ANDRES GEOTECHNIK AG

Schuppisstrasse 7 | 9016 St.Gallen
T 071 288 27 88 | F 071 288 36 12
info@andres-geotechnik.ch
www.andres-geotechnik.ch

Areal Löwen/Löwengartenstrasse Parz. 925/926/1754) Rorschach SG

Geologisch-hydrogeologischer Bericht
Geotechnische Grundlagen

Geologie, Hydrogeologie, Fundation, Baugrube, Wasserhaltung
Meteorwasserbehandlung, Umströmung, Erdsonden, Belastungen

12. September 2024

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung und Auftrag 3
2. Grundlagen 3
3. Ausgeführte Arbeiten 4
4. Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse 4
4.1 Schichtaufbau 4
4.2 Grundwasser 5
4.3 Erdsonden, Naturgefahren, Oberboden und Radon 7
5. Geotechnische Grundlagen 7
5.1 Generelle Beurteilung und Bodenkennwerte 7
5.2 Fundation 8
5.3 Baugrube 9
5.4 Wasserhaltung 10
5.5 Meteorwasser 11
5.6 Umströmung 12
6. Erdsondenbeurteilung 13
7. Belastungen Aushubmaterial 13

Beilagen

Ausschnitt Gewässerschutzkarte Mst. 1:5'000	Beilage 1
Ausschnitt Grundwasserkarte Mst. 1:5'000	Beilage 2
Ausschnitt Gewässernetz Mst. 1:5'000	Beilage 3
Ausschnitt Erdsondenkarte Mst. 1:5'000	Beilage 4
Ausschnitt Gefahrenkarte Mst. 1:5'000	Beilage 5
Ausschnitt Intensitätskarte EHQ Mst. 1:5'000	Beilage 6
Ausschnitt Oberflächenabflusskarte Mst. 1:5'000	Beilage 7
Ausschnitt KbS-Karte Mst. 1:5'000	Beilage 8
Ausschnitt Prüfgebiet Bodenverschiebung Mst. 1:5'000	Beilage 9
Lageplan mit Sondierungen/Grundlagen Mst. 1:1'000	Beilage 10
Profile Kernbohrungen KB 1 und KB 2 Mst. 1:100	Beilagen 11 und 12

1. Einleitung und Auftrag

Die UZE AG Uzwil konnte die Grundstücke Nrn. 925/926/1754 zwischen Löwengarten- und Löwenstrasse in Rorschach erwerben und plant dort eine umfassende Neubebauung. Dazu sollen gemäss Richtprojekt der Allemann Bauer Eigenmann Architekten AG Zürich die bestehenden Gewerbe-Altbauten vollständig abgebrochen und ein grossflächiger Neubaukomplex mit drei 5- bis 6-geschossigen Linienbauten über 1-2 gemeinsamen, grossflächigen, teilweise abgetreppten Untergeschossen realisiert werden. Gegenüber der tiefliegenden, nördlichen Löwenstrasse (Niveau ca. 408.0 bis 408.7 m ü.M.) ist ein Untergeschoss (UK UG ca. 405 m ü.M.) mit rund 3-4 m Geländeeinbindung, gegenüber der hochliegenden, südlichen Löwengartenstrasse (Niveau ca. 414.5 ± 0.5 m ü.M.) sind zwei Untergeschosse (UK UG ca. 408.5 m ü.M.) mit rund 6-7 m Geländeeinbindung angedacht. Im Vergleich mit den beiden, in den letzten Jahren realisierten Neubaukomplexen westlich des Planungsareals (Überbauungen Löwengarten und Stadtleben), welche hangseitige Geländeanschnitte von rund 10-12 m erforderten, sind die Baugrubentiefen damit deutlich geringer. Für die Energieversorgung der Neubauten stehen analog westliche Nachbarbauten ebenfalls Erdsonden zur Diskussion.

Die Untergrundverhältnisse sind aus den bisherigen Untersuchungen und der Aushuberfahrung in den umliegenden Nachbararealen bereits relativ gut bekannt. Entlang der Südseite des Löwengartenareals ist es beim Aushub im November 2017 aufgrund lokaler Materialausspülungen unmittelbar hinter der Rühlwand zu Mehraufwand und zu lokalen Setzungen der dort in der Löwengartenstrasse verlaufenden, empfindlichen EW-Hauptversorgungsleitung gekommen; diese Leitung musste anschliessend teilweise ersetzt werden. Bei der Überbauung Stadtleben konnte diese Problematik bei vergleichbarer Ausgangslage mit einer bergseitigen Pfahlwand vermieden werden. Das Areal ist nicht als belasteter Standort im Kataster der belasteten Standorte KbS eingetragen; gemäss bestehenden Untersuchungen der Lienert & Haering AG sind gewisse, oberflächennahe Belastungen in Form von bauschutthaltigem Auffüllmaterial und lokalen Öl-Belastungen aber zu erwarten.

Unser Büro wurde von der UZE AG mit der Ausarbeitung eines geologisch-hydrogeologischen und geotechnischen Grundlagenberichtes als Basis für die weitere Projektplanung bzw. für einen allfälligen Projektwettbewerb beauftragt. Neben einem geologisch-hydrogeologischen Gutachten mit den geotechnischen Grundlagen soll der Bericht auch Umströmung, Erdsonden sowie Versickerung mit konkreten Empfehlungen zu Handen der Planer bzw. Wettbewerbsteilnehmer abdecken. Die Ausarbeitung der detaillierten geotechnischen Konzepte mit Bemessungen der Baugrubenabschlüsse, Fundation, Umströmung etc. sind nicht Gegenstand des vorliegenden Berichtes. Ebenfalls nicht Gegenstand des vorliegenden Berichtes sind Belastungsabklärungen der Bausubstanz beim Gebäude-Altbestand im Hinblick auf den Rückbau sowie weitere Abklärungen hinsichtlich Belastungen des Untergrundes/Aushubs (bereits vorhanden); letztere werden im abschliessenden Kapitel lediglich zusammengefasst und mit einer konkreten Mengenschätzung versehen.

2. Grundlagen

Für den vorliegenden Bericht standen uns neben den gesetzlichen Grundlagen und behördlichen Wegleitungen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Gewässerschutz-, Grundwasser-, Gewässernetz-, Gefahren- und Erdsondeneignungskarte des Kantons St. Gallen
- Kataster der belasteten Standorte und Prüfgebiete Bodenverschiebungen, Amt für Umwelt des Kantons St. Gallen
- Überbauung Brauereiwiese Rorschach, Sondierunterlagen und Wasserspiegelmessungen, Andres Geotechnik AG, November 1991
- Neubau Produktionsgebäude Splügen HPV Rorschach, geotechnisch-hydrogeologische Stellungnahme, Andres Geotechnik AG, 24. April 2008
- Überbauung Löwengarten Rorschach, geologisch-hydrogeologischer und geotechnischer Bericht, Entsorgungskonzept Untergrundbelastungen, Andres Geotechnik AG, 6. März 2016
- Geothermische Beurteilung Überbauung Löwengartenareal, Test-Erdwärmesonde, Geowatt Engineering AG, 9. September 2016

- Überbauung Löwengarten Rorschach, Risikoanalyse, Kontroll- und Überwachungskonzept Baugrube, Andres Geotechnik AG, 23. Mai 2017
- Aushuberfahrung und Messdaten Überbauung Löwengartenareal, Andres Geotechnik AG / Wälli AG Ingenieure, Juni 2017 bis März 2019
- Überbauung Löwengartenstrasse Rorschach, Beurteilung der Schäden und Ursache, Dr. Deuring + Oehninger AG, 4. März 2019
- Überbauung Stadtleben Rorschach, geologisch-hydrogeologischer und geotechnischer Bericht, Andres Geotechnik AG, 8. April 2019
- Überbauung Stadtleben Rorschach, Umströmungsnachweis und Wasserhaltung, Ingenieurbüro Rolf Soller AG, 18. Oktober 2019
- Aushuberfahrung und Messdaten Überbauung Stadtleben inkl. Erdsondenbohrungen, Andres Geotechnik AG / Ingenieurbüro Rolf Soller AG, März 2021 bis Mai 2022
- Areal Löwenstrasse Rorschach, Grundstücke Nrn. 925/926/1754, technische Vorabklärung hinsichtlich Untergrundbelastungen, Geologiebüro Lienert & Häring AG, 12. März 2024
- Projektskizzen Richtprojekt Wohnüberbauung Löwenhöfe, Allemann Bauer Eigenmann Architekten AG, Juli 2024
- Aktuelle Werkleitungspläne des Bauareals

3. Ausgeführte Arbeiten

Als Ergänzung zu den bereits zahlreich vorhandenen Untergrunddaten wurden an den aus Beilage 10 ersichtlichen Stellen in der Zeit vom 24. bis 26. Juni 2024 die beiden Kernbohrungen KB 1 und KB 2 ausgeführt. Die Bohrungen wurden unter Berücksichtigung der Vorkenntnisse bis rund 4 m in die kompakte Moräne abgeteuft. Bei beiden Sondierstellen wurde je ein 2"-Pegelrohr zur Messung des Grundwasserstandes installiert; die Grundwasserstände in den neuen sowie einzelnen, noch vorhandenen Pegeln wurden im Anschluss an die Bohrarbeiten bislang 4x gemessen. Basierend auf den nun insgesamt vorhandenen Untergrund-Kenntnissen wurde das aus der westlichen Nachbarschaft vorhandene, verifizierte Baugrundmodell nach Osten in den Bereich des aktuellen Planungsareals erweitert.

4. Geologisch-hydrogeologische Verhältnisse

4.1 Schichtaufbau

Das Planungsareal liegt am Nordrand der Bachschutt-/Moränen-dominierten, zum Bodensee hin geneigten Flächen am Fuss des Rorschacherberges. Über dem erst in rund 25 ± 4 m ab OKT zu erwartenden Molassefels wurden zunächst kompakte Moräne sowie in geringer Stärke Seeablagerungen abgelagert, welche teilweise glazial vorbelastet sind. Über diese teilweise eiszeitlich geprägten Sedimente wurden anschliessend durch die zahlreichen, vom Rorschacherberg dem Bodensee zufliessenden Bäche überwiegend sandige und vereinzelt auch kiesige Schwemmablagerungen geschüttet. Die am Bodenseeufer von Goldach und Rorschach bekannten, weich-plastischen Seeablagerungen dürften gemäss Sondierbefunden in grösserer Schichtstärke erst nördlich der Löwenstrasse auftreten. In jüngster Vergangenheit erfolgte die Überdeckung der Schwemmablagerungen durch Deckschicht/Bodenmaterial bzw. im Rahmen der bisherigen Bautätigkeiten mit Auffüllungsmaterial. Die geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse im Bereich der Baufläche können in diesem generellen Umfeld gemäss durchgeführter Sondierungen (Beilagen 11 und 12) und nachbarlicher Erfahrung wie folgt beschrieben werden:

Unter einer örtlichen Kofferschüttung (Kiessand) sind teilweise bauschutthaltige ***Auffüllungen*** festzustellen. Sie setzen sich aus siltig-feinsandig-kiesigem Erdmaterial mit unterschiedlichen Fremdstoffanteilen (Bauschuttreste) zusammen; ihre Lagerungsdichte ist gering, die Schichtstärke schwankt inkl. Koffermaterial generell um 1.5 ± 0.5 m, wobei in Hinterfüllungsbereichen lokal auch grössere Mächtigkeiten möglich sind. Trotz fehlendem KbS-Eintrag muss davon

ausgegangen werden, dass dieses Auffüllmaterial beim Projektaushub zu grösseren Teilen nicht mehr als unverschmutzter Aushub VVEA-A entsorgt werden kann.

Die ursprüngliche ***Deckschicht*** inkl. Bodenmaterial wurde gemäss Sondierbefund praktisch überall im Rahmen der früheren Bautätigkeit entfernt oder umgelagert. Sie setzte sich aus tonig-feinsandigem Silt mit organischen Resten und geringer Lagerungsdichte zusammen. Sie ist damit in der vorgängig beschriebenen Auffüllung enthalten.

Unter der Auffüllung bzw. im unterkellerten Altbestand z.T. auch direkt unter den alten Bodenplatten stehen in der ganzen Baufläche nacheiszeitliche ***Schwemmablagerungen*** an. Sie weisen auf der Seite Löwenstrasse eine Mächtigkeit von rund 4.0 bis 5.0 m auf; auf der Seite Löwengartenstrasse erhöht sich die Schichtstärke leicht auf rund 6.0 ± 1.0 m. Im Gegensatz zum weiter westlich liegenden Löwengartenareal kann hier analog zum Areal Stadtleben die Unterteilung in einen oberen, überwiegend kiesig-sandigen und einen unteren überwiegend sandigen Teil nicht mehr bestätigt werden. Der kiesige Anteil fehlt im aktuellen Planungsareal praktisch vollständig bzw. beschränkt sich auf die obersten 0.5 bis 1.0 m. Die Schwemmablagerungen setzen sich daher im Bauareal praktisch ausschliesslich aus leicht, gegen unten zunehmend siltigen Fein- bis Mittelsand mit geringer bis mittlerer Lagerungsdichte zusammen. Die Untergrenze der Schwemmablagerungen ist im Lageplan Beilage 10 mittels approximativer Isohypsen dargestellt; sie ist entlang der Löwenstrasse bei rund 402 m ü.M., entlang der Löwengartenstrasse bei ca. 406 bis 407 m ü.M. zu erwarten.

Mit der Untergrenze der Schwemmablagerungen erfolgt der Übergang in teilweise kompakte und gegen unten zunehmend glazial geprägte Untergrundschichten. Im Übergangsbereich stehen zunächst rund 2 bis 4 m (Westseite) bzw. 1 bis 2 m (Ostseite) ***Seeablagerungen*** an; sie setzen sich aus teilweise feingeschichtetem, tonig-siltigem Feinsand und tonig-feinsandigem Silt mit nur sehr wenig Kies zusammen. Sie sind auf der Westseite kompakt bei mittlerer Lagerungsdichte, auf der Ostseite hingegen nur weich bis mittelsteif.

Darunter folgt überall die kompakte, durchwegs dicht gelagerte ***Moräne***, welche ortstypisch aus stark siltigem Feinsand mit reichlich Kies, Steinen und einzelnen Blöcken besteht. Sandige Zwischenlagen innerhalb der Moräne konnten in den durchgeführten Sondierungen nur bei KB 2/2019 (Stadtleben) zwischen 14.0 und 16.7 m ab OKT festgestellt werden; sie können allerdings - wie bei Moränenablagerungen generell üblich - auch auf anderen Tiefen und in abweichenden Stärken innerhalb der Moräne auftreten. Die Moränenoberfläche ist nordseitig entlang der Löwenstrasse bei rund 400 m ü.M., südseitig entlang der Löwengartenstrasse zwischen etwa 402 und 404 m ü.M. zu erwarten.

Der die Moräne unterlagernde ***Molassefels*** wurde in allen bisherigen, hangseitigen Kernbohrungen entlang der Löwengartenstrasse bis rund 18 m ab OKT nicht erbohrt, was gut mit Erfahrungswerten aus den Erdsondenbohrungen (Felsoberfläche Überbauung Löwengarten und Stadtleben ca. 20 bis 28 m ab OKT) übereinstimmt. Der Molassefels dürfte somit bei der Überbauung des Planungsareals nicht in bautechnisch relevante Bereiche bzw. in die Baugrube aufsteigen. Er ist in Form von Mergeln, Silt-/Sandsteinen und untergeordnet Nagelfluh der Molasse (OSM und OMM) somit erst rund 25 ± 4 m ab OKT zu erwarten. Der Molassefels hat eine Schichtneigung von rund 15 bis 20° NNW und ist in geringem Ausmass geklüftet.

4.2 Grundwasser

Das Bauareal liegt gemäss Grundwasserkarte Beilage 2 östlich des grösseren, zusammenhängenden Grundwassergebietes „Goldachdelta" (blauer Bereich), wo effektiv nutzbares Grundwasser vorliegt und unter dem Grundwasserspiegel mit grösserem Wasserandrang zu rechnen ist. Im Bauareal sind im Gegensatz zum Goldachdelta die Grundwassermächtigkeit und die Durchlässigkeiten wesentlich geringer, was zu deutlich kleineren, pumpbaren Wassermengen führt. Die Schwemmablagerungen sind dennoch wasserführend und als Grundwasserleiter mit geringer Ergiebigkeit in Rechnung zu stellen.

Die Grundwasserspiegel in den Schwemmablagerungen wurden seit Abschluss der Bohrarbeiten Ende Juni 2024 in den beiden neuen Pegeln KB 1 und KB 2 sowie in den noch

vorhandenen, alten Pegeln KB 6/2019 und KB 15/2019 bislang 4x gemessen. Die Messungen zeigen eine gute Übereinstimmung mit den umfassenden Messdaten in den beiden unmittelbar westlich angrenzenden Bauarealen. Im Lageplan Beilage 10 haben wir basierend auf diesen Pegeldaten approximative Isohypsen des ***Mittelwasserstandes*** für die wasserführenden Schwemmablagerungen dargestellt. Die gemessenen Wasserstände sind damit v.a. im hangseitigen Teil des Bauareals deutlich höher als gemäss Grundwasserkarte Beilage 2 zu erwarten wäre; dies dürfte v.a. auf die natürliche Querschnittsverminderung des Grundwasserleiters in diesem Bereich zurückzuführen sein. Die Spiegelschwankungen sind gemäss westlich angrenzenden Langzeitmessungen relativ gering; es ist davon auszugehen, dass ein regelmässig auftretender, hoher Wasserstand rund 0.4 bis 0.7 m über dem Mittelwasserstand, ein maximaler Grundwasserspiegel rund 0.9 bis 1.2 m über dem angegebenen Mittelwasser-Niveau liegen kann. Das niedrige Grundwasserniveau dürfte wiederum etwa 0.3 bis 0.5 m unter dem dargestellten Mittelwasserstand liegen. Die Grundwasserfliessrichtung ist mit einem vergleichsweise grossen, in Rorschach allerdings nicht ungewöhnlichen Gefälle von rund 9 bis 12% nach Norden bis Nordosten hin zu Vorflut Bodensee gerichtet.

Innerhalb von kompakter Moräne und Molassefels können grundsätzlich in sporadisch eingestreuten Sand- und Kiessandlagen (Moräne) bzw. in Klüften oder Schichtfugen (Molassefels) örtlich gespannte Wasserverhältnisse auftreten. In der Bohrung KB 2/2019 wurde eine solche Sandlage innerhalb der Moräne angetroffen und mit einem gegen oben abgedichteten Pegelrohr ausgebaut. Die anschliessenden Messungen zeigten, dass der Wasserdruck innerhalb dieser Sandschicht klar unter dem Niveau der Schwemmablagerungen liegt; dennoch sind bezüglich OK dieser Sandschicht (14.0 m ab OKT) gespannte Verhältnisse anzunehmen.

In den bisher durchgeführten Erdsondenbohrungen der Überbauungen Löwengarten und Stadtleben traten in Tiefen ab rund 208 m (Löwengarten) bzw. 188 m (Stadtleben) Felsarteser mit Druckniveau deutlich über der Terrainoberfläche auf (siehe Erdsondenkarte Beilage 4); die ursprünglich etwas tiefer geplanten Sonden wurden daher auf max. 200 m (Löwengarten) bzw. 178 m (Stadtleben) verkürzt. Weiter nordöstlich und südlich sind bei Erdsondenbohrungen ebenfalls zahlreiche Arteserbefunde auf unterschiedlichen Tiefen bekannt. Aufgrund dieser Ausgangslage ist im Planungsareal betreffend Auftreten von Artesern im Molassefels grundsätzlich von einem erhöhten Risiko auszugehen, was v.a. mit den bekannten Schichtverhältnissen und dem südwärts ansteigenden Rorschacherberg zusammenhängt. Basierend auf den Erfahrungen der unmittelbar westlich angrenzenden Überbauungen ist eine artesische Schicht in 160 bis 190 m Tiefe wahrscheinlich und die Planungstiefe der Sonden entsprechend zu beschränken. Diese Felsarteser haben keine Bedeutung für die geotechnischen Belange im Zusammenhang mit Baugrube und Gebäudeauftrieb, sie sind lediglich im Zusammenhang mit geplanten Erdsondenbohrungen zu beachten.

Die ***Durchlässigkeit*** der wasserführenden Schwemmablagerungen ist mittel bis klein; gemäss früherer Ortserfahrung liegt sie nur bei etwa 1.0 bis 2.0 x 10^{-5} m/s. Die darunterliegenden See- und Moränenablagerungen können für den Grundwasserleiter als eigentlicher Grundwasserstauer in Rechnung gestellt werden. Allfällige moräneninterne, teilweise wasserführende Sand- und Kiessandlagen besitzen eine mit den Schwemmablagerungen vergleichbare Wasserdurchlässigkeit. Hier handelt es sich aber um mehrheitlich isolierte Linsen innerhalb eines sonst praktisch undurchlässigen Schichtpaketes, die bei Anschnitt infolge sehr geringem Wassernachfluss meist nur zu kurzzeitigen Wasseraustritten führen („Ausbluten"). Da sich der gesättigte Bereich überwiegend auf die gering durchlässigen, Schwemmablagerungen beschränkt sind Ergiebigkeit und Durchflusspotential des Grundwasserleiters wie einleitend bereits erwähnt sehr gering.

Der örtliche Grundwasserchemismus entspricht gemäss Ortserfahrung und Messungen im Rahmen früherer Untersuchungen den üblichen Verhältnissen für lockergesteins-dominierte Grundwasserleiter im dicht bebauten Schweizer Mittelland (hohe Härtegrade, weitgehend normale Sauerstoffverhältnisse, erhöhte Chloridwerte). Das Grundwasser kann in diesem Sinne chemisch nicht als speziell betonaggressiv eingestuft werden.

Das Bauareal liegt gemäss Gewässerschutzkarte des Kantons St. Gallen Beilage 1 im Gewässerschutzbereich A_u knapp südlich des kombinierten Gewässerschutzbereichs A_o und A_u

entlang dem Bodenseeufer. Damit sind bei Bauvorhaben die hohen Anforderungen für den besonders gefährdeten Grundwasserbereich A_u zu erfüllen, was für die geschilderten, effektiv vorliegenden hydrogeologischen Verhältnisse (geringe Durchlässigkeit im gesättigten Bereich, bezüglich Menge eigentlich kein nutzbares Grundwasser) als streng einzustufen ist.

4.3 Erdsonden, Naturgefahren, Oberboden und Radon

Das Bauareal liegt gemäss Erdsondeneignungskarte Beilage 4 im Gebiet, wo Erdsonden mit hydrogeologischer Vorabklärung grundsätzlich zulässig sind. Die hydrogeologischen Randbedingungen sind in den vorangegangenen Abschnitten umfassend dargelegt. Die bisherige, nachbarliche Erdsondenerfahrung zeigte ab Tiefen zwischen 208 (Löwengarten) bzw. 188 m (Stadtleben) Arteserbefunde, welche jeweils zu Verkürzung der plangemässen Bohrtiefen geführt hat. Im Planungsareal sind ab Tiefen von rund 160 bis 190 m vergleichbare Verhältnisse zu erwarten.

Die kantonale Gefahrenkarte Beilage 5 zeigt für das Bauareal und seine unmittelbare Umgebung keine Gefahr hinsichtlich Überflutungen. Dies wird auch in der Intensitätskarte EHQ Beilage 6 klar bestätigt; selbst bei Extremereignissen sind im Planungsareal keine von Bächen am Nordabhang des Rorschacherberges ausgehende Überflutungsgefahren zu erwarten. Die Oberflächenabflusskarte Beilage 7 zeigt einzig für die geneigten Strassen rund um das Areal geringe, bei Starkniederschlag zu berücksichtigende Abflusshöhen. Für Planungsareal Löwen/Löwengartenstrasse besteht somit ausser geringem Strassenabfluss keine spezifische Hochwassergefährdung; es sind keine spezifischen Hochwasserschutzmassnahmen oder ein Objektschutznachweis im Rahmen des Baubewilligungsverfahrens erforderlich.

Das Planungsareal ist nicht im Kataster der belasteten Standorte KbS eingetragen (siehe Beilage 8). Gemäss Ausschnitt Prüfgebiet Bodenverschiebung Beilage 9 liegt das Areal im Siedlungsgebiet am Südrand einer vielbefahrenen Hauptstrasse. Letzteres hat bezüglich Oberbodenbelastungen im vorliegenden Fall allerdings praktisch keine Bedeutung mehr, weil im ganzen Areal ausser einem kleinen Gartenbereich auf dem Grundstück Nr. 1754 infolge praktisch vollständiger Oberflächenversiegelung keine Humusflächen mehr vorliegen. Der hier noch vorliegende Oberboden dürfte infolge Fremdstoffanteilen und Verkehrsimmissionen leicht belastet sein (Materialentsorgung VVEA-B-Deponie). Trotz fehlendem Eintrag im KbS ist auf dem Areal infolge früherer Tätigkeiten gemäss Belastungsuntersuchung Lienert & Häring AG und nachbarlicher Erfahrungen mit relevanten Mengen fremdstoffhaltiger Auffüllung sowie lokal KW-belastetem Material zu rechnen. Wie überall in bereits früher mehrfach bebauten, innerstädtischen Siedlungsflächen muss beim Aushub im Bereich von Auffüllung bzw. umgelagertem Material mit einem gewissen Anteil nicht mehr als unverschmutzter Aushub VVEA-A zu entsorgendem Aushubmaterial gerechnet werden; eine generelle, erfahrungsbasierte Mengenabschätzung ist im abschliessenden Kapitel 7 zu finden.

Gemäss Radonrisikokarte des BAG liegt das Bauareal in Rorschach in einem Gebiet mit nachweislich geringem Radonrisiko. Diese Einstufung beruht im Gebiet Rorschach/Rorschacherberg auf einer ausreichenden Anzahl in bestehenden Bauten durchgeführter Messungen. Spezielle Massnahmen zum Radonschutz sind somit im Bauareal nicht notwendig; die generellen Empfehlungen gemäss BAG-Merkblatt bezüglich allgemeiner vorsorglicher Massnahmen sind aber umzusetzen.

5. Geotechnische Grundlagen

5.1 Generelle Beurteilung und Bodenkennwerte

Die geotechnischen Eigenschaften des im Bauareal anstehenden Untergrundes können ab Erreichen der gesichert glazial vorbelasteten Schichten (Moräne) generell als wenig problematisch eingestuft werden. Für die Schwemmablagerungen sind v.a. bei Wassersättigung, d.h. unter dem Grundwasserspiegel die eingeschränkte Tragfähigkeit sowie die Neigung zu

Materialfliessen, innerer Erosion und Materialausspülungen bei unsachgemässer Entwässerung zu beachten. Letztere waren klar die Hauptgründe für den bautechnischen Mehraufwand und den Schaden an der Hauptstromleitung im westlichen angrenzenden Löwengartenareal. Die entsprechenden Erfahrungswerte sind daher bei Planung der Baugrubenabschlüsse angemessen zu beachten. Die geringmächtigen Seeablagerungen zwischen Moräne und Schwemmablagerungen sind im Planungsareal uneinheitlich und nicht überall klar vorbelastet, was für die Fundation zu berücksichtigen ist.

Die in der folgenden Tabelle angegebenen Bodenkennwerte basieren auf bestmöglichen Schätzungen aufgrund der Sondierdaten und der langjährigen, örtlichen Baugrunderfahrung; sie entsprechen geschätzten Mittelwerten X_m bzw. Extremwerten $X_{extr.}$ (in Klammer) gemäss SIA 267 und sind dementsprechend zu verwenden.

Bodenschicht	***Feuchtraumgewicht*** γ [kN/m³]	***Scherwinkel*** φ' [°]	***Kohäsion*** c´ [kN/m²]	***Zusammendrückbarkeit*** M_{E0} [MN/m²]
Auffüllung*	17 - 19	25 - 32 (26)	0	4 - 10 (5)
Schwemmablagerungen	17 - 19	31 (29)	0	15 (12)
Seeablagerungen	18 - 20	28 (27)	5 (2)	15 - 30 (15)
Moräne	19 - 21	31 (30)	7 (5)	45 (40)

*...grosse Streuung der Kennwerte infolge grosser Variationsbreite der Materialzusammensetzung (Koffermaterial bis weiche, umgelagerte Deckschicht)

Für die erdbebengerechte Projektierung der Bauten sind die Baugrundklasse E (oberflächliche Schicht von Lockergestein mit v_s-Werten nach C oder D und veränderlicher Dicke zwischen 5 m und 20 m über steiferem Bodenmaterial mit v_s > 800 m/s) und die Zone Z1a einzusetzen.

5.2 Fundation

UK der Gebäude gemäss aktuellem Richtprojekt kommen mit abgestuftem Untergeschoss (UK UG ca. 405.0 bzw. 408.5 m ü.M.) klar in die sandigen Schwemmablagerungen über wenig uneinheitlichen Seeablagerungen und eindeutig einige m über die kompakte, sehr gut tragfähige Moränenoberfläche zu liegen. Die Aushubentlastung schwankt erheblich zwischen lediglich rund 3 m entlang der Löwenstrasse und bis zu 7 m entlang der Löwengartenstrasse. Die Gebäudelasten sind unter den Linienbauten grundsätzlich hoch (6 bis 8 Geschosse) und dazwischen erheblich geringer (1-2 Geschosse); die Zusatzlast durch neue Gebäude ist damit bei den Linienbauten ausser unmittelbar hangseitig überwiegend höher als die erzielte Aushubentlastung, dazwischen aber deutlich geringer.

Aufgrund dieser Voraussetzungen empfehlen wir, die geplanten Gebäude grundsätzlich mit eher kurzen Pfählen (Pfahllängen ca. 5 bis 10 m) auf die kompakte, glazial vorbelastete Moräne abzustellen. Bei einer Flachfundation in die Schwemmablagerungen bestehen infolge unterschiedlicher Gebäudelasten, unterschiedlicher Aushubentlastung und teilweise weichen Seeablagerungen zwischen Schwemmablagerungen und Moräne erhebliche Risiken v.a. für differentielle Setzungen. Bei den nachbarlichen Überbauungen wurden Gebäudeteile mit vergleichbarer Ausgangslage (Westteil Löwengarten, Geländeeinbindung 3 m) ebenfalls auf kurze Pfähle in die Moräne abgestellt; bei den übrigen Gebäudeteilen der Überbauungen Löwengarten und Stadtleben überstieg die Aushubentlastung die Gebäudelast (Geländeeinbindung überall > 5 bis 6 m), weshalb hier grundsätzlich Flachfundationen möglich waren.

Für die Pfahlfundation kommen grundsätzlich alle für den innerstädtischen Bereich geeigneten, emissionsarmen Pfahlsysteme in Frage (Bohrpfähle, Verdränger, Mikropfähle, Verbundpfähle etc.). Sie können bei entsprechender Einbindung in die kompakte Moräne (Pfahlwerte

Bruchniveau: Mantelreibung ca. 150 kN/m², Spitzendruck ca. 8'000 kN/m²) bis nahe an ihre systembedingte innere Tragfähigkeit belastet werden. Die Auswahl des Systems ist anhand der Lastanforderungen des Ingenieurs und den Möglichkeiten der Ausführung zu treffen. Hierbei ist zu beachten, dass Bohr- und Verdrängerpfähle im Gegensatz zu Verbund- und Mikropfählen mit schweren Maschinen ausgeführt werden, welche beim Befahren der Schwemmablagerungen voraussichtlich ein zusätzliches Pfahlplanum erfordern. Ausserdem ist zu beachten, dass der ab Baugrubensohle wassergesättigte, sandige Untergrund nur mit dafür geeigneten Pfählen durchfahren werden kann (keine unverrohrten Schneckenbohrpfähle).

5.3 Baugrube

Gemäss Daten Richtprojekt ist eine grosse, rund 3 bis 7 m tiefe Baugrube im dicht bebauten, innerstädtischen Bereich mit teilweise unmittelbar angrenzenden, bestehenden Hochbauten vorgesehen; entlang der Südgrenze verlaufen eine bekanntermassen bewegungsempfindliche Hauptstromleitung sowie Kanalisations-, Gas- und Wasserleitungen. Bestehende Nachbarbauten haben durchwegs einen gewissen Grenzabstand, liegen v.a. berg- und ostseitig aber dennoch im Einflussbereich des grossen Anschnitts. Die westlich angrenzende Überbauung Stadtleben reicht demgegenüber tiefer in den Untergrund hinein. Der anstehende Untergrund ist mangels vorkommender Torfschichten oder mächtiger, weich-plastischer Seeablagerungen als nicht besonders empfindlich für Auftriebsverminderungen infolge temporärer Wasserspiegelabsenkungen einzustufen; letzteres gilt allerdings nur unter Voraussetzung einer fachgerechten Ausführung ohne Materialausspülungen durch unsachgemässes Pumpen. Die Baugrubensohle kommt gemäss Richtprojekt durchwegs auf die sandigen Schwemmablagerungen mit eher geringem Abstand zum glazial vorbelasteten Untergrund zu liegen. Für sämtliche gerammten bzw. gepressten Wandsysteme sind damit voraussichtlich grösstenteils keine ausreichenden Einbindetiefen realisierbar; sie hätten ausserdem Erschütterungen mit wiederum grossen Deformationsrisiken für angrenzende Bauten (Leitungen, Gebäude, Strassen) zur Folge. Aufgrund der unterschiedlichen Anschnitthöhen entlang der Nord- und der Südseite und des grossen Anschnitts an der Löwengartenstrasse ist eine Abstützung der Baugrube nach Innen praktisch nicht bzw. nur mit sehr grossem Aufwand machbar.

Bei der benachbarten Überbauung Löwengarten gelangte eine rückverankerte Rühlwand teilweise kombiniert mit freien Böschungen zur Ausführung. Entlang der Löwengartenstrasse waren dabei infolge zu wenig gut funktionierender Wellpoint-Entwässerung der erosionsempfindlichen Schwemmablagerungen bei den Ausfachungsarbeiten Materialausspülungen und Kaminbildungen unmittelbar hinter der Rühlwand zu verzeichnen, welche zu deutlichem Mehraufwand infolge notwendiger Hohlraumfüllungen (Zement- und Kunststoffinjektionen) führten. In der Nordostecke erfuhr die bergseitig unmittelbar entlang der Rühlwand verlaufende Hauptstromleitung bei einem einzelnen Hohlraumereignis eine übermässige Setzung, welche einen Leitungsschaden und aufwändige Reparaturarbeiten zur Folge hatten. Gemäss abgeschlossener Expertenbeurteilung hätte der Leitungsschaden entweder durch die Wahl eines anderen Sicherungssystems (Pfahlwand) oder durch die vorgängige Sicherung des Leitungsblocks (Aufhängen an den Rühlwandträgern) verhindert werden können. Die rückverankerte Rühlwand war trotz dieser Hohlraumbildungen einwandfrei stabil und die Gesamt-Deformationen beschränkten sich auf das erwartete Ausmass; abgesehen von der Leitung unmittelbar hinter der Wand wurden keine weiteren Bauten oder Anlagen ausserhalb der Baugrube beschädigt. Ohne Berücksichtigung des Schadens erreichten die Kosten Rühlwand plus Zusatzmassnahmen (Hohlraumfüllungen, Injektionen, Leitungssicherung) nicht die Kosten einer Pfahlwand.

Bei der Überbauung Stadtleben erfolgte die Baugrubensicherung mit einer U-förmig ausgebildeten, überschnittenen, ebenfalls mehrfach abgestützten Bohrpfahlwand. Wie vorhersehbar und aus Erfahrungen der Löwengartenüberbauung absehbar, konnte diese Baugrube ohne relevante Deformationen und Schäden an Nachbarbauten und Leitungen, bei allerdings hohen Kosten realisiert werden.

Aufgrund dieser Erfahrungen und der ähnlichen Verhältnisse im Planungsareal bei allerdings geringerer, bergseitiger Anschnitthöhe stehen für die Baugrubensicherung eine rückverankerte Rühlwand der eine Pfahlwand für die vertikalen Baugrubenabschlüsse (Seiten West/Süd/Ost) in Kombination mit lokal, d.h. wo die Platzverhältnisse ausreichen, freien

Böschungen (Seite Nord) im Vordergrund. Für die freien Böschungen sind Neigungen von 1:1 bis maximal 3.2 mit Zwischenbermen bei mehr als 4 m Sprunghöhe sowie Netz-/Sickerbetonabdeckungen und Sickerbetonstützriegel vorzusehen. Für die beiden Varianten der vertikalen Abschlüsse, welche ggf. auch bereichsweise kombiniert werden können, sind folgende Randbedingungen zu beachten:

Pfahlwand
Mit dieser gemäss Expertenbericht Löwengarten und Erfahrung Stadtleben sicheren, aber auch teuren Lösung sind die Risiken auch für die unmittelbar bergseitig ausserhalb liegende Hauptstromleitung minimal und die Anforderungen an Ausführung und Wasserhaltung geringer. Nachteile sind neben den Kosten der relativ grosse Platzbedarf und die Umströmungsproblematik, welche mit gewissem Mehraufwand aber bei der Überbauung Stadtleben gelöst werden konnte.

Rühlwand
Bei dieser auch mit Zusatzaufwand kostengünstigeren Lösung kommt der zuverlässigen Entwässerung der Schwemmablagerungen bei der Rühlwandherstellung allergrösste Bedeutung zu (siehe auch Ziffer 5.4 Wasserhaltung). Aufgrund der Erfahrungen und letztendlich mit diesem System - abgesehen vom lokalen Leitungsschaden - erfolgreich ausgeführten Baugrube Löwengarten sind wir der Meinung, dass eine Rühlwand mit einwandfreier funktionierender Wasserhaltung plus Zusatzmassnahmen weiterhin auch für das aktuelle Areal eine praktikable, allerdings leicht risikoreichere Lösung darstellt. Die erforderlichen und im Rahmen der Planung einzurechnenden Zusatzmassnahmen umfassen die vorgängige Sicherung aller unmittelbar entlang der Baugrube verlaufenden Leitungen (Aufhängen an Rühlwandträger), der rechtzeitige Einsatz von stabilisierenden Injektionen (Zement und/oder Kunstharz) und lokales Füllen von dennoch unmittelbar an der Rühlwand entstehenden Hohlräumen sowie leichte Deformationsschäden an der Strasse (Trottoir, Randabschlüsse).

Die detaillierte Bemessung des Baugrubenabschlusses hat mit besonderer Berücksichtigung der Deformationen von angrenzenden Bauten und Anlagen (Werkleitungen, Bestand, Strassen) sowie der vorgängig geschilderten Risiken mit Hilfe der unter Kap. 5.1 angegebenen Bodenkennwerte zu erfolgen. Aufgrund der bezüglich Deformationen heiklen Situation und der innerstädtischen Lage der Baugrube muss ausserdem eine Risikoanalyse und ein Kontrollkonzept erarbeitet werden. Im Kontrollkonzept sind Überwachungsmassnahmen, Messintervalle, Zuständigkeiten, Informationswege, Alarmwerte sowie die möglichen Massnahmen bei deren Überschreitung zu definieren. Als Kontrollinstrumente sind Inklinometer zur Überwachung der Wanddeformationen, geodätische Messpunkte am Wand-/Böschungskopf sowie an benachbarten Bauten und Anlagen, Ankerkraftmessungen und Grundwasserpegel ausserhalb der Baugrube erforderlich. Ausserdem empfehlen wir vor Baubeginn Zustandsaufnahmen an allen benachbarten Bauten und Anlagen.

Wir empfehlen der Bauherrschaft zudem den Abschluss einer Bauherrenhaftpflicht- und einer Bauwesenversicherung unter Einschluss von Grund- und Bodenmasse. Dabei ist darauf zu achten, dass die Versicherungsbedingungen mittlerweile z.T. sehr streng sind. Es empfiehlt sich deshalb, diese genau zu studieren und allen geforderten Obliegenheiten nachzukommen, um im Schadenfall keine Leistungskürzungen in Kauf nehmen zu müssen.

Beim Baugrubenaushub sind neben den Belastungs-Kriterien gemäss Kap. 7 die mögliche Wassersättigung im Bereich der Schwemmablagerungen zu beachten. Hochwertiges, d.h. überwiegend kiesiges Aushubmaterial ist gemäss Bohrbefund im aktuellen Planungsareal analog Stadtleben-Überbauung im Gegensatz zu Teilbereichen des Löwengarten-Areals nicht zu erwarten.

5.4 Wasserhaltung

Die Untergeschosse und die Baugrube tauchen teilweise deutlich unter den mittleren Grundwasserspiegel ein. Der effektive Wasserandrang ist aufgrund der eher geringen Durchlässigkeit des Grundwasserleiters gemäss Erfahrung aus den Nachbararealen aber relativ klein. Für die Grundwasserabsenkung und Trockenlegung der Baugrube reicht somit v.a. bei der

Pfahlwandvariante eine erweiterte offene Wasserhaltung mittels Pumpensümpfen und lokal Drainagegräben sowie Filterbeton/Drainage-koffer in der Baugrubensohle. Die Realisierung einer reinen Pumpensumpfabsenkung ist aber v.a. bei der Wahl der Rühlwandvariante auf der Bergseite selbst bei geringen Wassermengen nicht ausreichend. Hier müssen die wassergesättigten Schwemmablagerungen zusätzlich mittels Vakuumverfahren entwässert werden (schräger Wellpointschirm unmittelbar hinter der Rühlwand); wie weit dieser Wellpointschirm zusätzlich an den Baugrubenseiten nach Norden weitergezogen werden muss, ist gemäss effektivem Befund am Bau zu bestimmen. Eine vollständig die gesamte Baugrube umschliessende Wellpointanlage dürfte aber voraussichtlich nicht notwendig sein.

Gemäss Erfahrungen im Löwengartenareal kommt der richtigen Ausführung eines Wellpoint-Schirms allergrösste Bedeutung zu. Dabei sind insbesondere verrohrte Lanzenbohrungen (kein konventionelles Einspülen der Lanzen wie bei vertikaler Ausführung! → Ausführung mit Ankerbohrgerät) und eine korrekte Bestimmung des Filtermaterials zwingend erforderlich. Bei unsachgemässer Ausführung dieser Arbeiten können diese bereits erste Hohlraumbildungen hinter der Rühlwand mit entsprechenden Folgen prädisponieren. Ausserdem ist die Absenkwirkung der Wellpointanlage zu prüfen (Pegel ausserhalb Baugrube, Wassereintrittsniveau an der Rühlwand) und bei ungenügender Absenkwirkung sind Zusatzfilter zu erstellen und die Aushub-/Ausfachungsarbeiten bis zum Erreichen des erforderlichen Absenkziels einzustellen. Für diese ausgesprochen anspruchsvollen Wasserhaltungsarbeiten kommt nach unserer Erfahrung ausschliesslich die Firma Bernhard Frei AG Widnau in Frage; sie ist als einzige zuverlässig in der Lage, diese anspruchsvollen Arbeiten risikoarm und sicher auszuführen.

Die permanent abzuführende Grundwassermenge beträgt insgesamt (Wellpoint und Pumpensümpfe) voraussichtlich rund 200 bis 400 l/min. Für das Abpumpen des bei Regenwetter in der Baugrube zusätzlich anfallenden Niederschlagswassers ist mit jeweils kurzzeitig erforderlichen Pumpenleistungen von rund 1'000 bis 3'000 l/min zu rechnen. Die Absenkung des Grundwasserspiegels ist ausserhalb der Baugrube mit rund 5 bis 7 rund um die Baugrube angeordneten Kontrollpegeln zu überwachen; die genaue Anordnung der Kontrollpegel hat im Rahmen der Detailplanung und der Erstellung des Kontroll-/Überwachungskonzeptes zu erfolgen, es ist generell von etwa wöchentlichen bis monatlichen Messungen des Grundwasserstandes bis zur Fertigstellung der Baugrube und anschliessend monatlichen Kontrollen bis zur vollständigen Hinterfüllung auszugehen (Kontrolle Umströmungsfunktion).

Das Wasser aus der Baugrube (Pumpensümpfe) kann über Absetzbecken mit nachgeschalteter Neutralisation in die benachbarte Meteorwasserleitung abgeführt werden. Aufgrund der eher geringen Wassermengen und des Kontaktes mit Frischbeton (Rühlwand, Filterbeton, Gebäudebeton etc.) ist die Installation einer Neutralisationsanlage zur Einhaltung der Einleitbedingungen nach GSchV während der Bauzeit unumgänglich. Für das direkt aus dem Grundwasserleiter ohne Betonkontakt und Trübung entnommene Wellpointwasser sollte bei sachgerechter Ausführung nach unserer Erfahrung auch eine direkte Einleitung in den Meteorkanal möglich sein. Das verschmutzte Baustellenabwasser (Betonumschlag, Waschplätze, WC etc.) ist separat zu erfassen, nach den üblichen Grundsätzen zu behandeln und in die öffentliche Schmutzwasserkanalisation abzuleiten.

Die Untergeschosse der Neubauten tauchen gemäss Angaben unter Kap. 4.2 v.a. bergseitig deutlich ins Grundwasser ein. Da die natürlichen Fliess- und Wasserstandsverhältnisse im Endzustand mittels Umströmungsmassnahmen (siehe Kap. 5.6) erhalten bleiben und keine permanente Grundwasserabsenkung erfolgt, müssen die Untergeschosse dicht ausgeführt und der entsprechende Auftrieb sowie der Wasserdruck auf die Bodenplatten und Wände vollumfänglich berücksichtigt werden.

5.5 Meteorwasser

Der anstehende Untergrund ist höchstens mässig gut durchlässig; die Schwemmablagerungen dürften gemäss Ortserfahrung und Untersuchungsergebnissen eine Schluckfähigkeit von lediglich rund 1 bis 3 l/minm^2 aufweisen. Der Flurabstand des mittleren sowie des regelmässig auftretenden, hohen Grundwasserspiegels ist auf der Nordseite mit rund 2 bis 3 m nicht sehr gross. Die Platzverhältnisse für Versickerungsanlagen dürften gemäss Richtprojektunterlagen

stark eingeschränkt sein; eine grössere Grünfläche zur Installation einer humusierten Sickermulde ist voraussichtlich nicht vorhanden. Ausserdem besteht bei Versickerungen in Hanglagen generell das Risiko für punktuelle Wasseraustritte in tiefer liegenden Arealteilen. Damit kommt aufgrund dieser Randbedingungen praktisch nur eine unterirdische Versickerung direkt in die durchlässige Schicht im Bereich nördlich der geplanten Untergeschosse entlang der Löwenstrasse in Frage. Im Gewässerschutzbereich A_u dürfen in derartigen Sickerbauwerken nur wenig verschmutztes Meteorwasser (Dachwasser von extensiv begrünten Dachflächen, z.T. Wasser von Gehwegen und allgemeinen Umgebungsflächen) versickert werden.

Aufgrund dieser Randbedingungen sind die Versickerungsmöglichkeiten aus hydrogeologischer Sicht als eingeschränkt bis schlecht zu beurteilen. Nördlich der geplanten Gebäude ist eine unterirdische Versickerung (Sickerkoffer, Wabensystem) mit Retentions- und Versickerungsfunktion denkbar. Dabei ist die relativ geringe Sickerleistung und die Lage in Bezug auf die Schutzraumfluchtröhren (Gefahr für Wassereintritte in Untergeschosse) angemessen zu beachten. Wir empfehlen, eine entsprechende Versickerung bei der Kanalisationsplanung zu berücksichtigen, wobei der Hauptfokus einer solchen Anlage neben der Versickerung v.a. auch auf der Retention liegen dürfte. Gemäss unserer Praxiserfahrung bei derartiger Ausgangslage lässt sich hier voraussichtlich keine reine Sickeranlage sondern nur eine Kombination von Versickerung und Retention mit dadurch gedrosseltem Ablauf/Notüberlauf in den Meteorkanal realisieren.

5.6 Umströmung

Das Bauvorhaben liegt gemäss Grundwasser- und Gewässerschutzkarte Beilagen 1 und 2 in einem zwar geringmächtigen aber dennoch qualifizierten Grundwasservorkommen und im Gewässerschutzbereich A_u. Damit sind die in der Gewässerschutzverordnung formulierten Vorschriften betreffend Einbauten unter den mittleren Grundwasserspiegel und Umströmung mit allfälligen Kompensationsmassnahmen einzuhalten.

Entlang der Löwenstrasse kommt UK Gebäude nur knapp unter den Mittelwasserstande zu liegen. Gegen Süden steigen Wasserspiegel und Staueroberfläche deutlich an, womit die Untergeschosse zunehmend in den gesättigten Querschnitt eintauchen, der Grundwasserleiter aber im Gegensatz zu den beiden westlichen Überbauungen nicht durch das Gebäude vollständig abgeschnitten wird. Dies würde im Endzustand den natürlichen Grundwasserdurchfluss deutlich vermindern. Die Notwendigkeit adäquater Umströmungsmassnahmen ist damit offensichtlich und nicht nur zur Einhaltung der gesetzlichen Gewässerschutzauflagen, sondern auch zur Verhinderung eines schädlichen Grundwasserrückstaus im Bereich der bergseitigen Liegenschaften erforderlich. Ausserdem ist gemäss aktueller Rechtsprechung für Einbauten unter den Mittelwasserstand neu eine Interessenabwägung notwendig. Letztere ist im vorliegenden Fall mit nur gering durchlässigem und technisch nicht nutzbarem Grundwasserleiter sowie den Aspekten einer innerstädtischen Bebauung mit quasi Zwang zur Bereitstellung grosser Parkierungsflächen problemlos möglich; dies insbesondere auch unter Berücksichtigung der westlich bereits ausgeführten, deutlich grösseren Gebäudeeinbindungen.

Aufgrund der geringen Wasserdurchlässigkeit des Grundwasserleiters genügt im vorliegenden Fall als Umströmungskompensation für eintauchende Untergeschosse in der Regel ein vollflächiger, gut durchlässiger Umströmungsteppich aus Kiessand/Brechschotter in einer Stärke von nur rund 10 bis 15 cm, welcher die geringe, von Süden anströmende Grundwassermenge unter den UG's durchzuleiten vermag. Die Anbindung an die durchlässige Schicht entlang der Löwengartenstrasse geschieht dabei je nach Baugrubenvariante mittels Sickerbetonausfachungen der Rühlwand und Strukturgewebe/Noppenmatten im Bereich des gesättigten Querschnitts zwischen Rühlwand und Gebäudewand (Überbauung Löwengarten) oder Verwendung von Filterbeton für die nicht bewehrten Pfähle der Pfahlwand bzw. Drainagebohrungen und ebenfalls Strukturgewebe/Noppenmatten im gesättigten Bereich (Überbauung Stadtleben). Beides ist aufgrund der geringen, abzuführenden Wassermenge im wenig ergiebigen und eher schlecht durchlässigen Grundwasserleiter grundsätzlich gut möglich und erprobt. Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass mit den genannten Um-strömungsmassnahmen die Vorgaben nach Anhang 4 Ziffer 211 GSchV gesetzeskonform erfüllbar und die Untergeschosse gemäss Richtprojekt bewilligungsfähig sind.

6. Erdsondenbeurteilung

Angesichts der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse und der konkreten Erfahrungen in den benachbarten Arealen beurteilen wir die Erstellung von Erdsondenbohrungen bei voraussichtlich notwendiger Tiefenbeschränkung infolge Arteser (160 bis 190 m Tiefe) als machbar. Ein besonderes Augenmerk betreffend qualitativem Grundwasserschutz ist auf den lokalen Grundwasserträger zu richten, wobei aber eine allfällige Verunreinigung durch Spülflüssigkeit ohnehin aufgrund bohrtechnischer Anforderungen ausgeschlossen werden kann (Verrohrung bohrtechnisch mindestens bis auf Felskote erforderlich). Spezielle einschränkende Auflagen betreffend Bohrgerät/Bohrverfahren gemäss BAFU Vollzugshilfe 10/09 oder weitere vorsorgliche Schutzmassnahmen sind nach unserer Auffassung nicht erforderlich. Die Wahl eines geeigneten Bohrgeräts/Bohrverfahrens zum Erreichen der geplanten Bohrtiefe unterliegt dem Unternehmer (inkl. Risiko betreffend Misserfolgsfall). Wir empfehlen die vorliegende hydrogeologische Beurteilung den Unternehmern als Offertgrundlage zuzustellen.

Das Risiko für ungünstige Ereignisse wie Wassereintritte/Arteser, Gasvorkommen oder grössere Hohlräume wird entsprechend der Ausführungen im Kapitel 4 und unter Berücksichtigung der bisherigen Lokalerfahrung als klar gegeben eingestuft (nur Arteser); der Eintretensfall und die Tiefe können jedoch von vornherein nicht genau prognostiziert werden. Für die Ausführung von Erdwärmebohrungen empfehlen wir deshalb den Abschluss einer Arteserversicherung durch Bauherrschaft oder Bohrfirma. Dabei ist zu beachten, dass sich der Versicherungsschutz einer solchen Versicherung im konkreten Eintretensfall für die nachfolgenden Bohrungen jeweils bis auf das höchste bis dahin beobachtete Artesserniveau reduziert. In der Regel werden beim Antreffen eines Artesers die fehlenden Bohrmeter durch zusätzliche, kürzere Bohrungen kompensiert (analog Ausführung Areal Löwengarten und Stadtleben). Bei Erdsondenfeldern besteht auf dem Projektareal oftmals nur Platz für eine beschränkte Anzahl von zusätzlichen Kompensationsbohrungen. Im Falle regelmässig auftretender Arteser kann es deshalb ev. erforderlich sein, die Bohrungen unter den Arteserhorizont abzuteufen und letzteren mittels Geopackern bei jeder Bohrung sachgerecht (oberhalb und oberhalb) abzudichten. Dies ist grundsätzlich bohrtechnisch möglich, allerdings mit erheblichen, nicht versicherten Mehrkosten verbunden. Bei Sondenfeldern mit beschränkten Bohrpositionen wurde in Rorschach auch schon ein regelmässig auftretender Arteser mittels einer Bohrung kontrolliert entspannt, sodass die weiteren Bohrungen im Schutze dieser Entspannung einfacher ausgeführt und abgedichtet werden konnten. Dieser Umstand ist bei der weiteren Planung und bei der Ausschreibung von Bohrarbeiten zu berücksichtigen. Ferner empfehlen wir, einen allfälligen Bohrauftrag an eine erfahrene und zertifizierte Bohrfirma (FWS Zertifizierung/Gütesiegel EWS) zu vergeben. Weitere über die übliche hydrogeologische Bohrbegleitung (Profilaufnahme, hydrogeologische Beurteilung von unvorhergesehenen Ereignissen) hinausgehende Massnahmen sind nach unserer Auffassung bei fachlich einwandfreier Ausführung der Bohrarbeiten nicht erforderlich.

Im Hinblick auf den mehrgeschossigen Tiefbau können Erdsondenbohrungen ab Baugrubensohle oder ab heutigem Geländeniveau ausgeführt werden; nach unserer Einschätzung sind die Erschwernisse beim Aushub zur Erhaltung eines vorgängig ab OKT ausgeführten Sondenfeldes etwa mit den Erschwernissen einer Zufahrt in die tiefe Baugrube vergleichbar. Die Ausführung von oben hat in der Regel einen zeitlichen Vorteil, weshalb in letzter Zeit vielfach dies Ausführungsvariante realisiert wird. Bei Ausführung der Erdsonden von oben vor dem Aushub empfehlen wir die Vergabe von Aushub und Sondenbohrungen in einem Auftragspaket, damit der Erhalt der vorgängig erstellten Sonden klar in der Verantwortung des gleichen Unternehmers bleibt.

7. Belastungen Aushubmaterial

Gemäss Kapitel 4.3 ist das Bauareal nicht im Kataster der belasteten Standorte eingetragen, was gleichbedeutend ist mit einer geringen Wahrscheinlichkeit für Untergrundbelastungen, aber keine Garantie für vollständiges Fehlen von belastetem Aushub auf dem ganzen Bauperimeter bedeutet. Die Lage im meist bereits mehrfach bebauten Siedlungsgebiet, der Bohrbefund der geotechnischen Bohrungen (bauschutthaltige Auffüllung) und die Untersuchungen der Lienert & Häring AG zeigen, dass - wie immer in innerstädtischen Baufeldern - dennoch mit einer gewissen Menge belastetem Aushub gerechnet werden muss.

In allen Sondierungen betrug die Schichtstärke der Auffüllung bzw. des bereits baulich einmal umgelagerten Materials im Mittel rund 1 bis 2 m. Wir gehen daher davon aus, dass bei einer Grundfläche des Aushubbereichs von rund 4'000 m^2 insgesamt mit rund 5'000 bis 6'000 m^3 Auffüllung bzw. umgelagertem Material gerechnet werden muss. Aufgrund von Erfahrungen mit den angrenzenden Objekten und der vorhandenen Belastungsuntersuchungen ist anzunehmen, dass rund 60 bis 80% dieser Auffüllung als Aushub VVEA-B/Inertstoff (bauschutthaltiges Erdmaterial) und rund 2 bis 5% als VVEA-E/Reaktormaterial (lokale KW-Belastungen in spezifizierten Bereichen) eingestuft und entsorgt werden müssen. Eine Belastung des gewachsenen Untergrundes kann hingegen aufgrund der derzeit bekannten Ausgangslage mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit ausgeschlossen werden.

Andres Geotechnik AG
M. Manser

St. Gallen, 12.9.24

Beilage 1

NDRES | GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Ausschnitt Gewässerschutzkarte
1:5'000

Nr. 7335

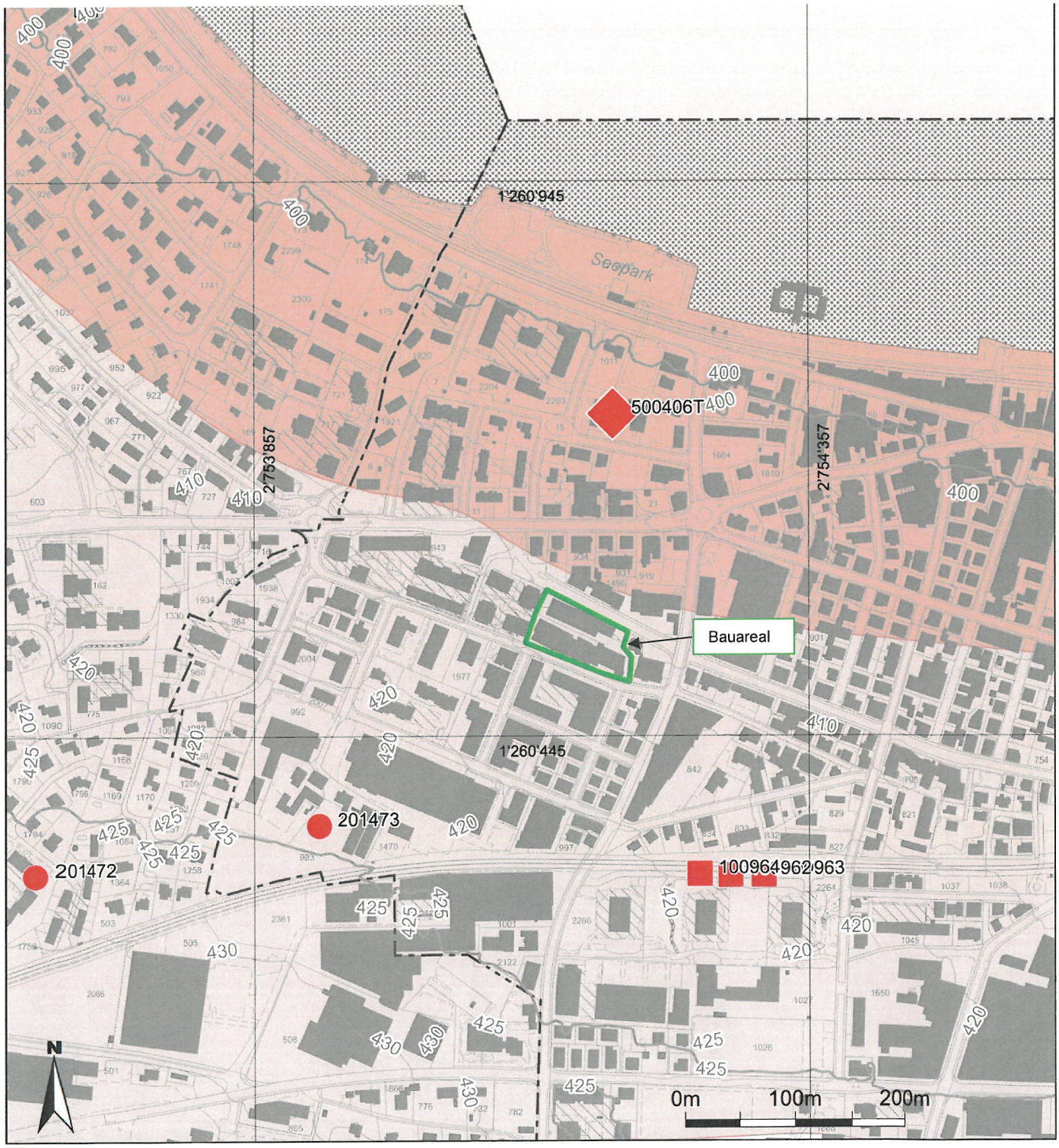
Gewässerschutzbereich Au

Bereiche Au und Ao überlagert

Grundwasserfassung

Quelle

Rohwasserpumpwerk



Beilage 2

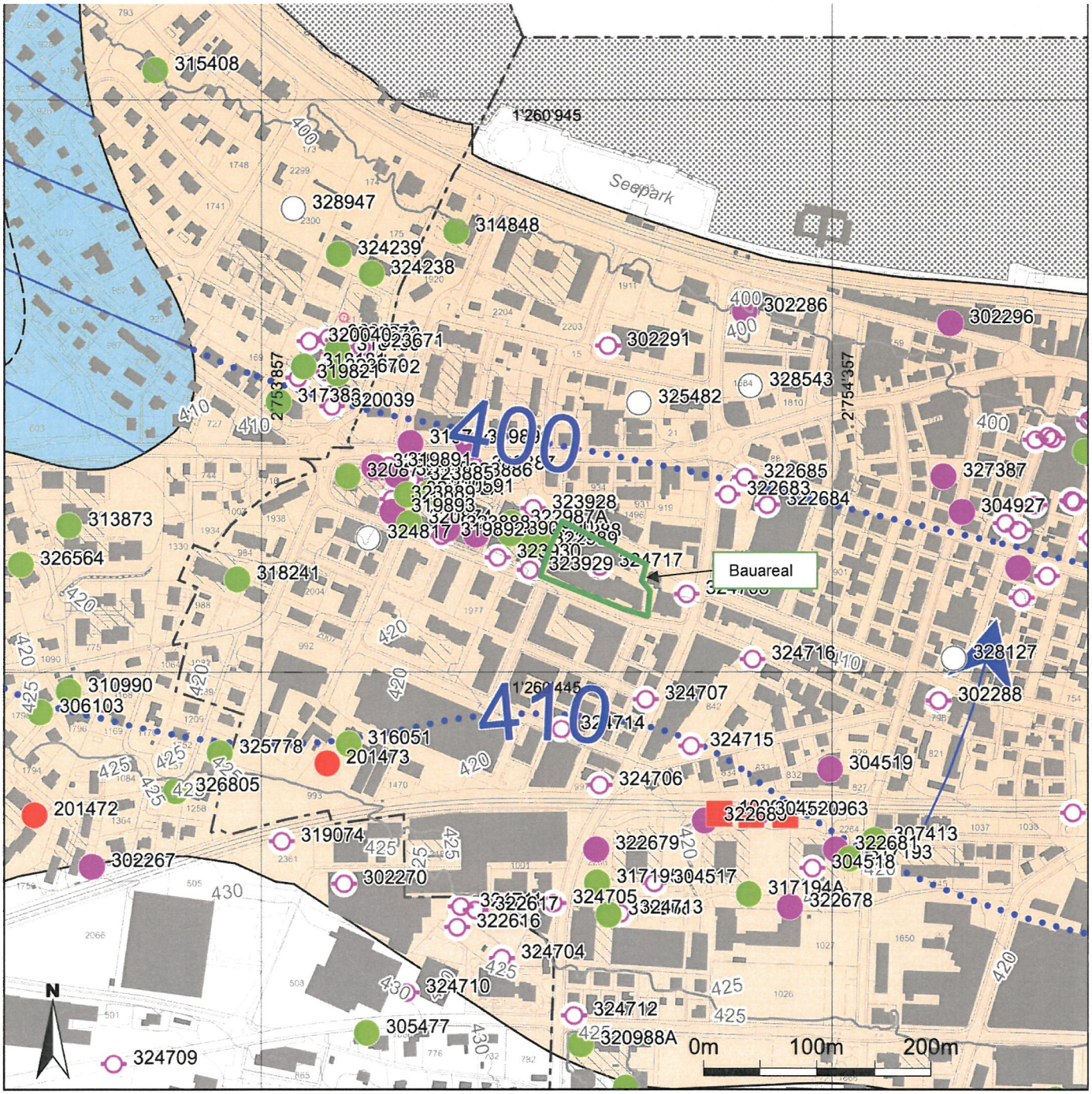
NDRES | GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Ausschnitt Grundwasserkarte
1:5'000

Nr. 7335

- GW-Leiter bekannt, < 2m
- GW-Leiter bekannt, 2 - 10m
- Grundwasserfassung
- Quelle
- Sondierbohrung
- Sondierbohrung mit Piezometer
- Erdwärmensondenbohrung
- Erdwärmensondenbohrung geplant
- Fliessrichtung des Grundwassers
- Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasserstand
- Isohypsen des Grundwasserspiegels bei Mittelwasserstand (wenig gesichert)



Beilage 3

NDRES | GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Ausschnitt Gewässernetz
1:5'000

Nr. 7335



Beilage 4

NDRES | GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Ausschnitt Erdsondenkarte
1:5'000

Nr. 7335

- Erdwärmensondenbohrung geplant
- Erdwärmensondenbohrung
- Hydrogeologische Besonderheiten
- hydrogeologische Vorabklärung immer erforderlich
- in der Regel nicht zulässig (AWE kontaktieren)



Beilage 5

NDRES | GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Ausschnitt Gefahrenkarte
1:5'000

Nr. 7335

Erhebliche Gefährdung

Mittlere Gefährdung

Geringe Gefährdung

Restgefährdung



Beilage 6

NDRES | GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Ausschnitt Intensitätskarte EHQ
1:5'000

Nr. 7335

Fliesstiefe

- > 0.00 – 0.25 m
- > 0.25 – 0.50 m
- > 0.50 – 0.75 m
- > 0.75 – 1.00 m
- > 1.00 – 1.50 m
- > 1.50 – 2.00 m



Beilage 7

NDRES | GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Ausschnitt Oberflächenabflusskarte
1:5'000

Nr. 7335

Fliesstiefe h ≤ 0.1 m

Fliesstiefe 0.1 < h ≤ 0.25 m

Fliesstiefe h > 0.25 m

Gewässer



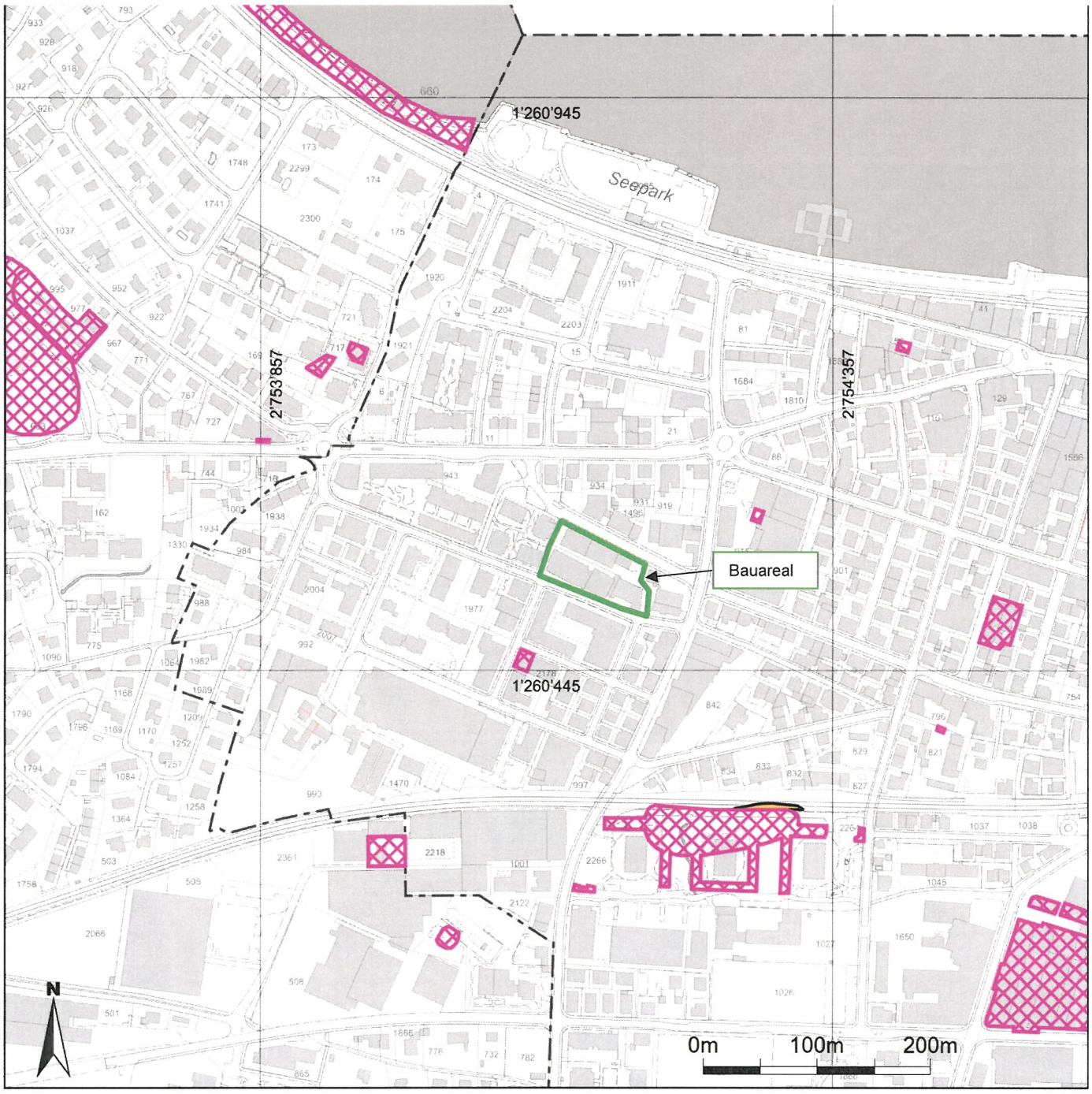
Beilage 8

NDRES | GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Ausschnitt KbS-Karte
1:5'000

Nr. 7335



Beilage 9

NDRES | GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Ausschnitt Prüfgebiet Bodenverschiebung
1:5'000

Nr. 7335

Rebbaugebiet

Siedlungsgebiet

Eisenbahnlinie mit geringem Verkehrsaufkommen

Strasse mit 2000 -15000 Fahrzeugen pro Tag



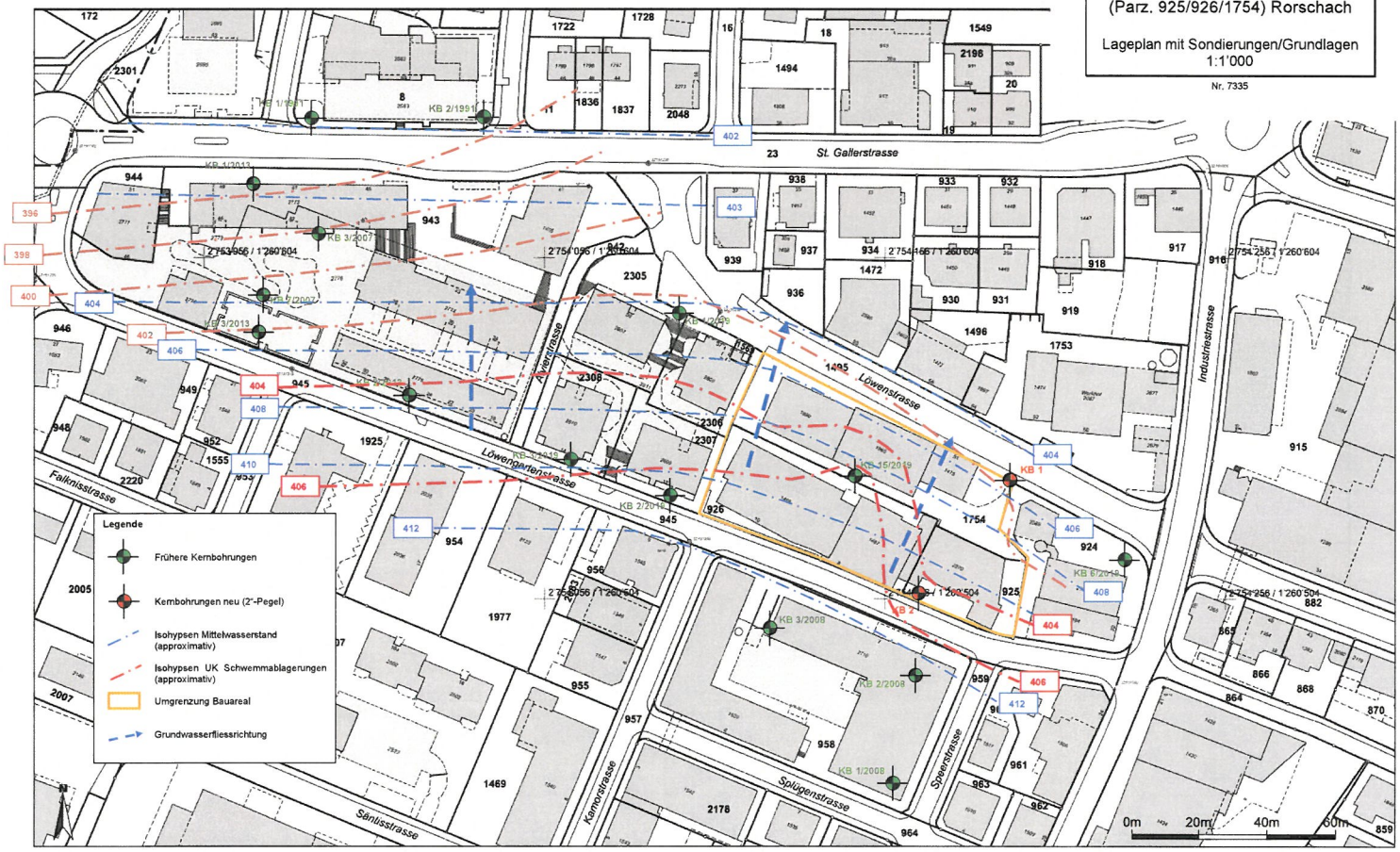
Beilage 10

ANDRES GEOTECHNIK AG

Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

Lageplan mit Sondierungen/Grundlagen
1:1'000

Nr. 7335



Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

KB 1

ANDRES GEOTECHNIK AG

Bohrfirma: Hartl GmbH, Rebstein	Bohrmeister: Christian Hartl
Bohrart: Kernbohrung	Ausführungsdatum: 24.06.2024
Höhe: 408.68 m.ü.M. / Koordinaten: 2'754'193 / 1'260'539	Aufnahme: Matthias Manser

Nr. 7335

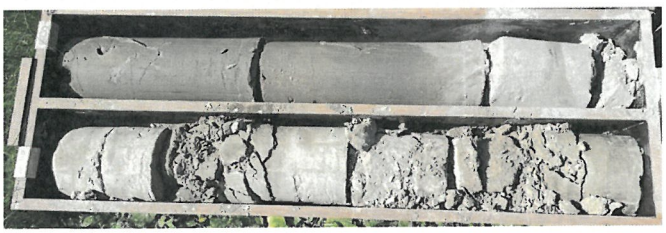
Tiefe [m] ab OKT	Schichtstärke [m]	Beschreibung des Bodens	Geologie
0.10	0.10	Asphalt	Koffer
0.80	0.70	leicht siltiger Kiessand mit wenig Steinen; mitteldicht; grau	Deckschicht
1.80	1.00	tonig- siltiger Feinsand mit wenig Kies; locker; beigebraun	Schwemmablagerungen
3.70	1.90	unterschiedlicht siltiger Kiessand mit wenig Steinen; mitteldicht; beige	
6.80	3.10	unterschiedlich siltiger Feinsand mit vereinzelt Kieskörner; geschichtet; mitteldicht; beige; ab ca. 4 m nass/Wasserzutritt	
7.60	0.80	tonig- siltiger Feinsand; geschichtet; mittelsteif dunkelgrau	Seeablagerungen
8.40	0.80	tonig- siltiger Feinsand mit zunehmend Kies; mitteldicht; grau	verwitterte Moräne
12.00	3.60	stark siltiger Feinsand mit reichlich Kies, Steinen und wenig Blöcken; kompakt; dicht; beige	kompakte Moräne

Piezometer 2": GWS 3.68

Grundwasserspiegelmessung vom 01.07.2024









Beilage 11

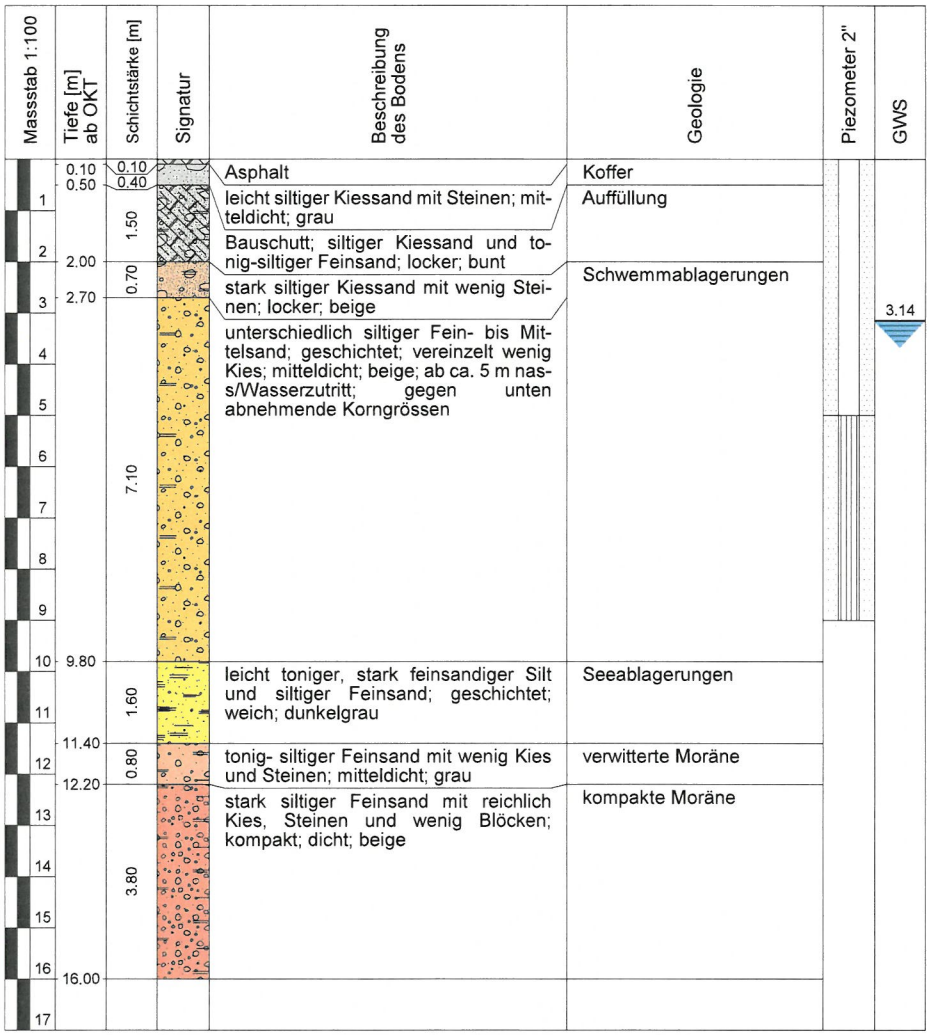
Areal Löwen/Löwengartenstrasse (Parz. 925/926/1754) Rorschach

KB 2

ANDRES GEOTECHNIK AG

Bohrfirma: Hartl GmbH, Rebstein	Bohrmeister: Christian Hartl
Bohrart: Kernbohrung	Ausführungsdatum: 24.- 25.06.2024
Höhe: 414.23 m.ü.M. / Koordinaten: 2'754'164 / 1'260'504	Aufnahme: Matthias Manser

Nr. 7335



Grundwasserspiegelmessung vom 01.07.2024



Beilage 12