



Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn

**DB Netz AG
Schwarzwaldstr. 86
76137 Karlsruhe**

DB Engineering & Consulting GmbH

Planung Metro & Straßenbahn (I.TV-SW-P-KAR(M))

Hinterm Hauptbahnhof 5

76137 Karlsruhe

09.09.2021



Prüf- und Freigabezeichnung für die aktuell gültige Version

Status	Datum	Name	Funktion / Fachgebiet
erstellt	30.04.2021	Klaus Liebwald	Planer Oberbau
erstellt	30.04.2021	Jens Friemel	Planer KIB
erstellt	30.04.2021	Markus Kuttig-Trölenberg	Planer LST
erstellt	30.04.2021	Jörg Konrad	Planer OLA
erstellt	30.04.2021	Aljoscha Löffler	Planer Entwässerung, Erdbauwerke, Tk, EEA
geprüft	30.04.2021	Marc Seemann-Rist	Qualitätsprüfer
freigegeben	30.04.2021	Mark Hauptmann	Projektleiter

Versionen

Version	Datum	Autor	Änderungen
1	30.04.2021	Hauptmann, Mark	
1.1	17.05.2021	Hauptmann, Mark	<ol style="list-style-type: none"> 1. Definition Planungskosten Seiten 27, 39,64,65,67; 2. Vergleich ETCS L2oS und mS; 3. Anlagen 4.1 und 4.2; 4. Diverse Erläuterungen zu GSMR, Restnutzungsdauer und Tunnelprojekten,
1.2	27.08.2021	Hauptmann, Mark	<ol style="list-style-type: none"> 1. „bzw. RBC-Übergänge“ drei Mal ergänzt im Abschnitt 3, Seite 35,
1.3	09.09.2021	Hauptmann, Mark	<ol style="list-style-type: none"> 1. Kap. 3.1.2.6 überarbeitet



Inhaltsverzeichnis	Seite
--------------------	-------

1	Projektbeschreibung	9
2	IST-Zustand	10
2.1	Leit- und Sicherungstechnik	10
2.2	Konstruktiver Ingenieurbau	11
2.2.1	Tunnel	12
2.2.2	Eisenbahnüberführungen (EÜ)	15
2.2.3	Straßenüberführungen (SÜ)	16
2.2.4	Abwasserkanal	17
2.2.5	Durchlässe	17
2.2.6	Stützbauwerke	18
2.3	Oberleitung	19
2.4	Oberbau	22
2.5	Telekommunikation	23
2.6	Elektrotechnische Anlagen	23
2.7	Tiefbau	23
3	Investitionsmaßnahmen	25
3.1	Leit- und Sicherungstechnik	25
3.1.1	Prämissen Leit- und Sicherungstechnik	25
3.1.2	Investitionen Leit- und Sicherungstechnik	27
3.2	Konstruktiver Ingenieurbau	39
3.2.1	Prämissen Konstruktiver Ingenieurbau	39
3.2.2	Investitionen Konstruktiver Ingenieurbau	40
3.3	Oberleitung	51
3.3.1	Prämissen Oberleitung	51
3.3.2	Investitionen Oberleitung	53
3.4	Oberbau	60
3.4.1	Prämissen Oberbau	60
3.4.2	Investitionen Oberbau	65
3.5	Telekommunikation	66



3.6	Elektrotechnische Anlagen	66
3.6.1	Prämissen Elektrotechnische Anlagen	66
3.6.2	Investitionen Elektrotechnische Anlagen	67
3.7	Tiefbau.....	68
3.7.1	Prämissen Tiefbau	68
3.7.2	Investitionen Tiefbau	68
4	Instandhaltungsmaßnahmen	69
4.1	Leit- und Sicherungstechnik.....	69
4.1.1	Prämissen Leit- und Sicherungstechnik.....	69
4.1.2	Instandhaltung Leit- und Sicherungstechnik.....	69
4.2	Konstruktiver Ingenieurbau	69
4.2.1	Prämissen Konstruktiver Ingenieurbau	69
4.2.2	Instandhaltung Konstruktiver Ingenieurbau	69
4.3	Oberleitung	70
4.3.1	Prämissen Oberleitung.....	70
4.3.2	Instandhaltung Oberleitung	70
4.4	Oberbau.....	72
4.4.1	Prämissen Oberbau	72
4.4.2	Instandhaltung Oberbau.....	72
4.4.3	Telekommunikation	73
4.4.4	Prämissen Telekommunikation	73
4.4.5	Instandhaltung Telekommunikation	74
4.5	Elektrotechnische Anlagen	75
4.5.1	Prämissen Elektrotechnische Anlagen	75
4.5.2	Instandhaltung Elektrotechnische Anlagen.....	75
4.6	Tiefbau.....	76
4.6.1	Prämissen Tiefbau	76
4.6.2	Instandhaltung Tiefbau	76
5	Zusammenfassung der Investitions- und Instandhaltungskosten..	76
5.1	Investitionskosten	76
5.2	Instandhaltungskosten.....	76
6	Totalsperrungen während der Investitionsmaßnahmen	77



7 Anlagen78

Tabellen	Seite
----------	-------

Tabelle 1: Zustand der Tunnel	12
Tabelle 2: Abschnitt 1 Eisenbahnüberführung, Zustandskategorie.....	15
Tabelle 3: Abschnitt 2 Eisenbahnüberführung, Zustandskategorie.....	16
Tabelle 4: Bauwerksbegutachtungen SÜ	16
Tabelle 5: Durchlässe, Zustandskategorie, Abschnitt 1.....	17
Tabelle 6: Durchlässe, Zustandskategorie, Abschnitt 2.....	18
Tabelle 7: Stützbauwerke, Zustandskategorie, Abschnitt 1	18
Tabelle 8: Stützbauwerke, Zustandskategorie, Abschnitt 2	19
Tabelle 9: OL-Parameter	19
Tabelle 10: Kostentabelle LST, Variante 1: 1-gleisig mit ESTW-A	30
Tabelle 11: Kostentabelle LST, Variante 2: 2-gleisig mit Überleitstelle.....	33
Tabelle 12: Aufgliederung Kosten ESTW-Z	34
Tabelle 13: Ausrüstungskosten ETCS Level 1 vs. Level 2	36
Tabelle 14 Kosten ETCS L2oS	Fehler! Textmarke nicht definiert.
Tabelle 15: Ausrüstungskosten GNT	38
Tabelle 16: Überblick LST Investitionskosten.....	39
Tabelle 17: Kosten Kriegsbergtunnel Variante 1, Stand 2021	43
Tabelle 18: Kosten Kriegsbergtunnel Variante 2, Stand 2021	45
Tabelle 19: Kosten Hasenberggtunnel Variante 1, Stand 2021.....	47
Tabelle 20: Kosten Hasenberggtunnel Variante 2, Stand 2021.....	49
Tabelle 21: Investitionen in Eisenbahnüberführungen bis 2040	50
Tabelle 22: Investitionen in Straßenüberführungen bis 2040	50
Tabelle 23: Investitionen in Durchlässe bis 2040	51
Tabelle 24: Kosten OLA Kriegsbergtunnel Variante 1	56
Tabelle 25: Kosten OLA Hasenberggtunnel Variante 1	56
Tabelle 26: Kosten OLA Variante 2.....	57

Tabelle 27: Oberleitungsparameter Ersatzneubau	59
Tabelle 28: Abbruchkosten ohne Dynamisierung	61
Tabelle 29: Kosten - Variante 1 - Abschnitt 1 und 2 laut KKK 2016.....	65
Tabelle 30: Kosten - Variante 2 - Abschnitt 1 und 2 laut KKK 2016.....	66
Tabelle 31: Neubau und Entsorgung Weichenheizungsanlagen nach KKK 2016	67
Tabelle 32: Investitionskosten Entwässerung nach KKK 2016.....	69
Tabelle 33: IH-Intervalle der Tk Anlagen	74
Tabelle 34: Instandhaltungskosten TK-Komponenten nach KKK 2016	75
Tabelle 35: Übersicht Totalsperrungen	77

Abbildungen

Seite

Abbildung 1: Regelquerschnitt Kriegsbergtunnel, aus "Instandsetzung Kriegsbergtunnel", Plan B-1, 2011.....	12
Abbildung 2: Hasenbergstunnel, Querschnitt im Nischenbereich nach Gesamtanierung 1990/1991.....	14
Abbildung 3: EbsQ Oberleitungsquerprofilplan Hasenbergstunnel.....	21
Abbildung 4: Überleitstelle Dachswald	22
Abbildung 5: Vorhandenes G2-Profil (dynamisch) und heute übliches GC-Profil	52
Abbildung 6: Ausprägungsfaktoren Kostenschätzung Ersatzneubau OLA	54
Abbildung 7: Ersatzneubaukosten in 25 Jahren, inkl. 3 % jährlicher Dynamisierung	55
Abbildung 8: Schematische Darstellung des eingleisigen Hasenbergstunnel	63
Abbildung 9: Schematische Darstellung des eingleisigen Kriegsbergtunnel.....	63
Abbildung 10: Schematische Darstellung der Überleitstelle Stuttgart Dachswald	64
Abbildung 11: Schematische Darstellung der Überleitstelle Stuttgart West.....	64

Abkürzungsverzeichnis

Bf	Bahnhof
DKS	Digitaler Knoten Stuttgart
DL	Durchlass
EÜ	Eisenbahnüberführung
LST	Leit- und Sicherungstechnik
KIB	Konstruktiver Ingenieurbau
OL	Oberleitung
OB	Oberbau mit den Anlagenarten Gleise, Weichen und Schwellen
SÜ	Straßenüberführung
Tk	Telekommunikation
EA	Elektrotechnische Anlagen
KKK	Kostenkennwertekatalog
TB	Tiefbau
GUV	Gesetzliche Unfallversicherung
GWB	Gleiswechselbetrieb
DSTW	Digitales Stellwerk
TSO	Technik Standort für DSTW
ESTW-A	Ausgelagerter Stellrechner
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
ETCS	European Train Control System
GNT	Geschwindigkeitsüberwachung für NeiTech Züge



VzG

Verzeichnis der örtlich zulässigen Geschwindigkeiten

1 Projektbeschreibung

Das Ziel des Projektes ist die Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn in Stuttgart. Dabei werden grob die Investitions- und Instandhaltungskosten für alle Anlagen im Untersuchungsbereich bis zum Jahr 2040 abgeschätzt.

Die Panoramabahn ist Teil der Gäubahn von Stuttgart Hbf bis Stuttgart-Vaihingen und ca. 15,6 km lang. Die Streckennummer lautet 4860. Die Strecke soll in zwei Abschnitten von km 3,4 bis km 13,6 sowie von km 13,6 bis km 15,0 betrachtet werden. In Stuttgart führt die Gäubahn vom Hauptbahnhof zunächst nach Nordwesten. Kurz vor der Betriebsstelle Stuttgart-Nord schwenkt sie in einem Linksbogen an den westlichen Talhang in Richtung Süden. Die Trasse gewinnt dabei bis Stuttgart-Vaihingen knapp 200 Höhenmeter. Wegen des Ausblicks auf die Stadt Stuttgart trägt der Abschnitt den Namen „Panoramabahn“.

Im Rahmen des Projektes wurden Anlagen der folgenden Gewerke betrachtet:

- LST - Leit- und Sicherungstechnik
- KIB - Konstruktiver Ingenieurbau mit den Anlagenarten Brücken, Tunnel, Stützbauwerke und Durchlässe
- OL - Oberleitung
- OB - Oberbau mit den Anlagenarten Gleise, Weichen und Schwellen
- Tk - Telekommunikation
- EA - Elektrotechnische Anlagen
- TB - Tiefbau mit den Anlagenarten Erdkörper, Entwässerung (Ver- und Entsorgung)

2 IST-Zustand

2.1 Leit- und Sicherungstechnik

Der erste zu betrachtende Abschnitt zwischen km 3,4 und km 13,6 befindet sich überwiegend im Stellbereich Stuttgart West. Dieses Stellwerk der Bauform SpDr L60 der Firma Thales wird aus dem Stellwerk Vaihingen ferngestellt. Ab km 13,6 befinden sich im Stellbezirk der Panoramabahn nur noch die Vorsignale der Blocksignale Dachswald. Die Einfahrtsignale Vaihingen sind Bestandteil des Stellwerks Stuttgart-Vaihingen. Dieses Stellwerk wird bereits im Projekt „Digitaler Knoten Stuttgart“ bearbeitet.

Im ersten Abschnitt befinden sich am Anfang der Strecke die Einfahrtsignale Z277 und Z286 inkl. deren Vorsignale und Vorsignalwiederholer in Richtung Stuttgart Hbf. Mit Inbetriebnahme des neuen Tiefbahnhofes wird das bestehende Relaisstellwerk Stuttgart Hbf außer Betrieb genommen. Infolgedessen sind diese Signale, als nicht mehr vorhanden zu betrachten. Da derzeit allerdings noch grundlegende Untersuchungen für den Bereich Nordbahnhof („Nordhalt“) im Auftrag des Landes Baden-Württemberg und weiterer Partner erfolgen sollen, wurde dieser Bereich nicht betrachtet.

Ebenfalls in diesem Betrachtungsbereich liegt bei ca. km 8,6 der Bahnhof Stuttgart-West. Die Signalanlagen werden aus einem Relaisstellwerk der Bauform SpDr L60 gesteuert. Das Stellwerk ist örtlich nicht regelmäßig besetzt und wird über eine Fernsteuerung der Bauform F70 aus dem Stellwerk Stuttgart-Vaihingen bedient. Die Fahrstraßensicherung erfolgt dabei lokal in Stuttgart-West. Zwischen Bediener in Stuttgart-Vaihingen und Stellwerk Stuttgart-West werden Bedienkommandos und Meldeanzeigen übertragen. Die vorhandenen technischen Einrichtungen lassen aktuell noch einen zuverlässigen und sicheren Bahnbetrieb zu, allerdings sind Umbauten oder Erweiterungen aus verschiedenen Gründen nur noch sehr eingeschränkt möglich: verschiedene Komponenten dieser Stellwerksbauform wurden vom Hersteller wegen Obsoleszenz der verwendeten elektronischen Bauteile abgekündigt. Dies betrifft vor allem die Fernsteuerung und die Gleisfreimeldung. Durch die Alterung der Komponenten liegt die Verfügbarkeit der vorhandenen Stellwerksanlage samt Fernsteuerung unter der einer Neuanlage.

Bei ca. km 13,0 befindet sich die Überleitstelle Dachswald mit einer einfachen Weichenverbindung und, je Gleis und Fahrtrichtung, einem Hauptsignal. Die Ansteuerung dieser Signale erfolgt direkt aus dem Stellwerk Stuttgart-Vaihingen.

Im Bearbeitungsbereich ab km 13,6 befinden sich die Einfahrtsignale samt zugehöriger Vorsignale und Vorsignalwiederholer des Bf Stuttgart-Vaihingen. Diese Signale sind ebenfalls Bestandteil des Stellwerks Stuttgart-Vaihingen. Im Rahmen des Projektes „Digitaler Knoten Stuttgart“ wird der Ersatz dieser Signale mit moderner Technik vorgesehen.

Die Sicherung der Zugfahrten erfolgt durch das Zugbeeinflussungssystem PZB.

Die Strecke ist von Stuttgart Hbf über Stuttgart-West und Dachswald bis Stuttgart-Vaihingen durchgängig mit beidseitigem Gleiswechselbetrieb ausgerüstet.

Auf der Strecke ist nur abschnittsweise ein Betontrogkanal als Kabelführungssystem vorhanden. Teilweise wurden ersetzte oder ergänzte Kabel in aufgeständerte Kunststoffkabelkanäle verlegt, welche bei der DB Netz AG für Neubauten inzwischen nicht mehr zum Einsatz kommen.

Anlässlich des Einsatzes der Cisalpino-Züge von Stuttgart nach Zürich wurde die Strecke zusätzlich zur vorhandenen PZB mit Neigetechnik-Streckenausrüstung (GNT) ausgestattet. Diese Infrastruktur wird derzeit vorgehalten, aber nicht planmäßig von Zügen benutzt.

2.2 Konstruktiver Ingenieurbau

Im Folgenden wird der aktuelle Zustand der vorhandenen Bauwerke beschrieben.

Die Basis für die nachfolgende Beschreibung stellt eine Begutachtung dar, welche alle sechs Jahre durchgeführt wird.

Der Zustand der Bauwerke (Eisenbahnüberführungen, Straßenüberführung und Durchlässe der BW-Klasse 3) wird nach Regelwerk in den Zustandskategorien 1 bis 4 beschrieben.

Je höher die Anzahl und Schwere der festgestellten Schäden, desto höher die Zustandskategorie.

Zustandskategorie 1:

Punktuelle Schäden => vorbeugende Unterhaltsmaßnahme ist zu prüfen

Zustandskategorie 2:

Größere Schäden => vorbeugende Unterhaltsmaßnahme ist zu prüfen

Zustandskategorie 3:

Umfangreiche Schäden => wirtschaftliche Instandsetzung ist noch möglich u. zu prüfen

Zustandskategorie 4:

Gravierende Schäden => wirtschaftliche Instandsetzung nicht mehr möglich

Bei allen Kategorien ist die Sicherheit zum Zeitpunkt der Erfassung noch nicht beeinflusst.

Auf eine detaillierte Beschreibung der vorhandenen Schäden und Mängel wird verzichtet. Dafür wird auf die vorhandenen Begutachtungsniederschriften verwiesen.

2.2.1 Tunnel

Die Panoramabahn verfügt über zwei Tunnelbauwerke. Für beide Tunnelbauwerke liegt die Bauwerksbegutachtung von 2015 vor, die für 2033 eine Zustandskategorie „3“ angibt.

Bezeichnung	km	Länge	Baujahr	2015	2021	2033
Kriegsbergtunnel	4,484	579 m	1875-1876	3	3	3
Hasenbergstunnel	8,923	258 m	1879	2	2	3

Tabelle 1: Zustand der Tunnel

2.2.1.1 Kriegsbergtunnel

Der zweigleisige Kriegsbergtunnel mit einer Länge von 579 m wurde von 1875 bis 1876 erbaut. Der Tunnelausbau besteht aus Natursteinmauerwerk. Dazu wurde örtlich vorkommender Keupersandstein genutzt. Der Tunnel ist mit beidseitigen Sicherheitsnischen ausgestattet, verfügt größtenteils über eine feste Fahrbahn und ist elektrifiziert.

Regelquerschnitt Bestand, M 1: 50
(gemäß Bauwerksbuch DB)

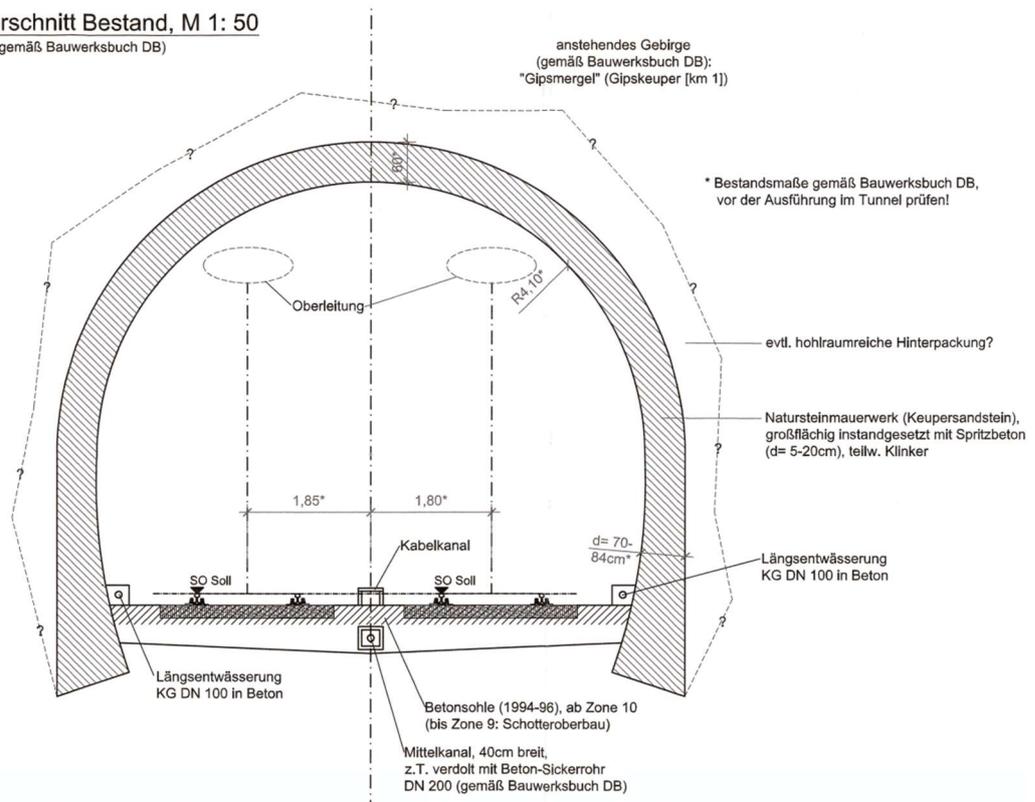


Abbildung 1: Regelquerschnitt Kriegsbergtunnel, aus "Instandsetzung Kriegsbergtunnel", Plan B-1, 2011

Kurz nach der Herstellung des Tunnels wurde bereichsweise größerer Gebirgsdruck und Wasserandrang festgestellt, worauf in den Jahren von 1894 bis 1914

Ertüchtigungsmaßnahmen durchgeführt wurden. Hierzu gehörte der Einbau eines Sohlgewölbes aus Beton im Bereich km 3,872 bis km 3,940 sowie die Ausführung von Hinterpressungen des Mauerwerks mit Zement und Einbau einer nachträglichen Rückenabdichtung. Hierzu wurden Stollenvortriebe zwischen Kämpfer und Scheitel durchgeführt, ein Betonmantel auf dem Gewölberücken aufgebracht, dieser mit Asphaltfilzplatten isoliert und diese Schicht wiederum mit einer Backsteinflachschicht geschützt. Die entstandenen Hohlräume wurden mit Kalksteinbrocken verfüllt und dienen als Drainage. Das dort anfallenden Wasser wird über Schächte und Röhren der Mittenentwässerung zwischen den Gleisen (Breite 40 cm, Höhe 90 cm, Beton) abgeführt. Die Tunnelentwässerung erfolgt von Portal 2 zu Portal 1.

Der Tunnel verläuft unter städtischem Gebiet und wird von mehreren Straßen (in aufsteigender Kilometrierung: Mönchhaldenstraße, Birkenstraße, Obere Birkenwaldstraße, Feuerbacher Weg, Hoferstraße/Im Schule, Parlerstraße, Schottstraße) gequert. Die Flächen oberhalb des Tunnels sind bebaut, es handelt sich hier vorwiegend um freistehende Ein- und Mehrfamilienhäuser.

Der Tunnel durchquert den Kriegsberg im Gipskeuper. Die Überdeckung liegt größtenteils bei ca. 40 m, wobei die oberen Schichten aus Schilfsandstein gebildet werden, der stellenweise vom unteren bunten Mergel überlagert wird. Die größte Überdeckung beträgt 45 m.

Im Laufe der Zeit wurden umfangreiche Sanierungsarbeiten durchgeführt. Hier wird insbesondere der Einbau einer „festen Fahrbahn“ im Bereich ab Zone 10 im Jahre 1996 sowie die umfangreiche Instandsetzung des Mauerwerks in den Jahren 2011 und 2013 benannt. Gemäß der Regelbegutachtung vom 11.12.2015 werden alle weiteren Sanierungsarbeiten auf eine restliche Nutzungsdauer bis zur Außerbetriebnahme der Strecke ausgerichtet.

2.2.1.2 Hasenbergtunnel

Der Hasenbergtunnel mit einer Länge von 258 m wurde im Jahr 1879 erbaut. Das Gewölbe besteht aus Sandsteinmauerwerk, eine Sohle ist nicht vorhanden. Er unterquert den Hasenberg, vorwiegend in Keuper und Gipsmergel liegend, bei einer maximalen Überlagerung von 53 m über SO. Die zwei Gleise liegen im Bogen, der Radius des bogeninneren Gleises beträgt 398 m, der des äußeren Gleises 401,70 m. Der Gleisabstand beträgt 3,75 m. Vor dem Tunnel befindet sich eine Weichenverbindung. Eine der Weichen liegt teilweise innerhalb des Tunnels. Der Tunnel ist seit 1961 elektrifiziert, hierzu wurden die Gleise abgesenkt und die Widerlager unterfangen. Es sind beidseitige Sicherheitsnischen vorhanden. Oberhalb des Südportals befindet sich eine Mobilfunk-Repeaterstation, eine dazugehörige Antenne ist im Firstbereich des Südportals im Tunnel montiert.

Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn

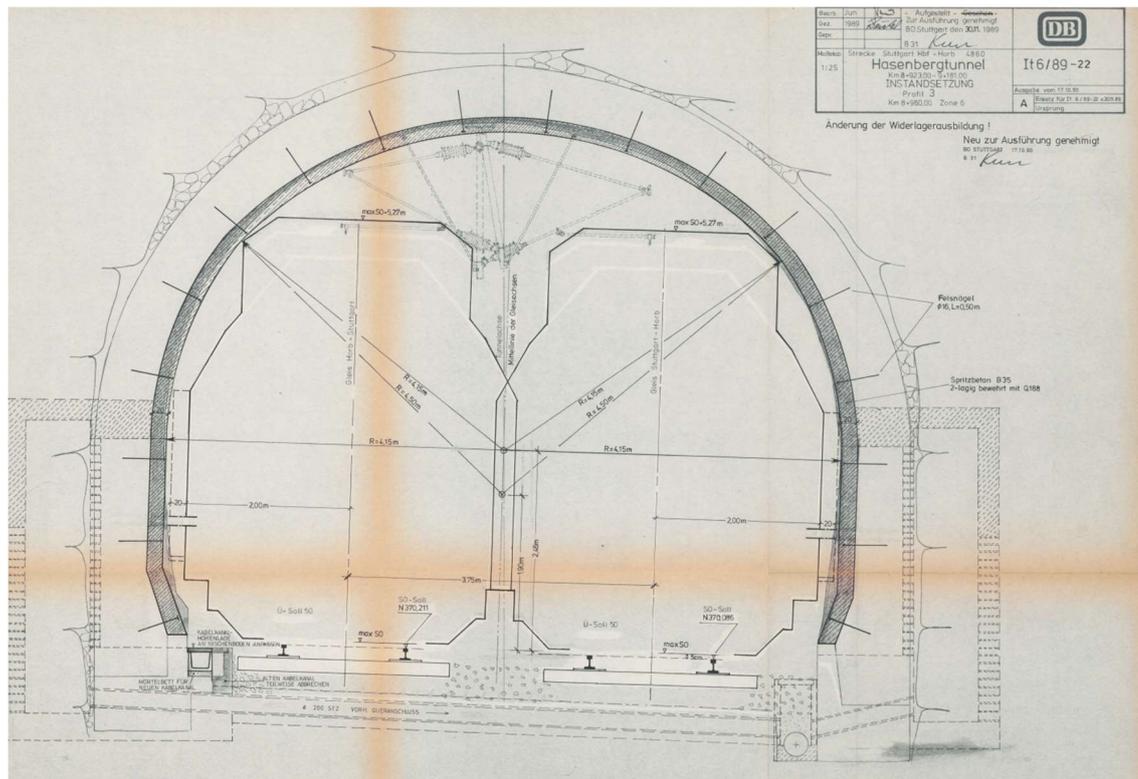


Abbildung 2: Hasenbergstunnel, Querschnitt im Nischenbereich nach Gesamtanierung 1990/1991

Im Bereich der Zonen 1 und 2 quert mit geringer Überdeckung die Rotenwaldstraße den Tunnel. In Tunnelmitte kreuzt die Hasenbergsteige. Es herrscht lockere Bebauung mit Ein- und Mehrfamilienhäusern vor, mehrere Wege queren den Tunnel.

Wie auch beim Kriegsbergstunnel musste beim Hasenbergstunnel bereichsweise eine nachträgliche Abdichtung des Gewölbes vorgenommen werden. In den Zonen 5 bis 16 (rechte Hälfte), und in den Zonen 5 bis 14 (linke Hälfte) geschah dies in den Jahren 1905 bis 1910 von Stollen aus mit einem 15 cm dicken Betonmantel, Glattnstrich, einer Lage Bleisolierasphaltpappe und einer Backsteinflachschiicht als Schutzlage. Die Stollen und Aufbrüche wurden mit einer Kalksteinauspackung wieder verschlossen. Die Zonen 20 bis 24 sowie 27 bis 28 wurden in den Jahren 1938 bis 1940 ebenfalls mit einer Abdichtung versehen. Das anfallende Wasser wird in einen rechts der Bahn befindlichen Sohlkanal, bestehend aus einem Steinzeugrohr mit 30 cm Durchmesser und Reinigungsschächten, geleitet. Der Tunnel entwässert Richtung Tunnelanfang (Nordportal).

In den Jahren 1990 und 1991 wurde eine Gesamtanierung des Tunnels vorgenommen. Hier wurde eine 20 cm starke, bewehrte Spritzbetoninnenschale eingebaut, das Mauerwerk und die Packlage verpresst, sowie Nischen neu erstellt bzw. erweitert.

2.2.2 Eisenbahnüberführungen (EÜ)

Im Abschnitt 1, zwischen km 3,4 und km 13,6 befinden sich insgesamt 17 Eisenbahnüberführungen. Die letzten Bauwerksbegutachtungen erfolgten vorwiegend im Jahr 2017.

EÜ km	Baujahr¹	2017	2023	2035
3,964	1913	3	4	4
4,267	1928	2	3	3
5,099	1927	2	3	3
5,312	1927	3	3	4
5,700	1928	3	3	3
6,076	1977	2	2	2
6,345	1979	1	1	2
7,013	1979	1	1	2
7,539	unbekannt	3	3	4
8,006	1993	1	1	2
8,319	unbekannt	2	2	2
8,550	1936	1	1	1
10,676	1907	2	3	3
11,147	1907	3	3	4
12,542	1908	3	3	3
13,291	1995	2	2	3
13,485	1974	1	1	1

Tabelle 2: Abschnitt 1 Eisenbahnüberführung, Zustandskategorie

Im Jahr 2023 (+6 Jahre nach Begutachtung) wird einer EÜ die Zustandskategorie „4“ und bis zum Jahr 2035 weiteren drei EÜs die Zustandskategorie „4“ prognostiziert. Für einzelne EÜs wurden im Jahr 2005 Berechnungen der Restnutzungsdauer durchgeführt.

Die Berechnung der Restnutzungsdauern wird nur im Bedarfsfall und vorwiegend bei Stahlüberbauten (Ermüdungsbetrachtung) durchgeführt. Bei einer dieser EÜs mit der Zustandskategorie „3“ endet die Restnutzungsdauer im Jahr 2033 bei zwei weiteren EÜs im Jahr 2035.

Die meisten Eisenbahnüberführungen stammen aus der Zeit der Errichtung der Bahnstrecke und wurden im ersten Drittel des vergangenen Jahrhunderts ertüchtigt. Damit sind die Überbauten im Jahr 2030 meist über 100 Jahre alt. insbesondere die Stahlüberbauten erreichen damit, aufgrund der Ermüdung des Stahls, das Ende ihrer Lebensdauer.

Neben dem baulichen Zustand ist die Gestaltung der Sicherheitsräume für Dienst- und Rettungswege ein wichtiger Punkt:

Bei einer Geschwindigkeit von 110 km/h ist nach GUV ein Gefahrenraum von 2,30 m zu berücksichtigen. Daran schließt ein mindestens 0,50 m breiter Sicherheitsraum als

¹ Baujahr bzw. letzte für die Lebensdauer wesentliche Änderung (z.B. Erneuerung Überbau)



Dienstweg an. An zweigleisigen Strecken ist mindestens einseitig ein 0,80 m breiter Rettungsweg vorzuhalten.

Damit ergibt sich nach Regelwerk ein erforderlicher Abstand zwischen den Geländern von $a = 2 \cdot 2,30 \text{ m} + 4,00 \text{ m}$ (Gleisabstand) + 0,50 m + 0,80 m = 9,90 m zwischen den Geländern. Dieser wird derzeit bei 8 von 17 Eisenbahnüberführungen teilweise deutlich unterschritten.

Im Abschnitt 2, zwischen km 13,6 und km 15,0 befinden sich insgesamt 2 Eisenbahnüberführungen. Die letzten Bauwerksbegutachtungen erfolgten vorwiegend im Jahr 2017. Diese Bauwerke befinden sich in gutem Zustand

EÜ km	Baujahr ²	2017	2023	2035
13,764	1983	1	1	1
14,649	1985	1	1	2

Tabelle 3: Abschnitt 2 Eisenbahnüberführung, Zustandskategorie

2.2.3 Straßenüberführungen (SÜ)

Im Abschnitt 1, zwischen km 3,4 und km 13,6 befinden sich insgesamt 12 Straßenüberführungen.

Davon befinden sich acht SÜs im Eigentum und der Unterhaltslast Dritter (Straßenbaulastträger).

Aufgrund örtlicher Besonderheiten (z.B. Zugang zum Haltepunkt oder Tunnel) befinden sich vier SÜs in der Unterhaltslast der DB Netz AG.

Im Rahmen dieser Untersuchung werden nur diese vier Straßenüberführungen der DB Netz AG betrachtet, da auch nur für diese Investitions- und Instandhaltungskosten für die DB Netz AG entstehen.

Die letzten Bauwerksbegutachtungen erfolgten im Jahr 2017.

SÜ km	Baujahr ³	2017	2023	2035
9,484	1908	3	4	4
9,701	unbekannt	3	3	4
10,254	1878	4	4	4
11,570	unbekannt	3	4	4

Tabelle 4: Bauwerksbegutachtungen SÜ

Im Jahr 2023 (+6 Jahre nach Begutachtung) werden für drei SÜs die Zustandskategorie „4“ prognostiziert. Diese sollten zum Jahr 2025 erneuert werden. Bis zum Jahr 2035 wird dann auch für die vierte SÜ die Zustandskategorie „4“ prognostiziert.

² Baujahr bzw. letzte für die Lebensdauer wesentliche Änderung (z.B. Erneuerung Überbau)

³ Baujahr bzw. letzte für die Lebensdauer wesentliche Änderung (z.B. Erneuerung Überbau)



Im Abschnitt 2 befindet sich keine Straßenüberführung im Eigentum und Unterhaltslast der DB Netz AG.

2.2.4 Abwasserkanal

Bei km 11,740 befindet sich ein Abwasserkanal.

2.2.5 Durchlässe

Die Durchlässe sind den Erdbauwerken zugeordnet und werden in Bauwerksklassen (1 bis 3) unterschieden.

Je höher die Bauwerksklasse, desto gravierender ist die Gefährdung der Sicherheit des Eisenbahnbetriebs oder Dritter bei einem Versagen des Bauwerks. Die Art der Inspektion unterscheidet sich je nach Bauwerksklasse. Bei den Durchlässen der Bauwerksklasse „3“ erfolgt eine Begutachtung mit dem zuständigen Fachbeauftragten und einer Prognose der Zustandskategorien für die Folgejahre. Bei den Durchlässen der Bauwerksklasse „2“ erfolgen Inspektionen mit Feststellung der Mängel ohne Prognose.

Im Abschnitt 1, zwischen km 3,4 und km 13,6 befinden sich insgesamt 10 Durchlässe in der Unterhaltungslast der DB Netz AG. Davon sind 7 Durchlässe der Bauwerksklasse „2“ und drei Bauwerke der Bauwerksklasse „3“ zugeordnet.

Für zwei Durchlässe der Bauwerksklasse „3“ wird zukünftig die Zustandskategorie „3“ prognostiziert.

Bahn-km	Bauwerks-klasse	Bauart	Zustand 2015	Zustand 2021	Zustand 2033
7,469	2	Rohr	keine Mängel		
7,719	3	Rohr	1	1	1
9,817	2	Rohr	keine Mängel		
10,335	3	Platten	2	2	3
10,695	2	Platten	keine Mängel		
11,203	2	Gewölbe	keine Mängel		
11,423	3	Platten	2	2	3
11,764	2	Platten	keine Mängel		
12,748	2	Platten	keine Mängel		
13,516	2	Gewölbe	keine Mängel		

Tabelle 5: Durchlässe, Zustandskategorie, Abschnitt 1

Im Abschnitt 2, zwischen km 13,6 und km 15,0 befindet sich 1 Durchlass. Dieser ist der Bauwerksklasse „2“ zugeordnet.

Angaben zum Zustand liegen nicht vor. Es wird allerdings analog zu den Brücken von einem guten Zustand ausgegangen.

Bahn-km	Bauwerks-klasse	Bauart	Zustand 2015	Zustand 2021	Zustand 2033
14,127	2	Platten	unbekannt		



Tabelle 6: Durchlässe, Zustandskategorie, Abschnitt 2

2.2.6 Stützbauwerke

Die Stützbauwerke sind den Erdbauwerken zugeordnet und werden in Bauwerksklassen (1 bis 3) unterschieden.

Je höher die Bauwerksklasse, desto gravierender ist die Gefährdung der Sicherheit des Eisenbahnbetriebs oder Dritter bei einem Versagen des Bauwerks. Die Art der Inspektion unterscheidet sich je nach Bauwerksklasse. Bei den Stützbauwerken der Bauwerksklasse „3“ erfolgt eine Begutachtung mit dem zuständigen Fachbeauftragten und einer Prognose der Zustandskategorien für die Folgejahre. Bei den Stützbauwerken der Bauwerksklassen „1“ oder „2“ erfolgen Inspektionen mit Feststellung der Mängel ohne Prognose.

Zwischen km 3,4 und km 13,6 befinden sich insgesamt 10 Stützbauwerke. Davon sind 9 Stützbauwerke den Bauwerksklassen „1“ oder „2“ und ein Bauwerk der Bauwerksklasse „3“ zugeordnet.

Alle Stützbauwerke der Bauwerksklassen „1“ oder „2“ sind ohne nennenswerte Mängel. Dem Bauwerk der Bauwerksklasse „3“ wurde zuletzt die Zustandskategorie „2“ bescheinigt.

DL km	BW-Klasse	Bauart	Zustand Begutachtung / Prognose		
			2015	2021	2033
3,516	2	Winkelstützwand	Keine Mängel		
3,520	2	Winkelstützwand	Keine Mängel		
3,522	2	Winkelstützwand	Keine Mängel		
3,604	2	Schwergewichtsmauer	Keine Mängel		
3,698	2	Schwergewichtsmauer	Keine Mängel		
5,987	1	Naturstein	Keine Mängel		
7,670	1	NN	Keine Mängel		
8,110	1	Schwergewichtsmauer	Keine Mängel		
9,181	3	Schwergewichtsmauer	2	2	2
11,045	2	Schwergewichtsmauer	Keine Mängel		

Tabelle 7: Stützbauwerke, Zustandskategorie, Abschnitt 1

Im Abschnitt 2, zwischen km 13,6 und km 15,0 befinden sich insgesamt 3 Stützbauwerke. Diese sind der Bauwerksklasse „3“ zugeordnet.

DL km	BW-Klasse	Bauart	Zustand Begutachtung / Prognose		
			2015	2021	2033
14,230	3	Winkelstützwand	Unbekannt		
14,720	3	Raumgitterwand	Unbekannt		
14,730	3	Raumgitterwand	Unbekannt		

Tabelle 8: Stützbauwerke, Zustandskategorie, Abschnitt 2

Angaben zum Zustand liegen nicht vor. Es wird allerdings analog zu den Brücken von einem guten Zustand ausgegangen.

2.3 Oberleitung

Die Elektrifizierung der zweigleisigen Strecke 4860 wurde in den Regelbauarten Re100/ Re160 durchgeführt und im Jahr 1963 fertiggestellt.

Im, gemäß aktueller Aufgabenstellung zu betrachtenden, Abschnitt 1 zwischen km 3,4 und km 13,6 ist die Oberleitungsanlage in Regelbauart Re100 und Re160 errichtet, wobei letztere für Befahrgeschwindigkeiten bis 160 km/h ausgelegt ist. Die tatsächlich gefahrene Höchstgeschwindigkeit im betrachteten Streckenabschnitt beträgt laut VzG lediglich 90 km/h.

OL-Parameter im Umbaubereich	Wert
Fahrleitungsbauart	Re 100/160
Netzspannung	15 kV
Nennfrequenz	16,7 Hz
Fahrdrahthöhe	5,75 m
Windzone / Windgeschwindigkeit	W1 / 26 km/h
Kurzschlussstrom I _k “	≤ 15 kA
Temperaturbereich	- 30°C bis + 70°C (100 K)
Fahrdraht	Ri 100
Tragseil	Bz 50
Regelsystemhöhe	1,80 m / 2,00 m
Seitliche Verschiebung Fahrdraht (Zick/Zack)	+/- 400 mm

Tabelle 9: OL-Parameter

Die Oberleitungsmasten sind im Bestand ausschließlich als Stahlmaste (Rahmenflach- bzw. Aufsetzwinkelmaste) ausgelegt, die auf Block- und Stufenfundamenten errichtet wurden.

Die Kettenwerke der beiden Streckengleise sind weitestgehend an Einzelstützpunkten und vereinzelt auch an Querfeldern geführt, wobei gemäß vorliegenden Bestandsplänen die Nennfahrdrachthöhe 5,75 m und die Systemhöhe 1,80 m beträgt.

Im Bereich der Fußgänger-/ Straßenüberführungen sowie im Bereich der beiden Tunnel sind im Bestand mehrere Kettenwerksabsenkungen vorhanden, von denen bei einigen lediglich die Einhaltung der Mindestfahrdrachthöhe von 4,95 m gemäß EBO nachgewiesen werden kann.

Kriegsbergtunnel km 4,484 – km 5,063

In dem ca. 580 m langen Kriegsbergtunnel wurde im Bestand die Oberleitung mit Stützpunkten gemäß 3Ebs12.01.17 und Längsspannweiten zwischen den einzelnen Stützpunkten von ca. 20 m errichtet. Der Tunnel befindet sich in einem geraden Gleisabschnitt und es gibt keine Gleisüberhöhungen.

Der Gleisabstand zwischen den beiden Richtungsgleisen beträgt innerhalb des Tunnels lediglich 3,65 m und es sind keine Tunnelsicherheitsbeleuchtungen oder seitlichen Sicherheitsräume vorhanden.

Das in den EbsQ-Oberleitungsquerprofilen zu Grunde gelegte Lichtraumprofil entspricht in etwa dem EBO-Lichtraumprofil G2 (dynamisch).

Gemäß den EbsA-Bestandsabsenkungsplänen des Kriegsbergtunnels wurde die Oberleitung an den einzelnen Stützpunkten mit einer Fahrdrachthöhe von 5,00 m errichtet, wobei die gemäß EBO nachzuweisende Mindestfahrdrachthöhe von 4,95 m in Feldmitte eingehalten wird.

Hasenbergertunnel km 8,923 – km 9,181

In dem ca. 256 m langen, im Bogenradius von 400 m liegenden, Hasenbergertunnel wurde im Bestand die Oberleitung mit Stützpunkten gemäß 3Ebs05.03.01, mit auf 80 cm angepasster Systemhöhe, und einer Längsspannweite zwischen den einzelnen Stützpunkten von 24 m bis 27 m errichtet.

Der Gleisabstand zwischen den beiden Richtungsgleisen beträgt innerhalb des Tunnels lediglich 3,75 m und es sind keine seitlichen Sicherheitsräume vorhanden.

Schaltungstechnisch befindet sich der Hasenbergertunnel innerhalb der beiden Bahnhofsschaltgruppen SG 1/2 des Bf Stuttgart-West. Die Schaltabschnittsgrenze des Bf Stuttgart-West befindet sich südlich des Hasenbergertunnels in km 9,321.

Gemäß den beiden Bestandsquerprofilplänen ist in beiden Gleisen eine Überhöhung von 50 mm vorhanden.

Im Bereich des nördlichen Tunnelportales ist eine Weichenverbindung (W515/516) angeordnet. Das Tragseil des Weichenkettenwerkes ist an dem Tunnelportal

Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn



abgespannt. Der Fahrdrabt des Weichenkettenwerkes ist ca. 30 m in den Tunnel hineingeführt und an der Tunnelwand abgespannt.

Das in den EbsQ-Oberleitungsquerprofilen zu Grunde gelegte Lichtraumprofil entspricht in etwa dem EBO-Lichtraumprofil G2 (dynamisch).

In den Bestandsplänen sind lediglich zwei beispielhafte Querprofile mit angelenkten Auslegern enthalten. Das darin eingezeichnete Lichtraumprofil des Stromabnehmerbereiches grenzt unmittelbar an die Tunnelwand. Laut Masttafeln sind im Bereich des Hasenbergtunnels auch einige Stützpunkte mit umgelenkten Auslegern ausgestattet, bei denen die Auslegerrohre noch dichter an die Tunnelwand reichen dürften.

Gemäß den EbsA-Bestandsabsenkungsplänen des Hasenbergtunnels wurde die Oberleitung an den einzelnen Stützpunkten mit einer Fahrdrabhöhe von 5,08 m errichtet, wobei zwischen den Stützpunkten eine minimale Fahrdrabhöhe von 5,02 m angegeben wurde.

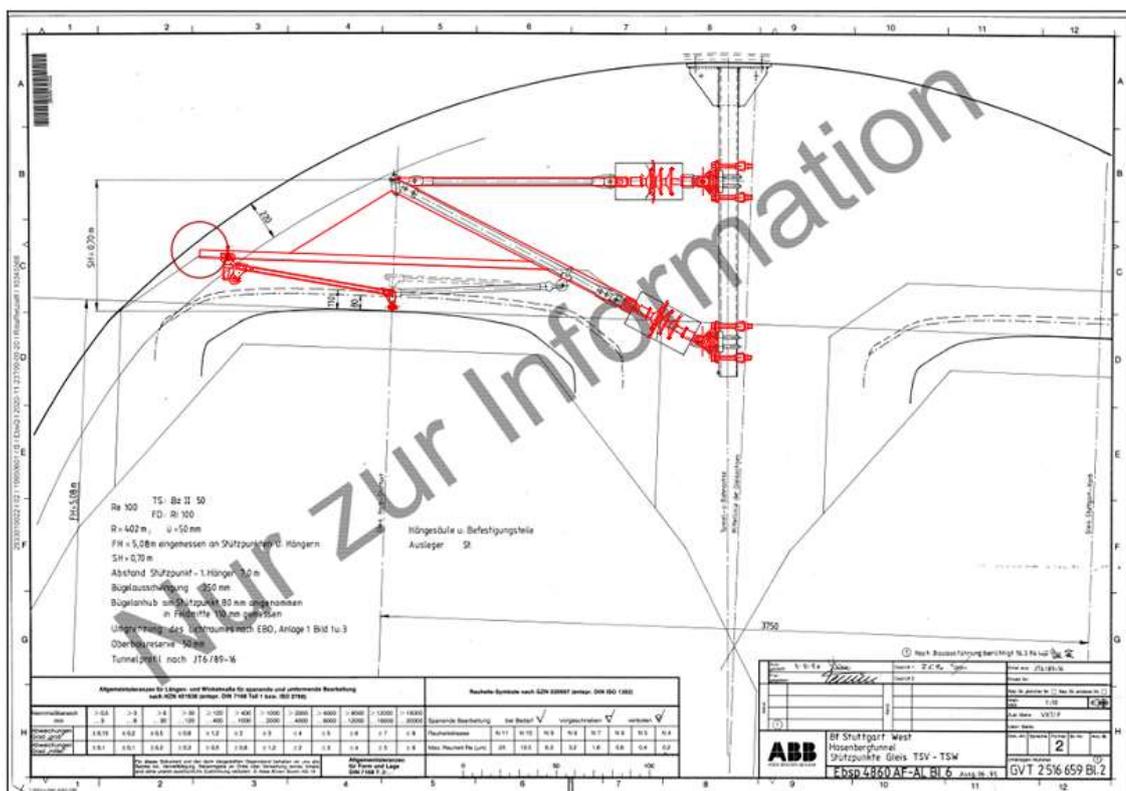


Abbildung 3: EbsQ Oberleitungsquerprofilplan Hasenbergtunnel

Schaltung, Speisung

Nördlich des betrachteten Streckenabschnittes ist die Panoramabahn an den Bf Stuttgart Hbf angebunden, zwischen km 7,9 und km 9,3 befindet sich der Bf Stuttgart-West. Bei ca. km 12,9 schließt die Überleitstelle Dachswald und bei km 14,8 der Bf Stuttgart-Vaihingen an. Die komplette Steuerung/ Überwachung der Strecke erfolgt von der

Zentralschaltstelle (ZES) Karlsruhe bzw. den Fahrdienstleitern Bf Stuttgart Hbf/ Bf Stuttgart-Vaihingen aus.

Die Einspeisung der Strecke 4860 erfolgt aus nördlicher Richtung über den Schaltposten Stuttgart und aus südlicher Richtung über das Unterwerk Rohr bei km 17,2.

Der Kurzschlussstrom beträgt in diesem Streckenabschnitt durch die unmittelbare Lage zwischen Schaltposten und Unterwerk >25 kA.

Überleitstelle Dachswald

Bei ca. km 12,9 befindet sich die Überleitstelle Dachswald mit den beiden Weichen W103/104. Die Kettenwerke der beiden Streckengleise werden in Höhe der Überleitstelle über die beiden Streckentrennungen 202/203 unterteilt.

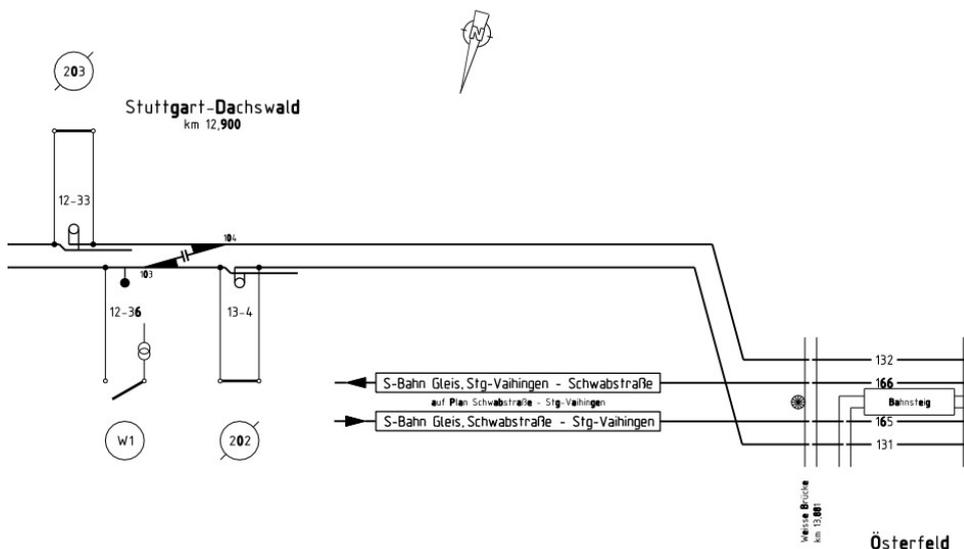


Abbildung 4: Überleitstelle Dachswald

2.4 Oberbau

Der derzeitige sichere Betrieb der Panoramabahn Stuttgart (Strecke 4860), ist nur durch einen erhöhten Instandhaltungsaufwand des Oberbaus gegeben. Die Beanspruchung aus dem Eisenbahnbetrieb und den Einflüssen der Witterung erhöhen den Materialverschleiß. Es kommt daher zu einem überdurchschnittlich hohen Schottereintrag (Stopfen) und Schwellenwechsel. Gemäß der Aussage des Fachbeauftragten Fahrbahn, ist die Instandhaltung des Oberbaus über das Jahr 2025 technisch und wirtschaftlich nicht mehr vertretbar.

Es wird empfohlen, eine instandhaltungsfreundliche und langlebige Oberbau-Infrastruktur bei der Erneuerung zu wählen. Derzeit ist eine Mischung aus Betonschwellen und Holzschwellen, sowie des teilweise betonierten Oberbaues im Kriegsbergtunnel, vorhanden. Der erhöhte Gleisabstand im Bereich Stuttgart-West, ist

den ehemaligen betrieblichen Anforderungen - die heute keine Rolle mehr spielen - geschuldet. Dieser sollte im Zuge der Investition auf den Regelgleisabstand zurückgeführt werden. Allgemein können kleinere Trassierungsanpassungen, Bodenstabilisationsmaßnahmen und Optimierungen zur schnelleren Erreichbarkeit und besseren Zugänglichkeit von Weichen und anderen zu inspizierenden Anlagen geschaffen werden.

Es werden zwei mögliche Varianten zur Erneuerung des Oberbaus vorgestellt und auch monetär bewertet. Die Varianten ermöglichen einen Überblick bezüglich des Kosten-/Nutzen Faktors, der zu erwartenden Aufwände und des gegebenen Einsparpotenzial. Dies gilt für die Investitionskostenplanung und Instandhaltungskosten.

2.5 Telekommunikation

Die Telekommunikationskomponenten müssen in kurzen Intervallen gewartet und instandgehalten werden. Dies stellt die wesentlichen Kosten dar. Die anfallenden Kosten für eine zeitgemäße LST-Ausrüstung werden im zugehörigen Kapitel dargestellt. Darüber hinaus sind keine TK-Investitionen erforderlich.

2.6 Elektrotechnische Anlagen

Im Bereich der Elektrotechnischen Anlagen bilden die Weichenheizungsanlagen die wesentlichen Kostenfaktoren. Es sind im Bestand drei Weichenheizungsanlagen vorhanden.

2.7 Tiefbau

Für die Erdkörper liegen die Bauwerkshefte vor, in denen die aktuellen Ergebnisse (Stand: 2016) der regelmäßigen Untersuchungen nach Ril. 836.8001 dokumentiert sind. Dabei werden die Bauwerke in der Zustandsbewertung in vier Zustandskategorien eingeordnet. Diese Einordnung erfolgt für den IST-Zustand und sowie mit einer Projektion auf die nächsten sechs bzw. 18 Jahre.

Zustandskategorie 1:

Punktuelle Schäden am Bauwerk, welche die Sicherheit nicht beeinflussen. Maßnahmen des vorbeugenden Unterhalts sind bei langfristig (länger als 30 Jahre) zu erhaltenden Bauwerken auf ihre Wirtschaftlichkeit zu prüfen.

Zustandskategorie 2:

Größere Schäden am Bauwerk, welche die Sicherheit nicht beeinflussen. Maßnahmen des vorbeugenden Unterhalts sind bei lang- und mittelfristig (länger als 18 Jahre) zu erhaltenden Bauwerken auf ihre Wirtschaftlichkeit zu prüfen.

Zustandskategorie 3:



*Umfangreiche Schäden am Bauwerk, welche die Sicherheit nicht beeinflussen.
Eine wirtschaftliche Instandsetzung ist noch möglich und zu prüfen.*

Zustandskategorie 4:

*Gravierende Schäden am Bauwerk, welche die Sicherheit noch nicht beeinflussen.
Eine wirtschaftliche Instandsetzung ist nicht mehr möglich.*

Es liegen an keinem Bauwerk umfangreiche oder gravierende Schäden vor, sodass die Zustandskategorien 3 und 4 auf der gesamten Strecke heute nicht auftreten und in den nächsten sechs bzw. 18 Jahren nicht erwartet werden.

Ein Bauwerk (Einschnitt Lockergestein R, km 12,910) weist bereits Stand 2016 eine Einstufung in Zustandskategorie 2 auf. Bei zwei Bauwerken (Einschnitt Lockergestein R, km 9,450 u. Damm L km 14,000) wird eine Verschlechterung des Zustands von Kategorie 1 auf 2 bis zum Jahr 2034 erwartet.

Weitere Bauwerke weisen Stand 2016 eine Einordnung in die Kategorie 1 auf, bei denen keine Verschlechterung bis zum Jahr 2034 erwartet wird: Damm L, km 6,200; Damm R, km 6,201; Anschnitt Lockergestein, km 9,250; Damm L, km 9,720; Anschnitt Lockergestein, km 10,680; Damm L, km 13,281 und Damm R, km 14,000.

Die Entwässerungsanlagen sind überwiegend als Tiefenentwässerung ausgeführt. An wenigen Stellen erfolgt eine Oberflächenentwässerung. In Abschnitt 1 liegen 5750,83 m Tiefenentwässerungsrohre und 251 m Oberflächenentwässerungsanlagen. In Abschnitt 2 sind es 2290,22 m Tiefenentwässerung und 229 m an der Oberfläche. Es liegen keine Informationen über den Zustand vor. Die Anlagen sollten aber, im Zuge der Erneuerung des gesamten Oberbaus, grundsätzlich erneuert werden.

3 Investitionsmaßnahmen

Eine 1:1 Erneuerung der zweigleisigen Strecke ist möglich, allerdings aus wirtschaftlichen Gründen nicht die erste Wahl. Durch gezielte Eingriffe in die Trassierung unter ganzheitlicher Beachtung der Anforderungen der unterschiedlichen Gewerke, können die Kosten für die Erneuerung und Instandhaltung der Strecke gemildert werden. Daher werden gewerkeübergreifend folgende zwei Varianten näher betrachtet:

Variante 1:

Diese betrachtet die 1:1 Erneuerung der zweigleisigen Strecke unter Beachtung der aktuellen Anforderungen. Jedoch werden beide Tunnel eingleisig ausgeführt und die Betriebsstelle Stuttgart West sowie die Weichenverbindung in Stuttgart Dachswald entfallen. Im Vergleich mit den anderen Gewerken bzw. Anlagenarten ist die Erneuerung der Tunnel der mit Abstand größte Kostenblock bei den Investitionen. Bei einer eingleisigen Streckenführung in den Tunneln würden sich die Investitionskosten für die Erneuerung der Tunnel erheblich reduzieren. Durch die Verlagerung der Trasse in die Mitte der Tunnel ergeben sich in anderen Gewerken teilweise Mehrkosten teilweise aber auch Einsparungseffekte. So entfällt z.B. die Betriebsstelle Stuttgart-West bzw. die alternativen Überleitstellen (siehe Variante 2), da nun in den Tunneln ein Gleiswechsel möglich ist. In Summe ist die Variante 1 deutlich günstiger als die Variante 2 und bildet daher die technische Vorzugsvariante.

Zu beachten ist, dass es durch den Bau von eingleisigen Teilabschnitten zur Reduktion in der Streckenkapazität kommen wird und betriebliche Einschränkungen entstehen können. Die zukünftigen betrieblichen Anforderungen an die Strecke, sind in der weiteren Planung festzulegen und mit den vorgestellten Varianten abzugleichen.

Variante 2:

Diese betrachtet ebenfalls die 1:1 Erneuerung der zweigleisigen Strecke unter Beachtung der aktuellen Anforderungen. Jedoch werden aus der Betriebsstelle Stuttgart-West und der Weichenverbindung in Stuttgart-Dachswald jeweils eine Überleitstelle, um Einspareffekte zu erzielen bzw. den aktuellen Anforderungen zu genügen.

Im Rahmen einer Vorplanung müssen die Varianten geprüft und evtl. weiter optimiert werden.

3.1 Leit- und Sicherungstechnik

3.1.1 Prämissen Leit- und Sicherungstechnik

Mit Inbetriebnahme des neuen Stuttgarter Hauptbahnhofes sind wegen der damit einhergehenden Abschaltung des alten Stellwerks Stuttgart Hbf die Signale am Streckenanfang nicht mehr verfügbar.

Nach Auflassung der Gleise in Richtung bisherigem Hauptbahnhof ist unklar, wie die Panoramabahn an das Streckennetz der DB Netz AG angebunden sein wird. Für diese



Untersuchung wird unterstellt, dass der Streckenanfang in Richtung Pragtunnel auf die bisherigen Verbindungsgleise von Stuttgart-Zuffenhausen zur Gäubahn umgelegt wird. In diesem Zusammenhang erforderliche oder sinnvolle Spurplanänderungen für eine zweigleisige Anbindung der Gäubahnstrecke waren nicht Bestandteil des Untersuchungsumfangs, ebenso wenig die Ausfahrtsignale aus Richtung Stuttgart Nord.

Aufgrund der aktuell in Planung befindlichen Erneuerung des Stellwerks Stuttgart-Vaihingen im Rahmen des Projektes „Digitaler Knoten Stuttgart“ wird eine Fernsteuerung des vorhandenen Stellwerks Stuttgart-West nicht mehr möglich sein. Ferner wird davon ausgegangen, dass die Überleitstelle Dachswald im Projekt „Digitaler Knoten Stuttgart“ keine Berücksichtigung findet.

Es wird von einem zeitgemäßen Ausrüstungsstand ausgegangen, der bei ununterbrochenem Weiterbetrieb der Panoramabahn zeitgleich mit Inbetriebnahme des Stuttgarter Hbf bzw. des digitalen Stellwerks Stuttgart-Vaihingen den Betrieb aufnehmen muss. Es wird angenommen, dass für die Signalanlagen im Bf Stuttgart-West sowie an der Überleitstelle Dachswald ein gemeinsam genutzter abgesetzter Stellrechner in elektronischer Stellwerkstechnik (ESTW-A) errichtet wird. Außerdem wird unterstellt, dass für die vergleichsweise geringe Anzahl an Signalen und Weichen kein separater Fahrdienstleiter-Arbeitsplatz eingerichtet wird, sondern dass der künftige Betreiber der Panoramabahn die Steuerung und Bedienung in einer bereits vorhandenen elektronischen Stellwerkszentrale (ESTW-Z) aufschaltet. Das im Zuge dieser Untersuchung beschriebene Stellwerk ist somit nicht allein funktionsfähig, sondern erfordert in jedem Fall die Einbindung in ein bereits vorhandenes Stellwerk oder eine zusätzliche Stellwerkszentrale, die separat mit Bedienpersonal zu besetzen wäre. Eine Option für einen Bedienplatz im Stellwerk ist weiter unten aufgeführt. Zu beachten wären hier jedoch auch die Personalkosten für einen Fahrdienstleiter für einen Streckenabschnitt mit vier- bis acht Weichen.

Die Signale werden entsprechend dem bisherigen Ausrüstungsstandard mit PZB ausgestattet.

Im Zuge des Neubaus der vorhandenen Stellwerkstechnik sind wegen geänderter Signalstandorte zwingend Anpassungen an der Neigetechnik-Streckenausrüstung (GNT) durchzuführen. Es wird aber angenommen, dass im Zuge eines möglichen Betreiberwechsels und aufgrund der künftig nicht mehr vorhandenen Durchbindung an den Stuttgarter Hauptbahnhof auf die Neigetechnik-Streckenausrüstung verzichtet werden kann, so dass stattdessen der Rückbau der GNT-Infrastruktur vorgesehen wird. Für eine Ausrüstung mit ETCS ist dies zwingend notwendig.

Um signalgeführte Zugfahrten über bzw. aus den benachbarten Knoten (z.B. Stuttgart Nord) am Streckenanfang über die Panoramabahn nach Stuttgart-Vaihingen zu ermöglichen, muss zwischen den jeweils benachbarten Stellwerken eine Anpassung des Streckenblocks eingerichtet werden.

3.1.2 Investitionen Leit- und Sicherungstechnik

3.1.2.1 Grundinvestitionen - Stellwerkstechnik

Wie in Kapitel 3.1.1 beschrieben, ist der Neubau eines elektronischen Stellwerks in Stuttgart-West notwendig. Die Investitionsmaßnahmen sind in die einzelnen Bereiche Stuttgart-Nord, Stuttgart-West sowie Stuttgart-Vaihingen unterteilt. Die vorhandenen Einfahrsignale für Stuttgart Hbf (Z277 und Z286), in den beigefügten Plänen grün markiert, sollten in den Stellbezirk Stuttgart-Nord mit aufgenommen werden, sonst müsste die Blockanpassung im Bereich des Bahnhofs geschehen, was kostenintensiver wäre und einen größeren Zulassungsaufwand mit sich bringen würde.

Um das neue Stellwerk an eine übergeordnete Stellwerkszentrale und an die benachbarten Stellwerke anzubinden sowie für die Verkabelung der Signale an das neue Stellwerk Stuttgart-West, wird eine durchgehende Kabeltrasse entlang der Strecke vorgesehen. Evtl. vorhandene besondere Anforderungen an die Kabeltrasse in den Bestandstunneln sind hier nicht berücksichtigt.

Der Anschluss des neuen ESTW-A erfolgt an eine Stellwerks- oder Betriebszentrale des künftigen Betreibers. Dafür wird ein Glasfaserkabel vom Standort des ESTW-A bis Stuttgart-Vaihingen oder Stuttgart-Nord geführt. Ab dort kann die vorhandene Infrastruktur für die Weiterführung der Verbindung genutzt werden.

Die Schätzung der Investitionskosten basiert auf dem oben beschriebenen, angenommenen Ausrüstungsstandard. Abhängig vom künftigen Betreiber und von der künftigen verkehrlichen Bedeutung muss der Ausrüstungsumfang ggf. angepasst werden. Eine betriebliche Aufgabenstellung für die Panoramabahn sollte auch Übergänge zu künftigen Zugbeeinflussungssystemen in den Nachbarbetriebsstellen berücksichtigen.

Für die Aufteilung in Jahresscheiben wurden die Planungskosten in Scheiben (30 % - 30 % - 30 % - 10 %) aufgegliedert. Des Weiteren wurde eine jährliche Kostensteigerung von 3 % für Bau- und Planungsleistungen berücksichtigt. Im Jahr der Inbetriebnahme sind alle Baukosten angenommen, die Planungen sind finanztechnisch drei Jahre früher abgebildet. Die Standardterminpläne der DB Netz sehen einen deutlich längeren Planungsvorlauf vor.

3.1.2.2 Variante 1: 1-gleisiger Tunnel

Da die geplanten Weichen in Variante 1 aufgrund des Lärmschutzes bei ihrer hohen Abzweiggeschwindigkeit ein bewegliches Herzstück besitzen, werden pro Weiche zwei Stelleinheiten (Antrieb, Verschluss, Lagemelder) berücksichtigt.

Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn



Kurzbeschreibung	Anzahl	Einheit	Einzelpreis [€]	Gesamtpreis [€]
Signalisierung und Blockanpassung Stuttgart Nord				
Aufstellen neuer Hauptsignale (benötigt je nach Fahrtrichtung versch. Zusatzsignale)	2	Stück	130.000 €	260.000 €
Aufstellen neuer Vorsignale	6	Stück	120.000 €	720.000 €
Rückbau Lichtsignale	7	Stück	15.000 €	105.000 €
Streckenblock (Richtung Stuttgart West)	2	Stück	80.000 €	160.000 €
Zwischensumme Anpassung Stuttgart Nord				1.245.000 €

Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn



Kurzbeschreibung	Anzahl	Einheit	Einzelpreis [€]	Gesamtpreis [€]
Neues ESTW-A Stuttgart West				
Modulgebäude inkl. Zuwegung, Parkplatz & Stromanschluss		psch	230.000 €	230.000 €
Aufstellen neuer Hauptsignale	10	Stück	130.000 €	1.300.000 €
Aufstellen neuer Vorsignale	20	Stück	120.000 €	2.400.000 €
Aufstellen Gegengleisanzeiger	4	Stück	40.000 €	160.000 €
Rückbau Lichtsignale	29	Stück	15.000 €	435.000 €
Rückbau Altstellwerk		psch	50.000 €	50.000 €
Neubau Weichenantrieb (pro Weiche 2 St. da bewegliches Herzstück)	8	Stück	80.000 €	640.000 €
Neubau ESTW interner Zentralblock	8	Stück	40.000 €	320.000 €
Streckenblock (Richtung Stuttgart Nord)	2	Stück	80.000 €	160.000 €
Streckenblock (Richtung Vaihingen)	2	Stück	80.000 €	160.000 €
Zwischensumme Stuttgart West				5.855.000 €

Kurzbeschreibung	Anzahl	Einheit	Einzelpreis [€]	Gesamtpreis [€]
Signalisierung und Blockanpassung Vaihingen				
Aufstellen neuer Hauptsignale (benötigt je nach Fahrtrichtung versch. Zusatzsignale)	2	Stück	130.000 €	260.000 €
Aufstellen neuer Vorsignale	4	Stück	120.000 €	480.000 €
Rückbau Lichtsignale	6	Stück	15.000 €	90.000 €
Streckenblock (Richtung Dachswald)	2	Stück	80.000 €	160.000 €
Zwischensumme Anpassung Vaihingen				990.000 €
Allgemeine Kosten				
Streckenblock zur Anbindung der Stellwerkstechnik an die Zentrale		psch	400.000 €	400.000 €
Rückbau GNT Datenpunkt	30	Stück	200 €	6.000 €
Softwarewechsel UZ / BZ		psch	90.000 €	90.000 €
Neubau Kabelkanal	9.000	m	100 €	900.000 €
Zwischensumme Allgemeine Kosten				1.396.000 €
Summe Baukosten				9.486.000 €
Typische Planungskosten ESTW Projekt (20 %)				1.897.200 €

Tabelle 10: Kostentabelle LST, Variante 1: 1-gleisig mit ESTW-A

3.1.2.3 Variante 2: Umbau Stuttgart West zur Überleitstelle

Alternativ zur eingleisigen Tunnelvariante könnte im Zuge der Erneuerung der Stellwerkstechnik die Umwandlung der Betriebsstelle Stuttgart-West, entsprechend ihrer heutigen betrieblichen Bedeutung, in eine Überleitstelle in Betracht gezogen werden.

Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn



Dadurch könnte die Signalisierung gegenüber dem Bestand vereinfacht werden, es entfielen zwei Hauptsignale samt den zugehörigen Vorsignalen.

Ein schematischer Übersichtsplan Signaltechnik zu einer möglichen Überleitstelle Stuttgart-West findet sich im Anhang.

Kurzbeschreibung	Anzahl	Einheit	Einzelpreis [€]	Gesamtpreis [€]
Signalisierung und Blockanpassung Stuttgart Nord				
Aufstellen neuer Hauptsignale (benötigt je nach Fahrtrichtung versch. Zusatzsignale)	2	Stück	130.000 €	260.000 €
Aufstellen neuer Vorsignale	6	Stück	120.000 €	720.000 €
Rückbau Lichtsignale	7	Stück	15.000 €	105.000 €
Streckenblock (Richtung Üst Stuttgart West)	2	Stück	80.000 €	160.000 €
Zwischensumme Anpassung Stuttgart Nord				1.245.000 €

Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn



Kurzbeschreibung	Anzahl	Einheit	Einzelpreis [€]	Gesamtpreis [€]
Neues ESTW-A Stuttgart West				
Modulgebäude inkl. Zuwegung, Parkplatz & Stromanschluss		pschl	230.000 €	230.000 €
Aufstellen neuer Hauptsignale	12	Stück	130.000 €	1.560.000 €
Aufstellen neuer Vorsignale	16	Stück	120.000 €	1.920.000 €
Rückbau Lichtsignale	29	Stück	15.000 €	435.000 €
Rückbau Altstellwerk		pschl	50.000 €	50.000 €
Neubau Weichenantrieb	8	Stück	80.000 €	640.000 €
Neubau ESTW interner Zentralblock (Üst Dachswald)	4	Stück	40.000 €	160.000 €
Streckenblock (Richtung Stuttgart Nord)	2	Stück	80.000 €	160.000 €
Streckenblock (Richtung Vaihingen)	2	Stück	80.000 €	160.000 €
Zwischensumme Stuttgart West				5.315.000 €

Kurzbeschreibung	Anzahl	Einheit	Einzelpreis [€]	Gesamtpreis [€]
Signalisierung und Blockanpassung Vaihingen				
Aufstellen neuer Hauptsignale (benötigt je nach Fahrtrichtung versch. Zusatzsignale)	2	Stück	130.000 €	260.000 €
Aufstellen neuer Vorsignale	4	Stück	120.000 €	480.000 €
Rückbau Lichtsignale	6	Stück	15.000 €	90.000 €
Streckenblock (Richtung Üst Dachswald)	2	Stück	80.000 €	160.000 €
Zwischensumme Anpassung Vaihingen				990.000 €
Allgemeine Kosten				
Streckenblock zur Anbindung der Stellwerkstechnik an die Zentrale		pschl	400.000 €	400.000 €
Rückbau GNT Datenpunkt	30	Stück	200 €	6.000 €
Softwarewechsel UZ / BZ		pschl	90.000 €	90.000 €
Neubau Kabelkanal	9.000	m	100 €	900.000 €
Zwischensumme Allgemeine Kosten				1.396.000 €
Summe Baukosten				8.946.000 €
Typische Planungskosten ESTW Projekt (20 %)				1.789.200 €

Tabelle 11: Kostentabelle LST, Variante 2: 2-gleisig mit Überleitstelle

3.1.2.4 Optionale Hochrüstung zu ESTW-Z mit Bedienplatz

Wird statt dem ausgelagerten Stellrechner Stuttgart West eine vollständige Zentrale mit Bedienplatz benötigt, werden die Kosten für das Modulgebäude, bestehend aus zwei Modulen für die LST und einem für die übrigen Gewerke sowie Umfeld Planung, mit 230 T€ veranschlagt, um folgende Positionen erhöht:

Kosten für Hochrüstung auf ESTW-Z mit Bedienplatz				
1 Modul für Bedienplatz	54	m ³	500 €	27.000 €
1 Modul für Sanitärräume	54	m ³	500 €	27.000 €
1 Modul für Technik (Zentrale) auf Grund der elektrischen Überbrückungsabstände	54	m ³	500 €	27.000 €
Neubau Frisch- / Abwasser	250	m	400 €	100.000 €
Ausrüstung für die Räume		pschl	50.000 €	50.000 €
Fernmeldetechnik		pschl	150.000 €	150.000 €
Zuglenkung		pschl	110.000 €	110.000 €
Zugnummernmeldeanlage		pschl	200.000 €	200.000 €
Hochrüstung der Technik zur Zentrale (Netzwerkkomponenten, Rechner zur Ansteuerung der Bedienplätze und für die Fahrstraßensicherung)		pschl	860.000 €	860.000 €
Summe Baukosten ESTW-Z				1.551.000,00 €

Tabelle 12: Aufgliederung Kosten ESTW-Z

3.1.2.5 Optionale ETCS Ausrüstung

Für die Schätzungen von ETCS wurde die 2-gleisige Variante als Grundlage genommen, da sich die beiden Varianten in Bezug auf die Ausrüstung nicht unterscheiden.

Es gilt zu beachten, dass für den Betrieb der Strecke mit den Zugbeeinflussungssystemen ETCS Level 2 (ETCS L2) oder ETCS Level 2 ohne Signale (ETCS L2oS) eine ETCS-Zentrale (RBC) sowie eine Ertüchtigung des GSM-R Netzes wegen den erhöhten Anforderungen an die Datenübertragung durch ETCS notwendig wäre. Eine eigene ETCS-Zentrale für die in Frage stehenden 9 km Streckenlänge der Panoramabahn wäre wirtschaftlich wenig sinnvoll; nach aktuellem Regelwerk der DB Netz sollte der Zuständigkeitsbereich mindestens 50 km umfassen.



Aktuell in Deutschland in Realisierung oder in Betrieb befindliche ETCS-Zentralen unterliegen der Einschränkung, dass der Steuerbereich der ETCS-Zentrale mit dem Stellbereich einer Stellwerkszentrale identisch sein muss. Wegen dieser Limitierung und den Anforderungen bzgl. den Fahrtübergängen zwischen ETCS-Zentralen ist es undenkbar, die Panoramabahn einer ansonsten räumlich getrennten ETCS-Zentrale zuzuschlagen. Ein Betrieb mit ETCS L2 oder ETCS L2oS wäre nur bei einer Integration des ESTW-A Stuttgart-West an eine angrenzende ESTW-Unterzentrale bzw. einen angrenzenden Technikstandort der DB Netz AG mit freien Kapazitäten der dort vorhandenen ETCS-Zentrale angemessen.

Eine Kostenschätzung für die GSM-R Ertüchtigung ist ohne vorliegendes Betriebsprogramm nicht möglich. So heißt es in der projektspezifisch freigegebenen Ril 819.1343: „Informationen darüber, in welcher Qualität das GSM-R-Netz im aufzurüstenden Bereich implementiert ist und welche Maßnahmen bei Nichterfüllung [...] zu ergreifen sind, erhalten Sie von der DB Netz AG, [...] I.NPS 322, München. Stimmen Sie die weitere Vorgehensweise [mit I.NPS 322] auf Basis des vom Betreiber vorgegebenen Betriebsprogramms ab“.

Zu beachten ist weiterhin, dass im Falle einer Ausrüstung mit ETCS L2 zusammen mit einer eigenen RBC „Stuttgart West“ die Einwahlpunkte bzw. RBC-Übergänge im Bereich Vaihingen und Stuttgart Zuffenhausen geplant und gebaut werden müssen. Die ermittelte Summe ist daher mit Vorsicht zu betrachten, da die Kosten durch Verzweigungsmöglichkeiten in genannten Betriebsstellen, je nach Position der Einstiege bzw. RBC-Übergänge, sehr stark variieren können. Für eine weitere Planung sollten die Positionen der Ein- und Ausstiege bzw. RBC-Übergänge in der Aufgabenstellung vorgegeben und Rücksprache mit umliegenden Planungen getroffen werden. Grundlage für diese Schätzung sind je 2 Ein- und Ausstiege in Nord und Vaihingen.

Weiterhin muss die Einfahrt in einen L2oS Bereich durch Fahrzeuge ohne ETCS gesichert werden. Für diesen Fall müssen Zufahrtsicherungssignale geplant werden, welche nicht gleichzeitig RBC Grenzsinal sind. Eine Option wäre den Bereich Stuttgart Nord in den L2 Bereich mit aufzunehmen und die Ausfahrtsignale der 4 Gleise als Zufahrtsicherungssignal zu nutzen. In Vaihingen muss dieser Ansatz ebenfalls betrachtet werden, eine Aussage hierzu ist aber ohne vorliegende Planungen nicht zu treffen.

Gegebenenfalls kollidiert dieser Ansatz mit bestehenden Planungen aus dem DKS. Da dies aber nicht in den Betrachtungsraum fällt, findet hier keine genauere Untersuchung statt.

Hingegen würde eine Ausrüstung mit ETCS Level 1 Limited Supervision (ETCS signalgeführt, ETCS L1LS) möglich sein, da in diesem Fall keine ETCS-Zentrale benötigt und eine Ertüchtigung des GSM-R Netz nicht erforderlich würde. Hinzu kommen hier jedoch Kosten für schaltbare Balisen sowie deren Anbindung an die Lichtsignale mittels Lineside Electronic Unit (LEU). Diese Variante wird empfohlen, um den im digitalen Knoten Stuttgart ETCS geführten Zügen eine Umfahrung zu ermöglichen.

Die folgende Tabelle zeigt zwei alternative Kostenpositionen für die streckenseitige Ausrüstung mit ETCS Level 1 Limited Supervision (ETCS L1LS) und ETCS Level 2 (ETCS L2mS).

Ausrüstung mit ETCS L1LS				
streckenseitige Ausrüstung mit Balisen (8 St. pro Hauptsignal)	84	Stück	3.000 €	252.000 €
LEU für schaltbare Balisen pro Signal	14	Stück	80.000 €	1.120.000 €
Summe Ausrüstung ETCS L1 LS				1.372.000 €
Ausrüstung mit ETCS L2				
Neubau RBC		pschl	1.000.000 €	1.000.000 €
Netzwerk Grundausstattung (SW Hochrüstung, Security Ausstattung)		pschl	2.500.000 €	2.500.000 €
Mehrkosten Modulgebäude (mehr Platz wird benötigt)		pschl	150.000 €	150.000 €
Projektierung Streckenatlas	18	km	2.000 €	36.000 €
Balisen	136 ⁴	Stück	3.000 €	408.000 €
Ne 14 ETCS Halttafel	14	Stück	2.000 €	28.000 €
Summe Ausrüstung ETCS L2mS				4.122.000 €

Tabelle 13: Ausrüstungskosten ETCS Level 1 vs. Level 2

3.1.2.6 Vergleich ETCS L2mS und ETCS L2oS

Im Folgenden wird anhand eines möglichen Szenarios ein Vergleich von ETCS L2oS und ETCS L2mS geführt. Hierzu wurden für beide Ausrüstungsvarianten Prämissen festgelegt.

⁴ Zahl kann stark abweichen, abhängig von den Einstiegen. Ausgegangen wurde von je zwei Einstiegen in Vaihingen und Nord.



ETCS L2mS Prämissen:

- Einstiegssignal auf die Panoramabahn ist das erste Signal auf der Panoramabahn.
 - In Variante 1 ist dies aus Stuttgart Nord kommend das Blocksignal vor dem Kriegsbergtunnel,
 - In Variante 2 das Blocksignal Stuttgart West oder – unter der Bedingung, dass der Zug schon in Stuttgart Nord in L2 Führung ist – ein Blockkennzeichen vor dem Kriegsbergtunnel.
 - Aus Richtung Vaihingen kommend in beiden Fällen das Blocksignal vor Dachswald.
- Ausstiegssignal ist in beiden Fällen das jeweils letzte, zum Stellbezirk der Panoramabahn gehörende, Hauptsignal.
- Als Grenzsignal – falls links und rechts der Panoramabahn ETCS L2 ausgerüstet ist – wird jeweils das Einfahrtsignal der nächsten Betriebsstelle angesehen.
- Hinweis: es sollte mindestens ein Nachbarstellwerk mit ETCS L2 ausgerüstet sein

ETCS L2oS Prämissen:

Unter der Voraussetzung, dass in den angrenzenden Infrastrukturbereichen der DB Netz AG bereits eine ETCS L2-Ausrüstung vorhanden ist, würde an den Streckenenden je ein RBC-Übergang eingerichtet werden. Die Führung der Züge auf der Panoramabahn erfolgt dann aus einer eigenen RBC. Die Kostenannahme für ETCS L2oS bezieht sich auf diese Lösung.

Falls auf der angrenzenden Infrastruktur von DB Netz AG ETCS L2 noch nicht eingerichtet sein sollte, muss die Aufnahme in die ETCS L2-Führung im Bereich der Panoramabahn erfolgen. Die Zufahrtsicherung von Zügen ohne ETCS-Ausrüstung muss gewährleistet werden. Dafür müssten – nach aktuell gültigem DB Netz Regelwerk – das letzte Hauptsignal vor dem Zufahrtsicherungssignal noch an der übernehmenden RBC (jene der Panoramabahn) angeschlossen sein. Dies würde bedeuten, dass auf der Panoramabahn Hauptsignale installiert werden müssten, was diese Variante wegen der sehr kurzen ETCS L2-Strecke ad absurdum führen würde.

(Mehr-) Kosten für ETCS:

Auf Basis der beschriebenen Prämissen entstehen folgende Mehrungen bzw. Minderungen im Hinblick auf die Varianten:

- Bei ETCS L2oS (und angrenzend vorhandener ETCS L2oS-Infrastruktur) ergibt sich eine Einsparung von
 - 12 Hauptsignalen und
 - 24 Vorsignalen.
- Bei ETCS L2mS werden je nach angrenzender Ausrüstung bis zu
 - 8 Hauptsignale und
 - 14 Vorsignale eingespart.
- einzusparende Kosten pro Signal (Außenanlage): 50.000 €



Die Ausrüstungsvariante ETCS L2oS muss auf die aktuell geplante Ausrüstung DKS abgestimmt werden. Eine Ausrüstung mit ETCS L2oS ist erst sinnvoll, wenn auf der angrenzenden DB Netz-Infrastruktur vergleichbare Ausrüstung vorhanden ist.

3.1.2.7 Optionaler Weiterbetrieb GNT

Aufgrund der geänderten Gleislage im Bereich der beiden Tunnel in der Variante 1 bzw. im Bereich Stuttgart West in der Variante 2 ist auch eine Anpassung an der vorhandenen GNT-Ausrüstung notwendig. Für die Grobkostenschätzung wurden die Kosten für den Rückbau aus den Varianten 1 + 2 gutgeschrieben.

Kurzbeschreibung	Anzahl	Einheit	Einheitspreis [€]	Gesamtpreis [€]
Ausrüstung mit GNT				
Balisen für GNT	18	Stück	4.000 €	72.000 €
Gutschrift für Rückbau GNT Datenpunkt in Variante 1+2	30	Stück	- 200 €	- 6.000 €
Summe Ausrüstung GNT				66.000 €

Tabelle 14: Ausrüstungskosten GNT

Die GNT ist nicht Bestandteil der vorgeschlagenen Varianten 1 + 2. Es wird davon ausgegangen, dass aufgrund mangelnder GNT-fähiger Neufahrzeuge ab dem Jahr 2026 kein Bedarf an einer GNT- Ausrüstung mehr besteht. Bereits jetzt ist kein regelmäßiger Zuglauf mit GNT auf der Panoramabahn vorhanden.

Es bestehen Restriktionen hinsichtlich der gleichzeitigen Ausrüstung der Strecke mit GNT und ETCS. Diese sind in der weiteren Planung zu berücksichtigen.

3.1.2.8 Überblick LST Investitionskosten

Die folgende Tabelle zeigt die Kosten der vorgestellten Varianten und der optionalen Ausrüstungsmöglichkeiten:

Ausrüstung	Basis	Optionale Ausrüstung			Summe
	ESTW-A	ESTW-Z	ETCS L1 LS	ETCS L2mS ⁵	

⁵ nur in Verbindung mit ESTW-Z möglich
 DB Engineering & Consulting GmbH
 Stand: 09.09.202121

Variante 1	9.486.000,00 €	- ohne -	- ohne -	- ohne -	9.486.000,00 €
	9.486.000,00 €	1.551.000,00 €	- ohne -	- ohne -	11.037.000,00 €
	9.486.000,00 €	- ohne -	1.372.000,00 €	- ohne -	10.858.000,00 €
	9.486.000,00 €	1.551.000,00 €	1.372.000,00 €	- ohne -	12.409.000,00 €
	9.486.000,00 €	1.551.000,00 €	- ohne -	4.122.000,00 €	15.159.000,00 €
Variante 2	8.946.000,00 €	- ohne -	- ohne -	- ohne -	8.946.000,00 €
	8.946.000,00 €	1.551.000,00 €	- ohne -	- ohne -	10.497.000,00 €
	8.946.000,00 €	1.551.000,00 €	- ohne -	- ohne -	10.565.000,00 €
	8.946.000,00 €	- ohne -	1.372.000,00 €	- ohne -	10.319.000,00 €
	8.946.000,00 €	1.551.000,00 €	1.372.000,00 €	- ohne -	11.869.000,00 €
	8.946.000,00 €	1.551.000,00 €	- ohne -	4.122.000,00 €	14.619.000,00 €

Tabelle 15: Überblick LST Investitionskosten

Die Planungskosten sind in der Tabelle nicht enthalten. Die GNT wurde nicht berücksichtigt.

3.2 Konstruktiver Ingenieurbau

3.2.1 Prämissen Konstruktiver Ingenieurbau

In dieser Unterlage werden nur Bauwerke betrachtet, die sich in der Unterhaltslast der DB Netz AG befinden und folgender Bauwerksart zuzuordnen sind:

- Tunnel
- Eisenbahnbrücken
- Straßenbrücken
- Durchlässe
- Stützbauwerke

Bauwerke im Eigentum und in der Unterhaltslast Dritter (z.B. die meisten SÜs) werden nicht betrachtet.

Maßgebende Unterlage für die Entscheidung, ob ein Bauwerk zu erneuern (Investition) oder eine reine Instandhaltung bis zum Jahr 2040 ausreichend ist, stellt die letzte Begutachtung dar. Wenn in der letzten Begutachtung bis zum Jahr 2040 eine

Zustandskategorie von „4“ (eine Instandsetzung ist wirtschaftlich nicht mehr möglich) erreicht wird, kann davon ausgegangen werden, dass eine Erneuerung bis 2040 notwendig ist. Bei einzelnen Eisenbahnbrücken wurden in der Vergangenheit statische Nachrechnungen für die Restnutzungsdauer der bestehenden Überbauten gem. RIL 825 durch den Fachverantwortlichen erstellt bzw. beauftragt. Wenn die prognostizierte Restnutzungsdauer vor 2040 endet, wird ebenfalls von einer Erneuerung bis zu diesem Jahr ausgegangen. Bei den Tunnelbauwerken reicht der derzeitige Prognosehorizont nur bis 2033. Da die Zustandskategorie „4“ hierbei nicht erreicht wird, wird von einer Erneuerung ab 2040 ausgegangen.

Als Kostenbasis der Investitionen werden die Kostenansätze des Kostenkennwertekataloges (KKK, Ril 808.0210 A02) verwendet unter Berücksichtigung einer jährlichen Kostensteigerung von 3 %. Für die Tunnelbauwerke und damit verbundene sonstige Maßnahmen sind im Kostenkennwertekatalog keine Werte vorhanden. Hier wird unter Berücksichtigung einer jährlichen Kostensteigerung von 3 % auf Erfahrungswerte vergleichbarer Projekte zurückgegriffen. Diese bestehen für die zweigleisige Variante aus bepreisten Angebots- bzw. Auftragsleistungsverzeichnissen sowie bestätigten Kostenberechnungen aus mehreren Projekten. Für die eingleisige Erneuerung im Bestand - ohne Eingriff in das Bestandsgewölbe - liegen Kosten aus dem Projekt Kaiser-Wilhelm-Tunnel vor, welche um Erkenntnisse aus aktuellen Forschungsprojekten bzgl. sohloffener Tunnel-Erneuerung mit Fertigteilen ergänzt wurden.

Bei allen Investitionen ist von schwierigen verkehrlichen/betrieblichen Verhältnissen auszugehen, da im innerstädtischen Bereich gearbeitet wird.

Bei den Kosten wurde ein Zuschlag von 25 % für Planungsleistungen einkalkuliert. Des Weiteren wurde eine jährliche Kostensteigerung von 3 % auch für die Planungsleistungen berücksichtigt. Für die Aufteilung in Jahresscheiben wurden die Planungskosten in Scheiben (40 % - 40 % - 20 %) aufgliedert. Im Jahr der Inbetriebnahme sind alle Baukosten angenommen, die Planungen sind finanztechnisch zwei Jahre früher abgebildet. Die Standardterminpläne der DB Netz sehen einen deutlich längeren Planungsvorlauf vor.

3.2.2 Investitionen Konstruktiver Ingenieurbau

3.2.2.1 Kriegsbergtunnel

Der Kriegsbergtunnel wird auf Basis der Begutachtung aus dem Jahr 2015 noch bis ins Jahr 2033 in der Zustandskategorie 3 gesehen, eine Erneuerung ist demnach nicht unmittelbar erforderlich. Eine Aussage über einen möglichen Erneuerungsbedarf zwischen den Jahren 2033 und 2040 ist mit den vorliegenden Begutachtungen nicht möglich. Da eine Erneuerung des Tunnelbauwerks erhebliche Investitionskosten zur Folge hätte, werden diese Kosten im Folgenden für einen Gesamtüberblick dennoch grob abgeschätzt. Aufgrund des unklaren Erneuerungszeitpunkts gehen diese Kosten nicht in die Gesamtkostenaufstellung ein.

Bei einer umfassenden Erneuerung des Tunnels sind, unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit, die Anforderungen heutiger Regelwerke und Vorschriften zu erfüllen. Hieraus ergeben sich bei einem Tunnelbauwerk mit einer Länge zwischen 500 m und 1.000 m folgende, im Bestand nicht vorhandenen Ausstattungselemente:

- Beidseitiger (zweigleisig) oder einseitiger (eingleisig) Fluchtweg mit einer Breite von 1,20 m
- Beidseitige (zweigleisig) oder einseitige (eingleisig) Tunnelsicherheitsbeleuchtung
- Löschwasserversorgung mittels geschützt verlegter Trockenlöschleitung, Entnahmestellen im Tunnel im Abstand < 120 m, beidseitige Einspeisung in den Portalbereichen
- Bereitstellung von Löschwasser an beiden Tunnelportalen / Einspeisestellen
- BOS-Objektfunkanlage
- OLSP (Oberleitungsspannungsprüfeinrichtung) zur Abschaltung und Erdung der Oberleitung im Ereignisfall
- Einrichtung eines Rettungsplatzes ≥ 1.500 m² an einem Tunnelportal, Feuerwehrezufahrt und Feuerwehrebewegungsfläche nach DIN 14090 an zweitem Tunnelportal
- Oberbauform: feste Fahrbahn (nicht KFZ-befahrbar)
- Kabelverlegung in brand- und unfallgeschützter Kabeltrasse
- Lichtraumprofil GC
- Gleisachsabstand von 4,0 m

Für die Erneuerung des Tunnelbauwerks kommen mehrere Verfahren in Frage, die im Zuge einer Variantenuntersuchung anhand ihrer Wirtschaftlichkeit, der technischen Machbarkeit und den Anforderungen und Randbedingungen, die an die Bauzustände sowie das fertige Bauwerk gestellt werden, zu beurteilen sind. Im Rahmen dieser Untersuchung wird nur eine erste Grobabschätzung vorgenommen, und auf dieser Basis eine Empfehlung ausgesprochen, die im Rahmen einer Vorplanung erneut zu untersuchen ist. Insbesondere Erkenntnisse aus der Vermessung des Bestandstunnels sowie geologischen Untersuchungen, Fortschritte in der Bauverfahrenstechnik der Tunnelerneuerung sowie Änderungen im Regelwerk bezüglich der Anforderungen an erneuerte Bestandstunnel können zu einem anderen Bewertungsergebnis führen.

Varianten zur Erneuerung des Kriegsbergtunnels sind:

1. Eingleisige Erneuerung
 - a. Unter Vollsperrung
 - b. *(Mit Tunnel-im-Tunnel-Methode)*
2. Zweigleisige Erneuerung
 - a. *(Unter Vollsperrung)*

b. Mit Tunnel-im-Tunnel-Methode

Variante 1: Eingleisige Erneuerung Kriegsbettunnel

Eine eingleisige Erneuerung geht mit einer Kapazitätsminderung einher. Da mit der Neuordnung des Bahnknotens Stuttgart ursprünglich eine Stilllegung der Strecke 4860 angedacht war, wird davon ausgegangen, dass zukünftige Verkehre auch mit eingleisigen Streckenabschnitten abzuwickeln sind. Diese Annahme ist nach Erstellung des zukünftigen Betriebsprogramms für die Strecke zu überprüfen.

Bei der eingleisigen Erneuerung wird das Bestandsbauwerk weitestgehend im Berg belassen. Im Sohl- und Widerlagerbereich sowie stellenweise im Bereich des Gewölbes werden Anpassungen vorgenommen, um Raum für die neue, in Ortbetonbauweise hergestellte Innenschale zu schaffen. Rückbau und Entsorgung des Bestandsbauwerks werden weitestgehend reduziert, ein Aufweitungsvortrieb mit Sprengungen kann entfallen.

Erste Erfahrungen bei der Erneuerung und Aufweitung eines elektrifizierten Tunnels konnten im Projekt „Petersberg tunnel“ gesammelt werden. Das Betriebsgleis, zugehörige Rettungswege und Oberleitungsanlagen wurden hierbei in einer Schutz einhausung geführt, neben der seitlich ca. 1,5 m Raum zur bestehenden Innenschale blieben. Für die eingleisige Erneuerung ist die Tunnel-im-Tunnel-Methode daher hier nur bedingt geeignet. Aufgrund der erwarteten Platzverhältnisse werden die nötigen Arbeitsräume und Sicherheitsabstände während der Bauausführung nur schwer einhaltbar sein sowie die Baulogistik stark erschwert, wenn nicht gar unmöglich gemacht. Diese Variante wird hier somit nicht weiterverfolgt.

Für die eingleisige Erneuerung unter Vollsperrung kann sich der Bauablauf wie folgt gestalten:

- Einrichtung BE-Flächen, Beräumung Baufeld etc.: ca. 2 Wochen
- Rückbau bestehender Gleisanlagen (tlw. feste Fahrbahn) bis zum Planum: ca. 4 Wochen
- Sohlprofilierung, Sicherung und Anpassung Bestandgewölbe: ca. 2 Monate. Lässt sich über Anzahl der Arbeitsstellen optimieren. Erfordernis ergibt sich aus Planung.
- Herstellung Innenschale: ca. 60 Blöcke bei 2 Tage/Block: 120 Tage = 4 Monate
- Herstellung Innenausstattung (u.a. Löschwasserversorgung, TSB, BOS-Funk, OLA): ca. 4 Wochen
- Herstellung Oberbau Endzustand: ca. 4 Wochen

Gesamtbauzeit ca. 1 Jahr.

Die Kosten ergeben sich für die Variante 1 wie folgt:

Position	Einheitspreis [T€]	Menge	Einheit	Summe [T€]
Herstellung neue Tunnelröhre	8	580	m	4.640
Ertüchtigung Portale	100	2	Stk.	200
Rettungsplatz und Feuerwehrezufahrten	400	1	Psch.	400
Trockenlöschleitung	140	1	Psch.	140
BOS-Funkanlage	200	1	Psch.	200
Tunnelsicherheitsbeleuchtung	100	1	Psch.	100
<u>Zwischensumme 1</u>				<u>5.680</u>
Baustelleneinrichtung davon 10 %				568
<u>Zwischensumme 2</u>				<u>6.248</u>
Planungskosten davon 25 %				1.562
<u>Summe</u>				<u>7.810</u>

Tabelle 16: Kosten Kriegsbergtunnel Variante 1, Stand 2021

Risiken bestehen hier insbesondere im Bestandsbauwerk. Im Rahmen einer Vorplanung sind daher umfangreiche Untersuchungen des Bestandsbauwerks (Bausubstanz, Laserscan-Vermessung) und der geologischen Randbedingungen durchzuführen, um den Umfang der zur Herstellung der neuen Innenschale erforderlichen Eingriffe in das Bestandsgewölbe abschätzen und bewerten zu können.

Sollte ein vollständiger Rückbau des Bestandsgewölbes, verbunden mit der Sicherung des Gebirges mit einer Außenschale, erforderlich sein, ist dies mit erheblichen Bauzeitverlängerungen (ca. 6 Monate länger) und Kostensteigerungen (um ca. 100 %) verbunden.

Aufgrund der innerstädtischen Lage ist davon auszugehen, dass lärmintensive Arbeiten nur tagsüber ausgeführt werden können. Dies betrifft insbesondere die Rückbau- und Sicherungsarbeiten zu Beginn der Baumaßnahme, also einen Zeitraum von ca. 4 Monaten.

Variante 2: Zweigleisige Erneuerung Kriegsbergtunnel

Bei einer zweigleisigen Erneuerung des Tunnelbauwerks bleibt die Streckenkapazität erhalten.

Die im Laufe der Jahrzehnte gestiegenen, oben beschriebenen Anforderungen an Eisenbahntunnel haben eine Vergrößerung des Querschnitts zur Folge. Dies führt bei einer zweigleisigen Erneuerung zu einem vollständigen Rückbau des bestehenden Bauwerks, einer radialen Aufweitung des vorhandenen Hohlraums im Sprengvortrieb mit entsprechender Vortriebssicherung und blockweisem Einbau einer Ort beton-Innenschale. Dieser massive Eingriff bedeutet gegenüber der eingleisigen Erneuerung eine wesentlich verlängerte Bauzeit, weswegen eine Erneuerung unter Vollsperrung hier nicht mehr zu empfehlen ist. Gleichzeitig lässt der aufgeweitete Querschnitt den Einsatz

der Tunnel-im-Tunnel-Methode mit eingleisigem Betrieb unter Oberleitung im Bauzustand zu. Demnach wird für die zweigleisige Erneuerung diese Variante hier weiter ausgeführt.

Bei der Erneuerung mittels Tunnel-im-Tunnel-Methode werden die zwei bestehenden Gleise zurückgebaut. Es wird ein bauzeitliches Gleis in der Tunnelachse verlegt. Links und rechts neben dem Gleis werden bauzeitliche Hilfsfundamente angeordnet, die eine Schutzeinhausung zur Sicherung des Bahnbetriebs und Schienen für das Tunnelaufweitungsportal tragen. In der Schutzeinhausung wird eine bauzeitliche Oberleitung, aus Platz- und Sicherheitsgründen als Stromschiene, montiert.

Die Aufweitung des Tunnels geschieht im Schutze des Tunnelaufweitungsportals, welches sämtliche Geräte für den Rückbau des Bestandstunnels, die Aufweitung des Gebirgshohlraums und die bauzeitliche Sicherung aufweist. Der Abtransport der Ausbruchmassen und die Versorgung mit Sicherungsmitteln und Spritzbeton kann mit kleinen Radfahrzeugen links und rechts des in Betrieb befindlichen Gleises erfolgen. Die Herstellung der Innenschale erfolgt mit einem Portalschalwagen, welcher keine Einschränkung für den Bahnbetrieb darstellt.

Für die zweigleisige Erneuerung mittels Tunnel-im-Tunnel-Methode kann sich der Bauablauf wie folgt gestalten:

- 3 Monate Vollsperrung
 - Einrichtung BE-Flächen, Beräumung Baufeld etc: ca. 2 Wochen
 - Rückbau bestehende Gleisanlagen (feste Fahrbahn) bis zum Planum: ca. 4 Wochen
 - Sohlprofilierung, Herstellung Hilfsfundamente: ca. 2 Wochen
 - Einbau Baugleis inkl. Weichen: ca. 4 Wochen
 - Einbau Schutzeinhausung + Oberleitung: ca. 2 Wochen
- 18 Monate eingleisiger Betrieb
 - Aufweitungsvortrieb: ca. 8 Monate inkl. Portalbereiche
 - Herstellung Rohbau: ca. 9 Monate inkl. Portale
 - Herstellung Innenausstattung (u.a. Löschwasserversorgung, TSB, BOS-Funk, OLA): ca. 4 Wochen
- 3 Monate Vollsperrung
 - Rückbau Schutzeinhausung, Baugleis, Hilfsfundamente: 2 Wochen
 - Nachträgliche Ergänzung Ortbetonsohle auf ca. 160 m Länge = 16 Blöcke: 5 Wochen
 - Herstellung Oberbau Endzustand: ca. 5 Wochen

Gesamtbauzeit ca. 2,5 Jahre

Die Kosten ergeben sich für die Variante 2 wie folgt:

Position	Einheitspreis [T€]	Menge	Einheit	Summe [T€]
Aufweitungsvortrieb und Ausbruchssicherung inkl. Rückbau und Entsorgung	15	580	m	8.700
Mehraufwand TiT-Methode	2.000	1	Psch	2.000
Rohbau Innenschale	16	580	m	9.280
Rohbau Portalbauwerke	500	2	Stk.	1.000
Rettungsplatz und Feuerwehrzufahrten	400	1	Psch.	400
Trockenlöschleitung	140	1	Psch.	140
BOS-Funkanlage	200	1	Psch.	200
Tunnelsicherheitsbeleuchtung	200	1	Psch.	200
<u>Zwischensumme 1</u>				<u>21.920</u>
Baustelleneinrichtung davon 10 %				2.192
<u>Zwischensumme 2</u>				<u>24.112</u>
Planungskosten davon 25 %				6.028
<u>Summe</u>				<u>30.140</u>

Tabelle 17: Kosten Kriegsbergtunnel Variante 2, Stand 2021

3.2.2.2 Hasenbergertunnel

Der Hasenbergertunnel wird auf Basis der Begutachtung aus dem Jahr 2015 noch bis ins Jahr 2033 in der Zustandskategorie 3 gesehen, eine Erneuerung ist demnach nicht unmittelbar erforderlich. Eine Aussage über einen möglichen Erneuerungsbedarf zwischen den Jahren 2033 und 2040 ist mit den vorliegenden Begutachtungen nicht möglich. Da eine Erneuerung des Tunnelbauwerks erhebliche Investitionskosten zur Folge hätte, werden diese Kosten im Folgenden für einen Gesamtüberblick dennoch grob abgeschätzt. Aufgrund des unklaren Erneuerungszeitpunkts gehen diese Kosten nicht in die Gesamtkostenaufstellung ein.

Bei einer umfassenden Erneuerung des Tunnels sind, unter Berücksichtigung der Verhältnismäßigkeit, die Anforderungen heutiger Regelwerke und Vorschriften zu erfüllen. Hieraus ergeben sich bei einem Tunnelbauwerk mit einer Länge zwischen 250 m und 500 m folgende, im Bestand nicht vorhandene Ausstattungselemente:

- Einseitiger Rettungsweg mit einer Breite von $\geq 0,80$ m
- Ggfs. Tunnelsicherheitsbeleuchtung - abhängig von der Sichtbarkeit der Portale vom Rettungsweg aus, bei Bogenlage des Bauwerks relevant
- Kabelverlegung in brand- und unfallgeschützter Kabeltrasse
- Lichtraumprofil GC
- Gleisachsabstand von 4,0 m

Für die Erneuerung des Tunnelbauwerks kommen mehrere Verfahren in Frage, die im Zuge einer Variantenuntersuchung anhand ihrer Wirtschaftlichkeit, der technischen Machbarkeit und den Anforderungen und Randbedingungen, die an die Bauzustände sowie das fertige Bauwerk gestellt werden, zu beurteilen sind. Im Rahmen dieses Berichts wird nur eine erste Grobabschätzung vorgenommen, und auf dieser Basis eine Empfehlung ausgesprochen, die im Rahmen einer Vorplanung erneut zu untersuchen ist. Insbesondere Erkenntnisse aus der Vermessung des Bestandstunnels sowie geologischen Untersuchungen, Fortschritte in der Bauverfahrenstechnik der Tunnelerneuerung sowie Änderungen im Regelwerk bezüglich der Anforderungen an erneuerte Bestandstunnel können zu einem anderen Bewertungsergebnis führen.

Varianten zur Erneuerung des Hasenbergtunnels sind:

1. Eingleisige Erneuerung
 - a. Unter Vollsperrung
 - b. *(Mit Tunnel-im-Tunnel-Methode)*
2. Zweigleisige Erneuerung
 - a. *(Unter Vollsperrung)*
 - b. Mit Tunnel-im-Tunnel-Methode

Variante 1: Eingleisige Erneuerung

Eine eingleisige Erneuerung geht mit einer Kapazitätsminderung einher. Da mit der Neuordnung des Bahnknotens Stuttgart ursprünglich eine Stilllegung der Strecke 4860 angedacht war, wird davon ausgegangen, dass zukünftige Verkehre auch mit eingleisigen Streckenabschnitten abzuwickeln sind. Diese Annahme, ist nach Erstellung des zukünftigen Betriebsprogramms für die Strecke zu überprüfen.

Bei der eingleisigen Erneuerung wird das Bestandsbauwerk weitestgehend im Berg belassen. Im Sohl- und Widerlagerbereich sowie stellenweise im Bereich des Gewölbes werden Anpassungen vorgenommen, um Raum für die neue, in Ortbetonbauweise hergestellte Innenschale zu schaffen. Rückbau und Entsorgung des Bestandsbauwerks werden weitestgehend reduziert, ein Aufweitungsvortrieb mit Sprengungen kann entfallen.

Erste Erfahrungen bei der Erneuerung und Aufweitung eines elektrifizierten Tunnels konnten im Projekt „Petersbergtunnel“ gesammelt werden. Das Betriebsgleis, zugehörige Rettungswege und Oberleitungsanlagen wurden hierbei in einer Schutz einhausung geführt, neben der seitlich ca. 1,5 m Raum zur bestehenden Innenschale blieben. Für die eingleisige Erneuerung ist die Tunnel-im-Tunnel-Methode daher hier nur bedingt geeignet. Aufgrund der erwarteten Platzverhältnisse werden die nötigen Arbeitsräume und Sicherheitsabstände während der Bauausführung nur schwer einhaltbar sein, sowie die Baulogistik stark erschwert, wenn nicht gar unmöglich gemacht. Diese Variante wird hier somit nicht weiterverfolgt.



Für die eingleisige Erneuerung unter Vollsperrung kann sich der Bauablauf wie folgt gestalten:

- Einrichtung BE-Flächen, Beräumung Baufeld etc.: ca. 2 Wochen
- Rückbau bestehender Gleisanlagen bis zum Planum: ca. 2 Wochen
- Sohlprofilierung, Sicherung und Anpassung Bestandsgewölbe: ca. 1 Monate. Erfordernis ergibt sich aus Planung.
- Herstellung Innenschale: ca. 30 Blöcke bei 2 Tage/Block: 60 Tage = 2 Monate
- Herstellung Innenausstattung (ggfs. TSB, OLA): ca. 1 Woche
- Herstellung Oberbau Endzustand: ca. 3 Wochen

Gesamtbauzeit ca. 0,5 Jahre.

Position	Einheitspreis [T€]	Menge	Einheit	Summe [T€]
Herstellung neue Tunnelröhre	8	260	m	2.080
Ertüchtigung Portale	100	2	Stk.	200
Tunnelsicherheitsbeleuchtung	100	1	Psch.	100
<u>Zwischensumme 1</u>				<u>2.380</u>
Baustelleneinrichtung davon 10 %				238
<u>Zwischensumme 2</u>				<u>2.618</u>
Planungskosten davon 25 %				655
<u>Summe</u>				<u>3.273</u>

Tabelle 18: Kosten Hasenbergstunnel Variante 1, Stand 2021

Risiken bestehen hier insbesondere im Bestandsbauwerk. Im Rahmen einer Vorplanung sind daher umfangreiche Untersuchungen des Bestandsbauwerks (Bausubstanz, Laserscan-Vermessung) und der geologischen Randbedingungen durchzuführen, um den Umfang der zur Herstellung der neuen Innenschale erforderlichen Eingriffe in das Bestandsgewölbe abschätzen und bewerten zu können.

Sollte ein vollständiger Rückbau des Bestandsgewölbes, verbunden mit der Sicherung des Gebirges mit einer Außenschale, erforderlich sein, ist dies mit erheblichen Bauzeitverlängerungen (ca. 4 Monate länger) und Kostensteigerungen (um ca. 100 %) verbunden.

Aufgrund der innerstädtischen Lage ist davon auszugehen, dass lärmintensive Arbeiten nur tagsüber ausgeführt werden können. Dies betrifft insbesondere die Rückbau- und Sicherungsarbeiten zu Beginn der Baumaßnahme, also einen Zeitraum von ca. 2 Monaten.

Variante 2: Zweigleisige Erneuerung

Bei einer zweigleisigen Erneuerung des Tunnelbauwerks bleibt die Streckenkapazität erhalten.

Die im Laufe der Jahrzehnte gestiegenen, oben beschriebenen Anforderungen an Eisenbahntunnel haben eine Vergrößerung des Querschnitts zur Folge. Dies führt bei einer zweigleisigen Erneuerung zu einem vollständigen Rückbau des bestehenden Bauwerks, einer radialen Aufweitung des vorhandenen Hohlraums im Sprengvortrieb mit entsprechender Vortriebssicherung und blockweisem Einbau einer Ort beton-Innenschale. Dieser massive Eingriff bedeutet gegenüber der eingleisigen Erneuerung eine wesentlich verlängerte Bauzeit, weswegen eine Erneuerung unter Vollsperrung hier nicht mehr zu empfehlen ist. Gleichzeitig lässt der aufgeweitete Querschnitt den Einsatz der Tunnel-im-Tunnel-Methode mit eingleisigem Betrieb unter Oberleitung im Bauzustand zu. Demnach wird für die zweigleisige Erneuerung diese Variante hier weiter ausgeführt.

Bei der Erneuerung mittels Tunnel-im-Tunnel-Methode werden die zwei bestehenden Gleise zurückgebaut, stattdessen wird ein bauzeitliches Gleis in der Tunnelachse verlegt. Links und rechts neben dem Gleis werden bauzeitliche Hilfsfundamente angeordnet, die eine Schutzeinhausung zur Sicherung des Bahnbetriebs und Schienen für das Tunnelaufweitungportal tragen. In der Schutzeinhausung wird eine bauzeitliche Oberleitung, aus Platz- und Sicherheitsgründen als Stromschiene, montiert.

Die Aufweitung des Tunnels geschieht im Schutze des Tunnelaufweitungsportals, das sämtliche Geräte für den Rückbau des Bestandstunnels, die Aufweitung des Gebirghohlraums und die bauzeitliche Sicherung aufweist. Der Abtransport der Ausbruchmassen und die Versorgung mit Sicherungsmitteln und Spritzbeton kann mit kleinen Radfahrzeugen links und rechts des in Betrieb befindlichen Gleises erfolgen. Die Herstellung der Innenschale erfolgt mit einem Portalschalenwagen, welcher keine Einschränkung für den Bahnbetrieb darstellt.

Für die zweigleisige Erneuerung mittels Tunnel-im-Tunnel-Methode kann sich der Bauablauf wie folgt gestalten:

- 2 Monate Vollsperrung
 - Einrichtung BE-Flächen, Beräumung Baufeld etc.: ca. 2 Wochen
 - Rückbau bestehende Gleisanlagen bis zum Planum: ca. 2 Wochen
 - Sohlprofilierung, Herstellung Hilfsfundamente: ca. 1 Woche
 - Einbau Baugleis inkl. Weichen: ca. 2 Wochen
 - Einbau Schutzeinhausung + Oberleitung: ca. 1 Woche
- 9 Monate eingleisiger Betrieb
 - Aufweitungsvortrieb: ca. 5 Monate inkl. Portalbereiche
 - Herstellung Rohbau: ca. 4 Monate inkl. Portale
 - Herstellung Innenausstattung (ggfs. TSB, OLA): ca. 1 Woche
- 1,5 Monate Vollsperrung
 - Rückbau Schutzeinhausung, Baugleis, Hilfsfundamente: 2 Wochen

- Herstellung Oberbau Endzustand: ca. 3 Wochen

Damit ergibt sich eine Gesamtbauzeit von ca. 1 Jahr.

Position	Einheitspreis [T€]	Menge	Einheit	Summe [T€]
Aufweitungsvortrieb und Ausbruchssicherung inkl. Rückbau und Entsorgung	15	260	m	3.900
Mehraufwand TiT-Methode	1.500	1	Psch	1.500
Rohbau Innenschale	16	260	m	4.160
Rohbau Portalbauwerke	500	2	Stk.	1.000
Tunnelsicherheitsbeleuchtung	100	1	Psch.	100
<u>Zwischensumme 1</u>				<u>10.660</u>
Baustelleneinrichtung davon 10 %				1.066
<u>Zwischensumme 2</u>				<u>11.726</u>
Planungskosten davon 25 %				2.932
<u>Summe</u>				<u>14.658</u>

Tabelle 19: Kosten Hasenbergstunnel Variante 2, Stand 2021

3.2.2.3 Eisenbahnüberführungen

Im Abschnitt 1 sind von den 17 Eisenbahnüberführungen insgesamt sieben Stück im Betrachtungszeitraum bis zum Jahr 2040 zu erneuern.

Bei einer EÜ wird bis zum Jahr 2023 eine Zustandskategorie „4“ prognostiziert, bei der eine wirtschaftliche Instandhaltung nicht mehr möglich ist. Die aktuelle Nachrechnung dieser EÜ hat allerdings ergeben, dass für diese EÜ die Restnutzungsdauer erst im Jahr 2032 endet. Bei drei EÜs wird eine Restnutzungsdauer bis zum Jahr 2033 bzw. 2035 berechnet, auch wenn diesen eine Zustandskategorie von nur „3“ prognostiziert wird. Auch diese sind zu erneuern.

Bei der Ermittlung der Investitionskosten wird bei zu geringen Brückenbreiten mit zu geringen Geländerabständen eine relative Vergrößerung der Brückenfläche berücksichtigt.



EÜ km	Baujahr⁶	Zustand 2017	Zustand 2023	Zustand 2035	Rest-nutzung	Invest [T€]
3,964	1913	3	4	4	2032	1.526
4,267	1928	2	3	3	2035	1.745
5,312	1927	3	3	4	2035	1.593
5,700	1928	3	3	3	2035	2.095
7,539	unbekannt	3	3	4		1.555
11,147	1907	3	3	4		1.699
12,542	1908	3	3	3	2033	1.431
Summe						11.644

Tabelle 20: Investitionen in Eisenbahnüberführungen bis 2040

Es ergibt sich in Summe eine Investitionssumme von 11.644 T€ für die Erneuerung der Eisenbahnüberführungen.

Im Abschnitt 2 sind aufgrund des guten Zustands der Brücken keine Investitionen erforderlich.

Weitere Angaben sind der Anlage 5 zu entnehmen.

3.2.2.4 Straßenüberführungen

Im Abschnitt 1 sind die vier Straßenüberführungen, die sich in der Unterhaltslast der DB Netz AG befinden, bis deutlich vor dem Jahr 2040 zu erneuern. Drei dieser SÜs wird bereits im Jahr 2023 eine Zustandskategorie „4“ prognostiziert, bei der eine wirtschaftliche Instandhaltung nicht mehr möglich ist. Die Erneuerung für diese drei SÜs wird für das Jahr 2025 vorgeschlagen.

SÜ km	Baujahr⁷	Zustand 2017	Zustand 2023	Zustand 2035	Invest [T€]
9,484	1908	3	4	4	304
9,701		3	3	4	1.186
10,254	1878	4	4	4	520
11,570		3	4	4	847
Summe					2.857

Tabelle 21: Investitionen in Straßenüberführungen bis 2040

Es ergibt sich insgesamt eine Investitionssumme von 2.857 T€ für die Erneuerung der Straßenüberführungen.

Im Abschnitt 2 befinden sich keine Straßenbrücken in der Unterhaltslast der DB Netz AG. Damit fallen keine Investitionen an.

Weitere Angaben sind der Anlage 5 zu entnehmen.

⁶ Baujahr bzw. letzte für die Lebensdauer wesentliche Änderung (z.B. Erneuerung Überbau)

⁷ Baujahr bzw. letzte für die Lebensdauer wesentliche Änderung (z.B. Erneuerung Überbau)

3.2.2.5 Abwasserkanal

Der Abwasserkanal bei km 11,740 befindet sich im Eigentum und in der Unterhaltslast Dritter und wird nicht weiter betrachtet.

3.2.2.6 Durchlässe

DL km	BW-Klasse	Zustand 2015	Zustand 2021	Zustand 2033	Invest [T€]
10,335	3	2	2	3	230
11,423	3	2	2	3	462
Summe					692

Tabelle 22: Investitionen in Durchlässe bis 2040

Im Abschnitt 1 werden die Durchlässe mit prognostizierter Zustandskategorie „3“ und Bauwerksklasse „3“ aufgrund der schwierigen Möglichkeit der genauen Inspektion auch zur Erneuerung vorgesehen.

Weitere Angaben sind der Anlage 6 zu entnehmen.

3.2.2.7 Stützbauwerke

Aufgrund des allgemeinen guten baulichen Zustands der 13 Stützbauwerke sind bis zum Jahr 2040 keine wesentlichen Investitionen erforderlich.

Ggf. ist aufgrund der Anforderungen anderer Gewerke eine Erneuerung notwendig, z.B. wenn der Abstand zum Gleis zur Herstellung eines Rettungsweges o.ä. nicht vorhanden ist.

3.3 Oberleitung

3.3.1 Prämissen Oberleitung

Alter der Bestandsanlage

Eine Oberleitungsanlage gilt in der Regel nach 70 bis 80 Jahren als technisch verschlissen. Mit erhöhtem Instandhaltungsaufwand kann die Standzeit noch um weitere 10 bis 20 Jahre verlängert werden.

Da die Oberleitungsanlage der Panoramabahn im Jahr 1963 errichtet wurde, kann mit einer Restnutzungsdauer von geschätzten 20 bis 30 Jahren gerechnet werden. Nach dieser Standzeit wird ein Ersatzneubau fällig, da die Betriebssicherheit nicht mehr gewährleistet werden kann. Ein Ersatzneubau der Oberleitungsanlage wird daher erst nach dem in vorliegendem Projekt zu betrachtendem Zeitraum fällig.

Vorhandenes- bzw. bei Ersatzneubau anzuwendendes Lichtraumprofil

Bei Errichtung der Oberleitungsanlage im Jahr 1963 wurde das zu dieser Zeit übliche EBO - G2-Profil (dynamisch), siehe Abbildung 5, angewendet. Gemäß aktuell gültigen

Regelwerksvorgaben der DB Netz AG ist bei Neubauten bzw. bei umfangreichen Umbauten das deutlich größere GC-Profil anzustreben.

Die Entscheidung, welches Lichtraumprofil bei einem Ersatzneubau der Oberleitungsanlage insbesondere in den beiden Tunnelbauwerken festgelegt wird, muss letztendlich der Betreiber treffen.

Wie in Abbildung 5 zu sehen, ragt bereits im Bestand an vielen Stellen das G2-Lichtraumprofil bzw. das zugehörige Lichtraumprofil des Stromabnehmers in die Tunnelwand hinein.

Bei einem Ersatzneubau müssen zumindest an diesen Engstellen die Tunnelwände entsprechend aufgeweitet werden. Um den hierzu tatsächlich notwendigen Aufwand abschätzen zu können, wird für die beiden Tunnel eine Bestandsaufnahme mittels Laserscanner empfohlen.

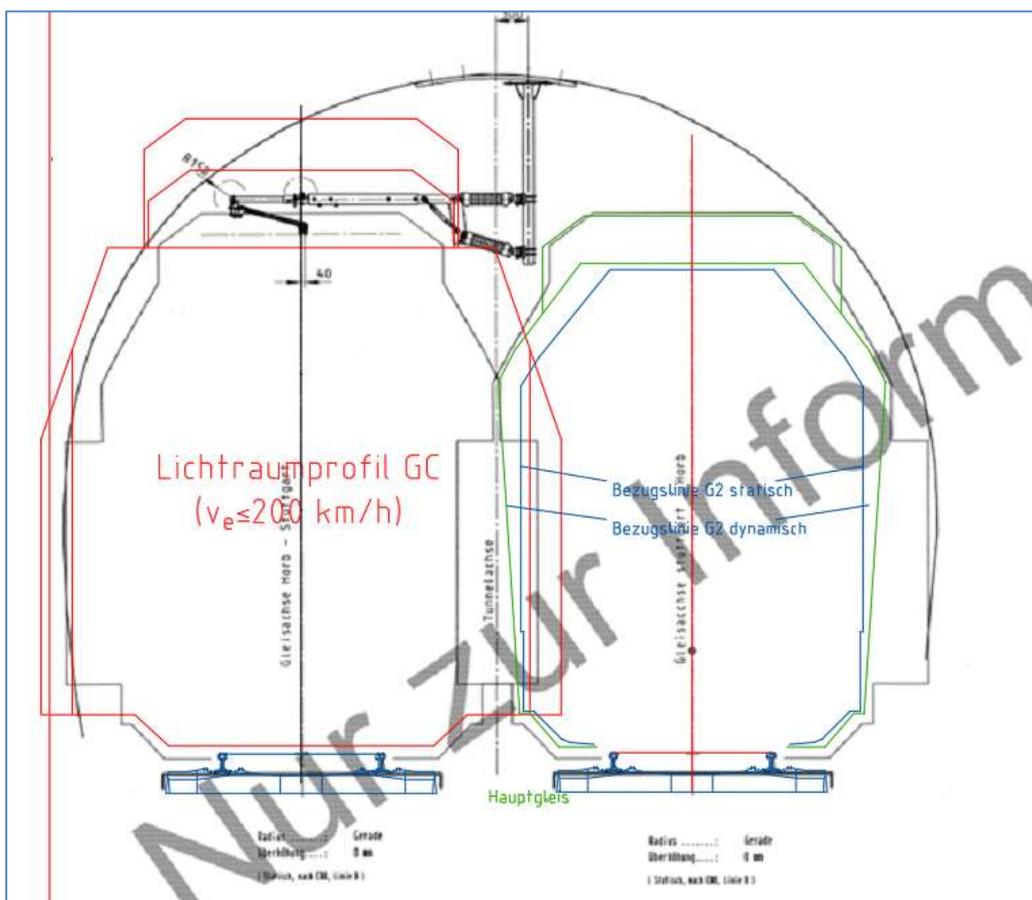


Abbildung 5: Vorhandenes G2-Profil (dynamisch) und heute übliches GC-Profil

Nachzuweisende Mindestfahrdrathöhe

Für die im Bereich der DB Netz AG errichteten Oberleitungsanlagen wurde früher eine Mindestfahrdrathöhe von 4,95 m nach EBO gefordert, die in den Absenkungsbereichen



der Oberleitungskettenwerke (Tunnel oder Straßenüberführungen) unter den ungünstigsten Verhältnissen nachzuweisen war. Grundlage für diese Festlegung war das zu dieser Zeit verwendete G2-Profil nach EBO. Nach aktuell gültigem Regelwerk der DB Netz AG wird für Neubauten bzw. umfangreiche Umbauten eine Mindestfahrdrachthöhe von 5,05 m bezogen auf das GC-Profil gefordert. Auf Strecken für funktional getrennte Netze (z.B. S-Bahn-Strecken) ist für die Ermittlung der Mindestfahrdrachthöhe in der Geraden und im Bogen mit Radien $r \geq 250$ m das S-Bahn-Lichtraumprofil mit Regellichtraum für Strecken mit Oberleitung nach Ril 0800.130A01 Abs 1(2) anzuwenden.

Durch die Festlegung des Betreibers, welche Verkehre künftig auf einer Strecke stattfinden sollen, wird somit das herzustellende Lichtraumprofil und hierdurch wiederum die nachzuweisende Mindestfahrdrachthöhe festgelegt. Insbesondere in den Tunnelbereichen kann es je nach Festlegung zu immensen Kostensteigerungen kommen, da ggf. die Bestandstunnel mit großem Aufwand aufgeweitet werden müssen bzw. die Tunnelsohle abgesenkt werden muss.

Einbau einer Oberleitungsspannungsprüfeinrichtung OLSP

Die Oberleitungsanlagen von Eisenbahntunneln, einschließlich in den Voreinschnitten und den zugehörigen Rettungsplätzen, sind für Rettungseinsätze so zu gestalten, dass nach Ausschaltung bei sämtlichen Oberleitungen und Bahnenergieleitungen die Prüfung der Spannungsfreiheit und die Bahnerdung automatisch durchgeführt werden kann. Diese Einrichtung zur automatischen Prüfung der Spannungsfreiheit und Bahnerdung wird als Oberleitungsspannungsprüfeinrichtung (OLSP) bezeichnet. Sie ist nach aktuellem Stand bei Tunneln ab einer vorgegebenen Länge von 500 m erforderlich⁸.

Die bei einem Ersatzneubau der Oberleitungsanlage (nach dem Jahr 2040) bzw. bei vorgezogener Herstellung der Eingleisigkeit (Variante 1 im folgenden Kapitel) im Bereich der beiden Tunnel tatsächlich umzusetzenden Vorgaben sind zu gegebener Zeit, gemäß der zu diesem Zeitpunkt gültigen Vorschriften, zwischen Betreiber, Notfallmanager, der zuständigen Feuerwehr, der örtlich zuständigen Gefahrenabwehrbehörde (in der Regel Landratsämter/ Stadtverwaltung) und ggf. dem EBA abzustimmen.

3.3.2 Investitionen Oberleitung

Wie unter Kapitel 3.3.1 beschrieben muss für die langfristige Nutzung der Panoramabahn die Oberleitungsanlage in ca. 20 bis 30 Jahren, also zwischen den Jahren 2040 und 2050, erneuert werden.

Die Kosten für diesen Ersatzneubau können anhand des Kostenermittlungsbuches KEB (Ril 808.0210) bzw. des Kostenkennwertekataloges KKK (Ril 808.0210 A02) ermittelt werden.

⁸ Richtlinie zu Anforderungen des Brand- und Katastrophenschutzes an den Bau und Betrieb von Eisenbahntunneln des Eisenbahn-Bundesamtes

Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn



Gemäß des Kostenkennwertekataloges werden sogenannte Ausprägungsfaktoren festgelegt, wodurch vermutlich auftretende Kostensteigerungen durch baubetriebliche Einflüsse, Materialzufuhr usw. berücksichtigt werden können.

Auf die, für den betrachteten Streckenabschnitt, nach der aktuellen Fassung des KKK ermittelten Kosten müssen zusätzlich noch die in den kommenden Jahren auftretenden jährlichen Preissteigerungen berücksichtigt werden.

Die im Kostenkennwertekatalog enthaltenen Kostenwerte mit Stand 2016 wurden mit einer jährlichen Dynamisierung von 3 % für das Jahr 2021 hochgerechnet. In Abbildung 7 ist der mit den für das Jahr 2021 hochgerechneten Kostenansätzen ermittelte Investitionsbedarf sowie der Investitionsbedarf in 25 Jahren unter Berücksichtigung einer jährlichen Dynamisierung von 3 % dargestellt.

Die Investitionskosten wurden unter Festlegung der in Abbildung 6 zu sehenden Ausprägungsfaktoren berechnet.

		grobe Zuordnung der Baubereiche										
		Umbau Bf. / Weichen / Absenkung		Tunnel		Rückbau						
Ausprägung		Ausprägung 1		Ausprägung 2		Ausprägung 3		Ausprägung 4		Ausprägung 5		
Ausprägungsart	Ausprägungsklasse	Faktor nach KKK	Faktor eintragen, eventuell interpolieren		Faktor eintragen, eventuell interpolieren							
Die Faktoren der Ausprägungsart 4201, 4202 und 4203 werden multipliziert .												
4201 OLA baubetriebliche	1 8 h Sperrpause / Schicht	1,00										
	2 ca. 6 h Sperrpause / Schicht	1,16	1,25		1,25		1,00					
	3 ca. 4 h Sperrpause / Schicht	1,40										
4202 OLA	1 am Tag von Mo. Bis Fr.	1,00	1,30	1,8	1,30	1,804	1,20	1,20		0,00	0,00	
	2 in der Nacht oder am Wochenende	1,50										
4203 OLA Materialzufuhr	1 über Gelände	1,00										
	2 über Gleis	1,11	1,11		1,11		1,00					
Die Ausprägungsart 4204 sind Zuschläge, sie sind zu addieren .												
4204 OLA bauliche Zuschläge	Berücksichtigung von n Bauphasen (n* Faktor)	0,30	0,30				0,30					
	Rückbau Bestand	0,20		0,30		0,10	0,20	0,50		0,00	0,00	
	Eurowippe bis Re 200	0,30										
	Tunnel / Kettenwerk	0,10			0,10							
	S-Bahn Kettenwerk offene Strecke	0,30										
				2,1		1,904		1,70		0,00	0,00	
			Ausprägung 1		Ausprägung 2		Ausprägung 3		Ausprägung 4		Ausprägung 5	

Abbildung 6: Ausprägungsfaktoren Kostenschätzung Ersatzneubau OLA

Ermittlung des Investitions- und Instandhaltungsbedarfes zum (Weiter-) Betrieb der Panoramabahn



Ermittlung der anrechenbaren Kosten											
Projekt: Erneuerung Oberleitung Panoramabahn, Strecke 4860 km 3,4 bis km 13,6											
1.	Die aktuellen Kostenwerte nach KKK der Spalte 5 sind dem Arbeitsblatt "Investitionskosten Tabell" zu entnehmen. (Blattschutz aufheben)										
2.	In Spalte 2, Beschreibung, sind die mit etwa gleichen Baubedingungen umzubauenden Anlagenteile / -bereiche zu erfassen und die ca.-Mengen in Spalte 4 einzutragen.					Stand der Kostenwerte nach KKK:		01.05.2016			
3.	Ausprägung: zu Spalte 7 und 8: Im Arbeitsblatt "Ausprägung" die Ausprägungen bewerten und den Arbeiten mit gleichen Baubedingungen in Spalte 7 zuordnen.					neue Kostenwerte aus KKK nur im Blatt "Investitionskosten nach KKK" ändern					
4.	In Spalte 7 die Nummer der Ausprägung aus Arbeitsblatt "Ausprägung" eintragen.										
5.	4 29 6 0 0, Recycling, nur bei größeren Mengen zu berücksichtigen										
Nur in diesen Feldern sind Einträge möglich, sonst Blattschutz aufheben											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Kosten-gliederung nach KKK	Beschreibung	Einheit	Menge	Kostenwert nach KKK Stand 2016	Kostenwert nach KKK für 2021 inkl. Dynamisierung von 3%/a	Kosten ohne Ausprägung €	Ausprägung nach 1, 2, 3,	Ausprägung / Durchschnittlich	anrechenbare Kosten €		
									anrechenbare Kosten	12.284.490,45	
									Baunebenkosten % von Baukosten	5%	614.224,52
									sonstige Nebenkosten % von Baukosten	3%	368.534,71
									Ausrüstungsreserve % von Baukosten	10%	1.278.449,05
									Gesamtsumme Ersatzneubau 2021	14.495.698,73	
Eingabe: Annahme jährliche Kostensteigerung 3,0 %											
Eingabe: Annahme Ersatzneubau in 25,0 Jahren											
$\text{Kosten neu} = \text{Kosten} \left(1 + \frac{p}{100}\right)^n$											
p = Kostensteigerung pro Jahr in %											
n = Anzahl Jahre											
									Gesamtsumme in 25 Jahren bei jährlicher Kostensteigerung von 3,0 %		
									Gesamtsumme 2046	30.350.774,08	

Abbildung 7: Ersatzneubaukosten in 25 Jahren, inkl. 3 % jährlicher Dynamisierung

Vorbemerkung Variantenbetrachtung

Wie bereits ausgeführt, ist ein Ersatzneubau der Oberleitungsanlage erst im Zeitraum zwischen den Jahren 2040 und 2050 notwendig. Die planmäßige Erneuerung der beiden Tunnelbauwerke ist ebenfalls erst frühestens im Jahr 2040 notwendig. Die Notwendigkeit einer Variantenbetrachtung von eingleisigen-/ zweigleisigen Streckenabschnitten im Bereich der beiden Tunnelbauwerke kommt daher aus Sicht der Oberleitung ebenfalls erst nach dem Jahr 2040 zum Tragen.

Die Erneuerung des Oberbaus sowie der Leit- und Sicherungstechnik im kompletten Betrachtungsbereich ist bereits im Jahr 2025 notwendig. Aus diesem Grund wird durch die im Folgenden aufgeführten Varianten untersucht, ob die Herstellung der eingleisigen Streckenabschnitte bereits im Rahmen der Erneuerung Oberbau/ LST vorteilhaft ist.

Variante 1: eingleisige Streckenabschnitte im Tunnelbereich

Bei einem Umbau von einem zweigleisigen auf einen eingleisigen Streckenabschnitt handelt es sich um eine wesentliche Änderung der Bahnanlage, weshalb auch der Bestandsschutz der Oberleitungsanlage in beiden Tunnelabschnitten aufgehoben wird. Durch die mittige Anordnung des neuen Gleises in der Tunnelmitte werden die engen Platzverhältnisse im Vergleich zur Anordnung von zwei Gleisen wesentlich entspannt. Die Vorgaben des aktuell gültigen Regelwerkes zur Unterbringung eines einzelnen Kettenwerkes können hierdurch eingehalten werden. Durch den Verlust des Bestandsschutzes wird allerdings der Einbau einer OLSP im Kriegsbergtunnel erforderlich (siehe Kapitel 3.3.1). Anteilige Kosten in den Gewerken Tk und 50 Hz für eine OLSP sind hier noch nicht berücksichtigt.

Der auf das Jahr 2025 vorgezogene Umbau der Oberleitungsanlage von einer zwei- auf eine eingleisige Strecke im Bereich der beiden Tunnelbauwerke beinhaltet folgende Positionen sowie Kosten gemäß Kostenkennwertekatalog KKK (Stand 2016):

OLA - Herstellung Eingleisigkeit Kriegsbergtunnel (Länge 580 m):

Maßnahme	Menge	Einheit	Ausprägung	Preis [T€]/ Einheit	Kosten [T€]
Rückbau Kettenwerk	2	km	0,2	225	90
Neubau von Kettenwerk incl. 10% Tunnel	1	km	1+0,1 = 1,1	225	247,5
Neubau Weichenkettenwerken	2	Stück	1	50	100
OLSP	1	psch.	1	350	350
Summe					787,5

Tabelle 23: Kosten OLA Kriegsbergtunnel Variante 1

OLA - Herstellung Eingleisigkeit Hasenbergstunnel (Länge 256 m):

Maßnahme	Menge	Einheit	Ausprägung	Preis [T€]/ Einheit	Kosten [T€]
Rückbau Kettenwerk	1,5	km	0,2	225	67,5
Neubau von Kettenwerk incl. Tunnelstützpunkte	0,75	km	1+0,1 = 1,1	225	185,6
Neubau Weichenkettenwerken	2	Stück	1	50	100
OLSP	0	psch.	1	350	0
Summe					353,1

Tabelle 24: Kosten OLA Hasenbergstunnel Variante 1

In Summe kostet die Herstellung der eingleisigen Oberleitungsabschnitte auf Grundlage der Kostenansätze des KKK (Stand 2016) ca. 1.141 T€.



Zuzüglich 20 % Planungskosten und jährlicher Dynamisierung von 3 % würde die Herstellung der Eingleisigkeit im Jahr 2025 somit ca. 1.771 T€ (davon ca. 342 T€ Planungskosten im Jahr 2023/2024) inkl. aller Nebenkosten kosten. Für die Aufteilung in Jahresscheiben wurden die Planungskosten in Scheiben (50 % - 50 %) aufgegliedert. Im Jahr der Inbetriebnahme sind alle Baukosten angenommen, die Planungen sind finanztechnisch zwei Jahre früher abgebildet. Die Standardterminpläne der DB Netz sehen einen deutlich längeren Planungsvorlauf vor.

Bei einer späteren Herstellung der Eingleisigkeit in den Tunnelbereichen, im Zuge des Ersatzneubaus der OLA, werden die in Abbildung 7 ermittelten OLA-Kosten nur unwesentlich beeinflusst. Im Falle eines Ersatzneubaus werden alle Anlagenteile der Oberleitung neu geplant/ neu errichtet und die Herstellung von zwei eingleisigen Abschnitten würde hierbei nur unwesentlich ins Gewicht fallen.

Variante 2: zweigleisige Streckenabschnitte im Tunnelbereich

Im Rahmen der planmäßigen Erneuerung des Oberbaus sowie der Leit- und Sicherungstechnik im Jahr 2025 ist bei Beibehaltung der Zweigleisigkeit in den Tunnelbereichen keine Anpassung der Oberleitung in den beiden Tunnelbauwerken erforderlich. Daher bleibt bei dieser Variante der Bestandsschutz der Oberleitungsanlage erhalten und es werden keine weiteren Maßnahmen (z.B. OLSP) notwendig.

Bei dieser Variante ist es jedoch notwendig zwei Überleitstellen in Stuttgart West und Dachswald neu zu errichten bzw. entsprechend geänderter Trassierung umzubauen. Folgende Positionen sowie Kosten gemäß Kostenkennwertekatalog KKK (Stand 2016) kommen hierbei zum Tragen:

OLA - Herstellung Überleitstellen Dachswald sowie Stuttgart West:

Maßnahme	Menge	Einheit	Ausprägung	Preis [T€]/ Einheit	Kosten [T€]
Neubau von Kettenwerk	2	km	1	225	450
Neubau Weichenkettenwerken	4	Stück	1	50	200
OLSP	0	psch.	1	350	0
Summe					650

Tabelle 25: Kosten OLA Variante 2

In Summe kostet die Herstellung/Anpassung der beiden Überleitstellen auf Grundlage der Kostenansätze des KKK (Stand 2016) ca. 650 T€.



Zuzüglich 20 % Planungskosten und jährlicher Dynamisierung von 3 % würde die Herstellung der Überleitstellen im Jahr 2025 somit ca. 1.200 € inkl. aller Nebenkosten kosten. Für die Aufteilung in Jahresscheiben wurden die Planungskosten in Scheiben (50 % - 50 %) aufgegliedert. Im Jahr der Inbetriebnahme sind alle Baukosten angenommen, die Planungen sind finanztechnisch zwei Jahre früher abgebildet. Die Standardterminpläne der DB Netz sehen einen deutlich längeren Planungsvorlauf vor.

Bei der späteren Herstellung der Eingleisigkeit in den Tunnelbereichen, im Zuge des Ersatzneubaus der OLA, werden die in Abbildung 7 ermittelten OLA-Kosten nur unwesentlich beeinflusst. Im Falle eines Ersatzneubaus werden alle Anlagenteile der Oberleitung neu geplant/ neu errichtet und die Herstellung von zwei eingleisigen Abschnitten sowie zweier Überleitstellen fällt hierbei nur unwesentlich ins Gewicht.

Auslegung der Oberleitungsanlage bei einem Ersatzneubau



OL-Parameter Strecke 3400	Wert
Fahrleitungsbauart	Re 100
Netzspannung	15 kV
Nennfrequenz	16,7 Hz
Regelfahrdrahthöhe	5,50 m
Max. Geschwindigkeit	< 100 km/h
Windzone / Windgeschwindigkeit	W1 / 26 km/h
Kurzschlussstrom I _k “	größer/gleich 25 kA
Temperaturbereich	- 30°C - 70°C (100 K)
Fahrdraht	Ri 100
Tragseil	Bz 50
Regelsystemhöhe	1,80 m
Seitliche Verschiebung Fahrdraht (Zick/Zack)	+/- 400 mm

Tabelle 26: Oberleitungsparameter Ersatzneubau

Maste und Ausleger:

Der Ersatzneubau erfolgt mittels Stahlmasten (Rahmenflachmasten, Aufsetzwinkelmasten sowie an Engstellen mit einigen Peinermasten).

Die Oberleitungsmaste werden in der Regel entsprechend den Richtlinien der DB in einem Abstand von 3,50 m bis 3,90 m zur Gleismitte errichtet. Entsprechend der örtlichen Gegebenheiten kann dieser Abstand bei durchgehenden Hauptgleisen

(Nebengleise) bis auf 2,50 m (2,20 m) reduziert, bzw. auf bis zu 5,00 m vergrößert werden.

Als Ausleger kommen wartungsarme Rohrschwenkausleger in Aluminiumbauweise zur Ausführung.

Erdung

Die neu geplanten Oberleitungsmaste sind gemäß den Vorgaben der Ril 997.02X, in Abstimmung mit dem Gewerk LST, mit einem bahnungelassenen Schienenanschlussystem an der festgelegten Erdschiene anzuschließen.

Gründungen:

Die Gründungen werden vorzugsweise mittels Rammrohr-/ Bohrrrohr- oder Rammfahlgründung hergestellt.

Die endgültige Festlegung der Gründungsart bzw. die Festlegung der Bohrfahldurchmesser-/ Wandstärke /Rammfahlgröße/- länge an den einzelnen Maststandorten muss im Rahmen der späteren Ausführungsplanung durch weitere Bodenuntersuchungen an jedem einzelnen Maststandort (z.B. Künzeln) erfolgen.

Kettenwerk

Entsprechend den in Abhängigkeit von den Streckengeschwindigkeiten gewählten Regelbauart Re 100 werden die Kettenwerke gemäß der Übersichtszeichnung 4Ebs 01.04.15 geplant.

3.4 Oberbau

3.4.1 Prämissen Oberbau

Die Investition in die Erneuerung des Oberbaus, dazu zählen insbesondere das Schotterbett und der Gleisrost - bestehend aus Schienen, Schwellen sowie Weichen und Kreuzungen -, garantiert einen sicheren Eisenbahnbetrieb. Eine mögliche Stabilisierung des Oberbaus, an ausgewiesenen Stellen, an denen Setzungen oder auch häufiger Schwellenwechsel erforderlich ist, ist ebenso empfehlenswert.

Trassierungsoptimierung:

Die Optimierung der Trassierung im Bereich Stuttgart-West sowie an anderen Stellen der Strecke sollten bei einer weiteren Detailplanung berücksichtigt werden. Eine Verbesserung des Fahrweges ist anzustreben und wirkt sich positiv auf die Abnutzung des Oberbaus und seinen bestehenden Einzelteilen aus.

Schwellen:

Einheitliche Schwellen inklusive Besohlung sind für die spätere Instandhaltung und die Stabilität des Gleises und seiner Lage von Vorteil. Hier wird empfohlen, dies in der Detailplanung zu berücksichtigen.

Weichen:

Es werden die aktuellen Regelwerke der DB Netz AG für die Kostenschätzung beachtet, weshalb mit EW 1200 gerechnet wird. Wenn auch EW 760 oder sogar EW 500 verwendet werden dürfen, können Einsparungen erzielt werden. Die Anpassung der Weichen kann allerdings nur durch die Änderung der derzeitigen zulässigen Höchstgeschwindigkeit (VzG) erfolgen. Dies muss im Streckenentwicklungsplan hinterlegt bzw. durch den künftigen Betreiber vorgegeben werden.

Tunnel:

Die Tunnel stellen ein bautechnisches Nadelöhr dar und werden erst nach dem Betrachtungszeitraum (nach dem Jahr 2040) ertüchtigt. Gemeinsam mit dem Fachplaner Tunnelbau wurde daher vorrausschauend eine sinnvolle und instandhaltungsarme Lösung geplant, welche für beide Tunnel zunächst einen Schotteroberbau in Variante 1 vorsieht.

Es wird empfohlen, dass mit den bautechnischen Maßnahmen der Tunnel ab dem Jahr 2040 eine feste Fahrbahn einzubringen ist. Dies hat mit der Gleisstabilisierung für diese Bereiche zu tun und verhindert das „Wandern“ der Gleise und erlaubt, unter Berücksichtigung der Berechnungen des Lichtraumprofils in Bögen, die Unsicherheit (zu berücksichtigende Toleranzen) zu determinieren. Da die Tunnel nicht mehr in den Betrachtungszeitraum miteinfließen, wird mit dem günstigeren und leichter zu entfernenden Schotteroberbau kalkuliert.

Abbruchkosten (gem. Kostenkennwertekatalog, Version 2016):

Zur Berechnung der Abbruchkosten des Oberbaus und der Weichen, sowie dessen Entsorgung, wurden der Regellichraum nach EBO (Eisenbahn-Bau- und Betriebsordnung) herangezogen. Der Gleisachsabstand beträgt somit 3,50 m und der seitliche Raum wird mit 2 x 2,5 m ab Gleisachse berücksichtigt. Die Schotterbettstärke wird mit 0,5 m angenommen. In den Abbruchkosten sind alle Maßnahmen des Recyclings, der Zwischendeponierung und Entsorgung aller Materialien, die bei der Demontage und dem Ausbau von Bauteilen oder bei Erstellung einer Bauleistung anfallen, abgedeckt. Die Abbruchkosten für die Stelleinheiten von Weichen wurden mit Anpassungen berücksichtigt.

Abbruchmaßnahmen	Kosten
2 x 11,6 km Gleisanlage	696.000,00 €
6 Weichen inkl. Stelleinheiten	149.400,00 €
Recycling, Zwischendeponie und Entsorgung	640.900,00 €
Gesamtkosten der Abbruchmaßnahmen:	1.486.300,00 €
davon Abbruchmaßnahmen Abschnitt 1 - Gleise	1.175.550,00 €
davon Abbruchmaßnahmen Abschnitt 1 - Weichen	149.400,00 €
davon Abbruchmaßnahmen Abschnitt 2 - Gleise	161.350,00 €
davon Abbruchmaßnahmen Abschnitt 2 - Weichen	0 €

Tabelle 27: Abbruchkosten ohne Dynamisierung

Bei der Berücksichtigung einer Preissteigerung von 3 %/ Jahr ab dem Jahr 2016 ist:



- im Jahr 2021 mit 1,70 Mio. €,
- im Jahr 2025 mit 2,00 Mio. €,
- im Jahr 2030 mit 2,25 Mio. € und
- im Jahr 2035 mit 2,60 Mio. €

zu rechnen. Die Kosten können variieren, wenn die Baustelle nicht an einem Stück abgearbeitet wird. Dies ergibt sich aus den zusätzlichen Aufwendungen für:

- die Baustelleneinrichtung,
- die Logistik und
- die Anpassung der Dynamisierung,

welche in den hier berechneten Kosten noch nicht berücksichtigt worden sind.

Erläuterung Vorgehensweise:

Der derzeitige und zukünftige Streckenbedarfsplan ist uns nicht bekannt, daher wird auf die wirtschaftlich vertretbarste Variante verwiesen. Hierbei handelt es sich um die Variante 1. Diese erlaubt minimale Aufwendungen in den Tunneln und die Einsparung von 4 Weichen. Die 4 benötigten Weichen müssen auf der freien Strecke so platziert werden, dass das Erreichen dieser zu jeder Tages- und Nachtzeit möglich ist. Es wird empfohlen, die Weichen auf den geraden Streckenbereichen von und nach dem Tunnel zu legen. Es sollte jetzt schon berücksichtigt werden, dass in Zukunft die Planung einer festen Fahrbahn ermöglicht wird.

Die Investitionen werden im Rahmen dieser Untersuchung für das Jahr 2025 geplant. Um eine abgestimmte Planung mit den anderen Gewerken zu ermöglichen, muss die gemeinschaftliche Planung frühzeitig, spätestens in den Jahren 2023 und 2024, beginnen. Dies ist nicht nur aus Gründen der gewerkeübergreifenden Planung notwendig, auch die betrieblichen Gegebenheiten für die anstehenden Maßnahmen müssen rechtzeitig bekannt gegeben werden.

Variante 1:

Mit der Variante 1 (eingleisiger Tunnel) kann die Gleisachse weiter in die Mitte rücken und die Reprofilierung und die Absenkung der Sole verringert sich bzw. bei genauerer Betrachtung kann sie vielleicht sogar entfallen. Der notwendige Platz für einen Flucht- und Rettungsweg ist auch gegeben.

Wird der Tunnel eingleisig ausgeführt, wird die benötigte Fahrdrachthöhe, durch die Verschiebung der Gleichsachse in Richtung der Tunnelachse, erreicht.

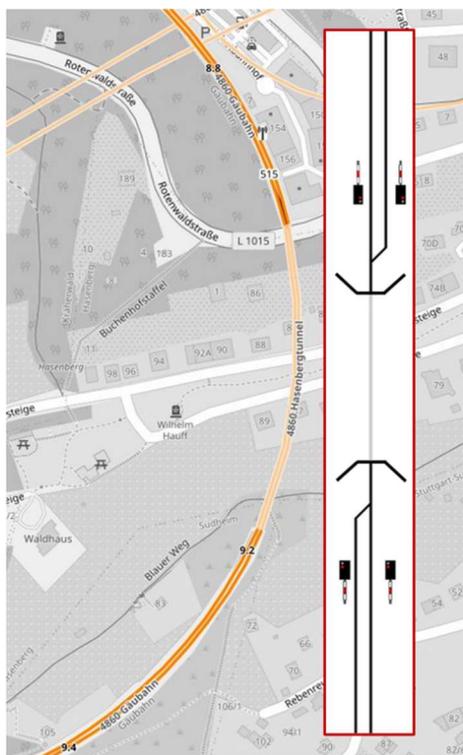


Abbildung 8: Schematische Darstellung des eingleisigen Hasenbergertunnel

Von Vaihingen bis zum Hasenbergertunnel ist die Strecke mit sehr vielen Bögen und teilweise nur kurzen, geraden Bereichen versehen. Um hier die Weiche nicht zu weit vom Tunnel weg zu ziehen, muss geprüft werden, ob diese in den Bereich von km 9,6 gelegt werden kann. Nach dem Hasenbergertunnel, im Bereich Stuttgart West, ist genügend Platz, für die zweite Weiche vorhanden (km 8,6 bis km 8,2).

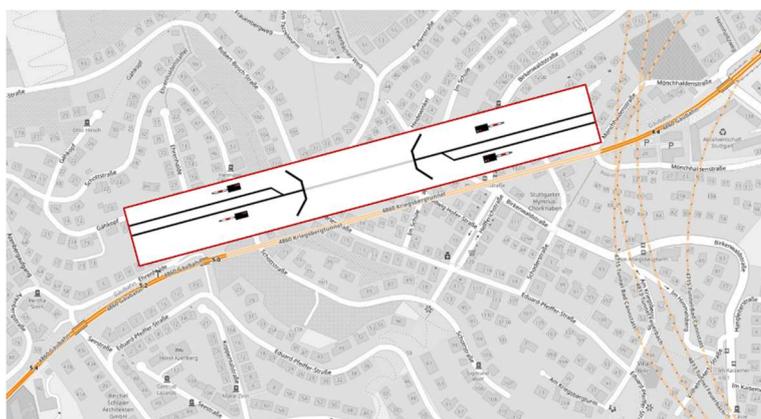


Abbildung 9: Schematische Darstellung des eingleisigen Kriegsbergertunnel

Von Stuttgart West kommend in Richtung Kriegsbergertunnel kann die Weiche vor dem Tunnel in den Bereich zwischen km 5,8 bis km 5,4 gelegt werden - nach dem Tunnel auf den km 4,2.

Variante 2:

Bei der Variante 2 (zweigleisige Tunnel) wird eine Überleitstelle in Stuttgart West, zwischen km 8,1 bis km 8,6 eingefügt. In Stuttgart Dachswald, zwischen km 12,4 bis km 13,1, wird eine weitere, bestehende Überleitstelle berücksichtigt, um der Änderung der Ausrüstungsstrategie für Gleiswechselbetrieb zu genügen. Hier müssen allerdings eine Reprofilierung und eine Solenabsenkungen erfolgen. Anders kann die zweigleisige Variante unter Berücksichtigung von Streifungen und der Gewährleistung der Fahrdrathöhe von 5,05 m nicht garantiert werden.



Abbildung 10: Schematische Darstellung der Überleitstelle Stuttgart Dachswald

In der zweiten Variante wird der derzeitige Stand inklusive Verbesserungen der Trassierung - Weichenneulage in Stuttgart West - berücksichtigt. Dies hat direkte Auswirkungen auf den Bereich zwischen km 8,1 bis km 8,6, da dort der Gleisregelachsabstand erweitert ist. Die Gleise werden neu trassiert und eine Überleitstelle errichtet.

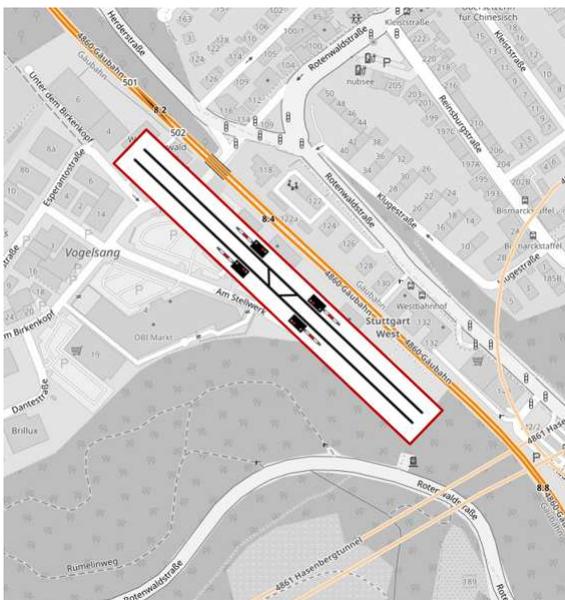


Abbildung 11: Schematische Darstellung der Überleitstelle Stuttgart West



Es wird empfohlen, den Oberbau gemeinsam mit den Umbauarbeiten der Leit- und Sicherungstechnik zu planen.

3.4.2 Investitionen Oberbau

Die gesamten Investitionskosten für die Variante 1 und 2 werden hier zusammenfassend mit den Zahlen aus dem Kostenkennwertekatalog dargestellt:

Variante 1					
Abschnitt 1 von km 3,4 bis km 13,6				Kosten je Einheit	Jahr 2016
	Abbruchkosten	1	psch	1.324.950,00 €	1.324.950,00 €
	Oberbau inkl. Gleis	18.400	m	475,00 €	8.740.000,00 €
	Weichen	4	Stück	173.700,00 €	694.800,00 €
Abschnitt 2 von km 13,6 bis km 15,0					
	Abbruchkosten	1	psch	161.350,00 €	161.350,00 €
	Oberbau inkl. Gleis	2.800	m	475,00 €	1.330.000,00 €
	Weichen	0	Stück	173.700,00 €	- €
Gesamtsumme Abschnitt 1 und Abschnitt 2:					12.251.100,00 €

Tabelle 28: Kosten - Variante 1 - Abschnitt 1 und 2 laut KKK 2016

Die Kosten der Varianten 1 + 2 werden in die Grobkostenschätzungstabellen (Investitionsbedarf) für die Panoramabahn, Strecken-Nr.: 4860, km 3,4 - km 15,0 detailliert und mit den zu erwartenden Planungskosten eingetragen. Bei den Kosten wurde ein Zuschlag von 20 % für Planungsleistungen einkalkuliert. Des Weiteren wurde eine jährliche Kostensteigerung von 3 % für Bau- und Planungsleistungen berücksichtigt. Für die Aufteilung in Jahresscheiben wurden die Planungskosten in Scheiben (50 % - 50 %) aufgegliedert. Im Jahr der Inbetriebnahme sind alle Baukosten angenommen, die Planungen sind finanztechnisch zwei Jahre früher abgebildet. Die Standardterminpläne der DB Netz sehen einen deutlich längeren Planungsvorlauf vor.

Die Kosten der Variante 2 werden hier in einer Zusammenfassung dargestellt:

Variante 2

Abschnitt 1 von km 3,4 bis km 13,6				Kosten je Einheit	Jahr 2016
	Abbruchkosten	1	psch	1.324.950,00 €	1.324.950,00 €
	Oberbau inkl. Gleis	20.400	m	475,00 €	9.690.000,00 €
	Weichen	8	Stück	173.700,00 €	1.389.600,00 €
Abschnitt 2 von km 13,6 bis km 15,0					
	Abbruchkosten	1	psch	161.350,00 €	161.350,00 €
	Oberbau inkl. Gleis	2.800	m	475,00 €	1.330.000,00 €
	Weichen	0	Stück	173.700,00 €	- €
Gesamtsumme Abschnitt 1 und Abschnitt 2:					13.895.900,00 €

Tabelle 29: Kosten - Variante 2 - Abschnitt 1 und 2 laut KKK 2016

3.5 Telekommunikation

Im Bereich Telekommunikation sind keine Investitionsmaßnahmen erforderlich.

3.6 Elektrotechnische Anlagen

3.6.1 Prämissen Elektrotechnische Anlagen

Im Bereich der Elektrotechnischen Anlagen entfallen auf die Weichenheizungsanlagen die wesentlichen Kosten. Diese werden auf Grundlage der Soll-Bestimmungen an Weichenheizungen nach Ril 828.0101A11 (Anforderung an die Leistungsfähigkeit aller WHZ-Typen) und den Kostensätzen des Kostenkennwertekatalogs ermittelt. Die wesentlichen Prämissen ergeben sich daher wie folgt:

- Erstellungskosten je Heizstab: 6.400 € (< 15 kW) bzw. 8.500 € (> 15 kW)
- Lebensdauer: min. 20 Jahre
- Entsorgungskosten: 6,5 % der Erstellungskosten
- Bei den Kosten wurde ein Zuschlag von 20 % für Planungsleistungen einkalkuliert. Des Weiteren wurde eine jährliche Kostensteigerung von 3 % für Bau- und Planungsleistungen berücksichtigt. Für die Aufteilung in Jahresscheiben wurden die Planungskosten in Scheiben (50 % - 50 %) aufgliedert. Im Jahr der Inbetriebnahme sind alle Baukosten angenommen, die Planungen sind finanztechnisch zwei Jahre früher abgebildet. Die Standardterminpläne der DB Netz sehen einen deutlich längeren Planungsvorlauf vor.

3.6.2 Investitionen Elektrotechnische Anlagen

Es existieren drei Weichenpaare, für die die Kosten zu ermitteln sind. Alle Anlagen befinden sich in Abschnitt 1 (km 3,4 – km 13,6). Bei einer Mindestlebensdauer von 20 Jahren wäre auch ohne Erneuerung der Gleise und Weichen jeweils eine einmalige Erneuerung im Zeitraum bis zum Jahr 2040 zu erwarten.

Mit den Veränderungen in Variante 1 ergeben sich vier neue Weichenstandorte und damit die Entsorgungskosten für die bestehenden Weichenheizungsanlagen und Erstellungskosten an den neuen Standorten. Mit Variante 2 ergeben sich acht neue Weichen und daher entsprechend höhere Erstellungskosten. Innerhalb des Betrachtungszeitraums bis zum Jahr 2040 ist dann keine weitere Erneuerung vorzunehmen.

	Ort	Weichen	Anzahl Heizstäbe	Kosten
Entsorgung	km 8,570	501, 502	10	4.160,00 €
	km 8,900	515, 516	6	2.496,00 €
	km 12,750	103, 104	16	6.656,00 €
Kosten Entsorgung				13.312,00 €
Neubau Variante 1	km 4,2	Weiche	8	51.200,00 €
	km 5,4-5,8	Weiche	8	51.200,00 €
	km 8,2-8,6	Weiche	8	51.200,00 €
	km 9,6	Weiche	8	51.200,00 €
Kosten (inkl. Entsorgung) Variante 1				218.112,00 €
Neubau Variante 2	km 8,1-8,6	Üst.	32	204.800,00 €
	km 12,4-13,1	Üst.	32	204.800,00 €
Kosten (inkl. Entsorgung) Variante 2				422.912,00 €

Tabelle 30: Neubau und Entsorgung Weichenheizungsanlagen nach KKK 2016



3.7 Tiefbau

3.7.1 Prämissen Tiefbau

Den Bauwerksbüchern der Erdkörper der Strecke 4860, sind die derzeitigen Zustände sowie die zu erwartenden Bauwerkszustände in 6 bzw. 18 Jahren zu entnehmen. Es sind auf der gesamten Strecke keine Verschlechterungen der Bauwerkszustände, die ein Eingreifen erforderlich machen würden, zu erwarten. Daher sind im Bereich Erdkörper keine Investitionsmaßnahmen geplant.

Die Entwässerungsanlagen werden im gleichen Zuge mit dem Oberbau erneuert. Dabei wird von der Erneuerung des Bestands ausgegangen. Maßgeblich sind die Längen der jeweiligen Entwässerungsarten (Oberflächenentwässerung, Tiefenentwässerung). Bei den Kosten wurde ein Zuschlag von 20 % für Planungsleistungen einkalkuliert. Des Weiteren wurde eine jährliche Kostensteigerung von 3 % für Bau- und Planungsleistungen berücksichtigt. Für die Aufteilung in Jahresscheiben wurden die Planungskosten in Scheiben (50 % - 50 %) aufgliedert. Im Jahr der Inbetriebnahme sind alle Baukosten angenommen, die Planungen sind finanztechnisch zwei Jahre früher abgebildet. Die Standardterminpläne der DB Netz sehen einen deutlich längeren Planungsvorlauf vor.

3.7.2 Investitionen Tiefbau

Für die Erdkörper besteht ein Kostenrisiko durch unvorhergesehene Ereignisse, die ein unmittelbares Handeln erforderlich machen. Diese Investitionskosten für die Wiederherstellung nach Schäden sind nicht vorhersehbar.

Die Investitionen in die Entwässerungsanlagen können unabhängig der Varianten angesetzt werden:

		Kostensatz	Länge	Kosten
Abschnitt 1: km 3,4 – 13,6	Tiefenentw.	170 €/m	5.750,83 m	977.641,10 €
	Oberflächenentw.	19 €/m	251 m	4.769,00 €
Gesamt Abschnitt 1				982.410,10 €
Abschnitt 2: km 13,6 – 15,0	Tiefenentw.	170 €/m	2.290,22 m	389.337,40 €
	Oberflächenentw.	19 €/m	229 m	4.351,00 €
Gesamt Abschnitt 2				393.688,40 €
Gesamt				1.376.098,50 €

Tabelle 31: Investitionskosten Entwässerung nach KKK 2016

4 Instandhaltungsmaßnahmen

4.1 Leit- und Sicherungstechnik

4.1.1 Prämissen Leit- und Sicherungstechnik

Für die Ermittlung des Instandhaltungsaufwandes für die Anlagen der Leit- und Sicherungstechnik auf der Panoramabahn wird unterstellt, dass die in Kapitel 3.1 beschriebenen Investitionsmaßnahmen zu Beginn des Betrachtungszeitraumes „Weiterbetrieb“ durchgeführt wurden. Somit wird im Bereich der LST-Anlagen ein zu Beginn neuwertiger Anlagenbestand unterstellt.

4.1.2 Instandhaltung Leit- und Sicherungstechnik

Als Grundlage für die Ermittlung der Instandhaltungsaufwände im Bereich Leit- und Sicherungstechnik auf der Panoramabahn dienen die durchschnittlichen Kosten für Instandhaltung der DB Netz AG, Regionalbereich Südwest. Die Verwendung dieser Durchschnittskosten stellt eine geeignete Grundlage für die Ermittlung von Instandhaltungsaufwänden dar, da die Stichprobe mit dem Durchschnitt über den Anlagenbestand der DB Netz AG im Regionalbereich Südwest mehr als ausreichend groß gewählt ist.

Die Einfahrsignale in Richtung Stuttgart Nord sind nicht berücksichtigt, da diese dem Stellbezirk Stuttgart Nord zugewiesen werden müssen.

Da mit einem zu Beginn der Betrachtung neuwertigem Anlagenbestand gerechnet wird, können diese Kostenansätze als Obergrenze verstanden werden. Ältere Anlagen sind erfahrungsgemäß pflege- und damit kostenintensiver. Die Kostenansätze stellen einen repräsentativen Durchschnitt über Aufwände für ältere und jüngere Anlagen dar.

4.2 Konstruktiver Ingenieurbau

4.2.1 Prämissen Konstruktiver Ingenieurbau

Für die zwei Tunnel wird davon ausgegangen, dass eine Erneuerung mit dem damit verbundenen reduzierten Instandhaltungsaufwand erst nach dem Jahr 2040 erfolgt.

4.2.2 Instandhaltung Konstruktiver Ingenieurbau

Für die Ermittlung der Instandhaltungsaufwände liegen für Brückenbauwerke Durchschnittswerte (gemittelt gesamter Regionalbereich Südwest) vor. Aufgrund des Alters der Bauwerke wird dieser Wert im Abschnitt 1 um einen Zuschlag von 20 % erhöht.

Dieser Wert (Basis 2020) wird nominalisiert. Eine Abminderung aufgrund zwischenzeitlicher Investitionen erfolgt nicht, da nur 11 von 21 Bauwerken im Betrachtungszeitraum erneuert werden. Während die erneuerten Brücken in der nahen

Zukunft keine bzw. wenig Instandhaltung erfordern, steigt der Instandhaltungsaufwand für die bestehenden und älter werdenden Bauwerke.

Für die Durchlässe und Stützbauwerke liegen keine Kostenansätze für die Instandhaltung vor. Aufgrund des geringen Instandhaltungsbedarfs in den vergangenen Jahren sind diese Kosten als untergeordnet und damit vernachlässigbar zu betrachten.

Es werden hier nur die Aufwendungen für die Inspektionen angesetzt. Diese werden über Annahmen zur Inspektionsdauer und den Stundensätzen der Mitarbeiter abgeschätzt.

Dabei sind gemäß Ril 836.8001 folgende Tätigkeiten erforderlich:

Durchlässe, Stützbauwerke Bauwerksklasse 2 und 3

- **1 Untersuchung durch Bezirksleiter KIB in 3 Jahren:**
- **1 Begutachtung durch Fachbeauftragten in 6 Jahren (nur Klasse 3):**

Damit ergeben sich für Bauwerke der Bauwerksklasse 2 jährlich durchschnittlich folgende Kosten: 100 €/Jahr

Für Bauwerke der Bauwerksklasse 3 ergeben sich jährlich durchschnittlich folgende Kosten: 150 €/Jahr

4.3 Oberleitung

4.3.1 Prämissen Oberleitung

Mit zunehmendem Alter der Oberleitungsanlage ist mit erhöhtem IH-Bedarf bzw. steigenden Kosten für Ersatzteile zu rechnen. Da die Oberleitungsanlage der Panoramabahn im betrachteten Streckenabschnitt inzwischen ca. 60 Jahre alt ist, werden diese Kostenanteile bis zum Erreichen der technischen Verschleißgrenze (Auslegung OLA 80 bis 90 Jahre) mit den in der angehängten Tabelle „Grobkostenschätzung Instandhaltungsbedarf“ angegebenen Zuschlägen berücksichtigt.

Als Grundlage für die vorliegende Kostenschätzung dienten die von der DB Netz AG zur Verfügung gestellten Kostenansätze (Durchschnittswerte Regionalbereich Südwest 2020), die Vorgaben aus Ril 997.0141 (Fristen der Instandhaltung) sowie ergänzenden Informationen des zuständigen Anlagenverantwortlichen OLA.

4.3.2 Instandhaltung Oberleitung

In Ril 997.0146 sind sämtliche durchzuführenden Fristenarbeiten aufgeführt. Des Weiteren sind darin in Abhängigkeit von Oberleitung 1. oder 2. Ordnung die jeweiligen Intervalle angegeben. Die Oberleitungsanlage der Panoramabahn ist der Oberleitung 2. Ordnung sowie der Belastungsstufe 3 zuzuordnen.

Beschreibung der Fristenarbeiten:



Detaillierte Inhalte der einzelnen Fristenarbeiten sowie die zugehörigen Intervalle können der Ril 997.0146 entnommen werden.

Zustandsprüfungen Z1 – Z4

Für Oberleitungen 2. Ordnung sind die hier relevanten Zustandsprüfungen Z1/Z2 alle 2 Jahre durchzuführen

Die Zustandsprüfungen dienen dem Feststellen und Beurteilen des Istzustandes. Sie sind bei eingeschalteter Oberleitung durch Inaugenscheinnahme (ohne Besteigen der Oberleitungsmasten) mit einfachen Hilfsmitteln, z. B. Fernglas oder einfacher Messmethoden, durchzuführen (Begehung).

Funktionsprüfungen F1 – F6

Für Oberleitungen 2. Ordnung sind die hier relevanten Zustandsprüfungen F1/F2 jedes Jahr, F3/F4 alle 2 Jahre und F5 alle 7 Jahre durchzuführen. Die Funktionsprüfung F6 gilt lediglich bei Oberleitungen 1. Ordnung.

Funktionsprüfungen dienen dazu, ein sicheres und zuverlässiges System Oberleitung zu gewährleisten. Bei der Durchführung der Funktionsprüfungen sind die Beschreibungen und Besonderheiten der technisch freigegebenen Messgeräte und Messsysteme zu beachten. Funktionsprüfungen, die mittels Datenerhebung außerhalb der Organisation des AS 6 durchgeführt werden, gelten erst dann als durchgeführt, wenn die gewonnenen Daten und Aufnahmen ausgewertet, an AS 6 übergeben und von diesem bewertet wurden.

Außerordentliche Prüfung aP1 – aP3

Die außerordentlichen Prüfungen aP1 bis aP3 sind Zustands- oder Funktionsprüfungen aus besonderem Anlass. Zu den besonderen Anlässen gehören Kurzschlüsse, Sturm, Hochwasser, Bränden, Vereisung sowie extreme Temperaturen.

Vollinspektion V

Vollinspektionen sind in Abhängigkeit von der Belastungsstufe alle 4 bis 10 Jahre durchzuführen. Die Panoramabahn gehört derzeit zur Belastungsstufe 3, bei der alle 10 Jahre eine Vollinspektion fällig ist.

Bei der Vollinspektion V sind die Oberleitungsanlagen durch eine umfassende Inaugenscheinnahme (ggf. durch Messen), möglichst bei Tageslicht, in Bezug auf Verschleißstellen, Beschädigungen sowie Abständen aktiver Teile bei ausgeschalteter und bahngeerdeter Oberleitung zu prüfen. Die Prüfung der Oberleitungsanlage ist grundsätzlich von der Arbeitsbühne der Fahrzeuge für die Oberleitungsinstandhaltung aus vorzunehmen.

4.4 Oberbau

4.4.1 Prämissen Oberbau

Der Instandhaltungsaufwand, wird durch die Investitionen und dem Entfall von Weichen und einem Gleis in den Tunneln minimiert. Es wird empfohlen, nach dem ersten Jahr des Umbaues eine Evaluierung der Instandhaltungsaufwendungen durchzuführen, um die Belastung der 4 Weichen zu ermitteln und ggf. den IH-Plan anzupassen. So werden der sichere Betrieb und das sichere Betreiben der Schieneninfrastruktur und dessen Langlebigkeit gewährleistet.

4.4.2 Instandhaltung Oberbau

Für die Prüfung und Regelinspektion des Oberbaus sind die Vorgaben der DB Netz AG gemäß Handbuch 812.2001 Oberbau inspizieren, einzuhalten. Für die Überprüfung des Oberbaus wird in folgende Bereiche unterteilt:

- Prüfung der Gleisgeometrie mit Gleismessfahrzeug

Da die Panoramabahn Stuttgart in die Geschwindigkeitskategorie $80 \text{ km/h} < Hg \leq 120 \text{ km/h}$ fällt, ist diese alle 12 Monate, also 1x jährlich durchzuführen. In Ausnahmefällen kann diese auf 16 Monate gestreckt werden.
- Gleisbegehung durchführen

Die Regelinspektion für sonstige Haupt- und Nebengleise wird mit 1x jährliche im Zeitraum von 24 Monaten vorgegeben. Inspektionsinhalte sind zum Beispiel das Gleis, Weichen/Kreuzungen, Schienen, Befestigungsmaterial, Schwellen, Schotter, etc.
- Gleisbefahrung durchführen

Mit der Gleisbefahrung, welche alle 4 Monate in Wechselrichtung durchgeführt werden muss, wird eine auf oberbautechnischer Erfahrung gestützte Inspektion und der vom Fahrzeug aus einsehbaren Bahnanlagen durchgeführt.
- Inspektion der Weichen, Kreuzungen, Schienenauszüge und Hemmschuhauswurfvorrichtungen

Die Regelinspektionsabstände für Eisenbahnstrecken mit einer $v \leq 160 \text{ km/h}$ beträgt 6 Monate. Die Inspektion beinhaltet z.B. die Messungen und Auswertungen der Spurführungsmaße, der gegenseitigen Höhenlage und der Zungenprüfung, nach dem für die jeweilige Konstruktionsform gültigen Prüfblatt sowie der augenscheinlichen Beurteilung.
- Inspektion von Schienen in Gleisen und Weichen

Zu der Inspektion von Schienen gehören z.B. die Zerstörungsfreie Prüfung, die Inspektion des Schienenkopflängs- und -quer Profils, der Schienenabnutzung und schweißtechnischer Arbeitsaufnahme in Weiche und Kontrolle der Isolierstöße und viele andere. Einige der Tätigkeiten können im Zuge der Begehung mitbetrachtet werden, andere wiederum benötigen den



Schienenprüfzug. Die erwähnten Regelinspektionen sind alle 2 Jahre durchzuführen. Überprüft werden die Qualität der Gleislage, Gleisgeometrie, die Schienen und Schienenköpfe, die Befestigungsmaterialien und die Schwellen. Dies geschieht einerseits über den Gleismesswagen/-zug oder im Rahmen der Gleisbegehung. Alle Unregelmäßigkeiten, Auffälligkeiten, Abweichungen vom Soll-Zustand sowie Entwicklungen bereits bekannter Schäden im Oberbau sind zu dokumentieren und zu beurteilen.

Die Instandhaltungskosten werden nach der Erneuerung des Oberbaus und der eingleisigen Tunnelvariante wieder auf den normalen Bedarf zurückfallen. Die Kosten für die Instandhaltung der Weichen werden durch die zukünftig geringere Anzahl auch günstiger ausfallen.

Die Variante 1 bietet in der Investition und in der Instandhaltung viele Vorteile, die sich nachhaltig auf den Betrieb der Strecke auswirken.

4.4.3 Telekommunikation

4.4.4 Prämissen Telekommunikation

Die Anlagen und Komponenten des Bereichs Telekommunikation haben sehr kurze Wartungsintervalle, die in der Regel zwischen 6 und 48 Monaten betragen. Die Richtlinien des Moduls 861 „Tk-Betriebsanlagen montieren und instandhalten“ schreiben die exakten Wartungsintervalle der einzelnen Komponenten vor. Für die Wartungsarbeiten selbst ist jeweils ein geringer zeitlicher Aufwand anzusetzen. Die wesentlichen Komponenten sind Kupfer- und Lichtwellenkabel zur Informationsübertragung.

RIL	IH-Maßnahme	Intervall
861.0213 Funkanlagen	Zustandsprüfung durch Augenschein	6 Monate
	Messtechnische Prüfung	24 Monate
	Austausch der Akkusätze	36 Monate
	Funkmessfahrt	48 Monate
861.0214 Betriebsfernmeldeanlagen	Zustandsprüfung	12 Monate
	Funktionsprüfung	12 Monate
861.0215 ART und RVst	Serverschrank reinigen	3 Monate
861.0216 Betriebszentrale	Zustands- und Funktionsprüfung	12 Monate

RIL	IH-Maßnahme	Intervall
861.0217 Gefahrenmeldeanlage	Zustandsprüfung	6 Monate
861.0218 Notrufanlage zur Reisendensicherung	Zustandsprüfung	12 Monate
	Funktionsprüfung	3 Monate
	Prüfung der Beschriftung	3 Monate
861.0219 Fernüberwachung, Fernsteuerung	Zustandsprüfung	12 Monate
	Funktionsprüfung	6 Monate
	Festplatte prüfen, Defragmentierung	jeden Monat
861.0220 Videotechnik	Zustands- und Funktionsprüfung	12 Monate
861.0221 Lautsprecheranlagen	Zustands- und Funktionsprüfung	12 Monate
861.0222 Kabel	Sichtung Kabeltrasse	36 Monate
	Redukabel sichten	12 Monate
	Messung	24 Monate
861.0223 Stromversorgung	Zustandsprüfung	12 Monate
861.0230 Übertragungstechnik	Zustands- und Funktionsprüfung	24 Monate

Tabelle 32: IH-Intervalle der Tk Anlagen

Als jährliche Instandhaltungs- und Reparaturkosten können ca. 1 - 5 % der Erstellungskosten angesetzt werden. Im Folgenden wird die obere Grenze von 5 % gewählt, um den Personalaufwand und die Kosten für einzelne, kleinere Bauteile ebenfalls zu erfassen.

4.4.5 Instandhaltung Telekommunikation

Die Erstellungskosten ergeben sich aus dem Kostenkennwertekatalog (Version 2016), somit lassen sich die jährlichen Instandhaltungskosten in Höhe von 5 % entsprechend angeben.

	Beschreibung	Länge	Kostenansatz (5% der Herstellkosten)	IH-Kosten/ Jahr
Abschnitt 1: km 3,4 - 13,6	Kupferkabel	26,407 km	5 % * 4.300 €/km	5.677,51 €
	Lichtwellenkabel	27,910 km	5 % * 6.400 €/km	8.931,20 €
Gesamt Abschnitt 1				14.608,71 €
Abschnitt 2: km 13,6 - 15,0	Kupferkabel	6,016 km	5 % * 4.300 €/km	1.293,44 €
	Lichtwellenkabel	11,162 km	5 % * 6.400 €/km	3.571,84 €
Gesamt Abschnitt 2				4.865,28 €
Gesamt				19.473,99 €

Tabelle 33: Instandhaltungskosten TK-Komponenten nach KKK 2016

4.5 Elektrotechnische Anlagen

4.5.1 Prämissen Elektrotechnische Anlagen

Im Bereich der Elektrotechnischen Anlagen entfallen auf die Weichenheizungsanlagen die wesentlichen Kosten. Diese werden auf Grundlage der Soll-Bestimmungen an Weichenheizungen nach Ril 828.0101A11 (Anforderung an die Leistungsfähigkeit aller WHZ-Typen) und den Kostensätzen des Kostenkennwertekatalogs ermittelt. Die wesentlichen Prämissen ergeben sich daher wie folgt:

- Wartungskosten: jährlich < 2 % der Erstellungskosten

4.5.2 Instandhaltung Elektrotechnische Anlagen

Es existieren drei Weichenstandorte mit 32 Heizstäben, für die die Kosten zu ermitteln sind. Alle Anlagen befinden sich in Abschnitt 1 (km 3,4 - km 13,6). Die jährlichen Wartungskosten ändern sich in Variante 1 nicht. In Variante 2 sind doppelt so viele Weichen und damit Weichenheizungen erforderlich, sodass die prozentual angesetzten Wartungskosten sich entsprechend ebenfalls verdoppeln.

- Variante 1 (4 Weichen, 32 Heizstäbe):
4.096 €/Jahr
- Variante 2 (8 Weichen, 64 Heizstäbe ab dem Jahr 2025):
4.096 €/Jahr bis inkl. zum Jahr 2024
8.192 €/Jahr ab dem Jahr 2025

4.6 Tiefbau

4.6.1 Prämissen Tiefbau

Für die Erdkörper liegen die maßgeblichen Kosten in den Untersuchungen der Bauwerke, die alle drei Jahre stattfinden. Die Aufwände werden über die zuletzt stattgefundenen Untersuchungen und den Stundensatz der Mitarbeiter abgeschätzt.

4.6.2 Instandhaltung Tiefbau

Für das Gewerk Tiefbau werden die Instandhaltungskosten anhand von Erfahrungswerten aus 2019 abgeschätzt. Diese werden flächenanteilig auf den Abschnitt 1 (km 3,4 - 13,6) und den Abschnitt 2 (km 13,6 - 15,0) aufgeteilt. Mit diesem Kostensatz ergeben sich jährliche Instandhaltungskosten von ca. 140.000 € für Abschnitt 1 und 31.000 € für Abschnitt 2.

5 Zusammenfassung der Investitions- und Instandhaltungskosten

5.1 Investitionskosten

Die Investitionskosten wurden für beide Abschnitte bis zum Jahr 2040 je Gewerk bzw. Anlagenart für die Variante 1 +2 errechnet, und sind den Anlagen 4.1 bzw. 4.2 zu entnehmen. Als Kostenbasis der Investitionen wurden die Kostenansätze des aktuellen Kostenkennwertekataloges von 2016 (KKK, Ril 808.0210 A02) der DB AG verwendet unter Berücksichtigung einer jährlichen Kostensteigerung von 3 % bis zum Jahr 2040. Belange des Artenschutzes sind dabei nicht berücksichtigt. Zu beachten ist, dass bei Ausschreibungen in den letzten Jahren gewerkeübergreifend die Angebotspreise um ein Vielfaches über den Kostenansätzen des KKK lagen.

5.2 Instandhaltungskosten

Die Instandhaltungskosten wurden für beide Abschnitte für die Jahre 2026 bis 2040 je Gewerk bzw. Anlagenart errechnet, und sind für die unterschiedlichen Varianten den Anlagen 3.1 bzw. 3.2 zu entnehmen. Die Durchschnittspreise für die Instandhaltung der Gewerke bzw. Anlagenarten OLA, Brücken, Tunnel, Oberbau und LST wurden von der DB Netz AG für den gesamten Regionalbereich Südwest für das Jahr 2020 ermittelt. Für die übrigen Gewerke bzw. Anlagenarten wurden gem. den vorstehenden Kapiteln eigene Ansätze ermittelt. Zu beachten ist, dass eine jährliche Kostensteigerung von 3 % zu Grunde gelegt wurde. Des Weiteren wurde ein Alterszuschlag bei den Gewerken Oberbau und OLA eingerechnet, welcher sich nach der letzten Investition in das Gewerk bzw. die Anlagenart richtet.



6 Totalsperrungen während der Investitionsmaßnahmen

Für die Erneuerung der LST auf der gesamten Strecke wird je nach Bauplanung und unabhängig von der gewählten Variante von einem Zeitbedarf von 3 bis 6 Monaten als Totalsperrung ausgegangen. In dieser Zeit können sämtliche Arbeiten in den übrigen Gewerken, welche eine Totalsperrung bedürfen, unabhängig von der gewählten Variante, mit erledigt werden. Die Brücken und Durchlässe benötigen pro Bauwerk 2 Vollsperrungen à 100 h. Die Anzahl an Totalsperrungen kann bei mehreren Brücken bzw. Durchlässen pro Jahr durch paralleles Arbeiten auf die Jahresanzahl verringert werden.

Gewerk	Anlagenart	Jahr der Investition	vsl. Dauer Totalsperrung
Oberbau	Gleise + Weichen	2025	während LST Sperrung
Oberleitung	Oberleitung (nur Anpassung - keine Kompletterneuerung)	2025	während LST Sperrung
KIB	Brücken	2032, 2033 und 2035	2 x 100h / Bauwerk
	Tunnel	-	-
	Durchlässe	2040	2 x 100h / Bauwerk
	Stützbauwerke	-	-
	Erdbauwerke	-	-
Tiefbau	Entwässerung	2025	während LST Sperrung
Tk	Tk	-	-
EA	Weichenheizungen	2025	während LST Sperrung
LST	LST	2025	3 - 6 Monate

Tabelle 34: Übersicht Totalsperrungen



7 Anlagen

- 1.** LST_D_Signalübersichtsplan_Umbau_Überleitstelle
- 2.** LST_D_Signalübersichtsplan_Variante_1_1-gleisig
- 3.** Instandhaltungskosten im Betrachtungszeitraum 2026 - 2040
 - 3.1** Variante 1
 - 3.2** Variante 2
- 4.** Investitionskosten im Betrachtungszeitraum 2021 - 2040
 - 4.1** Variante 1
 - 4.2** Variante 2
- 5.** IB_Invest_Brücken
- 6.** IB_Invest_Durchlässe
- 7.** IB_Invest_Stützbauwerke

Aufgestellt

Karlsruhe, 30.04.2021

DB Engineering & Consulting GmbH