleitung ein Aushub- und Entsorgungskonzept gefordert.
- Verschmutztes Aushubmaterial ist nach AHR³ und VVEA⁴ zu entsorgen. Wenn organoleptisch⁵ auffälliges Material vorgefunden wird, empfehlen wir dieses durch einen Altlastenspezialisten chemisch analysieren zu lassen.

6 HYDROGEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

6.1 GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

- Im Bereich des Projektperimeters ist mit *lokalen, tw. gespannten Hang- / Kluftwasservorkommen* mit meist geringen hydraulischen Leitfähigkeiten zu rechnen. Die Vorkommen zirkulieren vorwiegend in den besser durchlässigeren Zwischenschichten der randglazialen Terrassensande und tiefer in Zwischenschichten der Moränenablagerun-

² PAK: Polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe.

³ AHR: Aushubrichtlinie.

⁴ VVEA: Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen.

⁵ organoleptisch: Hilfsmittelfreie Bewertung von Geruch und Aussehen.

gen und bilden isolierte, tw. schwebende **Grundwasserstockwerke**. Durch die stark heterolithische Schichtabfolge mit durchlässigen und gering bis schwach durchlässigen Lockergesteinen besitzt die Abfolge in horizontaler Richtung eine grössere Durchlässigkeit als in vertikaler Richtung ($k_h > k_v$).

- Die ausgeprägte Heterogenität der lokalen Hangwasserverhältnissen führen auch zu **unterschiedlichen Flurabständen**. Wie frühere Piezometermessungen im Bereich der Überbauung Sonnenplatz zeigen, ist mit Hangwasserdruckflächen von ca. 1 bis 8 m unter der natürlichen Geländeoberkante zu rechnen. Dieser kann nach starken und / oder langanhaltenden Niederschlägen lokal zumindest bis nahe an die heutige Geländeoberkante ansteigen.
- Die lokalen, heterogenen Hangwasservorkommen und deren Schwankungsbereiche der Hangwasseroberfläche sind mit neu zu erstellenden Piezometer zu erkunden (Kap. 12). Diese Angaben dienen insbesondere für die Planung der Baugruben.
- Wie Erfahrungen zeigen, ist auch in grösseren Tiefen in besser durchlässigen Schichten der Moränenablagerungen mit schichtgebundenen, isolierten, gespannten Hangwasservorkommen sowie im Felsen mit **Kluftwasser** zu rechnen. Dies ist insbesondere bei tiefen Baugruben sowie Anker- und Bohrfahlarbeiten zu berücksichtigen.

6.2 GEWÄSSERSCHUTZ

Die Bauparzellen befinden sich ausserhalb eines Gewässerschutzbereichs im sogenannt **übrigen Bereich**. Folglich ist für die Erlangung einer Baubewilligung keine gewässerschutzrechtliche Bewilligung mit hydrogeologischem Unbedenklichkeitsnachweis erforderlich.

6.3 ERSTE IDENTIFIKATION BAUTECHNISCH RELEVANTE FOLGERUNGEN

6.3.1 Bauzustand

Eine **Absenkung des Hangwasservorkommens** ausserhalb der Baugrube während der Bauphase sowie im Nutzungszustand unter den noch festzulegenden, **natürlichen Niederwasserstand ist grundsätzlich mit Risiken von Setzungen** verbunden. Dies könnte im ungünstigen Fall zu Setzungsschäden an im Nahbereich zur Baugrube liegenden vulnerablen, flachfundierten Bauten (Gebäude, Strasse, Vorplätze, Aufschüttungen, Werkleitungen usw.) führen, die nicht bis auf die tragfähigen Moränenablagerungen oder bis auf den Felsen reichen. Eine dauerhafte Grundwasserabsenkung unterhalb des natürlichen Niederwasserstands ist daher zu vermeiden.

Insbesondere die kohäsionslose Sande oder scheinkohäsive siltige Sande der randglaziale Terrassensande neigen bereits bei geringen Wasseraustritten aus Hanganschnitten zu **Ausschwemmungen und Bodenverflüssigungen**, so dass in ungesicherten Böschungen ohne zusätzliche Sicherungsmassnahmen und Wasserhaltung rasch Instabilitäten (Rutschungen, Böschungsbrüche) zu erwarten sind.

Alle sandigen Ablagerungen (sauberer bis siltiger Feinsand) sind bei den schichtweise zu erwartenden gespannten Druckverhältnissen als **grundbruchempfindlich** einzustufen. Für Tiefbauarbeiten ist der Umstand bedeutsam, weil die vertikalen Durchlässigkeiten geringer sind als die horizontalen. Dadurch entstehen gespannte Druckverhältnisse und folglich eine erhebliche Grundbruchgefährdung sowohl bei tiefen Baugruben und tieferen Werkleitungsgräben als auch in Tiefenfundationen.

6.3.2 Endzustand

Die erdberührten Geschosse, welche in den Bereich der Hangwasservorkommen reichen, sind entsprechend als **dichte Wannen** auszubilden. Die Bauteile sind in diesem Falle bezüglich **Auftrieb** entsprechend zu dimensionieren, wobei für den massgebenden Druckspiegel ohne genaue Kenntnisse über den Hochwasserstand mindestens die natürliche Geländeoberkante anzunehmen ist. Alternativ könnte oberhalb eines noch festzulegenden Mittelwasserstandes auch eine gut (auch bei Hochwasser) funktionierende Sickerleitung (Objektschutzleitung) verlegt werden. Bei Sickerleitungen bestehen jedoch Risiken, dass auf Grund des generell sandigen Untergrundes die Wirksamkeit der Dränagen langfristig abnimmt. Ebenso sind aus der karbonathaltigen Grundwässern Versinterungen von Leitungen zu erwarten, so dass ein regelmässiger Unterhalt via Spüllstutzen zu gewährleisten ist.

Aus privatrechtlicher Sicht ist sicherzustellen, dass durch den Eingriff des projektierten Bauvorhabens in das Grundwasservorkommen **keine negative quantitative und qualitative Beeinflussung** der Hangwasserverhältnisse erfolgt (z.B. unzulässiger Grundwasseranhebung). Entsprechende **Kompensationsmassnahmen** (z.B. Umströmung / -sickerung mittels durchlässigen Kies-Sand-Materials im Hinterfüllungsbereich und unter der Bodenplatte, etc.) sind bei vollflächigen, tiefen Einbauten wie z.B. Untergeschosse oder permanent dichten Baugrubenabschlüssen zu prüfen und eine zweckmässige Grundwasserüberwachung einzuplanen (Kap. 13).

7 NATURGEFAHREN

7.1 WASSERPROZESSE

Gemäss der aktuell gültigen Gefahrenkarte des Kantons Luzern befinden sich die Bauparzellen ausserhalb einer Gefährdungszone für Wasserprozesse (Wasser, das aus einem ausufernden Gewässer stammt). Die Gefahrenkarte bezieht sich auf das Terrain zum Zeitpunkt der Erfassung, was nicht zwingend mit dem heutigen oder zukünftigen Terrain übereinstimmen muss.

7.2 OBERFLÄCHENWASSERABFLUSS

In der Gefährdungskarte Oberflächenwasserabfluss (nicht versickerndes Niederschlagswasser, welches dem nächsten Gewässer zuströmt) sind Zonen mit potentieller Überflutung mit Fliesstiefen bis 10 cm ausgeschieden (Abb. 1), was bautechnisch (z.B. Auftriebsicherheit) und bei der Planung von Gebäudeöffnungen oder Geländegestaltung angemessen zu berücksichtigen ist.



Abb. 1 Ausschnitt aus der Gefährdungskarte Oberflächenwasserabfluss, Massstab 1:3'000. Kartengrundlage © Geoinformation Kanton Luzern 2017. Hellviolett: Fliesstiefen <10 cm, Violett: Fliesstiefen 11 bis 25 cm, Dunkelviolett: Fliesstiefen >25 cm. Rot gestrichelt ungefähre Lage der Bauparzellen.

7.3 ERDBEBENGEFÄHRDUNG

Der **Erdbebensicherheit** ist je nach Gefährdungsbild eine angemessene Priorität zuzuordnen. Nach SIA 261 (Ausgabe 2014) und BWG (2004) können für einen ersten Nach-

weis der ausserordentlichen Einwirkung von Erdbeben folgende Zuordnungen verwendet werden:

- Für das Bauwerk sind die Bauwerksklassen gemäss SIA 261 (Ausgabe 2014) festzulegen.
- Hinsichtlich der **Erdbebengefährdungszonen** liegt der Bauperimeter nach Karte SIA 261 (2014) in der Zone 1 mit Beschleunigungswerten von 0.6 m/s^2 .
- Gemäss derzeitigem Kenntnisstand sehen wir eine Einstufung in die **Baugrundklasse E** (5 m bis 20 m Lockergesteinsmächtigkeit unterhalb der Bodenplatten bis zur Felsoberfläche). Eine definitive Zuordnung der Baugrundklasse wäre wegen der lediglich abgeschätzten Tiefenlage der Felsoberfläche nur mit Sondierbohrungen (Kap. 12) möglich.

8 ARCHÄOLOGISCHE FUNDSTELLEN

Gemäss dem aktuellen archäologischen Fundstellenkataster des Kantons Luzern sind im Bereich des Bauvorhabens keine archäologische Fundstellen vorhanden.

9 ERSTE GEOTECHNISCHE FOLGERUNGEN

9.1 GENERELLE ERSCHWERNISSE

- Die Parzellen befinden sich im Nahbereich von Nachbargebäuden und Strassen jeweils mit Werkleitungen. **Sowohl im Bau- als auch im Endzustand** ist zu beachten, dass **je nach Vulnerabilität keine Deformationen akzeptabel** sind. Wir empfehlen, die Empfindlichkeit dieser Bauten und genauen Foundationen je nach Projekt frühzeitig abzuklären, um allenfalls schadensvorbeugende Massnahmen, wie vorgängige Fundationsverstärkungen, Werkleitungsumlegungen usw. in die Projektierung einfließen lassen zu können und insbesondere bei der Wahl des Baugrubenabschlusses (Kap. 9.3) zu berücksichtigen.
- Im Weiteren gelten die in Kap. 6.3 beschriebenen geotechnischen Risiken hinsichtlich der hydrogeologischen Verhältnisse.
- Mit **Bohr- und Rammhindernissen** (sehr dicht gelagerte Moränenablagerungen, Blöcke, tw. nestweise angehäuft, evt. Baumstämme), organisch reichen Zwischenschichten sowie lokalen Fremdstoffen innerhalb künstlicher Auffüllungen muss gerechnet werden. Zu beachten ist, dass in den Moränenablagerungen schicht- oder nestartig sehr harte Blöcke auftreten können die zu erheblichen Erschwernissen bei Bohrpfählen

oder allfälligen Rammarbeiten führen können. Entsprechende Erschwernisse bei Fundationen (Kap. 9.2) und Baugrubenabschlüssen (Kap. 9.3) sind einzurechnen.

- Die schichtweise schlechte Dränierbarkeit und damit hohe Wassersättigung der wasserempfindlichen Lockergesteinen, insbesondere während nasser Witterung, ist beim Aushub und bei der Deponierung (Kap. 9.3.3) zu berücksichtigen.
- An dieser Stelle sei wiederholt, dass die verbreiteten unterschiedlichen siltigen Sande eine deutliche **trügerische Scheinkohäsion** besitzen, die insbesondere bei Durchnässung entfällt oder rasch zu einer Entfestigung mit Bodenverflüssigung und Verschlammung der Aushubsohle führt (Kap. 6.3.1).

9.2 FUNDATION

- Wegen der sehr locker bis locker gelagerten oder weichen setzungsempfindlicheren Hangsedimente, Überschwemmungsebene mit Böden / Sümpfen und der randglaziale Terrassensande sowie dem unregelmässigen Schichtverlauf der dicht bis sehr dicht gelagerten Moränenablagerungen muss bei Flachfundationen - vor allem bei einer **Mehrbelastung** des Baugrunds - grundsätzlich mit kurzfristigen (während des Baus) und zukünftigen (infolge Verdichtung des Baugrunds durch Bauten und Neubauten in unmittelbarer Umgebung) **Setzungen und Setzungsdifferenzen** gerechnet werden, die ein zulässiges Mass übersteigen könnten und entsprechend risikoreich sind. Im Weiteren bestehen bei unterschiedlicher Tiefenlage der Bodenplatten Risiken von differenziellen Setzungen, auch in Anbetracht des vorhandenen Oberflächenreliefs der tragfähigen Moränenablagerungen sowie des asymmetrischen Schichtaufbaus.
- Unter der Voraussetzung einer genügenden Auftriebssicherheit im Hochwasserfall und in Kenntnis der Risiken differentieller Setzungen, insbesondere im Übergang hochbelastender Gebäudebereiche mit z.B. nur erdüberdeckten Einstellhalle, kann bei leichten Bauten eine Flachfundation mit Materialersatz oder mit einem tieferreichenden Materialersatz mittels Kiessäulen / Rüttelstopfverdichtung bis auf die Moränenablagerungen geprüft werden.
- Zudem ist bei Flachfundationen zu beachten, dass je nach Variante des Baugrubenabschlusses mit einer Auflockerung des randlichen Fundationsuntergrunds zu rechnen ist. Die grössten Setzungsrisiken entstehen beim Rückzug von Spundbohlen.
- Als **risikoärmere Alternative** zu einer Flachfundation und bei grösseren konzentrierten Lastabtragungen oder zur Erzielung einer genügender Auftriebssicherheit stehen für Neubauten eine **Tiefenfundation** im Vordergrund, die ausreichend tief in die besser tragfähigen Moränenablagerungen oder in den Felsen einbindet. Die Pfähle der Tiefenfundation könnten bei Bedarf auch als allfällige Zugpfähle bei einer Auftriebsproblematik bei Hochwasser, insbesondere für lediglich erdüberdeckte Bauteile, oder für die Erdbebensicherheit ausgebildet werden. Zudem würde eine Tiefenfundation keine wei-

teren Aushubarbeiten für einen Materialersatz bei Flachfundationen erfordern, die zu grösseren Aufwändungen bei der Wasserhaltung führen können.

- Aufgrund der dicht bis sehr dicht gelagerten Moränenablagerungen mit eingelagerten Blöcken oder infolge Baumstämmen bestehen aber gewisse Risiken, dass bei Anwendung von Rammpfählen oder Verdrängungsbohrpfählen die erforderliche Tiefe mit einer genügender Einbindung in die tragfähigen Moränenablagerungen oder Felsen nicht erreicht würde. Unter der Berücksichtigung einer ausreichenden Einbindung in die tragfähigen Schichten sowie der Lärm- und Erschütterungsimmissionen steht somit insbesondere bei grösseren Lasten die Anwendung von **Bohrpfählen** im Vordergrund.
- Bei der Konzeption der Einbindetiefen ist die ausgeprägte Verwitterungszone des Felsen (Kap. 4) zu beachten.

9.3 AUSBILDUNG VON BAUGRUBEN

9.3.1 Allgemeines

Tiefe Baugruben müssen bei den vorliegenden, anspruchsvollen geotechnischen Verhältnissen in leichter Hanglage sorgfältig geplant werden. Es sind weiterführende Abklärungen betreff Bausystem (z.B. Systemverankerung mit Ankern, Rühlwand, Einbringen von Spundwänden, überschnittene Bohrpfahlwand), Wasserhaltungsmassnahmen (offene Wasserhaltung, Filterbrunnen, usw.) einzuplanen. Das genaue Ausmass von Sicherungs- und Wasserhaltungsmassnahmen sollte nach Vorliegen konkreter Projektpläne und objektspezifischer Baugrundsondierungen in Zusammenarbeit mit dem Geotechniker/Geologen und Ingenieur bestimmt und durch Stabilitätsberechnungen überprüft werden. Besondere Beachtung verdient bei tiefen Baugruben die Erstellung eines dichten Baugrubenabschlusses, um die Risiken von unzulässigen Grundwasserspiegelabsenkungen unter die natürlichen Niederwasserstände (Kap. 6.3.1) und damit verbunden von unzulässigen Setzungen ausserhalb der Baugrube zu minimieren. Dabei wird auch die Ankertragfähigkeit zu bewerten sein.

9.3.2 Baugruben

- Für Baugruben oberhalb des noch festzulegenden Niederwasserstands sind Sicherungsmassnahmen wie eine Sickerbeton-Schwergewichtsmauer, eine Systemverankerung mit perforiertem Spritzbeton und Ankern, Rühlwände oder offene Bohrpfahlwände vorzusehen. Diese bedingen jeweils eine vorgängige Erreichung des Absenkziels mittels einer offenen Wasserhaltung.
- Für tiefe Baugruben, die in das Grundwasser, resp. unterhalb den Niederwasserstand hineinreichen, ist zu prüfen, ob angrenzende Gebäude, Werkleitungen, Strassen, usw. auf tragfähigen Moränenablagerungen fundiert sind oder nicht. Bei einer Fundierung

ober- oder innerhalb besonders setzungsempfindlicher Feinsedimente bestehen bei einer offenen Baugrube mit Grundwasserabsenkung unter den natürlichen Niederwasserstand erhöhte Risiken einer unzulässigen Grundwasserabsenkung in der Umgebung (Kap. 6.3.1), die sich in unerwünschten Setzungen niederschlagen könnte. In diesem Falle ist ein dichter Baugrubenabschluss zu prüfen.

- Bei vollflächigen, tiefen Einbauten wie z.B. permanente, dichte Baugrubenabschlüsse mittels Bohrpfählen oder verlorenen Spundwänden sind zur Gewährleistung des Hangwasserflusses (Verhinderung eines hangseitigen Grundwasseraufstaus) entsprechende hydraulische Massnahmen zu prüfen (Kap. 6.2 und 6.3.2).
- Bei einem dichten Baugrubenabschluss müsste eine durchgehende Einbindung mind. in die Moränenablagerungen gewährleistet sein, was bei Spundwänden lediglich mittels Vorbohrungen möglich sein würde. Um allfällige Umläufigkeiten im Bereich des Spundwandfusses zu verhindern, wäre die Ausführung von Fussinjektionen einzurechnen.
- Das Einbringen der Spundbohlen ist mit Lärm- und Erschütterungsimmissionen verbunden, dabei sind *-insbesondere beim Ziehen der Spundbohlen -* im Nahbereich des Baugrubenabschlusses (mindestens eine Spundwandlänge!) Setzungen von bis zu mehreren Zentimetern zu erwarten, die zu erhöhten Risiken von Schäden an Werkleitungen und Strassen führen. Um mögliche Setzungen zu minimieren, wären die Intensität und Dauer der Erschütterungen beim Einbringen und vor allem beim Rückzug der Spundbohlen möglichst gering zu halten. Eine *Reduktion der Risiken* der zu erwartenden Setzungen liesse sich durch verloren eingebrachte Spundwände oder durch eine überschnittene Bohrpfahlwand erreichen.

9.3.3 Wasserhaltung

- Auf Grund der schichtweisen gespannten Hangwasservorkommen sind zur Trockenhaltung der Aushubsohle in Abhängigkeit der Baugrubentiefe entsprechende Wasserhaltungs- und Druckentspannungsmassnahmen (Filterbrunnen, Wellpoint, Pumpensümpfen) einzuplanen. Dabei sind auf Grund der vorwiegend gering durchlässigen Lockergesteine je nach lokalen Hangwasservorkommen, Bauvorhaben und Witterung bei einer offenen Wasserhaltung von Spitzen bis wenige 100 l/min möglich. Nach der Versiegen des vorhandenen Hangwasserzuflusses kann die Baugrube bei niederschlagsarmen Perioden durchaus auch weitgehend trocken sein.
- Das erforderliche Ausmass der Wasserhaltungsmassnahmen ist spätestens während der Aushubarbeiten fortlaufend zu bestimmen und zu kontrollieren.
- Bei einer offenen Wasserhaltung bestehen grundsätzlich Risiken von Veränderung der hydrogeologischen Verhältnisse in der Nachbarschaft, die gewisse Risiken von Setzungen des Untergrunds bergen. Eine abschliessende Beurteilung diesbezüglich und somit über die Systemwahl ist erst nach Vorliegen der genauen Kenntnisse der lokalen, heterogenen Grundwasserverhältnisse und insbesondere des Niedrigwasserstan-

des möglich (Kap. 12). Somit ist insbesondere bei tieferen Baugruben im hangseitigen Bereich die Erfordernis eines dichten Baugrubenabschlusses zu prüfen.

- Um die Risiken von Ausschwemmungen und Bodenverflüssigungen infolge Wasser-
austritte aus Böschungen zu reduzieren, sind die Lockergesteine möglichst frühzeitig
ausreichend zu entwässern. Dies auch um unerwünschte Zuschläge für Aushub und
Deponierung infolge durchnässter Lockergesteinen vermeiden zu können.

10 METEORWASSERVERSICKERUNG

Gemäss Gewässerschutz muss anfallendes Meteorwasser nach Möglichkeit in den Untergrund versickert werden. Dabei sollten in erster Linie oberflächliche humusierete Versickerungsmulden zur Anwendung kommen. Aufgrund der eher schlecht durchlässigen und wassergesättigten Lockergesteine und der leichten Hanglage (Bildung von talseitigen Hangquellen) wird eine Versickerung des Meteorwassers beschränkt bis kaum möglich sein. Nur lokal in allfällige anstehende besser durchlässige Zwischenschichten könnte allenfalls Meteorwasser versickert werden.

Zu prüfen wäre allenfalls eine beschränkte Versickerung mit entsprechenden Retentionsmassnahmen und Überläufen mit Anschlüssen an die Kanalisation. Die Versickerungsleistung wäre vorgängig mittels Versickerungsversuche abzuklären.

Als Alternative zu einer Dachwasserversickerung empfiehlt sich die Einleitung des anfallenden Meteorwassers in einen Vorfluter bzw. in die Kanalisation zu prüfen. Eine verzögerte Einleitung, d.h. ein Zwischenspeichern des Dachwassers mit Hilfe eines Rückhaltebeckens und eine gedrosselte Abgabe nach dem Regenereignis (Retention), sollte dabei vorgesehen werden. Ein solcher Zwischenspeicher wird in Form einer Kiespackung (Kieskörper), als Teich mit Biotop oder als Speicherleitung möglich sein. Detaillierte Angaben sind in der Richtlinie Regenwasserentsorgung (*Richtlinie zur Versickerung, Retention und Ableitung von Niederschlagswasser in Siedlungsgebieten, VSA 2002*) zu entnehmen.

11 ERDWÄRMESONDEN

Die Parzellen befinden sich ausserhalb des Gewässerschutzbereichs A_u . Somit sind **Erdwärmesonden zugelassen**. Es kann jedoch nicht ausgeschlossen werden, dass lokale, wasserführende Kluftsysteme mit gespannten Druckverhältnissen durchbohrt werden. Entsprechende Erschwernisse bei der Ausführung der Erdsondenbohrungen sind einzurechnen.

Aus unserer breiten Erfahrung könnten wir für die Dimensionierung bei Bedarf charakteristische geothermische Werte (Wärmekapazität und –leitfähigkeit, geothermischer Gradient) sowie eine bohrtechnische Prognose des tieferen Felsuntergrundes bereitstellen.

Erdwärmesonden sind mindestens auf den obersten wasserführenden Schichten bis ca. 10 m zu verrohren.

12 ERGÄNZENDE, OBJEKTSPEZIFISCHE BAUGRUNDSONDIERUNGEN

Für die weitere Projektierung erkennen wir folgende Kenntnislücken:

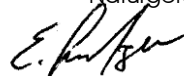
- Kenntnislücken bestehend in der *Zusammensetzung vorhandener künstlicher Auffüllungen* und Belastungen (Kap. 5) sowie dem *Anteil organischer Beimengungen (Torf, Holz, Baumstämme)* innerhalb der Überschwemmungsebene mit Böden / Sümpfen.
- Bestehende Sondierungen in der Umgebung zeigen einen im Detail recht wechselhaften und asymmetrischen Baugrund. Ebenso erscheinen die Schichtgrenzen der verschiedenen Lockergesteine kleinräumig sehr wechselhaft.
- Auch bezüglich der vorliegenden, recht komplizierten hydraulischen Architektur mit örtlich unterschiedlich, bis gespannten Hangwasserdruckspiegeln bestehen noch Kenntnislücken. Neue Piezometer könnten zugleich *als Vorinvestition für eine künftige Grundwasserüberwachung* beigezogen werden.

Somit sind die geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse für zukünftige Projektphasen in Ergänzung zu bestehenden früheren Baugrundsondierungen durch ein angemessenes Untersuchungsprogramm ausreichend zu erforschen. Im Vordergrund einer Erkundung stehen je nach Fragestellung vor allem **Baggersondierungen** mit Versickerungsversuchen, **schwere Rammsondierungen** bis auf den unüberwindlichen Rammwiderstand sowie **Piezometer** und verfilterte **Sondierbohrungen** mit SPT- und Pump-Versuchen.

13 EMPFEHLUNGEN FÜR ÜBERWACHUNGSMASSNAHMEN DER UMGEBUNG WÄHREND DER TIEFBAUARBEITEN

- Um mögliche Auswirkungen der Bauarbeiten auf die unmittelbar angrenzenden Bauwerke, Strassen und Werkleitungen festhalten zu können, empfehlen wir bei empfindlichen nachbarschaftlichen Verhältnissen vor Baubeginn eine **vorsorgliche Beweisabnahme** mittels Rissprotokollen, Fotos und Kanalfernsehaufnahmen. Falls dabei Risse und auch Anzeichen von Instabilität festgestellt werden, sind diese unbedingt in der Planung der Baugrubensicherung angemessen zu berücksichtigen.
- Im seitlichen Nahbereich bis ca. 25 m um die Baugruben empfehlen wir, einige **Höhenfixpunkte** zu versetzen und diese regelmässig geodätisch zu überwachen, um allfällige Setzungen rechtzeitig erkennen zu können.

- Damit Auswirkungen bei allfälligen geplanten erschütterungserzeugenden Bauverfahren möglichst frühzeitig erkannt und allfällige Massnahmen ergriffen werden könnten, wären diese Arbeiten mittels **Erschütterungsmessungen** zu überwachen.
- Eine Absenkung der Hangwasserdruckfläche ausserhalb der Baugrube unter den Grundwassertiefstand ist zur Vermeidung von Setzungen an umliegenden, empfindlichen Gebäuden, Vorplätze und Werkleitungen zu verhindern (Kap. 6.3.1). Um allfällige Absenkungen im Einflussbereich der Baugrube möglichst frühzeitig zu erkennen, sollten die **Grundwasserdruckspiegel** in der näheren Umgebung des Bauvorhabens vor und während den Bauarbeiten überwacht werden.

Keller + Lorenz AGGeotechnik Geologie Hydrogeologie
Naturgefahren Altlasten

Erik Luntzer



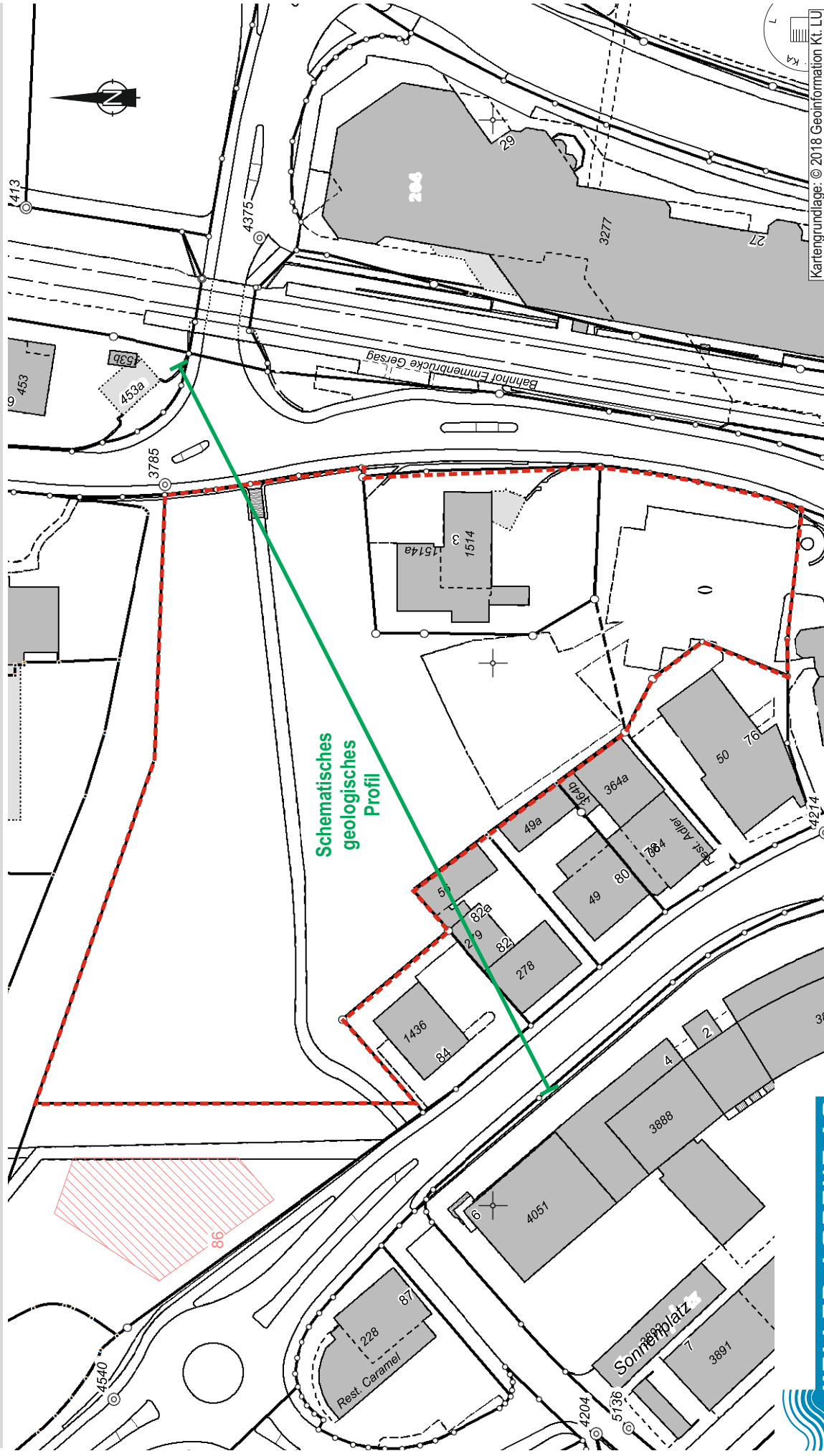
Dr. Beat Keller

Sachbearbeitung:

Geotechnik: E. Luntzer, M. Ehrler
Geologie / Naturgefahren: M. Respondek, V. Bodien
Hydrogeologie: M. Respondek, E. Luntzer
Grafische Auswertungen, Datamining: M. Respondek, V. Bodien
Qualitätskontrolle, Review:Dr. Beat Keller

Situation

1 : 1'000



Kartgrundlage: © 2018 Geoinformation Kt. LU

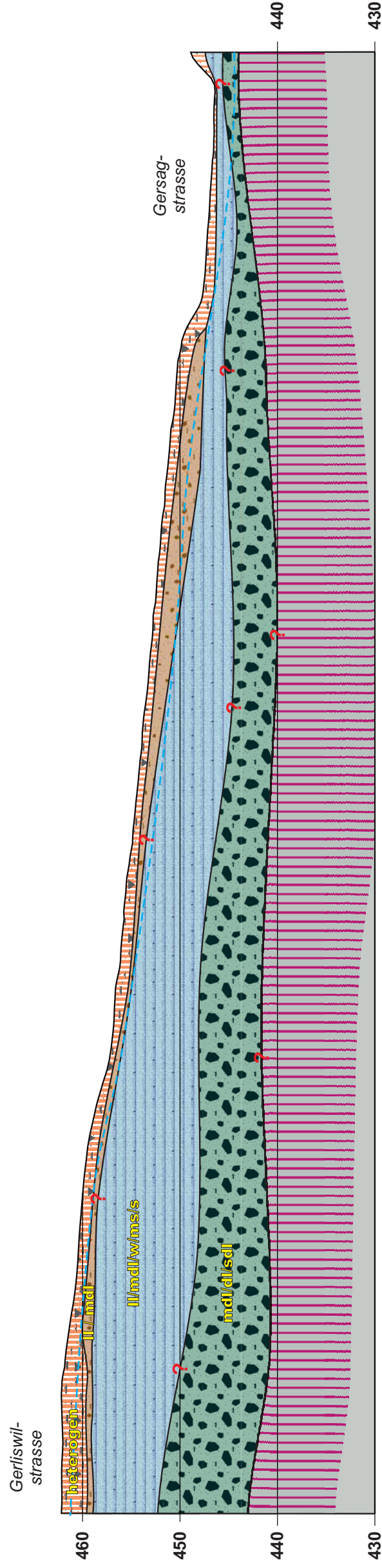
Legende:  **Projektperimeter**

Schematisches geologisches Profil

1 : 500 / 500

WSW

ENE



Legende

Lockergesteine / Fels



Künstliche Auffüllung
Unterschiedlich siltige Kies-Sand-Gemische mit variablem Anteil an Steinen, Blöcken, organischen Beimengungen und ev. Fremdstoffen, heterogene Lagerung.



Hangsedimente
Unterschiedlich tonig-siltiger bis sauberer Sand, tw. mit Kies, vereinzelte Steine, tw. Diamiktite, locker bis mitteldicht gelagert.



Randglaziale Terrassensande tw. deltaisich
Unterschiedlich tonig-siltiger bis fast sauberer Sand mit zumeist wenig Kies sowie Zwischenschichten aus tonigem Silt. Locker bis mitteldicht gelagert, resp. weiche bis steife Konsistenz.



Moränenablagerungen
Stark siltiger Sand bis toniger Silt mit viel Sand und variablem Anteil an Kies, Steinen und Blöcken (Findlingen), komplex aufgebaut tw. Diamiktite, mitteldicht bis sehr dicht gelagert.



Felsen der Oberen Süsswassermolasse
Wechsellaagerung aus Sand-, Silt-, Schlammsteinen und Mergeln. Oberflächennahe Verwitterungszone (schematisch rot schraffiert).

Geländeoberkante gemäss digitalem Höhenmodell.

Lagerung

- sw lockere Lagerung
- w/lms lockere Lagerung
- mdl mitteldichte Lagerung
- gl dichte Lagerung
- sdl sehr dichte Lagerung

Konsistenz

- sw sehr weich
- w/lms weich / mittelsteif
- mdl steif
- gl hart
- sdl sehr hart

Hang- / Grundwasser
Insbesondere nach starken und/oder langanhaltenden Niederschlägen ist mit lokalem Hang- und Grundwasservorkommen mit einem Druckspiegel bis nahe an die heutige Geländeoberkante zu rechnen.

Unsichere Prognose:
falls bautechnisch relevant,
ggf. durch Sondierungen ergänzen!