

Campus Scolaire à Warken

Geotechnischer Bericht

N° de référence	20202471-GC-GEOTEC-GEOL	
Suivi	Nom	Date
Rédigé par	Stefan BECKER	02.12.2021
Vérifié par	Marc CZAPLA	02.12.2021

Modifications

Indice	Description	Date

Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag und Situation	4
2	Verwendete Unterlagen und Kartenwerke	5
3	Allgemeine Geologie	6
4	Erkundung des Baugrundes	7
4.1	Geländearbeiten	7
4.2	Laborarbeiten	7
5	Beschreibung der Baugrundsichten	8
5.1	Geologische Beschreibungen	8
5.1.1	Ober- /Mutterboden	8
5.1.2	Alluvionen (Ton/ Schluff, sandig, organisch).....	8
5.1.3	Alluvionen, Kies/ Sand, tonig, schluffig, locker - mitteldicht	9
5.1.4	Buntsandstein, verwittert bis zersetzt.....	9
5.1.5	Buntsandstein, angewittert	10
5.2	Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte.....	10
6	Grundwasserverhältnisse	11
6.1	Betonaggressivität.....	12
7	Geotechnische Klassifizierung und Empfehlungen	12
7.1	Gründung und Bettung	13
7.2	Baugrubensicherung.....	15
7.1	Wasserhaltungsmaßnahmen	17
7.1.1	Wasserzuflüsse zum Baufeld	17
7.1.2	Wasserhaltung während der Bauphase.....	18
7.1.3	Bauwerksabdichtung und Drainagen	18
8	Aushub-, Verfüll- und Stabilisierungsarbeiten	19
8.1	Aushubarbeiten	19
8.2	Wiederverwertung von Aushubmaterial	19

8.3	Bodenaustausch und Bauwerkshinterfüllung.....	20
9	Schlussbemerkungen	20
10	Referenzen, Normen, Vorschriften	22

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1.	Aktuelle Situation und Lage der Projektfläche (Quelle : geoportail.lu)	4
Abbildung 2.	Aktuelle Planung und Lage der Erkundungen (Quelle: JONAS Architectes)	5
Abbildung 3.	Geologie im Untersuchungsgebiet (Quelle : map.geoportail.lu)	6
Abbildung 4.	Darstellung des HQ₁₀₀ im Untersuchungsgebiet (Quelle : map.geoportail.lu).....	12

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1.	Bodengruppen, Bodenklassen und Frostempfindlichkeitsklassen.	10
Tabelle 2.	Charakteristische Bodenrechenwerte.....	11
Tabelle 3.	Zusammenstellung der Analyseergebnisse und Expositionsklassen.	12

1 Auftrag und Situation

In Warken, Gemeinde Ettelbrück ist der Neubau eines „Campus Scolaire“ geplant. Das Projekt umfasst, neben dem Bau des Schulgebäudes, den Bau einer Sporthalle, eines Fussballplatzes sowie den zugehörigen Infrastrukturen. Das Untersuchungsgebiet liegt nördlich der „Waark“ und grenzt aus südwestlicher Richtung an die CR 349 „Rue de Welscheid“ an.

Auf der, aktuell überwiegend landwirtschaftlich genutzten, Projektfläche befindet sich ein kleines Bestandsgebäude sowie eine Kapelle. Gemäß aktueller Planung bleibt die Kapelle erhalten und wird in den geplanten Campus integriert.

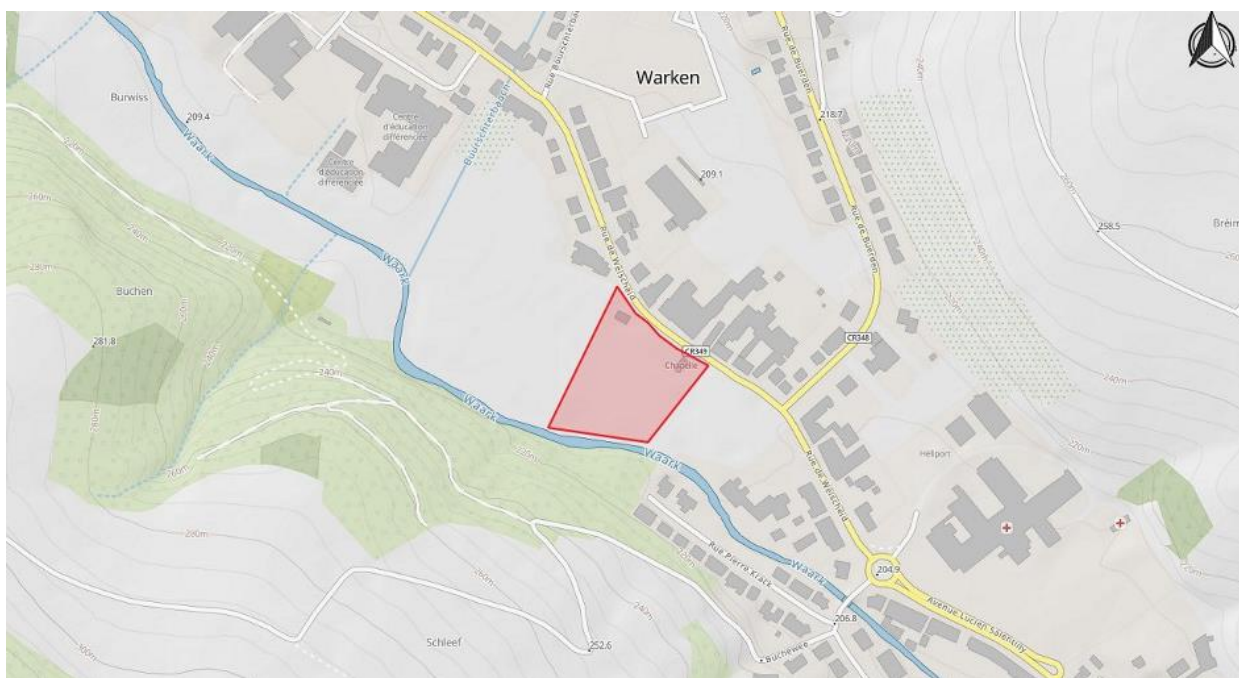


Abbildung 1. Aktuelle Situation und Lage der Projektfläche (Quelle : geoportail.lu)

Die einzelnen Gebäudeteile der Schule sowie die angeschlossene Sporthalle erhalten ein Untergeschoss und gründen auf einem Niveau zwischen 3,70 m u GOK und 5,00 m u GOK.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen die aktuelle Planung des zukünftigen Schulcampus sowie die Lage der ausgeführten Aufschusspunkte im Projektgebiet.



Abbildung 2. Aktuelle Planung und Lage der Erkundungen (Quelle: JONAS Architectes)

Zur weiteren Planung und Ausschreibung der Bauarbeiten wurde das Ingenieurbüro GEOCONSEILS S.A., über das Architekturbüro JONAS Architectes, von der ADMINISTRATION COMMUNALE DE ETTLEBRÜCK mit der Erstellung eines geotechnischen Gutachtens beauftragt. Hierbei werden Empfehlungen zur Gründung der Bauwerke, zur Wasserhaltung und Abdichtung, zur Gestaltung der Baugruben und Böschungen sowie zur Ausführung der erforderlichen Erdarbeiten erstellt.

Zur Erkundung der Untergrund- bzw. Wasserverhältnisse im Untersuchungsgebiet wurden insgesamt 6 Kernbohrungen (FC) sowie 4 mittelschwere Rammsondierungen (RS/ DPM) ausgeführt. Zur Überwachung der Grundwasserverhältnisse sowie zur Ausführung des Pumpversuches und der Wasserprobenahme wurden die Bohrungen FC1 und FC6 zu Grundwassermessstellen (3 Zoll) ausgebaut.

2 Verwendete Unterlagen und Kartenwerke

Zur Erstellung des vorliegenden Gutachtens wurden folgende Unterlagen verwendet:

Dok 1 : Geologische Karte von Luxemburg Blatt 6 "Diekirch", Maßstab 1: 25.000, 1949.

Webseite der „Administration du cadastre et de la topographie“ des Großherzogtums Luxemburg (www.geoportail.lu)

Webseite der „Administration du cadastre et de la topographie“ und der „Administration de la gestion de l'eau“ des Großherzogtums Luxemburg (eau.geoportail.lu)

Dok 2 : Lucius M., 1948 Erläuterungen zur geologischen Karte Luxemburgs – Das Gutland.
Publications du Service Géologique de Luxembourg, tome V.

Dok 3 : JONAS Architectes, Ettelbrück, Luxembourg:

C-119_1001_ APS_Sous Sol_20210115.dwg

C-119_1002_ APS_Rez-de-chaussee_20210115.dwg

C-119_1003_ APS_1Etage_20210115.dwg

C-119_1004_ APS_2Etage_20210115.dwg

C-119_1005_ APS_Toiture_20210115.dwg

C-119_1006_ APS_Implantation_20210115.dwg

C-119-1008_ APS_Coupes AA BB CC DD_20210115.dwg

Die angewendeten Normen und Vorschriften werden im letzten Kapitel dieses Gutachtens aufgelistet.

3 Allgemeine Geologie

Gemäß der geologischen Karte von Luxemburg (Blatt Nr. 06 „Diekirch“) stehen im Untersuchungsgebiet die Schichtfolgen des sog. Oberen Buntsandstein (So₁ - Couches de Transition / Zwischenschichten; So₂ - Grès à Voltzia / Voltziensandsteins) an. Überlagert wird der Sandstein von den alluvialen Talablagerungen der „Waark“.

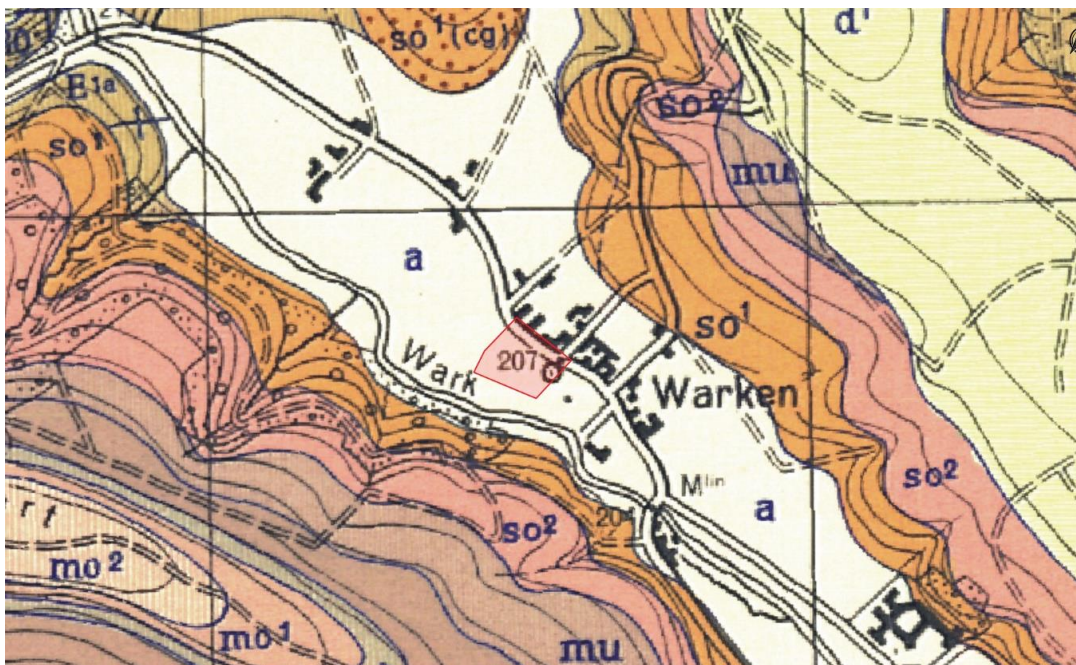


Abbildung 3. Geologie im Untersuchungsgebiet (Quelle : map.geoportail.lu)

Beim anstehenden Buntsandstein handelt es sich um einen rotbraunen, glimmerreichen, tonigen Sandstein mit Tonsteinzwischenlagen (So₂). Seine Mächtigkeit beträgt maximal 15 m.

Unterhalb dieser Schicht ist eine mächtige Buntsandsteinschicht kartiert, die aus rotbraunen Sandsteinen (So₁) mit bunten Ton- und Konglomeratzwischenlagen besteht. An der Basis des Sandsteins liegt das bis zu 15 Meter mächtige Basalkonglomerat vor, dass sich aus Geröllen von Quarz, Quarziten und Grauwacken zusammensetzt.

Neben den Alluvionen der „Waark“ und den Zersatzprodukten des Sandsteins ist oberflächennah, im Bereich der Bestandsgebäude bzw. des befestigten Weges, mit aufgefüllten Erdmassen zu rechnen.

4 Erkundung des Baugrundes

4.1 Geländearbeiten

Zum Aufschluss der Boden- bzw. Wasserverhältnisse wurden im Zuge der Erkundungen insgesamt

- 6 Kernbohrungen
- 4 mittelschwere Rammsondierungen (DPM) nach DIN EN ISO 22476-2

im Bereich der Projektfläche abgeteuft.

Die Kernbohrungen FC1 und FC6 wurden anschließend zur Grundwassermessstelle ausgebaut. Die Ergebnisse des Pumpversuches im ausgebauten Pegel FC1 (31.05.2021) werden in Kapitel 6 beschrieben. Das Protokoll befindet sich im Anhang 20202471-GC-GEOTEC-GEOL-004.

Die Auswahl der Ansatzpunkte erfolgte unter Berücksichtigung der vorgesehenen Lage der Gebäude. Die Lage und Höhe aller Ansatzpunkte wurden mittels GPS eingemessen. Die örtliche Lage aller Ansatzpunkte ist dem Lageplan dem beigefügten Plan 20202471-GC-GEOTEC-GEOL-001 zu entnehmen. Das mit Hilfe der Erkundungsbohrungen gewonnene Bohrgut wurde ingenieurgeologisch nach DIN 4022 aufgenommen und protokolliert. Es wurden repräsentative Bodenproben entnommen.

Anhand des gewonnenen Bohrgutes wird der Schichtenaufbau des Baugrundes im Plan Nr. 20202471-GC-GEOTEC-GEOL-001 nach DIN 4023 zeichnerisch dargestellt.

Die einzelnen Schichten wurden nach DIN 18196 angesprochen sowie nach DIN 18300-2012 klassifiziert.

4.2 Laborarbeiten

Unter Berücksichtigung der geplanten Baumaßnahmen sowie der vorhandenen Unterlagen wurden, zur genauen Klassifizierung der Bodenarten in Bodengruppen nach DIN 18196 und Bodenklassen nach DIN 18300 sowie zur Ermittlung von Bodenkennwerten, ausgewählte Bodenproben im Labor bodenmechanisch untersucht.

Im Einzelnen wurden folgende Versuche ausgeführt:

- 9 x Bestimmung des Wassergehalts nach DIN 18121

- 3 x Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122-1
- 4 x Bestimmung der Korngrößenverteilung nach DIN 18123
- 1 x Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeit nach DGGT-Empfehlungen Nr. 1
- 2 x Bestimmung des organischen Anteils mittels Glühverlust

Die zugehörigen Mess- und Versuchsprotokolle sowie das Analysenprotokoll der untersuchten Wasserprobe befinden sich im Anhang dieses Gutachtens.

5 Beschreibung der Baugrundsichten

5.1 Geologische Beschreibungen

Durch die Bohrungen wurden die folgenden Boden- und Felshorizonte aufgeschlossen bzw. interpretiert:

- Ober- /Mutterboden
- Alluvionen (Ton/ Schluff, sandig, organisch)
- Alluvionen (Kies/Sand, tonig, schluffig)
- Buntsandstein, verwittert bis zersetzt
- Buntsandstein, angewittert

Im Folgenden werden die einzelnen Schichten mittels der geologischen Aufnahme der Bohrkerne und der Ergebnisse der bodenmechanischen Laborversuche beschrieben. Es erfolgt die Angabe der Bodenklassen nach DIN 18300:2012-09.

Eine Zusammenstellung der beschriebenen, bautechnisch relevanten Schichten mit Angabe der Bodengruppe nach DIN 18196, der Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09 sowie der Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE-StB 17 erfolgt in Kapitel 5.2, Tabelle 1 dieses Gutachtens.

5.1.1 Ober- /Mutterboden

In allen Rammkernsondierungen wurde der oberflächennah anstehende Ober- /Mutterboden in Form von durchwurzelten, stark schluffigen Tonen und Sanden und einer dunkelbraunen Färbung erkundet. Der aufgeschlossene Oberboden ist gemäß DIN 18300:2012-09 überwiegend der Bodenklasse 1 zuzuordnen.

Zur Schaffung eines Arbeitsplanums ist diese ca. 0,20 bis 0,30 m mächtige Schicht, vollflächig abzuschleifen (sofern noch vorhanden) und entsprechend zu entsorgen bzw. wiederzuverwerten (Rekultivierungsschicht).

5.1.2 Alluvionen (Ton/ Schluff, sandig, organisch)

Unterhalb des Oberbodens folgen die alluvialen Bachablagerungen der „Waark“. Diese bestehen bis zu einem Niveau zwischen ca. 0,80 m u GOK und 2,00 m u GOK aus feinsandigen Ton-Schluffgemischen.

Die bindigen Bachablagerungen sind innerhalb dieser Bodenzone stark durchnässt und weisen teilweise stark organische Einlagerungen auf. Die Konsistenzen der Ablagerungen wurden als weich bis breiig

angesprochen, was durch die Schlagzahlen der durchgeführten Rammsondierungen bestätigt wird. Es dominieren dunkelgraue bis schwarze Färbungen.

Aufgrund der teilweise breiigen Konsistenzen und der stellenweise aufgeschlossenen, organischen Anteile (GV: 2,75 und 5,25 %) sind die anstehenden Alluvionen, gemäß DIN 18300:2012-09, den Bodenklassen 2 („fließende Bodenarten“) und 4 („schwer lösbar Bodenarten“) bzw. den Bodengruppen TL/UL, UM und ST* zuzuordnen. Nach ZTVE–StB 17 erfolgt eine Einstufung der aufgeschlossenen in die Frostepfindlichkeitsklasse F3 („sehr frostepfindlich“).

5.1.3 Alluvionen, Kies/ Sand, tonig, schluffig, locker - mitteldicht

Unterhalb der bindigen Talablagerungen wurden weitere, alluviale Ablagerungen erkundet. In dieser zwischen ca. 0,70 m und 2,30 m mächtige Schicht dominieren die Sand- und Kiesanteile. Aufgrund des hohen Grobkornanteils steigt die Durchlässigkeit innerhalb dieser Zone stark an, sodass von einer korrespondierenden Wasserführung zu den Pegelständen der Waark zu rechnen ist. Die locker bis mitteldicht gelagerten Kies- /Sandgemische können, je nach Feinkornanteil, den Bodengruppen GU und GU* bzw. den Bodenklassen 3 und 4 zugeordnet werden. Nach ZTVE–StB 17 erfolgt eine Zuteilung zu den Frostepfindlichkeitsklassen F2 („mittel frostepfindlich“) und F3 („sehr frostepfindlich“).

5.1.4 Buntsandstein, verwittert bis zersetzt

Unterhalb der Talablagerungen wurde der zersetzte bis verwitterte Horizont des anstehenden Buntsandsteins (durch Verwitterung und Erosion) aufgeschlossen.

Aus geotechnischer Sicht handelt es sich bei den aufgeschlossenen, meist braun bis rot gefärbten Zersatzprodukten, um überwiegend schluffige bis stark schluffige Feinsande (Bodengruppe SU/SU*).

Innerhalb des verwitterten Sandsteinhorizontes steigen die Schlagzahlen dann signifikant an, sodass hier von einer mitteldichten bis dichten Lagerung bzw. einer entsprechenden Kornbindung ausgegangen werden kann.

Innerhalb dieser Lage ist somit mit mürbem, verwittertem Sandstein der Bodenklasse 6 sowie mit schluffigen Sanden (SU/SU*) der Bodenklassen 3 und 4 zu rechnen. Nach ZTVE–StB 17 erfolgt eine Zuordnung zu den Frostepfindlichkeitsklassen 2 („gering bis mittel frostepfindlich“) und 3 („sehr frostepfindlich“).

Als mittlere Durchlässigkeit kann, innerhalb der Zersatzzone, ein Durchlässigkeitskoeffizient k_f von 10^{-6} m/s bis 10^{-8} m/s in Ansatz gebracht werden.

Mit Erreichen des wenig verwitterten bis angewitterten Sandsteins steigen die Schlagzahlen auf über 40 Schläge an, bis aufgrund der hohen Rammwiderstände innerhalb dieser Lage, kein weiterer Bohr-/ Rammfortschritt mehr erzielt werden konnte.

5.1.5 Buntsandstein, angewittert

Der Buntsandstein in weniger verwitterter bis angewitterter Form wurde im Projektgebiet ab einer Tiefe zwischen ca. 2,40 m u GOK (FC4) und 4,50 m u GOK (FC1) aufgeschlossen. Der rot gefärbte Buntsandstein mit zwischengelagerten grauen Mergellagen sowie bereichsweise konglomeratischen Einschlüssen besitzt innerhalb der aufgeschlossenen Tiefen eine überwiegend gute bis mäßige Kornbindung.

Der aufgeschlossene Sandstein ist ab diesen Tiefen, aufgrund der geologischen Ansprache sowie der ausgeführten Laborversuche als „mürbes“ bis „mäßig mürbes“ Gestein überwiegend der Bodenklasse 7 zuzuordnen. Im Bereich der Mergel- und Konglomerateinlagerungen sowie innerhalb Zonen mäßiger Kornbindung (einaxiale Druckfestigkeit $q_u=1,64 \text{ N/mm}^2$) ist zudem mit Bodenklasse 6 zu rechnen. Der Buntsandstein wurde im Untersuchungsgebiet bis zum Erreichen der Endteufen aufgeschlossen.

Nach ZTVE-StB 17 ist diese Schicht der Frostempfindlichkeitsklasse 1 „nicht frostempfindlich“ zuzuordnen.

5.2 Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte

Für die Ausschreibung der Erdarbeiten können die folgenden Bodengruppen, Bodenklassen, Frostsicherheitsklassen zugrunde gelegt werden:

Tabelle 1. Bodengruppen, Bodenklassen und Frostempfindlichkeitsklassen.

Schicht	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18300	Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTVE StB 17
Ober- /Mutterboden	OH	1	F 3
Alluvionen (Ton/Schluff, sandig, organisch) weich - breiig	TL, UL/ UM, ST*, OT ¹⁾	2 ¹⁾ , 4	F3
Alluvionen (Kies/Sand, tonig, schluffig) locker - mitteldicht	GU/GU*	3, 4	F3
Buntsandstein, verwittert bis zersetzt	SU/SU*, Zv	3,4, 6	F2, F3
Buntsandstein, angewittert	Zv/Z	6/7	F1
¹⁾ in stark aufgeweichten und organischen Zonen			

Auf Grundlage von DIN 1055, dem Eurocode EC7 und nach Auswertung aller durchgeführten Laborversuche können folgende Bodenkennwerte für die wichtigsten Baugrundfolgen für erdstatische Berechnungen herangezogen werden:

Tabelle 2. Charakteristische Bodenrechenwerte

Bodenart / Lagerungsdichte bzw. Konsistenz	Feuchtwichte	Wichte unter Auftrieb	Reibungs- winkel	Kohäsion	Steifemodul
	cal γ [kN/m ³]	cal γ' [kN/m ³]	cal φ' ¹⁾ [°]	cal c' [kN/m ²]	E_s [MN/m ²]
Alluvionen (Ton/Schluff, sandig, organisch) weich - breiig	15,0 – 17,0 (Bw: 16,0)	5,0 – 7,0 (Bw: 6,0)	15,0 – 20,0 (Bw: 17,5)	2,0 – 5,0 (Bw: 3,5)	1,0 – 2,0 (Bw: 1,5)
Alluvionen, kiesig locker - mitteldicht	20,0 – 22,0 (Bw: 21,0)	10,0 – 12,0 (Bw: 11,0)	30,0 – 35,0 (Bw: 32,5)	-/-	10,0 – 40,0 (Bw: 25,0)
Buntsandstein verwittert bis zersetzt	19,0 – 21,0 (Bw: 20,0)	9,0 – 11,0 (Bw: 10,0)	25,0 – 30,0 (Bw: 27,5)	2,5 - 12,5 (Bw: 7,5)	20,0 – 60,0 (Bw: 40,0)
Buntsandstein, angewittert	21,0 - 23,0 (Bw: 22,0)	11,0 - 13,0 (Bw: 12,0)	35,0 – 40,0 (Bw: 37,5)	30,0 – 40,0 (Bw: 35,0)	100,0 – 200,0 (Bw: 150,0)
¹⁾ falls keine näheren Untersuchungen vorliegen ist gemäß DIN cal $\varphi_u = 0,0^\circ$ zu setzen					

Die in Tabelle 2 angegebenen Kennwerte basieren auf den vorliegenden Untersuchungsergebnissen, den durchgeführten Bodenklassifikationsversuchen sowie Erfahrungswerten mit vergleichbaren Boden- bzw. Felstypen.

6 Grundwasserverhältnisse

Während der Bohrarbeiten wurden in allen Bohrlöchern der ausgeführten Kernbohrungen, wasserführende Bodenschichten angetroffen. Die gemessenen Wasserstände nach Bohrende sowie die Pegelmessungen der GWM FC1 und FC6 lagen zwischen 1,70 m u GOK (FC1) und 2,41 m u GOK (FC6) und belegen somit die Wasserführung innerhalb der Alluvionen.

Als **mittlerer Wasserdurchlässigkeitskoeffizient** der wasserführenden Zone kann, anhand des durchgeführten Pumpversuchs (31.05.2021) im ausgebauten Pegel der FC1, ein Wert **von $k_f = 2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$** in Ansatz gebracht werden. Im Bereich der sandig-kiesigen Alluvionen liegt die Durchlässigkeit erfahrungsgemäß deutlich höher und kann mit einem Wert **von $k_f = 1 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$** abgeschätzt werden. Der Wasserstand im Pegel FC6 wurde durch den Pumpversuch nicht beeinflusst und lag während der gesamten Pumpdauer, konstant bei 0,94 m u GOK. Die Auswertung des Pumpversuches ist der Anlage beigelegt.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der angetroffene Grundwasserleiter (Alluvium) im hydraulischen Kontakt mit dem Flusslauf der „Waark“ steht und von dessen Wasserstandschwankungen beeinflusst wird. In Abhängigkeit von jahreszeitlichen Niederschlags- und Abflussmengen muss daher auch mit Schwankungen des Grundwasserstandes gerechnet werden.

Gemäß der aktuellen Hochwasserrisikokarte (Dok1, Abb.4) ist bei einem HQ₁₀₀ Ereignis mit Hochwasserständen von bis zu 1 m über GOK innerhalb der Projektfläche zu rechnen.



Abbildung 4. Darstellung des HQ₁₀₀ im Untersuchungsgebiet (Quelle : map.geoportail.lu)

6.1 Betonaggressivität

Im Rahmen der Untersuchungen erfolgte die Analyse einer, aus dem Pegel FC1 entnommenen, Wasserprobe bzgl. ihrer Betonaggressivität. Die folgende Tabelle stellt die, hinsichtlich ihrer Betonaggressivität relevanten, Analyseergebnisse den Expositionsclassen (gemäß DIN 4030) gegenüber.

Tabelle 3. Zusammenstellung der Analyseergebnisse und Expositionsclassen.

Parameter		SO ₄ ²⁻ [mg/l]	pH-Wert	CO ₂ [mg/l]	NH ₄ ²⁺ [mg/l]	Mg ²⁺ [mg/l]
Grenzwerte	XA1	≥200 ≤600	≤6,5 ≥5,5	≥15 ≤40	≥15 ≤30	≥300 ≤1000
	XA2	>600 ≤3000	<5,5 ≥4,5	>40 ≤100	>30 ≤60	>1000 ≤3000
	XA3	>3000 ≤6000	<4,5 ≥4,0	>100	>60 ≤100	>3000
Probenbezeichnung		Grundwasser				
FC 1		12	7,4	43,6	0,039	22

Die Untersuchung der Wasserproben auf betonaggressive Stoffe nach DIN 4030 ergab einen Anteil an **kalklösender Kohlensäure von 43,6 mg/l**. Das fließende Wasser der „Waark“, im Bereich der entnommenen Wasserproben, ist somit als **mäßig betonaggressiv gemäß DIN 4030 (Expositionsclassen XA2)** einzustufen.

7 Geotechnische Klassifizierung und Empfehlungen

Die Projektaufgabe in Verbindung mit den aufgeschlossenen Baugrund- und Wasserverhältnissen sowie der Lage innerhalb eines Hochwassergebietes ist in der Regel der Geotechnischen Kategorie GK 3 nach DIN

1054:2010-12, A.2.1.2 zuzuordnen: „Bauobjekte und Baugrundverhältnisse hohen Schwierigkeitsgrads, die zur Bearbeitung vertiefte geotechnische Kenntnisse und Erfahrungen auf dem jeweiligen Spezialgebiet der Geotechnik verlangen und bei denen die Sicherheit zahlenmäßig nachgewiesen werden muss“. (GK 3)

Die Einordnung in die Geotechnische Kategorie GK - 2 nach DIN EN 1997-1 und DIN 1054:2010-12: „Konventionelle Gründungen ohne ungewöhnliches Risiko oder schwierige Baugrund- und Belastungsverhältnisse. Die Nachweise für Bauwerke der Geotechnischen Kategorie 2 sollten in der Regel zahlenmäßig ausgewiesene geotechnische Kenngrößen und Berechnungen enthalten, um die grundsätzlichen Anforderungen zu erfüllen“ ist möglich, aber von einschränkenden Voraussetzungen abhängig, welche den Ausführungszeitraum, die Festigkeit, die Geometrie, die Art und Größe der Beanspruchungen, die Bodenverhältnisse und den chemischen Angriff betreffen.

7.1 Gründung und Bettung

Bei der Erstellung der Gründungsempfehlungen für die geplanten Bauwerke müssen insbesondere die folgenden Randbedingungen bei der Auswahl der technisch und wirtschaftlich optimalen Variante berücksichtigt werden:

- Gemäß den vorliegenden Planunterlagen und unter Berücksichtigung der erforderlichen, wasserdichten Ausbildung der Kellergeschosse, erfolgt der Lastabtrag der aufgehenden Gebäude mittels tragender Bodenplatten. Die **Gründung der tieferereinbindenden Gebäude erfolgt** hierbei auf einem **Niveau von 202,60 m NN (OK Bodenplatte)** und liegt somit bereits großflächig innerhalb des **angewitterten Buntsandsteins (Schicht 5.1.5)**, der als **sehr gut tragfähig** bzw. sehr gering setzungsempfindlich zu bewerten ist.
- Das obere **Gründungsniveau** liegt mit 203,90 m NN (OK BP) innerhalb der inhomogen ausgebildeten, **geringer tragfähigen und wasserführenden, sandig-kiesigen Alluvionen (Schicht 5.1.3)**.
- Aufgrund der unmittelbaren Nähe der Projektfläche zum Bachlauf der „Waark“ sowie der möglichen Hochwasserstände von bis zu 1,0 m über aktuellem Geländeniveau wird eine **wasserdichte Verbauart**, zur Gewährleistung einer offenen Wasserhaltung, notwendig.
- Angaben über zu erwartende Bodenpressungen oder Lasten liegen uns zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Gutachtens nicht vor. Grundsätzlich gehen wir von einem **gleichmäßigen Lastabtrag** innerhalb der Bodenplatten aus. Die Einwirkung von Horizontallasten aus den Bebauungen wird nicht berücksichtigt.
- Als **maximale Setzung** wird von uns ein Wert von **1,50 cm** definiert und die folgenden Gründungsvorschläge darauf abgestimmt. Die Verträglichkeit dieser Setzungen für die Bauwerke ist durch den Statiker zu prüfen.

- Durch den Tragwerksplaner sind die Anzahl und die Anordnung von Fundamenten bzw. die Dimensionierung einer tragenden Bodenplatte so zu wählen, dass durch die entstehenden Setzungsdifferenzen maximale Winkelverdrehungen von $\alpha < 1:500$ eingehalten werden und somit keine negativen Auswirkungen für die aufgehende Konstruktion zu erwarten sind.

Die **Lastabtragung der geplanten Gebäude erfolgt mittels tragender Bodenplatten**. Diese Gründungsvariante ist, insbesondere im Hinblick auf die erforderliche Abdichtung der Untergeschosse (Kapitel 7.3.3 dieses Gutachtens), im vorliegenden Fall zu empfehlen.

Unter Berücksichtigung der aufgeschlossenen Baugrundsichtung gründen die Unterkellerungen der Gebäude auf dem **unteren Gründungsniveau, bei 202,60 m NN**, bereits großflächig innerhalb des **angewitterten Buntsandsteins (Schicht 5.1.3)**, welcher als sehr gut tragfähig und gering setzungsanfällig zu bewerten ist.

Nach Erreichen des geplanten Gründungsniveau, sind eventuell vorhandene Mergellagen oder stark verwitterte Bereiche innerhalb der Aushubsohle zu lokalisieren, und bis zum Erreichen des angewitterten Sandsteins auszukoffern. Diesbezüglich ist eine Abnahme des Planums durch einen Sachverständigen der GEOCONSEILS einzuplanen. Zur Verfüllung der eventuell tiefergeführten Bereiche sowie zum Ausgleich von Unebenheiten auf dem Planum empfehlen wir den anschließenden Einbau einer flächendeckenden, **ca. 8 - 10 cm mächtigen, Sauberkeitsschicht aus Magerbeton (Qualität C 12/15)**.

Für die **Gründung mittels tragender Bodenplatte, innerhalb des angewitterten Buntsandstein (Schicht 5.1.5) kann, unter Beachtung der vorab genannten Empfehlungen, ein Bettungsmodul von $k_s = 25,0$ bis $35,0 \text{ MN/m}^3$ angesetzt werden.**

Eine Begrenzung des **Bemessungswertes des Sohlwiderstands auf $\sigma_{R,d} = 630 \text{ kN/m}^2$** , nach DIN 1054:2010, beziehungsweise ein **aufnehmbarer Sohldruck von $\sigma_{zul} = 450 \text{ kN/m}^2$** , nach DIN 1054:2005, wird für die statischen Berechnungen ebenfalls empfohlen. Die abzutragenden Lasten im Bereich der unterkellerten Gebäudeteile werden hier keine nennenswerten Setzungen, innerhalb des angewitterten Buntsandsteins, verursachen.

Auf dem geplanten **oberen Gründungsniveau, bei 203,90 m NN**, gründen die Bodenplatten der Gebäude innerhalb der **geringer tragfähigen bzw. inhomogen ausgebildeten sandig-kiesigen Alluvionen**.

Bei der Gründung der tieferliegenden Kellergeschosse (innerhalb des angewitterten Buntsandsteins) werden keine nennenswerten Setzungen erwartet, sodass die entstehenden Setzungen im höherliegenden Gründungsbereich, im Falle eines kraftschlüssigen Anschlusses, vollständig als Differenzsetzungen zu betrachten sind.

Für die Gründung der geringer einbindenden Gebäudeteile, innerhalb der sandig-kiesigen Alluvionen (Schicht 5.1.3), werden somit zusätzliche **Maßnahmen zur Gewährleistung bauwerksverträglicher Setzungsdifferenzen notwendig.**

Um eine einheitliche Gründung zu garantieren und schadhafte Setzungsdifferenzen zu vermeiden, empfehlen wir eine **flächendeckende Ausgleichschicht (Tragschicht) von mindestens 0,30 m** Mächtigkeit, unterhalb der oberen Bodenplatten, vorzusehen. Stark feinkörnige und aufgeweichte Bereiche innerhalb der Baugrubensohlen sind zusätzlich auszubauen und die Tragschicht entsprechend tieferzuführen. **Eine Abnahme zur Beurteilung der Tragfähigkeit der drainierten (wasserdichter Verbau, offene Wasserhaltung) sandig-kiesigen Bachablagerungen, sowie eine eventuelle Anpassung der empfohlenen Mindestaustauschmächtigkeit, ist hier unbedingt erforderlich.**

Zur Herstellung des Bodenaustausches (Tragschicht) ist ein gut verdichtbares Material (z.B. 0/45) zu verwenden und lagenweise ($\leq 0,30$ m Schütthöhe) einzubauen und zu verdichten. Zur Gewährleistung der Filterstabilität ist vor dem Einbau der Tragschicht ein Geotextil (≥ 250 g/m²) zu verlegen.

Für die höherliegenden **Gebäudegründungen mittels tragender Bodenplatte innerhalb der sandig-kiesigen Alluvionen kann, unter Beachtung der vorab genannten Empfehlungen, ein Bettungsmodul von $k_s = 12,0$ bis $15,0$ MN/m³ angesetzt werden.**

Die zulässigen Bodenpressungen sind, zur Vermeidung bauwerksunverträglicher Setzungsdifferenzen, ebenfalls zu begrenzen. Ein **Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d} = 310$ kN/m²**, nach DIN 1054:2010, beziehungsweise ein **aufnehmbarer Sohldruck $\sigma_{zul} = 220$ kN/m²**, nach DIN 1054:2005, ist für die statischen Berechnungen einzuhalten.

In Abhängigkeit der vorgesehenen Nutzung der Kellergeschosse bzw. der entstehenden Lasten (hohe Stützkräfte) werden eventuell zusätzliche Gründungsmaßnahmen, wie beispielsweise eine punktuelle Verdickung (Aufvoutung) der Bodenplatte oder eine Erhöhung der Tragschichtmächtigkeit, zur Ableitung der entstehenden Lasten, erforderlich.

Die Auswahl der optimalen Gründungsvariante ist, nach Vorlage der Ausführungspläne sowie unter Berücksichtigung der entstehenden Lasten, mit unserem Büro abzustimmen bzw. festzulegen.

7.2 Baugrubensicherung

Die geplanten Gebäude binden, in Abhängigkeit der geplanten Gründungsniveaus, zwischen ca. 4,70 m und 3,40 m in den Untergrund ein. Die während der Erkundungsarbeiten (Ende Mai) ermittelten Wasserstände stellen, aufgrund der geringen Niederschläge, den niedrigsten Grundwasserstand dar und können in

niederschlagsreichen Monaten, analog zu den Pegelständen der „Waark“, bis zum Geländeniveau bzw. den angegebenen Hochwasserständen steigen.

Gemäß der überschlägig ermittelten Wasserzuflüsse ist, unter Berücksichtigung von Wasserständen bis zur aktuellen GOK, eine offene Wasserhaltung in Verbindung mit einem wasserdurchlässigen Verbau, im vorliegenden Fall vermutlich nicht möglich.

Es wird somit, zur Gewährleistung einer offenen Wasserhaltung mit Hilfe von Schmutzwasserpumpen, **ein wasserdichter Verbau erforderlich**. Dieser kann mittels Spundwandprofilen erfolgen und sollte, zumindest im Bereich der tiefergründenden Bauwerke um den gesamten Arbeitsbereich ausgeführt werden. Zur Vermeidung bzw. Verminderung von Wasserumläufigkeiten ist der Verbau bis in den nahezu undurchlässigen Buntsandstein der Schicht 5.1.5 auszuführen.

Es ist zu beachten, dass der anstehende, zersetzte bis angewitterte Buntsandstein (Schicht 5.1.4/ Schicht 5.1.5) nicht oder nur schwer gerammt werden kann, sodass (zumindest teilweise) ein Vorbohren sowie eine spätere wasserdichte Verpressung der Profile im Fußbereich erforderlich werden kann.

In Zonen geringerer Einbindetiefe kann, in Abhängigkeit des geplanten Ausführungszeitraumes sowie der Entfernung zum Bachlauf, vermutlich auf eine wasserdichte Ausbildung des Verbaus verzichtet werden. Die Erforderlichkeit eines wasserdichten Verbaus ist hier im Zuge der weiteren Planung und unter Berücksichtigung der genannten Randbedingungen mit uns abzustimmen.

Bei Ausführung eines senkrechten Verbaus ist darauf zu achten, dass die entstehenden Horizontal- und Vertikalkräfte im Bereich des Fußauflagers des Verbaus mit erforderlicher Sicherheit aufgenommen werden können. Sollte eine **Rückverankerung** notwendig sein, sind die Ankerlagen so zu wählen, dass eine negative Auswirkung auf bestehende Bauwerke ausgeschlossen ist. Hierzu ist ein Mindestabstand der Verpresskörper von 3,00 m zu Bestandsbauwerken (bzw. 4,00 m zur Geländeoberfläche) einzuhalten.

Die Verpresskörper der Anker sollten so angeordnet werden, dass der Lastabtrag in die Schicht 5.1.5 (Buntsandstein, angewittert) erfolgt. Für die Vordimensionierung erforderlicher Anker kann für **die Gebrauchsmantelreibung ein Wert von $\tau_m = 0,35 \text{ MN/m}^2$** für Verpresskörper bis zu einer Länge von 5 m, ohne Nachverpressung zugrunde gelegt werden.

Bei größeren Verpresskörperlängen sind die Werte entsprechend abzumindern. Die erforderlichen Ankerlängen sind statisch nachzuweisen. Insbesondere sind die Anker nach EN 1537 – Verpressanker zu prüfen und ggf. ein Korrosionsschutz vorzusehen.

Für gering einbindende Infrastrukturmaßnahmen (Wege- und Kanalbau) ist vermutlich bereichsweise eine **Sicherung mittels Abböschung** möglich. Innerhalb der Schichten 5.1.1 bis 5.1.3 ist dann nach DIN 4124 ein **Böschungswinkel von 45°** einzuhalten.

Größere Böschungswinkel sind rechnerisch nachzuweisen oder durch einen Sachverständigen fallbezogen abzunehmen.

Die Ausführung der Böschungen ohne rechnerischen Nachweis ist an die Einhaltung der Randbedingungen nach DIN 4124 gebunden. Insbesondere sind hierbei zu nennen:

- Straßenfahrzeuge sowie Bagger und Hebezeuge bis 12 t Gesamtgewicht müssen einen Abstand von mindestens 1,0 m zwischen der Außenkante ihrer Aufstandsfläche und der Böschungskante einhalten. Für schwere Straßenfahrzeuge sowie Baumaschinen und Baugeräte mit Gesamtgewichten von 12 bis 40 t erhöht sich dieser Mindestabstand auf 2,0 m.
- Angrenzend an die Böschungskante muss ein mindestens 0,6 m breiter, lastfreier Schutzstreifen bestehen. An den Schutzstreifen angrenzende Erdaufschüttungen dürfen eine Neigung von maximal 1:2 aufweisen, angrenzende Stapellasten 10 kN/m² nicht überschreiten.
- Eine Gefährdung der Standsicherheit durch Tagwasser, Austrocknung, Frost oder Ähnlichem ist gegebenenfalls durch geeignete zusätzliche Sicherungsmaßnahmen (wetterfeste Folien) zu unterbinden.

Verbleibende Böschungen können prinzipiell mit einer Regelneigung von 1:1,5 ausgebildet werden.

7.1 Wasserhaltungsmaßnahmen

7.1.1 Wasserzuflüsse zum Baufeld

Gemäß der durchgeführten Erkundung, ergeben sich im Bereich der Baugruben, Zuflüsse von Oberflächen-, Sicker- und Grundwässern. Die innerhalb der Einbindetiefen anstehenden, bereichsweise stark kiesigen Bodenschichten sind als mittel bis gut durchlässig zu bewerten.

In Abhängigkeit der Niederschlagsmenge bzw. der korrespondierenden Pegelstände der „Waark“ ergeben sich Wasserzuflüsse in einer Größenordnung in der eine offene Wasserhaltung in Verbindung mit einem wasserdurchlässigen Verbau nicht mehr möglich ist.

Es wird somit, zur Gewährleistung einer offenen Wasserhaltung mittels Schmutzwasserpumpen, ein **wasserdichter Verbau** erforderlich. Bei Ausführung des empfohlenen, wasserdichten Verbaus (Spundwandverbau) ist für die Baugruben der Bauwerke, von einem geringen Restwasserandrang auszugehen. Ein Wasserzutritt in die Baugrube ist lediglich über durchlässige Zonen innerhalb der

Baugrubensohle und über eventuell erforderliche Öffnungen für die Zuführung von Kanalrohren etc. anzunehmen.

Es ist hier von einer zu fördernden Restwassermenge von $< 5 \text{ m}^3/\text{h}$ auszugehen, sodass eine offene Wasserhaltung gewährleistet werden kann.

7.1.2 Wasserhaltung während der Bauphase

Die anfallenden Restwassermengen innerhalb der Baugrube sind aushubbegleitend bzw. aushubvorausgehend zu fördern. Die Ausführung der innenliegenden Wasserhaltung sollte über Drainagegräben und Pumpensümpfe, welche mit Filterkies gefüllt sind, erfolgen. Das den Pumpensümpfen zufließende Wasser ist mittels leistungsfähigen Schmutzwasserpumpen aus der Baugrube zu entfernen und in einen geeigneten Vorfluter abzuleiten.

Die Pumpen sind auch am Wochenende in Funktion zu halten (z.B. Schwimmersteuerung) bis das Eigengewicht der Bauwerke dem Auftrieb (weiße/ schwarze Wanne“) entgegenwirken kann. Zusätzlich empfehlen wir entsprechende Durchlassöffnungen im Bauwerk vorzusehen, um ggf. einen schädigenden Auftrieb durch Flutung des Bauwerks zu verhindern.

Die Auftriebssicherheit ist während der gesamten Bauphase nachzuweisen. Soweit diese nicht ohne weiterführende Maßnahmen gegeben ist, empfehlen wir eine Auftriebssicherung mittels Zugankern durchzuführen. Entsprechende Anforderungen sind an die Anker zu stellen. Insbesondere sind die Anker nach EN 1537 – Verpressanker zu prüfen.

Es sind die einschlägigen Normen und Regelwerke bezüglich der Einleitung von Oberflächen- bzw. Grundwasser (während der Bauphase) in den Vorfluter bzw. die Kanalisation zu beachten und die entsprechenden kommunalen (Gemeinde) und nationalen (AGE) Genehmigungen einzuholen

7.1.3 Bauwerksabdichtung und Drainagen

Da alle geplanten Gebäudes dauerhaft ins Grundwasser einbinden, sind die Untergeschosse gemäß **DIN 18533 – Abdichtung nach 8.6.2 (Wassereinwirkungsklasse W2.2-E „Hohe Einwirkung von drückendem Wasser > 3 m Eintauchtiefe“)** als sog. „Weiße Wanne“ aus wasserundurchlässigem Beton (WU-Beton) oder „schwarze Wanne“ aus Bitumen- Polymerbahnen etc. abzudichten.

Die Abdichtung ist grundsätzlich mindestens bis 15 cm über Geländeoberkante auszuführen. Im vorliegenden Fall sind die angegebenen Hochwasserstände maßgebend. Diese sind bei der Planung entsprechender Schutzmaßnahmen sowie den erforderlichen Abdichtungsarbeiten zu berücksichtigen.

8 Aushub-, Verfüll- und Stabilisierungsarbeiten

8.1 Aushubarbeiten

Gemäß unserer Erkundungen stehen im Projektgebiet schluffige bis stark schluffige und bereichsweise organische Tone (Bodenklasse 2 und 4), sandig-kiesige Bachablagerungen (Bodenklasse 3 bis 4) sowie der verwitterte bis angewitterte Buntsandsteinhorizont (Bodenklasse 6 und 7) an.

Für die Terrassierungsarbeiten in den angetroffenen Bodenklassen genügt größtenteils ein leistungsfähiger Hydraulikbagger mit gezahntem Tieflöffel. Ein Felsmeißel sollte vorgehalten werden, um die wenig verwitterte und angewitterte Sandsteinlagen lösen zu können.

Kurz vor Erreichen des Endniveaus ist ein Böschungslöffel mit gerader Schneide zu verwenden, um ein Aufreißen der Planumsoberfläche zu vermeiden. Die Arbeiten sind möglichst „Vor Kopf“ auszuführen, um einem Zerfahren bzw. Aufweichen des Planums entgegenzuwirken. Es ist allgemein ein **1,0 m** breiter Arbeitsraum einzuplanen.

8.2 Wiederverwertung von Aushubmaterial

Bezüglich des **Wiedereinbaus der Aushubmassen** stehen, gemäß der Ergebnisse der Feldarbeiten, im Untersuchungsgelände überwiegend Böden mit signifikantem Feinkornanteil an. Diese Böden sind, **aus geotechnischer Sicht**, für einen Wiedereinbau in lastbeanspruchten Bereichen, ohne verbessernde Maßnahmen, als nicht geeignet zu bewerten.

Die innerhalb der **oberflächennahen Zone** anstehenden Bodengruppen SU, SU*, ST, ST*, GU* sowie die leichtplastischen Tone (TL) sind, bei geringem Organikgehalt, für eine **Bodenverbesserung bzw. –verfestigung mittels Bindemittel** (Zement, hydr. Tragschichtbinder) **als generell geeignet** zu bewerten. Nach entsprechender Aufbereitung können diese somit, außerhalb der frostsicheren Einbindetiefen, als Tragschichtmaterial wiederverwertet werden.

Es empfiehlt sich, das unbehandelte Aushubmaterial ebenso wie stark organische Bereiche, lediglich in unbelasteten Teilbereichen, z.B. zur Geländemodellierung oder für Rekultivierungsschichten (Pflanzenzonen), einzubauen. Der Einbau von Tonen und Schluffen hat mit leichtem Gerät (kleine Schafffußwalze) und lediglich statisch zu erfolgen, da feinkörnigen Böden durch dynamische Verdichtung zum Entfestigen neigen.

Nach entsprechender Separierung können die aufgeschlossenen, sandig-kiesigen Alluvionen ohne hohen Feinkornanteil, ebenso wie Bruchmaterial des anstehenden Buntsandsteins, auch als Tragschicht oder Hinterfüllmaterial wiederverwendet werden.

Da es sich bei den voraussichtlich anfallenden Aushubmassen überwiegend um Bachablagerungen handelt welche in direkten Kontakt zum Bachwasser stehen, ist eine Schadstoffbelastung der Böden durch eine Ablagerung schädlicher Wasserverunreinigungen nicht auszuschließen. Die Wiederverwert-

bzw. Deponierbarkeit der aufgeschlossenen Alluvionen ist somit, im Zuge der weiteren Planung bzw. durch eine Begleitung der Aushubarbeiten, durch entsprechende Deklarationsanalysen am Haufwerk, genauer zu definieren.

8.3 Bodenaustausch und Bauwerkshinterfüllung

Für die Gründung der tiefer einbindenden Kellergeschosse, empfehlen wir zur Verfüllung von ausgekofferten Bereichen sowie zum flächendeckenden Ausgleich von Unebenheiten innerhalb der Aushubsohle, die Herstellung einer ca. 8 – 10 cm mächtigen Sauberkeitsschicht aus Magerbeton (C 12/15).

Für den empfohlenen **Bodenaustausch bzw. Tragschichtaufbau** empfehlen wir als Ersatzboden:

- Kies-Sand-Gemische der Bodengruppen GW und GU, oder
- gebrochenes Material (Steinbruch) mit einem Feinkornanteil von ≤ 5 Gew.-%

zu verwenden. Das Ersatzmaterial ist gleichmäßig, in Lagen von maximal 0,3 m Stärke einzubauen und auf einen Verdichtungsgrad von $D_{PR} \geq 100\%$ zu verdichten.

Als Bodenmaterial für **Bauwerkshinterfüllungen** sind

- Kies und Sand der Bodengruppen GW, GI, GU, GT, SW, SI, SU, ST, oder
- gebrochenes Material mit einem Kornanteil unter 0,063 mm von maximal 15 Gew.-%

zu verwenden.

Zur Gewährleistung der Filterstabilität gegenüber den anstehenden Böden ist, vor allen Aufschüttungen bzw. Bodenaustauschmaßnahmen, ein Geotextil ($\geq 250 \text{ g/m}^2$) zu verlegen.

Als Belastung für die hinterfüllten Wände ist der Erdruhedruck bis zur Bauwerkssohle anzusetzen. Belastungen aus Wasserdruck und möglichen Verkehrslasten sind zusätzlich zu berücksichtigen. Als Erdruhedruckbeiwert kann $K_0 = 0,5$ und als Wichte für das Hinterfüllmaterial $\gamma_k / \gamma'_k = 20 / 12 \text{ kN/m}^3$ angenommen werden.

9 Schlussbemerkungen

Für das vorliegende Baugrundgutachten wurden 6 Kernbohrungen, 4 mittelschwere Rammsondierungen sowie der Ausbau von 2 Grundwassermessstellen, zum Aufschluss der Boden- bzw. Wasserverhältnisse, ausgeführt.

Das vorliegende Baugrundgutachten gilt in seiner räumlichen und inhaltlichen Abgrenzung ausschließlich für die, in den beigefügten Plänen dargestellten, Untersuchungsbereiche. Alle Empfehlungen und Forderungen sind auf die im Gutachten genannten Randbedingungen ausgerichtet. Änderungen und Abweichungen im Projekt können auch zu anderen Folgerungen der Fachberatung führen. Veränderungen im Projekt sind somit stets mit dem Baugrundgutachter abzustimmen. Diese Einschränkung ist in der Anwendung dieses Gutachtens zu beachten.

Der Baugrundaufschluss erfolgte nur an einzelnen Punkten. Sollte während der Bauausführung eine Abweichung von den beschriebenen Verhältnissen festgestellt werden, ist umgehend ein Ortstermin mit unserem Büro zur Festlegung der dann notwendigen Gründungsmaßnahmen anzuberaumen.

Die Bestätigung der angegebenen Festgesteinseigenschaften sowie der zugehörigen Bodenkennwerte erfolgt im Zuge einer geotechnischen Begleitung während der Bauphase.

Während der Errichtung der Bauwerke hat der Unternehmer generell die im Bauwesen erforderliche Sorgfalt anzuwenden.

Capellen, der 02.12.2021

Marc CZAPLA
Administrateur

Stefan BECKER
Directeur de projet

10 Referenzen, Normen, Vorschriften

- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2009), „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik–Teil 1: Allgemeine Regeln“, Deutsche Fassung EN 1997-1:2004+AC:2009
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010), „Eurocode 7: Entwurf, Berechnung und Bemessung in der Geotechnik–Teil 2: Erkundung und Untersuchung des Baugrunds“, Deutsche Fassung EN 1997-2:2007+AC:2010
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010), „Baugrund – Sicherheitsnachweise im Erd- und Grundbau – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-1“, DIN 1054:2010-12
- Institut luxembourgeois de la normalisation de l'accréditation, de la sécurité et qualité des produits et services, ILNAS, „Eurocode 7: Calcul géotechnique-Partie 1: Règles générales“, Annexe nationale Luxembourgeoise, 09/2011
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010), „Geotechnische Untersuchungen für bautechnische Zwecke – Ergänzende Regelungen zu DIN EN 1997-2“, DIN 4020:2010-12
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2006), „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Probenahmeverfahren und Grundwassermessungen – Teil 1: Technische Grundlagen der Ausführung“, Deutsche Fassung EN ISO 22475-1
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2011), „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 1: Benennung und Beschreibung“, Deutsche Fassung EN ISO 14688-1
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2011), „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Boden – Teil 2: Grundlagen der Bodenklassifizierungen“, Deutsche Fassung EN ISO 14688-2
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2011), „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Benennung, Beschreibung und Klassifizierung von Fels – Teil 1: Benennung und Beschreibung“, Deutsche Fassung EN ISO 14689-1
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012), „Geotechnische Erkundung und Untersuchung – Felduntersuchungen – Teil 2: Rammsondierungen“, Deutsche Fassung EN ISO 22476-2
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2010), „Einwirkungen auf Tragwerke – Teil 2: Bodenkenngößen“, DIN 1055-2:2010-11
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012), „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Erdarbeiten“, DIN 18300:2012-09
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012), „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Bohrarbeiten“, DIN 18301:2012-09

- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012), „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Rohrvortriebsarbeiten“, DIN 18319:2012-09
- Arbeitsblatt DWA-A 125 / DVGW W 304, Rohrvortrieb und verwandte Verfahren
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2012), „VOB Vergabe- und Vertragsordnung für Bauleistungen – Teil C: Allgemeine Technische Vertragsbedingungen für Bauleistungen (ATV) – Untertagebauarbeiten“, DIN 18312:2012-09
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2008), „Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 1: Grundlagen und Grenzwerte, Änderung A1“, DIN 4030-1/A1:2011-08
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2008), „Beurteilung betonangreifender Wässer, Böden und Gase – Teil 2: Entnahme und Analyse von Wasser- und Bodenproben“, DIN 4030-2: 2008-06
- E DIN 50929-3:2016-05 (D) Korrosion der Metalle - Korrosionswahrscheinlichkeit metallener Werkstoffe bei äußerer Korrosionsbelastung - Teil 3: Rohrleitungen und Bauteile in Böden und Wässern
- Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (2012) Empfehlungen des Arbeitskreises „Pfähle“ – EA Pfähle
- DIN EN 14199 „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau) – Pfähle mit kleinen Durchmessern (Mikropfählen), EN14199:2005
- Deutsche Gesellschaft für Geotechnik e.V. (2012) Empfehlungen des Arbeitskreises „Baugruben“ – EAB
- Arbeitsausschuss „Ufereinfassungen“ der HTG e.V. (2012) Empfehlungen des Arbeitsausschusses „Ufereinfassungen“ Häfen und Wasser – EAU
- FSVG, Forschungsgesellschaft für das Straßen- und Verkehrswesen (2017), „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien im Straßenbau“, ZTVE-StB 17
- Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt, ZTVA-StB 97/06
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2015) „Ausführung von Arbeiten im Spezialtiefbau – Bohrpfähle“, DIN EN 1536
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (2001) „Ausführung von besonderen geotechnischen Arbeiten (Spezialtiefbau), Verpressanker“, DIN EN 1537
- DIN Deutsches Institut für Normung e.V. „Böschungen, Verbau, Arbeitsraumbreiten“, DIN EN 4124

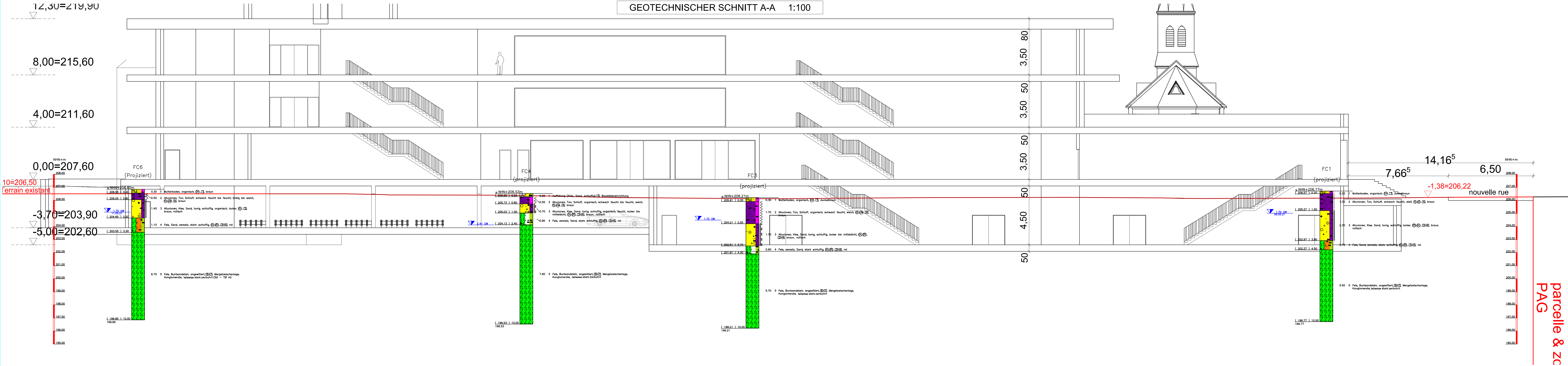
ANLAGENVERZEICHNIS

20202471-GC-GEOTEC-GEOL

Campus Scolaire à Warken

Geotechnischer Bericht

Anlagen		Titel	Massstab
Projektnummer	Anlagennr.		
20202471-GC-GEOTEC-GEOL-	001	Lageplan, Bohrprofile, geotechnischer Schnitt und Geologie	1 : 100 ; 1 : 500 ; 1 : 25000
20202471-GC-GEOTEC-GEOL-	002	Bohrkernfotos	
20202471-GC-GEOTEC-GEOL-	003	Laborergebnisse: Bodenmechanik	
20202471-GC-GEOTEC-GEOL-	004	Laborergebnisse: chem. Analysen	
20202471-GC-GEOTEC-GEOL-	005	Pumpversuch	



Zeichenerklärung nach DIN 4023

Bodenarten	Felsarten	Felsarten	Überdeckung	Schichtenbezeichnungen
Bänke	Fels	Mergel	N ₁	Hängschutt
Steine	Fels, verwittert	Tonsteine	A	Verwitterungsgestein
Kies	Sandstein	Schiefer	25	Hangschutt
Sand	Schale/Schale	Schiefer	25	Hangschutt
Schotter	Tonstein	Kalkstein	25	Hangschutt
Ton	Kalkstein	Mergel	25	Hangschutt
Konglomerat	Mergel	Mergel	25	Hangschutt
Wasserstand	Wasserstand	Wasserstand	Wasserstand	Wasserstand

Planvorlagen :

JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

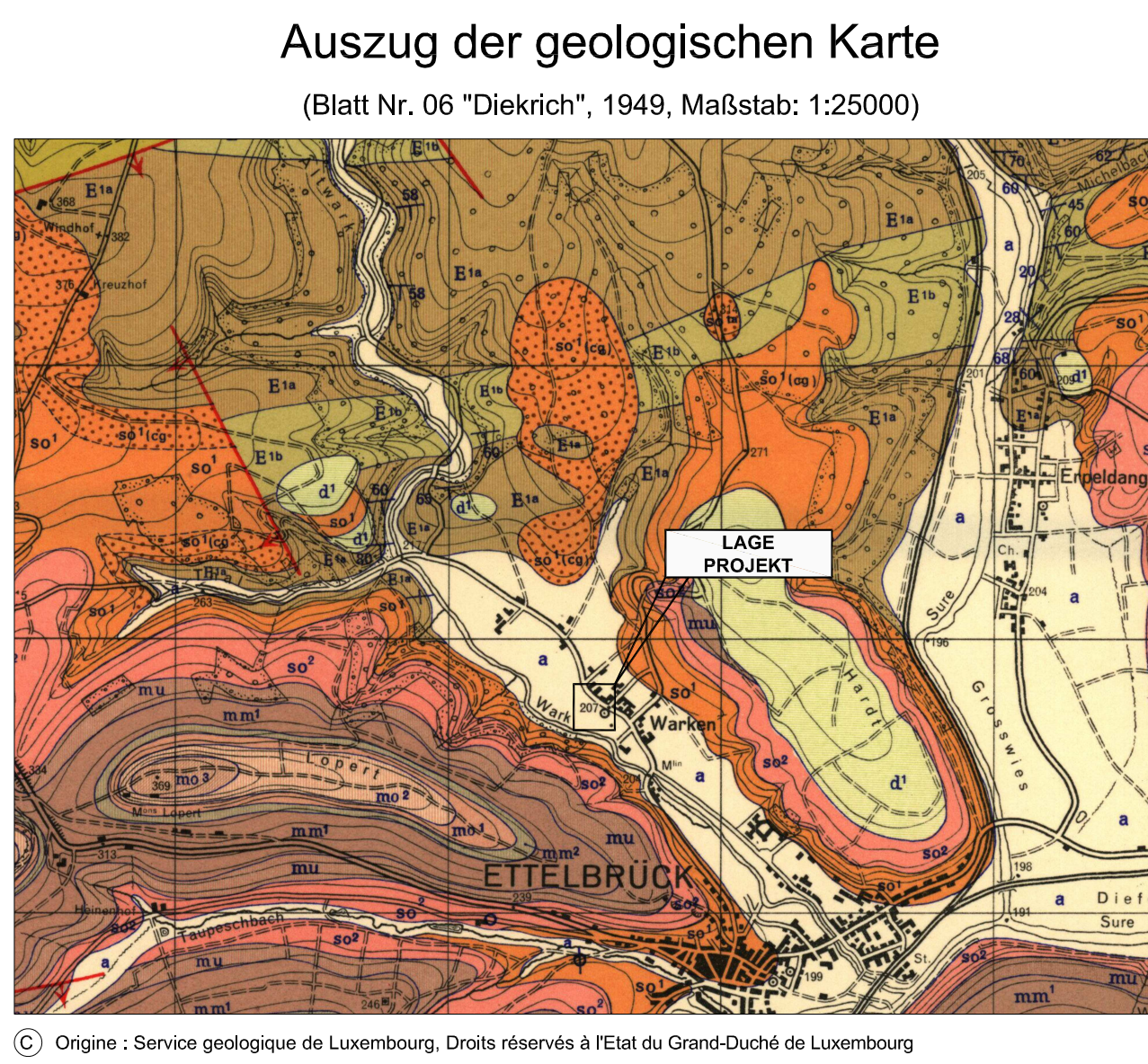
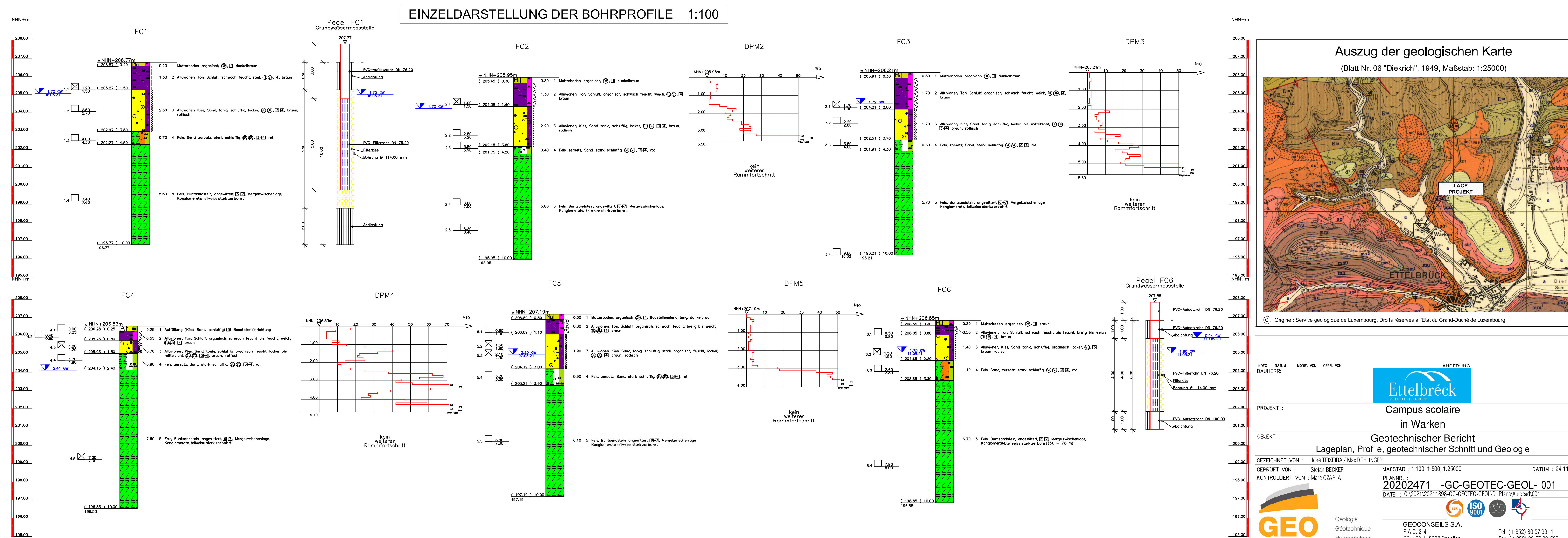
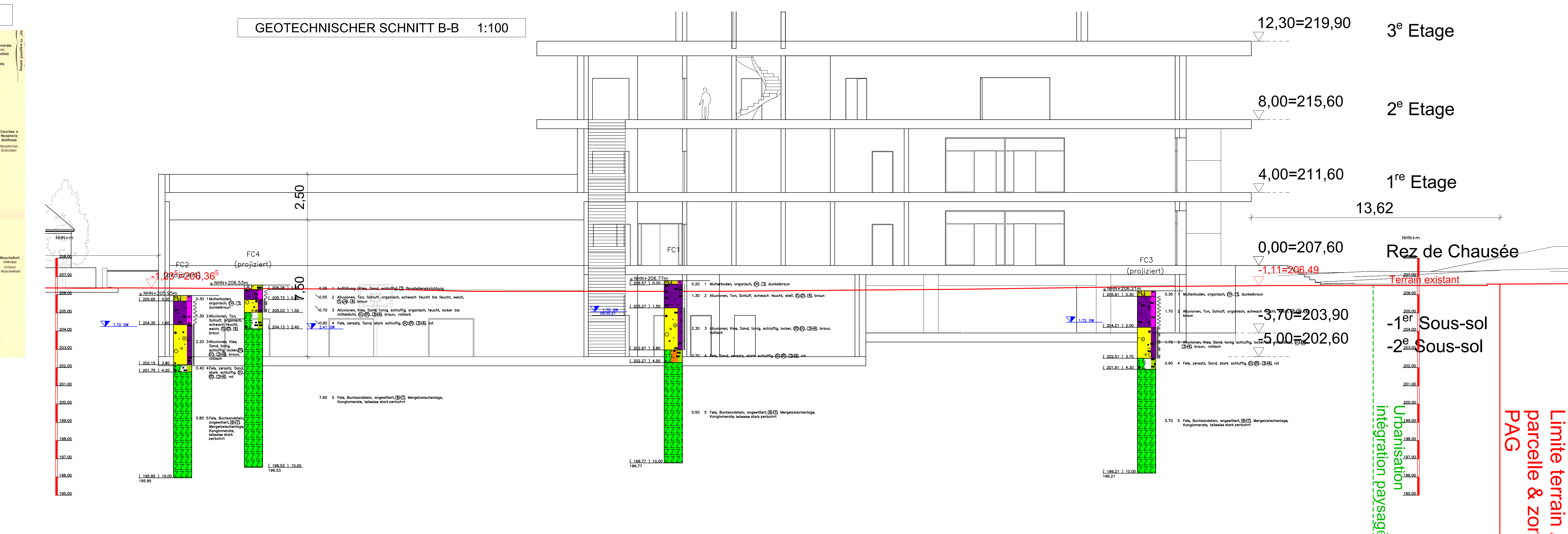
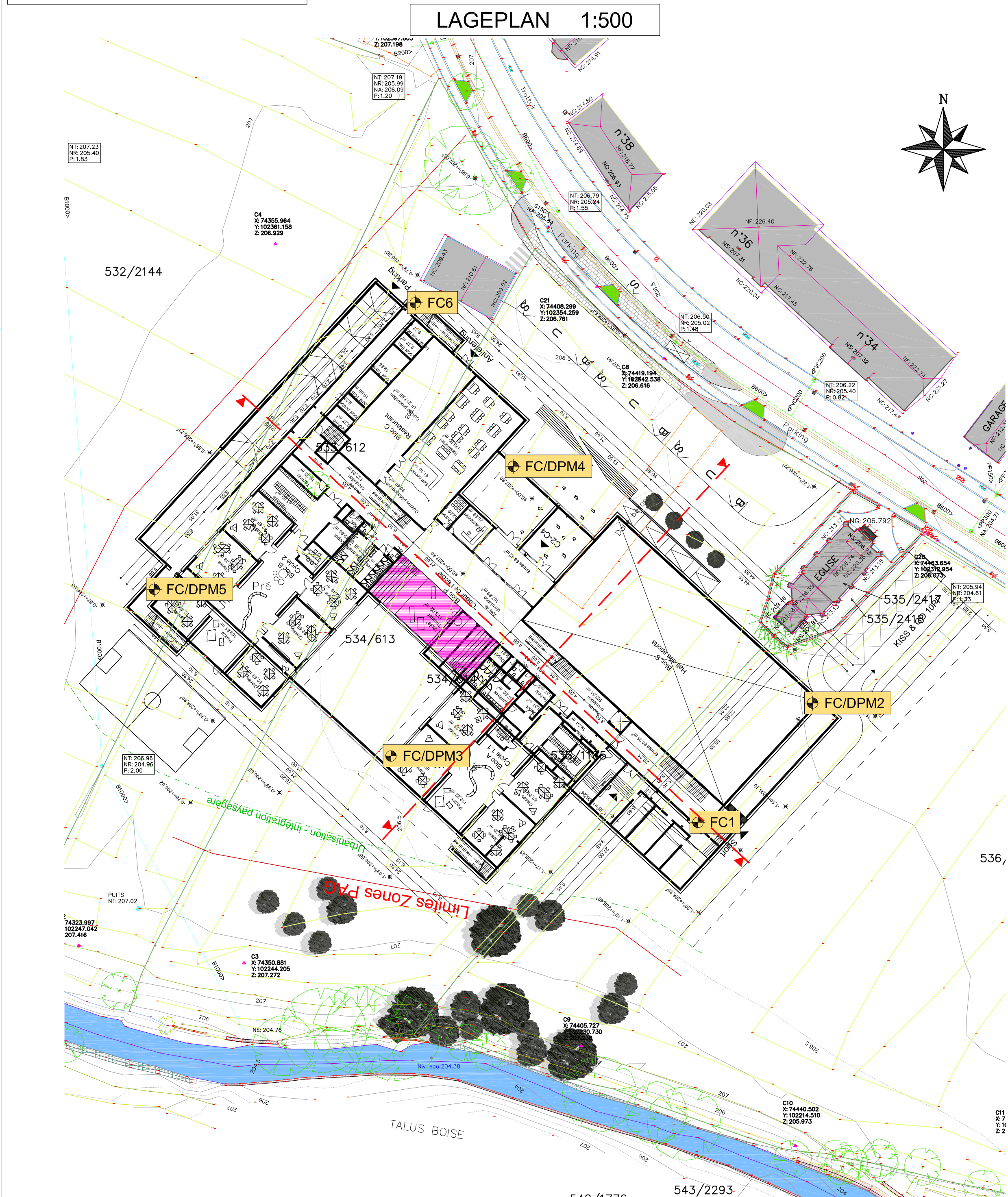
AC Eitelbrück: Construction école fondamentale Eitelbrück

Avant projet sommaire:

Plan du sous-sol N° C-119_1001 (15.01.2021, Ech. 1:200)

Plan du rez-de-chaussée N° C-119_1002 (15.01.2021, Ech. 1:200)

Plan de coupes A-A et B-B N° C-119_1009 (15.01.2021, Ech. 1:200)



PROJEKT :

Geotechnischer Bericht

Lageplan, Profil, geotechnischer Schnitt und Geologie

GEZEICHNET VON : JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

GEPRÜFT VON : JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

KONTROLLIERT VON : JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

MAßSTAB : 1:100, 1:500, 1:2500

DATUM : 24.11.2021

PROJEKT :

Geotechnischer Bericht

Lageplan, Profil, geotechnischer Schnitt und Geologie

GEZEICHNET VON : JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

GEPRÜFT VON : JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

KONTROLLIERT VON : JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

MAßSTAB : 1:100, 1:500, 1:2500

DATUM : 24.11.2021

PROJEKT :

Geotechnischer Bericht

Lageplan, Profil, geotechnischer Schnitt und Geologie

GEZEICHNET VON : JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

GEPRÜFT VON : JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

KONTROLLIERT VON : JONAS ARCHITECTES ASSOCIES

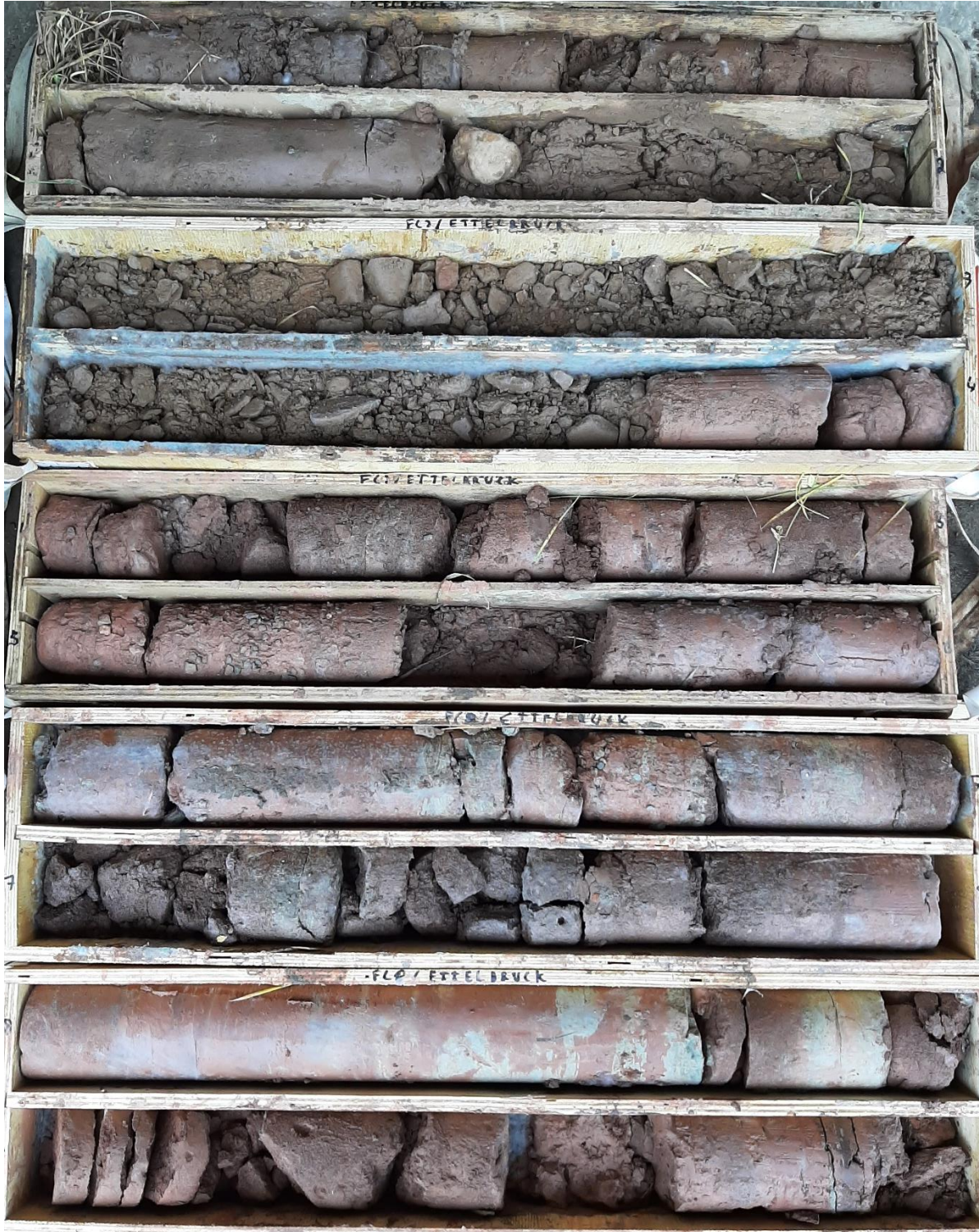
MAßSTAB : 1:100, 1:500, 1:2500

DATUM : 24.11.2021

FC1 : 0 – 10,0 m



FC2 : 0,0 – 10,0 m



FC3 : 0,0 – 10,0 m



FC4 : 0,0 – 10,0 m



FC5 : 0,0 – 10,0 m



FC6 : 0,0 – 10,0 m



GRUNDBAULABOR
TRIER

Bodenmechanische Kenngrößen

Körnungslinien

Datum: 16.06.2021

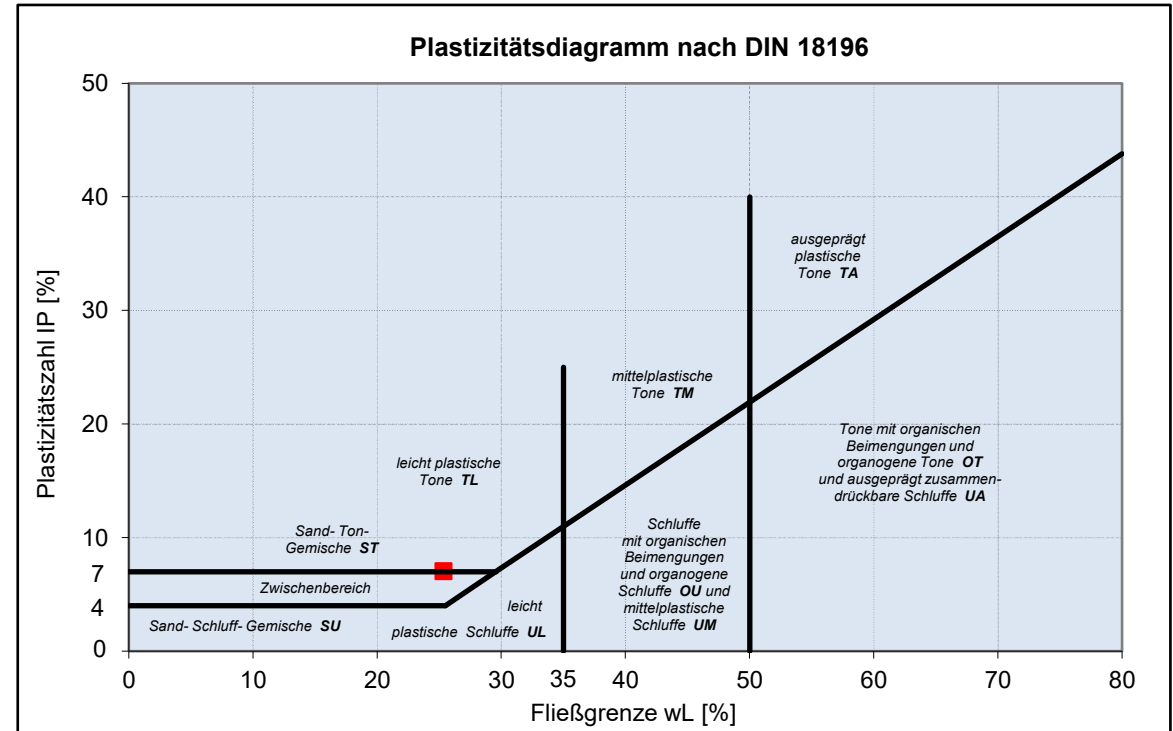
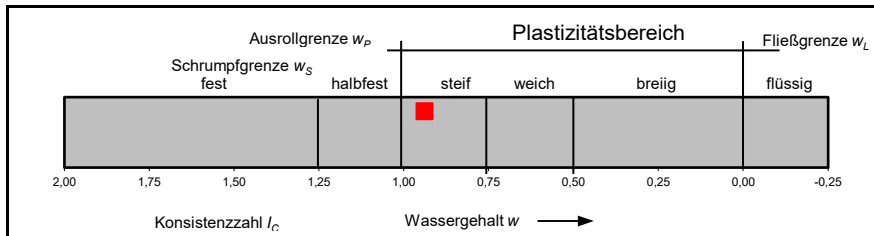
[illegible]

Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122-1

Bericht-Nr.: 10022-12
Anlage: 1.2
Datum: 16.06.2021

Projekt: Campus Scolaire à Warken
Géoconseils (20202471-GC-GEOTEC-GEOL)
Auftraggeber: Géoconseils S.A.

Stelle: FC 1 Tiefe [m]: 1,20 - 1,50 Probe Nr.: FC 1-1
Bodenart: Schluff, tonig, feinsandig, feucht, Wurzeln



Bodenmechanische Kennwerte

Wassergehalt	w	0,188
Fließgrenze	w_L	0,254
Ausrollgrenze	w_P	0,183
Schrumpfgrenze	w_s	0,166
Plastizitätszahl	I_P	0,070
Konsistenzzahl	I_c	0,939

Berechnung:

Plastizitätszahl: $I_P = w_L - w_P$

Schrumpfgrenze nach Krabbe: $w_s = w_L - 1,25 \times I_P$

Konsistenzzahl: $I_C = \frac{(w_L - w)}{I_P} \text{ bzw. } \frac{(w_L - w_u)}{I_P}$

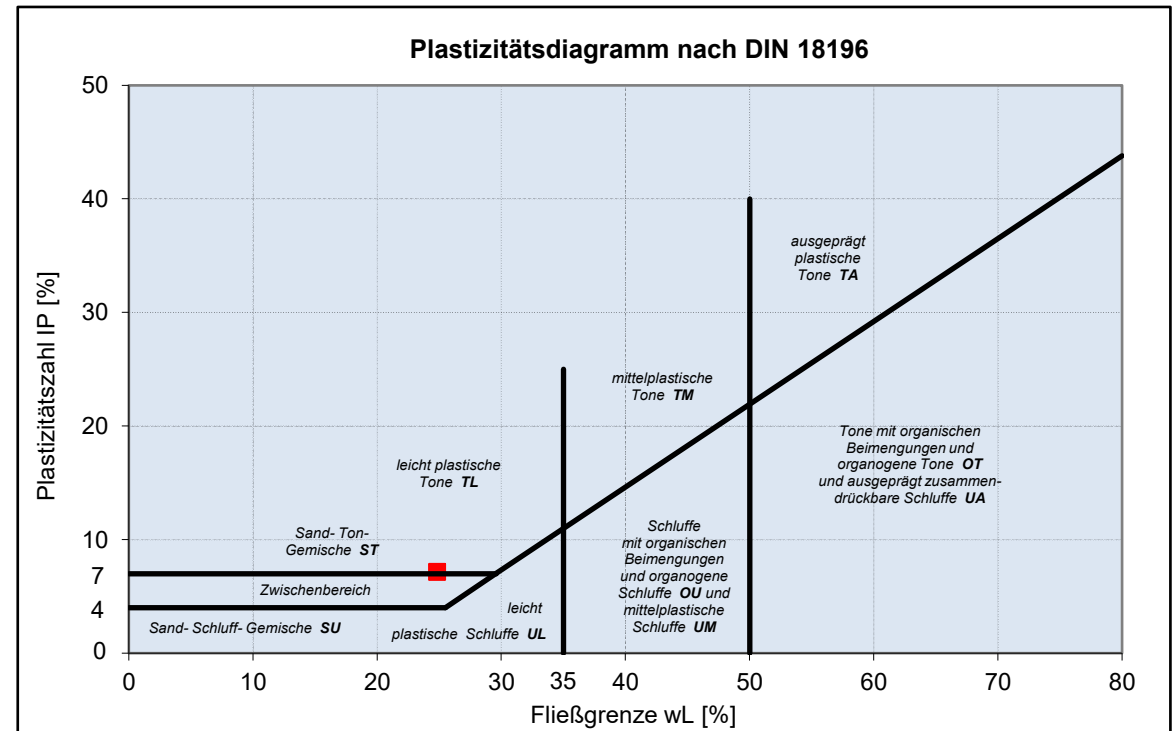
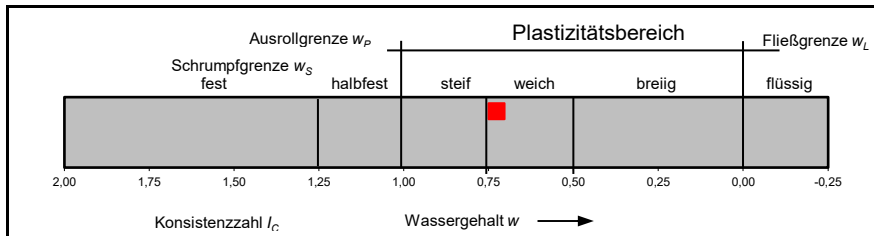
Mit Berücksichtigung des Überkorns >0,40mm

Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122-1

Bericht-Nr.: 10022-12
Anlage: 1.3
Datum: 16.06.2021

Projekt: Campus Scolaire à Warken
Géoconseils (20202471-GC-GEOTEC-GEOL)
Auftraggeber: Géoconseils S.A.

Stelle: FC 2 Tiefe [m]: 1,00 - 1,30 Probe Nr.: FC 2-1
Bodenart: Schluff, stark sandig, tonig, einzelne Kiese, Feinwurzeln, kalkhaltig



Bodenmechanische Kennwerte

Wassergehalt	w	0,197
Fließgrenze	w_L	0,249
Ausrollgrenze	w_P	0,177
Schrumpfgrenze	w_s	0,160
Plastizitätszahl	I_P	0,071
Konsistenzzahl	I_c	0,727

Berechnung:

Plastizitätszahl: $I_P = w_L - w_P$ Schrumpfgrenze nach Krabbe: $w_s = w_L - 1,25 \times I_P$

Konsistenzzahl: $I_C = \frac{(w_L - w)}{I_P} \text{ bzw. } \frac{(w_L - w_u)}{I_P}$

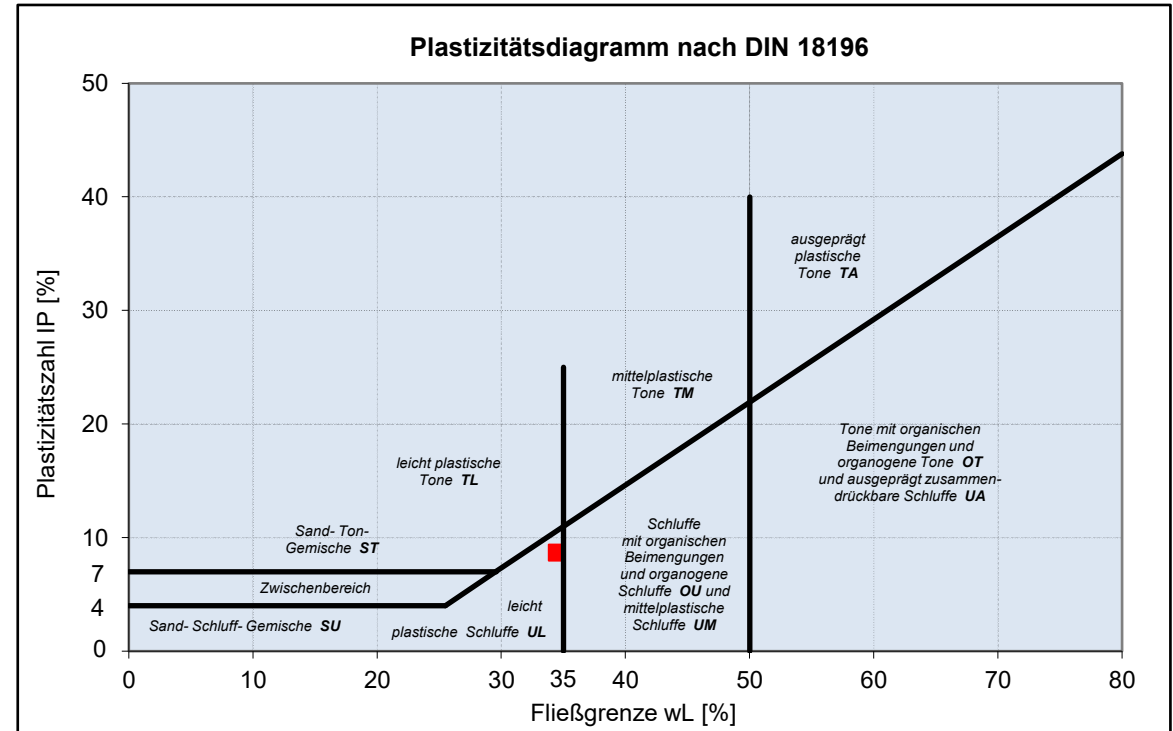
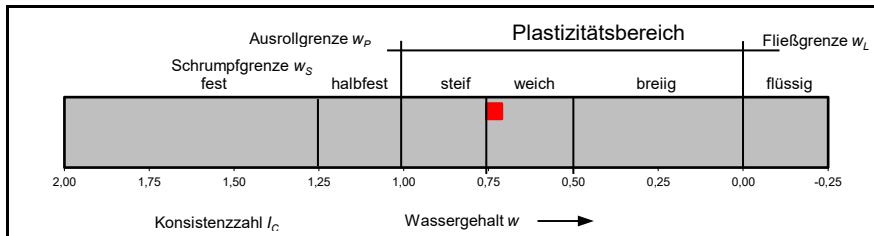
Mit Berücksichtigung des Überkorns >0,40mm

Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze nach DIN 18122-1

Bericht-Nr.: 10022-12
Anlage: 1.4
Datum: 16.06.2021

Projekt: Campus Scolaire à Warken
Géoconseils (20202471-GC-GEOTEC-GEOL)
Auftraggeber: Géoconseils S.A.

Stelle: FC 3 Tiefe [m]: 1,70 - 1,90 Probe Nr.: FC 3-1
Bodenart: Schluff, feinsandig, schwach tonig, einzelne Kiese, Feinwurzeln



Bodenmechanische Kennwerte

Wassergehalt	w	0,281
Fließgrenze	w_L	0,345
Ausrollgrenze	w_P	0,258
Schrumpfgrenze	w_s	0,236
Plastizitätszahl	I_P	0,087
Konsistenzzahl	I_c	0,734

Berechnung:

Plastizitätszahl: $I_P = w_L - w_P$

Schrumpfgrenze nach Krabbe: $w_s = w_L - 1,25 \times I_P$

Konsistenzzahl: $I_C = \frac{(w_L - w)}{I_P} \text{ bzw. } \frac{(w_L - w_u)}{I_P}$

Mit Berücksichtigung des Überkorns >0,40mm

Einaxialer Druckversuch an einer Gesteinsprobe nach TP BF-StB-Teil C 1 bzw. DGGT-Empfehlung Nr. 1

Projekt: Campus Scolaire à Warken
Géoconseils (20202471-GC-GEOTEC-GEOL)

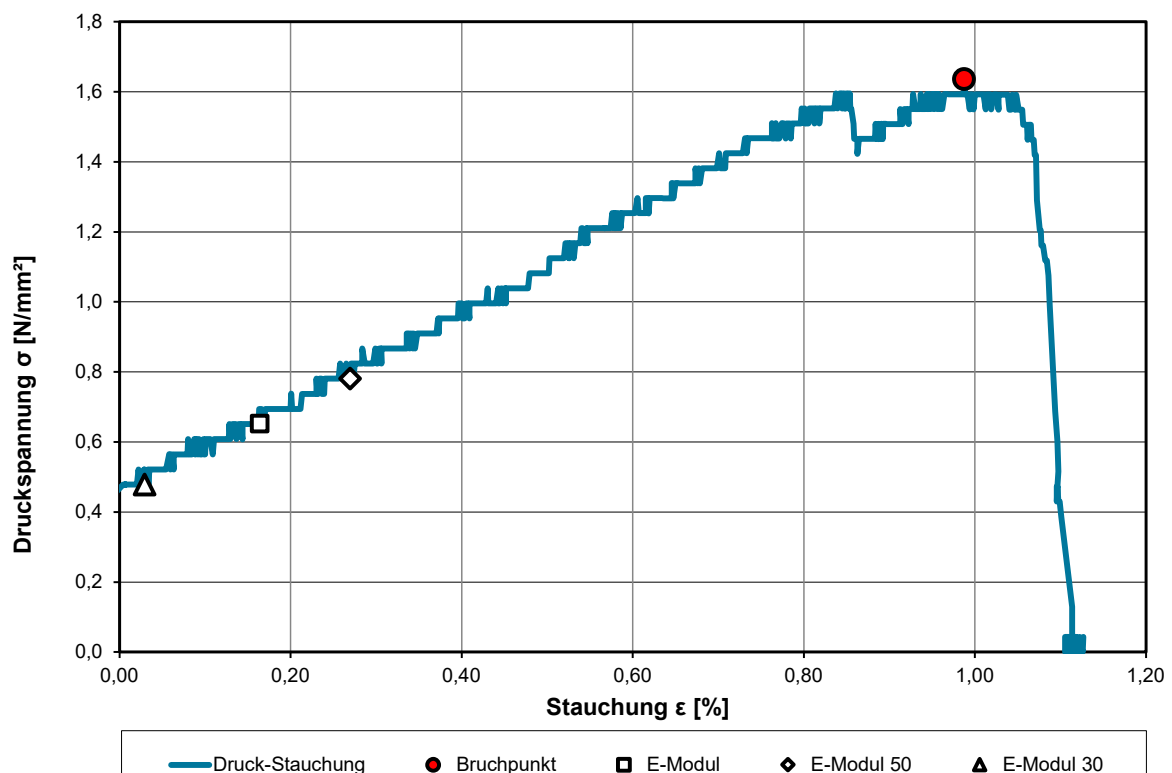
Auftraggeber: Géoconseils S.A.

Gesteinsart: Sandstein, stark verwittert, tonig, rotbraun

Stelle: FC 4

Tiefe: 7,00 - 7,30 m

Probe Nr.: FC 4-5



Probekörperhöhe	[mm]	112,0
Probekörperabmessung	[mm]	46,0 x 50,0
Probekörperfläche	[cm ²]	23,00
Probekörpervolumen	[cm ³]	257,60
Anfangsmasse / Feuchtmasse	[g]	594,68
Wassergehalt	[%]	11,27
Probekörperdichte	[g/cm ³]	2,31
konstante Vorschubgeschwindigkeit	[mm/min]	0,100
Längsdehnungsmessung über Wegaufnehmer		ja
Probenkörperabgleich		nein

Einaxiale Druckfestigkeit σ_{\max}	[N/mm ²]	1,64
Bruchstauchung	[%]	0,99
E - Modul (max. Tangentenmodul)	[MN/m ²]	747
E - Modul bei 50% q_u (E_{u50})	[MN/m ²]	230
E - Modul bei 30% q_u (E_{u30})	[MN/m ²]	452

Bemerkungen



AGROLAB Labor GmbH, Dr.-Pauling-Str.3, 84079 Bruckberg

GEOCONSEILS S.A.
B.P. 168
8303 CAPELLEN
LUXEMBURG

Datum 31.05.2021
Kundennr. 27019407

PRÜFBERICHT 3153702 - 753475

Auftrag 3153702
Analysennr. 753475 Wasser
Projekt 309778 Nouveau campus scolaire Warken
Probeneingang 26.05.2021
Probenahme 21.05.2021
Probenehmer Auftraggeber
Kunden-Probenbezeichnung FC 1

Hinweis:

Das gesendete Material enthält Bodensatz, dies kann das Messergebnis beeinflussen.

Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Grenzwert	Methode
---------	----------	-----------	-----------	---------

Sensorische Prüfungen

Färbung (Labor)		rot			DIN EN ISO 7887 : 1994-12
Trübung (Labor)	*)	undurchsichtig			visuell
Geruch (Labor)		ohne			DEV B 1/2 : 1971

Physikalische Parameter

pH-Wert (Labor)		7,4	0		DIN EN ISO 10523 : 2012-04
Leitfähigkeit bei 20 °C (Labor)	µS/cm	392	10		Berechnung aus dem Messwert
Leitfähigkeit bei 25 °C (Labor)	µS/cm	437	10		DIN EN 27888 : 1993-11

Kationen

Ammonium (NH ₄)	mg/l	0,039	0,03		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Calcium (Ca)	mg/l	47	1		DIN EN ISO 17294-2 : 2017-01
Magnesium (Mg)	mg/l	22	1		DIN EN ISO 17294-2 : 2005-02

Anionen

Chlorid (Cl)	mg/l	9,5	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Nitrat (NO ₃)	mg/l	7,9	1		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Sulfat (SO ₄)	mg/l	12	2		DIN ISO 15923-1 : 2014-07
Sulfid leicht freisetzbar	mg/l	<0,050	0,05		DIN 38405-27 : 1992-07
Säurekapazität bis pH 4,3	mmol/l	3,78	0,1		DIN 38409-7-2 : 2005-12
Säurekapazität bis pH 4,3 nach Marmorlöse-V.	mmol/l	5,76	0,1		DIN 38409-7-1 : 2004-03

Berechnete Werte

Carbonathärte	°dH	10,6	0,3		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Carbonathärte	mg/l CaO	106			Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Nichtcarbonathärte	°dH	1,1	0		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Nichtcarbonathärte	mg/l CaO	10,6	0		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Gesamthärte	°dH	11,6	1		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Gesamthärte	mg/l CaO	116			Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Kalkl. Kohlensäure	mg/l	43,6	1		DIN 4030-2 : 2008-06



Datum 31.05.2021

Kundennr. 27019407

PRÜFBERICHT 3153702 - 753475

	Einheit	Ergebnis	Best.-Gr.	Grenzwert	Methode
Gesamthärte (Summe Erdalkalien)	mmol/l	2,08	0,18		Berechnung aus Messwerten der Einzelparameter
Betonaggressivität (Angriffsgrad DIN 4030) *)		XA2, stark angreifend			DIN 4030-1 : 2008-06

Summarische Parameter

Oxidierbarkeit (KMnO4-Verbrauch)	mg/l	3,1	0,5		DIN EN ISO 8467 : 1995-05
KMnO4-Index (als O2)	mg/l	0,78	0,13		DIN EN ISO 8467 : 1995-05

Erläuterung: Das Zeichen "<" oder n.b. in der Spalte Ergebnis bedeutet, der betreffende Stoff ist bei nebenstehender Bestimmungsgrenze nicht quantifizierbar.

Die parameterspezifischen analytischen Messunsicherheiten sowie Informationen zum Berechnungsverfahren sind auf Anfrage verfügbar, sofern die berichteten Ergebnisse oberhalb der parameterspezifischen Bestimmungsgrenze liegen.

Beginn der Prüfungen: 26.05.2021

Ende der Prüfungen: 31.05.2021

Die Ergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die geprüften Gegenstände. In Fällen, wo das Prüflabor nicht für die Probenahme verantwortlich war, gelten die berichteten Ergebnisse für die Proben wie erhalten. Die auszugsweise Vervielfältigung des Berichts ohne unsere schriftliche Genehmigung ist nicht zulässig. Die Ergebnisse in diesem Prüfbericht werden gemäß der mit Ihnen schriftlich gemäß Auftragsbestätigung getroffenen Vereinbarung in vereinfachter Weise i.S. der DIN EN ISO/IEC 17025:2018, Abs. 7.8.1.3 berichtet.

AGROLAB Labor GmbH, Manfred Kanzler, Tel. 08765/93996-700

serviceteam4.bruckberg@agrolab.de

Kundenbetreuung

Dieser elektronisch übermittelte Ergebnisbericht wurde geprüft und freigegeben. Er entspricht den Anforderungen der EN ISO/IEC 17025:2018 an vereinfachte Ergebnisberichte und ist ohne Unterschrift gültig.

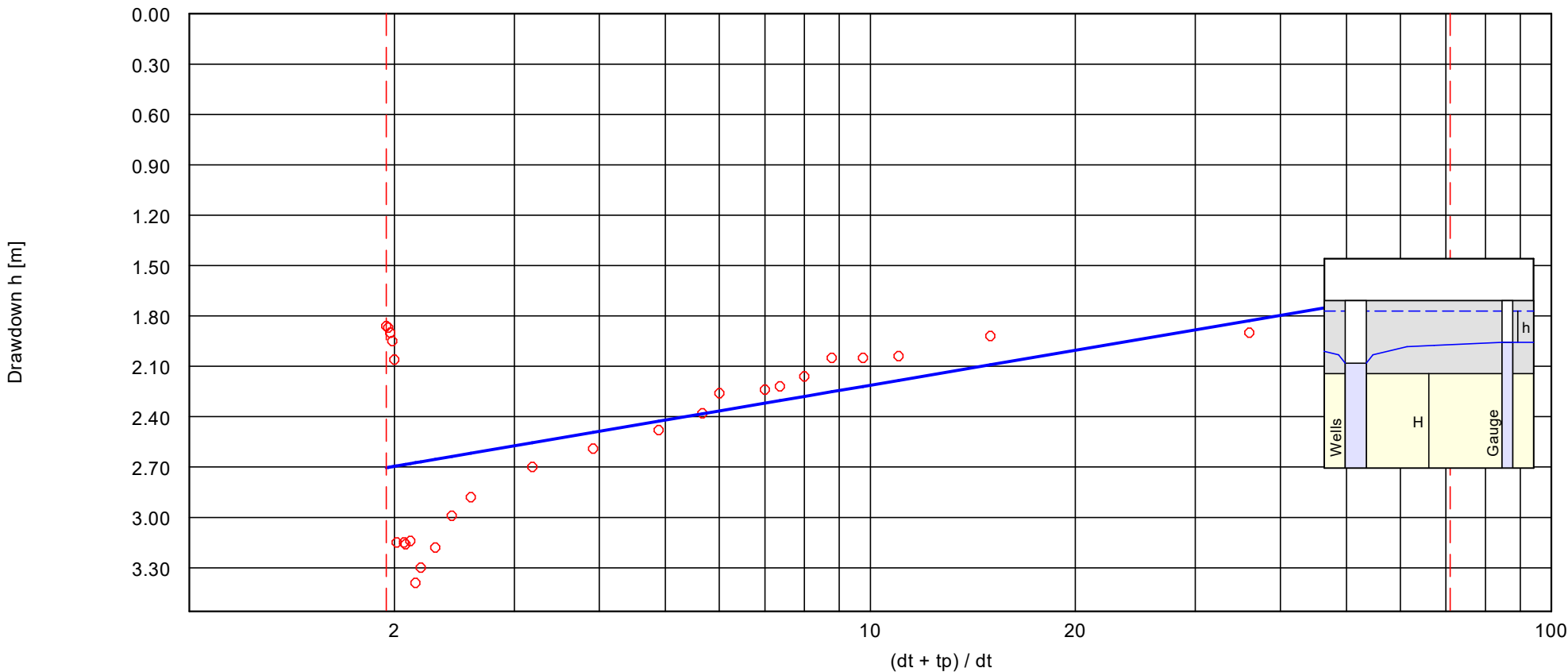
Die in diesem Dokument berichteten Verfahren sind gemäß DIN EN ISO/IEC 17025:2018 akkreditiert. Ausschließlich nicht akkreditierte Verfahren sind mit dem Symbol "*" gekennzeichnet.

Pumpversuch

20202471-GC-GEOTEC-GEOL
Campus Scolaire Warken

Prüfungs-Nr.: Pumpversuch-Pegel-FC1
 Bearbeiter: SBR
 Datum: 31.05.2021
 Bodenart Alluvionen/ Sst

Evaluation range from 60.0 to 4500.0 seconds



Bezeichnung:

Pumping duration = 4200.0 seconds

No. of values: 29

Aquifer is confined

Aquifer thickness = 6.5 m

Pumping rate = 3.70000E-4 m³/s

Wiederanstieg nach THEIS
 $a = 1.3714E+0$; $b = 2.2382E-1$; $r = 0.52754$
 Durchlässigkeit = 2.024E-5 m/s
 Transmissivität = 1.315E-4 m²/s

Bericht:
 20202471_GC_Warken
 Anlage:
 20202471_GC