

AREALENTWICKLUNG WELLIS, STADT WILLISAU

GEOLOGISCH-GEOTECHNISCHER VORBERICHT
(GRUNDLAGE FÜR RICHTPROJEKT)

Baugrundverhältnisse und geotechnische Folgerungen

Objekt	Arealentwicklung Wellis, Stadt Willisau		
Auftraggeber	GKA Immobilien AG, c/o Progreidis Baumanagement AG, Bruggmatt 1, 6130 Willisau		
Projektleitung	ZEITRAUM Planung AG, Brünigstrasse 25, 6005 Luzern		
Koordinaten	2'642'370 / 1'219'460	Auftragsnummer	19 6008
Ort, Datum	Luzern, 23. März 2020 EH/EW/ME/eh/me		

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Auftrag	1
2	Grundlagen	1
3	Durchgeführte Arbeiten	2
4	Geologische Verhältnisse	3
5	Erste Hinweise zur Belastungssituation	4
6	Hydrogeologie	5
	6.1 Lokale Grundwasserverhältnisse	5
	6.2 Gewässerschutz.....	6
	6.3 Bautechnisch relevante Folgerungen.....	7
7	Naturgefahren	8
	7.1 Wasserprozesse	8
	7.2 Rutschungs- und Sturzprozesse	9
	7.3 Oberflächenabfluss	9
	7.4 Erdbeben.....	10
8	Archäologie	11
9	Geotechnische Folgerungen	11
	9.1 Geotechnische Risiken und Erschwernisse	11
	9.2 Foundation	12
	9.3 Baugrubenabschluss.....	12
10	Meteorwasserversickerung	13
11	Aufzeigen des Kenntnisstands und Empfehlungen für objektspezifische Baugrundsondierungen	13

Anhang

Anhang 1	Übersicht Projektperimeter mit Lage der Profillinien, Situation 1:2'000.
Anhang 2	Geologische Profile, 1:750 / 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 UND AUFTRAG

Das nordöstlich der Stadt Willisau gelegene Areal Wellis soll aufgrund eines Richtprojekts einer Mischzone Wohnen / Arbeiten zugeführt werden. In einer ersten Phase werden für künftige Bauten Angaben über die Baugrundverhältnisse zur Machbarkeit der Anzahl Unter- und Obergeschosse oder einer Tiefgarage (Realisierbarkeit) benötigt. Nähere Angaben über die geplante Bebauung oder Umgebungsgestaltung liegen uns deshalb derzeit nicht vor.

Die ZEITRAUM Planung AG erteilte uns den Auftrag, die örtlichen geologisch-geotechnischen Verhältnisse an Hand unserer breiten Gutachtertätigkeit sowie basierend auf unserem exklusiven Archiv zu beschreiben. Die Ziele des vorliegenden Vorberichts als Grundlage für das Richtprojekt sind:

- Generelle Erläuterungen der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse.
- Angaben zu Naturgefahren (Baugrundklasse für Erdbebenbemessung, Wasserprozesse).
- Erläuterung bautechnisch kritischer Bereiche (Foundation, Baugrube mit Wasserhaltung).
- Erste Angaben über allfällige Belastung des Standorts.
- Aufzeigen relevanter Kenntnislücken und Vorschläge für weiterführende Untersuchungen.

2 GRUNDLAGEN

Geologie / Hydrogeologie:

INNERSCHWEIZER UMWELTSCHUTZDIREKTIONEN (2001). Berechnung des Einflusses von Bauten im Grundwasser. Beilage zum Merkblatt „Bauen im Grundwassergebiet“.

KANTON LUZERN, RAWI (2020): Baugrundkarte, Gewässerschutzkarte, Gefahrenkarten, Kataster der belasteten Standorte, Oberflächenabflusskarte. <https://geoportal.lu.ch/karten>, Zugriff 25.02.2020.

KELLER + LORENZ AG: Diverse Sondierungen, Grundwasserspiegelmessungen und Gutachten aus dem Archiv.

Normen / Richtlinien / Publikationen:

BUNDESAMT FÜR UMWELT, WALD UND LANDSCHAFT BUWAL (2001). Erstellung des Katasters der belasteten Standorte. Vollzug Umwelt.

BUNDESAMT FÜR WASSER UND GEOLOGIE: Massgebende, aktuelle Richtlinien und Wegleitungen des BWG.

GEWÄSSERSCHUTZGESETZ vom 1. Januar 1991 (GSchG, SR814.20).

GEWÄSSERSCHUTZVERORDNUNG vom 28. Oktober 1998 (GSchV, SR814.201).

MERKBLATT DER INNERSCHWEIZER UMWELTSCHUTZDIREKTIONEN: Bauen im Grundwassergebiet (Ausgabe Februar 2001).

KANTONALE GEBÄUDEVERSICHERUNGEN (2005): Wegleitung Objektschutz gegen gravitative Naturgefahren.

NATIONALE PLATTFORM NATURGEFAHREN PLANAT: Massgebende, aktuelle Publikationen.

SCHWEIZERISCHER INGENIEUR- UND ARCHITEKTENVEREIN: Massgebende, aktuelle SIA-Normen.

SCHWEIZERISCHER VERBAND DER STRASSEN- UND VERKEHRSFACHLEUTE: Massgebende, aktuelle VSS-Normen.

SUVA (2011): Bauarbeitenverordnung BauAV Nr. 832.311.141, datiert 01.11.2011.

VERBAND SCHWEIZER ABWASSER- UND GEWÄSSERSCHUTZFACHLEUTE VSA: Massgebende, aktuelle Publikationen.

3 DURCHGEFÜHRTE ARBEITEN

Für den vorliegenden Vorbericht wurden die geologisch-geotechnischen Grundlagen in folgenden Arbeitsschritten erarbeitet:

<i>Vorbereitende Arbeiten / Data-Mining</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Grundlagenstudium. • Archivarbeiten und Aktenstudium. • Zusammenstellung und Erfassung relevanter Unterlagen, Sondierungen und Grundwasserspiegelmessungen.
<i>Auswertungen</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Auswertung vorhandener Unterlagen. • Darstellung der Ergebnisse an Hand von zwei konzeptionellen geologischen Profilen.
<i>Berichtverfassung</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Generelle Erläuterungen der geologisch-hydrogeologischen Verhältnisse. • Angaben zu Naturgefahren (Baugrundklasse für Erdbebenbemessung, Wasserprozesse). • Erläuterung bautechnisch kritischer Bereiche (Foundation, Baugrube mit Wasserhaltung). • Erste Angaben über allfällige Belastung des Standorts. • Aufzeigen relevanter Kenntnislücken. • Vorschläge für weiterführende Untersuchungen.

Tab. 1 Ausgeführte Arbeiten.

4 GEOLOGISCHE VERHÄLTNISSE

Für die Baugrundverhältnisse bedeutsam ist, dass das Untersuchungsgebiet beim letzten Gletschervorstoss im eisfreien Gebiet lag und sich in einer Schotterflur der Schmelzwasserbäche befand. Die lokalen Baugrundverhältnisse lassen sich auf Grund früherer Untersuchungen sowie unserer Erfahrungen von umliegenden Objekten wie folgt prognostizieren:

- Im urbanen Raum sind im Zusammenhang mit früheren Bautätigkeiten (Gebäudehinterfüllungen, Werkleitungsarbeiten) erfahrungsgemäss grossflächige und bis ca. ½ bis >3 m mächtige und heterogen gelagerte **künstlichen Auffüllungen** aus unterschiedlich siltigen Kies-Sand-Gemischen mit variablem Anteil an Steinen, tw. Blöcken und organischen Beimengungen zu erwarten. In den künstlichen Auffüllungen sind eingelagerte Fremdstoffe möglich, wobei uns derzeit keine genaueren Angaben vorliegen. *Ein Eintrag im Kataster der belastenden Standorte (KbS) liegt für die Bauparzelle nicht vor.* Weitere Angaben zur bisherigen Nutzung sowie der daraus resultierenden potentiellen Belastung als auch der Umgang mit belastetem Aushub finden sich in Kap. 5.
- Unterhalb der natürlichen Geländeoberkante oder der künstlichen Auffüllungen stehen voraussichtlich zwischen ca. 2 m bis 4 m, lokal >5 m mächtige, sehr locker bis locker gelagerte oder sehr weiche bis weiche **Überschwemmungssedimente und sumpfige Verlandungsbildungen** an. Sie bestehen aus unterschiedlich siltigem bis tonig-siltigem Sand mit variablem Anteil an Kies und organischen Beimengungen sowie besonders *setzungsempfindlichen* tonigen Silten mit vielen organischen Beimengungen. Darin finden sich bis mehrere Dezimeter mächtige *Torfzwischen-schichten* oder vereinzelte Baumstämme. Diese Abfolge zeigt meist deutliche Wechselschichtungen (heterolithisch).
- Innerhalb der Überschwemmungssedimente und sumpfigen Verlandungsbildungen können lokal meist geringmächtige, locker bis mitteldicht bis lokal dicht bis sehr dicht gelagerte Ablagerungen **junger Bachrinnen** aus unterschiedlich siltigen bis fast sauberen Kies-Sand-Gemischen mit Steinen und evtl. Blöcken eingelagert sein. Diese Ablagerungen der jungen Buech- und Enziwigger haben im Querschnitt meist eine begrenzte laterale Ausdehnung.
- Unterlagert werden die Überschwemmungssedimente und sumpfigen Verlandungsbildungen von besser tragfähigen, randglazialen **Flussschottern** aus vorwiegend fast sauberem bis leicht siltigem, lokal siltigem Kies mit Sand und mit variablem Anteil an Steinen und lagenweise angeordneten Blöcken (Blocklagen). Die Flussschotter sind vorwiegend dicht bis sehr dicht, lokal mitteldicht gelagert und können schichtweise nagelfluhartig verkittet sein. In den eiszeitlichen Flussschottern sind erfahrungsgemäss locker gelagerte, siltige Sand-Zwischenschichten eingelagert. Die mittlere Oberfläche der Flussschotter befindet sich zwischen ca. 544 bis 549 m ü.M. und weist ein Oberflächenrelief von ± 1 bis 2 m auf (Anhang 2).

- Die Flussschotter können örtlich von geringmächtigen, älteren **Moränenablagerungen** unterlagert sein, die insbesondere basal aus vorbelasteten und matrixgestützten, dicht bis sehr dicht gelagerten unterschiedlich siltigen Kies-Sand-Gemischen mit variablem Anteil an Steinen und tw. sehr harten Findlingsblöcken mit Durchmesser > 1 m bestehen, zuweilen nestweise angehäuft.
- Darunter folgt in Tiefen zwischen ca. 20 m und 30 m der **Felsen der Oberen Meeresmolasse** aus einer Wechselschichtung aus Sandsteinen mit Zwischenschichten aus sandigen Silt-, Schlammsteinen und gelegentlichen sandigen Konglomeraten. Insgesamt ist der Gesteinsverband wenig tektonisiert, und die Schichten liegen nahezu horizontal (Schichtfallen max. ca. 3 ÷ 4° nach SSE). Dies ist typisch für die Lage in der Mittelländischen Molasse. Zu beachten ist, dass die Felsoberfläche in Folge der subglazialen Erosion ein lebhaftes kleinräumiges Relief mit Amplituden von ca. ± 1 bis 2 m aufweisen kann. Das heisst, dass weichere Abfolgen aus Silt- und Schlammsteinen herausgerodiert sind und sich in der Felsoberfläche Furchen, Vertiefungen oder Stufen abbilden können. Die Verwitterungszone des Felsen ist je nach Gesteinstyp und Klüftung zwischen ca. 2 bis >10 m mächtig und zeigt eine gegen die Felsoberfläche hin zunehmende Entfestigung des Gesteinsverbandes. Diesen möglichen Unregelmässigkeiten ist ggf. bei Bohrpfählen bis in den Felsen durch ein flexibles Konzept Rechnung zu tragen.

5 ERSTE HINWEISE ZUR BELASTUNGSSITUATION

- Für die Bauparzelle liegt kein Eintrag im Kataster der belasteten Standorte (KbS) vor (KANTON LUZERN, RAWI, Zugriff 25.02.2020).
- Unterhalb der bestehenden Geländeoberkante und in den Hinterfüllungsbereichen der bestehenden Bauten ist grossflächig mit künstlichen Auffüllungen zu rechnen, die Fremdstoffe enthalten können.
- Die projektierte Parzelle wurde seit ca. 1927 durch einen Möbelproduzenten (Wellis AG, heute Teil der Tisch & Stuhl Willisau AG) genutzt. Es ist davon auszugehen, dass hierbei sowohl Prozesse der Holz- als auch Stoffverarbeitung stattgefunden haben. Laut BUWAL (2001) wurden und teils werden in diesen Bereichen verschiedenste umweltgefährdende Stoffe – darunter z.B. CKW und Lackharze – genutzt. Allfällige lokale Belastungen des Baugrundes durch während der Möbelproduktion verwendeter Chemikalien sind daher nicht auszuschliessen.
- Es ist davon auszugehen, dass bei den Aushubarbeiten generell gewisse Kubaturen an schwach verschmutztem (VVEA Typ Bv; Fremdstoffanteile bis max. 5%) bis Inertstoffmaterial (VVEA Typ B) anfallen werden. Höher belasteter Aushub (Reaktormaterial, Sonderabfall) mit chemischen Belastungen (z.B. aus Havarien) können allerdings aufgrund fehlender Sondierungen nicht ausgeschlossen werden.

- Unabhängig von einem Eintrag in den Kataster der belasteten Standorte (KbS) wird gemäss aktueller Vollzugspraxis der Dienststelle Umwelt und Energie (uwe) ab Kubaturen von ca. 100 m³ belastetem Aushub eine Aushubbegleitung verlangt. Ab ca. 300 m³ belastetem Aushub wird nebst der Aushubbegleitung auch ein Aushub- und Entsorgungskonzept (AEK) gefordert.
- Mit Fremdstoffen belastetes Material ist nach AHR¹ und VVEA² zu entsorgen. Wenn organoleptisch³ auffälliges Material vorgefunden wird, ist dieses durch einen Altlastenspezialisten chemisch analysieren zu lassen.

6 HYDROGEOLOGIE

6.1 LOKALE GRUNDWASSERVERHÄLTNISSE

- Das Bauprojekt befindet sich über dem ergiebigen Grundwasservorkommen kurz nach der Konfluenz der Täler von Enzi- und Buechwiggere sowie der Seewag, welches in Richtung NNE hin abfließt. Das grossräumige Gefälle der Grundwasseroberfläche beträgt gemäss der aktuellen Gewässerschutzkarte ca. 2 bis 3‰.
- Das Grundwasser zirkuliert vor allem in den eiszeitlichen Flussschottern, die eine mittlere bis grosse Durchlässigkeit und hohe Nutzporositäten aufweisen und den **Hauptgrundwasserleiter** bilden.
- Insbesondere innerhalb der jungen, sandig-kiesigen Bachrinnen innerhalb der Überschwemmungssedimente und sumpfigen Verlandungsbildungen sind einzelne isolierte **schwebende Grundwasservorkommen** möglich, die nach lang andauernden Niederschlägen durch Sickerwasser und entlang der Enziwigger durch Infiltration gespeist werden.
- Der obere Bereich der Flussschotter bleibt auch bei Hochwasserständen ungesättigt (Tab. 2).
- Der Schwankungsbereich der Grundwasseroberfläche im nutzbaren Hauptgrundwasserleiter (Tab. 2) wurde mit Hilfe der kantonalen Messstelle WL103 (PW Grundmatt, ca. 150 m östlich des Projektperimeters) und frühere Messungen im Projektnahbereich abgeschätzt.

¹ AHR: Aushubrichtlinie.

² VVEA: Verordnung über die Vermeidung und die Entsorgung von Abfällen.

³ organoleptisch: Hilfsmittelfreie Bewertung von Geruch und Aussehen.

Grundwasserstand	SSW-Bereich		NNE-Bereich	
	Grundwasseroberfläche [m ü. M.]	Flurabstand [m] OKT ca. 552 m ü.M.	Grundwasseroberfläche [m ü. M.]	Flurabstand [m] OKT ca. 550 m ü.M.
Hochwasserstand	ca. 540.4	ca. 11.6	ca. 539.9	ca. 10.1
Mittelwasserstand	ca. 537.0	ca. 15.0	ca. 536.5	ca. 13.5
Niederwasserstand	ca. 534.3	ca. 17.7	ca. 533.8	ca. 16.2

Tab. 2 Abgeschätzter Schwankungsbereich der Grundwasseroberfläche im nutzbaren Grundwasservorkommen (Hauptgrundwasserleiter) im Projektperimeter.

- Somit befindet sich die mittlere Grundwasseroberfläche vermutlich ca. ½ m tiefer als in der Gewässerschutzkarte des Kantons Luzern (KANTON LUZERN, RAWI, 2020) angegeben.
- Für eine bessere Abschätzung des natürlichen Schwankungsbereichs der Grundwasseroberfläche und auch zur Klärung möglicher schwebender Grundwasservorkommen empfehlen wir bei Bedarf, die Grundwasserspiegel in neu zu erstellenden Piezometern insbesondere nach extremen Witterungsverhältnissen zu messen (Kap. 11).
- Erfahrungsgemäss handelt es sich im Talabschnitt von Willisau um ein ziemlich hartes, gut belüftetes Grundwasser ohne für die technische Nutzung problematische Mengen an gelöstem Eisen und/oder Mangan, weshalb darin heute mehrere thermische Grundwassernutzungen erfolgreich betrieben werden.

6.2 GEWÄSSERSCHUTZ

Gemäss der Gewässerschutzkarte des Kantons Luzern liegt das geplante Bebauungsareal vollumfänglich im **Gewässerschutzbereich A_u**.

Bauten, die unter die höchste Grundwasseroberfläche hineinreichen (INNERSCHWEIZER UMWELTSCHUTZDIREKTIONEN, 2001), z.B. Pfähle oder tiefe Baugrubenabschlüsse bedürfen daher einer gewässerschutzrechtlichen Bewilligung der kantonalen Dienststelle Umwelt und Energie (uwe). Um für Bauten unter der mittleren Grundwasseroberfläche eine Bewilligung erlangen zu können, ist ein hydrogeologischer, rechnerischer **Unbedenklichkeitsnachweis** über den Einfluss des Bauwerks auf die Durchflusskapazität zu erbringen, welcher als separater Bericht dem Baugesuch beigelegt werden muss.



Abb. 1 Ausschnitt aus der Gewässerschutzkarte des Kantons Luzern, Massstab 1:5'000. Kartengrundlage © Geoinformation Kanon Luzern 2020. Rötliche Signatur: Gewässerschutzbereich Au. Grün gestrichelt: Ungefäher Projektperimeter.

6.3 BAUTECHNISCH RELEVANTE FOLGERUNGEN

- Im Hauptgrundwasserleiter befindet sich die Grundwasseroberfläche selbst bei Hochwasserstand über ca. 10 m unterhalb der heutigen Geländeoberkante.
- Hingegen sind lokale schwebende Grundwasservorkommen in den Ablagerungen der jungen Bachrinnen sowohl im Bauzustand (Böschungstabilität freier Böschungen, Durchnässung Aushubmaterial, unzulässige Grundwasserabsenkungen) als auch im Nutzungszustand (Wasserdichtigkeit, Meteorwasserversickerung, Auftrieb, Verhinderung eines Aufstaus) angemessen zu berücksichtigen. Ohne wirksame Entwässerungsmassnahmen ist von einer Wassersättigung und einer massgebenden, schwebenden Grundwasseroberfläche zeitweilig bis in den Bereich der heutigen Geländeoberkante zu rechnen (Kap. 7.1 und 7.3). Im Endzustand ist möglichst der ursprüngliche hydrogeologische Zustand wiederherzustellen (Kap. 9.2).
- Wichtig ist, dass der Schichtstapel innerhalb der Überschwemmungssedimente und sumpfigen Verlandungsbildungen eine höhere horizontale Durchlässigkeit als die vertikale aufweist, wodurch bei Vorhandensein schwebender Grundwasservorkommen schichtweise gespannte Druckverhältnisse nicht auszuschliessen sind.
- Bei einer offenen Wasserhaltung zur Trockenlegung des Aushubmaterials bestehen Risiken, dass ausserhalb der Baugrube die Grundwasseroberfläche schwebender Grundwasservorkommen abgesenkt wird. Bei bislang gesättigten organischreichen oder torfigen Zwischenschichten sind daher Setzungen in der Umgebung möglich. Dies ist auch für allfällige permanente Entwässerungsmassnahmen im Endzustand zu berücksichtigen.
- Sandige Zwischenschichten innerhalb der eiszeitlichen Flussschotter sind unterhalb der Grundwasseroberfläche sind als grundbruchempfindlich einzustufen. Diesem Um-

stand ist z.B. bei allfälligen Bohrpfahlarbeiten (Kap. 9.2) angemessen Rechnung zu tragen (dauerndes Nachfüllen der Bohrröhre mit Wasser, genügend tiefes Vorpressen der Verrohrung usw.).

7 NATURGEFAHREN

7.1 WASSERPROZESSE

- Gemäss der aktuell gültigen Gefahrenkarte des Kantons Luzern (KANTON LUZERN, RAWI, 2020) ist das Baugelände durch Wasserprozesse direkt betroffen. Die Gefährdungssituation ist im nachfolgenden Ausschnitt aus der Prozessgefahrenkarte dargestellt (Abb. 2).
- Auf Grund des niedrigen Reliefs in der Talebene und der Nähe zum südlich und südöstlich angrenzenden Bach Enziwigger wird für den nordwestlichen Bauperimeter eine **mittlere bis geringe Gefährdung** durch Wasserprozesse (fliessendes Hochwasser) mit schwacher bis mittlerer Intensität für häufige, seltene und sehr seltene Ereignisse (Eintrittswahrscheinlichkeit $1/30$ bis $1/300$) ausgewiesen. Mit sinkender Eintrittswahrscheinlichkeit (selten $1/100$ und sehr selten $1/300$) nimmt die betroffene Fläche, nach Südosten hin zu. Im Süden der Parzelle wird schliesslich noch eine Restgefährdung durch Wasserprozesse angegeben. Die Fliesstiefen erreichen im nördlichen Bereich des Projektperimeters bis ca. 75 cm (KANTON LUZERN, RAWI, 2020).
- Gemäss BUWAL (1997) ist ein blaues Gebiet (mittlere Gefährdung) „im Wesentlichen ein **Gebotsbereich**, in dem schwere Schäden durch geeignete Vorsorgemassnahmen (Auflagen) vermieden werden können“. Rote Gebiete sind „im Wesentlichen ein **Verbotsbereich**“. In diesem Gewässerraum besteht grundsätzlich ein Bauverbot. Bei geringer Gefährdung (gelbe Zone; Gefahren-Hinweisbereich) werden minimal abgestimmte **Objektschutzmassnahmen** (vgl. Kap. 7.3) empfohlen.

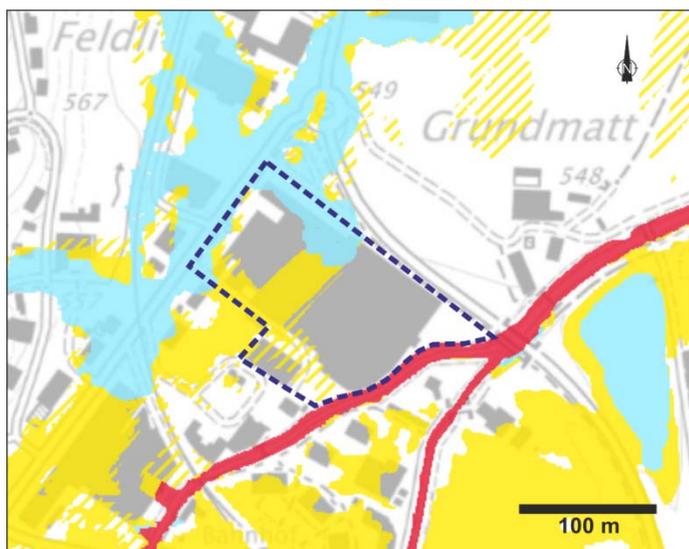


Abb. 2 Ausschnitt aus der Gefahrenkarte Wasserprozesse 1:5'000. Kartengrundlage © Geoinformation Kanton Luzern 2020. Die rote Signatur steht für eine erhebliche Gefährdung, die blaue Signatur für eine mittlere Gefährdung, die gelbe Signatur für eine geringe Gefährdung und die gelb schraffierte Signatur für eine Restgefahr durch Wasserprozesse. Blau-violett gestrichelt: Ungefährer Projektperimeter.

7.2 RUTSCHUNGS- UND STURZPROZESSE

Gemäss der aktuellen Gefahrenkarte des Kantons Luzern (KANTON LUZERN, RAWI, 2020) wird für den Projektperimeter **keine** Gefährdung durch Rutschungs- oder Sturzprozesse ausgewiesen.

7.3 OBERFLÄCHENABFLUSS

In der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss (nicht versickerndes Niederschlagswasser, welches dem nächsten Gewässer zuströmt) sind auf dem Gebiet des Bauvorhabens Zonen mit potentieller Überflutung (Fliesstiefen bis lokal >25 cm; vgl. Abb. 3) ausgeschieden, was bautechnisch (z.B. Auftriebssicherheit) angemessen zu berücksichtigen ist.

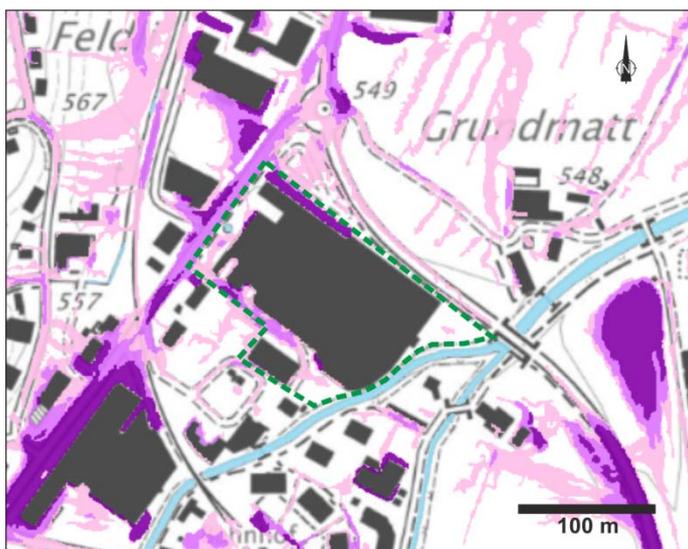


Abb. 3 Ausschnitt aus der Gefährdungskarte Oberflächenabfluss, Massstab 1:5'000. Kartengrundlage © Geoinformation Kanton Luzern 2020. Hellviolett: Fliesstiefen <10 cm, Violett: Fliesstiefen 11 bis 25 cm, Dunkelviolett: Fliesstiefen >25 cm. Grün gestrichelt ungefähre Lage des Projekterimeters.

Mit angemessenen **Objektschutzmassnahmen** sollen Schäden als Folge eines Oberflächenabflusses oder Wasserprozesses (Kap. 7.1) verhindert werden. Dazu bieten sich u.a. an:

- Keine ungeschützten Fensteröffnungen / Eingänge, wo Oberflächenwasser ungehindert eindringen kann. Andernfalls ist es möglich, dass z.B. in Einstellhallen je nach Grösse bei Starkniederschlägen ohne angemessene Objektschutzmassnahmen innert kürzester Zeit geflutet werden könnten. Bei kritischen Untergeschossen oder bei Tiefgaragen-Einfahrten könnten mobile Schutzelemente, Stellplatten oder Gegensteigungen angemessen sein.
- Kleine Dammschüttungen, Stellplatten oder Gegensteigungen entlang der Strasse, wobei zu bemerken ist, dass diese bei unvorhergesehenen Flutungen auch den Abfluss beeinträchtigen können. Bei Objektschutzmassnahmen ist zu beachten, dass sich keine neuen, konzentrierten Fliesswege in die benachbarten Parzellen bilden.
- Berücksichtigung der Auftriebssicherheit und Wasserdichtigkeit.
- Organisatorische Massnahmen.

7.4 ERDBEBEN

Der **Erdbebensicherheit** ist je nach Gefährdungsbild eine angemessene Priorität zuzuordnen. Nach SIA 261 (Ausgabe 2014) und BWG (2004) können für einen ersten Nachweis der ausserordentlichen Einwirkung von Erdbeben folgende Zuordnungen verwendet werden:

- Für das Bauwerk sind die Bauwerksklassen gemäss SIA 261 (Ausgabe 2014) festzulegen.

- Hinsichtlich der Erdbebengefährdungszonen wird Zell nach Karte SIA 261 (2014) der Zone 1 mit Beschleunigungswerten von 0.6 m/s^2 zugeschlagen.
- Der Untergrund im Projektbereich kann der **Baugrundklasse E** (Lockergesteinsbedeckung über Felsen oder glazial vorbelasteten Ablagerungen von ca. 5 bis 20 m) zugeordnet werden (KANTON LUZERN, RAWI, 2020). Je nach Tiefenlage der Felsoberfläche in Bezug auf die Höhe der Fundationen ist auch eine Einordnung in die Baugrundklasse C möglich. Zur gesicherten Bestimmung der massgebenden Baugrundklasse bietet sich die Ausführung von Sondierbohrungen bis in den Felsen an (Kap. 11).
- Die Bauparzelle liegt in einem Felstrog mit einem ungünstigen Breiten-Längen-Verhältnis ($L/(2H) < 10$), so dass eine Verstärkung der Erdbebenwirkung (Amplifikation) um bis zu einem Faktor 1.5 bis 2.5 in Betracht zu ziehen ist. Die Verstärkung ist generell umso grösser je näher die Erdbebenfrequenz an der Fundamentalfrequenz der Talfüllung liegt.

8 ARCHÄOLOGIE

Gemäss dem aktuellen archäologischen Fundstellenkataster des Kantons Luzern ist das Gebiet nicht durch archäologische Fundstellen betroffen.

9 GEOTECHNISCHE FOLGERUNGEN

9.1 GEOTECHNISCHE RISIKEN UND ERSCHWERNISSE

- Die bautechnisch relevanten Folgerungen bezüglich der Geologie (Kap. 4), der Belastungssituation (Kap. 5), der hydrogeologischen Verhältnisse (Kap. 6) und der Naturgefahren (Kap. 7) sind bei der Planung der Tiefbauarbeiten zu beachten.
- Mit Erschwernissen wie mit Fremdstoffen verschmutzte künstliche Auffüllungen, Blöcken (tw. als Blocklagen oder sehr harte Findlingsblöcke über dem Felsen), Torf, Baumstämme sowie bis sehr dicht gelagerte Fluss- oder Moränenablagerungen muss bei Tiefbauarbeiten gerechnet werden. Weiter ist die schlechte Dränierbarkeit der Überschwemmungssedimente und sumpfigen Verlandungsbildungen oder künstlichen Auffüllungen zu beachten.
- Bestehende Fundamente oder alte Baugrubenabschlüsse mit eventuellen Ankern sowie zweifelhaft verdichtete künstliche Aufschüttungen sind bei der Planung angemessen zu berücksichtigen.
- Das Bauprojekt liegt unmittelbar an bestehende Strassen, Fusswege sowie angrenzend an Gebäude mit Umgebungsbauwerken oder Werkleitungen etc. **Sowohl im**

Bau- als auch im Endzustand ist zu beachten, dass **je nach Vulnerabilität keine Deformationen akzeptabel** sind. Wir empfehlen, die Empfindlichkeit dieser Bauten frühzeitig abzuklären, um allenfalls schadensvorbeugende Massnahmen, wie vorgängige Fundationsverstärkungen, Werkleitungsumlegungen, usw. in die Projektierung einfließen lassen zu können.

- An dieser Stelle sei darauf hingewiesen, dass die oberflächennah verbreiteten, unterschiedlich siltigen Sande der Überschwemmungssedimente und sumpfigen Verlandungsbildungen eine deutliche, **trägerische Scheinkohäsion** besitzen, die insbesondere bei Durchnässung entfällt und rasch zu einer Entfestigung und Verschlammung führt.

9.2 FUNDATION

- Die setzungsempfindlichen Überschwemmungssedimente und sumpfigen Verlandungsbildungen sowie darin eingelagerte heterogene Bachrinnen können lediglich zur Aufnahme von beschränkten Bauwerkslasten genutzt werden. Bei normal setzungsempfindlichen Neubauten mit einem oder mehreren Untergeschossen stehen Flachfundationen, die bis in die Flussschotter reichen, im Vordergrund. Je nach Anforderungen an die Höhe der zulässigen Bodenpressungen sind bei lockerer gelagerten Sand-Zwischenschichten baugrundverbessernde Massnahmen mittels Materialersatz oder Beton-Tatzen vorzusehen.
- Bei sehr hohen Punktlasten oder Neubauten mit lediglich geringen Toleranzen bezüglich differentieller Setzungen ist als risikoärmere Alternative zu einer Flachfundation eine Bohr-Pfahlfundation bis in den Felsen zu prüfen.
- Die Untergeschosse und die Bodenplatten sind möglichst steif auszubilden, damit Spannungsspitzen unterhalb von Lastkonzentrationen auf ein zulässiges Mass verteilt werden können. Damit können die Risiken unzulässiger differentieller Risiken auf Grund der unterschiedlichen Lagerungsverhältnisse ausgeglichen werden.

9.3 BAUGRUBENABSCHLUSS

- Bereits bei Neubauten mit einem Untergeschoss ist es möglich, dass die Aushubsohle in den Bereich schwebender Grundwasservorkommen reicht.
- Wir empfehlen daher bereits in einer frühen Projektphase zu prüfen, ob zur Minimierung von möglichen grundwasserbedingten Setzungen (z.B. als Folge einer Entwässerung wassergesättigter Torfe) die Ausführung einer dichten Baugrube notwendig ist (Kap. 11).
- Der oberflächennah bekanntermassen setzungsempfindliche Baugrund und die vorhandenen vulnerablen tw. flachfundierten älteren Gebäude oder Werkleitungen im Nahbereich stellen hohe Anforderungen an das Einbringen und insbesondere den

Rückzug von Spundwänden. Verlorene Spundwände, evtl. überschrittene Bohrfahlwände oder evtl. gebohrte Rühlwände (mit dichten Ausfachungen) stellen diesbezüglich eine risikoärmere Methode dar. Durch die bleibende Beeinträchtigung der Grundwasserverhältnisse wäre mit aufwändigeren Kompensationsmassnahmen zu rechnen, falls sie unter die Grundwasseroberfläche des Grundwasservorkommens in den eiszeitlichen Schotter reichen (Anhang 2). Wir empfehlen, die gewässerschutzrechtlichen Randbedingungen aber auch privatrechtliche Aspekte (schwebende Grundwasservorkommen) bereits in einer frühen Projektphase abzuklären.

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. Bei den anstehenden, schlecht bis mässig durchlässigen Überschwemmungssedimenten und sumpfigen Verlandungsbildungen mit vereinzelt Bachrinnen ist bei der Dimensionierung von Versickerungsmulden eine relativ geringe Versickerungsleistung von ca. $< 1 \text{ l/min}\cdot\text{m}^2$ anzunehmen. Um eine genügende Versickerungsleistung zu erzielen, ist eine hydraulische Verbindung in die tiefer liegenden Flussschotter durch Kiessäulen aus gut durchlässigen Kiessanden zu gewährleisten.

Für eine genaue Abklärung bezüglich der Meteorwasserversickerungsmöglichkeiten empfehlen wir die Durchführung von längerfristigen Versickerungsversuchen.

Falls eine Versickerung des Dachwassers wider Erwarten nicht praktikabel ist, wäre die Möglichkeit zu prüfen, das anfallende Meteorwasser in einen Vorfluter bzw. in die Kanalisation einzuleiten. Eine verzögerte Einleitung, d.h. ein Zwischenspeichern des Dachwassers mit Hilfe eines Rückhaltebeckens und eine gedrosselte Abgabe nach dem Regenergeignis (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 AUFZEIGEN DES KENNTNISSTANDS UND EMPFEHLUNGEN FÜR OBJEKTSPEZIFISCHE BAUGRUNDSONDIERUNGEN

Die dargestellten Baugrundverhältnisse sind auf Grund vorhandener, meist älterer Sondierungen und Bauerfahrungen in der näheren Umgebung interpretiert worden, so dass gewisse örtliche Abweichungen in begrenztem Rahmen möglich sind. Zur genaueren Be-

schreibung der örtlichen Baugrundverhältnisse sowie der geotechnischen Eigenschaften der Lockergesteine sowie der Tiefe der Schichtgrenzen empfehlen wir, für die kommenden Projektphasen stufengerecht und in Absprache mit dem Ingenieur und *nach Abwägen des Kosten-Nutzen-Verhältnisses ergänzende Baugrundsondierungen* durchzuführen.

- Zur Erfassung allfälliger schwebender Grundwasservorkommen und besserer Charakterisierung der Schwankungsbereiche der Grundwasseroberflächen sind Baggersondierungen und Rammsondierungen auszuführen und Piezometer zu versetzen. Die Piezometer sind dabei über einen möglichst langen Zeitraum periodisch zu messen. Diese Angaben sind wertvoll in Zusammenhang mit dem Baugrubenkonzept und den Wasserhaltungsmassnahmen.
- Auch für genauere Angaben über die Zusammensetzung und die Ausdehnung allfälliger künstlicher Auffüllungen und über die Anteile organischer Beimengungen in den Überschwemmungssedimenten und sumpfigen Verlandungsbildungen ist die Ausführung von Baggersondierungen zu empfehlen. Zudem sollten zur Klärung der Machbarkeit einer Meteorwasserversickerung Versickerungsversuche durchgeführt werden.
- Derzeit bestehen Kenntnislücken über die genaue Tiefenlage der Felsoberfläche und möglicher Moränenablagerungen, insbesondere hinsichtlich der Baugrundklassen (Kap. 7.4) sowie bei einer Ausführung von allfälligen tiefen Bohrpfählen. Um diesbezüglich genauere Angaben zu erhalten, wäre die Abteufung von Sondierbohrungen zweckmässig.
- Die Machbarkeit einer thermischen Grundwassernutzung wäre mit Sondierbohrungen und Pumpversuchen genauer abzuklären.

Keller + Lorenz AG

Geotechnik Geologie Hydrogeologie
Altlasten Naturgefahren



Markus Ehrler



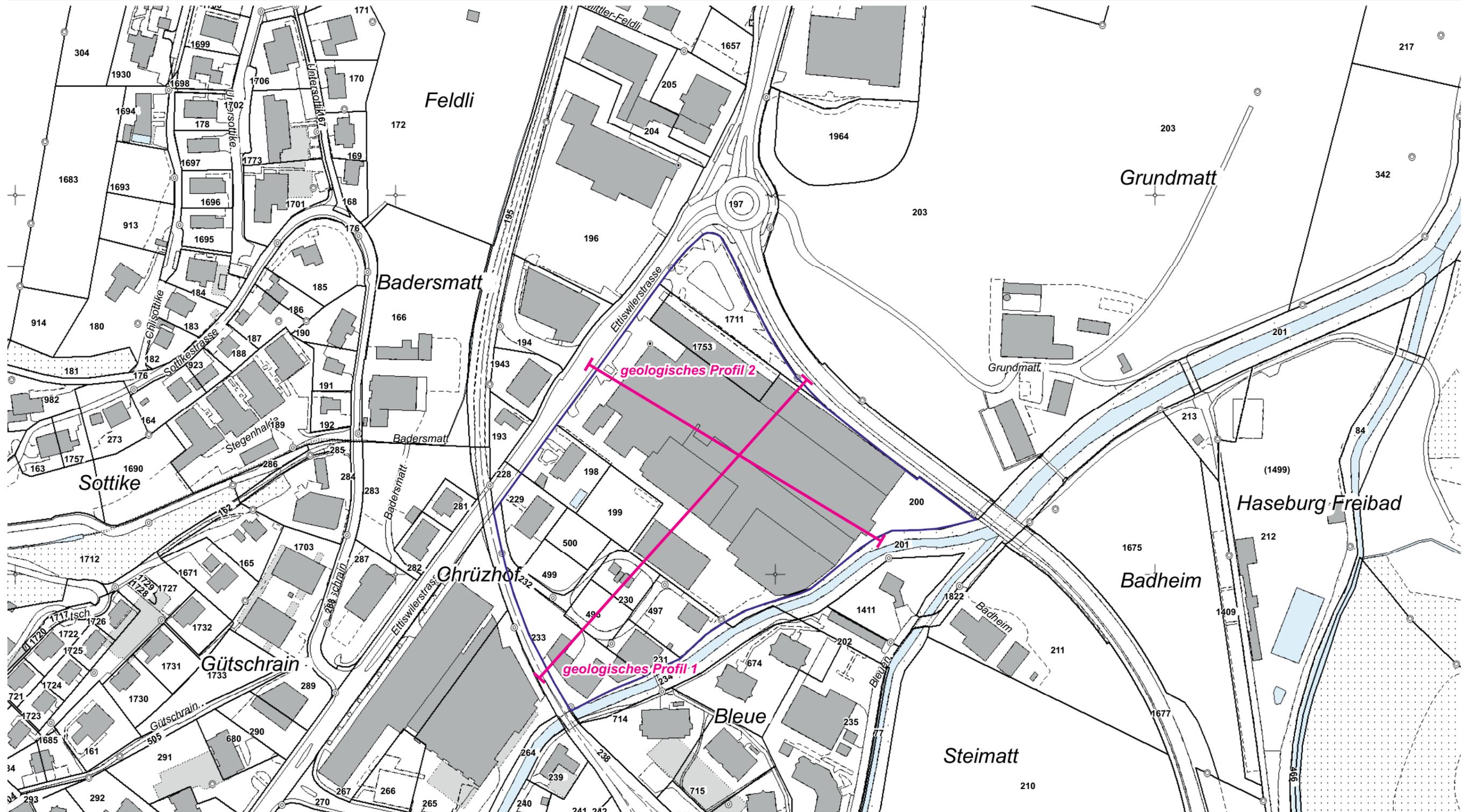
Dr. Beat Keller

Sachbearbeitung:

Geologie: Dr. E. Heerwagen, Dr. B. Keller
Naturgefahren: Dr. E. Heerwagen
Hydrogeologie: E. Wick
Geotechnik: M. Ehrler
Grafische Auswertungen: Dr. E. Heerwagen
Review / Qualitätssicherung: Dr. B. Keller, E. Luntzer

Übersicht mit Lage der Profillinien

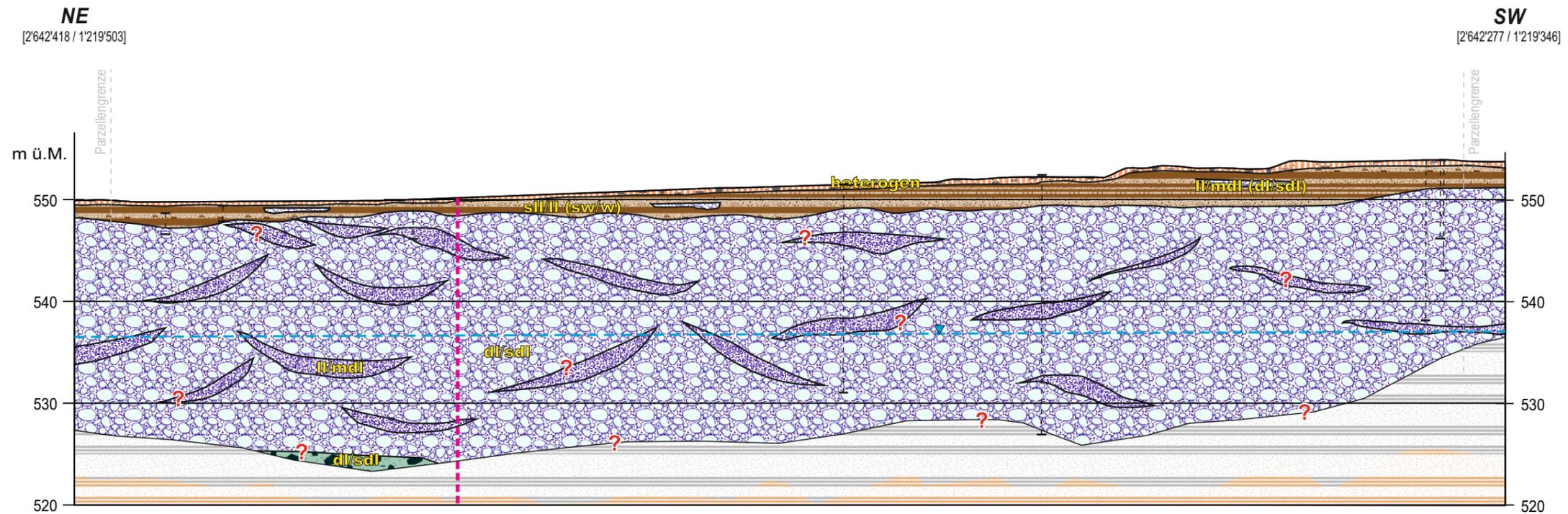
1 : 2'000



Legende:  Projektperimeter



Geologisches Profil 1



Schnittpunkt
Profil 1 / Profil 2

Legende:

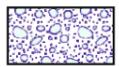
Lockergesteine



Künstliche Auffüllungen (schematisch)
Unterschiedlich siltige Kies-Sand-Gemische mit variablen Anteilen an Steinen und tw. Blöcken, tw. organischen Beimengungen und Fremdstoffen, heterogen gelagert.



Überschwemmungssedimente und sumpfige Verlandungsbildungen
Unterschiedlich siltiger bis tonig-siltiger Sand, mit var. Anteil an Kies und organischen Beimengungen und Torfzwischen-schichten sowie toniger Silt mit vielen organischen Beimengungen. Sehr locker bis locker gelagert oder sehr weich bis weich, heterolithisch.



Junge Bachrinnen (schematisch)
Unterschiedlich siltige bis fast saubere Kies-Sand-Gemische mit Steinen und evtl. Blöcken, locker bis mitteldicht, lokal dicht bis sehr dicht gelagert.



Flussschotter (eiszeitlich)
Fast sauberer bis leicht siltiger Kies mit Sand, mit variablem Anteil an Steinen sowie mit Blocklagen, einzelne siltige Sand-Zwischenschichten, dicht bis sehr dicht, Sand locker bis mitteldicht gelagert. Die Oberfläche der Flussschotter weist vermutlich ein erhebliches Oberflächenrelief von +/- 1 bis 2 m auf.



Moränenablagerungen
Unterschiedlich siltige Kies-Sand-Gemische mit variablem Anteil an Steinen und Blöcken (Findlinge, tw. nestweise angehäuft), insbesondere basal vorbelastet und matrixgestützt, dicht bis sehr dicht gelagert.



Felsen der Oberen Meeresmolasse
Wechselschichtung aus Sandsteinen mit Zwischenschichten aus sandigen Silt-, Schlammsteinen und sandigen Konglomeraten (oberflächennahe Verwitterungszone schematisch rot schraffiert).

Ausgehend von der dargestellten mittleren Lage der Felsoberfläche ist üblicherweise mit einer kleinräumigen Reliefamplitude von bis zu ca. +/- 1 bis 2 m zu rechnen.

Geländeoberfläche gemäss digitalem Höhenmodell (swissALTI3D).



Mittlere Grundwasseroberfläche im Hauptgrundwasserleiter
Im Höchsthochwasserfall ist von einer Wassersättigung und einer massgebenden Grundwasseroberfläche schwebender Grundwasservorkommen bis in den Bereich der bestehenden Geländeoberkante zu rechnen.

T Verwendete, bestehende
- - - Sondierungen

Lagerungsdichte

sll sehr lockere Lagerung
ll lockere Lagerung
mdl mitteldichte Lagerung
dl dichte Lagerung
sdl sehr dichte Lagerung

Konsistenz

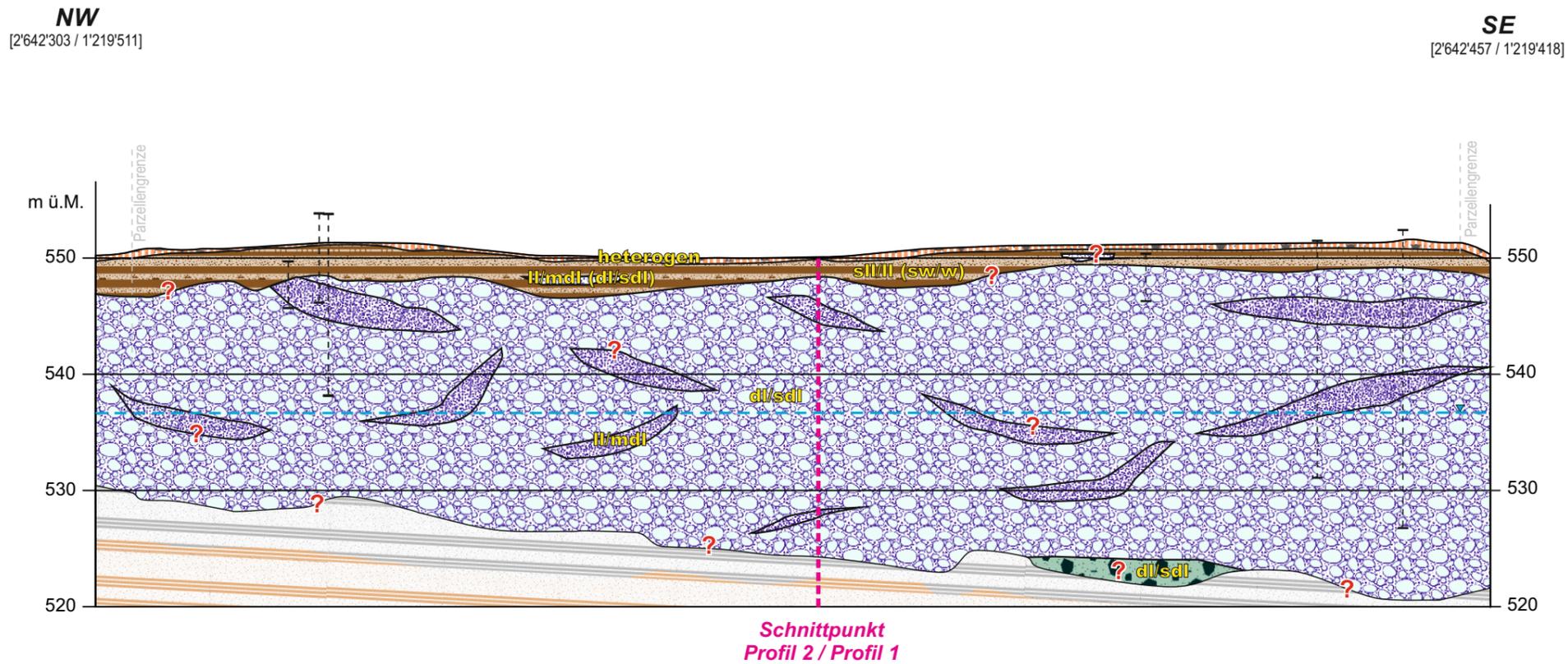
sw sehr weich
w/ms weich / mittelsteif
s steif
h hart
sh sehr hart

? Unsichere Prognose:
Falls bautechnisch relevant,
ggf. durch weitere
Sondierungen ergänzen!

Legende der Signaturen in den kodierten Sondierungen

SIGNATUR	KURZBESCHREIBUNG
gGc	korngestützter, gerundeter Kies
gGm	matrixgestützter, gerundeter Kies
gSc	korngestützter Schutt
GS	Kies-Sand
Dm	matrixgestützter Diamkitt
Dc	korngestützter Diamkitt
S	Sand
Hl	laminierte Wechselschichtung Silt/Feinsand
Hb	Wechselschichtung Silt/Feinsand
Fm	massives Feinsediment (toniger Silt, Silt)
Fl	laminiertes Feinsediment
P	Torf
B	Boden
C	Seekreide (in den Bohrungen nicht vorhanden)
BET	Beton
ASP	Asphalt-Belag

Geologisches Profil 2



Legende:

Lockergesteine

- Künstliche Auffüllungen (schematisch)**
Unterschiedlich siltige Kies-Sand-Gemische mit variablen Anteilen an Steinen und tw. Blöcken, tw. organischen Beimengungen und Fremdstoffen, heterogen gelagert.
- Überschwemmungssedimente und sumpfige Verlandungsbildungen**
Unterschiedlich siltiger bis tonig-siltiger Sand, mit var. Anteil an Kies und organischen Beimengungen und Torfzwischen-schichten sowie toniger Silt mit vielen organischen Beimengungen. Sehr locker bis locker gelagert oder sehr weich bis weich, heterolithisch.
- Junge Bachrinnen (schematisch)**
Unterschiedlich siltige bis fast saubere Kies-Sand-Gemische mit Steinen und evtl. Blöcken, locker bis mitteldicht, lokal dicht bis sehr dicht gelagert.
- Flussschotter (eiszeitlich)**
Fast sauberer bis leicht siltiger Kies mit Sand, mit variablem Anteil an Steinen sowie mit Blocklagen, einzelne siltige Sand-Zwischenschichten, dicht bis sehr dicht, Sand locker bis mitteldicht gelagert. Die Oberfläche der Flussschotter weist vermutlich ein erhebliches Oberflächenrelief von +/- 1 bis 2 m auf.
- Moränenablagerungen**
Unterschiedlich siltige Kies-Sand-Gemische mit variablem Anteil an Steinen und Blöcken (Findlinge, tw. nestweise angehäuft), insbesondere basal vorbelastet und matrixgestützt, dicht bis sehr dicht gelagert.

- Felsen der Oberen Meeresmolasse**
Wechselschichtung aus Sandsteinen mit Zwischenschichten aus sandigen Silt-, Schlammsteinen und sandigen Konglomeraten (oberflächennahe Verwitterungszone schematisch rot schraffiert).

Ausgehend von der dargestellten mittleren Lage der Felsoberfläche ist üblicherweise mit einer kleinräumigen Reliefamplitude von bis zu ca. +/- 1 bis 2 m zu rechnen.

Geländeoberfläche gemäss digitalem Höhenmodell (swissALTI3D).

- Mittlere Grundwasseroberfläche im Hauptgrundwasserleiter**
Im Höchsthochwasserfall ist von einer Wassersättigung und einer massgebenden Grundwasseroberfläche schwebender Grundwasservorkommen bis in den Bereich der bestehenden Geländeoberkante zu rechnen.
- T
- - -
Sondierungen

Lagerungsdichte

- sll sehr lockere Lagerung
- ll lockere Lagerung
- mdl mitteldichte Lagerung
- dl dichte Lagerung
- sdl sehr dichte Lagerung

Konsistenz

- sw sehr weich
- w/ms weich / mittelsteif
- s steif
- h hart
- sh sehr hart

? Unsichere Prognose:
Falls bautechnisch relevant,
ggf. durch weitere
Sondierungen ergänzen!

SIGNATUR	KURZBESCHREIBUNG
	gGc: korngestützter, gerundeter Kies
	gGm: matrixgestützter, gerundeter Kies
	gSCc: korngestützter Schutt
	GS: Kies-Sand
	Dm: matrixgestützter Diamiktit
	Dc: korngestützter Diamiktit
	S: Sand
	Hl: laminierte Wechselschichtung Silt/Feinsand
	Hb: Wechselschichtung Silt/Feinsand
	Fm: massives Feinsediment (toniger Silt, Silt)
	Fl: laminiertes Feinsediment
	P: Torf
	B: Boden
	C: Seekreide (in den Bohrungen nicht vorhanden)
	BET: Beton
	ASP: Asphalt-Belag