



Syndicat intercommunal pour la création, l'aménagement, la promotion
et l'exploitation de zones d'activités économiques régionale
Mierscherdall (Mersch, Lorentzweiler, Lintgen) – ZAMID

Studie zur Ausführung einer „Qualifizierte Bodenverbesserung“ im Projektgebiet ZAMID auf dem „Mierscherbiertg“

Geotechnische Studie

N° de référence	20233648-GC-GEOTEC-GEOL	
Suivi	Nom	Date
Rédigé par	Stefan BECKER	23.04.2025
Vérifié par	Marc Czapla	23.04.2025

Modifications

Indice	Description	Date



Inhaltsverzeichnis

1	Auftrag und Situation.....	4
2	Verwendete Unterlagen und Kartenwerke.....	5
3	Allgemeine Geologie	5
4	Erkundung des Baugrundes	6
4.1	Geländearbeiten	6
4.2	Laborarbeiten	7
5	Beschreibung der Baugrundsichten	7
5.1	Geologische Beschreibungen	7
5.1.1	Mutterboden	7
5.1.2	Lehmdeckschicht (Ton/ Feinsand, kiesig, stark schluffig)	8
5.2	Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte	9
6	Grundwasserverhältnisse	10
7	Geotechnische Klassifizierung und Empfehlungen	10
8	Aushub- und Verfüllarbeiten sowie Verbesserungspotenzial des Aushubmaterials	11
8.1	Aushubarbeiten	11
8.2	Wiederverwertung und Verbesserungspotential des Aushubmaterials	11
8.2.1	Eignungsprüfung bzgl. einer Bodenverbesserung/ Bodenverfestigung mit den Bindemittelanteilen 70% Zement- und 30% Kalkgehalt (2020).....	12
8.2.2	Eignungsprüfung bzgl. einer Bodenverbesserung/ Bodenverfestigung mit den Bindemittelanteilen 50% Zement- und 50% Kalkgehalt.....	12
9	Schlussfolgerung und Empfehlungen zur Ausführung der qualifizierten Bodenverbesserung	13
10	Referenzen, Normen, Vorschriften	16

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Geplante Auf- und Abtragbereiche (Quelle: best Ingenieurs-Conseils).	4
Abbildung 2. Geologie im Untersuchungsgebiet (Quelle : map.geoportail.lu).	6
Abbildung 3: Beispiele einer Bodenfräse am Traktor (links) und eines Bodenstabilisierers (rechts)	14

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Bodengruppen, Bodenklassen, Frostempfindlichkeitsklassen.....	9
Tabelle 2. Charakteristische Bodenrechenwerte.....	9

1 Auftrag und Situation

In Mersch auf dem „Mierscherbiërg“ ist die Erschließung eines regionalen Industriegebietes „Zone d’activités économique régionale type 1“ geplant. Das Untersuchungsgebiet erstreckt sich über eine Fläche von ca. 20 ha und umfasst den Bau von zahlreichen Industrie- und Bürogebäuden (Los 1 bis 28), drei Parkhäusern sowie der erforderlichen Infrastruktur. Die geplanten Lose 1 bis 14 liegen nordöstlich der N7 „Rue de Colmar Berg“ und schließen aus nordwestlicher Richtung an das bestehende Gewerbegebiet bzw. die Kommunalstraße „Um Mierscherbiërg“ an. Die restlichen Lose 15 bis 28 liegen südwestlich der Straße „Um Mierscherbiërg“ und reichen bis zur „Rue de Pettingen“. Die südwestliche Projektgrenze bildet das bestehende Gewerbegebiet sowie das ebenfalls geplante, kommunale Neubaugebiet „PAP ECO-c1“.

Im Zuge der Erschließung bzw. vor dem Bau der zugehörigen Infrastrukturen, ist zunächst die Begradigung des Projektgeländes vorgesehen. Hierzu wurden vom Planungsbüro „Best-Ingenieurs-Conseils“, anhand der topographischen Gegebenheiten, entsprechende Bereiche zum Abtrag und zur Auffüllung des bestehenden Geländes ausgewiesen. Zur Gewährleistung eines sachgerechten Wiedereinbaus ist eine „qualifizierte Bodenverbesserung“ des Aushubmaterials vorgesehen.

Die nachfolgende Abbildung zeigt den geplanten Ab- und Auftrag des Geländes innerhalb der Projektfläche.



Abbildung 1. Geplante Auf- und Abtragbereiche (Quelle: best Ingenieurs-Conseils).

Zur weiteren Planung der erforderlichen Erdarbeiten, wurde das Ingenieurbüro GEOCONSEILS S.A. von der „ZAMID“ mit der Erstellung einer geotechnischen Zusatzstudie beauftragt. Hierbei werden anhand der Ergebnisse der ausgeführten Laborversuche Empfehlungen zur Ausführung der Erdarbeiten bzw. des Verbesserungspotentials der anfallenden Aushubmassen erstellt.

Detaillierte Aussagen bzw. Ausführungsempfehlungen für die einzelnen Gebäude bzw. Gebäudegruppen erfolgen vereinbarungsgemäß in Folgestudien, nach Vorlage konkreter Planunterlagen bzw. Architektenplänen.

Die ermittelten Geländehöhen im Bereich der ausgeführten Schürfe liegen zwischen 258,56 m NN (S3) und 268,67 m NN (S1).

2 Verwendete Unterlagen und Kartenwerke

Zur Erstellung des vorliegenden Gutachtens wurden folgende Unterlagen verwendet:

- Dok 1 :** Geologische Karte von Luxemburg Blatt 8 "Mersch", Maßstab 1: 25.000, 1983.
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 :** Administration Communale de Mersch / Best-Ingenieurs-Conseils
221085-15-002010b.dwg
Geoconseils
20192292-GC-GEOTEC-GEOL_Zone_d`activités_ECO-r1_Mierscherbierg

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

3 Allgemeine Geologie

Gemäß der geologischen Karte von Luxemburg (Blatt 8, Mersch, 1983) sowie der vorausgegangenen Erkundungen sind im westlichen Bereich des Untersuchungsgebietes oberflächennah, fluviatile Lehmdecken (dtf) zu erwarten. Unterlagert werden diese von den Schichtfolgen des mittleren Keupers, die hier durch den Steinmergelkeuper (km₃) und den Gipsmergelkeuper (km₂) repräsentiert werden.

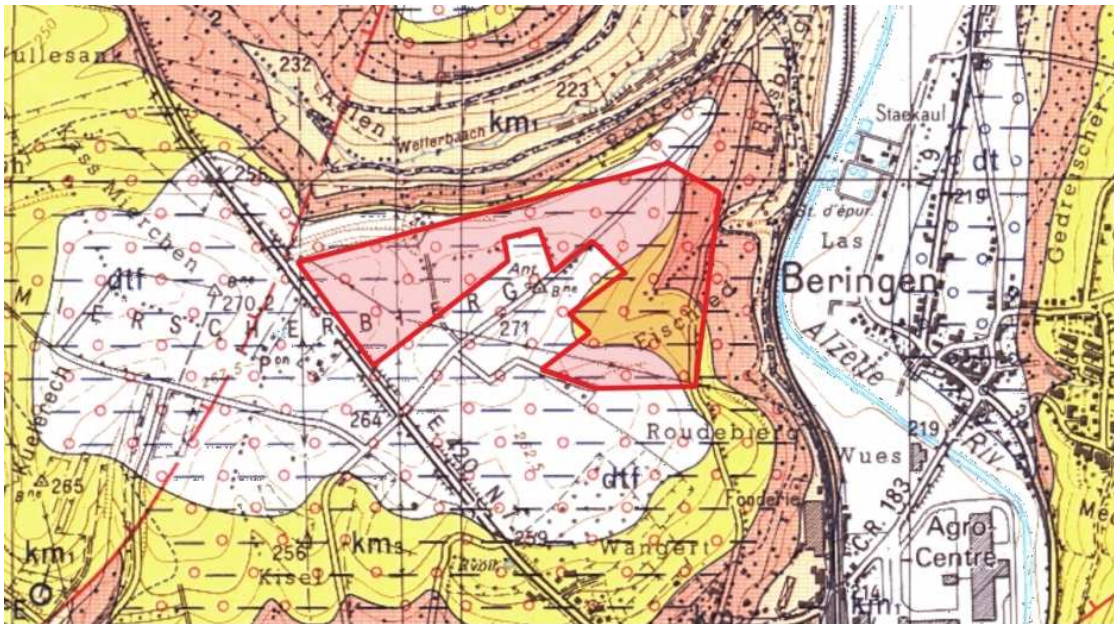


Abbildung 2. Geologie im Untersuchungsgebiet (Quelle : map.geoportail.lu).

Die fluviatilen Lehmdecken (dtf) dieser Zone werden durch hohe Sandgehalte geprägt und weisen meist eine gelbliche Färbung auf. Gemäß den Informationen des Auftraggebers (Herr Kaluza, AC Mersch) ist, bedingt durch die eingelagerten teilweise vorhandenen Eisenkonkretionen innerhalb der Decklehme, zudem mit historischen Abbauschächten („Gallerien“) innerhalb der Projektfläche bzw. im Bereich der anstehenden Lehmdeckschicht zu rechnen.

Beim Steinmergelkeuper (km₃) handelt es sich um Schichtenfolgen von hell- und dunkelgrauen, dünnplattigen, dolomitischen Mergeln und dichten, dunkelgrauen Steinmergelhorizonten. Die einzelnen Steinmergelbänke sind ca. 5 bis 25 cm stark. Bereichsweise treten in den Schichtgliedern Sandsteinbänkchen mit geringen Mächtigkeiten auf. Die Mergelhorizonte sind als wasserundurchlässig einzustufen. Innerhalb der Steinmergelbänkchen kann bereichsweise eine temporäre Wasserführung stattfinden. Der Steinmergelkeuper weist insgesamt Mächtigkeiten von ca. 30 bis 70 m auf.

4 Erkundung des Baugrundes

4.1 Geländearbeiten

Zum Aufschluss und zur Probennahme der oberflächennahen Bodenzone wurden, im Zuge der aktuellen Erkundungen, vier Baggerschürfe (S) im Bereich der Projektfläche abgeteuft.

Die Auswahl der Position der Schürfe erfolgte unter Berücksichtigung der vorgesehenen Abtragsflächen (Hochpunkte). Die Lage und Höhe aller Ansatzpunkte wurden mittels GPS eingemessen. Die örtliche Lage sowie die Fotodokumentation der ausgeführten Schürfe ist dem Lageplan 20233648-GC-GEOTEC-GEOL-101 zu entnehmen.

Das mit Hilfe der Erkundungsschürfe gewonnene Probenmaterial wurde ingenieurgeologisch nach DIN 4022 aufgenommen und protokolliert.

4.2 Laborarbeiten

Unter Berücksichtigung der geplanten Erdarbeiten 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.

Zudem wurden die Einzelproben der Schürfe zu einer Mischprobe zusammengefasst und unter Zugabe von 4% und 6% des Bindemittels B50, hinsichtlich ihres Verbesserungs- bzw. Verfestigungspotentials, analysiert.

Die Ergebnisse der zugehörigen Proctorversuche sowie die Bestimmung der einaxialen Druckfestigkeiten werden in Kapitel 8 dieses Gutachtens genauer erläutert. Die vollständigen Versuchsprotokolle befinden sich im Anhang des Gutachtens.

5 Beschreibung der Baugrundsichten

5.1 Geologische Beschreibungen

Durch die vorausgegangenen und aktuellen Erkundungen wurden die folgenden Bodenhorizonte aufgeschlossen:

- Mutterboden, steif
- Lehmdeckschicht (Ton/ Feinsand, kiesig, stark schluffig)

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 Schichten mit Angabe der Bodengruppe nach DIN 18196, der Bodenklasse nach DIN 18300:2012-09 sowie der Frostempfindlichkeitsklasse nach ZTV E-StB 17 erfolgt in Kapitel 5.2, Tabelle 1 dieses Gutachtens.

5.1.1 Mutterboden

Als oberste Schicht wurde, in den 2020 ausgeführten Bohrungen sowie den aktuellen Schürfen, zunächst eine stark schluffige und teilweise humose, dunkelbraune bis braune Ton-/ Schluffschicht (Ackerfläche) erkundet. Diese ist gemäß DIN 18300:2012-09, als Oberboden, der Bodenklasse 1 zuzuordnen. Die erkundete Mächtigkeit dieser Schicht, von überwiegend steifer Konsistenz, beträgt zwischen 0,10 und 0,45 m.

Zur Schaffung einer Arbeitsplattform ist der Ober- bzw. Mutterboden, vor Beginn der weiteren Arbeiten, vollständig abzuschleifen und zu entsorgen bzw. entsprechend wiederzuverwerten.

5.1.2 Lehmdeckschicht (Ton/ Feinsand, kiesig, stark schluffig)

Im Großteil der 2020 ausgeführten Erkundungsbohrungen sowie in den aktuell ausgeführten Schürfen wurden unterhalb des Oberbodens, die in der geologischen Karte kartierten, fluvialen Decklehme (dtf) erkundet. Diese weisen innerhalb der Projektfläche stark schwankende Mächtigkeiten sowie eine inhomogene Struktur auf. Innerhalb der Hangbereiche wurden die stark schluffigen Sande und Kiese teilweise in umgelagerter Form aufgeschlossen.

Prinzipiell nimmt die Mächtigkeit der Lehmdecke mit steigender Geländehöhe zu. Das Maximum der Schicht wurde auf der Hochfläche, im Bereich der Aufschlüsse RKS 10 und FC 8, mit einer Mächtigkeit von bis zu 9,0 m erkundet. Im Bereich der böschungs- und talseitigen Erkundungen, entlang der nordöstlichen Projektgrenze, weisen die sandigen und tonigen Decklehmschichten stark wechselnde Lagerungen und Mächtigkeiten auf, sodass eine Differenzierung zum unterlagernden Verwitterungshorizont hier nur begrenzt möglich.

In der 2020 ausgeführten Rammkernsondierung RKS 18 wurden bis zur Endteufe, bei 6,30 m u GOK, stark schluffige und sandige Kiese, mit einer überwiegend lockeren Lagerung (bzw. weichen Konsistenz) aufgeschlossen. Hierbei handelt es sich vermutlich um eine Erosionsrinne innerhalb des Mergels oder eine historische Verfüllzone (siehe Kapitel 3).

Aus geotechnischer Sicht handelt es sich bei den aufgeschlossenen, meist braun gefärbten Decklehm, um überwiegend schluffige bis stark schluffige Feinsande (Bodengruppe SU/SU*) mit stark tonigen Zwischenlagen (TL/TM). Die bindigen Zonen besitzen eine weiche bis steife Konsistenz, sandigere Zonen eine überwiegend lockere bis mitteldichte Lagerung. Innerhalb stark aufgeweichter Zonen ist zudem mit breiigen Konsistenzen zu rechnen.

Im Bereich der Talsenken bzw. des temporär wasserführenden Bachlaufes ist oberflächennah (bis zwischen ca. 2 und 3 m u GOK, RKS20/ FC10), zusätzlich mit organischen, dunkelbraun bis schwarzen Bachablagerungen der Bodengruppe OT zu rechnen.

Die Schlagzahlen der 2020 ausgeführten Rammsondierungen (DPM) liegen größtenteils zwischen 1 und 10 Schlägen und belegen somit die inhomogene Ausbildung sowie die geringe Tragfähigkeit dieser Zone. Innerhalb der umgelagerten sowie stark kiesigen Zonen der Decklehme werden teils Schlagzahlen von über 20 Schlägen erreicht. Da diese jedoch nur punktuell aufgeschlossen wurden, ist eine großflächige Schicht hier nicht definierbar bzw. separierbar.

Aufgrund der überwiegend signifikanten Feinkornanteile innerhalb der aktuell ausgeführten Schürfe werden die fluvialen Decklehme, innerhalb der erkundeten Abtragsbereiche, überwiegend den Bodengruppen TL und TM bzw. der Bodenklasse 4 gemäß DIN 18300 zugeordnet.

Nach ZTV E-StB 17 erfolgt eine Zuordnung zur Frostepfindlichkeitsklasse 3 („sehr frostepfindlich“).

Der mittlere Durchlässigkeitskoeffizient k_f wird hier zwischen 10^{-6} und 10^{-8} m/s abgeschätzt. Eine temporäre Wasserzirkulation beschränkt sich innerhalb dieser Bodenzone jedoch auf die durchlässigeren sandig, kiesigen Zwischenlagen ohne hohen Feinkornanteil.

5.2 Bodenklassifizierung und Bodenkennwerte

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

Tabelle 1. Bodengruppen, Bodenklassen, Frostepfindlichkeitsklassen.

Schicht	Bodengruppe nach DIN 18196	Bodenklasse nach DIN 18300	Frostepfindlichkeitsklasse nach ZTV E StB 17
Mutterboden steif	OH	1	F 3
Lehmdeckschicht (Ton/ Feinsand, kiesig, stark schluffig) weich - steif	TM, TL, SU/SU*	4 ¹⁾ , 2	F3
1) in stark aufgeweichten Zonen auch Bodenklasse 2 möglich			

Auf Grundlage von DIN 1055 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]
Lehmdeckschicht (Ton/ Feinsand, kiesig, stark schluffig) weich - steif	19,0 - 20,0 (Bw: 19,5)	9,0 - 10,0 (Bw: 9,5)	20,0 - 25,0 (Bw: 22,5)	10,0 - 20,0 (Bw: 15,0)	4,0 - 8,0 (Bw: 6,0)
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 2020 wurden die aufgeschlossenen Böden überwiegend in erdfeuchter Form aufgeschlossen. Im Bereich stark sandiger und kiesiger Lagen wurden die Feinkornanteile als stark aufgeweicht angesprochen, was auf eine zumindest temporäre Wasserzirkulation schließen lässt.

Im Zuge der Erkundungsarbeiten wurden, unmittelbar nach Bohrende, vereinzelte Schichtwasserzuflüsse aus wasserführenden Lagen eingemessen. Im Bereich der oberflächlich anstehenden Decklehme ist, anhand der durchgeführten Messungen, lediglich mit temporären Schichtwasserzuflüssen innerhalb der Aufschlusstiefen zu rechnen. Innerhalb des tieferliegenden Verwitterungshorizontes des Mergels wurde, nach Bohrende sowie in den nachfolgenden Messungen, eine konstante Grundwasserführung festgestellt.

Generell ist, wegen der Hanglage der Projektfläche sowie der Wechschelung von fein- und grobkörnigen Schichten im Untergrund, mit temporärem Schicht- bzw. Hangwasser zu rechnen.

Als Wasserträger dienen hier hauptsächlich die sandigen Lagen der oberflächennah anstehenden Decklehme (dtf) sowie die durchlässigeren, kiesigen Zwischenlagen (Dolomitlagen) innerhalb des Verwitterungshorizontes des Mergels (Verwitterungslehm, Mergel, verwittert bis angewittert). Einsickerndes Niederschlagswasser und Hangwasser kann durch die wechsellagernden, geringdurchlässigen Schichten nicht tiefer versickern, wodurch es zur Bildung von Schichtwasser kommen kann.

Aufgrund der Hanglage ist lokal damit zu rechnen, dass von wasserstauenden Schichten überdecktes Schichtenwasser, zu niederschlagsreichen Zeiten, lokal auch leicht gespannt sein kann.

Zur Messung der beschriebenen, temporären Schichtwasserzuläufe sowie der konstanten Grundwasserstände, wurden die Kernbohrungen FC9, FC10, FC17, FC19 und FC20 zu Grundwassermessstellen (2“- Pegel) ausgebaut.

Während der Bohrarbeiten sowie bei den nachfolgenden Messungen vom 04.05 und 22.07.2020, wurde in dem Pegel der Bohrung FC 9 kein Einstau von Schichtwässern innerhalb der Ausbautiefe festgestellt, was auf einen geringen Zulauf von Hang- bzw. Schichtwässern, während des Erkundungszeitraumes, schließen lässt.

Innerhalb der restlichen Pegel wurde bei der, am 04.05.20 durchgeführten Messung, Grundwasserstände zwischen ca. 3,65 m u GOK (FC 19) und 13,70 m u GOK (FC17) eingemessen. In der Messung vom 22.07.2020 lagen die Wasserstände dann ca. 0,50 m bis 1,50 m unterhalb der im Mai gemessenen Niveaus.

7 Geotechnische Klassifizierung und Empfehlungen

Die Projektaufgabe in Verbindung mit den aufgeschlossenen Baugrundverhältnissen bedingt die Einordnung des Gesamtprojektes 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“.

8 Aushub- und Verfüllarbeiten sowie Verbesserungspotenzial des Aushubmaterials

8.1 Aushubarbeiten

Gemäß unseren Erkundungen stehen im Projektgebiet, bis zum vorgesehenen Abtragsniveau, tonig-schluffige Decklehme an.

Für die Terrassierungsarbeiten in den angetroffenen Bodenklassen genügt ein leistungsfähiger Hydraulikbagger mit gezahntem Tieflöffel.

Kurz vor Erreichen des Endniveaus ist ein Böschungslöffel mit gerader Schneide zu verwenden, um ein Aufreißen der Planums Oberfläche 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 und Verbesserungspotential des Aushubmaterials

Es war zu prüfen, inwieweit das Aushubmaterial der oberflächennah anstehenden Decklehme durch die Zugabe von Mischbindemittel verbessert werden kann. Zielsetzung der Untersuchung war die Fragestellung, ob das Material im Bereich des geplanten Abtrages, nach der Zugabe von Bindemittel, im Bereich der geplanten Auffüllungen wiederverwendet werden kann und welcher Bindemittelanteil hierbei erforderlich wird.

Zur Bewertung der Eigenschaften des anstehenden Bodens wurden bereits im Zuge der Studie 2020, über das Baufeld verteilt, Proben aus den ausgeführten Rammkernsondierungen entnommen und eine entsprechende Mischprobe (MP1, bis 3,0 m u GOK) zusammengestellt. Im Zuge der aktuellen Probenahme wurden, im Bereich der geplanten Abtragsflächen, insgesamt 4 Einzelproben (S1 bis S4, bis ca. 2,5 m u GOK) mittels Baggerschürfen entnommen und zu einer Mischprobe zusammengefasst.

Die Proben wurde hinsichtlich ihrer Granulometrie, ihres Wassergehaltes und ihrer humosen Anteile angesprochen und bzgl. der Möglichkeit einer Zugabe von Bindemitteln bewertet. Auf Basis der angesprochenen Bodeneigenschaften und unserer Erfahrung mit vergleichbaren Maßnahmen, erfolgt eine Vorauswahl des Bindemittels und eine Abschätzung sinnvoller Bindemittelanteile.

8.2.1 Eignungsprüfung bzgl. einer Bodenverbesserung/ Bodenverfestigung mit den Bindemittelanteilen 70% Zement- und 30% Kalkgehalt (2020)

Das Ausgangsmaterial der Mischprobe MP1 wird überwiegend durch feinkörnige Böden (Tone/Schluffe) gebildet, untergeordnet sind Feinsande und sandig, kiesige Anteile vorhanden. Diese Böden neigen, insbesondere bei erhöhten Wassergehalten, zu starken Setzungen und sind mit herkömmlichen Methoden nur gering verdichtbar. Die ermittelten Wassergehalte lagen für diese Bodenart im mittleren Bereich.

Es wurde für diese Bodenarten und Wassergehalte, der Einsatz eines Bindemittels mit 70% Zement- und 30% Kalkgehalt (z.B. Dyckerhoff VARILITH TF) festgelegt.

Zur Prüfung der Verdichtbarkeit wurden an der Mischprobe, Proctorversuche mit 2, 4 und 6 Prozent des genannten Bindemittels ausgeführt. Die Proctorversuche zeigen, dass mit dem Bindemittel 70/30 unter Laborbedingungen für alle gewählten Bindemittelanteile, bei dem natürlichen Wassergehalt als Ausgangswassergehalt, eine nahezu optimale Verdichtung (trockener Proctorast) möglich ist. Die Eignungsprüfungen wurden daher mit den genannten Bindemittelanteilen ausgeführt.

Wie dem Laborbericht im Anhang des Gutachtens 20192292-GC-GEO zu entnehmen, lagen die, nach 14-Tagen ermittelten, einaxialen Druckfestigkeiten der Mischproben mit 2% und 4% Bindemittel, bei einem Wert von 0,189 MN/m² bzw. 0,417 MN/m². Hinsichtlich der geringen Steigerung der Druckfestigkeit zwischen der 7 und 14 Tage alten Versuchskörper, wurde auf eine weitere Messung (nach 28-Tagen) verzichtet. Die Mischprobe mit 6% Bindemittel hingegen, erreicht nach 7 Tagen bereits eine Druckfestigkeit von 0,564 MN/m². Nach 14-Tagen stieg diese dann geringfügig, auf 0,613 MN/m² an.

Der Versuchswert bei 6% Bindemittelanteil (70% Zement- und 30% Kalkgehalt) erfüllte somit die Anforderungen einer qualifizierten Bodenverbesserung ($q_u > 0,5 \text{ N/mm}^2$), die Versuchswerte bei 2% und 4% Bindemittelanteil lagen unter den entsprechenden Anforderungen.

Die anstehenden Böden (Decklehme) konnten folglich, bei Beibehaltung der natürlichen Bodenfeuchte und optimaler Verdichtung, bei Zugabe des Bindemittels 70/30 (VARILITH TF) mit einem Anteil von 6%, der Frostempfindlichkeitsklasse F2, im Sinne einer qualifizierten Bodenverbesserung, zugeordnet werden.

Die Frostempfindlichkeitsklasse F1 kann nicht erreicht werden, ebenso sind die untersuchten Böden als nicht geeignet zur Ausführung einer Bodenverfestigung einzustufen.

8.2.2 Eignungsprüfung bzgl. einer Bodenverbesserung/ Bodenverfestigung mit den Bindemittelanteilen 50% Zement- und 50% Kalkgehalt

Das aktuelle Ausgangsmaterial der Mischprobe (MP: S1 – S4) wird überwiegend aus leicht- bis mittelplastischen Tonen gebildet. Diese Böden neigen, insbesondere bei erhöhten Wassergehalten, zu

starken Setzungen und sind mit herkömmlichen Methoden nur gering verdichtbar. Die ermittelten Wassergehalte lagen für diese Bodenart im mittleren Bereich.

Unter Berücksichtigung der Bodeneigenschaften sowie der vorrausgegangenen Laborversuche wurde aktuell der Einsatz des Bindemittels B50, mit 50% Zement- und 50% Kalkgehalt, gewählt.

Zur Prüfung der Verdichtbarkeit wurden an der Mischprobe, Proctorversuche mit 4 und 6 Prozent des genannten Bindemittels ausgeführt. Die Proctorversuche zeigen, dass mit dem Bindemittel B50 (50/50) unter Laborbedingungen für alle gewählten Bindemittelanteile, bei dem natürlichen Wassergehalt als Ausgangswassergehalt, eine nahezu optimale Verdichtung (trockener Proctorast) möglich ist. Die Eignungsprüfungen wurden daher mit den genannten Bindemittelanteilen ausgeführt.

Entsprechend der Vorgaben des „Merkblatt über Bodenverfestigung und Bodenverbesserung mit Bindemitteln“ (FGSV, 2004) ist zum Nachweis der Frostempfindlichkeitsklasse F2 am behandelten, verdichteten Material, nach 28 Tagen Feuchtraumlagerung, eine Druckfestigkeit von mindestens $0,5 \text{ N/mm}^2$ (MN/m^2) im Falle einer qualifizierten Bodenverbesserung nachzuweisen. Im Falle einer Bodenverfestigung ist ein Wert von mindestens $6,0 \text{ N/mm}^2$ (MN/m^2) zu belegen.

Wie dem Laborbericht im Anhang dieses Gutachtens zu entnehmen, lagen die, nach 7-Tagen ermittelten, einaxialen Druckfestigkeiten der Mischproben mit 4% Bindemittel bei einem mittleren Wert von $0,46 \text{ N/mm}^2$ und stiegen nach 28 Tagen auf einen mittleren Wert von $0,56 \text{ N/mm}^2$ an. Die Mischproben mit 6% Bindemittel erreichten nach 7 Tagen bereits eine mittlere Druckfestigkeit von $0,94 \text{ N/mm}^2$. Nach 28-Tagen steigt diese dann auf $1,11 \text{ MN/m}^2$ an.

Der Versuchswert bei 4% Bindemittelanteil B50 erfüllt somit bereits die Anforderungen einer qualifizierten Bodenverbesserung. Die anstehenden Böden im Bereich der geplanten Abtragsflächen können folglich, bei Beibehaltung der natürlichen Bodenfeuchte und optimaler Verdichtung, bei Zugabe des Bindemittels B50 (50/50) mit einem Anteil von 4%, der Frostempfindlichkeitsklasse F2, im Sinne einer qualifizierten Bodenverbesserung, zugeordnet werden.

Die Frostempfindlichkeitsklasse F1 kann nicht erreicht werden, ebenso sind die untersuchten Böden als nicht geeignet zur Ausführung einer Bodenverfestigung einzustufen.

9 Schlussfolgerung und Empfehlungen zur Ausführung der qualifizierten Bodenverbesserung

Die anstehenden Böden sind generell geeignet zur Ausführung einer qualifizierten Bodenverbesserung, z.B. zur Erhöhung der Tragfähigkeit im Bereich des Erdplanums oder zum Einsatz in setzungsunempfindlichen Bereichen, wie Arbeitsraumverfüllungen und Gehwegen.

Unter Berücksichtigung der vorliegenden Laboranalysen, empfehlen wir die Verwendung des Bindemittels B50 (50% Zement- und 50% Kalkgehalt), mit einem Bindemittelanteil von 4%. Eine Erhöhung des Bindemittelanteils bzw. eine zusätzliche Beimengung von Kalk ist, im Hinblick auf mögliche Witterungseinflüsse während der Ausführungsphase, entsprechend vorzuhalten (Eventualposition).

Im Hinblick auf das anfallende Volumen des zu verbessernden Aushubs wird hier die gängigste Ausführungsmethode, mittels **schichtweiser Verarbeitung im Baumischverfahren**, empfohlen. Hierzu wird der ausgehobene Boden auf einer ebenen Oberfläche ausgebracht und das Bindemittel mithilfe eines Streuers gleichmäßig aufgebracht. Eine Mischfräse (von einem Traktor gezogen oder vom Typ Wirtgen-Bodenstabilisierer; siehe Abbildung 3) mischt das aufgebrachte Bindemittel anschließend, in der gewünschten Schichtstärke, unter.



Abbildung 3. Beispiele einer Bodenfräse am Traktor (links) und eines Bodenstabilisierers (rechts)

Während der Bodenbehandlungsmaßnahmen muss die Dosierung des Bindemittels elektronisch (Streuer) oder manuell (Wiegen des eingefüllten Bindemittels mit genormtem Werkzeug) kontrolliert und verfolgt werden. Bei extremen Niederschlägen oder Trockenheit kann eine Anpassung der Bindemitteldosierung bzw. eine zusätzliche Beimengung von Kalk erforderlich sein. Die Bindemittel sind mit den zugehörigen Böden gleichmäßig zu mischen, bis eine gute Verteilung des Bindemittels und eine gleichmäßige Färbung des Materials erreicht ist.

Nach dem Mischen ist das Boden-Bindemittel-Gemisch in voller Schichtstärke zu verdichten. Das eingesetzte Verdichtungsgerät ist auf die Bodenart, die Schichtstärke sowie die Anzahl der Übergänge abzustimmen („Merkblatt für die Verdichtung des Untergrundes und des Unterbaues im Straßenbau“).

Die Unterlage (Bereich unterhalb der mit Bindemittel verbesserten Schicht) muss den geforderten Verdichtungsgrad gemäß ZTV E-StB aufweisen. Die Minstdicke jeder Schicht beträgt im verdichteten Zustand 0,15 m. Die maximale Dicke einer Lage ist in Abhängigkeit von den Materialeigenschaften, der Unterlage und dem eingesetzten Gerät so zu wählen, dass die geforderte Verdichtung in der gesamten Lage erreicht wird. Die maximale Dicke sollte 0,25 m nicht überschreiten. Größere Gesamtdicken sind durch einen

mehrlagigen, einzeln zu verdichtenden Einbau zu realisieren. Die obere Lage muss auf einer noch nicht erhärteten, feuchten Unterlage eingebaut werden. Die Breite der erforderlichen Randausbildung ergibt sich ebenfalls aus der ZTV E-StB. Für die Entwässerung ist die RAS-Ew zu beachten. Während der Bauphase ist das Oberflächenwasser schadlos abzuleiten. Die erforderlichen seitlichen Entwässerungseinrichtungen sind so tief anzuordnen, dass sie mindestens bis zur Unterkante der verbesserten Bodenschichten wirksam sind.

Gemäß ZTVE-StB 17 wird empfohlen, Bodenbehandlungen bei Temperaturen $> 5^{\circ}\text{C}$ durchzuführen, da sonst die Reaktion des Bindemittels und das gewünschte Ergebnis beeinträchtigt werden kann. Eine Ausführung bei Frost ist nicht zulässig. Sollte der Bodenaushub bis zur Behandlung vor Ort gelagert werden, muss eine Plastikplane die Bodenmasse von Witterungseinflüssen schützen. Die Qualität der Verdichtung und die Tragfähigkeit der eingebauten Schichten sind durch statische Plattenversuche nach DIN 18134 (DIN Deutsche Institut für Normung, 2012) zu belegen.

Während der Behandlung müssen Kontrollprüfungen durchgeführt werden. Der Wassergehalt sowie die zugehörige Proctordichte des Bodens ist baubegleitend zu kontrollieren und der Boden vor der Behandlung ggf. entsprechend zu trocknen oder zu befeuchten. Ein entsprechendes Proben- und Versuchsprogramm zur Ausführung, Überwachung und Kontrolle der Bodenbehandlung ist, unter Berücksichtigung des gewählten Verfahrens, mit uns abzustimmen bzw. zu definieren.

Eine **alternative Ausführung im Zentralmischverfahren** („Mischung in einer stationären Mischanlage“) ist im vorliegenden Fall ebenfalls denkbar. Die standortbezogene Ausführbarkeit ist hierbei, im Vorfeld der Ausschreibung, mit den entsprechenden Bauunternehmen abzustimmen bzw. zu prüfen.

Contern, den 23.04.2025



Marc CZAPLA
Directeur général



Stefan BECKER
Directeur de projet | Géotechnique et Géologie
de l'ingénieur

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

Bericht n° 20233648-GC-GEOTEC-GEOL

Studie zur Ausführung einer „Qualifizierten Bodenverbesserung“

im Projektgebiet ZAMID auf dem „Mierscherbiert“.

Geotechnische Studie

N° des Plans oder Dokuments		Titel	Maßstab
N° Projekt	N° Anlage		
20233648-GC-GEOTEC-GEOL-	101	Lageplan, Fotodokumentation der Schürfe und Geologie	1 : 2000, 1 : 25 000
20233648-GC-GEOTEC-GEOL-	002	Bodenmechanische Laborergebnisse	

Planvorlagen :

BEST Ingénieurs-Conseils
221085-15-002010b.dwg

LEGENDE :



Ansatzpunkt der Schürfe

Schurf 1 (268,67 mNN)



Schurf 2 (266,60 mNN)



Schurf 3 (258,56 mNN)



Schurf 4 (260,05 mNN)

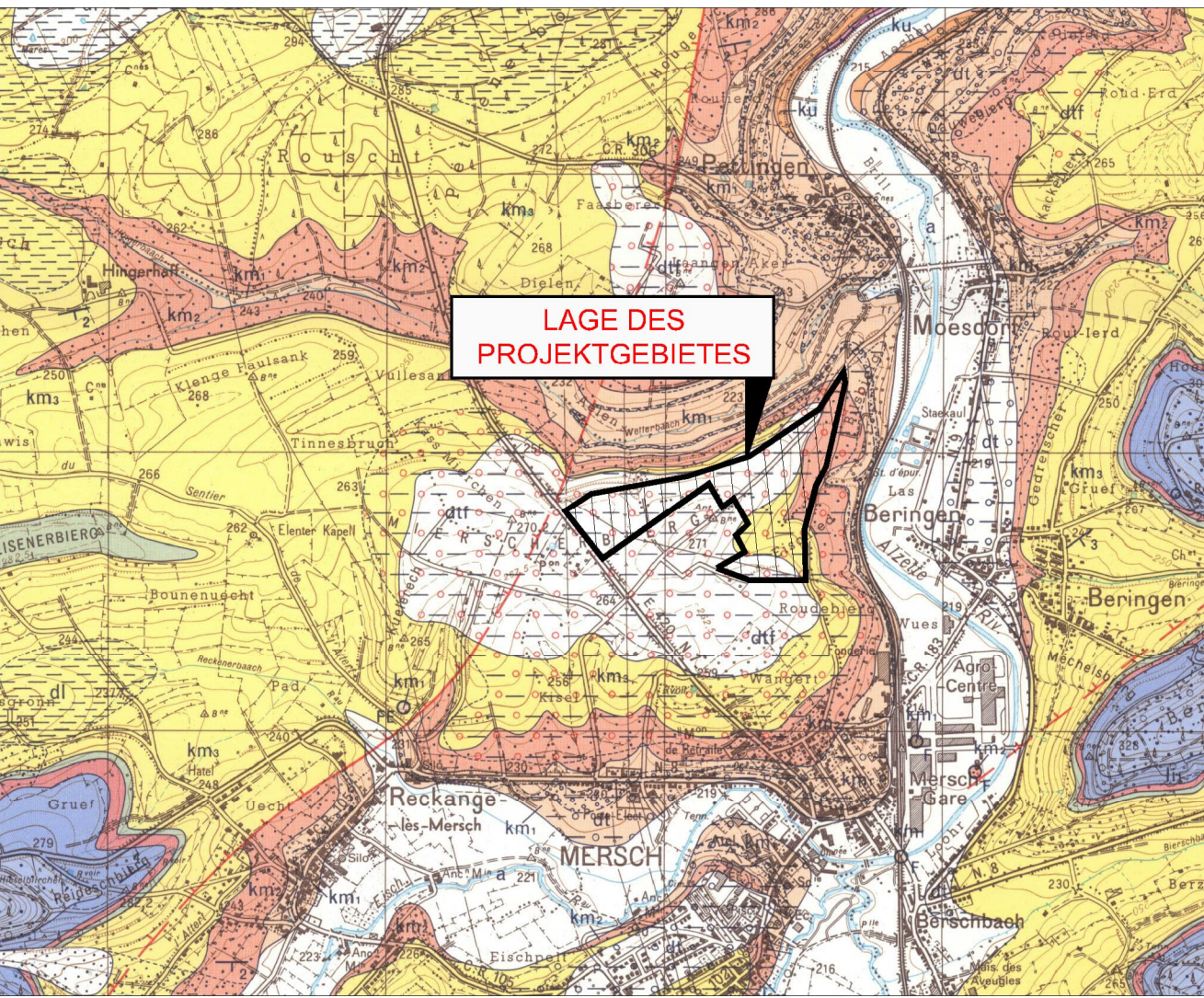


Geologische Legende

Holocène – Holozän		Keuper	
	Remblai Aufschüttung		Rhétien
	Fonds alluviaux Alluvium der Täler		Rhén
	Tuf calcaire Kalktuff		Keuper à marnolites compactes Steinmergelkeuper
	Eboulis des pentes et éboulements Gehängeschutt und Hangrutschmassen		Marnes rouges gypsifères, Grès à réseaux Rote Gipsmergel, Schliffsandstein
Pléistocène – Pleistozän			Keuper à pseudomorphoses de sel Pseudomorphosenkeuper
	Limons, probablement d'âge pléistocène Lehndücker, vermutlich Pleistozän		Keuper inférieur Unterer Keuper
	Limons fluviatiles avec concrétions ferrugineuses Lehndücker, fluviatil, mit umgelagerten Eisenerzkonglomeraten	Muschelkalk	
	Terrasses fluviatiles (sans différenciation chronologique) Terrassen (zeitlich ungegliedert)		Couches à Ceratites Sandige obere Ceratitenschichten
Tertiaire			Couches à Ceratites inférieures, Couches à entroques Untere Ceratitenschichten, Trochitenschichten
	Blocs isolés de quartzite (Pierre de Stonne) Einzelblöcke von Quarzit		Groupe de l'Anhydrite Anhydritgruppe
Lias			Faille Verwerfung
	Sinémurien inférieur Unteres Sinémurium		Faille hypothétique Verwerfung, vermutet
	Hettangien supérieur Oberes Hettangium		Direction et pendage des couches Streichen und Fallen
	Hettangien inférieur Unteres Hettangium		Trace des profils linéaires Profilinie
Jurassique			

Auszug der geologischen Karte

(Blatt Nr. 08 "Mersch", 1983, Maßstab: 1/25000)



© Origine : Service géologique de Luxembourg. Droits réservés à l'Etat du Grand-Duché de Luxembourg

ZAMID

PROJET : Studie zur Ausführung einer "Qualifizierte Bodenverbesserung"
im Projektgebiet ZAMID auf dem Mierscherbiert

OBJEKT : Geotechnische Studie
Lageplan, Fotodokumentation der Schürfe und Geologie

GEZEICHNET VON : Frédéric LASSENCE
GEPRÜFT VON : Stefan BECKER
KONTROLLIERT VON : Marc CZAPLA
MAßSTAB : 1:2000, 1:25000
DATUM : 23.04.2025
PLANNR : 20233648-GC-GEOTEC-GEOL-001B
DATEI : P:\2023\20233648-GC-GEOTEC-GEOL-001B\Plans\Autocad\001



Géologie
Géotechnique
Hydrogéologie
Environnement
GEOCONSEILS S.A.
4, rue Albert Simon
L-5315 Contern
G.-D. de Luxembourg
Tél: (+352) 30 57 99 -1
Fax: (+352) 30 57 99-500
E-mail: info@geoconseils.lu

Bestimmung des Wassergehaltes

Prüfverfahren: DIN EN ISO 17892-1

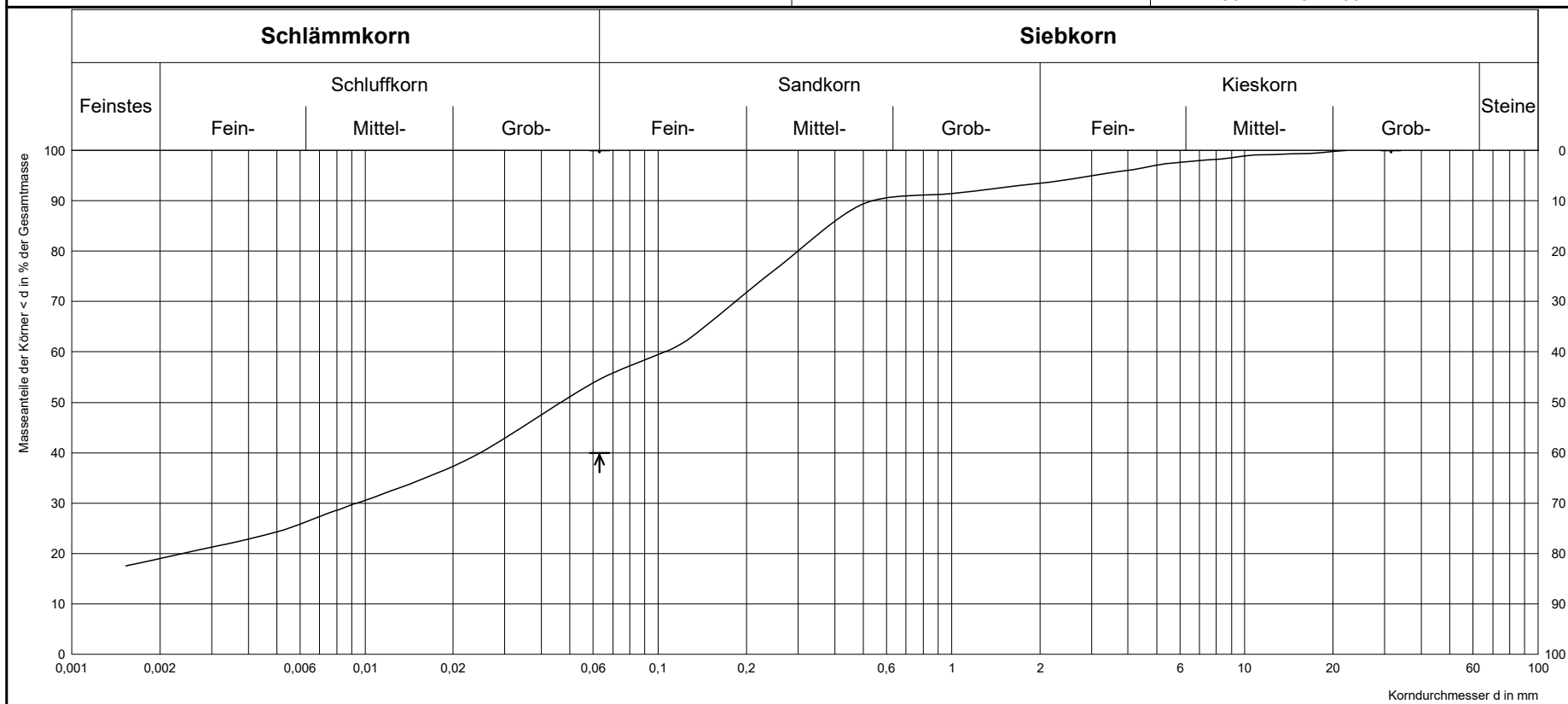
Versuch Nr.	Probe	Wassergehalt
		[%]
1	Schurf 1.1 (50 – 250 cm)	20,9
2	Schurf 1.2 (50 – 250 cm)	21,7
3	Schurf 2.1 (50 – 250 cm)	21,2
4	Schurf 2.2 (50 – 250 cm)	21,8
5	Schurf 3.1 (50 – 250 cm)	21,6
6	Schurf 3.2 (50 – 250 cm)	22,4
7	Schurf 4.1 (50 – 250 cm)	14,0
8	Schurf 4.2 (50 – 250 cm)	13,7

Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Siebanalyse nach DIN EN ISO 17892-4/EN 933

Prüfnummer:	25-0012 250012 GEOCONSEILS S. A.	Entnahmestelle:	Sammelprobe: MP S1 bis S4				
Baustelle:	QBV : MP S1 bis S4 (gemischt)	Tiefe:	--				
		Bodengruppe:	feinkörniger Boden				
		Bodenart:	leicht plastischer Ton, TL				
		Art der Entnahme:	gestört				
		Entnahmedatum:	30.01.2025				
Wassergehalt:	18,20 %	Entnahme durch:	Auftraggeber				
		Prüfdatum:	07.02.2025				
		Prüfung durch:	Krause, Mathias				
Korndichte:	2,79	Masse der Probe (g):	1185,8				
Kornklassen			Anteil	Anteil	Siebdurchgang (in %)		
					Ist	Soll	
von (mm)	bis (mm)	in g	in %		Min	Max	
125	-	200					
100	-	125					
90	-	100					
80	-	90					
63	-	80					
56	-	63					
45	-	56					
31,5	-	45					
22,4	-	31,5			100,0		
16	-	22,4	7,4	0,6	99,4		
11,2	-	16	3,6	0,3	99,1		
8	-	11,2	9,7	0,8	98,3		
5,6	-	8	9,5	0,8	97,5		
4	-	5,6	17,0	1,5	96,0		
2	-	4	29,8	2,5	93,5		
1	-	2	24,7	2,1	91,4		
0,5	-	1	23,8	2,0	89,4		
0,25	-	0,5	154,8	13,1	76,3		
0,125	-	0,25	167,1	14,1	62,2		
0,063	-	0,125	91,5	7,7	54,5	40,0	100,0
0	-	0,063	646,1	54,5			
			1185,0				
			0,8				

Bestimmung der Korngrößenverteilung durch Schlämmanalyse nach DIN EN ISO 17892-4/EN 933						
Prüfnummer:	25-0012 250012 GEOCONSEILS S. A.	Entnahmestelle:	Sammelprobe: MP S1 bis S4			
		Tiefe:	--			
		Bodengruppe:	feinkörniger Boden			
		Bodenart:	leicht plastischer Ton, TL			
Baustelle:	QBV : MP S1 bis S4 (gemischt)	Art der Entnahme:	gestört			
		Entnahmedatum:	30.01.2025			
		Entnahme durch:	Auftraggeber			
Bemerkung:	Bestimmung Materialkennwerte 2025 Geoconseils	Prüfdatum:	07.02.2025			
		Prüfung durch:	Krause, Mathias			
Korndichte:	2,79	Masse der Probe (g):	43,7			
Dispersionsmittel:						
Meniskuskorrektur: 1,20						
Temperatur °C	Uhrzeit der Lesung	Verflossene Zeit	Aräometer Lesung	Korndurch- messer mm	% von a < d(mm)	
					Schlämm- probe	Gesamt- probe
19,0	07.02.2025	1 min	25,2	0,0438	93,3	50,9
19,0	07.02.2025	2 min	22,0	0,0330	81,9	44,7
19,0	07.02.2025	4 min	19,5	0,0244	73,0	39,8
19,0	07.02.2025	8 min	17,6	0,0178	66,2	36,1
19,0	07.02.2025	15 min	16,1	0,0133	60,9	33,2
19,1	07.02.2025	45 min	13,7	0,0080	52,4	28,6
19,3	07.02.2025	2 h	11,5	0,0050	44,7	24,4
19,3	07.02.2025	5 h	10,1	0,0032	39,7	21,7
18,7	08.02.2025	24 h	8,1	0,0015	32,2	17,6

Prüfnummer:	25-0012 / 250012	Körnungslinie	Entnahmedatum:	30.01.2025
Prüfdatum:	07.02.2025		Entnahme durch:	Auftraggeber
Baumaßnahme:	Bestimmung Materialkennwerte 2025 Geoconseils	Entnahmestelle:	Sammelprobe: MP S1 bis S4	
		Bodengruppe:	feinkörniger Boden	
		Bodenart:	leicht plastischer Ton, TL	
Bemerkung:	QBV : MP S1 bis S4 (gemischt)	Tiefe (in cm):	--	
Bewertungsgrundlage:	DIN 18196, feinkörniger Boden	Kennwert U:	$U = d_{60}/d_{10}$	
		Kennwert Cc:	$Cc = (d_{30})^2 / (d_{10} \times d_{60})$	

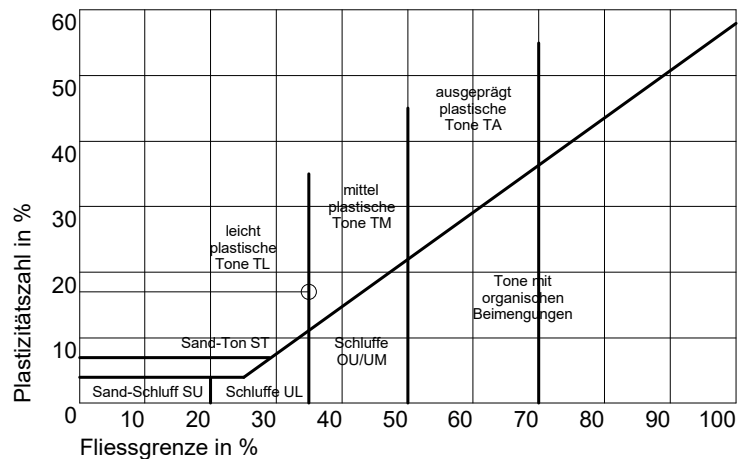
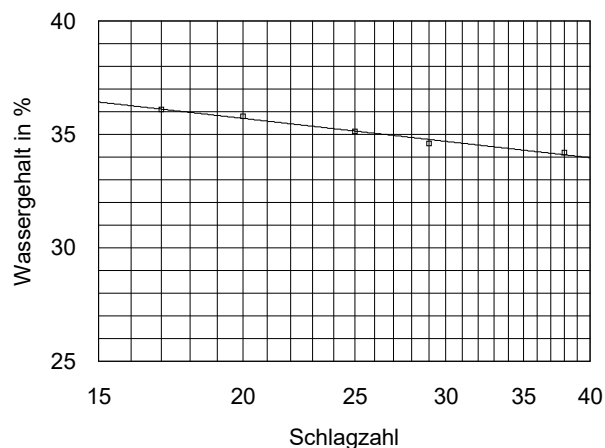
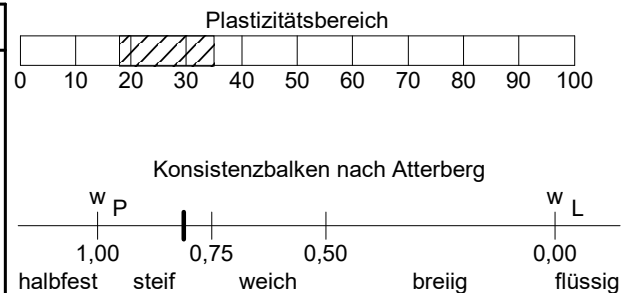


Bestimmung der Konsistenzgrenzen, DIN EN ISO 17892-12

Kennzeichen:	25-0012/250012	Entnahmeart:	gestört
Datum:	21.03.2025	Tiefe:	--
Bauvorhaben:	Bestimmung Materialkennwerte 2025 Geoconseils	Boden:	leicht plastischer Ton, TL
Auftraggeber:	GEOCONSEILS S. A.		feinkörniger Boden
Entnahmestelle:	Sammelprobe: MP S1 bis S4	Probenahme:	am 30.01.2025 durch Auftraggeber
Bemerkung:	--	Prüfung:	am 11.02.2025 durch Petruta Luntraru

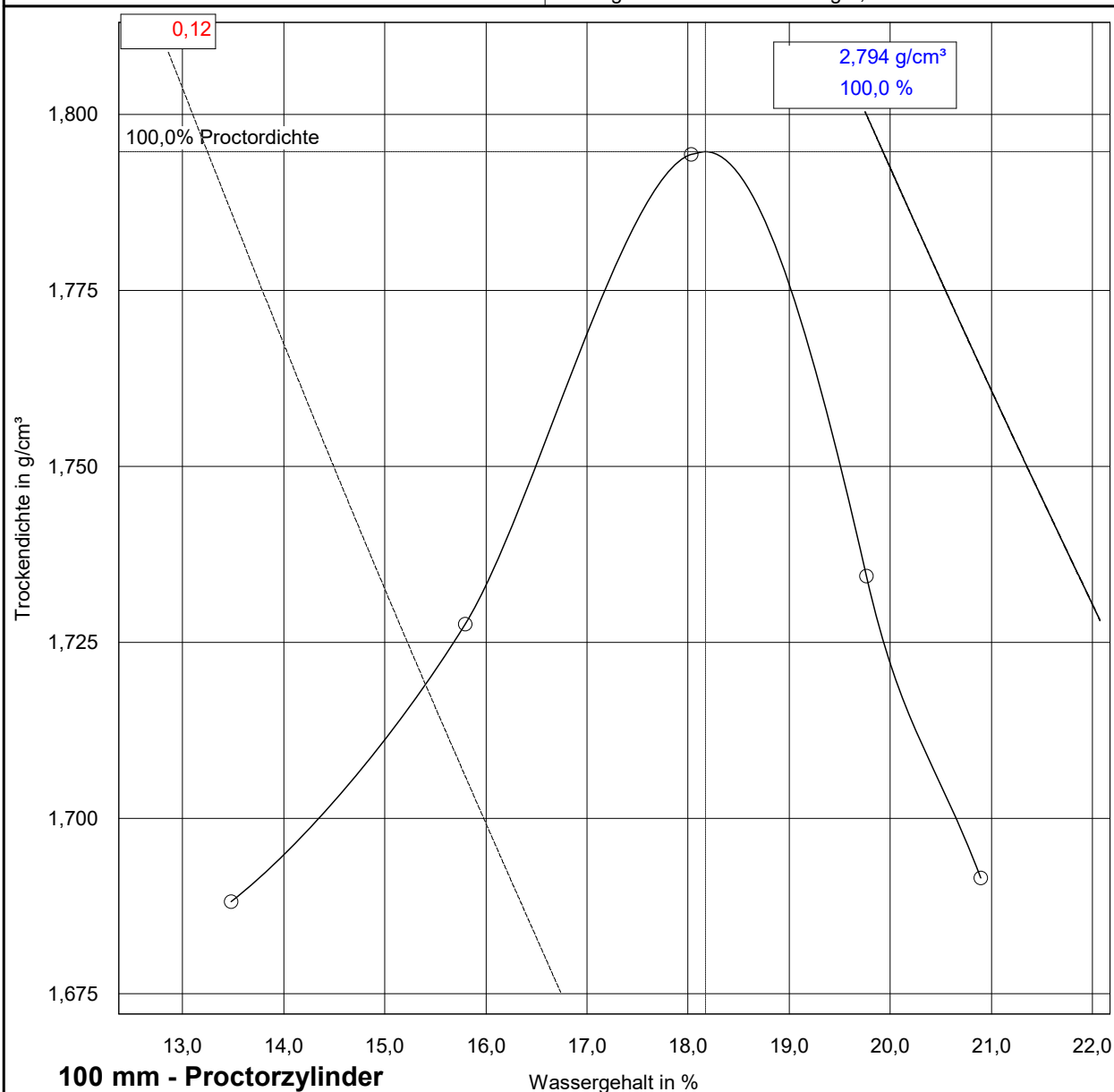
Versuchswerte								
	Fließgrenze				Ausrollgrenze			
Versuch	1	2	3	4	1	2	3	
Anzahl der Schläge	17	20	29	38				
feuchte Probe + Behälter [g]	58,67	56,47	56,99	56,61	43,71	47,75	48,18	
trockene Probe + Behälter [g]	53,19	51,34	51,88	51,86	42,73	46,64	47,43	
Behälter [g]	38,01	37,03	37,10	37,98	37,25	40,43	43,22	
Porenwasser [g]	5,48	5,13	5,11	4,75	0,98	1,11	0,75	
trockene Probe [g]	15,18	14,31	14,78	13,88	5,48	6,21	4,21	
Wassergehalt [%]	36,1	35,8	34,6	34,2	17,9	17,9	17,8	
Status								

Ergebnisse: Teil 1 der DIN EN ISO 17892-12			
Grösstkorn	16,00 mm	Fließgrenze w_L	35,0 %
Wassergehalt Probe w	18,2 %	Ausrollgrenze w_P	18,0 %
Wassergehalt Ükorn $w_{\bar{u}}$	- k.A. -	Plastizitätszahl I_P	17,0 %
Wassergehalt $w_{<0,4}$	21,2 %	Konsistenzzahl I_C	0,812
Trocken-M. Probe m_d	1185,00 g	Liquiditätszahl I_L	0,188
Trocken-M. Ükorn $m_{\bar{u}}$	166,20 g		
Anteil Überkorn \bar{u}	14,0 %		



DIN EN 13286-2:2013-02 - Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische Teil 2: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt - Proctorversuch

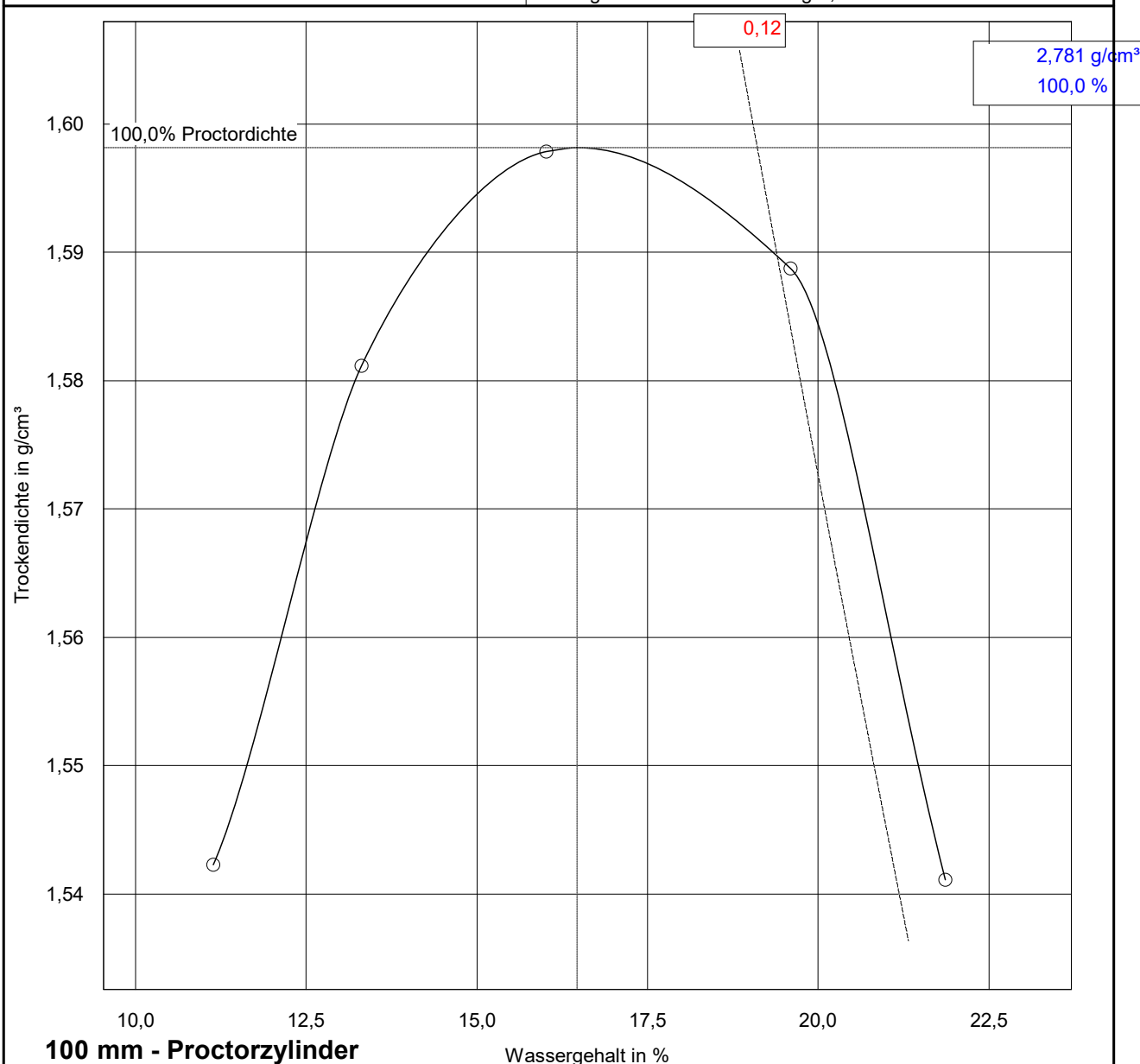
Prüfnummer:	25-0012 250012	Entnahmestelle:	Sammelprobe : MP S1 bis S4
Auftraggeber der Baumaßnahme:	GEOCONSEILS S. A.	Lage:	--
Baustelle:	--	Prüfschicht:	Planumszone
Ausführendes Unternehmen:		Baustoff:	leicht plastischer Ton, TL
Bemerkung:	Bestimmung Materialkennwerte 2025 Geoconseils	Bemerkung zum Baustoff:	bis TM / Proctorversuch ohne Bindemittel
		Entnahmedatum:	30.01.2025
		Entnahme durch:	Auftraggeber
		Prüfdatum:	11.02.2025
		Prüfung durch:	Pflüger, Michael



100% der Proctordichte: 1,795 g/cm³ optimaler Wassergehalt: 18,2 %

DIN EN 13286-2:2013-02 - Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische Teil 2: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt - Proctorversuch

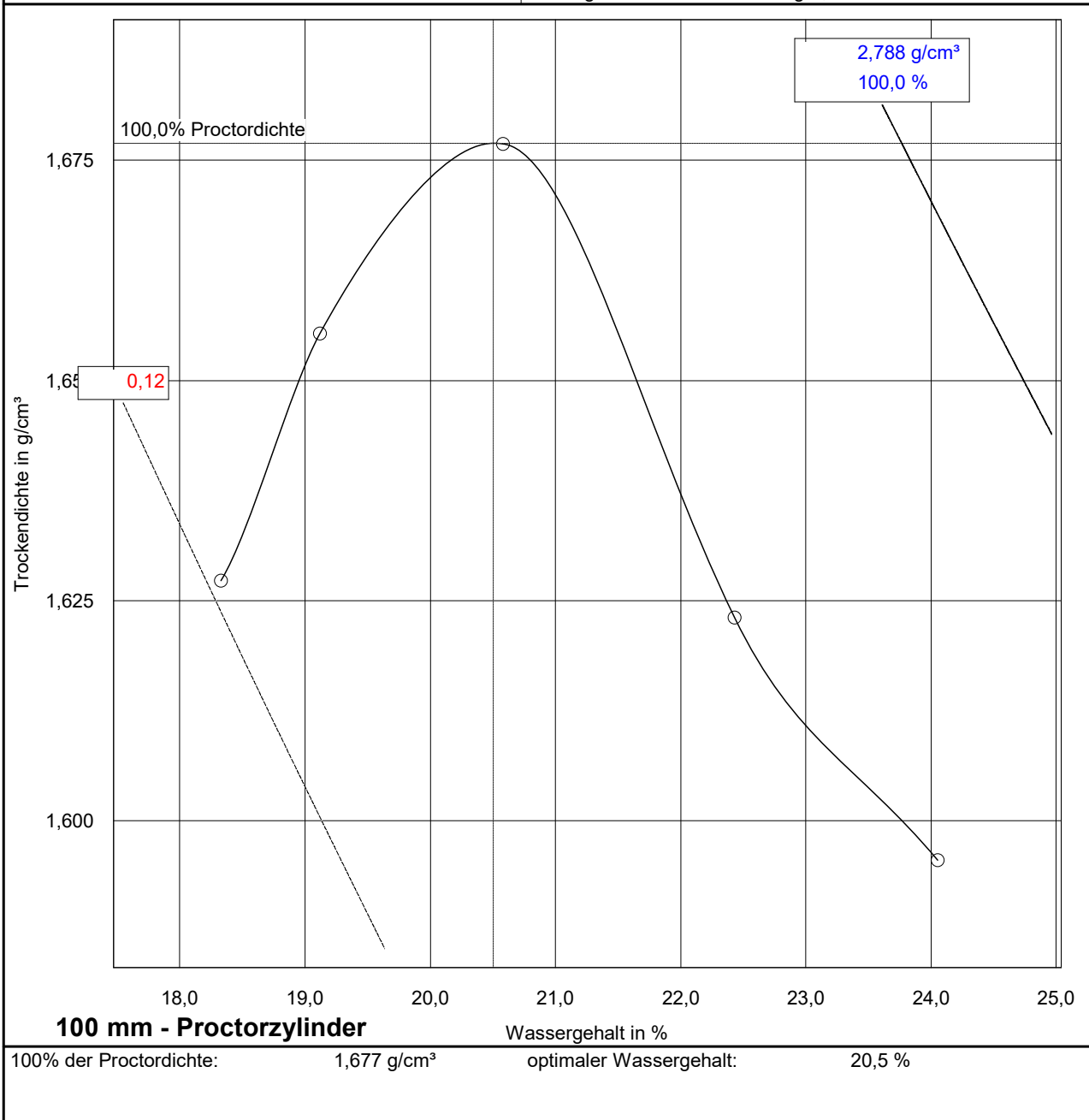
Prüfnummer:	25-0012 250012	Entnahmestelle:	Sammelprobe : MP S1 bis S4
Auftraggeber der Baumaßnahme:	GEOCONSEILS S. A.	Lage:	--
Baustelle:	--	Prüfschicht:	Bodenverbesserung
Ausführendes Unternehmen:		Baustoff:	leicht plastischer Ton, TL
Bemerkung:	Bestimmung Materialkennwerte 2025 Geoconseils	Bemerkung zum Baustoff:	bis TM / Proctorversuch mit 4,0 M.-% B50
		Entnahmedatum:	30.01.2025
		Entnahme durch:	Auftraggeber
		Prüfdatum:	18.02.2025
		Prüfung durch:	Pflüger, Michael



100% der Proctordichte: 1,598 g/cm³ optimaler Wassergehalt: 16,5 %

DIN EN 13286-2:2013-02 - Ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische Teil 2: Laborprüfverfahren für die Trockendichte und den Wassergehalt - Proctorversuch

Prüfnummer:	25-0012 250012	Entnahmestelle:	Sammelprobe : MP S1 bis S4
Auftraggeber der Baumaßnahme:	GEOCONSEILS S. A.	Lage:	--
Baustelle:	--	Prüfschicht:	Bodenverbesserung
Ausführendes Unternehmen:		Baustoff:	leicht plastischer Ton, TL
Bemerkung:	Bestimmung Materialkennwerte 2025 Geoconseils	Bemerkung zum Baustoff:	bis TM / Proctorversuch mit 6,0 M.-% B50
		Entnahmedatum:	30.01.2025
		Entnahme durch:	Auftraggeber
		Prüfdatum:	17.02.2025
		Prüfung durch:	Pflüger, Michael



PROBEKÖRPER

Herstellung und
Druckfestigkeit

Gesamtauftrag:		25-0012				Bauvorhaben:		Assistance géotechnique ZAMID ECO Mierschebiorg						
Teilauftrag:		250012				Entnahmestelle:		MP: S1 bis S4						
Prüfdatum:		26.02.25 - 20.03.25				Prüfschicht/Tiefe:		---						
Prüfer:		Molina				Bodenart:		TL/TM						
Probekörper Nr.:		[-]	4,0 M.-% B50			4,0 M.-% B50			6,0 M.-% B50			6,0 M.-% B50		
Herstelldatum:		[-]	20.02.25	20.02.25	20.02.25	20.02.25	20.02.25	20.02.25	19.02.25	19.02.25	19.02.25	19.02.25	19.02.25	19.02.25
Prüfdatum:		[-]	27.02.25	27.02.25	27.02.25	20.03.25	20.03.25	20.03.25	26.02.25	26.02.25	26.02.25	19.03.25	19.03.25	19.03.25
Abgleichen	Höhe vor Abgleichen (Mittel):	[cm]	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0	12,0
	Masse vor Abgleichen:	[g]	1738	1757	1748	1750	1742	1768	1828	1823	1769	1770	1764	1777
	Volumen vor Abgleichen:	[cm³]	942	942	942	942	942	942	942	942	942	942	942	942
	Dichte vor Abgleichen:	[g/cm³]	1,844	1,864	1,855	1,857	1,848	1,876	1,940	1,934	1,877	1,878	1,872	1,885
	Höhe nach Abgleichen (Mittel):	[cm]	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Druckfestigkeit	Bruchlast:	[N]	3861	3420	3533	4858	3924	4391	7652	7680	6891	8994	8174	9082
	Grundfläche:	[mm²]	7854	7854	7854	7854	7854	7854	7854	7854	7854	7854	7854	7854
	Druckfestigkeit:	[N/mm²]	0,49	0,44	0,45	0,62	0,50	0,56	0,97	0,98	0,88	1,15	1,04	1,16
	Druckfestigkeit (Mittel):	[N/mm²]	0,46			0,56			0,94			1,11		