

Variantenmatrix Sanierungsmassnahmen reduziert V003

Arbeitsstand 25.05.2021

Arbeitsstand 25.05.2021										Wirksamkeit auf Versagensmechanismen (1 = keine, 2 = geringe, 3 = mittlere, 4 = gute, 5 = sehr gute; Wirksamkeit)										Weitere Kritikpunkte zur Umsetzbarkeit (1 = sehr schlecht, 2 = schlecht, 3 = neutral, 4 = gut, 5 = sehr gut)										TOTAL	
Variante	Bauweise	Skizzen / Ansicht / Regelquerschnitt	Beschreibung Bauweise / Bauart	1 Setzungen und Gleiten auf Schichtgrenzen Gewichtung	4 Blockgleiten Gewichtung	5 Setzungen und horiz. Verschiebungen inf. V.kräfte Gewichtung	6 Saisonale Einflüsse Gewichtung	Teilbenotung	Auswirkungen auf den Bahnbetrieb Gewichtung	Umwelt (insb. Reptilien) Gewichtung	Dauerhaftigkeit / Restnutzung Gewichtung	Unterhaltsbedarf Gewichtung	Baukosten Gewichtung	Teilbewertung	Gesamtbenotung	Bauweise															
				15.0%	12.5%	12.5%	10.0%	50.0%	12.5%	5.0%	12.5%	5.0%	15.0%	50.0%	100.0%																
A	Komplett neuer Damm			Vorkonsolidierung, jedoch keine aktive Verdichtung/Verbesserung Dammkörper -> Weiter Setzungen infolge dyn. Einwirkungen	5	Vorkonsolidierung, jedoch kein Einfluss auf Gleitschichten	5	Vorkonsolidierung, jedoch keine aktive Verdichtung/Verbesserung Dammkörper -> Weiter Setzungen infolge dyn. Einwirkungen	5	Verminderung der horizontalen und vertikalen Setzungen - Unkonventionelle Bauweise - Verringerung der Porenwasserdrücke / Saugspannungen im Allgemeinen, jedoch infolge starker Heterogenität unterschiedlich gute Wirksamkeit bzgl. Sensitivität gegenüber Saisonalen Einflüssen / Saugspannungen	5	5.0	- Provisoren für Gleise notwendig (Hilfsbrücken etc.) - Grössere Sperrungen von 60h und Langsamfahrstellen grösser 1 Monat	- Durch umfangreiche Bauarbeiten temporär grosser Einfluss, Mittel- und langfristig neuer Dammkörper mit Ausgleichsflächen - Renaturierung in grossem Stile erforderlich - Reptilien wieder neu ansiedeln	+ 100 Jahre + Komplett neuer Damm mit definierter Qualität	5	+ Komplett neuer Damm mit definierter Qualität	5	- Sehr hohe Kosten für Materialentsorgung (ggf. Abhasten) und Wiederaufbau Damm - Rückverankerte Baugrubensicherung - Ca. >20 Mio CHF	5	2.4	3.7	Komplett neuer Damm								
B	Bankettsicherung mit Ortbetonbalken und Verankerung durch Mikropfähle /Nägel			Dynamische Kräfte in Horizontalrichtung können teilaufgenommen werden, und so Sicherung gegen Gleiten auf Schichtgrenzen, jedoch keine Wirksamkeit gegen Setzungen und keine Verbesserung / Stabilisierung des Dammkörpers in sich	3	Stabilisierung der Dammschulter -> Reduktion H-Kräfte, Aber keine/geringe Wirkung gegen Gleiten in tieferen Lagen. Gleitschicht / Schwächezone nach wie vor vorhanden -> Verformungen um Nagel herum	2	Aufnahme von Horizontalkräften. Jedoch keine Wirksamkeit gegen Setzungen -> Dammkörper nach wie vor instabil in sich mit Weichen Lagen	2	Aufnahme der horiz. Kräfte infolge saisonalen Einflüssen mgl. Jedoch Schlupf für Aktivierung der Mikropfähle mgl. Langzeitverhalten nur sehr schwer berechenbar mit globalen Bewegungen im ganzen Dammkörper	3	2.5	- Arbeitsplattform erforderlich um Arbeiten vom Betrieb zu entkoppeln - Massnahme mit Anpassungen auch unter Betrieb möglich - Herstellung Kopfballen weitestgehend betriebsunabhängig - Für Ein-/Ausbau Schotterhalterungen werden ca. 20-30 Nachsperrpausen à 4h benötigt	- Durchgehender Pfahlkopffriegel + Kein einfluss auf Vegetation in Hangbewuchs und Reptilien	+ 50 Jahre + Robuste Bauweise mit genügend Betondeckung - Carbonatisierung - Lokale Betoninstandsetzungen möglich nach Erreichen der Lebensdauer - Lebensdauer Mikropfähle mit geeigneter Produktwahl mgl. steuern	3	+ Sicherung gegen seitl. Verschiebungen - Inspektionen in definierten Intervallen - Lokale Betoninstandsetzungen möglich nach Erreichen der Lebensdauer	4	- Hohe Anzahl von Mikropfählen und Nägeln - Ca. 475 m langer, durchgehender Betonbalken - Ca. 2.9 Mio CHF	3	3.3	2.9	Bankettsicherung mit Ortbetonbalken und Verankerung durch Mikropfähle /Nägel								
C	Bankettsicherung mit Reprofilierung Dammprofil			Durch Erstellung Soll-Profil werden Dammschultern seitlich gehalten. Jedoch keine Verbesserung gegen Setzungen, da Dammkörper nicht verbessert wird.	3	Heterogene Schichten Nachwievor, jedoch kann Blockgleiten durch Soll-Profil entgegengewirkt werden	2	Stärkung der Dammschulter gegen horizontale Kräfte. Keine Wirkung gegen Setzungen	2	Stabilisierung Dammschulter jedoch Weiterbestehen der Saisonalen Einflüsse mit dessen Bewegungen	1	2.1	- Seitliche Abrodung best. Bewuchs erforderlich - Seitlich ohne grössere Konflikte mit Bahnbetrieb mgl. - Ggf. wenige Nachtintervalle für Arbeiten im Kopfbereich	- Grössere Einwirkung, da best. Vegetation komplett abgerodet und wieder angepflanzt werden muss - Wiederansiedlung Reptilien	+ Erstellung IST-Profil mit definiertem Material + Nach wie vor schlechtes Material darunter, dass es weiter zu gewissen Verschiebungen kommen kann - Kein Nutzen gegen Setzungen -> Gleisstopfunen weiterhin nötig	2	+ Grundsätzlich kein Unterhalt notwendig + Sicherung gegen seitl. Verschiebungen, da IST-Profil erstellt wird - keine Verbesserung bzgl. Setzungen -> Weiter regelmässig Nachstopfunen	4	- Sanierung auf Länge von ca. 250 m, wo Soll-Profil nicht eingehalten wird. - Ca. 1 - 1.5 Mio CHF	5	3.6	2.9	Bankettsicherung mit Reprofilierung Dammprofil								
E	Rüttelstopf-verdichtung			Stabilisierung der Bodenstruktur, jedoch keine/geringe Erhöhung der Kohäsion. Wirksam gegen Setzungen, Wahrsch. weniger wirksam gegen Gleiten auf Schichtgrenzen	5	Verbesserung / Stabilisierung der Bodenstruktur, ggf. Aufhebung von Gleitzonen	4	Verbesserung / Stabilisierung der Bodenstruktur, Besserer Abtrag der Vertikalkräfte in tieferen, besser tragfähige Bodenschichten	5	Lokale Drainagewirkung im Bereich der Rüttelstopfsäulen. Jedoch Verdichtung der umliegenden Bodenstruktur. Bei bindigem Boden kann es zu höheren Saugspannungen/ Porenwasserdrücken führen. Rüttelstopf. mit grobem Kies für Drainagewirkung	4	4.6	- Beim zu verdichtenden Gleis ist Sperrung notwendig - Bahnbetrieb nur einseitig mgl. - Mehrwöchige Gleissperrung - Bei der Herstellung der Mittelsäulen zwischen den beiden Gleisen werden beidseitige Gleissperrungen notwendig sein - Neubau Oberbau erforderlich; Neubau PSS in gleicher Qualität - Rück- und Wiedereinbau Gleisoberbau erforderlich - Grosse Geräte/ größeres Arbeiten - Auswirkungen auf Oberleitung in der Realisierung - grössere Auswirkungen auf den Betrieb während der Ausführung	+ Massnahme nur lokal + umweltfreundliche Materialien + Kein Einfluss auf Reptilien + Drainagewirkung weiterhin gegeben bzw. verbessernd	5	+ Grundsätzlich 100 Jahre + Robustes Verfahren mit definiertem Durchmesser, einfache Sicherung der Qualität + Homogenisierung und Verdichtung des Bau- grundes ohne Versiegelung + Natürliche Drainagewirkung über den durchörteten Bereich + Nachhaltige Qualitätsverbesserung + Fahrbahn unbeeinträchtigt, da Neueinbau erforderlich + Zusätzliche künstliche Drainage, für mögliche Wassersackbildungen möglich, da Durchbohrung einfach + Nach Sanierung Oberbau und Unterbau/Damm ohne bleibende Störkörper/ Beeinträchtigungen für allfällige spätere Instandsetzungen	4	+ kein Unterhalt notwendig an den Rüttelstopfsäulen + Verletzung PSS durch relativ grosse Rüttel-Lansen (d = 0.5 - 0.6 m -> ca. 9% der Oberfläche); Jedoch durch Erneuerung Fahrbahn und PSS keine Beeinträchtigung - Verziehung / Demontage Fahrleitungen	3	- Erhöhte Kosten aufgrund spezieller Maschinen und Einschränkung des Bahnbetriebs - Umhängung über dem Gleis liegenden Fahrstromleitungen notwendig - Direkt auf Bauzug durchführbar - Ca. 5.1 Mio CHF (inkl. Erneuerung Oberbau von ca. 2.2 Mio CHF)	3	3.2	3.9	Rüttelstopf-verdichtung							
F	Verdichtungsinjektion (Compact Grouting)			Stabilisierung des Dammkörpers, Mitverdichtung Dammkörper	5	Stabilisierung des Dammkörpers, Mitverdichtung Dammkörper	5	Stabilisierung des Dammkörpers, jedoch seitlich der Gleise, Verbesserung Dammmaterial durch Mitverdichtung	5	Durch Suspension entsteht ein Boden-Zement- Gemisch, welches relativ wasserundurchlässig ist. Kann zu einer Verstärkung der saisonalen Einflüsse führen.	2	4.4	+ Kleinteiliges Arbeiten/kleine Geräte + Gleisoberbau kann erhalten werden während Injektion + Verhältnismässig geringe Betriebseinschränkungen - Mehrwöchige mehrere Eingleissperrung, und kurze Totalsperrung für Mittelbereich + Durch Injektionsarbeiten in den oberen Bereichen Betriebabhängigkeiten - Risiko Injektionsauslauf in Oberbau/Oberfläche & ungewollte Hebungen	+ Massnahme nur lokal + umweltfreundliche Materialien (Zementsuspension) + Ressourcenschonend - Durchmischen des Baugrunds mit anderen Materialien - Versiegelungswirkung bzgl. Sickerfähigkeit	3	+ Grundsätzlich 100 Jahre - Spezielles Verfahren mit Abhängigkeiten zu vorhandenem Baugrund - Beschädigung / Qualitätsminderung der Planumsschuttschicht (PSS) - erhöhter Aufwand in Ausführungsüberwachung - Bei Fahrbahnerneuerung sind Betonsäulen Bohrloch im PSS Bereich ein Hindernis - Versiegelung Boden im Bereich Injektionsbeton - Kontrolle der Ausführungsqualität schwierig möglich nur über Analogie zu Probefeld. - Restrisiko durch «Wasserstau/Kavernenbildung» zwischen Betonsäulen bei Durchörtung von potenziellen Tonlinsen / bindigen dichtgelagerten Schichten. Gefahr für schlagartigen Einbruch -> Gleissperrung/Havarie. Dadurch ggf. Restlebensdauer tiefer	2	+ kein Unterhalt notwendig an den Injektionskörpern - Sanierung der verletzten PSS durch gezieltes Verfüllen Oberbohrraum beherrschbar (d = 0.15 m -> ca. 0.8% der Oberfläche) - Dauerhafte Beeinträchtigung PSS durch bverbleibende "Betonadeln" - Restrisiko Wassersack-/Kavernenbildung - Ggf. Dränbohrungen als Zusatzsanierung falls wasserundurchlässige Schichten angetroffen werden	5	- Erhöhte Kosten aufgrund spezieller Maschinen und Einschränkung des Bahnbetriebs - Einseitige Gleissperrung notwendig - Ca. 4.9 Mio CHF (ohne Zusatzsanierung Dränbohrungen)	3	3.0	3.7	Verdichtungsinjektion (Compact Grouting)							