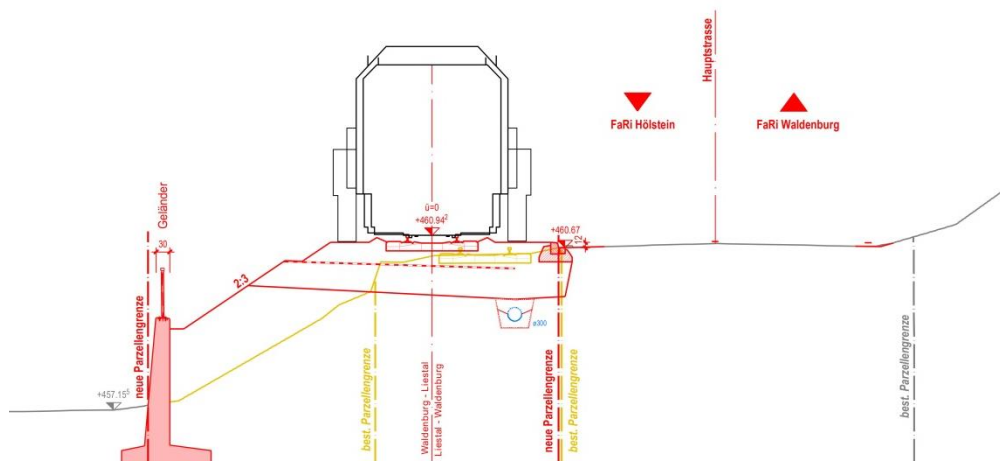


Erneuerung Waldenburgerbahn Los 5: Bahnhof Hirschlang

Auflageprojekt

Prüfbericht Kunstbauten

Version 1.1 | 20.November 2018



Prüfingenieur Kunstbauten
WMM Ingenieure AG

Bauherrschaft
BLT Baselland Transport AG

Andreas Bärtsch

Stefan von Ah

Reto Rotzler

Peter Baumann

Impressum

Auftragsnummer 3132

Auftraggeber BLT Baselland Transport AG

Datum 20. November 2018

Version 1.10

Autor(en) Stefan von Ah

Freigabe Andreas Bärtsch

Verteiler

Datei O:\3100-3199\3132 Erneuerung Waldenburgerbahn, Prüffingenieurmandat Kunstbauten\5 Ingenieur\5-09
Prüfberichte (inter_extern)\Los 5\Prüfbericht Los 5_PGV.docx

Seitenanzahl 24

Inhalt

Änderungsverzeichnis	iii
1 Allgemeines	1
1.1 Auftrag und Stand der Prüfungen	1
1.2 Grundlagen für die Prüfung und geprüfte Dokumente	1
1.2.1 Grundlagen	1
1.2.2 Geprüfte Dokumente	1
1.2.3 Ausgewählte Normen, Weisungen und Richtlinien	1
1.2.4 Prüfmethodik	2
2 Objekt Bachdurchlass Zwischenflühbächli	3
2.1 Konzeption	3
2.1.1 Konzept des Projektverfassers	3
2.1.2 Beurteilung des gewählten Konzepts	4
2.2 Nutzungsvereinbarung und Projektbasis	4
2.3 Tragwerksanalyse und Bemessung	4
2.4 Übereinstimmung der Bauwerkspläne mit der Bemessung	7
2.5 Kontroll-, Überwachungs- und Unterhaltsplan	7
2.6 Konstruktive Ausbildung des Tragwerks	7
2.7 Bereinigungen am Objekt während der Prüftätigkeit	8
3 Objekt Stützmauer längs Bahn	9
3.1 Konzeption	9
3.1.1 Konzept des Projektverfassers	9
3.1.2 Beurteilung des gewählten Konzepts	10
3.2 Nutzungsvereinbarung und Projektbasis	10
3.3 Tragwerksanalyse und Bemessung	11
3.4 Übereinstimmung der Bauwerkspläne mit der Bemessung	15
3.5 Kontroll-, Überwachungs- und Unterhaltsplan	15
3.6 Konstruktive Ausbildung des Tragwerks	15
3.7 Bereinigungen am Objekt während der Prüftätigkeit	16
4 Objekt Stützmauer mit vorfabrizierten Winkелеlementen	17

5	Zusammenfassung und Empfehlung	18
5.1	Zusammenfassung der Prüftätigkeit	18
5.1.1	Objekt „Bachdurchlass Zwischenflühbächli“	18
5.1.2	Objekt „Stützmauer längs Bahn“	18
5.1.3	Objekt „Stützmauer mit vorfabrizierten Winkelementen“	19
5.2	Empfehlung für das weitere Vorgehen	19

Änderungsverzeichnis

REV.	ÄNDERUNG	URHEBER	DATUM	BEMERKUNG
1.0		WMM AG	22.01.2018	
1.1	Redaktionelle Anpassungen	BLT AG	20.11.2018	
1.2				

1 Allgemeines

1.1 Auftrag und Stand der Prüfungen

Der Prüfingenieur wurde vom Bauherrn mit Vertrag vom 08.11.2017 beauftragt, die Kunstbauten des Projekts Erneuerung Waldenburgerbahn für die Phase Bauprojekt zu prüfen.

Im Los 5 sind dies die folgenden Objekte:

- Bachdurchlass Zwischenflühbächli
- Stützmauer entlang Bahn

Nicht im Prüfumfang enthalten sind die folgenden Objekte:

- Stützmauer mit vorfabrizierten Winkelelementen entlang Bahn

Die Stützmauer auf der Oberseite der Kantonsstrasse wird im Los 4 geprüft. Die teilweise in das Los hineinragende Ufermauer Vordere Frenke wird im Los 6 geprüft.

1.2 Grundlagen für die Prüfung und geprüfte Dokumente

1.2.1 Grundlagen

- [D1] Technischer Bericht, Gruner AG, 17.11.2017
- [D2] Geologischer Bericht, Pfirter, Nyfeler + Partner AG, 25.11.2014
- [D3] Situation Los 5, 1:200, Gruner AG, 17.11.2017
- [D4] Querprofile Los 5, 1:100, Gruner AG, 17.11.2017

1.2.2 Geprüfte Dokumente

- [D5] Nutzungsvereinbarung Durchlass Zwischenflüebächli, Gruner AG, 17.11.2017
- [D6] Projektbasis Durchlass Zwischenflüebächli, Gruner AG, 17.11.2017
- [D7] Statische Berechnung Durchlass Zwischenflüebächli, Gruner AG, 17.11.2017
- [D8] Objektplan Durchlass Zwischenflühbächli 1:200/50/20, Gruner AG, 17.11.2017

- [D9] Nutzungsvereinbarung Stützmauer längs Bahn, Gruner AG, 17.11.2017
- [D10] Projektbasis Stützmauer längs Bahn, Gruner AG, 17.11.2017
- [D11] Statische Berechnung Stützmauer längs Bahn, Gruner AG, 17.11.2017
- [D12] Objektplan Stützmauer längs Bahn 1:200/50/20, Gruner AG, 17.11.2017

1.2.3 Ausgewählte Normen, Weisungen und Richtlinien

- [D13] SIA 260 (2013), Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- [D14] SIA 261 (2014), Einwirkungen auf Tragwerke
- [D15] SIA 261/1 (2003), Einwirkungen auf Tragwerke, Ergänzende Festlegungen
- [D16] SIA 262 (2013), Betonbau
- [D17] SIA 262/1 (2013), Betonbau, Ergänzende Festlegungen
- [D18] SIA 267 (2013), Geotechnik

- [D19] SIA 267/1 (2013), Geotechnik, Ergänzende Festlegungen
- [D20] SIA 272 (2009), Abdichtungen und Entwässerungen von Bauten unter Terrain und im Untertagebau
- [D21] PHI – Projektierungshandbuch für Ingenieure, Neubau und Erhaltung von Kunstbauten, Kantone AG, BS, BL und SO, Version 2.1, April 2016
- [D22] Richtlinie Unabhängige Prüfstellen, BAV, V 2.0, 16. Januar 2017

1.2.4 Prüfmethodik

Die Prüfmethodik wird in Anlehnung an die Richtlinie Unabhängige Prüfstellen des BAV durchgeführt.

Die Prüfung der einzelnen Objekte erfolgte nach dem folgenden Vorgehen:

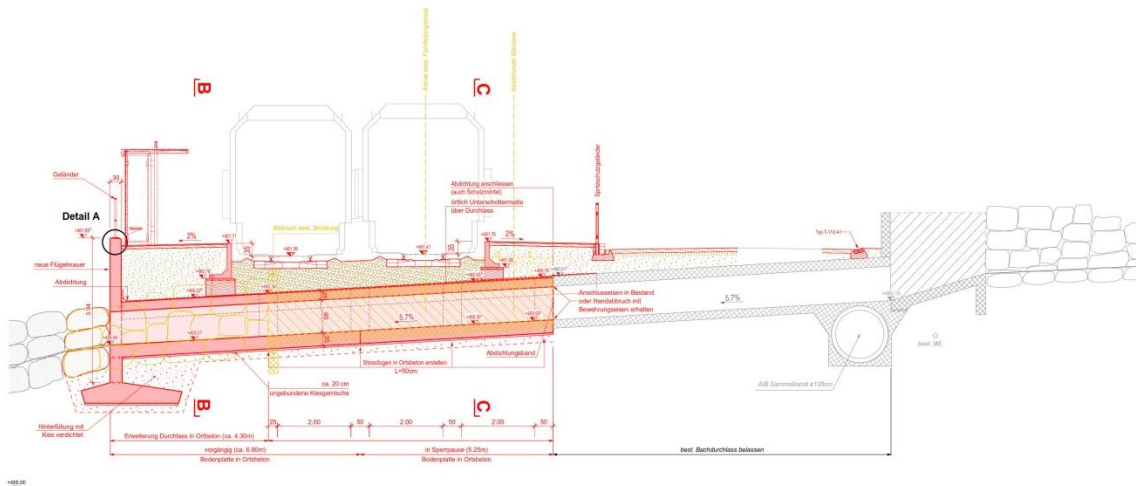
1. Vom Prüfindgenieur Kunstbauten (PIK) werden die Grundlagen (siehe Kapitel 1.2.1) gesichtet. Im Zuge dessen werden die dabei gemachten Überlegungen zum Projekt und zu den einzelnen Objekten schriftlich festgehalten und das Konzept beurteilt.
2. Als nächster Schritt werden die objektbezogenen Dokumente Nutzungsvereinbarung und Projektbasis auf ihre Vollständigkeit und Korrektheit geprüft und wo notwendig entsprechende Empfehlungen für Ergänzungen oder Anpassungen gemacht.
3. Anschliessend werden mit vereinfachten unabhängigen Berechnungen die Schnittkräfte bestimmt und die entsprechenden Bemessungen der wichtigsten Bauteile vorgenommen. Die so erhaltenen Resultate werden mit denjenigen des Projektverfassers (PV) verglichen. Werden dabei vom PIK massgebende Abweichungen festgestellt, wird eine Analyse bezüglich deren Ursache durchgeführt und im Prüfbericht aufgezeigt.
4. Wenn Kontroll-, Überwachungs- und Unterhaltspläne vorhanden sind, werden diese auf die Vollständigkeit geprüft. Wo notwendig, werden entsprechende Empfehlungen für Ergänzungen oder Anpassungen gemacht.
5. Zum Schluss wird die konstruktive Ausbildung des Tragwerks geprüft. Dabei wird kontrolliert, ob die Anforderungen der massgebenden Normen eingehalten sind. Auch werden wo nötig Empfehlungen aus in jüngeren Publikationen festgestellten Mängeln als Beurteilungskriterium in diese Überlegungen miteinbezogen.

2 Objekt Bachdurchlass Zwischenflühbächli

2.1 Konzeption

2.1.1 Konzept des Projektverfassers

Der bestehende Bachdurchlass unterquert die Kantonsstrasse und das Bahntrasse mit einem Rechteckquerschnitt aus vorgefertigten Betonelementen. Das bestehende Bauwerk ist ca. 20 Jahre alt. Gemäss dem Projektverfasser (PV) existieren weder Angaben über eine statische Bemessung noch über die Bewehrung des bestehenden Bauwerks. Der Zustand des Bestands wurde vom PV nicht untersucht.



Längsschnitt aus dem Plan „Objektplan Durchlass Zwischenflühbächli 1:200/50/20, Gruner AG, 17.11.2017“

Der Innenquerschnitt von $b \times h = 1.7\text{m} \times 0.9\text{m}$ mit einem Sohlgefälle von 56 ‰ wurde gemäss dem Technischen Bericht bezüglich der zulässigen Durchflussmenge untersucht. Er kann die Wassermengen von $HQ_{100} = 1.1 \text{ m}^3/\text{s}$ resp. $HQ_{300} = 1.70 \text{ m}^3/\text{s}$ problemlos ableiten.

Der Baugrund im Bereich des geplanten Bauwerks gilt als tragfähig, ist jedoch setzungsempfindlich.

Der bestehende Durchlass muss infolge der längeren und breiteren Bahnhaltestelle gegen die Vordere Frenke hin um 4.5m verlängert werden. Die neue Flügelmauer folgt der Begrenzungslinie des Aussenperrons.

Die Einwirkungen aus den Bahnlasten haben sich infolge der neuen Normgebung erhöht. Aus diesem Grund werden die bestehenden Betonelemente im Bereich der Bahn durch neue, vorgefertigte Betonquerschnitte ersetzt. Der Bereich mit variablem Innenquerschnitt und die gesamte Bodenplatte werden aus Ort beton erstellt.

Der östliche Teil des Baus des Bachdurchlasses erfolgt unter Bahnbetrieb. Der mittlere Abschnitt wird während einem Betriebsunterbruch von 6 Wochen erstellt.

2.1.2 Beurteilung des gewählten Konzepts

Aus Sicht des Prüflingenieurs Kunstbauten ist das gewählte Konzept zweckmässig. Die Bauteilabmessungen des Neubaus wurden der Aufgabenstellung entsprechend vernünftig angesetzt.

Der Zustand des bestehend bleibenden Teils des Bachdurchlasses wurde vom Kanton im Jahr 2016 im Rahmen einer Hauptinspektion der Bauwerksüberwachung (Objekt 7.040 Bachdurchlass Zwischenfluebach) untersucht. Der Zustand des Objekts wird als gut bezeichnet und es muss keine Instandstellung vorgenommen werden.

2.2 Nutzungsvereinbarung und Projektbasis

Die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis entsprechen hinsichtlich der Struktur und dem Inhalt den Angaben der Norm SIA 260.

Die wesentlichen Informationen in Bezug auf die Nutzung, die Umwelt- und Drittanforderungen, sowie auf die Bedürfnisse des Betriebes und des Unterhaltes sind darin enthalten. Schutzziele und Sonderrisiken sind ebenfalls aufgeführt. Die besonderen normativen Bestimmungen und die besonderen Vorgaben der Bauherrschaft sind im Dokument umschrieben.

Folgende Inhalte sollen bei der Aktualisierung der Nutzungsvereinbarung und der Projektbasis präzisiert respektive ergänzt werden:

Thema / Bauteil	Stichwort	Kommentar: K: Korrektur oder Ergänzung erforderlich / B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Frage / R: Redaktionelle Anpassung	
Nutzungsvereinbarung	Durchflussquerschnitt	E	<i>Quellenangabe bezüglich dem Nachweis der Durchflusskapazität des bestehenden Querschnitts respektive des Neubaus angeben.</i>
Projektbasis	Baugrund	E	<i>Es soll darauf hingewiesen werden, dass der unmittelbar anstehende Baugrund setzungsempfindlich ist und dass dies für die Bemessung entsprechend zu berücksichtigen ist.</i>
	Baugrund	E	<i>Wie vom Projektverfasser angemerkt, empfehlen auch wir die noch benötigten, geologischen Untersuchungen möglichst rasch ausführen zu lassen.</i>
	Baugrund	B E	<i>Gemäss SIA 267 müssen bei Überschüttungen Zuschläge für Abweichungen bei der Bauausführung berücksichtigt werden. Die entsprechenden Zuschläge sollen gemäss SIA 267 vermerkt werden.</i>
	Zulässige Deformation für die Geleise	E	<i>Die maximal zulässigen Deformationen für die Geleise respektive daraus abgeleitet für das Bauwerk sollen in der Projektbasis festgehalten werden.</i>

2.3 Tragwerksanalyse und Bemessung

Es wurden alle in der Projektbasis aufgeführten Belastungen und Einwirkungen in die Berechnungsmodelle eingeführt respektive für die Berechnung der Schnittkräfte berücksichtigt.

Die erforderliche Mindestbewehrung wurde gemäss SIA 262 für erhöhte Anforderungen ermittelt. Mit dieser Bewehrung sind Rissbreiten von ca. 0.5mm zu erwarten.

Bachdurchlass:

Die Tragsicherheit wurde vom Projektverfasser (PV) an einem 1 Meter breiten Rahmen mit unterschiedlichen Lagerungen der Bodenplatte respektive mit in der Bodenplatte eingespannten Seitenwänden aus Ortbeton und vorfabrizierten Betonelementen (gelenkige Lagerung des Wandfusses auf der Bodenplatte) nachgewiesen. Die Nachweise für die Beanspruchungen in Längsrichtung des Bauwerks wurden nicht nachgewiesen.

Die vom Prüfenieur Kunstbauten (PIK) ermittelten Schnittkräfte an einem unabhängig erstellten Modell im Bereich der vorfabrizierten Betonelemente ergeben deutlich geringere Schnittkräfte im Feldbereich der Decke des Bachdurchlasses. Dies ist auf die unterschiedliche Modellierung der Schnittkräfte aus Bahnlasten zurückzuführen. Der PV hat für die Bahnlasten eine Einzellast angesetzt - ohne Lastverteilung im Erdreich, der PIK hat mit einer verteilten Last gerechnet. Dagegen sind die Schnittkräfte des PIK im Feldbereich der Bodenplatte infolge einer gleichmässigen Flächenlagerung etwas höher als vom PV ermittelt.

Zusätzlich sollte die Längssteifigkeit des Bauwerks respektive die Lastverteilung in diese Richtung berücksichtigt werden. Es ergeben sich dadurch teilweise deutliche kleinere Schnittkräfte in Querrichtung des Bauwerks (z.B. in der Bodenplatte).

Allgemein wurde die Bewehrung in Querrichtung eher auf der sehr sicheren Seite gewählt und könnte unter Berücksichtigung der Längssteifigkeit des Bauwerks auf die erforderliche Minimalbewehrung abgemindert werden. Die Bewehrung in Längsrichtung des Bauwerks wurde vom PV noch nicht bemessen und ist mit den entsprechenden Nachweisen nachzureichen.

Die zugehörigen Querkraftwiderstände in Querrichtung des Bauwerks wurden korrekt ermittelt und sind deutlich höher als die am Bauwerk auftretenden Kräfte. Die Schubübertragung von den vorfabrizierten Elementen in die Bodenplatte mittels einer Nut in der Bodenplatte wurde ebenfalls korrekt nachgewiesen.

Die berechneten Bodenpressungen dürften sich unter Berücksichtigung der Längssteifigkeit des Bauwerks deutlich reduzieren und können problemlos vom Untergrund abgetragen werden.

Die errechneten differentiellen Verformungen des Bauwerks sind dank der Wahl der Bauteilabmessungen sehr gering und erfüllen die normgemässen Anforderungen.

Die Deformationen des Untergrunds in vertikaler und horizontaler Richtung sind aufgrund der Lastverteilung in Bauwerkslängsrichtung vermutlich ebenfalls gering, sodass die Anforderungen an die zulässigen Verformungen der Geleise erfüllt werden können. Dies insbesondere auch darum, weil sich die Geleise neben dem Bachdurchlass infolge der Bahnlasten in der gleichen Grössenordnung setzen werden.

Die definitiven Setzungsberechnungen können jedoch erst erfolgen, wenn die noch ausstehenden Untersuchungen bezüglich des Untergrunds vorliegen. Aus Sicht des PIK

sollten diese so rasch als möglich erfolgen und nicht erst wie geplant in einer der nächsten Projektphasen.

Die Ermüdungssicherheit wurde vom PV normgemäss nachgewiesen.

Flügelmauer:

Der Bereich der Flügelmauer wurde vom PV erst vorbemessen. Da die Ausbildung der Foundation abhängig ist von den anstehenden Untergrundverhältnissen, ist vorgesehen, die definitiven Abmessungen der Flügelmauer erst nach der noch ausstehenden Baugrunderkundung festzulegen und zu bemessen.

Die Dimensionierung der Flügelmauer konnte daher durch den PIK nicht geprüft werden. Der PIK empfiehlt dem PV für die Bemessung der Flügelmauer sinngemäss die im Kapitel 3 gemachten Anmerkungen zu berücksichtigen. Auch sollten die Schnittkräfte an einem dreidimensionalen Modell ermittelt werden, da die Flügelmauer monolithisch mit dem Bachdurchlass verbunden ist und es dadurch lokal zu Beanspruchungen in Mauerlängsrichtung kommt.

Der Baugrubenabschluss wurde vom PV noch nicht nachgewiesen. Aus Sicht des PIK ist zu klären, ob die Sicherung der Baugrube mit einer Nagelwand (Nägel wirken erst nach grossen Bodendeformationen) nicht zu unzulässigen Deformationen an den bestehenden Geleisen führen. Gegebenenfalls müsste die Baugrube mit temporären Ankern gesichert werden.

In der statischen Berechnung sollen die folgenden Ergänzungen vorgenommen werden:

Thema / Bauteil	Stichwort	Kommentar: K: Korrektur oder Ergänzung erforderlich / B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Frage / R: Redaktionelle Anpassung	
Bachdurchlass	Schnittkraftberechnung	B	<i>Die Schnittkraftberechnungen erfolgten an einem 1 Meter breiten Rahmen ohne Berücksichtigung der Längstragwirkung des Bauwerks.</i>
		E	<i>Die Längstragwirkung des Bauwerks soll für die Bemessung mit berücksichtigt werden.</i>
	Bewehrung in Querrichtung	B	<i>Die Bewehrung wurde teilweise sehr grosszügig bemessen und kann reduziert werden.</i>
		E	<i>Wir empfehlen die Bewehrung an die ermittelten Schnittkräfte anzupassen.</i>
	Bewehrung in Längsrichtung	E	<i>Die entsprechende Bewehrung in Längsrichtung des Bauwerks ist noch zu bestimmen. Auch muss die Bewehrungsführung in den Ortbetonfugen zwischen den vorfabrizierten Elementen definiert und bemessen werden.</i>
	Tragfähigkeit Boden	E	<i>Wie auch vom Projektverfasser angemerkt, soll der Baugrund noch aufgeschlossen werden. Aufgrund der Resultate sollen die Tragfähigkeit des Untergrunds und dessen Setzung kontrolliert werden.</i>

2.4 Übereinstimmung der Bauwerkspläne mit der Bemessung

Die Abmessungen der Bauteile stimmen mit den Berechnungsannahmen überein. Die Bewehrungspläne werden erst in einer späteren Bauphase erstellt und konnten vom PIK nicht geprüft werden.

2.5 Kontroll-, Überwachungs- und Unterhaltsplan

Objektspezifisch ist noch kein Kontroll-, Überwachungs- und Unterhaltsplan vorhanden.

Die folgenden Punkte müssen aus Sicht des PIK zwingend in diese Dokumente aufgenommen werden (keine abschliessende Aufzählung):

- Massnahmen zur Überwachung des Baugrubenverbaus und der Umgebung
- Massnahmen zur Überwachung der zulässigen Deformationen der Flügelmauer

2.6 Konstruktive Ausbildung des Tragwerks

Dem Korrosionsschutz von Tragwerkselementen, welche nicht oder nur beschränkt zugänglich sind, muss Beachtung geschenkt werden. Entsprechende Bewehrungsüberdeckungen sind in der Ausführung vorzusehen.

Die detaillierte Ausbildung der Stossfugen der vorgefertigten Elemente wurde in der kontrollierten Projektphase noch nicht bestimmt und muss sorgfältig geplant werden.

Die Fugenausbildung der Schubübertragung von den vorgefertigten Elementen in die Bodenplatte wurde in der statischen Berechnung nachgewiesen und muss entsprechend sorgfältig umgesetzt werden. Insbesondere muss dem kraftschlüssigen Untergiessen der um ca. 5% geneigten Elemente Beachtung geschenkt werden.

Die Abdichtung wurde entsprechend dem Stand der Technik gewählt. Zusätzlich empfehlen wir die vertikalen und horizontalen Arbeitsfugen, welche nicht im Perimeter der PBD-Abdichtungen vorhanden sind, anstatt mit Injektionsschläuchen mit aussenliegenden Fugenbändern abzudichten.

Die Hinterfüllung der Baugrube wird im Technischen Bericht mit Geröll angegeben und ist im Objektplan als Hinterfüllung mit verdichtetem Kies beschrieben. Aus Sicht des PIK sind beide Varianten denkbar.

Der Verlauf der Fundamentsohle der Flügelmauer wurde vom PV horizontal und auf einer Tiefe von ca. 1.6m unterhalb der Sohle des Bachdurchlasses vorgesehen. Da seitlich der Gewässerrinne das Terrain deutlich höher zu liegen kommt, könnte die Fundamentsohle in den Bereichen seitlich des Bachdurchlasses entsprechend angehoben werden.

Spezielle Schutzmassnahmen gegen Streustrom sind im geprüften Objekt keine vorgesehen. Wichtig ist, dass die Bauwerkserdung getrennt von der Bahnerdung vorgenommen wird. Aus Sicht des PIK sind unter der Annahme, dass keine Streuströme durch Bauteile dieses Objekts fliessen, keine Massnahmen notwendig.

Die folgenden konstruktiven Hinweise sollten für die Ausführung berücksichtigt werden:

Thema / Bauteil	Stichwort	Kommentar: K: Korrektur oder Ergänzung erforderlich / B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Frage / R: Redaktionelle Anpassung	
Bachdurchlass	Ausbildung Stossfugen vorfabrizierte Elemente	E	<i>Der Ausbildung der Stossfugen muss spezielle Beachtung geschenkt werden. Diese sollen einerseits so ausgebildet werden, dass Längskräfte übertragen werden können und müssen andererseits so konzipiert werden, dass die vorfabrizierten Elemente ohne Probleme versetzt werden können.</i>
	Abdichtung der Arbeitsfugen	E	<i>Wir empfehlen die vertikalen und horizontalen Arbeitsfugen, welche nicht im Perimeter der PBD-Abdichtungen vorhanden sind anstatt mit Injektionsschläuchen mit aussenliegenden Fugenbändern abzudichten.</i>
	Hinterfüllung des Bauwerks	E	<i>Die Hinterfüllung des Bachdurchlasses respektive dessen Verdichtung muss so erfolgen, dass zu einem späteren Zeitpunkt keine unzulässigen Deformationen der Gleisanlagen auftreten.</i>
	Prüfung Verdichtung	B E	<i>Der im Objektplan angegebene Verdichtungswert von 70 - 150 MN/m² kann vermutlich mit dem geplanten, wenig mächtigen, Materialersatz und dem vorhandenen Bodenaufbau nicht erreicht werden. Der vorgegebene Verdichtungswert soll so abgestimmt werden, dass dieser aufgrund des vorhandenen Bodenaufbaus auch erreicht werden kann.</i>

2.7 Bereinigungen am Objekt während der Prüftätigkeit

Bis dato wurden aufgrund der Prüftätigkeit des PIK keine Bereinigungen am Objekt vorgenommen.

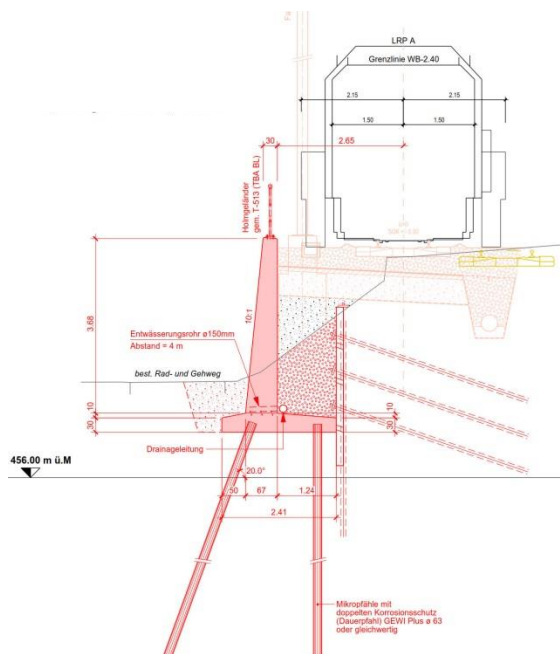
3 Objekt Stützmauer längs Bahn

3.1 Konzeption

3.1.1 Konzept des Projektverfassers

Der Ausbau des Bahnhofs Hirschlang mit verlängertem, neuen Aussenperron und der Verschiebung der Gleisachse Richtung Vordere Frenke erfordert auf der Nordostseite des Bahnhofs eine neue Stützmauer zwischen dem Bahntrassee und dem Rad- / Fussgängerweg.

Die Stützmauer ist parallel zum Radweg im Abstand von einem halben Meter vorgesehen. Sie ist ca. 70m lang und ist als Winkelstützmauer aus Ortbeton konzipiert. Die maximale Wandhöhe ab OK. Terrain beträgt 3.2m. Es ist vorgesehen die vertikale Mauer ca. alle 8m vertikal zu dilatieren. Die Fundamentplatte ist an diesen Stellen nicht dilatiert.



Querschnitt 2 aus dem Plan „Objektplan Stützmauer entlang Bahn 1:100/50/20, Gruner AG, 17.11.2017“

Der Baugrund ist setzungsempfindlich. Vom PV ist deshalb vorgesehen den mittleren Bereich der Stützmauer mittels Mikropfählen zu fundieren. Diese werden in den weiter unten liegenden Fels eingebunden. In den beiden aussen liegenden Bereichen wird die Stützmauer mit Betonsporen in den Untergrund fundiert.

Die Entwässerung der Stützmauer erfolgt über eine Drainageleitung, welche oberhalb des Wandfusses im bergseitigen Terrain entlang der Wand geführt wird und durch senkrecht dazu angeordnete Entwässerungsleitungen, welche alle 4m den Wandfuss nach vorne durchstossen, das Wasser auf die Talseite hin ableiten.

Der Bau der Stützmauer erfolgt unter Bahnbetrieb.

Als Baugrubensicherung ist eine Nagelwand vorgesehen. Im zentralen Bereich werden die leicht nach hinten geneigten Bodennägel zusätzlich mit senkrecht angeordneten Nä-

geln verstärkt. Diese Anordnung soll Setzungen und Verschiebungen möglichst vermeiden.

Der Abstand der Nagelwand zur bestehenden Gleisachse beträgt mindestens 3.0m. Die Baugrube kann somit gemäss PV ohne Bahnbetriebsunterbrüche erstellt werden.

Die Hinterfüllung der Stützmauer erfolgt mit Geröll, um Setzungen zu vermeiden.

Die Erschliessung der Baustelle erfolgt rückwärtig über den Rad- / Fussgängerweg entlang der Vorderen Frenke. Der Radweg muss dafür temporär verbreitert und die heutige Holzbrücke über das Zwischenflühbächli für die Bauphase ersetzt werden. Die temporäre Verbreiterung des Radwegs tangiert den Uferbereich und teilweise auch den Fliessbereich. Es sind temporäre Stützkonstruktionen vorgesehen. Der Uferbereich wird nach dem Erstellen der Stützmauerkonstruktion wieder Instand gestellt.

3.1.2 Beurteilung des gewählten Konzepts

Aus Sicht des PIK ist das gewählte Konzept in weiten Teilen zweckmässig.

Die Abmessungen der Winkelstützmauer sind robust gewählt. Dies zeigen auch die gemachten Vergleichsberechnungen.

Das Konzept mit den unterschiedlichen Fundationsarten (Betonsporen und Mikropfähle) sollte aufgrund des jeweils deutlich abweichenden Deformationsverhaltens überdacht werden. Wir empfehlen die Stützmauer auf der gesamten Länge mit der gleichen Fundationsart zu gründen.

Aus den Unterlagen ist nicht ersichtlich ob als Fundationsart auch eine Lösung ohne Zugpfähle (Bohrpfähle beansprucht auf Biegung) als mögliche Alternative untersucht wurde. Wenn eine solche Lösung ausführbar wäre, ist diese einer Lösung mit Zugpfählen vorzuziehen.

Heutzutage ist es nicht mehr zeitgemäss Bauwerke alle 8m (wie im Objektplan dargestellt) zu dilatieren. Wir empfehlen die Stützmauer ohne Dilatationsfugen auszuführen und mit einer entsprechenden rissbreitenminimierenden Bewehrung in Längsrichtung zu versehen.

3.2 Nutzungsvereinbarung und Projektbasis

Die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis entsprechen hinsichtlich der Struktur und dem Inhalt den Angaben der Norm SIA 260.

Die wesentlichen Informationen in Bezug auf die Nutzung, die Umwelt- und Drittanforderungen, sowie auf die Bedürfnisse des Betriebes und des Unterhaltes sind darin enthalten. Schutzziele und Sonderrisiken sind ebenfalls aufgeführt. Die besonderen normativen Bestimmungen und die besonderen Vorgaben der Bauherrschaft sind im Dokument umschrieben.

Folgende Inhalte sollen bei der Aktualisierung der Nutzungsvereinbarung und der Projektbasis präzisiert werden:

Thema / Bauteil	Stichwort	Kommentar: K: Korrektur oder Ergänzung erforderlich / B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Frage / R: Redaktionelle Anpassung	
Nutzungsvereinbarung	Erdbeben	B E	<i>Gemäss Projektverfasser gilt Erdbeben als akzeptiertes Risiko. Wir empfehlen diese Einstufung aufgrund eines möglichen grossen Personenschadenpotentials zu überdenken und das Bauwerk für eine Erdbebeneinwirkung auszulegen.</i>
	Hochwasserabfluss Vordere Frenke	B F E	<i>Während dem Bau der Stützmauer wird der Bachquerschnitt vermutlich eingeschränkt. Könnte im Hochwasserfall der Rad- / Gehweg und somit auch die Stützmauerkonstruktion unterspült werden? Wir empfehlen diese Umstände unter dem Punkt Hochwasserschutz zu vermerken.</i>
	Winterdienst	F E	<i>Ist vorgesehen den Rad- / Gehweg im Winter mit Tausalz eisfrei zu bekommen? Wenn ja, sollte dies entsprechend vermerkt werden.</i>
Projektbasis	Hochwasserabfluss Vordere Frenke	B F E	<i>Während dem Bau der Stützmauer wird der Bachquerschnitt vermutlich eingeschränkt. Könnte im Hochwasserfall der Rad- / Gehweg und somit auch die Stützmauerkonstruktion unterspült werden? Wir empfehlen für die Bauzustände und vor allem den Endzustand den Fall einer Unterspülung des Rad- / Gehwegs zu vermerken.</i>
	Winterdienst	F E	<i>Ist vorgesehen auf dem Rad- / Gehweg im Winter Tausalz zu verwenden? Wenn ja sollte dies entsprechend vermerkt respektive bei der Festlegung der Expositionsklasse berücksichtigt werden.</i>
	Baugrund	E	<i>Wie vom Projektverfasser angemerkt, empfehlen wir die noch benötigten geologischen Untersuchungen möglichst rasch ausführen zu lassen.</i>
	Zulässige Deformation für die Geleise	E	<i>Die maximal zulässigen Deformationen für die Geleise während dem Bauzustand sollen in der Projektbasis festgehalten werden.</i>
	Zulässige Deformation der Stützmauern	E	<i>Die maximal zulässigen Deformationen für die Stützmauern im Endzustand und auch während den Bauphasen sollen in der Projektbasis festgehalten werden.</i>

3.3 Tragwerksanalyse und Bemessung

Es wurden alle in der Projektbasis aufgeführten Belastungen und Einwirkungen in die Berechnungsmodelle eingeführt respektive für die Berechnung der Schnittkräfte berücksichtigt.

Die erforderliche Mindestbewehrung wurde bisher nicht ermittelt.

Die Tragsicherheit wurde vom Projektverfasser (PV) für sechs unterschiedliche Wandabschnitte nachgewiesen. Die Querschnitte 1 und 6 wurden mit dem Stützmauerbemessungsprogramm DC-Winkel nachgewiesen. Für die Querschnitte 2, 3, 4 und 5 wurden die Schnittkräfte anhand von 2-dimensionalen Stabstatikmodellen berechnet.

Vom Prüfsingenieur Kunstbauten (PIK) wurde ein Querschnitt im Bereich der Flachfundation geprüft und zwei Querschnitte im Bereich der Mikropfahlfundation nachgerechnet.

Winkelstützmauer flach fundiert:

In einem ersten Schritt wurde der Terrainverlauf ca. 15m auf beide Seiten erweitert berücksichtigt und die Gesamtstabilität des Bauwerks (Typ 3, Erreichen des Tragwiderstands des Baugrunds durch Hangrutschung, Böschungsbruch, Geländebruch etc.) ermittelt. Der Nachweis der Gesamtstabilität kann erbracht werden.

Die Ergebnisse der Berechnungen für die Grenzzustände Typ 1 und Typ 2 gemäss SIA 260 zeigen, dass der Grundbruchwiderstand mit einem um 80cm freigelegten Stützmauerfuss und leicht geneigtem Gelände des talseitigen Terrains (entspricht dem vom PIK angenommenen Terrainverlauf) nicht erbracht werden kann. Die unterschiedlichen Resultate des PIK im Vergleich zu den Resultaten des PV sind darauf zurückzuführen, dass der PV entgegen dem Beschrieb am Anfang der statischen Berechnung für die Nachweise am Wandfuss das Terrain im Endzustand inklusive passivem Erdwiderstand mitberücksichtigt hat.

Auch ergibt sich für den Grenzzustand „Selten“ mit den zu Grunde gelegten Bodenkennwerten eine grosse Verdrehung der Stützmauer. Der Nachweis, ob diese Deformationen für den Bahnbetrieb noch zulässig sind, wurde nicht erbracht.

Aufgrund des zu geringen Grundbruchwiderstands und des deutlich unterschiedlichen Verformungsverhaltens der flach fundierten Stützmauer im Vergleich zum starrer fundierten mittleren Bereich, empfehlen wir die Stützmauer auf die gesamte Länge mit einem einheitlichen Fundationsprinzip zu gründen.

Mit einem einheitlichen Fundationsprinzip und den dadurch gleichmässig auftretenden Deformationen kann aus Sicht des PIK auf die Ausbildung von Dilatationsfugen verzichtet werden.

Winkelstützmauer mit Mikropfahlfundation:

Im Bereich der Winkelstützmauer mit Tiefenfundation wurde die Lagerung der Mikropfähle vom PV als gleichförmige Linienlager eingeführt. Die Lager weisen in Mauerquerrichtung eine deutlich geringere Steifigkeit auf als in vertikaler Richtung. Die Bestimmung der jeweiligen Lagersteifigkeiten ist aus der statischen Berechnung nicht ersichtlich.

Auch für diesen Wandbereich wurde vom PIK zuerst die Gesamtstabilität an einem erweiterten Terrainmodell ermittelt. Der Nachweis der Gesamtstabilität konnte ohne Mikropfähle nicht erbracht werden. Unter Berücksichtigung der Mikropfähle (zusätzlicher Scherwiderstand) kann der Nachweis geführt werden.

Für die Vergleichsrechnung wurden die Einwirkungen aus dem Baugrund (Berücksichtigung der Bahnlasten inklusive den erforderlichen Scherwiderständen der Pfähle) in ein 2-dimensionales Stabstatikmodell eingeführt.

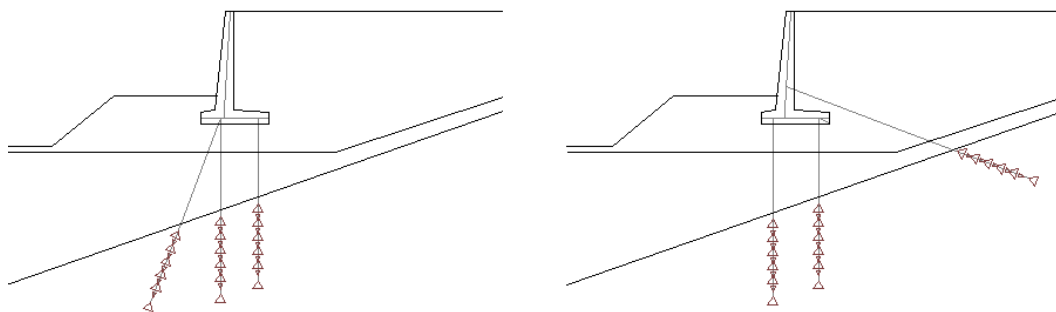
Die Lagersteifigkeiten wurden vom PIK in einem ersten Schritt mit $k_{sh} = 0.5 * k_{sv} = 0.5 * [1.4 * E_{s,h} / D]$ (Schätzformel für horizontale Lagerung von Pfählen; $E_{s,h} \cong M_E$, D = Pfahldurchmesser) in das Modell eingeführt. Die so errechneten Bodenpressungen wurden mit dem an den jeweiligen Stellen vorhandenen passiven Erdwiderstand verglichen. Waren die Lagerkräfte höher als die vorhandenen Erdwiderstände, wurden die horizontalen Lagersteifigkeiten entsprechend abgemindert bis die Erdwiderstände grösser als die Lagerkräfte waren.

Die Bemessung der Winkelstützmauer oberhalb der Mikropfähle wurde vom PV sorgfältig durchgeführt. Die ermittelten Schnittkräfte liegen im Bereich der vom PIK berechneten Schnittkräfte. Ebenso wurde die erforderliche Bewehrung infolge Biegung für den vertikalen Wandabschnitt korrekt bemessen. Die Umsetzung der nachgewiesenen Bewehrung in die Bewehrungsskizze ist nicht nachvollziehbar. Sie liegt jedoch auf der sicheren Seite.

Die zugehörigen Querkraftwiderstände wurden korrekt ermittelt und sind deutlich höher als die am Bauwerk auftretenden Kräfte.

Mit der Berücksichtigung der abgeminderten horizontalen Lagersteifigkeiten der Mikropfähle liegt die vom PIK berechnete horizontale Deformation der Stützmauerkonstruktion im Dezimeterbereich. Dies ist sicher deutlich mehr als der zulässige Wert für die Deformationen einer Bahnstützkonstruktion.

Aus Sicht des Prüfindgenieurs Kunstbauten kann die Mikropfahlanordnung jedoch so ergänzt werden, dass mit den gleichen Einwirkungen die Deformationen soweit reduziert werden können, dass die zulässigen Werte erreicht oder unterschritten werden:



Figur 1a und 1b: Prinzipskizzen möglicher Mikropfahlanordnungen

Die angedachte Mikropfahlanordnung könnte gemäss Figur 1a ergänzt werden. Allerdings ergeben sich sehr grosse Druck- und Zugkräfte in den Pfählen, welche in den Untergrund eingeleitet werden müssen. Auch müsste geprüft werden, ob bei der Erstellung der Mikropfähle das Bohrgerät nicht in Konflikt mit dem entlang der Baustelle benötigten Schutzzaun stehen würde.

Mit einer Anordnung der Pfähle gemäss der Figur 1b werden die senkrecht angeordneten Mikropfähle deutlich geringer belastet und der schräg nach hinten verlaufende Mikropfahl könnte als permanenter Anker ausgebildet werden. Die Ausbildung als permanenter Anker hätte den Vorteil, dass die Ankerkraft kontrolliert aufgebracht werden kann (die horizontalen Deformationen werden so weitgehend minimiert) und dass bei Bau-

werkskontrollen ein Teil der Anker bezüglich der noch vorhandenen Ankerkraft überprüft werden kann.

Zusätzlich muss geprüft werden, ob durch die starre Fundamentfusslagerung die auftretenden Erdrücke nicht grösser als die um 50% erhöhten aktiven Erdrücke sind. Gegebenenfalls muss der Erdrückdruck berücksichtigt werden.

Die Nachweise der Ermüdungssicherheit wurden vom PV für dieses Objekt noch nicht erbracht und müssen nachgereicht werden.

Die innere Tragfähigkeit der Mikropfähle wurde vom PV nicht explizit nachgewiesen. Die Nachweise der äusseren Tragfähigkeit der Mikropfähle wurden vom PV korrekt ermittelt. Auch der PIK ist der Ansicht, dass bei kleinen Pfahldurchmessern der Spitzenwiderstand nicht für die Nachweise berücksichtigt werden soll.

Der Baugrubenabschluss wurde vom PV noch nicht nachgewiesen. Aus Sicht des PIK ist zu klären, ob die Sicherung der Baugrube mit einer Nagelwand (Nägel wirken erst nach grossen Bodendeformationen) nicht zu unzulässigen Deformation an den bestehenden Geleisen führt. Gegebenenfalls müsste die Baugrube mit temporären Ankern gesichert werden.

In der statischen Berechnung sollen die folgenden Ergänzungen vorgenommen werden:

Thema / Bauteil	Stichwort	Kommentar: K: Korrektur oder Ergänzung erforderlich / B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Frage / R: Redaktionelle Anpassung	
Stützmauer entlang Bahn	Erdbebeeinwirkung	E	<i>Die erforderlichen Nachweise wurden bisher nicht geführt und müssen in der statischen Berechnung ergänzt werden.</i>
	Mindestbewehrung	E	<i>Die Mindestbewehrung soll ermittelt werden und in den jeweiligen Bewehrungsskizzen wenn massgebend ergänzt werden.</i>
	Bewehrung in Längsrichtung	E	<i>Die entsprechende Bewehrung in Längsrichtung muss noch bestimmt werden.</i>
	Nachweise Gesamtstabilität Typ 3	E	<i>Die erforderlichen Nachweise wurden bisher nicht geführt und müssen in der statischen Berechnung ergänzt werden.</i>
	Nachweise Lastabtrag Mikropfähle in den Untergrund	E	<i>Die Lagersteifigkeiten sollten aufgrund des effektiven Tragverhaltens des Untergrunds angepasst werden und die entsprechenden Nachweise bezüglich dem Erdwiderstand in die statische Berechnung integriert werden.</i>
	Nachweise Deformationsverhalten des Bauwerks	E	<i>Die auftretenden Deformationen sollen mit den zulässigen Deformationen für Stützmauern gemäss der Projektbasis verglichen werden.</i>
	Anordnung Mikropfähle	B E	<i>Mit den vom PV vorgesehenen Mikropfählen ergeben sich Deformationen der Stützmauer im Dezimeterbereich. Die Anordnung der Mikropfähle muss so angepasst werden, dass die zulässigen Deformationen für Stützmauer gemäss der Projektbasis eingehalten sind.</i>
	Ausfall eines Mikropfahls unter Zugbeanspruchung	E	<i>Wir empfehlen die Redundanz des Systems bei einem Ausfall von einem auf Zug beanspruchten Anker oder Mikropfahl zu untersuchen. Der Bruch eines solchen Elements darf nicht zum Versagen des Gesamttragwerks führen.</i>
	Nachweise Mikropfähle	E	<i>Für Mikropfähle muss die Krafteinleitung in das darüber liegende Bauwerk nachgewiesen werden (Krafteinleitung in die Fundamentplatte -> Durchstanzen). Der Nachweis der inneren Tragfähigkeit der Mikropfähle ist in die statische Berechnung zu integrieren.</i>

3.4 Übereinstimmung der Bauwerkspläne mit der Bemessung

Die Abmessungen der Bauteile stimmen mit den Berechnungsannahmen überein. Die Bewehrungspläne werden erst in einer späteren Bauphase erstellt und konnten vom PIK nicht geprüft werden.

3.5 Kontroll-, Überwachungs- und Unterhaltsplan

Objektspezifisch ist noch kein Kontroll-, Überwachungs- und Unterhaltsplan vorhanden.

Die folgenden Punkte müssen aus Sicht des PIK zwingend in diesen Dokumenten festgelegt werden (keine abschliessende Aufzählung):

- Massnahmen zur Ermittlung der Tragsicherheit der Mikropfähle mit entsprechenden Versuchen gemäss SIA 267
- Massnahmen zur Überwachung des Baugrubenverbaus und der Umgebung
- Massnahmen zur Kontrolle der Mikropfähle
- Massnahmen zur Überwachung der zulässigen Deformationen der Stützmauer

3.6 Konstruktive Ausbildung des Tragwerks

Dem Korrosionsschutz von Tragwerkselementen, welche nicht oder nur beschränkt zugänglich sind, muss Beachtung geschenkt werden.

Am Wandfuss muss die Bewehrungsüberdeckung auf der Bergseite mindestens 55mm betragen und es soll vor dem Betonieren eine Mörtelvorlage vorgesehen werden, um Kiesnester zu vermeiden. Die Arbeitsfugen sollten beidseitig mit Abdichtungsbändern abgeklebt werden.

Zudem wird empfohlen die Arbeitsfugen 10cm über der Fundamentplatte anzuordnen, damit kein stehendes Wasser in die Arbeitsfugen eindringen kann.

Die Drainageleitung entlang des Wandfusses muss mit Spülstützen versehen werden, um die Funktionstüchtigkeit über die gesamte Lebensdauer des Bauwerks zu gewährleisten.

Die Betonummantelung der Mikropfähle sollte bis 10cm in den Konstruktionsbeton geführt werden, um die Gefahr einer Korrosion in diesem Bereich zu verhindern.

Spezielle Schutzmassnahmen gegen Streustrom sind im geprüften Objekt keine vorgesehen. Wichtig ist, dass die Bauwerkserdung getrennt von der Bahnerdung vorgenommen wird. Aus Sicht des PIK sind unter der Annahme, dass keine Streuströme durch Bauteile dieses Objekt fließen, nur Massnahmen an den Mikropfählen notwendig.

Die Mikropfähle, welche auf Zug beansprucht sind, müssen aufgrund der Streustromproblematik entsprechend der Schutzstufe 3 ausgebildet werden und die Ankerköpfe müssen elektrisch getrennt von der Fundamentplattenbewehrung angeordnet werden.

Um allen Anforderungen gerecht zu werden, muss möglicherweise die Fundamentplattenstärke vergrößert werden.

Die Hinterfüllung der Stützmauerkonstruktion muss so erfolgen, dass zu einem späteren Zeitpunkt keine unzulässigen Deformationen der Gleisanlagen auftreten.

Die folgenden konstruktiven Hinweise sollten für die Ausführung berücksichtigt werden:

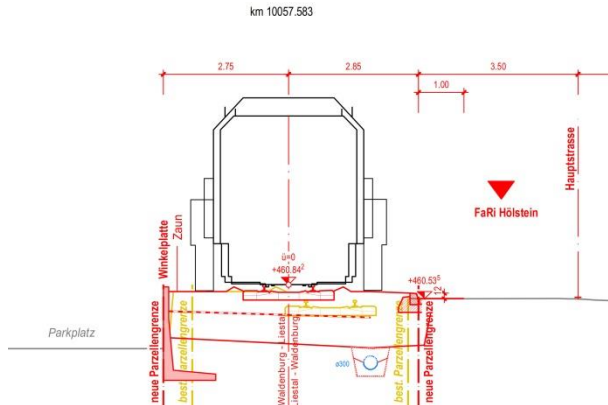
Thema / Bauteil	Stichwort	Kommentar: K: Korrektur oder Ergänzung erforderlich / B: Bemerkung / E: Empfehlung / F: Frage / R: Redaktionelle Anpassung	
Bachdurchlass	Ausbildung Übergang vertikale Stützmauer zur Fundamentplatte	E	<i>Am Wandfuss muss die Bewehrungsüberdeckung auf der Bergseite der Stützmauer mindestens 55mm betragen.</i>
		E	<i>Es soll vor dem Betonieren eine Mörtelvorlage vorgesehen werden, um Kiesnester zu vermeiden.</i>
		E	<i>Es sollen die Arbeitsfugen 10cm über der Fundamentplatte angeordnet werden. Dafür sollte eine entsprechende Schalung vorgesehen werden.</i>
		E	<i>Die Arbeitsfugen sollten beidseitig mit Abdichtungsbändern abgeklebt werden.</i>
	Drainageleitung entlang Wandfuss	E	<i>Die Drainageleitung entlang des Wandfusses sollte mit Spülstützen versehen werden.</i>
	Korrosionsschutz Mikropfähle	E	<i>Die Mikropfähle, welche auf Zug beansprucht sind, müssen aufgrund der Streustromproblematik entsprechend der Schutzstufe 3 ausgebildet werden.</i>
		E	<i>Die Ankerköpfe müssen elektrisch getrennt von der Fundamentplattenbewehrung angeordnet werden.</i>
Abdichtung der Arbeitsfugen		E	<i>Wir empfehlen alle vertikalen und horizontalen Arbeitsfugen mit ausenliegenden Fugenbändern abzudichten.</i>
Hinterfüllung des Bauwerks		E	<i>Die Hinterfüllung der Stützmauerkonstruktion respektive deren Verdichtung muss so erfolgen, dass zu einem späteren Zeitpunkt keine unzulässigen Deformationen der Gleisanlagen auftreten.</i>

3.7 Bereinigungen am Objekt während der Prüftätigkeit

Bis dato wurden aufgrund der Prüftätigkeit des PIK keine Bereinigungen am Objekt vorgenommen.

4 Objekt Stützmauer mit vorfabrizierten Winkelelementen

Das Objekt ist nicht im Prüfumfang des PI enthalten. Somit wurden auch keine Berechnungen und Nachweise vom Projektverfasser zur Prüfung abgegeben.



Querprofil 1 aus dem Plan Querprofile

Aufgrund der freien Mauerhöhe sowie aus Erfahrungen aus ähnlichen Aufgabenstellungen weisen wir darauf hin, dass für dieses Bauteil die Gründung und die Gesamtstabilität des Bauwerkes unter sämtlichen Lasteinwirkungen und ohne den passiven Erdwiderstand nachzuweisen sind.

5 Zusammenfassung und Empfehlung

5.1 Zusammenfassung der Prüftätigkeit

In den vorherigen Abschnitten wurden die Objekte „Bachdurchlass Zwischenflühbächli“, „Stützmauer längs Bahn“ und „Stützmauer mit vorfabrizierten Winkelelementen“ geprüft.

5.1.1 Objekt „Bachdurchlass Zwischenflühbächli“

Das gewählte Konzept ist zweckmässig und die Bauteilabmessungen wurden entsprechend vernünftig gewählt.

Die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis müssen noch in wenigen Punkten angepasst werden.

Der Bachdurchlass wurde entsprechend den Vorgaben aus der Projektbasis berechnet und bemessen. Unter der Berücksichtigung der Längssteifigkeit des Bauwerks kann die Bewehrung noch optimiert werden. Die definitiven Setzungsberechnungen können erst erfolgen, wenn die ausstehenden Untersuchungen bezüglich des Untergrunds vorliegen. Die Flügelmauer muss noch detaillierter berechnet und bemessen werden. Der Baugrubenabschluss wird vom Projektverfasser zu einem späteren Zeitpunkt nachgewiesen.

Die Abmessungen der Bauteile stimmen mit den Berechnungsannahmen überein. Die Bewehrungspläne werden erst in einer späteren Phase erstellt.

Objektspezifisch ist noch kein Kontroll-, Überwachungs- und Unterhaltsplan vorhanden.

Erforderliche Massnahmen bezüglich der Dauerhaftigkeit des Bauwerks müssen umgesetzt werden.

5.1.2 Objekt „Stützmauer längs Bahn“

Das gewählte Konzept ist in weiten Teilen zweckmässig. Die Ausbildung der Foundation mit unterschiedlichen Gründungsarten (Betonsporen und Mikropfähle) sollte aufgrund des jeweils deutlich abweichenden Deformationsverhaltens überdacht werden und mit einer auf die gesamte Länge gleichen Fundationsart ersetzt werden. Das Bauwerk soll ohne Dilatationsfugen ausgebildet werden.

Die Nutzungsvereinbarung und die Projektbasis müssen noch in wenigen Punkten angepasst werden.

Die Stützmauerkonstruktion wurde entsprechend den Vorgaben aus der Projektbasis berechnet und bemessen. Die Gesamtstabilität kann nur unter der Berücksichtigung der Bodenverzahnung der Mikropfähle nachgewiesen werden. Aufgrund von sehr grossen Deformationen des vom Projektverfassers gewählten Gründungskonzepts muss die Tiefengründung so angepasst werden, dass die zulässigen Deformationswerte nicht überschritten werden. Der Baugrubenabschluss wird vom Projektverfasser zu einem späteren Zeitpunkt nachgewiesen.

Die Abmessungen der Bauteile stimmen mit den Berechnungsannahmen überein. Die Bewehrungspläne werden erst in einer späteren Phase erstellt.

Objektspezifisch ist noch kein Kontroll-, Überwachungs- und Unterhaltsplan vorhanden.

Erforderliche Massnahmen bezüglich der Dauerhaftigkeit des Bauwerks müssen umgesetzt werden.

5.1.3 Objekt „Stützmauer mit vorgefertigten Winkелеlementen“

Aufgrund der freien Mauerhöhe sowie aus Erfahrungen aus ähnlichen Aufgabenstellungen weisen wir darauf hin, dass für dieses Bauteil die Gründung und die Gesamtstabilität des Bauwerkes unter sämtlichen Lasteinwirkungen und ohne den passiven Erdwiderstand nachzuweisen sind.

5.2 Empfehlung für das weitere Vorgehen

Die in den Kapiteln 2 und 3 gemachten Empfehlungen zu den jeweiligen Objekten sollten wenn möglich noch vor der Abgabe des PGV entsprechend umgesetzt werden und die zugehörigen Unterlagen angepasst werden. Spätestens sind die Unterlagen jedoch im Rahmen der Ausschreibungsplanung anzupassen.

Wo erforderlich, müssen die ergänzten oder neue erstellten Unterlagen dem Prüfingenieur Kunstbauten nochmals zur Kontrolle vorgelegt werden.

Münchenstein, 20. November 2018 ¹

WMM Ingenieure AG



Andreas Bärtsch



Stefan von Ah

¹ Der Sachverständige bestätigt mit der Unterzeichnung des Prüfberichtes, dass er über die gemäss BAV-RL UP-EB, Ziffer 6.2.1 erforderliche Fachkompetenz verfügt, und sich selbst für geeignet hält, die erforderlichen Prüfungen durchzuführen; die Prüfungen persönlich vorgenommen hat oder die Prüfung von Nachweisen / Berechnungsergebnissen nur Personen mit ausgewiesener Fachkompetenz übertragen hat; in keiner vorgängigen Projektphase Planungs- oder Beratungsleistungen im Zusammenhang mit den Prüfobjekten erbracht hat.