

# Erneuerung Weissensteintunnel der BLS

Bericht über die Verifizierung der  
Zwischenergebnisse der Untersu-  
chungen und Studien der Amberg  
Engineering AG 2011 bis 2013  
und Empfehlungen zum weiteren  
Vorgehen

# Inhaltsverzeichnis

<b>0. Management Summary .....</b>	<b>3</b>
<b>1. Auftrag.....</b>	<b>5</b>
<b>2. Grundlagen .....</b>	<b>5</b>
<b>3. Vorgehen .....</b>	<b>5</b>
<b>4. Sondierungskampagne 2011 .....</b>	<b>6</b>
4.1    Frühere Bau- und Zustandsdokumente .....	6
4.2    Bestandteile und Ergebnisse der Sondierungen.....	6
4.3    Beurteilung .....	7
<b>5. Priorisierung 2012 .....</b>	<b>7</b>
5.1    Grundlagen .....	7
5.2    Methodik .....	8
5.3    Ergebnisse der Zustandsbeurteilung .....	8
5.4    Kosten .....	9
5.5    Beurteilung .....	10
<b>6. Vertiefte Studie 2013.....</b>	<b>11</b>
6.1    Grundlagen/Normen und Nutzungsvereinbarung .....	11
6.2    Projektanforderungen der BLS Netz AG .....	11
6.3    Ergebnisse der Projektbearbeitung .....	12
6.4    Bauausführung.....	16
6.5    Kosten .....	16
6.6    Variantenbewertung.....	17
6.7    Beurteilung .....	17
<b>7. Management Summary der vertieften Studie 2013 (Entwurf).....</b>	<b>18</b>
7.1    Veränderung zwischen der vertieften Studie 2013 und dem Management Summary (Entwurf).....	18
7.2    Beurteilung der vertieften Studie 2013 und des Management Summary (Entwurf) ..	18
<b>8. Empfehlungen .....</b>	<b>21</b>

## **0. Management Summary**

### **Ausgangslage und Auftrag**

Auf der Basis der im Jahre 2011 erfolgten Sondierungskampagne im Weissensteintunnel erarbeitete die Amberg Engineering AG im Auftrag der BLS Netz AG den Handlungsbedarf für einen sicheren Betrieb in den nächsten 10 Jahren. Die Priorisierungsstudie 2012 zeigt die notwendigen Massnahmen für die nächsten 2 – 5 Jahre und diejenigen für die nächsten 5 – 10 Jahre auf. Die Kosten sind dafür mit ca. 48 bis ca. 51 Mio Fr. ohne Bahntechnik und Baunebenkosten angegeben.

Darauf folgend beauftragte die BLS Netz AG die Amberg Engineering AG mit einer vertieften Studie 2013. Diese hatte zum Ziel, die Sanierung / Erneuerung des Weissensteintunnels für eine Nutzungsdauer von 25 Jahren, resp. 25 + 25 Jahren, resp. von 50 Jahren zu untersuchen und die Kosten zu schätzen. Die Kosten dafür belaufen sich auf 80 – 130 Mio Fr. ohne Bahntechnik und Baunebenkosten.

Durch diese unterschiedlichen Zielsetzungen erhöhten sich die Kosten für die Sanierung / Erneuerung des Weissensteintunnels von ca. 50 Mio Fr. auf 80 bis max. 130 Mio Fr. ohne Bahntechnik und Baunebenkosten.

Der vorliegende Bericht verifiziert und beurteilt die Ergebnisse der Sondierungskampagne 2011, der Priorisierung 2012 und der vertieften Studie 2013 der Amberg Engineering AG. Im Weiteren enthält er Empfehlungen für das weitere Vorgehen.

### **Beurteilung der Ergebnisse**

Die Sondierungskampagne 2011, die Priorisierung 2012 (sicherer Betrieb in den nächsten 10 Jahren) und die vertiefte Studie 2013 (Nutzungsdauer von 25 Jahren resp. 25 + 25 Jahren resp. 50 Jahren) sind detailliert und vollständig dokumentiert. Die Ergebnisse sind nachvollziehbar. Die Kosten ohne Bahntechnik und ohne Baunebenkosten wurden anhand von ausgeführten Tunnelobjekten geschätzt. Die Kostengenauigkeit beträgt +/- 30 % und ist nachvollziehbar dargelegt. Das Vorgehen kann als dem Stand der Technik entsprechend bezeichnet werden. Die Unkenntnis des Zustandes der Tunnelsohle und der zeitlichen Entwicklung der mutmasslichen Gewölbebewegungen lassen keine genaueren Kostenangaben zu.

### **Empfehlungen**

Durch die unterschiedlichen Zielsetzungen der zwei Studien ergeben sich verschiedene Kosten für die Sanierung/Erneuerung des Weissensteintunnels. Dies hat zu Missverständnissen geführt. Die BLS Netz AG und das Amt für Verkehr und Tiefbau des Kantons Solothurn sollten vor weiteren Schritten, zur Klärung

der Situation, alle zu erfassenden Kosten und deren Grundlagen gemeinsam definieren.

Der Zustand der Tunnelsohle und die zeitliche Entwicklung der mutmasslichen Gewölbebewegungen sollten so rasch wie möglich geklärt werden. Die Ergebnisse dieser zwei wesentlichen Fragen und der Bericht über die Zustandsanalyse resp. Sanierungsbedarf des Ingenieurbüros WAM vom März 1997 sollten in die Ueberarbeitung der vertieften Studie 2013 mit dem Ziel einer Kostenoptimierung und einer kleineren Kostenungenauigkeit einfliessen.

Die Variante 50 Jahre Nutzungsdauer hat aus technischer Sicht das beste Kosten-/Nutzenverhältnis. Sie ist aber auch die teuerste Variante mit ca. 130 Mio Fr. ohne Bahntechnik und Baunebenkosten.

Die Wahl der Varianten für einen sicheren Betrieb der nächsten 10 Jahre (ca. 50 Mio Fr. ohne Bahntechnik und Baunebenkosten) oder für eine Nutzungsdauer von 25 Jahren (ca. 80 Mio Fr. ohne Bahntechnik und Baunebenkosten) ist nur dann sinnvoll, wenn die Finanzierung des Investitionsbetrages für eine Nutzungsdauer von 50 Jahren heute nicht möglich ist.

## **1. Auftrag**

Mit Datum vom 8. Januar 2015 hat das Bau- und Justizdepartement des Kantons Solothurn vertreten durch das Amt für Verkehr und Tiefbau (AVT), Peter Zbinden, Bauing. HTL, 8703 Erlenbach ZH, folgenden Auftrag erteilt:

Verifizieren der Zwischenergebnisse aus den Studien der BLS Netz AG und der Amberg Engineering AG und Unterbreiten von Empfehlungen für das weitere Vorgehen.

## **2. Grundlagen**

Mit Datum vom 18. Dezember 2014 wurden von Amberg Engineering folgende Unterlagen zur Verfügung gestellt:

- Sondierungskampagne 2011, Schlussbericht mit 12 Beilagen
- Priorisierung 2012, Technischer Bericht mit 6 Beilagen
- Vertiefte Studien 2013 über die Beurteilung der Profilsituation mit 7 Beilagen
- Vertiefte Studien 2013, Technischer Bericht mit 15 Beilagen
- Vertiefte Studien 2013 mit Management Summary im Entwurf und Kostenschätzung der 3 Varianten

Verzeichnis der Beilagen siehe im Anhang dieses Berichtes.

## **3. Vorgehen**

Am 25.11.2014 wurde das Vorgehen mit dem Amt für Verkehr und Tiefbau des Kantons Solothurn (AVT), festgelegt. Es wurde vereinbart, die Unterlagen von Amberg Engineering zu sichten und zu beurteilen in Bezug auf Vollständigkeit, der Tiefe der Untersuchungen, der Genauigkeit der Ergebnisse und der Höhe der Investitionskosten.

Am 10.12.2014 fand eine Informationssitzung bei der BLS Netz AG in Bern statt. Anwesend waren nebst der BLS Netz AG die Amberg Engineering AG, das AVT und der Auftragnehmer. Amberg Engineering AG informierte über die Durchführung und Ergebnisse der Sondierungskampagne 2011, der Priorisierung 2012 und der vertieften Studie 2013. Dabei wurden aber auch allgemeine Fragen zu einer möglichen Stilllegung und Rückbau der Strecke Solothurn-Moutier erörtert.

Für die Klärung von Fragen zu den Kostenschätzungen fand am 21. Januar 2015 bei der Amberg Engineering AG in Regensdorf eine Sitzung statt. Die Fragen wurden noch am gleichen Tag auf elektronischem Weg beantwortet.

Der Entwurf des vorliegenden Berichtes wurde am 2. Februar 2015 dem AVT vorgestellt und das weitere Vorgehen festgelegt. Der Berichtsentwurf erfuhr dabei keine Änderung oder Ergänzung.

Am 6. März 2015 konnte der Entwurf mit der BLS Netz AG besprochen werden. Die BLS Netz AG legte die Kostenzusammenstellung der Bahntechnik vor. Diese ist jedoch nicht Gegenstand dieses Berichtes. Sie muss aber für die Beurteilung der Varianten mit berücksichtigt werden.

Eine zweite Besprechung mit dem AVT fand am 24. März 2015 statt. Dabei wurde insbesondere der Einbezug des Berichtes des Ingenieurbüros WAM vom März 1997 erörtert.

## **4. Sondierungskampagne 2011**

### **4.1 Frühere Bau- und Zustandsdokumente**

Amberg Engineering AG standen einige frühere Baudokumente und Zustandsaufnahmen des Weissensteintunnels zur Verfügung. Für die Beurteilung der „Sondierungskampagne 2011“ und der daraus folgenden „Priorisierung 2012“ und der „Vertiefungsstudie 2013“ sind folgende Unterlagen wichtig und massgebend:

- Schweizerische Bauzeitung vom 8. Juli 1911 (Information zum Bau 1903 bis 1908)
- Unterlagen der Ergänzungsarbeiten 1943 (Ingenieurbüro Rothpletz Lienhard & Cie. AG)
- Verbauungen der Molassepartie 1948
- Verstärkung/Einbau Sohlgewölbe 1958
- Graphische Darstellung der Widerlagerbewegung von 1949 – 1960
- Bericht über die Kontrolle 1976
- Verschiedene Berichte zur Wasserschüttung und chemische Zusammensetzung 1976, 1982 und 2002

### **4.2 Bestandteile und Ergebnisse der Sondierungen**

- 30 Sondagebohrungen in 10 Querschnitten in den Nächten vom
  - 06./07. Juni 2011
  - 07./08. Juni 2011

- 08./09. Juni 2011
- 09./10. Juni 2011
- 10./11. Juni 2011

- Ergebnisse der Laborprüfung über die einachsige Druckfestigkeit und zur Porosität, Dichte und Wasseraufnahme vom 10.8.2011
- 30 Sondierschlitze vom 13. Juni 2011
- Visuelle Zustandsaufnahme vom 13. Juni 2011

### **4.3 Beurteilung**

Die Sondierungskampagne 2011 ist detailliert und vollständig dokumentiert und die Resultate mit den Schlussfolgerungen sind nachvollziehbar. Sie ist der Tiefe einer Studie angemessen und kann zur Ausarbeitung der nachfolgenden „Priorisierung 2012“ und der „Vertieften Studie 2013“ als dem Stand der Technik entsprechend bezeichnet werden. Das von Amberg Engineering AG vorgeschlagene weitere Vorgehen ist folgerichtig und plausibel. Es muss aber festgestellt werden, dass zwischen 1976 und 2011 – also während ca. 35 Jahren – keine Informationen über das Verhalten des Gewölbes und der Sohle vorliegen. Eine Beurteilung über den zeitlichen Verlauf der festgestellten Schäden, insbesondere der eingetretenen Druckgelenke und Abplatzungen am Gewölbe ist unmöglich. Damit ist auch eine Aussage über die Stabilität/Gebrauchstauglichkeit des Gewölbes und der Sohle (Fundament) und darüber bis wann ein sicherer Betrieb des Weissensteintunnels möglich ist ausgeschlossen.

## **5. Priorisierung 2012**

### **5.1 Grundlagen**

Als Grundlage für die Ausarbeitung der Priorisierung standen nebst den unter Punkt 4.1 erwähnten früheren Bau- und Zustandsdokumenten zwischen den Jahren 1911 und 1976 insbesondere die Dokumente der unter Punkt 4.2 aufgeführten Ergebnisse der Sondierungskampagne 2011 zur Verfügung.

Auf die Wiedergabe der technischen Grunddaten, der Geologie und Hydrologie wird hier verzichtet. Sie werden vorausgesetzt oder können im Technischen Bericht der Priorisierung 2012 nachgelesen werden. Ebenfalls werden die Erkenntnisse der Sondierungskampagne 2011 nicht nochmals festgehalten. Sie können im Schlussbericht vom 7. Oktober 2011 nachgelesen werden. Sie sind, wie schon bereits erwähnt, detailliert und nach dem Stand der Technik nachvollziehbar dokumentiert.

## 5.2 Methodik

Der Tunnelzustand wird in Tunnelverkleidung/Sohlausbau und Tunnelentwässerung aufgeteilt. Die Zustandsbeurteilung erfolgt nach der SIA 469, Kap. 3.13 Inspektion. Danach wird der Tunnelzustand in 5 Kategorien von gut bis alarmierend eingeteilt:

Zustandskategorie	Interventionsfrist
1 gut	> 20 Jahre
2 annehmbar	> 10 Jahre
3 schadhaft	5 – 10 Jahre
4 schlecht	2 – 5 Jahre
5 alarmierend	Sofortmassnahmen

Die detaillierte Beschreibung der Kategorien kann in der SIA 469 oder im technischen Bericht zur Priorisierung 2012 nachgelesen werden.

## 5.3 Ergebnisse der Zustandsbeurteilung

### Gewölbe

Das Gewölbe (Tunnelverkleidung und Sohle) des 3'700 m' langen Weissensteintunnels wird in folgende Zustandskategorien eingeteilt:

ZK 2/3	annehmbar	1'625 m'
ZK 3	schadhaft	1'550 m'
ZK 4	schlecht	525 m'

Die Zustandskategorien (ZK4, ZK3 und ZK 2/3) werden einzeln beurteilt.

In der Beurteilung der Zustandskategorie 4 (schlecht, Interventionsfrist 2 - 5 Jahre) wird die Tragsicherheit in den Bereichen mit Druckgelenken als reduziert angesehen. Es wird im Bericht daran gezweifelt, ob der Tragsicherheitsnachweis insbesondere nach SIA 260 erbracht werden kann.

Aufgrund der limitierten Mittel, die für die Instandsetzung des Tunnels zur Verfügung stehen, werden 3 verschiedene Varianten für die Sanierung der Zustandskategorie 4 (Gewölbeerneuerung, Gewölbeerneuerung inkl. Auflager und Gewölbeerneuerung inkl. Sohlgewölbe) vorgeschlagen:

Für alle 3 Varianten der Gewölbesanierung der ZK 4 müssen weitere Sohlenuntersuchungen vorgenommen werden. Der Zustand der Sohle bestimmt die Durchführbarkeit der beschriebenen Varianten. Aufgrund des schlechten Zustandes des Tunnelabschnittes in der ZK 4 ist Amberg Engineering AG der Auffassung, dass die Instandsetzungsarbeiten spätestens innerhalb der nächsten 2–5 Jahre erfolgen müssen.



In der Beurteilung der ZK 3 wird auf verschiedene Stellen mit Druckgelenken und Abplatzungen hingewiesen. Unbekannt ist hier die Geschwindigkeit des Fortschreitens der Bereiche von ZK 3 zu ZK 4.

Gemäss der Beurteilung der Amberg Engineering AG sind die Instandsetzungsarbeiten des Bereiches mit Zustand ZK 3 innerhalb der nächsten 5 – 10 Jahre unumgänglich.

In der Beurteilung der ZK 2/3 wird auf verschiedene verschmutzte und feuchte/nasse Gewölbezonen mit leeren Fugen hingewiesen. Grundsätzlich beurteilt Amberg Engineering AG diesen Zustand als annehmbar. Der Sanierungszeitpunkt soll auf der Basis der Zustandsentwicklung mittels periodischer Inspektionen festgelegt werden.

### Tunnelentwässerung

Die Tunnelentwässerung wird in folgende Kategorien unterteilt:

ZK 2/3	annehmbaar/schadhaft	870 m'	unter Gleisbereich
ZK 4	schlecht	210 m' 2 x 3'700 m'	unter Gleisbereich im Bankettbereich
ZK 5	Sofortmassnahmen notwendig	50 m'	im Bankettbereich

Die Zustandserfassung des Entwässerungssystems wurde mit einem Kanalfernseher durchgeführt. Die Aufnahmen mussten bei den Seitenkanälen stellenweise abgebrochen werden, da der Querschnitt für die Kamera nicht gross genug war. Generell sind die Seitenkanäle stark beschädigt.

Die Entwässerungsleitungen der ZK 3, 4 und 5 müssen nach der Beurteilung von Amberg Engineering AG zwischen sofort und 5 – 10 Jahren ersetzt werden.

Der Interventionszeitpunkt der ZK 2 soll nach Auffassung von Amberg Engineering AG mittels periodischer Inspektionen festgelegt werden.

## **5.4 Kosten**

Die Kosten für eine minimale Sanierung des Weissensteintunnels (Baumeisterarbeiten exkl. Bahntechnik) für den sicheren Betrieb der nächsten 10 Jahre werden von Amberg Engineering AG zwischen 45.5 Mio. Fr. und 59.1 Mio. Fr. je nach Ausführungsvariante mit Nachtintervallen oder Totalsperre geschätzt. Die Kostenschätzung wurde mittels Vorausmassen und Einheitspreisen aus Erfahrungswerten von abgeschlossenen Tunnelsanierungen durchgeführt. Die Installationspauschalen sind mit 20% der Baukosten eingesetzt. Die Genauig-

keit der Schätzung beträgt  $\pm 30\%$  und enthält keine Mehrwertsteuer. Die Preisbasis für die Kostenschätzung ist mit Februar 2012 angegeben.

## 5.5 Beurteilung

Die Grundlagen für die Studie Priorisierung 2012 (frühere Bau- und Zustandsdokumente und die Ergebnisse der Sondierungskampagne 2011) wurden folgerichtig verwendet.

Die Priorisierungsstudie hatte als Zielsetzung, die Grundlage für die Planung des Investitionsbedarfes für zwingende Arbeiten der nächsten 10 Jahre Betriebszeit zu ermitteln.

Die Methodik für die Erfassung des Tunnelzustandes (Gewölbe und Entwässerung) und die Einteilung in die Zustandskategorien 1 – 5 sind normengerecht und entsprechen dem Stand der Technik. Die Beschreibung der als zwingend betrachteten Sanierungsarbeiten für die einzelnen Zustandskategorien ist nachvollziehbar und plausibel.

Die Bearbeitungstiefe mit den erarbeiteten Dokumenten wie „Technischer Bericht“, Pläne, Kostenschätzung und Rahmenterminprogramme ist für die Kostengenauigkeit von  $\pm 30\%$  angemessen.

Die Art der Kostenermittlung mit Vorausmassen und Einheitspreisen (Erfahrungswerten aus abgeschlossenen Tunnelsanierungen) und Installationsglobalen entspricht dem Stand der Technik. Allerdings ist zu bemerken, dass der Prozentsatz von 20 % für die Installationsglobalen tief angesetzt ist und in Wirklichkeit höher ausfallen könnte.

Das Fazit der Amberg Engineering AG für das weitere Vorgehen, insbesondere der Hinweis die Kostenverursacher wie

- Bahnersatzkosten
- Kosten Bahntechnik
- Kosten Sicherheitseinrichtungen
- Baunebenkosten
- Kosten infolge Betriebsverlust
- Kosten-/Nutzen-Verhältnis bezüglich Nutzungsdauer/Betrachtungszeitpunkt

zu ermitteln, bevor ein Variantenentscheid gefällt wird, ist richtig. Sie wurden in der Folge von der BLS Netz AG ermittelt und in die Totalkosten der vertieften Studie 2013 integriert.

Die Kostenungenauigkeit kann erst nach Kenntnis des Zustandes der Tunnelsohle verkleinert werden. Dazu ist es notwendig, wie unter Punkt 4.3, den fest-

gehaltenen zeitlichen Verlauf der Gewölbebewegungen durch periodische Messungen rasch zu kennen.

## **6. Vertiefte Studie 2013**

### **6.1 Grundlagen/Normen und Nutzungsvereinbarung**

Nebst den bereits unter Punkt 4.1 und Punkt 5.1 erwähnten Grundlagen dienen für die Erarbeitung der vertieften Studie die Ergebnisse der Priorisierung 2012.

Auf die Erwähnung all dieser Dokumente wird hier verzichtet. Ebenfalls werden die Erkenntnisse aus der Sondierungskampagne 2011 und der Priorisierungsstudie 2012 hier nicht wiederholt. Sie werden vorausgesetzt oder können im vorliegenden Bericht unter Punkt 5.3 oder im Schlussbericht der Sondierungskampagne 2011 und im Technischen Bericht der Priorisierung 2012 nachgelesen werden.

Es darf festgestellt werden, dass alle bisher bekannten Dokumente und Ergebnisse der Sondierungskampagne 2011 und der Priorisierung 2012 verwendet wurden. Ebenfalls sind alle relevanten SIA-Normen und Richtlinien, Ausführungsbestimmungen und Regelwerke des Bundes der vertieften Studie 2013 zu Grunde gelegt.

Vor Beginn der Vertiefungsstudie 2013 ist die vorhandene Profilsituation gemessen und ausgewertet worden.

Es hat sich gezeigt, dass für die Erarbeitung der vertieften Studie 2013 das Fahrleitungssystem als Schlüsselement zur Optimierung der Profilverhältnisse gilt. Die zwei Systeme „Konventionell“ und „Stromschiene“ wurden geprüft. Dabei hat sich das System der Stromschiene als Bestvariante ergeben.

Eine wesentliche Voraussetzung für die vertiefte Studie 2013 ist die Nutzungsvereinbarung zwischen der BLS Netz AG und der Amberg Engineering AG vom 05.04.2013 mit drei Ergänzungen vom 24.04.2013, 23.08.2013, und vom 15.10.2013.

### **6.2 Projektanforderungen der BLS Netz AG**

Projektziele / Projektanforderungen :

Durch die geplante Instandsetzung sollen unter Berücksichtigung der gesamtheitlichen Aspekte und der Nutzung gemäss Nutzungsvereinbarung folgende übergeordnete Ziele erreicht werden:

- Wiederherstellung der **Tragsicherheit** des Bauwerks
- Gewährleistung von **Betriebssicherheit und Gebrauchstauglichkeit** (Herstellung der Profilmfreiheit, Reduktion der Wassereintritte, Verbesserung des Unterbaus, Erneuerung des Oberbaus mit genügender Schotterstärke, Erneuerung der Entwässerungsleitungen)
- Erhaltung **des wirtschaftlichen Wertes der Bausubstanz** (geht einher mit der Sicherstellung der definierten Nutzungsdauer, der Reduktion des Aufwandes für den Unterhalt sowie der Erhöhung der Verfügbarkeit)
- Wahrnehmung der **gesetzlichen Verantwortung der Eigentümerschaft**

Nutzungsdauer :

Für instand gesetzte Anlageteile gilt jeweils folgende Nutzungsdauer:

- Variante 1: mindestens 25 Jahre
- Variante 2: mindestens 25 Jahre und Verlängerung auf weitere 25 Jahre
- Variante 3: mindestens 50 Jahre

### 6.3 Ergebnisse der Projektbearbeitung

Aufgrund der Zustandsbeurteilung der „Priorisierung 2012“ und den „Projektanforderungen der BLS Netz AG“ ergeben sich folgende Hauptelemente der Sanierung des Weissensteintunnels:

- Erneuerung der Fahrbahn und Optimierung der Gleislage
- Erneuerung der Tunnelentwässerung
- Erneuerung / Anpassungen der Bankette und des Kabeltrassees
- Erneuerung der Trinkwasserleitung
- Gewölbeinstandsetzungsmassnahmen:
  - Gewölbemassnahmen Typ G1: Gewölbeinstandsetzung
  - Gewölbemassnahmen Typ G2: Gewölbeverstärkung
  - Gewölbemassnahmen Typ G3: Gewölbeerneuerung inkl. Auflager
  - Gewölbemassnahmen Typ G4: Gewölbeerneuerung inkl. Auflager und Erneuerung des Sohlgewölbes
- Erstellen von zwei neuen Portalnischen
- Portalinstandsetzungen
- Ersatz der bestehenden Fahrleitung durch eine Stromschienenanlage
- Erneuerung der Kabelanlagen
- Montage einer Tunnelfunkanlage
- Erneuerung der Selbstrettungseinrichtungen

## Gewölbe

Unter Berücksichtigung der vorgegebenen Nutzungsdauer und der Zustandsbeurteilung des Tunnelgewölbes hat Amberg Engineering AG 4 Sanierungstypen für das Gewölbe vorgeschlagen:

<b>Typ</b>	<b>Beschreibung</b>
G1	Gewölbeinstandsetzung
G2	Gewölbeverstärkung
G3	Gewölbeerneuerung inkl. Auflager
G4	Totalersatz des Gewölbes inkl. Sohle

### Variante 1: (25 Jahre Nutzungsdauer)

Für die Nutzungsdauer von 25 Jahren sieht Amberg Engineering entsprechend den Zustandskategorien folgende Sanierungstypen beim Gewölbe vor:

ZK 2/3 (annehmbar/schadhaft)	G1 Mauerwerk (Instandsetzung)	Total 1'624 m'
ZK 3 (schadhaft)	G2 (Verstärkung)	Total 1'550 m'
ZK 4 (schlecht)	G1 Beton (In- standsetzung)	Total 525 m'

Bei dieser Variante werden nur minimale Massnahmen für eine Nutzungsdauer von 25 Jahren vorgeschlagen. Es muss also damit gerechnet werden, dass danach für eine weitere Nutzungsdauer erneut bauliche Massnahmen vorgenommen werden müssen.

### Variante 2: (25 Jahre und danach weitere 25 Jahre Nutzungsdauer)

Für die Nutzungsdauer 25 Jahre + 25 Jahre wird das Gewölbe entsprechend der Variante 1 erneut für weitere 25 Jahre instandgesetzt. Es werden heute die dazumal mutmasslichen Zustandskategorien angenommen. Die nachfolgende Tabelle bezieht sich auf die heutige Annahme.

ZK 2/3 (annehmbar/schadhaft)	G1 Mauerwerk (Instandsetzung)	Total 1'624 m'
ZK 3 (schadhaft)	G2 (Verstärkung)	Total 1550 m'
ZK 4 (schlecht)	G1 Beton (Instandsetzung)	Total 525 m'

Da das Sohlgewölbe bei der ersten Instandsetzung nicht erneuert wird, besteht die Gefahr, dass die Entwässerungsleitungen dem Druck des Gebirges ausgesetzt werden und daher in der zweiten Phase aufwendig erneuert werden müssen. Da die Arbeiten gestaffelt in 2 Bauphasen stattfinden, um die Nutzungs-

dauer von 50 Jahren zu erreichen, kommen keine Synergien zustande. Damit erhöhen sich die Gesamtbaukosten.

### **Variante 3: (50 Jahre Nutzungsdauer)**

Bei dieser Variante finden die Arbeiten während einer Bauphase statt, womit sich Synergien ergeben und die Gesamtkosten kleiner sind als bei der Variante 2: (25 + 25 Jahre). Durch die Erneuerung des Sohlgewölbes ist die Nutzungsdauer der Tunnelentwässerung von Anfang an gegeben.

ZK 2/3 (annehmbar/schadhaft)	G1 Mauerwerk (Instandsetzung)	Total 1'624 m'
ZK 3/4 (schadhaft/schlecht)	G4 (Totalersatz)	Total 2'075 m'

### **Fahrbahn und Tunnelsohle**

Die konstruktive Ausbildung ist so vorgesehen, dass die folgenden Anforderungen erfüllt werden:

- Aufnahme sämtlicher Lasten aus dem Bau- und Bahnbetrieb ohne negative Beeinträchtigungen
- Abtragen der Kräfte aus dem Tunnelgewölbe
- Sicherstellen der Funktionsfähigkeit der Fahrbahntwässerung
- Dauerhafte Funktionstüchtigkeit und unterhaltsfreundlich
- Ermöglichen des mechanischen Gleisunterhaltes
- Dauerhafte stabile Gleislage

Es wurden drei Ausführungsvarianten für die Tunnelsohle und Entwässerung untersucht.

Alle drei Varianten wurden nach den Kriterien Platzbedarf (Gleisoptimierung) und optimale Fahrbahntwässerung beurteilt.

Dabei erwies sich die Variante 3 mit den 6 Ausführungstypen als die Bestvariante.

In der Bestvariante 3 wurden zwei neue Sickerleitungen und zwei neue Transportleitungen in resp. auf eine faserbewehrte Betonsohle mit einem Quergefälle von 3 % eingebaut. Die alte bestehende Mittelentwässerung wird dabei abgebrochen.

### **Tunnelentwässerung**

Um die grossen Wassermengen (bis 910 l/s) aus dem Tunnel zu führen, bedarf es Leitungen mit grossem Querschnitt. Aufgrund der engen Platzverhältnisse werden somit zwei zusätzliche Transportleitungen in Gleismitte vorgesehen. Das anfallende Berg- und Quellwasser wird via zwei Überleitungsbecken in die zwei geschlossenen Transportleitungen geleitet und direkt zum Portal Oberdorf zugeführt.

Durch die Kombination von zwei Längsleitungen und zwei Transportleitungen ist es möglich, das anfallende Bergwasser geordnet in das Becken in Oberdorf abzugeben.

Die bestehende Trinkwasserleitung der Gemeinde Lommiswil wird auf deren Kosten erneuert.

### **Bahntechnische Ausrüstung**

Im Projektperimeter wird eine Oberbauerneuerung ausgeführt. Dazu gehören Schienen, Schwellen und Schotter, welche durch Neumaterial ersetzt werden.

### **Fahrleitung/Fahrstrom**

Die bestehende konventionelle Fahrleitung wird durch eine neue Stromschiennenanlage ersetzt.

### **Kabelanlagen**

Die bestehenden Kabel können während den Bauarbeiten nicht ausser Betrieb genommen werden. Sie werden während den Sanierungsarbeiten geschützt und nach Bauende im neuen Kabelkanal ersetzt.

### **Sicherungsanlagen**

Die Sicherungsanlagen mit den Signalen bleiben unverändert.

### **Tunnelfunkanlage**

Nach Bauende soll eine Tunnelfunkanlage installiert werden.

### **Selbstrettungseinrichtungen**

Im Zuge der Instandsetzung werden die Selbstrettungseinrichtungen erneuert.

In der nächsten Projektphase soll das Selbstrettungskonzept gemäss BAV-Richtlinie erarbeitet werden.

## 6.4 Bauausführung

Die betrieblichen Randbedingungen wurden in der Nutzungsvereinbarung festgelegt.

- Die Ausführung erfolgt hauptsächlich während verlängerten Nachtbetriebspausen von 8.5 Std. von So/Mo bis Do/Fr
- Für die umfassenden Sohlenerneuerungen steht mind. eine 3-monatige und max. eine 6-monatige Totalsperre zur Verfügung

Für die Ausführung sind 9 Bauphasen von A bis I vorgesehen.

Die Bauzeit für die Variante 1 (25 Jahre Nutzungsdauer) beträgt für die bauliche Instandsetzung 37 Monate. Zusätzlich sind für die Erneuerung der Fahrleitung und Kabelanlagen 5 Monate vorgesehen.

Für die Variante 2 (25 + 25 Jahre Nutzungsdauer) sind für die spätere zweite Instandsetzung von 25 Jahren weitere 26 Monate vorgesehen.

Für die Variante 3 (50 Jahre Nutzungsdauer) beträgt die Bauzeit ebenfalls 37 + 5 Monate, gleich wie bei Variante 1.

Es ist vorgesehen, die Arbeiten jeweils ab beiden Portalen Oberdorf und Gänsbrunnen auszuführen.

Für alle drei Varianten liegen Balkendiagramme mit 120 bis 244 Arbeitsschritten unterteilt in Arbeitswochen vor.

## 6.5 Kosten

Für alle drei Varianten (25, 25 + 25 und 50 Jahre Nutzungsdauer) liegen Kostenschätzungen für die Baumeisterarbeiten (exkl. Bahntechnik) mit einer Genauigkeit von  $\pm 30\%$  vor. Die Schätzungen erfolgten durch Vorausmasse und Einheitspreise aus abgeschlossenen Tunnelanierungen. Für die Installationen wurden 40% von den Baukosten als Pauschale eingesetzt.

Die Kostenschätzungen sind nach Arbeitsgattungen A-I gegliedert. Bei der Variante 1 (25 Jahre) und bei der Variante 3 (50 Jahre) können die Kosten verglichen werden. Dies ist bei der Variante 2 infolge von notwendigen zusätzlichen Arbeitsgattungen nicht möglich. Die Gliederung der Kosten A-I ist nicht identisch mit den Bauphasen A–I.

Die Kostenschätzungen vom Amberg Engineering AG beinhalten nur die Erneuerung/Rekonstruktion des Gewölbes und der Sohle mit der Entwässerung. Die Bahntechnik mit Fahrleitung, Fahrbahn und Sicherungsanlagen sowie die Baunebenkosten wurden durch die BLS Netz AG ermittelt und in die Gesamtkosten integriert.



Als Preisbasis gilt November 2013.

Kostenschätzung der Sanierung/Rekonstruktion exkl. MwSt. und exkl. Bahntechnik:

Variante 1 (25 Jahre)	78.5 Mio. Fr.
Variante 2 (25 + 25 Jahre) exkl. Teuerung für die zweiten 25 Jahre	135 Mio. Fr.
Variante 3 (50 Jahre)	126 Mio. Fr.

## 6.6 Variantenbewertung

Die Varianten wurden nach folgenden Kriterien beurteilt:

- Kosten (Baumeister)
- Nutzungsdauer
- Unterhalt
- Dauer der Ausführung (Bauzeit)
- Beeinträchtigung des Bahnbetriebes
- Dauerhaftigkeit und Qualität

Die Benotung erfolgte von:

gut	3 Punkte
neutral/keine wesentliche Verbesserung	2 Punkte
schlecht	1 Punkt
nicht vorhanden/nicht beurteilbar	0 Punkte

Ohne detailliert die Variantenbewertung zu beschreiben, liegt die Variante 3 an der Spitze. Sie weist über den Betrachtungszeitraum von 50 Jahren und dem technischen Ausbaustand die grössten Vorteile gegenüber den Varianten 1 (25 Jahre) und 2 (25 + 25 Jahre) aus.

Die Amberg Engineering AG empfiehlt aus der Variantenbewertung folgerichtig die Variante 3 zur Weiterbearbeitung.

## 6.7 Beurteilung

Siehe unter Punkt 7.2 Beurteilung der vertieften Studie und dem Management Summary 2013 (Entwurf).

## **7. Management Summary der vertieften Studie 2013 (Entwurf)**

### **7.1 Veränderung zwischen der vertieften Studie 2013 und dem Management Summary (Entwurf)**

Zwischen dem Abschluss der vertieften Studie 2013 (6. Dezember 2013) und dem Entwurf des Management Summary 2013 (20. Dezember 2013) erfolgten im Wesentlichen 2 Änderungen resp. Ergänzungen:

#### **1. Ergänzung/Änderung**

Die Variante 2 (25 + 25 Jahre) erhält zwei Untervarianten. Es sind dies Variante 2.1 (geringerer technischer Standard in der Sohle als die Variante 3) und Variante 2.2 (gleicher technischer Standard in der Sohle wie Variante 3). Die Kostendifferenz ist ca. 14.5 Mio. Fr.

#### **2. Änderung/Ergänzung**

Die Variante 1 steigt von 78.5 Mio. Fr. auf 80.5 Mio. Fr.;  
Die Variante 2 verändert sich von 135 Mio. Fr. auf 130.5 Mio. Fr. resp. 145 Mio. Fr.; Die Variante 3 steigt von 126 Mio. Fr. auf 127.75 Mio. Fr.

### **7.2 Beurteilung der vertieften Studie 2013 und des Management Summary (Entwurf)**

#### **Grundlagen/Zielsetzung**

Die Beurteilung aus der Sondierungskampagne 2011 und die Ergebnisse der Priorisierung 2012 wurden wiederum folgerichtig als Grundlage für die vertiefte Studie 2013 verwendet.

Neu und dem Stand der Technik entsprechend wurde zwischen der BLS Netz AG und der Amberg AG eine Nutzungsvereinbarung abgeschlossen. Sie enthält alle wesentlichen Ziele für die Erarbeitung der Studie und für die spätere betriebliche Nutzung. Die Ergebnisse der vertieften Studie geben die Nutzungsziele der Vereinbarung wieder. Sie ist vollständig und nachvollziehbar.

Die Zielsetzung der vertieften Studie 2013 ist nicht identisch mit der Zielsetzung der Priorisierung 2012. Bei der Priorisierung wurde untersucht welche Arbeiten zwingend während den nächsten max. 10 Jahren ausgeführt werden müssen um die Betriebssicherheit während dieser Zeit gewährleisten zu können. Die vertiefte Studie dagegen sieht vor, nicht nur priorisierte Bereiche für die nächsten 10 Jahre Betriebszeit zu sanieren, sondern den ganzen Tunnel für eine entsprechende Nutzungsdauer von 25 Jahren, resp. 25 + 25 Jahre, resp. 50 Jahre instand zu stellen.

## **Beurteilung Profilsituation und Wahl der Fahrleitung**

Eine wesentliche Voraussetzung für die vertiefte Studie ist die Kenntnis über die Profilsituation und daraus die Festlegung der Fahrleitung. Die Wahl einer Stromschiene ist aus der Situation der Tunnelprofile richtig. Sie ist zwar teurer als das konventionelle Fahrleitungssystem. Dem gegenüber sind die Kosten für die Profilerweiterung (Gewölbe und Sohle) kleiner und es kann der notwendige Platz für das Schotterbett geschaffen werden. Zudem sind die Unterhaltskosten während der Nutzungsdauer kleiner als bei einer konventionellen Fahrleitung.

Die Entscheidung der BLS Netz AG ist nachvollziehbar und kann aus der Sicht der Kosten als richtig betrachtet werden. Vorbehalten bleibt das Ergebnis der vertiefteren Untersuchung der Tunnelsohle.

## **Projektanforderungen**

Die Projektanforderungen:

- Wiederherstellen der Tragsicherheit
- Gewährleistung der Betriebssicherheit und Gebrauchstauglichkeit
- Erhaltung des wirtschaftlichen Wertes der Bausubstanz
- Wahrnehmung der gesetzlichen Verantwortung des Eigentümers

sind logisch und nachvollziehbar. Die Wahl von Projektvarianten mit verschiedenen Nutzungsdauern von mind. 25 Jahren, von mind. 25 Jahren und später weiteren 25 Jahren und von mind. 50 Jahren ist für den wirtschaftlichen Einsatz der Investitionsmittel für die Wiedererlangung des früheren Wertes der Bausubstanz angemessen und nachvollziehbar.

## **Hauptelemente der Sanierungsarbeiten**

Entsprechend den Ergebnissen der Sondierungskampagne 2011 und der Priorisierung 2013 sind die Hauptarbeiten (Fahrbahn, Tunnelentwässerung, Bankette, Trinkwasserleitung, Gewölbemaßnahmen inkl. Sohle und bahntechnische Arbeiten) richtig erkannt und geplant. Allerdings ist festzuhalten, dass die bahntechnischen Arbeiten nur in den Bauprogrammen der drei Varianten geplant sind. Ein entsprechendes Projekt und die Kosten sind im Dossier „Vertiefte Studien 2013“ nicht enthalten. Die Kosten der Bahntechnik fehlen deshalb auch in den Kostenzusammenstellungen der drei Varianten.

## **Gewölbe und Sohle**

Für die Rekonstruktion/Sanierung wurden entsprechend dem Zustand folgerichtig 4 Gewölbetypen definiert. Je nach Nutzungsdauer kommen sie auf verschiedene Tunnellängen zur Anwendung. Die Gewölbetypen G1 – G4 sind detailliert umschrieben und im Plan B 136 – 104 schematischer Grundriss eingezeichnet.

Die Ungewissheit über den Zustand der Sohle und des Gewölbefusses relativieren die Ergebnisse in technischer und kostenmässiger Hinsicht.

Da über die zeitliche Entwicklung der Gewölbebewegungen (Druckgelenke und Abplatzungen) keine Aussagen infolge fehlender Messergebnisse vorliegen, muss zur Gewölbe- und Sohlсанierung ebenfalls ein Vorbehalt angebracht werden.

### **Tunnelentwässerung**

Die Tunnelentwässerung ist ausgehend von den Platzverhältnissen konsequent auf die grosse Wassermenge und die Gewölbedrainierung ausgelegt. Dies ist für die Gebrauchstauglichkeit des Gewölbes und der Fahrbahn während der Nutzungsdauer massgebend. Kosteneinsparungen sollten hier durch die Herabsetzung der Qualität nicht vorgenommen werden.

### **Bahntechnische Ausrüstung**

Diese sind im technischen Bericht kurz beschrieben. Im Projektdossier sind keine Pläne enthalten. Die Wahl einer Stromschiene ist sowohl aus der Gesamtinvestition (Gewölbe, Fahrbahn, Fahrleitung) und der Unterhaltskosten während der Nutzungsdauer richtig. Die Kosten für die Bahntechnik fehlen in den Gesamtkosten.

### **Bauausführung und Terminplan**

Die vorgesehene Bauausführung während der Nachtbetriebspause in den Nächten von So/Mo bis Do/Fr während 8.5 Std. und die Sohlerneuerung während einer Totalsperre ist plausibel und in den Terminplänen detailliert dargestellt. Aber es muss auch hier der Vorbehalt der genauen Kenntnis des Zustandes der Sohle und der zeitlichen Entwicklung der Gewölbebewegungen angebracht werden. Ohne diese zwei Elemente zu kennen, ist die technische Ausbildung des Gewölbes und der Sohle sowie die Ermittlung der Kosten und Bauzeiten mit einem hohen Grad von Unsicherheit behaftet.

### **Kostenschätzungen**

Als Grundlagen für die Kostenschätzung dienten wiederum Erfahrungswerte von Einheitspreisen und Installationsglobalen von abgeschlossenen Tunnel-sanierungen. Die Liste der ausgeführten Projekte mit den Erfahrungswerten liegt vor. Die ermittelten Vorausmasse des Projektes Sanierung Weissensteintunnel wurden mit den Erfahrungswerten der Einheitspreise multipliziert. Die Installationen sind mit 40% der Baukosten als Globalen eingesetzt worden. Diese Art der Kostenermittlung und die daraus folgende Genauigkeit können als dem Stand der Technik entsprechend bezeichnet werden.

- Der Kostenanstieg zwischen der Priorisierung 2012 und der vertieften Studie 2013 liegt in den unterschiedlichen Zielsetzungen. Während bei der Priorisierung 2012 nur die notwendigsten Arbeiten für einen sicheren Betrieb der nächsten 10 Jahre vorgesehen sind, geht die vertiefte Studie 2013 von einer Nutzungsdauer von mindestens 25 Jahre, resp., 25 + 25 Jahre, resp. 50 Jahre aus.

Die relativ kleinen Veränderungen der Totalkosten (2 bis 5 Mio. Fr.) zwischen der vertieften Studie 2013 und dem Management Summary (Entwurf) liegen in der unterschiedlichen Annahme des Sohlzustandes. Da dieser heute noch nicht bekannt ist, sind diese Differenzen für das weitere Vorgehen nicht relevant.

Die Kostenermittlungen der BLS Netz AG für die Bahntechnik und für die Baunebenkosten sind nicht Gegenstand des vorliegenden Berichtes. Sie müssen aber zwingend beim Vergleich der Kosten zwischen der Priorisierung 2012 und der vertieften Studie 2013 mit berücksichtigt werden.

### **Variantenbewertung und Empfehlung der Amberg Engineering AG**

Auch wenn die Kostenungenauigkeit ( $\pm 30\%$ ) noch relativ hoch ist, kann daraus die Bestvariante (Nutzungsdauer 50 Jahre) ermittelt werden. Auch durch die Verschiebung der Gewichte, Veränderungen von Kosten oder durch den Einbezug der Priorisierung 2012 ergibt sich keine andere Bestvariante.

Die Empfehlung der Amberg Engineering für die Weiterbearbeitung der Variante 3 (50 Jahre Nutzungsdauer) ist nachvollziehbar und folgerichtig.

### **Allgemeine Feststellung**

Aufgrund der Zustandsaufnahmen und der Bewertung ist der Weissensteintunnel allgemein in einem schlechten Zustand. Was auch immer der Grund gewesen sein mag, den Unterhalt des Gewölbes und der Sohle nicht im Umfang des Notwendigen vorgenommen zu haben (d.h. von der Substanz gelebt zu haben), muss dies nun heute nachgeholt werden und begründet im Wesentlichen die hohen Kosten.

## **8. Empfehlungen**

### **Definition der Kosten und deren Grundlagen**

- Die Priorisierung 2012 hatte eine andere Zielsetzung als die vertiefte Studie 2013. Die in den zwei Studien ausgewiesenen Kosten sind deshalb nicht vergleichbar. Zudem sind in diesen Kosten sachgerecht die Bahntechnik- und Baunebenkosten nicht enthalten. Die Bahntechnik- und Baunebenkosten sind aber in den Gesamtkosten-Tabellen der BLS

Netz AG berücksichtigt. Dies führte zu den vermeintlichen Kostensteigerungen und damit zu Missverständnissen.

### **Empfehlung 1**

Die BLS Netz AG und das AVT sollten vor weiteren Schritten alle zu erfassenden Kosten und deren Grundlagen gemeinsam definieren. Dabei soll auch über den Nutzen und die Bedeutung der während der Bearbeitung dieses Berichtes aufgetauchten Studie WAM vom März 1997 über den damaligen Zustand resp. den Sanierungsbedarf des Weissensteintunnels gemeinsam befunden werden.

### **Untersuchung Gewölbe und Sohle**

- Die Projektunterlagen von der Sondierungskampagne 2011 bis zur vertieften Studie 2013 sind nachvollziehbar und für eine Kostenschätzung mit der Genauigkeit von  $\pm 30\%$  entsprechen sie dem Stand der Technik. Bei den offenen Fragen der Unkenntnis der Sohle und den zeitlichen Entwicklungen der Gewölbebewegungen wäre eine Genauigkeit von  $-10\% + 30\%$  angemessen.

### **Empfehlung 2**

Aufgrund der Unkenntnis des Sohlzustandes und der zeitlichen Entwicklung der Gewölbebewegungen sollte kein Variantenentscheid für die Erneuerung oder sogar für die Schliessung des Weissensteintunnels gefällt werden. Es sind daher schnellstmöglich diese zwei wesentlichen Fragen zu klären.

### **Empfehlung 3**

Nach der Kenntnis des Sohlzustandes und der zeitlichen Entwicklung der Gewölbebewegungen ist der Auftrag zur Ueberarbeitung der vertieften Studie 2013 mit dem Ziel einer Kostenoptimierung und einer kleineren Kostengenauigkeit zu erteilen. Dabei wäre zu prüfen, ob eine Kosteneinsparung nicht auch durch eine Totalsperrung über die gesamte Bauzeit erreicht werden könnte.

Die im Laufe der Erstellung dieses Berichtes aufgetauchte Studie des Ingenieurbüros WAM vom März 1997 über den Zustand resp. den Sanierungsbedarf des Weissensteintunnels ist der Amberg Engineering AG auszuhändigen resp. in der Überarbeitung der vertieften Studie 2013 zu berücksichtigen. Die Zustandserfassung WAM namentlich der greifbaren

Fotodokumente soll dabei soweit möglich für die Beurteilung der Zustandsentwicklung des Gewölbes herangezogen werden.

### **Stilllegung und Rückbau**

- Die Projektdossiers sind logischerweise auf eine Sanierung/Erneuerung des Weissensteintunnels ausgerichtet. Sollte aber eine Erneuerung wegen zu hohen Kosten nicht in Frage kommen, so sollten die Kosten für die Stilllegung und den Rückbau der Strecke Solothurn-Moutier berechnet werden.

### **Empfehlung 4**

Die Stilllegungs- und Rückbaukosten der Strecke Solothurn – Moutier ermitteln und im Entscheid mit berücksichtigen.

### **Variantenentscheid**

- Ein möglicher Entscheid für die Variante 1 (25 Jahre Nutzungsdauer) hat infolge der relativ hohen Investitionskosten nur dann einen Sinn, wenn die spätere Verlängerung um 25 Jahre bereits heute als beschlossen oder doch als sehr wahrscheinlich gilt. Sollte dies nicht der Fall sein, so müsste in Kauf genommen werden, dass dannzumal nebst den Rückbaukosten sämtliche Sanierungskosten und die Kosten der Bahntechnik für die vergangenen 25 Jahre abgeschrieben werden müssten.

### **Empfehlung 5**

Die Wahl der Variante 1 (25 Jahre Nutzungsdauer) ist aus technischer Sicht nur dann sinnvoll, wenn heute die Finanzierung des Investitionsbetrages für eine Sanierung von einer Nutzungsdauer von 50 Jahren nicht möglich ist.

# Anhang

## Verzeichnis der abgegebenen Unterlagen

### a.) Sondierungskampagne 2011

Schlussbericht mit:

- Beilage 1: Fotodokumentation Zustandsaufnahme
- Beilage 2: Plan B136-0001 Begehung und Zustandsaufnahme
- Beilage 3: Fotodokumentation Bohrkerne
- Beilage 4: Zusammenfassung Sondierbohrungen
- Beilage 5: Bohrprotokolle
- Beilage 6: Plan B136-0005 Sondagen
- Beilage 7: Bericht Laboruntersuchungen Natursteinmauerwerk (BSL Baustofflabor AG)
- Beilage 8: Fotodokumentation Sondierschlitz
- Beilage 9: Plan B136-0004 Querprofile Sondierschlitz
- Beilage 10: Plan B136-0003 Lichtraumprofil EBV1 / S2
- Beilage 11: Profilauswertung vom 15.06.2011
- Beilage 12: Kanalfernsehaufnahmen (arpebieli AG)

### b.) Priorisierung 2012

Technischer Bericht mit:

- Beilage 1: Plan B136 0007 Priorisierung Gewölbe und Entwässerung
- Beilage 2: Zusammenstellung Instandsetzungsmassnahmen
- Beilage 3: Kostenschätzung
- Beilage 4: Rahmenterminprogramme
- Beilage 5: Schadensbilder Tunnelentwässerung
- Beilage 6: Schlussbericht Sondierungskampagne 2011



### **c.) Vertiefte Studien 2013**

Beurteilung Profilsituation mit:

- Beilage 1: Vergleich LRP EBV 1 / S2 (Sollwerte) konventionelle Fahrleitung und Stromschiene
- Beilage 2: Vergleich LRP EBV 1 / S2 (Sonderwerte) konventionelle Fahrleitung und Stromschiene
- Beilage 3: Vergleich LRP EBV 1 / S2 Soll- und Sonderwert
- Beilage 4: B136 / 0010A Lichtraumprofil EBV 1 / S2 Sollwert
- Beilage 5: B136 / 0011A Lichtraumprofil EBV 1 / S2 Sonderwert
- Beilage 6: Auswertung Schotterstärke
- Beilage 7: Unterlagen Furrer+Frey

### **d.) Vertiefte Studien 2013**

Technischer Bericht mit:

- Beilage 1: Nutzungsvereinbarung
- Beilage 2: Überblick Varianten und bauliche Massnahmen
- Beilage 3: Varianten Sohlenausführung
- Beilage 4.1: Bauprogramm Variante 1: 25 Jahre Nutzungsdauer
- Beilage 4.2: Bauprogramm Variante 2: 25 + 25 Jahre Nutzungsdauer
- Beilage 4.3: Bauprogramm Variante 3: 50 Jahre Nutzungsdauer
- Beilage 5.1: Kostenschätzung Variante 1: 25 Jahre Nutzungsdauer
- Beilage 5.2: Kostenschätzung Variante 2: 25 + 25 Jahre Nutzungsdauer
- Beilage 5.3: Kostenschätzung Variante 3: 50 Jahre Nutzungsdauer
- Beilage 6: B136-101 Lichtraumprofil EBV1 / S2 Sonderwerte
- Beilage 7: B136-103 Längenprofil und geologisches Profil
- Beilage 8: B136-104 schematischer Grundriss
- Beilage 9.1: B136-105.1 Querprofile Variante 1: 25 Jahre Nutzungsdauer
- Beilage 9.2: B136-105.2 Querprofile Variante 2: 25 + 25 Jahre Nutzungsdauer

Beilage 9.3: B136-105.3 Querprofile Variante 3: 50 Jahre Nutzungsdauer

**e.) Vertiefte Studien 2013**

Management Summary (Entwurf) mit:

Beilage 1: Kostenschätzung der Varianten