Anhang 6: Beurteilung Verwertbarkeit Aushubmaterial

6.0: Synthesebericht von Pagani + Lanfranchi SA vom 30.03.2020. 10 Seiten A4

6.1: Anhang 1 zum Synthesebericht P+L: Übersichtstabelle Beurteilung Verwertbarkeit Aushubmaterial. 1. Seite A3

Übrige Anhänge zum Synthesebericht P+L weggelassen, entsprechen den Anhängen 4 und 5

pagani + lanfranchi sa ingegneri consulenti

Aufweitung Alpenrhein, Maienfeld - Bad Ragaz
Materialbewirtschaftung und Baustellenlogistik

Beurteilung Verwertbarkeit Aushubmaterial

Synthesebericht vom 30. März 2020

Baggerschlitz BS MP06-19 (Photo BTG)

Società di:
mawiGroup

Pagani + Lanfranchi sa

info@plcons.ch
www.plcons.ch

Viale Henri Guisan 6,
CH-6500 Bellinzona
Tel +41 91 835 4556
Fax +41 91 835 4558

Inhaltsverzeichnis

1 Fragestellung und Ausgangslage 3
2 Durchgeführte Arbeiten 4
2.1 Sondierstandorte 4
2.2 Probenahme 6
2.3 Untersuchungsprogramm 7
3 Untersuchungsresultate 8
3.1 Gesteinskörnungen für Beton 8
3.2 Gesteinskörnungen für ungebundene Gemische 9
3.3 Gesteinskörnungen für Verkehrsflächen 9
4 Schlussfolgerungen 10

Anhang:

1. Übersichtstabelle Beurteilung Verwertbarkeit Aushubmaterial
2. Baggersondierungen 2019: Aufzeichnungen und Fotodokumentation
   Aktennotiz vom 06.12.2019, Büro für Technische Geologie AG (BTG) Sargans
3. Eignungsabklärungen Geschiebematerial Alpenrhein Maienfeld / Bad Ragaz
   Schlussbericht vom 12.02.2020 (Bericht Nr. B19.534), Transgeo AG Gümligen

1 Fragestellung und Ausgangslage

Im Rahmen der geplanten Aufweitung des Alpenrheins Maienfeld / Bad Ragaz werden grosse Mengen an kiesigem Aushubmaterial anfallen, welche bevorzugt als Baustoffe weiterverwendet werden sollen.

Der Untergrund des Projektperimeters setzt sich grösstenteils aus kiesigen Rheinschottern zusammen. Lokal besteht die Deckschicht aus feinkörnigen Ablagerungen.

Im Rahmen des Vorprojekts wurden bereits 5 Baggersondierungen im Jahr 2010 und 10 weitere Baggerschlitze im Jahre 2018 durchgeführt. Von Interesse waren dabei die Verbreitung und die Mächtigkeit der feinkörnigen Deckschichten sowie die Korngrössenverteilung der Rheinschotter inklusive Überkornanteil.

Im Hinblick auf die optimale Verwertung des meist kiesigen Materials wurde im Juni 2019 beschlossen, eine weitere Sondierkampagne durchzuführen und daraus Proben für Laboruntersuchungen zu entnehmen.

Die Laboruntersuchungen sollen insbesondere Aufschluss über die Verwendbarkeit des Geschiebematerials als Gesteinskörnung für Beton (GFB) oder für ungebundene Gemische im Strassenbau geben.

Die Qualitat und die Anforderungen an die Gesteinskornungen werden durch die entsprechenden Normen abgedeckt (Gesteinskornung fur Beton, SN 670 102b-NA; Gesteinskornung fur ungebundene und hydraulisch gebundene Gemische fur Ingenieur- und Strassenbau, SN 670 119-NA).

Für die Materialanalysen wurde im Einladungsverfahren das Prüflabor Transgeo AG, Gümligen (BE) beauftragt (vgl. separater Bericht Transgeo im *Anhang 3*).

Die Proben wurden am 13.11.2019 durch den Rheinunternehmen entnommen, in Absprache und unter Begleitung des Projektgeologen Büro für technische Geologie BTG AG Sargans, der auch die geologische Befunde aufnahm (vgl. separater Bericht BTG im *Anhang 2*).

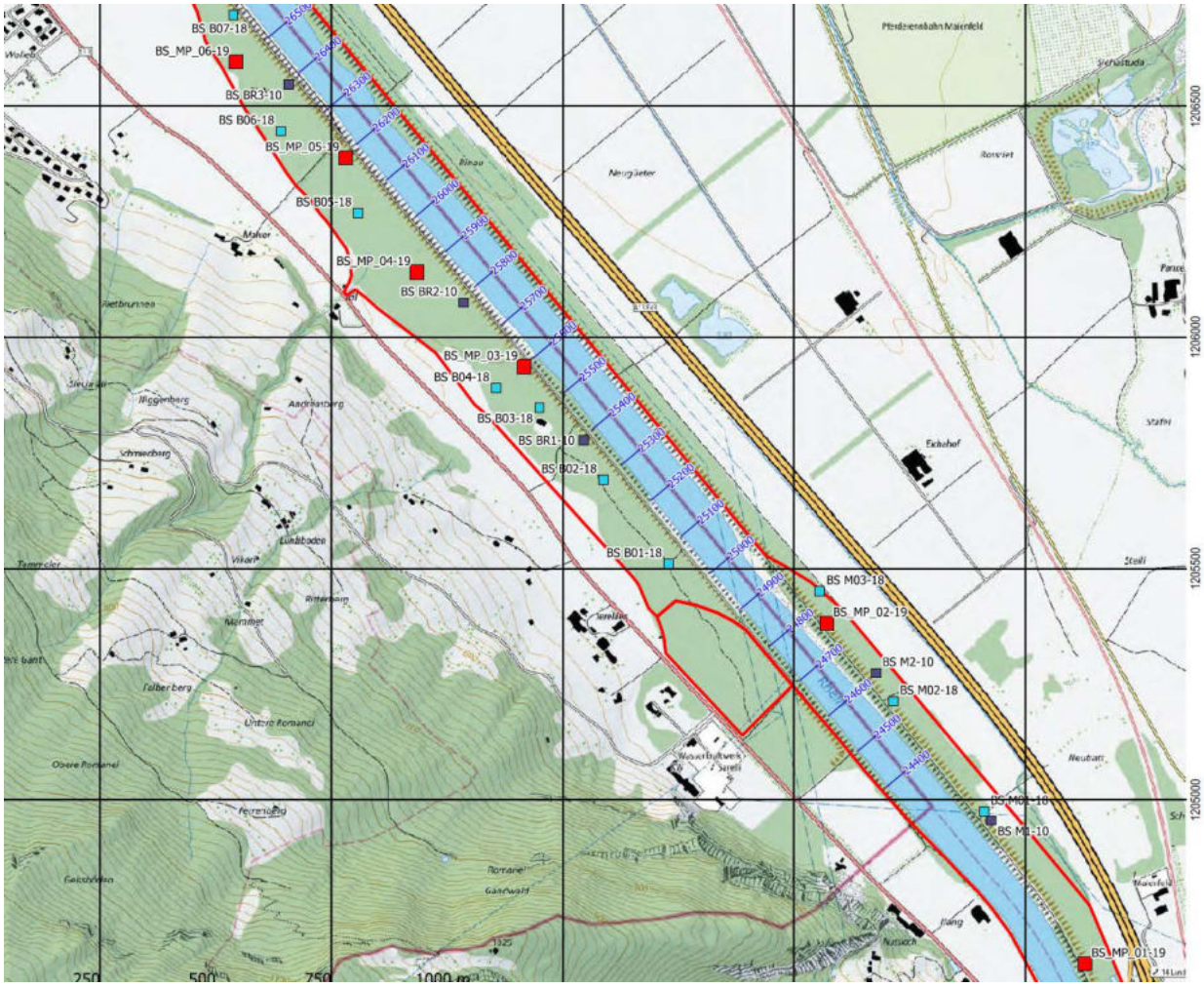
2 Durchgeführte Arbeiten

2.1 Sondierstandorte

Die Sondierstandorte bzw. die Probeentnahmestellen wurden vorgängig in Absprache zwischen Rheinunternehmen und Planerteam festgelegt. Die Standorte sollten repräsentativ für das Projekt, für den Bagger gut erreichbar und ohne Überquerung von Landwirtschaftlichem Gebiet erreicht werden können.

Bezeichnung	Rhein-km	Gemeinde	x_LV95	y_LV95	Lage
BS_MP_01-19	24.00	Maienfeld	2'760'545	1'204'788	luftseitiger Dammfuss
BS_MP_02-19	24.75	Maienfeld	2'760'081	1'205'378	luftseitiger Dammfuss
BS_MP_03-19	25.50	Bad Ragaz	2'759'417	1'205'937	luftseitiger Dammfuss
BS_MP_04-19	25.90	Bad Ragaz	2'759'182	1'206'130	Wald
BS_MP_05-19	26.20	Bad Ragaz	2'759'046	1'206'397	luftseitiger Dammfuss
BS_MP_06-19	26.50	Bad Ragaz	2'758'799	1'206'590	Waldrand

Am 13. November 2019 wurden durch das Rheinunternehmen 6 Baggerschlitze auf 3.3 m bis 3.9 m Tiefe unter Terrain ausgeführt (rot markiert).



In 3 der 6 Sondierungen wurden 1.2 m bis 1.7 m mächtige feinkörnige Deckschichten angetroffen. In den restlichen 3 Baggerschlitzen folgt unter einer geringmächtigen Waldbodenschicht direkt der Rheinschotter. Wie bereits in den Sondierungen 2010 und 2018 wurden die feinkörnige Deckschicht vor allem auf Seite Maienfeld angetroffen.

Eine Ausnahme bildet der auf Bad Ragazer Seite liegende Baggerschlitz BS MP03-18, in dem eine 1.2 m mächtige, siltige Feinsandschicht als Deckschicht vorgefunden wurde.

Die Rheinschotter bestehen mehrheitlich aus sandigem bis zum Teil stark sandigem (BS MP05-19) Kies. Der im Feld abgeschätzte Anteil an Steinen/Blöcke mit einer b-Achse > 125 mm (Überkorn) beträgt für die Baggerschlitze auf Bad Ragazer Seite um die 10 – 20 %. In BS MP02-19, auf Maienfelder Seite, liegt der Überkornanteil bei ca. 40 %.

Die Dammschüttung liegen direkt unter einer geringmächtigen Waldbodenschicht. Beim Schüttmaterial handelt es sich um umgelagerten Rheinschotter mit z.T. erhöhtem Siltanteil.

Seite Maienfeld			
Nr.	Deckschicht	Feinkörnige Zwischenschichten	Beschreibung
MP01-19	1.6 m	2.0 – 3.0 m	Sand / Feinsand
		3.0 – 3.3 m	ehem. Waldboden
MP02-19	1.7 m	1.7 – 2.6 m	Sand
		2.6 – 2.7 m	ehem. Waldboden
Seite Bad Ragaz			
Nr.	Deckschicht	Feinkörnige Zwischenschichten	Beschreibung
MP03-19	1.2 m	keine	-
MP04-19	keine	keine	-
MP05-19	keine	0.7 – 1.0 m	ehem. Waldboden
MP06-19	keine	0.5 – 0.7 m	ehem. Waldboden

Im Anhang 2, Tabelle 2 findet sich eine Übersicht der angetroffenen Deckschichtmächtigkeiten und der feinkörnigen Zwischenschichten in den Rheinschottern pro Baggerschlitz.

2.2 Probenahme

Insgesamt wurden 8 Rheinschotter- und 3 Dammproben entnommen:

- Rechtes Rheinufer, Maienfeld (2 BS)
- Linkes Rheinufer, Bad Ragaz (6 BS)
- Damm (3 BS), 1x rechtes und 2x linkes Rheinufer

Bild 1: BS_MP_02 Maienfeld Probeentnahme ab ~3.0m OKT

Bild 2: Detailaufnahme Aushubmaterial BS_MP_02

Bild 3: BS_MP_04 Bad Ragaz Probeentnahme ab ~3.0 m OKT

Bild 4 BS_MP_05 Bad Ragaz Probeentnahme ab ~3.0 m OKT

Für die Prüfungen wurden ca. 1.2 Tonnen Material gesammelt und in unser Labor nach Gümligen transportiert.

2.3 Untersuchungsprogramm

Für die Laboruntersuchungen wurden die Komponenten <125mm beprobt. Es handelt sich hierbei um mehrheitlich gut gerundetes Geschiebematerial mit einer ähnlichen petrographischen Zusammensetzung (hauptsächlich Karbonatgesteine).

Das Untersuchungsprogramm wurde vom Auftraggeber festgelegt und während den Prüfungen leicht angepasst. Nach einer ersten Beurteilung durch den Auftraggeber erschien primär der Verwendungszweck als Gesteinskörnungen für Beton denkbar.

Sondierung	Probe	Deckschicht		Probentiefe ab OKT		Untersuchungen gemäss Leistungsverzeichnis													
		vermutet	tatsächlich	von	bis	4a	5a	5b	7a	7b	7c	7d	8a	9a	10a	11a	12a	13a	13b
Maienfeld (rechtes Rheinufer)																			
BS_MP_01-19	Kies hoch	1.5 m	1.5 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BS_MP_01-19	Kies tief			3.00	3.50	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
BS_MP_02-19	Kies hoch	gering	1.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BS_MP_02-19	Kies tief			3.50	3.90											1	-	-	-
Bad Ragaz (linkes Rheinufer)																			
BS_MP_03-19	Kies hoch	1.5 m	1.2 m	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
BS_MP_03-19	Kies tief			3.00	3.50	-	-	-	-	-	-	-	-		-	1		-	-
BS_MP_04-19	Kies hoch	1 m	gering	1.50	2.00	-	-	-	-	-	-	-				1	-	-	-
BS_MP_04-19	Kies tief			3.00	3.50	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
BS_MP_05-19	Kies hoch	gering	gering	1.00	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-		
BS_MP_05-19	Kies tief			3.00	3.50	1	1	1	3	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
BS_MP_06-19	Kies hoch	gering	gering	1.00	1.50	-	-	-	-	-	-	-				-	-	-	-
BS_MP_06-19	Kies tief			2.50	3.00	-	-	-	-	-	-	-			-	1	-	-	-
Damm																			
BS_MP_01-19	Damm	gering		1.00	1.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
BS_MP_03-19	Damm			0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
BS_MP_05-19	Damm			0.50	1.00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	-	-
Anz. Untersuchungen						3	3	3	9	3	3	3	3	6	3	11	3	3	3
Anz. Unters. gem. LV		= Maximum				2	2	2	12	4	4	4	4	16	4	11	4	4	4

Zusätzlich wurde auch der Einsatz als ungebundene Gemische (Fundationsschichten), sowie untergeordnet auch als Gesteinskörnungen für Verkehrsflächen (Splitt für Asphaltbeläge) ergänzt und abgeklärt.

Alle Untersuchungen wurden nach den in der Schweiz gültigen Normen durchgeführt und bewertet.

3 Untersuchungsresultate

Die Ergebnisse sind im *Anhang 1* tabellarisch zusammengefasst. Im *Anhang 3* sind die entsprechenden Details und die Kommentare des Prüflabors ersichtlich.

3.1 Gesteinskörnungen für Beton

Anforderungen:

Die Anforderungen an das Rohmaterial sind so festgelegt, dass daraus Gesteinskörnungen für einen Qualitätsbeton der Festigkeitsklasse C30/37 (nach SN EN 206-1) und mehr aufbereitet werden kann (die anschliessende materialgerechte Aufbereitungstechnik wird dabei vorausgesetzt).

Gesteinskörnungen für Beton werden in der Schweiz gemäss SN VSS 670 102-NA zu SN EN 12620 sowie nationalen Elementen beurteilt. Für die petrographisch ungeeigneten Komponenten werden die im Kanton Graubünden (TBA GR) für die Ausführung von Kunstbauten[1] in den „Besonderen Bestimmungen Teil 2" festgelegten Grenzen berücksichtigt.

Ergebnisse:

Die untersuchten Gesteinskörnungen für Beton entsprechen in den untersuchten Kriterien den normativen Anforderungen.

Zur Kornform: Der Plattigkeitsindex von maximal 35 wird von allen Proben mit Werten zwischen 12 bis 24 deutlich und mit genügender Reserve unterschritten.

Zur Wasseraufnahme und Rohdichte:

Die Wasseraufnahme aller geprüften Gesteinsproben liegt deutlich unter 1%. Gesteine mit einer-Wasseraufnahme unter 1% gelten als frostresistent und eignen sich somit für Beton mit Anforderungen an den Frostwiderstand.

Die Rohdichte (wassergesättigt, oberflächentrocken) liegt mit 2.64 bis 2.68 t/m3 im zu erwartenden Bereich.

Zu den petrographisch ungeeigneten Komponenten bzw. den Anteilen an freien Schichtsilikaten:

Als petrographisch ungeeignete Komponenten gelten poröse, dünnplattige oder glimmerreiche Körner. Als freie Schichtsilikate zählen vor allem die freien Glimmerplättchen in der Sand-Referenzfraktion 0.25 – 0.5.

- Der Sand, als kritische Fraktion, erfüllt die die Anforderungen gemäss TBA GR; die Anteile an freien Schichtsilikaten liegen in der untersuchten Korngruppe 0.25 / 0.5mm unter 10 Stück-%.
- Der Grenzwert von 2-Stück-%gem. SN VSS 670 102-NA zu SN EN 12620 erscheint wenig praxistauglich. Es ist möglich, auch mit hohen Schichtsilikat-Anteilen im Sand qualitativ ansprechende Betonsorten herzustellen.

[1] Besondere Bestimmungen Teil 2

Zur Alkali-Aggregat-Reaktion (AAR):

Die Gesteinskörnungen werden aufgrund der Ergebnisse der Micro-Bar Prüfung und ihrer petrographischen Zusammensetzung hinsichtlich der Alkali-Aggregat-Reaktion als potentiell reaktiv eingestuft. Das bedeutet, dass die Gesteinskörnungen für die Herstellung von Beton verwendet werden können, der Nachweis betreffend AAR-Sicherheit muss jedoch mit dem Beton Performance Test erbracht werden.

3.2 Gesteinskörnungen für ungebundene Gemische

Die Materialien wurden im Anlieferungszustand geprüft, auf vorgängiges Brechen und / oder klassieren wurde verzichtet. An den Damm-Materialien wurden nur die Kornverteilungen bestimmt, auf weitere Untersuchungen wurde verzichtet.

Anforderungen:

Gesteinskörnungen für (un-) gebundene Gemische werden in der Schweiz gemäss SN EN 13242 / 13285 (SN VSS 670 119-NA sowie nationalen Elementen) beurteilt.

Ergebnisse:

Die untersuchten Gesteinskörnungen und Korngemische für ungebundene Gemische entsprechen allen normativen Anforderungen.

Die Kornverteilungen der Proben Maienfeld / Bad Ragaz unterschieden sich im einzelnen teilweise deutlich, im Durchschnitt können die Materialien der beiden Flussufer jedoch als sehr ähnlich bezeichnet werden. Die detaillierten Untersuchungsresultate betreffend Kornzusammensetzungen sind im Anhang 3 ersichtlich.

Zur Frostbeständigkeit: das Material wird als frostsicher eingestuft. Die Feinanteile < 0.063mm betragen weniger als 3 Masse-% und das Anforderungskriterium an die CBR Frostprüfung wurde klar erreicht.

Die Tragfähigkeit des Materials wird in Feldversuchen mittels M_E-Messungen bestimmt. Die gemessenen CBR-Werte im Labor von über 100 lassen auf eine gute Belastbarkeit der verdichteten Materialien schliessen. Mit dem Einsatz eines mobilen Prallbrechers mit nachgeschalteter Klassierung bei 63mm (oder 80mm) können diese Eigenschaften zusätzlich verbessert werden.

3.3 Gesteinskörnungen für Verkehrsflächen

Der gemessene **PSV Wert (Polished Stone Value / Abriebwiderstand)** an den gebrochen Gesteinskörnungen (Splitt) ergab einen Wert von 53 und **erfüllt die normativen Anforderungen** (Grenzwert gemäss SN VSS 670 103-NA SN EN 13043 liegt bei 50). Der relativ hohe (gute) Wert ist auf die deutlichen Quarzsand Anteile in den Gesteinen zurückzuführen.

Für eine abschliessende Beurteilung betreffend Verwendung der gebrochenen Materialien als Gesteinskörnungen für Verkehrsflächen (Splitt für Asphaltbeläge) sind jedoch noch weiterführende Untersuchungen notwendig.

4 Schlussfolgerungen

Aufgrund der vorliegenden Untersuchungsergebnisse können die geprüften Geschiebematerialien für die Produktion von **Gesteinskörnungen für Beton** wie auch von **ungebundenen Gemischen verwendet werden**.
Der gute Widerstand gegen Abrieb (PSV) der gebrochenen Materialien spricht für eine Verwendung als **Gesteinskörnungen für Verkehrsflächen** (Splitt für Asphaltbeläge).

Pagani + Lanfranchi SA
Bellinzona, 30.03.2020

Paolo Lanfranchi

Beurteilung Verwertbarkeit Aushubmaterial: Resultate der Laboranalysen

						GFB Untersuchungen		CBR / Proctor	Kornverteilung						Spezialunter. GFB	Spezialunter. GFB	Kornverteilung Dammmaterial		
Probenbezeichnung					Probe Nr.	**001A**	**001B**	**001C**	**002A**						**002B ZB I**	**002C ZB I**	**003**		
						Maienfeld	**Maienfeld**	**Maienfeld**	**Bad Ragaz**	**Bad Ragaz**	**Bad Ragaz**	**Bad Ragaz**	**Bad Ragaz**	**Bad Ragaz**	**Bad Ragaz**	**Bad Ragaz**	**Damm**	**Damm**	**Damm**
						BS_MB_01-19	**BS_MB_02-19**	**BS_MB_01-19**	**BS_MB_03-19**	**BS_MB_04-19**	**BS_MB_04-19**	**BS_MB_05-19**	**BS_MB_05-19**	**BS_MB_06-19**	**BS_MP_04-19**	**BS_MP_05-19**	**BS_MP_01-19**	**BS_MP_03-19**	**BS_MP_05-19**
					Gestein	Kies tief		Aushubmaterial	Aushubmaterial	Aushubmaterial	Aushubmaterial	Aushubmaterial	Aushubmaterial	Aushubmaterial	Kies tief	Kies tief	Aushubmaterial	Aushubmaterial	Aushubmaterial
					h. (m)	3.00-3.50 m	3.50-3.90 m	3.00-3.50 m	3.00-3.50 m	1.50-2.00 m	3.00-3.50 m	1.00-1.50 m	3.00-3.50 m	2.50-3.00	3.00-3.50 m	3.00-3.50 m	1.00-1.50 m	0.50-1.00 m	0.50-1.00 m
					Labor. Nr.	19.6549	19.6550	19.6549	19.6551	19.6552	19.6553	19.6554	19.6555	19.6556	19.6553	19.6555	19.6557	19.6558	19.6559
					Datum Probenanlieferung	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019	13.11.2019
	Norm	**Bemerkung**		**Einheit**	**Richtwert**														
Physikalische Eignung der Gesteinskörnungen:																			
Kornzusammensetzung : Siebanalyse (Sieben Korngemisch 0-45 (D) mm		< 0.063		[M-%]	≤ 3%	1.9	2.8	2.8	0.8	1.5	1.7	1.3	1.2	2.7	1.7	1.2	9.0	2.0	2.4
		0.063 < 4		[M-%]		24.6	23.7	23.7	22.9	24.5	32.5	24.6	23.8	26.6	32.5	23.8	42.1	30.8	16.9
		4 < 32		[M-%]		51.7	51.7	54.5	34.9	42.4	40.3	38.4	44.2	50.2	40.3	44.2	24.1	35.1	44.4
		32 < max		[M-%]		21.8	21.8	19.0	41.4	31.6	25.5	35.7	30.8	20.5	25.5	30.8	24.8	32.1	36.3
						100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0
Kornform: Plattigkeit Gesteinkörnungen	SN EN 933-3				(FI ≤35)		16.0	16.0			19.0		18.0		19.0	18.0			
Los-Angeles Test		4/8 mm			(LA≤40)		22.0	22.0			22.0		23.0		22.0	23.0			
Los-Angeles Test		11/16 mm					24.0	24.0			26.0		25.0		26.0	25.0			
Rohdichte und Wasseraufnahme	SN EN 1097-6	Scheinbare Rohdichte P_a	0/4 mm	t/m^3	2.0 < x < 3.0		2.67								2.64	2.65			
			4/32 mm				2.68								2.68	2.68			
Wasseraufnahme		WA_{24}	0/4 mm	%	WA_{24} < 1.0		0.6								0.70	0.70			
			4/32 mm				0.4								0.40	0.30			
Frostbeständigkeit (CBR-Versuch)	SN 670'320b				CBR_2/CBR ≥ 0.5			0.9											
	SN 670'321a				CBR_F/CBR ≥ 0.5			1.1											
Proctor-Verdichtungsversuch	SN 670'330-2a e SN 670'119-NA	Optimaler Wassergehalt		[%]	informativo			6.3											
		Trockendichte		$[t/m^3]$				2.27											
Gesteinhärte																			
Abrasivität																			
Brechbarkeitsindex	AFNOR P 18-579			[-]	≤ 75														
Indirekte Zugfestigkeit Point Load Test Is50	ISRM	Senkrecht zurSchieferung		N/mm^2	≥ 3.0														
Indirekte Zugfestigkeit Point Load Test Is50	ISRM	Parallel zurSchieferung		N/mm^2	≥ 2.0														
Petrographisch-chemische Eignung:																			
Petrografhische Beschreibung		Fels	Haupt-lithologie				Sandige Kalke								Sandige Kalke	Sandige Kalke			
			Neben-lithologie				Diverse Kalke								Diverse Kalke	Diverse Kalke			
							Calcite Kristalline und Metamorphika Quarze und Quarzite								Calcite Kristalline und Metamorphika Quarze und Quarzite	Calcite Kristalline und Metamorphika Quarze und Quarzite			
Petrografhische Eignung (Grobe Korngruppen)	SN VSS 670'102-NA SN EN 12620 [TBA GR BB2]	ungeeignete Komponenten	4/32 mm	[M-%]	≤ 5 (<10)		1.4								1.7	3.8			
			32/max	[M-%]	≤ 5 (<10)		0.4								0.9	0.5			
Petrografhische Eignung (feine Korngruppen)		ungeeignete Komponenten	2/4 mm	[M-%]	≤ 5 (<10)		2.1								3.9	3.6			
			0.25/0.5 mm	[M- / Stk-%]	≤ 2 (<10)		7.0								6.8	7.5			
Alkali-Aggregat-Reaktion: AAR: Mikrobar				%	≤ 0.11														
Verhältnis Zement / Gesteinkörnung = 2							0.21								0.16	0.19			
Verhältnis Zement / Gesteinkörnung = 5							0.11								0.09	0.11			
Verhältnis Zement / Gesteinkörnung = 10							0.07								0.07	0.07			
Polierwiderstand PSV: gebrochen (Laborbrecher)	SN VSS 670'103-NA SN EN 13043		8/11 mm	PSV	>50										53.0				
Polierwiderstand PSV: rund	SN VSS 670 '102a EN 12620		8/11 mm	PSV	>44										48.0				

Legenda:

- geeignet
- nicht geeignet
- Grenzbereich
- n.d. — nicht durchgeführt