



Tiefbauamt

Kantonsstrasse **Nr. 76**
RMS-Kilometer **km 02.064**
Gemeinde **Bad Ragaz**

Bauobjekt **Stützbauwerk Valurrank**

Plan, Massstab **Technischer Bericht**

02-1

Projektverfasser CASUTT WYRSCH ZWICKY AG dipl. Bauingenieure und Planer Sillisweg 10 7310 Bad Ragaz T 081 287 10 50 www.cwz.ch	Genehmigungsvermerke Entwurf	vom TBA freigegeben		
Plan 01.02-1 Projekt B36.2.076.010 Mn/FGS FinV	Ausfertigung für	Format A4		
Vorstudie	Entwurf	Gezeichnet	Geprüft	Datum
Vorprojekt	J.M.		R.W.	31.05.2021
Bauprojekt				
Genehmigungs-/Auflageprojekt				
Ausschreibung				
Ausführungsprojekt				
Dok. des ausgeführten Werks				



Impressum

Vertragspartner

Auftragnehmer	
Casutt Wyrsch Zwicky AG	
Dipl. Bauingenieure und Planer	
Sillisweg 10	
7310 Bad Ragaz	
Tel. :	081 287 10 50
E-Mail :	info@cwz.ch
Verfasser:	J. Müller / R. Wyrsch

Auftraggeber	
Tiefbauamt Kanton St. Gallen	
Abteilung Kunstbauten	
Lämmlibrunnenstrasse 54	
9001 St. Gallen	
Tel. :	058 229 34 94
E-Mail :	jose.branas@sg.ch
Kontaktpersonen:	J. Brañas

Änderungsverzeichnis

Version	Anpassung / Änderung	Verfasser	Datum
1.0	Erstfassung	Josef Müller / Rafael Wyrsch	31.05.2021

Verteiler

Firma	Name	Version							
Tiefbauamt Kanton St. Gallen	J. Brañas	1.0							

Allg. Informationen

Dateiname:	R:\2168 Valurrank Bad Ragaz - Pfäfers\01 Admin\003 Vorprojekt\B36.2.076.010 Technischer Bericht Stützbauwerk Valurrank.docx
Aktuelle Version:	1.0
Anzahl Seiten:	31
Unterschrift Auftragnehmer:	



Inhalt

1	Zusammenfassung	6
2	Ausgangslage	7
3	Projektbeschrieb Stützbauwerke	8
3.1	Grundlagen	8
3.1.1	Allgemeines	8
3.1.2	Baugrund	9
3.1.3	Hydrologie	9
3.1.4	Prozess Rutschung	9
3.2	Variantenstudium	11
3.2.1	Einleitung	11
3.2.2	Variante 1	13
3.2.3	Variante 2	16
3.2.4	Verkehrsführung Bautätigkeit	18
3.2.5	Bauabläufe	19
3.2.6	Kostenschätzung	21
3.2.7	Variantenbeurteilung	22
3.3	Projekt	26
3.3.1	Vertikale und horizontale Linienführung	26
3.3.2	Normalquerschnitt	26
3.3.3	Belagsbewehrung Lehenbauwerk	27
3.3.4	Tragkonstruktion Kunstbauten	27
3.3.5	Materialien	29
3.4	Werke	30
4	Umwelt	30
4.1	Erscheinungsbild	30
4.2	Altlasten	30
4.3	Wald, Rodungen	30
4.4	Grund- und Oberflächengewässer	30
4.4.1	Entwässerung	30
5	Verkehrssicherheit, Unfallstatistik	31



6	Termine und Bauablauf	31
6.1	Termine	31
6.2	Bauablauf	31
7	Unterschrift	31



1 Zusammenfassung

Im Bereich der Kantonsstrasse zwischen Bad Ragaz und Pfäfers sind in den 1980er Jahren talseitig der Strasse zwei Rutschungen eingetreten, worauf die talseitigen Böschungen mit rückverankerten Spundwänden stabilisiert wurden. Die letzte Inspektion hat ergeben, dass die Spundwandkonstruktionen einen schlechten Zustand aufweisen.

Die vorhandene Strassenanlage genügt zudem in diesem Abschnitt unter dem vorliegenden Verkehr hinsichtlich Sichtweiten, Kreuzungsmöglichkeiten und Längsgefälle den heutigen Anforderungen in keiner Weise. So soll die Strasse in diesem Zusammenhang in der Linienführung korrigiert, in der Breite angepasst und auf die angrenzenden Bereiche abgestimmt werden. Dies auch um die entsprechenden Bau- und Verkehrsphasen sicherstellen zu können.

Im Rahmen des Variantenstudiums waren verschiedene Lösungsansätze bei der Linienführung und bei der Situierung der Kunstbauten zu vergleichen.

Zu Beginn wurden die Randbedingungen für das Erarbeiten der optimalen Linienführungen und der dazu erforderlichen Kunstbauten definiert. Diese Randbedingungen schlossen eine Variante 0 ohne Korrektur der Linienführung aus, zumal ein Bauen unter Verkehr sehr erschwert und der Verkehr stark behindert würde.

Linienführungsvarianten wurden zwei detailliert ausgearbeitet. Die Variante 1 beinhaltet zwei «Untervarianten», um die Konzeptionierung der Kunstbauten in Bezug auf die geologisch- sowie geotechnischen Randbedingungen betrachten zu können.

Die Variante 1.1 und 1.2 übernimmt den Charakter des bestehenden Strassenzuges. Die erforderlichen Sichtweiten sowie die Vorgabe der Ausbaugeschwindigkeit werden dabei mit einer guten Einpassung in die Topographie befriedigend erreicht. Der Minimalradius im Bereich der geplanten Brücke beträgt 40 m. Dies entspricht einer Ausbaugeschwindigkeit von etwas weniger als 40 km/h. Das Längsgefälle konnte über den gesamten Abschnitt so ausgelegt werden, dass der heute sehr steile im Winter problematische Abschnitt etwas flacher ausfällt. So wird nun ein konstantes Längsgefälle von 10,3% erreicht. Zudem kann mit der Abflachung in den geotechnisch heikleren Abschnitten eine Hangaufflasterhöhung tief oder über alles betrachtet kompensiert werden. Weiter reduzieren sich daraus die Stützkonstruktionshöhen obwohl die Strasse auf die heute gültige Normalbreite talseits zu verbreitern ist. Die Querneigungen und deren Gefällwechsel erfolgten gemäss den gültigen VSS-Normen. Beim Bestimmen des sekundären Längsgefälle wurde auf eine möglichst komfortable Fahrdynamik geachtet.

Die Variante 2 unterscheidet sich zur Variante 1 insbesondere bei der horizontalen Linienführung mit den vorgesehenen Kunstbauten im unteren Bereich (m 320 bis m 400) im Anschluss Richtung Bad Ragaz. In diesem Abschnitt liegt eine direktere Linienführung vor, um die ursprünglich vorgegebenen Ausbaugeschwindigkeiten besser erfüllen zu können.

Die Verkehrsführung ist während der Bautätigkeit bei beiden Varianten praktisch identisch. Die Bauarbeiten können grundsätzlich unter der einspurigen Verkehrsführung ausgeführt werden. Bei beiden Varianten konnte eine Fahrbahnbreite im Baustellenbereich von 4.00 m

ausgewiesen werden. Die Schleppkurvennachweise des 15.0 m Buses gelten unter sämtlichen Bauphasen als erfüllt.

Aufgrund des Vergleiches und der Erläuterungen im Kap. 3.2.7 fällt der Antrag der Bestvariante auf die Variante 1.2.

Die Ausarbeitung der Bestvariante erfolgte im Rahmen des Vorprojektes. Die Linienführung stammt aus dem Variantenstudium bei der einzig die Querneigungen noch zu präzisieren waren. Auf Grundlage dieses Strassenprojektes waren die Kunstbauten auszuarbeiten. Dabei waren die Fundationen auf ihre Tiefen zu präzisieren und die Stützmauerhöhen festzulegen. Mit der expliziten statischen Vorbemessung konnten die Lehenbauwerksabmessungen bestätigt und die Lage der Schächte sowie der Verlauf der Lehenbauwerkrückwand bestimmt werden. Die Abmessungen der Brücke St. Niklausen konnten auf den Geländeverlauf eingepasst werden. Die Stützmauerabmessungen mit deren Tiefenfundationen stammen aus Normalien von ausgeführten Objekten ähnlicher Situierung sowie geologischen Randbedingungen.

2 Ausgangslage

Die Kantonsstrasse Nr. 76 zwischen Bad Ragaz und Pfäfers soll auf dem Abschnitt zwischen km 01.815 und km 02.130 auf einer Streckenlänge von rund 380 Meter instand gestellt werden. Der Strassenabschnitt befindet sich in einem Steilhang. Die Trassierung verläuft bergseits abschnittsweise im anstehenden Ragzerflysch. Hingegen liegen die talseitigen Stützkonstruktionen teils im Hangschutt mit geringen Stabilitätsreserven.

In den 1980er Jahren waren talseitig der Strasse zwei Rutschungen eingetreten, worauf der talseitige Strassenrand mit rückverankerten Spundwänden stabilisiert wurden. Die letzte Inspektion hat ergeben, dass die Spundwandkonstruktion einen schlechten Zustand aufweisen. Die teils vorgespannten Anker sind ungenügend gegen Korrosion geschützt und bei deren Versagen ist die Tragsicherheit der Stützkonstruktion massgeblich gefährdet. Ausgedehnte Korrosionserscheinungen sind auch an den Spundwandprofilen selbst erkennbar. Das z.T. mit Chlorid belastete Fahrbahnwasser kann ungehindert von der Fahrbahn über die Spundwandprofile zu den Ankern gelangen, was auf die Dauer mit der fortschreitenden Korrosion die Betriebssicherheit der Kantonsstrasse massgeblich gefährdet.



Abb. 1: Ungeschützter Anker hinter Longarine



Abb. 2: Korrosion an Longarine und Spundwandprofilen



Der Zustand der rückverankerten Spundwand zwingt rasche Massnahmen auf. Die vorhandene Strassenanlage genügt zudem in diesem Abschnitt unter dem vorliegenden Verkehr hinsichtlich Sichtweiten, Kreuzungsmöglichkeiten und Längsgefälle den heutigen Anforderungen in keiner Weise. So soll die Strasse in diesem Zusammenhang in der Linienführung korrigiert, in der Breite angepasst und auf die angrenzenden Bereiche abgestimmt werden. Zusätzlich zeigen Längsrisse und kleinen Absackungen im bestehenden Belag, dass der Untergrund respektive die talseitige Stützkonstruktion und Bankett nicht ausreichend stabil ist.

Das Ingenieurbüro Casutt Wyrsh Zwicky AG wurde Ende 2020 mit der ersten Projektierungsphase des Ersatzes des Stützbauwerk Valurrrank beauftragt. Diese beinhaltet das Erarbeiten eines Variantenstudiums und das anschliessende Ausarbeiten der Bestvariante zum Vorprojekt.

3 Projektbeschreibung Stützbauwerke

3.1 Grundlagen

3.1.1 Allgemeines

Das Stützbauwerk Valurrrank ist Teil der Pfäferserstrasse auf Gebiet der Gemeinde Bad Ragaz. Der geplante Abschnitt wird durch den Strassen- und Langsamverkehr beansprucht. Als Grundlage für die Bemessung der Tragwerke dienen die Normen SIA 260 ff (2013/2020). Die Geometrie sowie die konstruktiven Details der Brücke werden durch die Projektierungsgrundlagen des TBA SG geleitet, wobei die Bauwerke den projektspezifischen Randbedingungen angepasst werden.

Für die Erarbeitung des Vorprojektes standen folgende Unterlagen zur Verfügung:

- Archivdossier Stützbauwerk Valurrrank 1 und 2 (Erstellung 1982/1987)
- Geologisch-geotechnischer Bericht, Baugrundgutachten vom 30. Juni 2020, Büro für Technische Geologie AG, Sargans
- Geologisch-geotechnischer Bericht, Massnahmenkonzept und Variantenstudium vom 6. Oktober 2020, Büro für Technische Geologie AG, Sargans
- Vermessungsaufnahmen vom April 2020, Tiefbauamt Kanton St. Gallen, Neuhaus
- Vermessungsergänzungsaufnahmen vom Januar 2021, Tiefbauamt Kanton St. Gallen, Neuhaus
- Angaben zu den best. Werkleitungen vom Februar 2021, Kreis AG, Sargans
- Variantenstudium CWZ AG vom April 2021 mit Protokoll Besprechung Geologe BTG, R. Grischott vom 23.04.2021.
- Gewässerschutzkarte, Grundwasserkarte, Kataster der belasteten Standorte, Prüfgebiete Bodenverschiebungen, Neophytenstandorte (www.geoportal.ch)
- Richtlinie TBA SG, R2013.02 Anforderungen Betonbau vom Mai 2016
- Normalien „Kunstbauten“ des TBA SG vom Februar 2020
- SIA Normen
- VSS Normen
- VSA-Richtlinie «Abwasserbewirtschaftung bei Regenwetter» (2019)
- AFU-Merkblätter 002, 173 und AWE-Merkblatt 184 (<https://www.sg.ch/umwelt-natur/umwelt/publikationen---umwelt.html>)



3.1.2 Baugrund

Es liegt ein geotechnisches Gutachten des Büros BTG AG vom 30. Juni 2020 mit Baugrunduntersuchungen mittels Sondierbohrungen und Baggerschlitzten vor.

Das Gebiet Valurrank liegt an der linken Talflanke vom Rheintal am nördlichsten Ausläufer des Calandamassivs. Der Untergrund besteht aus einer meist geringmächtigen Lockergesteinsbedeckung von kiesigem Hangschutt. Der Fels liegt am bergseitigen Strassenrand grösstenteils aufgeschlossen vor. Unterhalb der Strasse ist der Fels mit vereinzelt Aufschlüssen oberflächennah erkennbar.

Beim Fels handelt es sich um den Ragazer Flysch, bestehend aus einer Wechsellagerung aus Mergel, Kieselkalk, Sandkalk, und Glimmersandstein.

Die Baugrundkennwerte mit den Baugrundmodellen können im Fachgutachten der BTG entnommen werden.

3.1.3 Hydrologie

Aus dem geotechnischen Gutachten geht hervor, dass in den Baggerschlitzten und Sondierbohrungen keine Wasserzutritte festzustellen waren. Das in den Baggerschlitzten aufgeschlossene Material war aber feucht, was auf lokale Zirkulation von Hangwasser bzw. evtl. Kluftwasser hindeutet. Die geringe Durchlässigkeit der teils perforierten Spundwände und die unterliegende Felsoberfläche wirken als Stauer. Das Hang- bzw. Kluftwasser zirkuliert entlang der Felsoberfläche und in besser durchlässigen Schichten des Hangschutts und der Moräne, welche ihrerseits eine mässige bis lokal gute Durchlässigkeit aufweist. Lateral dürfte die Hangwasserzirkulation insbesondere im Bereich von Geländemulden verstärkt auftreten. Während der Schneeschmelze und bei Starkniederschlägen muss mit einem erhöhten Anfall von Hang- und Kluftwasser gerechnet werden. Da die Hang- und Kluftwasserzirkulation im Bereich der bestehenden Stützmauer bzw. Mauerfundaments bedingt durch das Bauwerk erschwert ist, kann sich Wasser aufstauen und die Festigkeit des Hangschutt- und Moränenmaterials vermindern.

3.1.4 Prozess Rutschung

Das Risiko einer möglichen Rutschung unterhalb der ersten Spundwand, auf Seite Bad Ragaz kann nicht abschliessend ausgeschlossen werden. Der Fels liegt in diesem Abschnitt unter dem Hangschutt in einer Tiefe von 2 bis 6 m. Der Stützkonstruktionsersatz kann mit einer entsprechenden Auslegung der Tiefenfoundation sicher im anstehenden Fels fundiert werden. Bei der Bemessung ist der Grundsatz zu verfolgen, dass die Situation nicht ungünstiger ausgelegt wird, als dies die heutigen Verhältnisse vorgeben.



Massnahmen zur Risikominimierung:

- Wasserhaltung: kein Einleiten von Entwässerungen, Fahrbahnwasser oder Baustellenwasser
- Wegführung von allfälligem Hangwasser
- nicht ungünstiger agieren als es die heutige Situation darstellt (keine ungesicherten Zusatzlasten)
- Tiefenfundation / Schachtfundationen
- Lehenkonstruktion anstatt einer Stützmauer
- Beobachtungsmethode während der Bauzeit
- Bauablauf: Belastungen nur mit flankierenden Massnahmen zulassen (Tiefenfundationen / Schachtfundationen / Verankerungen / Baugrubensicherungen).
- Keine Hangeinschnitte in ungesichertem Zustand
- Kein Aufschütten von Baupisten
- Wirksames Entwässerungskonzept hinter den Stützkonstruktionen
- Perforierung der verbleibenden Spundwandkonstruktion
- Neubeurteilung bei Auswertung der Resultate aus Inklinometer im Sommer 2021



3.2 Variantenstudium

3.2.1 Einleitung

Im Variantenstudium erfolgte die Ausarbeitung unterschiedlicher horizontalen und vertikalen Linienführungen. Zu Beginn fand die Erarbeitung der Randbedingungen für die Linienführungen und der dazu erforderlichen Kunstbauten statt. Diese können stichwortartig folgend zusammengefasst werden:

Linienführung:

- Korrektur der Strasse unter Berücksichtigung der erforderlichen Sichtweiten bei 40 km/h resp. 50 km/h mit dazu erforderlicher Strassenverbreiterung.
- Die Linienführung (inkl. Kunstbauten) ist optimal in die Landschaft einzupassen.
- Festlegung des Normalprofils und Gestaltung der an den Strassenquerschnitt angrenzenden Bereiche (Strassenbau). Hier sind die Normalprofile des anschliessenden Strassenabschnitts "Verbindung Pfäferserstrasse – Valenserstrasse" zu berücksichtigen.
- Grundbreite 6.50 m+ 2 x 0,50m (bergseitig/ talseitig)
- Begegnungsfall Kurvenverbreiterung B/D (LKW/PW)

Infolge der obigen Randbedingungen wurde eine mögliche Variante 0 ohne wesentliche Linienkorrektur respektive talseitigen Verbreiterungen aus folgenden Gründen ausgeschlossen:

- Die Verbreiterungen müssten zur Sicherstellung der Bau- und Verkehrszustände teilweise bergseits erfolgen, was die Höhen der bereits heute schon vorhandenen Steilböschungen noch vergrössern würden. Die Nähe zur oberen Strassentrassierung würde diese geotechnisch zusätzlich schwächen. Zudem zwingen Steilböschungen hinsichtlich Unterhalt einen Fallboden auf, was zu zusätzlichen Mehrbreiten führen würde.
- Die Linienführung der anschliessend beschriebenen Varianten sind auch durch das vorgegebene Normalprofil mit der anzustrebenden Ausbaugeschwindigkeit definiert, welches bei einer Variante 0 respektive mit bergseitigen Verbreiterungselementen auch mit vereinfachten Mitteln nicht erreicht werden kann. Zudem können die heute problematischen Längsgefälle verstärkt durch die Innenseite der engen Kurve in der stark einkehrenden Strassenführung bei der Runse nicht eliminiert werden.
- Der erforderliche Raum für die Bautätigkeit, der in den anschliessend beschriebenen Varianten zur Verfügung steht, ist bei diesem Konzept nicht ausreichend gegeben. Ein Bauvorhaben unter Verkehr wäre hier viel schwieriger umzusetzen.



Kunstbauten:

- Konzeptvorschläge aufgrund von Normalquerschnitten definieren. Gestaltung der an den Strassenquerschnitt angrenzenden Bereiche (evtl. Brücke, Lehenbauwerk, Stützmauern).
- Festlegen zu prüfender Varianten (Bsp. Brücke welche die Runse überquert oder Anpassung der Linienführung an die Topographie des Geländes, Rückbau und Ersatz der bestehenden Spundwände oder Teilintegration der bestehenden Spundwände in der neuen Stützkonstruktion.
- Wahl der Tragkonstruktion in den verschiedenen Abschnitten abgestimmt auf die geotechnischen und geologischen Verhältnisse unter Berücksichtigung der Gesamtstabilität des Hanges.
- Die Wahl der Schwergewichtsmauern im Vergleich zu bewehrten Winkelstützmauern zeigt folgenden Vorteile auf:
 - keine Einspannbewehrung nötig, somit besteht keine Gefährdung von späteren nicht kontrollierbaren Bewehrungskorrosionserscheinungen durch einsickerndes Fahrbahnwasser (Chloride).
 - geringer Unterhalt
 - bessere Dauerhaftigkeit
 - Individuell auf den genauen Felsverlauf / Baugrundverlauf während der Ausführung anpassbar, ohne dass ständige Bewehrungsanpassungen aufgezwungen werden. Die Systemabmessungen sind vom Stützmauerkopf nach unten kontinuierlich aufgebaut, was die Anpassung vor Ort stark vereinfacht (Normalbauweise). Die Mauern sind auf den aktiven Erddruck auszulegen.
- Die Gestaltung der Strassenabschnitte ins Taminatal insbesondere auf der orographisch rechten Talseite wurden durch den Kraftwerkbau in den siebziger Jahren stark geprägt. Die Stützkonstruktionen weisen mehrheitlich einen Anzug auf und bestehen aus Beton. Vereinzelt Wandmauern, die beim Ausbau der Strasse belassen wurden, bestehen aus ursprünglichem Natursteinmauerwerk. Diese Charakteristik wird in der Betrachtung des Gesamtkontextes für das neue Stützbauwerk Valurrank übernommen.

3.2.2 Variante 1

3.2.2.1 Linienführung Strassenprojekt

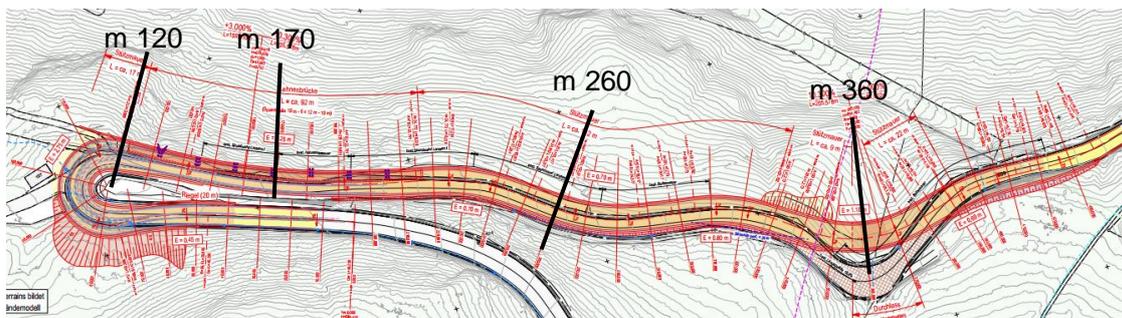


Abb. 3: Situation Linienführung Variante 1.1

Bei der Variante 1 wurde der Charakter des bestehenden Strassenzuges aufgenommen und hinsichtlich der erforderlichen Sichtweiten und der Ausbaugeschwindigkeit optimiert. Der Minimalradius im Bereich der Brücke beträgt 40 m. Dies entspricht einer Ausbaugeschwindigkeit von etwas weniger als 40 km/h. Die Gesamtlänge des neuen Strassenabschnittes beträgt ca. 380 m und wird in den Übergangsbereichen auf die bestehende Strassengeometrie angepasst. Die Kilometrierung verläuft von Pfäfers Richtung Bad Ragaz.

Das Längsgefälle wurde über den gesamten Abschnitt optimiert und weist von der Spitzkehre bis zur Brücke neu ein konstantes Gefälle von 10,3% auf. Das stark variierende Längsgefälle wurde ausgeglichen und die maximalen Längsneigungen konnten somit reduziert werden. So wird die im Winter oft problematische steile Einmändrierung der Strasse über der Runse (m 360) wesentlich entschärft.

Die Querneigungen und deren Gefällwechsel erfolgten gemäss den gültigen VSS-Normen. Beim Bestimmen des sekundären Längsgefälle wurde auf eine komfortable Fahrdynamik geachtet.

Bei der Wendekehre Seite Pfäfers wird der erforderliche Raum mit einem entsprechenden Abtrag geschaffen. Die Topographie sowie die Geologie lässt dies dort einfach zu. Beim Anschluss auf Seite Bad Ragaz ist ein Felsabtrag vorgesehen, damit der Übergang zum bestehenden Normalprofil benutzerfreundlich gestaltet werden kann.

3.2.2.2 Kunstbauten Variante 1.1

Die Wahl der Kunstbauten werden durch die variierende Topographie dargestellt über die einzelnen Querprofile charakterisiert.

Bei m 40 bis m 60 benötigt die Anpassung zum bestehenden Strassenkörper hin einen Betonriegel. Auf der Talseite der Kehre zwischen m 110 und m 120 wird eine 16 m lange Schwergewichtsmauer, fundiert auf Mikropfählen und ungespannten Anker erstellt. Bei einem günstigen Felsverlauf kann allenfalls auf eine Mikropfahlfundation verzichtet werden, indem Ergänzungen bis auf den Felsen z.B. mittels Füllbetontanzen erstellt werden. Die

Mauer folgt im Bereich der Kehre Richtung Westen dem Verlauf des bestehenden Wanderwegs und passt sich an die Linienführung der Kantonstrasse an.

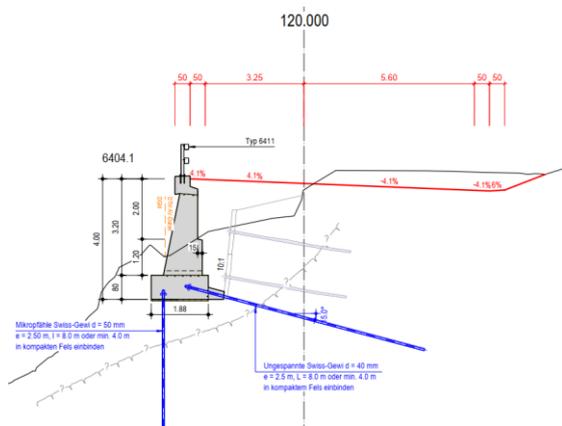


Abb. 4: Querprofil m 120 (Stützmauer)

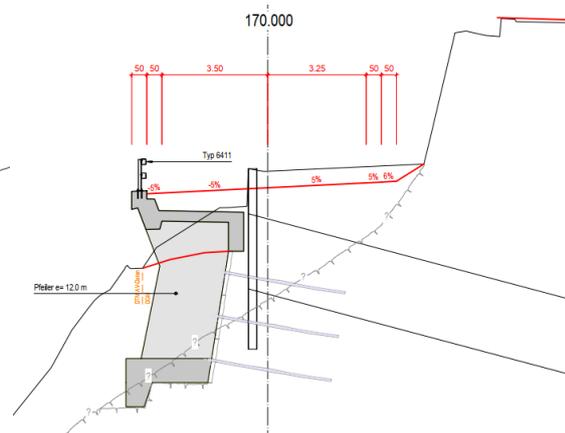


Abb. 5: Querprofil m 170 (Lehnenbauwerk)

Im Abschnitt m 120 bis m 220 ist wegen der steil abfallenden Topographie ein 8-feldriges Lehnenbauwerk (2x 10 m und 6x 12 m) vorgesehen. In diesem Bereich liegt die Felsoberfläche nahe an der Oberfläche, so dass die Fundationen der Pfeiler grösstenteils direkt im Fels erfolgen können. Liegt die Felsoberkante tiefer, kommen Füllbetontazen, Fundamentriegel oder Schächte zur Anwendung. In diesem Abschnitt wird bewusst auf etwas kostengünstigere Mikropfähle verzichtet, da diese als weniger robust eingeschätzt werden als die Foundation in der Massivbauweise.

In den Abschnitten m 220 bis m 330 / m 350 bis m 360 / m 370 bis m 390 wird der Strassenkörper mit Schwergewichtsmauern gestützt. Diese sind fundiert auf Mikropfählen und ungespannten Anker. Die Anker verhindern das Gleiten der Fundamente und bewirken zudem eine Verbesserung der Gesamtstabilität. Wegen den Versackungstendenzen werden die Mikropfähle mit einem Stahlrohr umhüllt. Diese Konstruktionsweise erhöht die Steifigkeit und verbessert die Dauerhaftigkeit des Pfahles. Insbesondere auch innerhalb der möglichen Scherflächen kann so der Mikropfahl viel robuster ausgelegt werden.

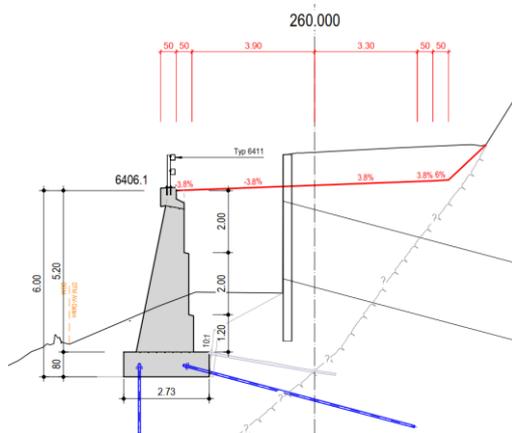


Abb. 6: Querprofil m 260 (Stützmauer)

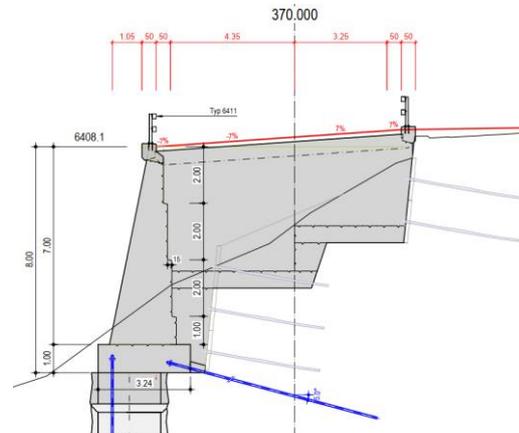


Abb. 7: Querprofil m 370 (WL Rahmen)

Um das Profil m 360 gibt es ein Rahmentragwerk fundiert auf Schächten. Die Widerlagerwände sind geneigt, so dass die Spannweite verkürzt werden kann und die Öffnung trotzdem grosszügig wirkt.

Die unterschiedlichen Tiefenfundationskonzepte für das Lehenbauwerk (Riegel, Füllbetontazen, Schachtfundationen) und im Bereich der Schwergewichtsmauern (Mikropfähle) erscheinen in dieser Phase nicht nur geotechnisch sinnvoll, sondern lassen auch für die Ausführung den Spielraum offen, die wirtschaftlichere Lösung abgestimmt auf die Robustheit ermitteln zu können. Zudem erlaubt dies besser auf die geologischen Gegebenheiten anlässlich der Ausführung reagieren zu können.

3.2.2.3 Kunstbauten Variante 1.2

Bei der Variante 1.2 soll das Lehenbauwerk im Zusammenhang des vermuteten wenig aktiven Prozesses «Rutschung» (siehe Geologischer Bericht vom 30.06.2020) in Richtung Bad Ragaz verlängert werden. Dies soweit, dass keine zusätzliche Gesamtlast für den Hang nach Umsetzung der Strasseninstandsetzung entsteht.

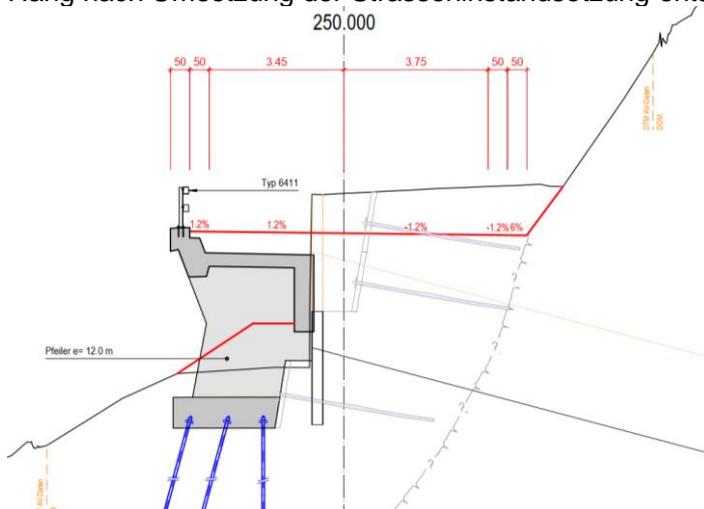


Abb. 8: Querprofil m 250 (Lehenbauwerk)

Somit gibt es bei dieser Variante im Abschnitt m 120 bis m 275 ein 13-feldriges Lehenbauwerk (2x 10 m und 11x 12 m). In Bereich m 120 bis m 220 liegt gemäss geologischen Bericht die Felsoberfläche nahe an der Oberfläche, so dass die Fundationen der Pfeiler grösstenteils direkt in den Fels erfolgen können. Liegt die Felsoberkante tiefer, kommen Füllbetontazen, Betonriegel oder Schächte zur Anwendung.

Von Profil m 220 bis m 275 erfolgen die Fundationen der Pfeiler und des Widerlagers auf Schachtfundationen. Die Wahl von Schächten anstatt Mikropfählen, erfolgt wie bei der Variante 1.1 unter der Berücksichtigung der Gesamtstabilität des Hanges. Mit Schachtfundation ist die Foundation robuster und vermag das Abgleiten des darunterliegenden Hanges ohne weitere Unterfangungen kurzzeitig zu erleiden.

Im Abschnitt m 280 bis m 330 / m 350 bis m 360 / m 370 bis m 390 gibt es Schwergewichtsmauern, fundiert auf Mikropfählen und Anker. Erläuterungen zur Ausbildung siehe Variante 1.1

Um das Profil m 360 gibt es ein Rahmentragwerk fundiert auf Schächten. Erläuterungen zur Ausbildung siehe Variante 1.1

3.2.3 Variante 2

3.2.3.1 Linienführung Strassenprojekt

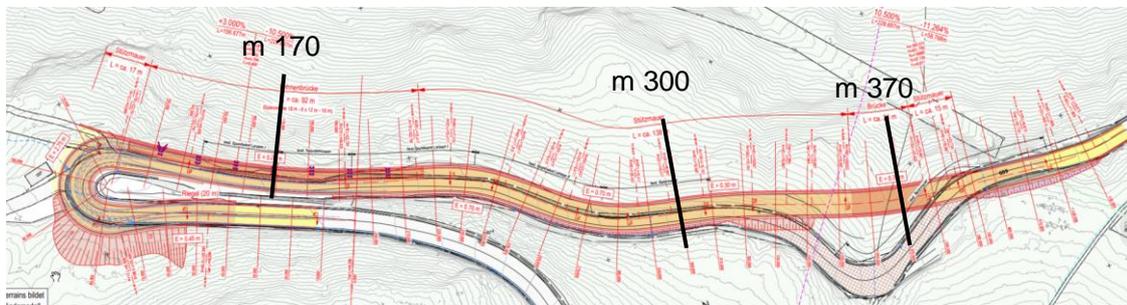


Abb. 9: Situation Linienführung Variante 2

Die Variante 2 unterscheidet sich zur Variante 1 hinsichtlich der horizontalen Linienführung, sowie der vorgesehenen Kunstbauten hauptsächlich im unteren Bereich (m 320 bis m 400). In diesem Abschnitt wurde die Linienführung direkter gewählt, um den vorgegebenen Ausbaugeschwindigkeiten besser gerecht zu werden. Die ungünstige Einmändrierung bei der Runse m 360 fällt dabei weg.

Das Längsgefälle wurde über den gesamten Abschnitt optimiert und weist von der Spitzkehre bis zur Brücke einen konstanten Wert von 10,5% auf. Das stark variierende Längsgefälle wurde ausgeglichen und die maximalen Längsneigungen konnten somit reduziert werden.

Die Querneigungen und deren Gefällwechsel erfolgten gemäss den gültigen VSS-Normen. Beim Bestimmen des sekundären Längsgefälle wurde stark auf eine angenehme Fahrdynamik geachtet.

3.2.3.2 Kunstbauten

Die Auslegung der Kunstbauten im oberen Bereich (bis m 280) ist deckungsgleich mit der Variante 1. Der Variantenbeschreib kann somit im Kap. 3.2.2.2 nachgelesen werden.

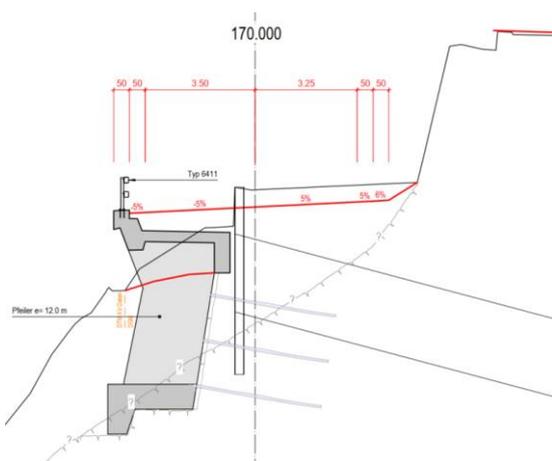


Abb. 10: Querprofil m 170 (Lehnenbauwerk)

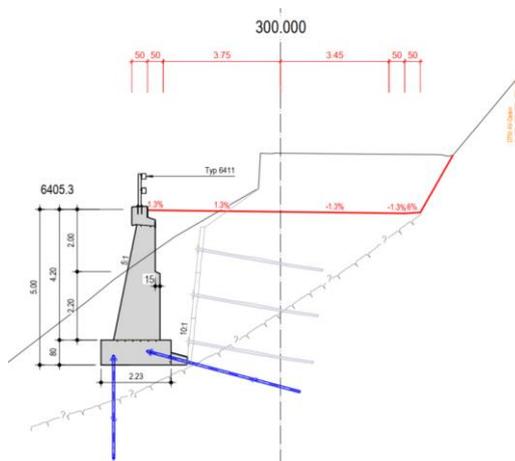


Abb. 11: Querprofil 300 (Stützmauer)

Im unteren Bereich ist an der Stelle des Rahmentragwerkes (Variante 1), eine schiefwinklig gelagerte Brücke mit einer mittleren Spannweite von ca. 25 m vorgesehen. Hier ist eine integrale Brückenkonstruktion angedacht. Mit einer entsprechenden Einspannung (Rahmenkonstruktion) mit Abstimmung des Riegel- zum Rahmenstielquerschnittes kann allenfalls auf eine Vorspannung verzichtet werden. Die Fundationen der Widerlager erfolgen auf Schächten eventuell können diese direkt im Fels fundiert werden. Auf der Seite Bad Ragaz wird der Fels oberflächennah erwartet.

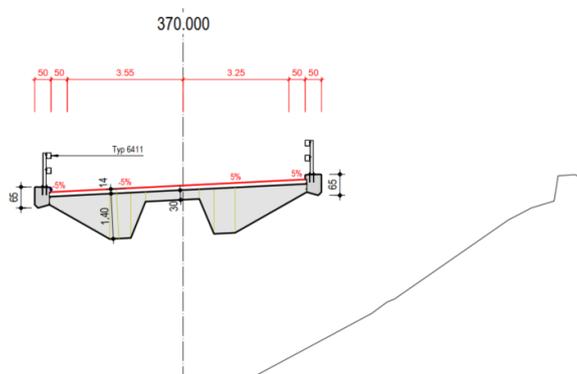


Abb. 12: Querprofil 370 (Brücke)



3.2.4 Verkehrsführung Bautätigkeit

Zu Beginn des Variantenstudiums wurde die übergeordnete Verkehrsführung sowie die Verkehrsführung innerhalb der Baustelle untersucht und bewertet. Die Konzepte können folgend beschrieben werden:

- **"Ist Situation"** hierbei wird der gesamte Verkehr inklusive der Buslinien einspurig mittels LSA-Anlage mit Busbevorzugung durch die Baustelle geführt. Diese Variante setzt voraus, dass die Auslegung des Normalprofils, die Bauphasen ermöglicht und so der Busbetrieb sicherstellt werden kann.
- **"Umleitung Valenserstrasse"** hierbei werden die Buslinien über die Valenserstrasse / Ragazer Wald umgeleitet, die Fahrgäste nach Pfäfers und St. Margrethenberg steigen beim «Alpenrösli» um. Die Busse Richtung Valens / Vättis können der orographischen linken Talseite weiter folgen. Der Schwerverkehr wird über die Sarellistrasse geführt, wie dies bereits heute schon der Fall ist (Transporte mit Gesamtgewicht grösser als 28 Tonnen). Der normale Personenverkehr wird über die Baustelle mittels LSA-Anlage geleitet. Für die Umleitung der Buslinien muss ein Teil der Valenserstrasse instandgesetzt werden (Schätzung ca. 100 TCHF). Weiter wäre beim Alpenrösli eine Anpassung der Busshaltestelle nötig sein.
- **"Umleitung Pfäfers"** Bei dieser Variante werden die Buslinien und der Schwerverkehr über die Sarellistrasse umgeleitet, der normale Personenverkehr wird durch die Baustelle mittels LSA-Anlage geführt. Bei dieser Variante wäre zu prüfen, ob die Buslinien zur Anbindung an den Bahnverkehr auch direkt Landquart anfahren sollten.

Übergeordnete Verkehrsumleitungen erscheinen im Aspekt der Machbarkeit der Variante 1 und 2 gemäss Kap. 3.2.2 und Kap. 3.2.3 als nicht verfolgungswürdig. Dies auch weil es betrieblich und politisch schwierig umsetzbar wäre (längere Fahrzeiten, Fahrplanstabilität, Akzeptanz in der Bevölkerung etc.). Aufgrund dieser Gegebenheiten ist das Verkehrskonzept "Ist Situation" die optimalste Lösung für eine stabile Verkehrsführung während der gesamten Bauzeit. Hierfür sind die entsprechenden Platzverhältnisse in den Varianten 1 und 2 vorgesehen. Die nötigen Etappierungen abgestimmt auf die Installationsmöglichkeiten sind im Bauphasenplan dargestellt.

3.2.5 Bauabläufe

Die Verkehrsführung ist während der Bautätigkeit bei beiden Varianten praktisch identisch. Deshalb genügt es bei der Variante 1 die Bauabläufe geleitet durch die Verkehrsführung darzulegen.

Die Bauarbeiten können grundsätzlich unter der einspurigen Verkehrsführung ausgeführt werden. Dabei ist eine minimale Fahrbahnbreite von 3.50 m zu gewährleisten. Bei beiden Varianten konnte schliesslich eine Fahrbahnbreite von 4.00 m ausgewiesen werden. Die Schleppkurvennachweise des 15.0 m Buses gelten unter sämtlichen Bauphasen als erfüllt. Der zu instand setzende Strassenabschnitt ist länger als 300 m. Das Gesamtprojekt ist in drei Eingriffsabschnitte zu unterteilen. Diese Abschnitte werden geleitet durch die bestehende Strassenbreite sowie die möglichen Stauräume mit den entsprechenden Anhaltesichtweiten vor den Lichtsignalen.

Installationsflächen liegen auf dem Holzlagerplatz bei der Wendekurve, bei der Abzweigung Pfäfers – Valens sowie auf Seite Bad Ragaz bei der Waldwegauffahrt Richtung Holzlagerplatz über dem Tunnel der vormaligen Wartensteinbahn vor. Mit den entsprechenden Rodungen bieten diese Plätze die nötigen Raumverhältnisse, um die Baustellenlogistik organisieren zu können.

In der Bauphase 1 wird als erstes die Wendekurve ausgebaut. Anschliessend folgt der erste Abschnitt des Lehnensbauwerks auf Seite Pfäfers. Sobald dieses Teilstück gebaut ist, wird der Verkehr von der bestehenden Strasse auf das neue Lehnensbauwerk umgeleitet. So kann schliesslich die bergseitige Spur erneuert werden. Der erste Eingriffsabschnitt wird hier positioniert, um das schmalste Strassenteilstück aufzuheben, um schliesslich Stau- und Kreuzungsmöglichkeiten für den nächsten Bauabschnitt anbieten zu können.

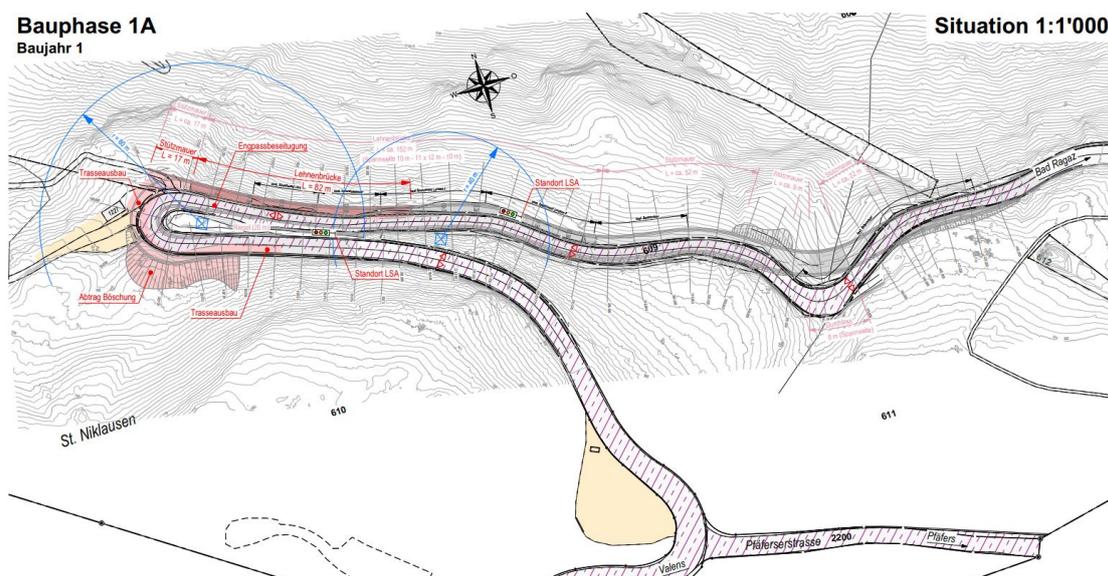


Abb. 13: Darstellung der Bauphase 1A – Bauphase 1B sinngemäss für den bergseitigen Ausbau, in Orange mögliche Installationsplätze

Die Bauphase 2 wird auf den Anschlussbereich der Seite Bad Ragaz gelegt. Bergstrassen werden wegen der zu lösenden Entwässerung in der Regel von unten nach oben ausgeführt, was hier bei der Konzeptionierung des Bauablaufes aufgenommen wird. Für

die Bauphase 1 werden ungefähr 6 Monate benötigt, so kann die Bauphase 2A noch in den Herbstmonaten gestartet werden. Diese Arbeiten werden hauptsächlich ausserhalb der heutigen Strasse stattfinden, was auch hier die Linienführung mit Neutrassierung bestärkt.

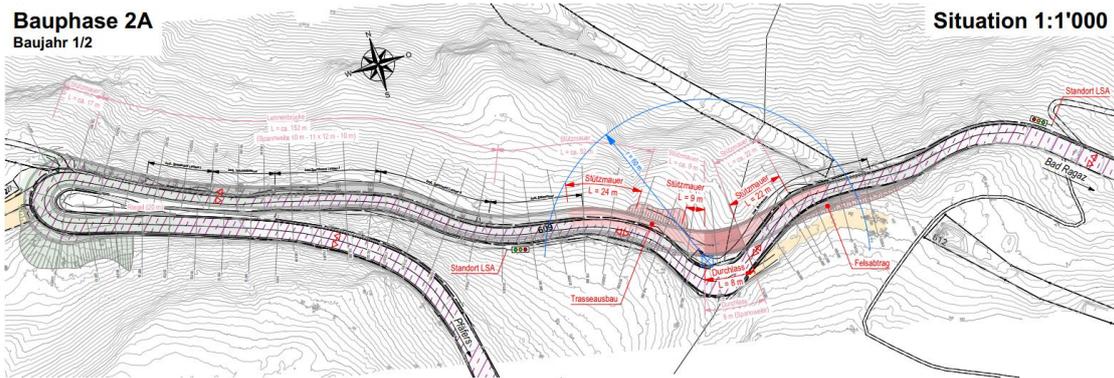


Abb. 14: Darstellung der Bauphase 2A für Arbeiten ausserhalb der bestehenden Verkehrsfläche und kann somit über die Wintermonate betrieben werden

Im Frühjahr des zweiten Baujahrs kann abgestimmt auf die Witterung die Bauphase 2 abgeschlossen werden. Sobald diese umgesetzt ist, können die Hauptarbeiten mit der Bauphase 3 abgeschlossen werden.

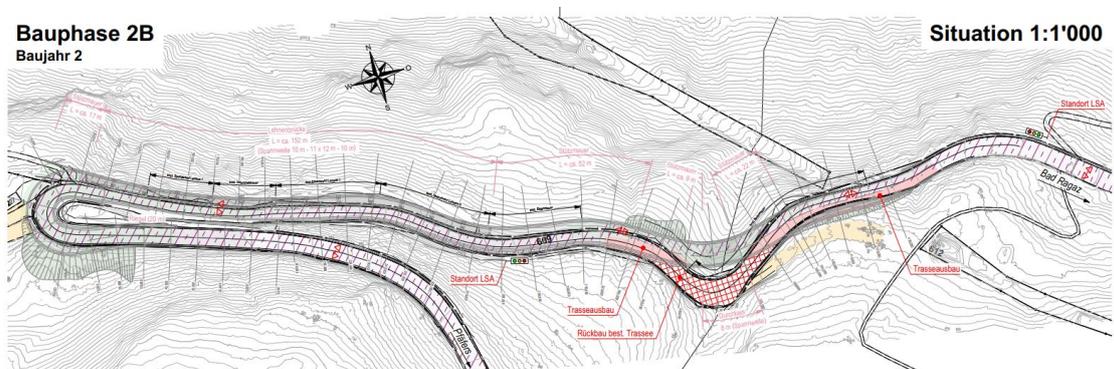


Abb. 15: Bauphase 2B soll Frühjahr des zweiten Baujahres abgeschlossen werden

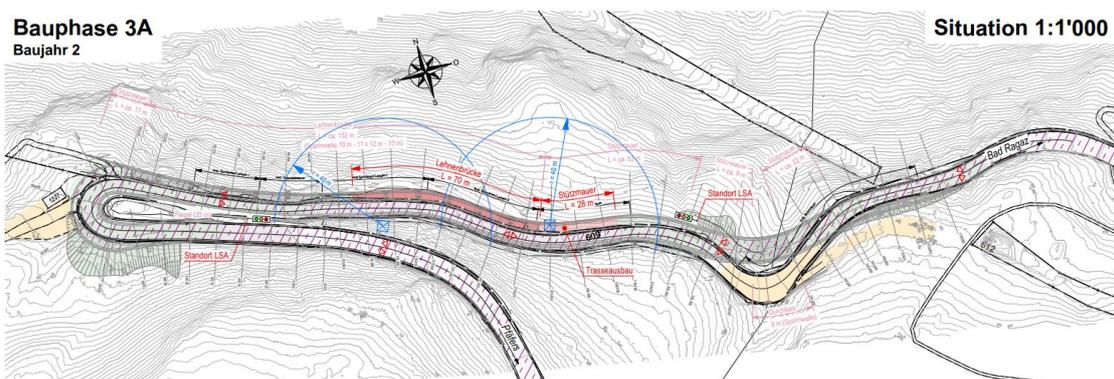


Abb. 16: Bauvollendung der Neutrassierung in der Bauphase 3.



Im darauffolgenden Jahr in der Bauphase 4 wird noch der Deckbelag über den gesamten Abschnitt eingebracht. Dies wird während einer Vollsperrung stattfinden, um möglichst eine fugenlose Decksschicht einbauen zu können.

3.2.6 Kostenschätzung

3.2.6.1 Bemerkungen und Randbedingungen

Die Ermittlung der Kosten erfolgte für die Trassierungsarbeiten über ein effektives Vorausmass. Die Stützmauerkosten, die Kosten des Lehnbauwerkes und der Brücke beruhen auf dem Modulkostenverfahren. Die Modulkosten stützen sich auf Kennzahlen von Referenzprojekten der Jahre 2015 bis 2020. Die Kostengenauigkeit beläuft sich auf +/-20%.

In der Kostenschätzung sind folgende Massnahmen nicht enthalten:

- Arbeiten für die Wasserversorgung
- Werkleitungsaufhängungen an den Brücken / Durchdringungen
- Kanalisation
- Elektrizität
- Kommunikationseinrichtungen
- Anenergiebauten
- Allfälliger Landerwerb
- Allfällige Ersatzmassnahmen
- Projekterweiterungen infolge behördlichen sowie USO's - Auflagen



3.2.7 Variantenbeurteilung

3.2.7.1 Beurteilungskriterien

Entsprechend den nachfolgenden Kriterien wurden die drei Varianten qualitativ beurteilt, wobei die Reihenfolge weder einer Hierarchie noch einer Gewichtung in der Bewertung entspricht.

- 1. Unterhalt:** Betrieblicher Unterhalt (inkl. Winterdienst), Baulicher Unterhalt
- 2. Verkehrsqualität:** Fahrkomfort, Verkehrssicherheit (horizontale- und vertikale Linienführung)
- 3. Bauvorgang:** Verkehrsbehinderungen, Termine (Bauzeit)
- 4. Umwelt und Landschaftsbild:** Integration ins Orts- und Landschaftsbild
- 5. Risiko:** Geologie/Baugrundrisiko, Naturgefahren/Hochwasserschutz, Bewilligungsfähigkeit, Abhängigkeit von best. Substanz, Termine (Bauzeit), etc.
- 6. Wirtschaftlichkeit:** Investition, Betriebs- und Unterhaltskosten

3.2.7.2 Qualitative Beurteilung

Bei guter (positiv) Erfüllung des Kriteriums wird die Variante mit einem **grünen** Punkt versehen. Bei neutraler Erfüllung (weder gut noch schlecht) wird ein **gelber** Punkt vergeben. Bei einer schlechten (negativ) Erreichung des Kriteriums wird die Variante mit einem **roten** Punkt versehen.

	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2
1. Unterhalt			
1.1. Betrieblicher Unterhalt (inkl. Winterdienst)			
1.2. Baulicher Unterhalt			
2. Verkehrsqualität			
2.1. Einhaltung Normen VSS			
2.2. Verkehrssicherheit			
2.3. Fahrkomfort			

Tab. 1 Bewertung Teil 1



	Variante 1.1	Variante 1.2	Variante 2
3. Bauvorgang			
3.1. Verkehrsbehinderungen	●	●	●
3.2. Bauzeit	●	●	●
3.3. Baugrubensicherung, Aushubarbeiten	●	●	●
3.4. Lehrgerüste	●	●	●
4. Umwelt und Landschaftsbild			
4.1. Tangierung Schutzzonen	●	●	●
4.2. Integration ins Landschaftsbild	●	●	●
4.3. Landbedarf und Rodungsbedarf	●	●	●
4.4. Wahrung Strassenzugcharakter	●	●	●
5. Risiken			
5.1. Geologie / Baugrund	●	●	●
5.2. Naturgefahren -> Prozess Rutschung	●	●	●
5.3. Bewilligungsfähigkeit	●	●	●
5.4. Abhängig von best. Bausubstanz	●	●	●
6. Wirtschaftlichkeit			
6.1. Investition	●	●	●
6.2. Überwachung und Unterhalt	●	●	●
6.3. Betriebskosten	●	●	●

Tab. 2 Bewertung Teil 2



3.2.7.3 Vor- und Nachteile der Varianten

Zu den in Kap. 3.2.7.2 aufgelisteten Kriterien werden im Folgenden die Vor- und Nachteile der einzelnen Varianten gegenübergestellt.

Beim betrieblichen Unterhalt werden alle Varianten als gleichwertig eingeschätzt. Die Variante 2 dürfte im baulichen Unterhalt wegen den längeren und grösseren Kunstbauten etwas ungünstiger abschneiden als die Variante 1.1 sowie auch als die Variante 1.2.

Bei der Verkehrsqualität nähert sich die Variante 2 besser den Vorgaben der Ausbaugeschwindigkeit an als die Variante 1. Bei der Variante 1 kann die angestrebte Ausbaugeschwindigkeit von $v = 50-60$ km/h sowie die geforderten Sichtweiten normativ wegen der verstärkten Mäandrierung auf Seite Bad Ragaz nicht so gut erreicht werden wie bei der Variante 2.

Die Aspekte beim Bauvorgang werden über alle Varianten neutral eingeschätzt. Die Unterscheidungen sind marginal, welche den Variantenentscheid kaum beeinflussen lassen.

Beim Thema Umwelt und Landschaftsbild zeichnet sich einzig eine Unterscheidung bei der Charakterisierung des Strassenzuges ab. Bei der gestreckten Linienführung der Variante 2 wird der Bergstrassencharakter durch das Geradenstück Seite Bad Ragaz verfremdet, was entsprechend nachteiliger zu bewerten ist.

Die Risiken bezüglich des Rutschprozesses wird bei der Variante 1.1 mit Nachteilen zu den Varianten 1.2 und 2 ausgewiesen. Dies weil der Hang durch die Stützmauerkonstruktion im Gesamten stärker belastet wird als bei dem Lehenbauwerk selbst. So wird die Gesamtstabilität etwas ungünstiger beeinflusst.

Die Wirtschaftlichkeitsbetrachtung unterscheidet sich zwischen der Variante 1 zur Variante 2. Die Variante 2 benötigt auf Seite Bad Ragaz eine weiterspannte Brücke und zwingt auch höhere Stützmauern in diesem Bereich auf, was höhere Investitionskosten erwarten lässt.

3.2.7.4 Wahl Bestvariante

Für die Instandsetzung respektive Neubau des Strassenabschnittes mit einer Länge über 300 m wurde zu Beginn eine Variante 0 ohne Korrektur der Linienführung ausgeschlossen. Dies insbesondere auch um die nötigen Bau- und Verkehrszustände sicherstellen zu können.

Die Varianten 1 und 2 sind hinsichtlich Strassenprojekt ähnlich, bei der Variante 2 wurde eine direktere Linienführung auf Seite Bad Ragaz gewählt. Bei der Variante 2 werden die normativen Kriterien und Vorgaben in Bezug auf die Sichtweiten und Ausbaugeschwindigkeit besser erreicht. Hingegen nimmt die Variante 1 den Bergstrassencharakter mit Weg ins Taminatal wie gehabt auf, was die Regel der mäandrierenden Strasse entlang des steilen Hanges vertraut bleiben lässt. Die Variante 2 benötigt für die Auflösung der ausgeprägten Innenkehre, eine Brücke mit einer Spannweite von circa 25 m. Die dort talseitige Linienführung zwingt zudem höhere Stützkonstruktionen auf, was die Kostenschätzung höher ausfallen lässt. Der strassenbauliche Mehrwert bei der Wahl der direkteren Linie gegenüber der Variante 1 wird auch aufgrund des Erscheinungsbild als unverhältnismässig eingeschätzt.

Die Varianten 1.1 und 1.2 unterscheiden sich nur in der Länge des Lehenbauwerk. Das Lehenbauwerk der Variante 1.1 beschränkt sich nur auf die topographisch notwendigen Stellen auf Seite Pfäfers gegen die Wendekehre hin. Sobald es die Hangneigungen und Platzverhältnisse erlauben, ist bei der Variante 1.1 auf Seite Bad Ragaz eine Stützmauer



vorgesehen. An dieser Stelle werden dem Hang aber nur geringe Stabilitätsreserven vorausgesagt. Die Variante 1.2 nimmt dieses Kriterium auf, indem das Lehnbauwerk über diese Stelle hinweg verlängert wird. So wird die Gesamtstabilität geringer beansprucht und die Lasten können punktuell in den darunterliegenden Felsen abgetragen werden. Aufgrund des Vergleiches und der Erläuterungen fällt die Wahl der Bestvariante auf die Variante 1.2.



3.3 Projekt

Die Brücken- und Stützkonstruktionen sind auf den beiliegenden Katasterplänen ersichtlich.

3.3.1 Vertikale und horizontale Linienführung

Die heutige Linienführung ist in diesem Abschnitt von sehr vielen Kurven geprägt. Besonders ist die Strassenanlage aufgrund der engen Kurven und der Topografie unübersichtlich.

Die Linienführung der geplanten Strasse folgt mit Ausnahme der geringen Strassenverlegung bei der Brücke St. Niklausen dem bestehenden Trasse. Als Randbedingung dient dabei der bergseitige Fels- und Mauerverlauf, die Anpassung der Strassenbreite erfolgt also auf der Talseite. Somit können die Wandmauern sowie die Steilböschungen mehrheitlich erhalten bleiben. Durch diese Korrektur werden Fahrdynamik und die Sichtverhältnisse deutlich verbessert sowie der Arbeitsraum für den Bau mit Sicherstellung des Verkehrs während der Umsetzung ermöglicht.

Durch die angepasste Linienführung wird die Strassenanlage deutlich übersichtlicher und kontinuierlicher. Die minimalen Kurvenradien betragen $R=40$ m. Zwischen Geraden und Radien sind Klothoiden als Übergangsbögen angeordnet.

Die Kurvenverbreiterungen wurden mit dem Begegnungsfall Kat. B/D (Standardbus / Personenwagen) für jede Kurve einzeln gemäss VSS 40 105b bestimmt. Verbreiterungen, die unter 10 cm pro Fahrstreifen liegen, werden nicht berücksichtigt. Die berücksichtigten Kurvenverbreiterungen sind in den Situationsplänen bezeichnet.

Gleichzeitig wurde darauf geachtet, den Charakter des Strassenzuges gerecht zu werden und diesen in die bestehende Topografie einzufügen.

Das Längsgefälle variiert bei der bestehenden Linienführung stark. Ein besonders steiler Bereich liegt in der Innenkehre im Anschluss auf Seite Bad Ragaz. Bei der neuen Linienführung konnte das Längsgefälle konstant mit einer Neigung von 10.3 % eingepasst werden.

3.3.2 Normalquerschnitt

Die bestehende Strassenbreite entspricht dem erforderlichen Regelquerschnitt einer Kantonsstrasse nicht.

Mit dem vorliegenden Projekt soll die Strasse durchgehend auf eine Breite von 6.50 m ausgelegt werden. Im Einschnitt und beim Damm ist eine 0.70 m Breite Belagsschale (Rigole) und ein Bankett der Breite von 0.30 m vorgesehen. Die seitliche Hindernisfreiheit im Bereich der Kunstbauten beträgt 0.50 m.

Der Oberbau wird für die Verkehrslastklasse T4 ausgelegt.



Der Oberbau setzt sich aus 16 cm Asphaltbelag (dreischichtig) und einer insgesamt 80 cm starken frostsicheren Fundationsschicht zusammen.

	Trassee	Lehnenbauwerk Valurrank	Brücke St. Niklausen
Deckschicht	AC 8 N, 30 mm	AC 8 N, 30 mm	AC 8 N, 30 mm
Binderschicht	AC B 16 N, 50 mm	AC B 16 N, 50 mm	MA 11 H, 40 mm
Tragschicht	AC T 22 N, 80 mm	AC T 22 N, 80 mm	MA 11 H, 70 mm
Fundation	Kiesgemisch 0/45, min. 800 mm	Kiesgemisch 0/45, min. 280 mm	-
Geotextil / Abdichtung	Geotextil	KBD Gummischrotmatte	PBD
Querneigungen	3 - 7% Quergefälle		7 % einseitig

3.3.3 Belagsbewehrung Lehnenbauwerk

Im Bereich des Lehnenbauwerkes ist nach Vorgabe des Strassenkreisinspektorat Buchs eine Belagsbewehrung zu prüfen. Diese soll eine Verstärkung des Belages im Übergang zwischen dem Lehnenbauwerk und dem bergseitigen Trassee bieten. Aufgrund der unterschiedlichen Bettung des Belages wird längs der Lehnenkonstruktion ein Riss erwartet. Mit einer entsprechenden Bewehrung kann eine bessere Rissverteilung im Belag angestrebt werden. Über die Notwendigkeit soll in den nächsten Projektphasen bestimmt werden.

3.3.4 Tragkonstruktion Kunstbauten

Die variierende Topographie geben die Konstruktionsart der Kunstbauten weitgehend vor. Diese wurden konzeptionell im Rahmen des Variantenstudiums festgelegt.

Zu Beginn des Projektes, bei m 38 bis m 57 benötigt das talseitige Bankett zur Stützung des Strassenkörpers einen Betonriegel. Im Bereich des Projektendes schliesst die Schwergewichtsmauer an die bestehende Stützmauer bei m 392 an, der Kordon wird auf dieser Mauer bis zum Profil m 406 weitergeführt.

Lehnenbauwerk Valurrank m 122 bis m 274

In diesem Abschnitt ist wegen der steil abfallenden Topographie ein 13-feldriges Lehnenbauwerk (2x 10 m und 11x 12 m) vorgesehen. Im Bereich m 122 bis 200 Bereich liegt der Fels nahe an der Oberfläche, so dass die Fundationen der Pfeiler grösstenteils direkt im Fels eingebunden werden können. Liegt die Felsoberkante tiefer, kommen Füllbetontazen, Fundamentriegel oder wie im Bereich m 200 bis m 274 Schächte zur Anwendung. Im Lehnenbauwerkabschnitt wird bewusst auf Mikropfähle verzichtet, da diese als weniger steif und robust eingeschätzt werden als die massiven Schacht- und Riegelfundationen. So weist das Bauwerk eine gute Redundanz auf, falls das darunterliegende Gelände infolge aussergewöhnlicher Vorkommnisse (aussergewöhnliche Niederschlagsperioden, Erdbeben oder dergleichen) rückgreifend bis an die Lehnenkonstruktion versacken respektive abrutschen könnte. Die Schächte vermögen in diesem Fall einerseits die Schwerlast aus der Lehnenkonstruktion in den Felsen abzuleiten und bieten andererseits das Widerlager der Gewölbewirkung des dahinterliegenden Erdkeils zwischen den Schächten und dem bergseits aufgeschlossenen Felsen. Bei einem solchen Abrutschereignis harret die Stabilität des Stützbauwerkes aus und es verbleibt



ausreichend Zeit die entsprechenden Unterfangungsarbeiten zwischen den Pfeilern und Endschürzen zu tätigen. Dies zeigt auch die Erfahrung des Strasseninspektorat Buchs bei den verankerten Mikropfahlriegeln im Abschnitt der Pfäferser - Strasse.

Das 13-feldrige Lehenbauwerk mit einer Regelspannweite von 12 m sind die Randfelder auf 10 m reduziert. Die Fahrbahnplattenstärke misst 35 cm. Diese Platte ist an den Rändern durch entsprechende Längsrandträger gestützt. Der talseitige Ober- respektive Unterzug besitzt eine Höhe von 1.0 m. Gegen das Erdreich hin, liegt die Fahrbahnplatte auf der in Längsrichtung verlaufenden Rückwand auf. Diese folgt im Grundriss und in der Höhe der zu stützenden Spundwand respektive den vorhandenen Natursteinmauern. Die bestehende Spundwand wird nach Erstellung des Lehenbauwerkes im oberen Bereich, ca. bis 20 cm UK der neuen Fahrbahnplatte abgebrochen, die übrige Spundwand dient der Rückwand gegen das Terrain hin als verlorene Schalung.

In den Bereichen, in denen keine Spundwände vorhanden sind, verläuft die Rückwand möglichst parallel zum Brückenrand. Eine Anpassung der Brückenbreite ist im Übergang von Zwangspunkten kontinuierlich vorzusehen. Die Rückwand ist über eine Breite von 50 cm bewehrt und wird gegen die Spundwand hin ausfüllend betoniert. Die beiden Längsträger stützen sich auf den Pfeiler- und Widerlagerscheiben ab, diese weisen eine Stärke von 30 cm auf und sind in der Höhe variabel. Die Widerlagerscheiben werden als schlanke Zwangswand losgelöst von den anschliessenden Stützmauern ausgebildet.

An beiden Brückenden sind Schlepplatten gemäss TBA SG Normalien angeordnet, um allfällige Setzungsmulden schadlos aufnehmen zu können. Die Randborde weisen gemäss den Normalien des TBA des Kantons St. Gallen eine Breite von 0.50 m auf. Aus statischer Sicht wirkt die Fahrbahn, der talseitige Randträger sowie die bergseitige Rückwand als interaktives Scheiben- und Plattentragwerk, welches bei den Stützen fundiert bis auf den anstehenden Felsen aufgelagert ist. Die Rückwand welche Einwirkungen aus dem Baugrund erfährt, wurde mit dem erhöhten Erddruck Vorbemessen. Sie wirkt unter dieser Beanspruchung als Platte und leitet die Erddrücke, gestützt durch die Fahrbahnplatte und die Pfeiler über die Foundationen in den Baugrund.

Die in der Vorbemessung resultierende Auflagerkraft bei den Pfeilern bleibt im Fundationsquerschnitt und erfordert zusätzlich keine ungespannten Anker im Pfeilerkopfbereich. Diese werden vorerst in dieser Projektphase vorgesehen. In den nächsten Projektphasen ist die Notwendigkeit zu präzisieren. Mindestens die Ankereinlagen wären aus Redundanzüberlegungen auch künftig vorzusehen.

Die Vorbemessung erfolgte an einem Trägerrostmodell über vier Felder der Spannweiten 10 m – 12 m – 12 m – 10 m. Im Trägerrostmodell wurde der talseitige Randträger, die bergseitige Stützwand, die Pfeiler sowie die Fahrbahnplatte abbildet.

Die Tragsicherheit erfordert im talseitigen Randträger eine Biegebewehrung in Feldmitte unten und über den Pfeilern oben von $6 \times d=30$ mm.

Die Längsbewehrung in der Fahrbahnplatte erfordert einen Stahlquerschnitt von $d=18$ mm $s=150$ mm und in Querrichtung $d=14$ $s=150$ mm. Die Rückwand benötigt in Längsrichtung eine liegende Bewehrung von $d=18$ $s=150$ mm. Stehend dürfte ein Durchmesser $d=16$ mm $s=150$ mm genügen. Eine Anpassung ist auf die entsprechende Wandhöhe



abzustimmen. Im unteren Bereich der Rückwand sind Zulagen von $2x d = 30 \text{ mm}$ und $3x d = 34 \text{ mm}$ nötig.

Die Vorbemessung zeigt, dass die gewählten Bauteilabmessungen einen ausreichenden Spielraum besitzen, um eine konstruktiv sinnvolle Bewehrung in den nächsten Projektphasen einsetzen zu können.

Schwergewichtsmauern

In den Abschnitten m 110 bis m 122 / m 274 bis m 330 / m 346 bis m 360 / m 370 bis m 392 wird der Strassenkörper mit Schwergewichtsmauern gestützt. Diese sind im Bereich m 110 bis m 122 auf Fels und in den übrigen Bereichen auf Mikropfählen und ungespannten Anker fundiert. Die Anker verhindern das Gleiten der Fundamente und bewirken zudem eine Verbesserung der Gesamtstabilität. Wegen den Versackungstendenzen werden die Mikropfähle mit einem Stahlrohr umhüllt. Diese Konstruktionsweise erhöht die Steifigkeit und verbessert die Dauerhaftigkeit des Pfahles. Insbesondere auch innerhalb der möglichen Scherflächen kann so der Mikropfahl viel robuster ausgelegt werden. Die Mauerhöhen variieren von 1 m bis 8 m Höhe.

Brücke St. Niklausen

Im Bereich m 360 bis m 370 gibt es ein Rahmentragwerk talseits fundiert auf Schächten. Die Widerlagerwände sind geneigt, so dass die Spannweite verkürzt werden kann und die Öffnung trotzdem grosszügig wirkt.

Die Rahmenbrücke weist eine Spannweite von 8.50 m bei einer Plattenstärke von 50 cm auf. Die beiden Widerlagerstiele stehen im Grundriss parallel zueinander und ihre Stärke beträgt jeweils 50 cm. Die Abmessungen basieren aus Referenzprojekten mit praktisch identischen Abmessungen. Anlässlich der nächsten Projektphasen sind diese mittels statischer Berechnung zu verifizieren respektive zu optimieren.

3.3.5 Materialien

Es sind folgende Materialien vorgesehen:

- Beton: Betonsorte SG 1, C30/37 gemäss „Anforderungen Betonbau“
- Bewehrung: Bewehrungsstahl der Duktilitätsklasse B (B 500B)
- Mikropfähle: Swiss Gewi $d=50\text{mm}$, $500/580 \text{ N/mm}^2$ / $d=57.5 \text{ mm}$, $670/800 \text{ N/mm}^2$
- Anker: SpannTop $d=43\text{mm}$, Korrosionsschutzstufe 2b
- Schalung:
 - Kordon Typ 4-14, mit markanter „Brettliststruktur“
 - Randborde Typ 4-14, mit markanter „Brettliststruktur“ (inkl. Hydrophobierung)
- Sichtbare Bauteile Typ 4-14, Schaltafeln $50 \times 200 \text{ cm}$ / $50 \times 250 \text{ cm}$ nach Verlegschema abgestimmt auf Schalungssystem UN
- Restliche Bauteile Typ 2
- Abdichtung Brücke: Vollflächig aufgeschweisste PBD – Bahnen (5 mm, MA verträglich)
- Abdichtung LB: Vollflächig aufgeschweisste KBD – Bahnen abgedeckt mit Gummischrotmatten



3.4 Werke

Im Projektperimeter befinden sich keine Werkleitungen. Einzig im Bereich des Profils m 345 unterquert die Kanalisationsleitung Valens – Bad Ragaz den Projektperimeter. Diese Leitung wurde bei der Erstellung des neuen Strassenabschnittes Valur – Valenserstrasse als gesteuerte Spülbohrung umgesetzt. Der Bedarf allfälliger Werkleitungen ist in der nächsten Projektphase abzuklären.

4 Umwelt

4.1 Erscheinungsbild

Die Gestaltung des Neubaus der Kunstbauten erfolgt schlicht und zurückhaltend. Die Betonmauern in Kombination der Brücke sowie des Lehenbauwerk wirken im Kontext der bereits bestehenden Strassenabschnitten, geprägt durch den Kraftwerkbau der siebziger Jahre sowie des neuen Abschnittes nach Valens, vertraut und betet sich konzeptionell logisch im bestehenden Strassenzug nach Vättis – Gigerwald ein. Insgesamt gliedert sich der entlang der Hangflanke mäandrierende Strassenabschnitt gut ins das vorhandene Landschaftsbild ein.

4.2 Altlasten

Gemäss Kataster der belasteten Standorte des Kantons St. Gallen sind im betroffenen Perimeter keine relevanten Altlasten zu erwarten.

4.3 Wald, Rodungen

Die nötigen Rodungen für die Erschliessung der Baustelle (Installationsflächen, Baupisten, geringer Bedarf für die talseitige Verbreiterung) werden teilweise nach dem Bau wiederum dem Wald überlassen. Als Realersatzfläche kann der Teilrückbau der Innenkehre bei m 360.0 herangezogen werden.

4.4 Grund- und Oberflächengewässer

Die Stützbauwerke Valurrank befindet sich im Gewässerschutzbereich "übrige".

4.4.1 Entwässerung

Die bestehende Strassenentwässerung wird anlässlich des Neubaus der Stützbauwerke Valurrank ersetzt. Das Strassenwasser wird mittels Einlaufschächten gesammelt und über eine Transport- und Sickerleitung abgeleitet. Die Sickerleitung entlastet den Hang und die Stützbauwerke mit deren Baugrund von allfälligem Hangwasser, so dass die Stabilitätsreserven des Hanges positiv beeinflusst werden können.

Das Wasser vom Projektbeginn bis zur Wendekurve wird beim Holzschopf über die bestehende Meteorleitung entwässert. Die vorhandene Leitung führt in ein bestehendes Bächlein welches schliesslich über einen Wasserfall in der Tamina mündet.



Die Entwässerung ab der Wendekehre erfolgt bei der Brücke St. Nicklausen in die vorhandene Seitenrunse. Diese entwässert das Gelände in Richtung Tal über einen Durchlass des alten Trassees der Wartensteinbahn.

Die Ableitung wird nach Rücksprache mit dem Bauamt Bad Ragaz als unproblematisch eingeschätzt. Einzig bei der Unterquerung des alten Wartensteinbahn - Trassees soll während dem Bau abschliessend beurteilt werden, ob Massnahmen nötig sind, um die Unterquerung baulich oder betrieblich zu verbessern.

5 Verkehrssicherheit, Unfallstatistik

Die Verkehrsführung während den Bauarbeiten erfolgt einspurig gesteuert mit einer Lichtsignalanlage mit Busbevorzugung. Die Bauarbeiten werden in 3 Eingriffsabschnitte aufgeteilt, so dass die Distanzen zwischen den Lichtsignalen klar unter der 300 Meter – Grenze liegen werden. Die Standorte der LSA wurden abgestimmt auf die vorhandenen Gegebenheiten, so dass keine Kreuzungsprobleme in den Wartezonen entstehen. Der Begegnungsfall Bus 15 m - PW wurde für alle Bauphasen mittels Schleppkurvennachweis überprüft. Dasselbe gilt für den eigentlichen Bauabschnitt wo überall eine lichte Breite von 4.0 m eingehalten werden kann.

6 Termine und Bauablauf

6.1 Termine

Ein abschliessender Termin für die Ausführung ist zum jetzigen Projektierungszeitpunkt noch nicht definiert. Der schlechte Zustand der rückverankerten Spundwandkonstruktion zeigt eine Priorisierung des Projektes an. Nach den weiteren Projektierungsphasen wird die Ausschreibung und die Vergabe der Baumeisterarbeiten erfolgen. Der Bau der Kunstbauten inklusive der strassenbaulichen Massnahmen soll innerhalb von 2 Hauptbaujahren erfolgen. Im dritten Jahr ist der Einbau des Deckbelages über den gesamten Projektperimeter während maximal zwei Wochen geplant.

6.2 Bauablauf

Die Darlegungen sind im Kapitel 3.2.5 nachlesbar.

7 Unterschrift

Die Projektverfasser:

Bad Ragaz, 31.05.2021

CASUTT WYRSCH ZWICKY AG
dipl. Bauingenieure und Planer


R. Wyrsh
Projektleiter


J. Müller
Sachbearbeiter