

			Tel.	Fax
8045	Zürich	Räffelstrasse 32, PF 5070	043-960 81 20	043-960 81 30
8820	Wädenswil	Seestrasse 203	043-960 81 90	043-960 81 99
8812	Horgen	Einsiedlerstrasse 155, PF 774	043-960 81 40	043-960 81 59

0148.3.16

**Etzelwerk AG**  
**Willerzeller Viadukt**  
**8847 Egg**

## **Stahlkonstruktion und Fahrbahnplattenuntersicht** **Zustandsuntersuchung und Massnahmenkonzept in Varianten**



## Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung.....	3
1 Allgemeines .....	4
1.1 Ausgangslage .....	4
1.2 Objektbeschreibung .....	4
1.3 Nutzung .....	6
1.4 Grundlagen.....	6
2 Zustandsuntersuchung .....	8
2.1 Vorgehen.....	8
2.2 Visuelle Inspektion .....	8
2.3 Aufnahme von Profilstärken und Korrosionsbereichen .....	12
2.4 Messungen am Korrosionsschutz.....	12
3 Zustandsbeurteilung .....	16
3.1 Beurteilungskriterien.....	16
3.2 Konstruktive und materialtechnologische Beurteilung der Stahlkonstruktion .....	18
3.3 Materialtechnologische Beurteilung des Korrosionsschutzes .....	19
3.4 Bauteilbezogene Zustandsbeurteilung .....	19
3.5 Prognose.....	23
4 Massnahmenkonzept in Varianten .....	24
4.1 Allgemeines .....	24
4.2 Variante 1: 10% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) – Restnutzungsdauer 15 Jahre .....	25
4.3 Variante 2: 40% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) – Restnutzungsdauer 25 Jahre .....	27
4.4 Variante 3: 100% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) – Restnutzungsdauer 25 Jahre .....	29
4.5 Variante 4: 100% Erneuerung Korrosionsschutz (C4) – Restnutzungsdauer 50 Jahre .....	31
4.6 Variante 5: Ersatz Überbau und Instandsetzung Unterbau – Restnutzungsdauer 75 Jahre .....	33
4.7 Variante 6: Ersatzbau – Nutzungsdauer 100 Jahre.....	34
4.8 Variantenvergleich .....	34
5 Empfehlung .....	35
Anhang A: Pläne bestehendes Bauwerk (Instandsetzung 2007)	
Anhang B: Zustandsbeurteilung Stahlkonstruktion	
Anhang C: Protokoll Zustandsuntersuchung	
Anhang D: Aufnahme der Profilstärken bei Joch 13 (Inspektionen 2009 und 2010)	
Anhang E: Analysen-Berichte zum bestehenden Korrosionsschutzanstrich	
Anhang F: Meldeformular Korrosionsschutzarbeiten an Objekten im Freien	

## Zusammenfassung

Die Notwendigkeit einer Instandsetzung des Willerzeller Viadukts wurde bereits in den Jahren 2002 bis 2005 im Rahmen diverser Zustandsuntersuchungen aufgezeigt. In einer ersten Etappe wurde im Jahr 2007 die oberseitige Konstruktion für eine Restnutzungsdauer von 15-20 Jahren instandgesetzt. Die Instandsetzung der unterseitigen Konstruktion wurde aufgrund der zum damaligen Zeitpunkt beschränkt verfügbaren finanziellen Mittel auf einen späteren Zeitpunkt verschoben. Im November 2011 wurde die Flückiger + Bosshard AG von der SBB AG (Eigentümer der Etzelwerk AG) mit einer umfassenden Zustandsuntersuchung des Willerzeller Viadukts und der Ausarbeitung eines Massnahmenkonzepts in Varianten als Entscheidungsgrundlage für die 2. Etappe der Instandsetzung beauftragt.

Die Resultate der Zustandsuntersuchung der Fahrbahnplattenuntersicht und der Stahlkonstruktion zeigen, dass sich insbesondere die Fahrbahnübergangsbereiche in einem schlechten Zustand befinden. Ohne Instandsetzung muss in diesen Bereichen in ca. 3 bis 5 Jahren mit sicherheitsrelevanten Schäden gerechnet werden. Um die Betriebssicherheit des über 75jährigen Willerzeller Viadukts auch in Zukunft gewährleisten zu können, sind Massnahmen an der Stahlkonstruktion, den Fahrbahnübergängen und der Fahrbahnplattenuntersicht unausweichlich. In Absprache mit dem Auftraggeber wurden folgende Varianten auf Konzeptstufe untersucht:

- Variante 1: 10% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) - Restnutzungsdauer 15 Jahre
- Variante 2: 40% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) - Restnutzungsdauer 25 Jahre
- Variante 3: 100% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) - Restnutzungsdauer 25 Jahre
- Variante 4: 100% Erneuerung Korrosionsschutz (C4) - Restnutzungsdauer 50 Jahre
- Variante 5: Ersatz Überbau und Instandsetzung Unterbau - Restnutzungsdauer 75 Jahre
- Variante 6: Ersatzbau - Nutzungsdauer 100 Jahre

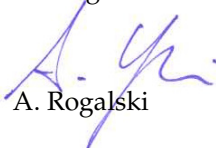
Aufgrund des guten Kosten / Nutzen – Verhältnisses wird eine Bauwerksinstandsetzung für eine Restnutzungsdauer von ca. 50 Jahren gemäss Variante 4 mit folgenden Massnahmen empfohlen:

- Vollflächiges Entfernen des schadstoffhaltigen Korrosionsschutzes von der unterseitigen Stahlkonstruktion bis auf Höhe Wasserspiegel und Aufbringen eines neuen 4-schichtigen Anstrichs (Erschliessung über Gerüst, dichte Einhausung erforderlich)
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen im Rahmen einer Vollsperrung
- Lokale Betoninstandsetzung an der Fahrbahnplattenuntersicht, an der Aussenansicht der Randborde und an den Widerlagern

Zur Gewährleistung der Qualitätsanforderungen sollte die Instandsetzung vorzugsweise in den Sommermonaten bzw. bei gemässigten Witterungsverhältnissen ausgeführt werden. Die geschätzten Gesamtkosten betragen Fr. 4.40 Mio (inkl. MwSt).

Zürich, 5. April 2012

Flückiger + Bosshard AG



A. Rogalski

## 1 Allgemeines

### 1.1 Ausgangslage

Die Notwendigkeit einer Instandsetzung des Willerzeller Viadukts wurde bereits in den Jahren 2002 bis 2005 im Rahmen diverser Zustandsuntersuchungen aufgezeigt. In einer ersten Etappe wurde im Jahr 2007 die oberseitige Konstruktion für eine Restnutzungsdauer von 15-20 Jahren instandgesetzt. Die Massnahmen umfassten eine Betoninstandsetzung der Fahrbahnplattenoberseite und der Randborde sowie einen Ersatz der Abdichtung und des Belags. Zudem wurden bei 3 Übergängen (Nr. 1 einfach, 13 doppelt und 14 einfach) die Dichtprofile versuchsweise ersetzt. Die Instandsetzung der unterseitigen Stahlkonstruktion, der Randbordaussenseite und der Fahrbahnplattenuntersicht wurde aufgrund der zum damaligen Zeitpunkt beschränkt verfügbaren finanziellen Mittel auf einen späteren Zeitpunkt verschoben (zweite Etappe der Instandsetzung).

Im Rahmen der durch die Flückiger + Bosshard AG im Jahr 2009 und zuletzt Ende Jahr 2010 durchgeführten Inspektionen der Brückenunterkonstruktion wurden zahlreiche Schadstellen festgestellt und es wurde die Schadensentwicklung in ausgewählten Bereichen beurteilt. Aufgrund der Resultate wurde eine Instandsetzung der Unterkonstruktion im Jahr 2012 empfohlen. Mit sicherheitsrelevanten Schäden, d.h. z.B. Querschnittsschwächungen an der Stahlkonstruktion muss voraussichtlich ab 2015 gerechnet werden.

Im November 2011 wurde die Flückiger + Bosshard AG von der SBB AG (Eigentümer der Etzelwerk AG) mit einer umfassenden Zustandsuntersuchung des Willerzeller Viadukts und der Ausarbeitung eines Massnahmenkonzepts in Varianten als Entscheidungsgrundlage für die 2. Etappe der Instandsetzung beauftragt.

### 1.2 Objektbeschreibung

Der Willerzeller Viadukt wurde in den Jahren 1935 / 1936 aufgrund von Konzessionsbedingungen von der Etzelwerk AG errichtet und dient der Ortsverbindung zwischen Einsiedeln und Willerzell. Das Bauwerk überbrückt den Sihlsee mit insgesamt 45 Feldern bei einer Regelspannweite von 25m und einer Spannweite von 20m bei den Endfeldern. Die Gesamtlänge der Brücke beträgt somit 1'115m. Der Überbau besteht aus zwei durchlaufenden Stahlträgern im Abstand von 3.20m, welche mit der Fahrbahnplatte aus Stahlbeton im Verbund wirken. Zwischen den Längsträgern sind in einem Abstand von 3.57m Querträger angeordnet. Die Gesamtbreite des Überbaus beträgt 5.0m und setzt sich zusammen aus 4.50m Fahrbahn und den seitlichen Randborden mit einer Breite von je 0.25m. Die Fahrbahnplatte verfügt über eine Stärke von 17.5cm in Fahrbahnmitte und 15cm am Fahrbahnrand (Dachgefälle). Zur Ermöglichung der Dilatation in Längsrichtung sind in 7 Feldern Gerbergelenke resp. eingehängte Träger mit einer Länge von je 13.90m angeordnet. Den Brückenunterbau bilden ausgefachte Stahljoche mit Längen zwischen 3.50m und 16.0m, welche auf Holzpfehlen fundiert sind.

Der Viadukt wurde ursprünglich für ein maximales Fahrzeuggewicht von 14t dimensioniert. Zu einem späteren Zeitpunkt (ca. 1968) wurde das Bauwerk auf der Grundlage der SIA-Normengeneration von 1956 überprüft. Seitdem ist die Nutzung der zweispurigen Fahrbahn beschränkt auf Fahrzeuge mit einem zulässigen Gesamtgewicht der Lastwagen bis 16t. Im Rahmen der Bauwerksüberprüfung im Jahr 2005 konnte eine Nutzung des Bauwerks durch Strassenverkehr bis 18t nachgewiesen werden. Durch die geringe Fahrbahnbreite ist das Kreuzen von Fahrzeugen auf der Brücke erschwert.

### Durchgeführte Sanierungsmassnahmen

1977:

- Ersatz der Fahrbahnübergänge
- Einbau einer Derbigum-Folie als Abdichtung
- Ersatz des einschichtigen Gussasphaltbelags durch einen zweischichtigen AB mit einer Gesamtstärke von 7cm
- Lokale Betoninstandsetzung der Fahrbahnplatte

1994:

- Instandsetzung der Fahrbahnträger und der Randborde
- Erneuerung des Korrosionsschutzes der Geländer und Montage einer Leitplanke

bis 2006:

- Lokale Betoninstandsetzungen der Randborde

2007:

- Vollflächige Betoninstandsetzung der Fahrbahnplattenoberseite
- Betoninstandsetzung der Randborde
- Erneuerung der Abdichtung mit PBD-Bahnen
- Ersatz des Fahrbahnbelags durch einen zweischichtigen Gussasphalt mit Gesamtdicke von 7.5cm
- Verguss der Randfugen

Die Pläne im Anhang A geben einen Überblick über das bestehende Bauwerk nach der Instandsetzung im Jahr 2007.

### 1.3 Nutzung

- Das Bauwerk wird durch Strassenverkehr bis 18t auf zwei Fahrspuren genutzt. Durch die geringe Fahrbahnbreite von 4.50m ist das Kreuzen von Fahrzeugen auf der Brücke erschwert.
- Eine erweiterte Nutzung durch 3-achsige Low-Entry-Busse KUB 2-2 mit einem Gesamtgewicht von 23.8t ist möglich (Überprüfung im Jahr 2009). Eine Kreuzung von Bussen auf der Brücke ist aufgrund der geometrischen Verhältnisse nicht möglich und aus statischen Gründen nicht zulässig.
- Das Bauwerk liegt nicht auf einer Route für Ausnahmetransporte

#### (Rest-) Nutzungsdauer

- |  |              |
|--|--------------|
| • Fahrbahnplattenoberseite (Instandsetzung 2007)                   | ca. 15 Jahre |
| • Fahrbahnplattenunterseite (Instandsetzung ausstehend)            | ca. 3 Jahre  |
| • Stahlkonstruktion / Korrosionsschutz (Instandsetzung ausstehend) | ca. 3 Jahre  |
| • Fahrbahnübergänge (Instandsetzung Dichtprofile ausstehend)       | ca. 3 Jahre  |
| • Geländer   | ca. 15 Jahre |
| • Abdichtung / Belag (Erneuerung 2007)                             | ca. 15 Jahre |

### 1.4 Grundlagen

#### Normen und Berichte

Bestehendes Bauwerk (Baujahr 1935/36):

- Verordnung (1913) Berechnung und Untersuchung der eisernen Brücken und Hochbauten der der Aufsicht des Bundes unterstellten Transportanstalten.
- Verordnung (1915) Eisenbetonbauten der der Aufsicht des Bundes unterstellten Transportanstalten.

Aktuelle Normen:

- SIA 260 (2003) Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 261 (2003) Einwirkungen auf Tragwerke
- SIA 261/1 (2003) Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen
- SIA 262 (2003) Betonbau
- SIA 262/1 (2003) Betonbau – Ergänzende Festlegungen
- SIA 263 (2003) Stahlbau
- SIA 263/1 (2003) Stahlbau – Ergänzende Festlegungen
- SIA 269 (2011) Erhaltung von Tragwerken

### Richtlinien und Dokumentationen

- Überprüfung bestehender Strassenbrücken mit aktualisierten Strassenlasten, ASTRA Dokumentation, 2006
- ICOM – Bericht 304 (1995), aktualisierte Lastmodelle zur Beurteilung der Tragsicherheit bestehender Strassenbrücken.

### Projektbezogene Grundlagen

- Besprechung mit Bauherrschaft am 22.03.2012
- Bericht FBAG Nr. 0148.3.15, Inspektion der Stahlkonstruktion und der Fahrbahnplattenuntersicht (Inspektion Nr. 3) vom 10.02.2011
- Bericht FBAG Nr. 0148.3.14, Inspektion der Stahlkonstruktion und der Fahrbahnplattenuntersicht (Inspektionen Nr. 1 und 2) vom 16.03.2010
- Bericht FBAG Nr. 0148.10.1, Statische Überprüfung für 3-achsige Low-Entry-Busse vom 28.07.2009
- Plan FBAG Nr. Nr. 0148.9.1, Querschnitte vom 08.06.2009
- Plan FBAG Nr. Nr. 0148.9.2, Fahrbahnübergänge vom 08.06.2009
- Plan FBAG Nr. Nr. 0148.9.3, Grundriss vom 26.06.2009
- Bericht FBAG Nr. 0148.9.4, Ausgeführtes Bauwerk vom 26.06.2009
- Bericht FBAG Nr. 0148.9.5, Nutzungsvereinbarung vom 26.06.2009
- Bericht FBAG Nr. 0148.9.6, Projektbasis vom 26.06.2009
- Bericht FBAG Nr. 0148.9.7, Überwachungs- und Unterhaltsplan vom 26.06.2009
- Bericht FBAG Nr. 0148.3.9, Erhaltungskonzept vom Dezember 2005
- Bericht FBAG Nr. 0148.3.10, Erhaltungskonzept, aktualisierte Fassung vom 16.05.2008
- Bauwerksakten des bestehenden Willerzeller Viadukts der Etzelwerk AG, Altendorf.

## 2 Zustandsuntersuchung

### 2.1 Vorgehen

Mit dem Ziel den Umfang der erforderlichen Massnahmen an der Stahlkonstruktion und an der Fahrbahnplattenuntersicht für die zweite Etappe der Instandsetzung definieren zu können, wurde am 23.11.2011 von einem Boot der Etzelwerk AG eine systematische visuelle Zustandsuntersuchung durchgeführt. Die festgestellten Schäden wurden feldweise und bauteilbezogen vor Ort beurteilt, fotografiert und in einem Protokoll festgehalten (siehe Anhang C und Kapitel 3). Zusätzlich wurden Messungen am Korrosionsschutz (Schichtdicke und Haftfestigkeit) durchgeführt. Folgende Bauteile wurden untersucht:

- Stahlkonstruktion: - LT / QT: Längsträger und Querträger
  - Joche (über dem Wasserspiegel)
  - Verbände
  - Geländer (Befestigung)
  - FÜ: Fahrbahnübergänge (inkl. Lager)
- Fahrbahnplattenuntersicht (inkl. Stirnseite der Randborde und Widerlager)

Darüber hinaus wurde die Brückenoberseite (Belag, Randfugen, Oberseite der Randborde und Geländer) am 22.03.2012 visuell inspiziert.

### 2.2 Visuelle Inspektion

Die Bilder auf den folgenden Seiten geben einen Überblick über die Schäden an der Stahlkonstruktion und an der Fahrbahnplattenuntersicht.





**Abb. 2.1** Alle Stahlbauteile zw. Achse 13 und 14, Beurteilung 3 bis 4, Rostaufreibungen



**Abb. 2.2** Längsträger zw. Achse 21 und 22, UWS, Beurteilung 3 bis 4, Rostaufreibungen



**Abb. 2.3** Längsträger zw. Achse 22 und 23, OWS, Beurteilung 3 bis 4, Rostaufreibungen



**Abb. 2.4** Längs- und Querträger zw. Achse 24 und 25, Beurteilung 3 bis 4, Rostaufreibungen



**Abb. 2.5** Randbereich bei FÜ 2 (Einfachprofil), OWS Korrosionsschäden 2010



**Abb. 2.6** Gerbergelenk bei FÜ 2 (fest) Korrosionsschäden 2010





**Abb. 2.7** Längsträger Feld 2, OWS, Beurteilung 3 bis 4, Rostaufreibungen und Betonschäden



**Abb. 2.8** Feld 1, Beurteilung 3 bis 4, Rostaufreibungen und Betonschäden



**Abb. 2.9** Alle Bauteile Feld 8, Beurteilung 3, oberflächliche, flächendeckende Korrosion



**Abb. 2.10** Alle Bauteile Feld 9, Beurteilung 3, oberflächliche, flächendeckende Korrosion



**Abb. 2.11** Alle Bauteile Feld 19, Beurteilung 3, oberflächliche, flächendeckende Korrosion



**Abb. 2.12** Längsträger Feld 20, Beurteilung 3, flächendeckende Korrosion





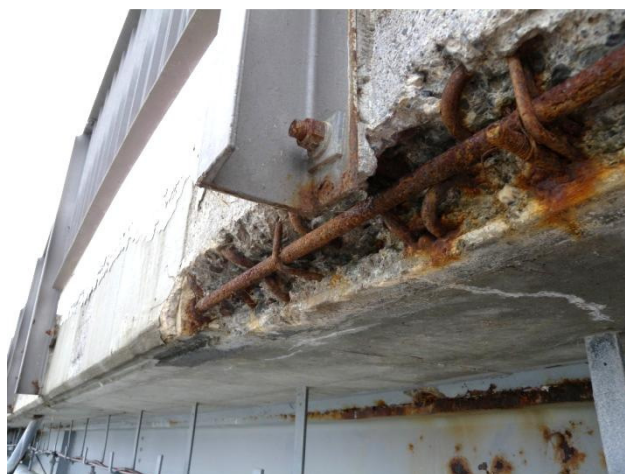
**Abb. 2.13** Verbände Feld 28, Beurteilung 3, flächen-  
deckende Korrosion



**Abb. 2.14** Fahrbahnplatte zw. FÜ WLE und Achse 1  
Betonschäden 2010



**Abb. 2.15** Randbord zw. Achse 1 und 2, UWS  
Betonschäden 2009



**Abb. 2.16** Randbord zw. Achse 1 und 2, UWS  
Freiliegende Bewehrung 2010



**Abb. 2.17** Konsole in Brückenmitte: Korrosions- und  
Betonschäden



**Abb. 2.18** Endauflager Seite Willerzell  
Korrosionsschäden 2010

### 2.3 Aufnahme von Profilstärken und Korrosionsbereichen

Die Aufnahme von Profilstärken und Korrosionsbereichen erfolgte bereits im Rahmen der Inspektionen in den Jahren 2009 und 2010. Die Resultate sind als Grundlagen für die Zustandsbeurteilung nachstehend nochmals aufgeführt (siehe auch Bericht FBAG Nr. 0148.3.15 vom 10.02.2011)

Die Resultate der Messungen im Bereich der Jochkonstruktion in Achse 13 (Seite Einsiedeln) sind im Anhang D festgehalten. Die Messungen der Profilstärken erfolgten mit einer Schieblehre in einem Abstand von ca. 5mm ab Profilrand.



**Abb. 2.19** Joch 13, Seite Einsiedeln  
Aufnahme von Korrosionsbereichen 2009



**Abb. 2.20** Joch 13, Seite Einsiedeln  
Aufnahme von Korrosionsbereichen 2010

### 2.4 Messungen am Korrosionsschutz

#### Schichtdicken

An den Stahlbauteilen wurden in ausgewählten und intakten Bereichen stichprobenartig über das gesamte Bauwerk verteilt die Restschichtdicken des Korrosionsschutzanstriches mit einem Schichtdickenmessgerät zerstörungsfrei kontrolliert. An den Längs- und Querträgern wurden Werte von 135  $\mu\text{m}$  bis 377  $\mu\text{m}$  gemessen, an den Jochen 153  $\mu\text{m}$  bis 468  $\mu\text{m}$  sowie an den Verbänden 154  $\mu\text{m}$  bis 352  $\mu\text{m}$ .

Am Querträger und an der Stütze der Jochkonstruktion in Achse 13 wurde im Rahmen der Inspektionen in den Jahren 2009 und 2010 die Schichtdicke des Korrosionsschutzanstriches mit einem Schichtdickenmessgerät zerstörungsfrei ermittelt. Die Resultate der statistischen Auswertung dieser Messungen sind nachfolgend zusammengestellt.

### Querträger Joch 13, Seite Einsiedeln (18 Messwerte)

Mittelwert 2009: 256  $\mu\text{m}$       Mittelwert 2010: 249  $\mu\text{m}$   
Minimum 2009: 201  $\mu\text{m}$       Minimum 2010: 200  $\mu\text{m}$   
Maximum 2009: 313  $\mu\text{m}$       Maximum 2010: 309  $\mu\text{m}$

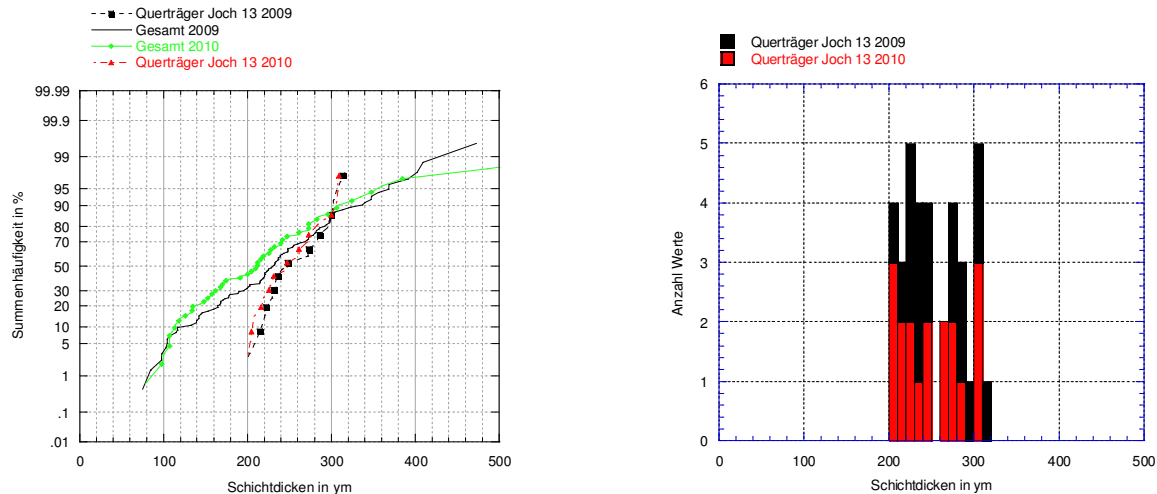


Abb. 2.21 Schichtdicken Querträger Joch 13, Seite Einsiedeln

### Stütze Joch 13, Oberwasserseite, Seite Einsiedeln (30 Messwerte)

Mittelwert 2009: 232  $\mu\text{m}$       Mittelwert 2010: 229  $\mu\text{m}$   
Minimum 2009: 140  $\mu\text{m}$       Minimum 2010: 133  $\mu\text{m}$   
Maximum 2009: 472  $\mu\text{m}$       Maximum 2010: 470  $\mu\text{m}$

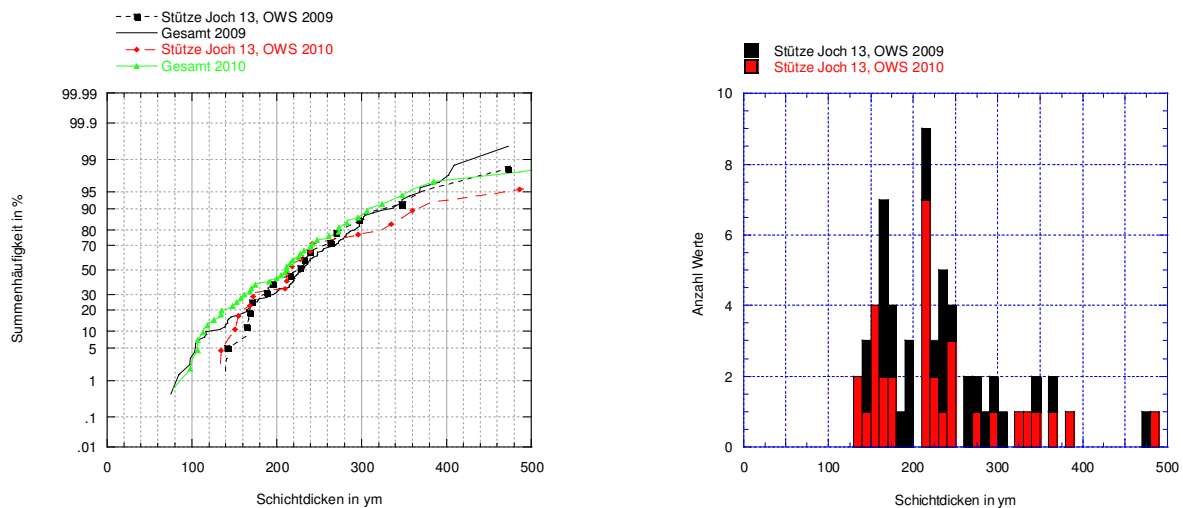
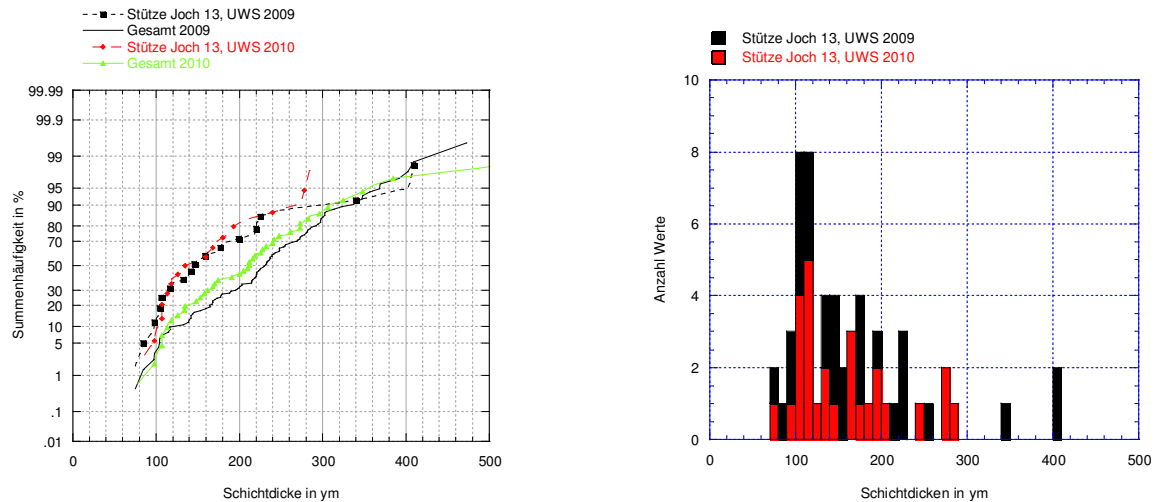


Abb. 2.22 Schichtdicken Stütze Joch 13, Oberwasserseite, Seite Einsiedeln



### Stütze Joch 13, Unterwasserseite, Seite Einsiedeln (30 Messwerte)

Mittelwert 2009: 172 $\mu\text{m}$	Mittelwert 2010: 156 $\mu\text{m}$
Minimum 2009: 75 $\mu\text{m}$	Minimum 2010: 75 $\mu\text{m}$
Maximum 2009: 409 $\mu\text{m}$	Maximum 2010: 285 $\mu\text{m}$






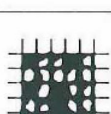
**Abb. 2.23** Schichtdicken Stütze Joch 13, Unterwasserseite, Seite Einsiedeln

Die Messwerte der einzelnen Bauteile variieren teilweise stark. Nach heutigem Standard (Mittelwert ca. 250 – 300  $\mu\text{m}$ ) sind die gemessenen Schichtdicken bereichsweise ungenügend. Die Messungen am Joch 13 zeigen, dass mit einer jährlichen Reduktion der Schichtdicke um 3 bis 16  $\mu\text{m}$  gerechnet werden muss.

## Haftfestigkeit

Die Haftfestigkeit des Korrosionsschutzes wurde in ausgewählten intakten Bereichen an zwei Längsträgern mit der Gitterschnittprüfung gemäss SN EN ISO 2409 kontrolliert. Es handelt sich um ein zerstörendes Verfahren zur Beurteilung der Haftung eines ein- oder mehrschichtigen Anstrichs auf seinem Untergrund. Gleichzeitig können damit auch Rückschlüsse auf die Sprödigkeit der Beschichtung gezogen werden. Der Gitterschnitt ist bei Beschichtungen bis 250µm Gesamtschichtdicke ausführbar.

Der „Gitterschnittkennwert“ (GT) wird entsprechend der Anzahl der abgeplatzten Quadrate und dem allgemeinen Erscheinungsbild gemäss folgender Tabelle zugeordnet:

Gitterschnitt-Kennwert	Beschreibung	Aussehen der Oberfläche im Bereich des Gitterschnittes, an der Abplatzen aufgetreten ist (Beispiel für je 6 parallele Schnitte)
0	Die Schnittländer sind vollkommen glatt; keines der Quadrate des Gitters ist abgeplatzt.	—
1	An den Schnittpunkten der Gitterlinien sind kleine Splitter der Beschichtung abgeplatzt. Abgeplatzte Fläche nicht wesentlich größer als 5 % der Gitterschnittfläche.	
2	Die Beschichtung ist längs der Schnittländer und/oder an den Schnittpunkten der Gitterlinien abgeplatzt. Abgeplatzte Fläche deutlich größer als 5 %, aber nicht wesentlich größer als 15 % der Gitterschnittfläche.	
3	Die Beschichtung ist längs der Schnittländer teilweise oder ganz in breiten Streifen abgeplatzt, und/oder einige Quadrate sind ganz oder teilweise abgeplatzt. Eine Gitterschnittfläche, die deutlich größer als 15 %, aber nicht wesentlich größer als 35 % ist, ist betroffen.	
4	Die Beschichtung ist längs der Schnittländer in breiten Streifen abgeplatzt, und/oder einige Quadrate sind ganz oder teilweise abgeplatzt. Eine Gitterschnittfläche, die deutlich größer als 35 %, aber nicht wesentlich größer als 65 % ist, ist betroffen.	
5	Jedes Abplatzen, das nicht mehr als Gitterschnitt-Kennwert 4 eingestuft werden kann.	

**Tabelle 2.1** Auswertung Gitterschnittprüfung

Die durchgeführten Gitterschnittprüfungen ergaben in den intakten Bereichen eine gute Haftung des Korrosionsschutzes zwischen den einzelnen Schichten und auf dem Stahluntergrund (GT 1).

## Chemische Analyse

Bereits im Jahr 2007 wurden 3 Proben des Korrosionsschutzes am Bauwerk entnommen (Träger, Fahrbahnübergang und Geländer) und auf ihren PCB-Gehalt (PCB = **P**oly**ch**lorierte **B**iphenyle) analysiert (s. Anhang E). Hierbei hat sich gezeigt, dass die unterseitige Stahlkonstruktion PCB-haltigen Korrosionsschutz aufweist, wohingegen der relativ neue Korrosionsschutz des Geländers (Erneuerung im Jahr 1994) PCB-frei ist.

Im Jahr 2009 wurden an einer Mischprobe des unterseitigen abblätternden Korrosionsschutzes nochmals eine PCB-Analyse sowie zusätzlich ein Schwermetall-Screening und ein Säureaufschluss zur Bestimmung des Quecksilberanteils durchgeführt. Die Analyse hat sowohl erhöhte PCB- als auch erhöhte Schwermetallanteile im bestehenden Korrosionsschutz der Stahlkonstruktion ergeben (s. Anhang E).

## 3 Zustandsbeurteilung

### 3.1 Beurteilungskriterien

Die Zustandsbeurteilung der einzelnen Bauteile wird gemäss ASTRA- Richtlinie „Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrasse“ mit der Zuordnung in folgende 5 Zustandsklassen vorgenommen:

Zustandsklasse	<table><tr><td>1</td><td>guter Zustand, keine / geringfügige Schäden</td></tr><tr><td>2</td><td>akzeptabler Zustand, unbedeutende Schäden</td></tr><tr><td>3</td><td>schadhafter Zustand, bedeutende Schäden</td></tr><tr><td>4</td><td>schlechter Zustand, grosse Schäden (Massnahmen erforderlich)</td></tr><tr><td>5</td><td>alarmierender Zustand, dringliche Massnahme</td></tr></table>	1	guter Zustand, keine / geringfügige Schäden	2	akzeptabler Zustand, unbedeutende Schäden	3	schadhafter Zustand, bedeutende Schäden	4	schlechter Zustand, grosse Schäden (Massnahmen erforderlich)	5	alarmierender Zustand, dringliche Massnahme
1	guter Zustand, keine / geringfügige Schäden										
2	akzeptabler Zustand, unbedeutende Schäden										
3	schadhafter Zustand, bedeutende Schäden										
4	schlechter Zustand, grosse Schäden (Massnahmen erforderlich)										
5	alarmierender Zustand, dringliche Massnahme										



Aus nachfolgender Tabelle ist ersichtlich, welche Zustandsmerkmale des Korrosionsschutzes und der Stahlbauteile im Rahmen der visuellen Zustandsaufnahme der Unterkonstruktion vom 23.11.2011 erfasst und wie sie bezüglich Schaden resp. Zustandsklasse beurteilt wurden. Das Resultat der visuellen Zustandsaufnahme der Unterkonstruktion ist im Schadensprotokoll im Anhang C und im Übersichtsplan im Anhang B festgehalten.

Oberbegriff	Zustandsmerkmal	Bezeichnung im Protokoll	Schadensbeurteilung
Verfärbungen am Korrosionsschutz	Rostfahnen / Rostflecken	Rf	3
	Verschmutzung	Vs	2
	Farbänderung	Fä	2
Abplatzungen (ohne, resp. mit beginnender Korrosion an den Stahlbauteilen)	Ablösen einzelner Schichten	Ab	3
	Kleine Abplatzungen, $D < 3\text{cm}$	A<3	2
	Grosse Abplatzungen, $> 3\text{cm}$	A>3	3
Korrosionsstellen Stahlbauteile	Vereinzelt kleine, $D < 3\text{cm}$	K	2
	Viele kleine, $D < 3\text{cm}$	Kkl	3
	Grosse, $D$ oder $L > 3\text{cm}$ ohne Rostauftreibung	Kgr	3
	Grosse, $D$ oder $L > 3\text{cm}$ mit Rostauftreibung	KgrA	4
Querschnittsverlust Stahlbauteile	Minimal (im Zehntelmillimeterbereich)	M	2
	Gering, $< 10\%$	G	3
	Gross, 10 bis 20 %	Gr	4
	Grösser 20 % (bei tragenden Bauteilen)	Gr > 20	5
Nieten / Schrauben	Risse um Niete / Schraube	Ri	4
	Fehlende / Lose (bei tragenden Bauteilen)	F	5

**Tabelle 3.1** Zustandsmerkmale Korrosionsschutz und Stahlkonstruktion

Für die übrigen Bauteile (Fahrbahnplatte, Randborde und Belag) wurden die Beurteilungskriterien entsprechend angepasst.

### 3.2 Konstruktive und materialtechnologische Beurteilung der Stahlkonstruktion

Der Zustand der Stahlkonstruktion hat sich seit der letzten Inspektion im Jahr 2010 im Rahmen der Erwartungen verschlechtert, d.h. die Korrosionsschäden an Längsträgern, Querträgern, Windverband, Fahrbahnübergängen, Lagern, Jochen und Geländern haben zugenommen.

Typischerweise sind an der Stahlkonstruktion Bereiche mit nahezu intaktem Korrosionsschutz und solche mit gravierenden Korrosionsschäden, sowie alle Abstufungen dazwischen, kleinräumig und teilweise auch stochastisch verteilt. In den angegriffenen Bereichen ist der Korrosionsschutz vollständig abgelöst, der freigelegte Stahl ist rostbedeckt. Teilweise erreichen die fest haftenden Rostschichten eine Dicke von 1mm bis 5mm und mehr. Der effektive Querschnittsverlust am Stahl ist schwierig abzuschätzen, dürfte aber in der Regel weniger als 1mm bzw. 20% betragen. Mit einer relevanten Querschnittsschwächung und Reduktion der Tragsicherheit der Stahlbauteile infolge Korrosion ist innerhalb der nächsten 3 Jahre nicht zu rechnen.

Zusammenfassend kann der Zustand der Stahlkonstruktion folgendermassen beurteilt werden:

Aktueller Zustand:

Zustand 3	schadhafter Zustand (bedeutende Schäden)	ca. 60% der Konstruktion
Zustand 3 bis 4	schadhafter bis schlechter Zustand	ca. 30% der Konstruktion
Zustand 4	schlechter Zustand (grosse Schäden)	ca. 10% der Konstruktion

Die Bereiche, welche sich flächig in einem schlechtem Zustand (Z4) befinden, beschränken sich auf die Fahrbahnübergangsbereiche. Diese Bereiche weisen Korrosion mit Rostaufreibungen und Querschnittsverlusten auf und sind die eigentlichen kritischen Stellen der Brücke bezüglich Dauerhaftigkeit. Dazu kommen noch die zwei Fahrbahnübergänge an den Brückenenden, an denen ähnliche Schäden in etwas geringerem Ausmass vorliegen. Die Hauptursache für den schlechten Zustand der Stahlkonstruktion im Bereich der Fahrbahnübergänge sind in erster Linie die undichten Dehnprofile und die ursprünglich schadhaften Belagsrandfugen, durch die während eines grossen Teils der bisherigen Nutzungsdauer teilweise chloridhaltiges Wasser von der Fahrbahn auf die darunter liegende Tragkonstruktion geflossen ist und dort gravierende Korrosionsschäden verursacht hat. Es kann jedoch angenommen werden, dass die Korrosionsgeschwindigkeit durch die Instandsetzung der Fahrbahnplatte im Jahr 2007 massgeblich reduziert wurde.

In Bereichen der Zustandsklasse 3 bis 4 wurden lediglich lokal grosse Schäden festgestellt. Mit der Erneuerung der Abdichtung und des Belags im Jahr 2007 konnten die Undichtigkeiten als wesentliche Schadensursache beseitigt werden. Infolge Tauwasserbildung und früheren Chlorideinlagerungen kann die Korrosion jedoch weiterhin voranschreiten. Als Gegenmassnahme bietet sich nur ein ausreichender Korrosionsschutz der Stahlkonstruktion an.

Bereiche der Zustandsklasse 3 zeichnen sich durch viele kleine Korrosionsstellen und Ablösung des Korrosionsschutzes aus. Der festgestellte Querschnittsverlust in diesen Bereichen ist vernachlässigbar. Diese Schäden sind im Wesentlichen auf Ausführungsmängel, beispielsweise lokal ungenügende Schichtdicke und/oder Haftung, zurückzuführen.

Die verwendeten niedrig legierten Fluss- bzw. Walzstähle korrodieren gleichmässig, in stark exponierten lokalen Bereichen muldenförmig. Sie sind, auch in chloridkontaminierte Umgebung, nicht durch lokale Korrosionsformen wie Lochfrass oder interkristalline Korrosion gefährdet. Ihr Bruchverhalten ist eher duktil. Das Versagen korrodierter Bauteile würde daher als Folge lokaler Querschnittsreduktionen und daraus folgender Überschreitung der Streckgrenze eintreten. Ein derartiger Schaden würde nicht plötzlich eintreten, sondern sich durch Verformungen der Bauteile ankündigen. Durch regelmässige visuelle Inspektionen der Tragkonstruktion und Einhaltung der Belastungsgrenzen kann ein überraschendes Versagen der Brücke praktisch ausgeschlossen werden.

Für die Verbindung der einzelnen Bauteile (auch für die Stösse der Längsträger) auf der Baustelle wurden vorwiegend Niete verwendet. Geschweisste Verbindungen kommen, soweit erkennbar, nur an werksseitig montierten Bauteilen (beispielsweise den Querträgern und als Flanschverstärkungen) vor. Die Niete sind vollzählig vorhanden und visuell weitgehend intakt. Einzelne Nietenköpfe weisen allerdings Korrosionsangriffe auf, die bei weiterem Wachstum die Funktion (Tragfähigkeit) einzelner Niete gefährden können.

### 3.3 Materialtechnologische Beurteilung des Korrosionsschutzes

Der vorhandene Korrosionsschutz auf der unterseitigen Stahlkonstruktion enthält gemäss der durchgeführten chemischen Analyse gesundheitsgefährdende Stoffe wie Schwermetalle und PCB (Polychlorierte Biphenyle). PCB sind äusserst problematische Stoffe, für die ein begründeter Verdacht auf krebserzeugendes Potential vorliegt, die eine hohe chronische Toxizität aufweisen, die sehr schlecht abbaubar sind und die sich in der Nahrungskette anreichern. Aus diesen Gründen wurde die Verwendung von PCB in den meisten Industriestaaten verboten (CH: 1972 Verbot für PCB in Publikums- und gewerblichen Produkten, 1. September 1986 Verbot für andere Produkte).

Für den Korrosionsschutz von bewitterten Stahlkonstruktionen bestehen keine Grenzwerte für die Gehalte an Schwermetallen und an PCB. Für die Entsorgung des Korrosionsschutzes bestehen hingegen in der TVA (Technische Verordnung über Abfälle, Stand 01.01.2010) verbindliche Grenzwerte. Die Grenzwerte für PCB, Blei und Zink gemäss TVA sind deutlich überschritten. Die Tatsache, dass die Lebensdauer des Korrosionsschutzes überschritten ist (Alter > 30 Jahre), hat in vielen Bereichen eine Ablösung und somit eine Kontamination des Sihlsees mit den darin enthaltenen Schadstoffen zur Folge.

Für eine Instandsetzung müssen bei einem PCB-Gehalt von mehr als 100 mg/kg (vorhanden: 3'900 mg/kg) in jedem Fall die technisch und betrieblich maximal möglichen Schutzmassnahmen (dichte Totaleinhausung, Unterdruck, Schutzanzüge für das Personal) zur Emissionsminderung durchgeführt werden (Klasse 1 gemäss BUWAL-Bericht „Umweltschutz bei Korrosionsschutzarbeiten“).

### 3.4 Bauteilbezogene Zustandsbeurteilung

Nachfolgend erfolgt eine bauteilbezogene Zustandsbeurteilung mit Schwerpunkt auf die Stahlkonstruktion. Diese Beurteilung beruht auf den Ergebnissen der visuellen Zustandsaufnahmen, den durchgeführten Messungen sowie den Resultaten der in den Jahren 2009 und 2010 durchgeführten Inspektionen.

### **Längs- und Querträger, Windverband**

**Zustand 3 bis 4**

Die Längs- und die Querträger sowie der Windverband sind in schadhaftem bis bereichsweise schlechtem Zustand. Korrosionsschäden treten vor allem an den oberen Flanschen, in etwas geringerem Ausmass an den unteren Flanschen, an den Verbindungsstellen zwischen Längs- und Querträger sowie an einzelnen der genieteten Stösse auf. An allen Bauteilen sind flächendeckend sehr viele kleine Korrosionsstellen vorhanden, die auf die grösstenteils ungenügende Gesamtschichtdicke und Haftung des Korrosionsschutzes zurückzuführen sein dürften.

In den unmittelbaren Umgebungen der Fahrbahnübergänge sind die Korrosionsschäden teilweise so weit fortgeschritten, dass die Tragsicherheit ohne Gegenmassnahmen voraussichtlich nur noch für die nächsten 3 bis 5 Jahre gewährleistet ist.

### **Fahrbahnübergänge**

**Zustand 4**

Bei der Mehrzahl der Fahrbahnübergänge erfüllen die Dichtprofile ihre Funktion nicht mehr. Dementsprechend befinden sich die zugehörigen Stahlprofile in einem schlechten Zustand und weisen deutliche Querschnittsverluste auf. Die Fahrbahnübergänge haben zwar keine primäre statische Funktion. Ihre Schwächung kann aber lokale Betonausbrüche aus der Fahrbahnplatte, auch beim neuen Beton, zur Folge haben, so dass die Gebrauchstauglichkeit nicht mehr gegeben ist. Der hauptsächliche Mangel der Fahrbahnübergänge besteht aber darin, dass weiterhin teilweise chloridhaltiges Wasser auf die Tragkonstruktion gelangt und deren lokale Korrosion verstärkt. Der Ersatz der defekten Dichtprofile ist deshalb unerlässlich, um die progressive Schadenentwicklung in diesen Bereichen aufzuhalten.

Bei 3 Fahrbahnübergängen der Einhängeträger sind anlässlich der Instandsetzung der Fahrbahnplatte 2007 die Dichtprofile ersetzt worden. Bei diesen Übergängen kann davon ausgegangen werden, dass sie in den nächsten Jahren dicht sind und sich die Schäden weniger rasch ausbreiten.

### **Lager**

**Zustand 4**

Die meisten Lager bei den Gerbergelenken der Längsträger sind in schlechtem Zustand. Die Gebrauchstauglichkeit und die Tragsicherheit der Lager sind durch die vorhandenen Korrosionsschäden aktuell noch nicht beeinträchtigt. Der Korrosionsschutzanstrich der Lager bei den Widerlagern ist in schadhaftem Zustand und es sind Korrosionsstellen vorhanden. Bei allen Lagern sind Massnahmen innerhalb der nächsten 3 Jahre angezeigt.

### Jochkonstruktion

### Zustand 3 (lokal 4)

Die inspizierten Bereiche der über dem Wasserspiegel liegenden Jochkonstruktionen sind grösstenteils in einem schadhafte Zustand. Die Jochquerträger sind häufig an den Kanten beider Flansche und an den vertikalen Aussteifungen korrodiert. An den Stegen liegen nur vereinzelte lokale Korrosionsschäden vor. Der auffällig schadhafte bis schlechte Zustand der oberen Jochkonstruktion in Achse 13 ist auf den bis zur Instandsetzung im Jahr 2007 sehr schlechten Zustand der Fahrbahnplatte und die mangelhafte oberseitige Abdichtung in diesem Bereich zurückzuführen. Mit der Instandsetzung wurde diese Schwachstelle, welche zu grösseren Durchbrüchen geführt hat, beseitigt. Trotz der beobachteten Korrosionsschäden ist die tragende Funktion des Jochs in Achse 13 momentan noch durch ausreichende Restquerschnitte gewährleistet.

Im oberen Stützenbereich ist der Korrosionsschutz bei zahlreichen Stützen weitgehend verbraucht, so dass die rostbedeckte Stahloberfläche grossflächig freiliegt. Relevante Querschnittsschwächungen infolge Korrosion oder mechanische Beschädigungen der Stützen z.B. durch Eisgang oder Kollision wurden nicht beobachtet.

Der installierte kathodische Korrosionsschutz schützt die Stützenbereiche, welche sich unterhalb des Wasserspiegels befinden. Da der Wasserspiegel innerhalb eines Jahres um bis zu 8m schwanken kann, ist auch die Schutzwirkung des kathodischen Korrosionsschutzes diesen Schwankungen unterworfen. Die Funktionstüchtigkeit des kathodischen Korrosionsschutzes wird gemäss Auskunft der Etzelwerk AG ca. alle 3 Monate durch einen Spezialisten kontrolliert.

Die in den Jahren 2000, 2001 und 2007 durchgeführten Setzungsmessungen ergaben Setzungen bzw. teilweise Hebungen im Millimeterbereich. Aufgrund dieser Resultate kann davon ausgegangen werden, dass die Fundation mit Holzpfehlen intakt ist.

### Fahrbahnplattenuntersicht

### Zustand 2 (lokal 3)

Die Untersicht der Fahrbahnplatte aus Stahlbeton ist meist in annehmbarem, lokal in schadhaftem Zustand. Die unterseitigen Betonflächen sind bei der letzten Instandsetzung im Jahr 2007 nicht verändert worden (mit Ausnahme des Durchbruchbereichs bei Joch 13). Da die Untersicht der Fahrbahnplatte nicht bewittert ist und auch keine relevante Sprühnebeleinwirkung vorliegt, erfolgte an intakten Betonoberflächen (ohne Risse, Kiesnester und andere Fehlstellen) keine Abwitterung. Auch in Bereichen, wo die anschliessenden Längs- und Querträger starke Korrosionsangriffe an den Flanschen aufweisen, ist die Betonoberfläche intakt.

Lokal zeigen sich Schwächungen der Fahrbahnplatte infolge Betonschäden. Bei Rissen und anderen lokalen Fehlstellen der Stahlbetonfahrbahnplatte liegen Ausblühungen, Aussinterungen und einzelne Abplatzungen vor. In Kiesnestern und nicht ausbetonierten Stellen liegen einzelne Bewehrungen frei, welche geringfügige Querschnittsverluste aufweisen. An anderen Stellen treten an der Untersicht Kunststoff- und Papierstücke zutage, mit denen anstelle einer Schalung das Ausfliessen des Reprofilierbetons während der Instandsetzung im Jahr 2007 verhindert wurde. Auch hier liegen teilweise Bewehrungen frei.

An einzelnen festgestellten lokalen Fehlstellen ist die Stärke der Fahrbahnplatte deutlich reduziert. Mittel- bis langfristig kann von solchen Schwachstellen Rissbildung im Beton, Abplatzungen und auch plastische Verformung der Bewehrungen ausgehen, was eine ausgedehnte Schwächung der Fahrbahnplatte zur Folge hat.

#### **Randbordunter- / aussenseite**

**Zustand 2 (lokal bis 4)**

Die Unter- und Aussenseiten der Randborde sind überwiegend in annehmbarem, lokal in schadhaftem Zustand. Die Aussenseite des Randbords im Feld 2, Seite Unterwasser, ist aufgrund der Betonabplatzungen und der freiliegenden Bewehrung in einem schlechten Zustand. Wenn schwere Fahrzeuge bei Kreuzungsmanövern auf das Randbord fahren, muss damit gerechnet werden, dass weitere Teile des Randbords an dieser Stelle abbrechen. Derartige Schäden können bei entsprechender Beanspruchung bereits in den nächsten Jahren eintreten und unter Umständen Personen unter der Brücke verletzen. Da das Randbord nur eine untergeordnete tragende Wirkung hat, ist die Tragsicherheit momentan nicht gefährdet. Massnahmen innerhalb der nächsten 3 Jahre sind angezeigt.

#### **Randbordoberseite**

**Zustand 2 (lokal 3)**

Die im Jahr 2007 instandgesetzte Randbordoberseite befindet sich überwiegend in einem annehmbaren Zustand. Die Oberfläche der Reprofilierung des unterwasserseitigen Randbords zwischen FÜ 8 und 9 ist jedoch stark abgewittert und somit schadhaft. Da sich das Schadensbild gegenüber der letzten Kontrolle vom 21. Mai 2010 nicht verändert hat, kann angenommen werden, dass die tieferen Schichten des Reprofilierbetons eine ausreichende Frost-/ Tausalzbeständigkeit und somit die geforderte Qualität aufweisen. Eine Instandsetzung wird als möglich und sinnvoll angesehen (Ausführung noch im Rahmen der Garantiarbeiten).

#### **Widerlager**

**Zustand 2 (lokal 3)**

Die Betonflächen der Widerlagermauern sind in annehmbarem bis lokal schadhaftem Zustand. Die Betonoberflächen der Widerlagermauern weisen an einigen Stellen Risse, lokale Korrosionsstellen und kleine Abplatzungen auf. Eine Ausbreitung der Betonschäden unwahrscheinlich. Der Betonanstrich ist rissig, abgewittert und blättert ab. Auf der Betonoberfläche sind stellenweise Graffiti vorhanden.

#### **Belag und Randfugen**

**Zustand 2**

Der Gussasphaltbelag und die Randfugen aus der Instandsetzung 1. Etappe im Jahr 2007 weisen keine visuell erkennbaren Schäden auf und sind somit in einem annehmbaren Zustand. Die Dichtigkeit im Fahrbahnplattenbereich ist offensichtlich gewährleistet.

#### **Geländer**

**Zustand 2 bis 3**

Das beidseitige Stahlgeländer mit Leitplankenprofil befindet sich in einem annehmbarem bis schadhaftem Zustand. Die Ankerplatten und die Verbunddübel auf der Randbordaussenseite weisen deutliche Korrosion auf. An den Kanten der Geländerprofile zeigt sich stellenweise leichte Korrosion. Die Funktion als Absturzsicherung ist aktuell noch gewährleistet.

## Entwässerung

**Zustand 2**

Die Brückenentwässerung ist in einem annehmbaren Zustand. Sie erfolgt frei in den Sihlsee über ein Dachgefälle in Querrichtung und über in die Randborde eingelegte Entwässerungsrohre.

## Werkleitungen

**Zustand 2**

Die Brücke ist Träger einer Wasserleitung zur Wasserversorgung Einsiedeln. Zur Beleuchtung des Bauwerks sind zudem unterwasserseitig Kandelaber mit entsprechender Stromzufuhr angeordnet. Die Werkleitungen befinden sich in einem annehmbaren Zustand.

### 3.5 Prognose

Ohne Instandsetzungsmassnahmen innerhalb der nächsten 15 Jahre muss damit gerechnet werden, dass sich die Schadensbereiche ausbreiten und sich der Zustand der Stahlkonstruktion um etwa eine halbe Klasse verschlechtert, d.h.:

Prognose in 15 Jahren:

Zustand 3	→	Zustand 3 bis 4	ca. 60% der Konstruktion
Zustand 3 bis 4	→	Zustand 4	ca. 30% der Konstruktion
Zustand 4	→	Zustand 4 bis 5	ca. 10% der Konstruktion

Die Schäden in den Bereichen, die sich aktuell in einem schlechten Zustand (Z4) befinden, werden in absehbarer Zeit (Zeitraum ca. 3 – 5 Jahre) sicherheitsrelevante Querschnittsverluste zur Folge haben, wodurch Sofortmassnahmen eingeleitet werden müssten. Für die übrigen Bereiche der Zustandsklassen 3 und 3 bis 4 sind notwendig werdende Massnahmen über einen Zeithorizont von 15 Jahren unwahrscheinlich.

## 4 Massnahmenkonzept in Varianten

### 4.1 Allgemeines

Die Brückenoberseite wurde im Jahr 2007 für eine Restnutzungsdauer von 15-20 Jahren instandgesetzt. Aktuell kann somit von einer Restnutzungsdauer von ca. 15 Jahren ausgegangen werden. Die Bauherrschaft hatte sich zum damaligen Zeitpunkt aufgrund beschränkter finanzieller Mittel und Unsicherheiten betreffend Verlängerung der seit 1937 bis 2017 laufenden Konzession zur Nutzung der Wasserkraft der Sihl im Kraftwerk der Etzelwerk AG zu Gunsten der SBB bewusst für eine minimale Instandsetzung der Fahrbahnplattenoberseite entschieden. Die Instandsetzung der unterseitigen Stahlkonstruktion, der Randbordaussen- und der Fahrbahnplattenuntersicht wurde auf einen späteren Zeitpunkt verschoben.

Die Resultate der Zustandsuntersuchung der Fahrbahnplattenuntersicht und der Stahlkonstruktion zeigen, dass sich insbesondere die Fahrbahnübergangsbereiche in einem schlechten Zustand befinden. Ohne Instandsetzung muss in diesen Bereichen in ca. 3 bis 5 Jahren mit sicherheitsrelevanten Schäden gerechnet werden. Um die Betriebssicherheit für eine Restnutzungsdauer von mindestens 15 Jahren analog zur Bauwerksoberseite gewährleisten zu können, sind Massnahmen an der Stahlkonstruktion, den Fahrbahnübergängen und der Fahrbahnplattenuntersicht zwingend. In Absprache mit dem Auftraggeber wurden folgende Varianten auf Konzeptstufe untersucht:

- Variante 1: 10% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) - Restnutzungsdauer 15 Jahre
- Variante 2: 40% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) - Restnutzungsdauer 25 Jahre
- Variante 3: 100% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) - Restnutzungsdauer 25 Jahre
- Variante 4: 100% Erneuerung Korrosionsschutz (C4) - Restnutzungsdauer 50 Jahre
- Variante 5: Ersatz Überbau und Instandsetzung Unterbau - Restnutzungsdauer 75 Jahre
- Variante 6: Ersatzbau - Nutzungsdauer 100 Jahre

Aufgrund der Schadstoffe im vorhandenen Korrosionsschutz sind bei Korrosionsschutzarbeiten vor Ort erhöhte Schutzmassnahmen, d.h. eine dichte Einhausung, erforderlich. Zusätzlich müssen die Gesamtstaub-, Blei- und PCB-Immission durch einen Fachmann überwacht werden.

Den Varianten 1 bis 4 liegen darüber hinaus folgende Annahmen zu Grunde:

- Nutzung bleibt unverändert (Lastbeschränkung auf 18t)
- Ausführung der Instandsetzung bis zum Jahr 2015
- Keine Brückenvollsperrung über einen längeren Zeitraum
- Brückenvollsperrung für ca. eine Woche für den Einbau der Dichtprofile



Da die Restnutzungsdauer des Überbaus auf ca. 15 Jahre beschränkt ist, muss bei den Varianten 1 bis 4 nach dieser Zeit eine Bauwerksüberprüfung durchgeführt werden, um zu beurteilen, ob eine Verlängerung der Restnutzungsdauer auf z.B. 50 Jahre möglich ist.

#### 4.2 Variante 1: 10% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) – Restnutzungsdauer 15 Jahre

Mit Variante 1 werden im Sinne einer Minimalvariante nur die Betonschäden an der Fahrbahnplattenunterseite instandgesetzt, die Dichtprofile ersetzt und an der Stahlkonstruktion wird lediglich der Korrosionsschutz in den Fahrbahnübergangsbereichen (inkl. Lager der Einhängeträger) erneuert. Das entspricht ca. 10% der Stahloberfläche (ca. 1000 m<sup>2</sup>). Der bestehende schadstoffhaltige Korrosionsschutz wird in diesen Bereichen komplett entfernt und es wird ein zweischichtiger neuer Anstrich für eine Restnutzungsdauer von 15 Jahren vorgesehen (Kategorie C3 aussen). In den übrigen Bereichen sind grundsätzlich keine Massnahmen an der Stahlkonstruktion vorgesehen, d.h. der bestehende Korrosionsschutz mit seinen zahlreichen lokalen Schadstellen wird auf 90% der Oberfläche nicht instandgesetzt, in der Annahme, dass eine sicherheitsrelevante Schädigung in diesen Bereichen in den kommenden 15 Jahren ausbleibt und anschliessend ein Abbruch des Bauwerks erfolgt. Bei Bedarf kann nach einer Nutzungsdauer von 15 Jahren überprüft werden, ob eine Verlängerung der Restnutzungsdauer möglich ist.

Kurz zusammengefasst sind gemäss Variante 1 folgende Massnahmen vorgesehen:

- Erneuerung des Korrosionsschutzes auf der Stahlkonstruktion im Bereich der Fahrbahnübergänge (ca. 10% der Stahloberfläche, 2-schichtiger Anstrich für Kategorie C3 aussen), Erschliessung über Ponton, lokal unterseitige Gerüste, lokal dichte Einhausung
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen im Rahmen einer Vollsperrung
- Lokale Betoninstandsetzung an der Fahrbahnplattenunterseite, an der Aussenansicht der Randborde und an den Widerlagern

Wenn die Beurteilung in ca. 15 Jahren ergibt, dass eine Verlängerung der Restnutzungsdauer möglich ist, muss mit folgenden zusätzlichen Instandsetzungsmassnahmen gerechnet werden:

- Erneuerung des gesamten Korrosionsschutzes auf der Stahlkonstruktion (Gerüst mit dichter Einhausung)
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen
- Randbordinstandsetzung (evtl. mit minimaler Verbreiterung)
- Erneuerung des Deckbelags und der Randfugen
- Instandsetzung der Geländer

Die nachfolgend aufgeführten Kosten für die Variante 1 zur Instandsetzung des Willerzeller Viadukts, 2. Etappe, wurden anhand von Richtpreisofferten und Erfahrungswerten geschätzt. Die Genauigkeit beträgt  $\pm 20\%$  (Preisbasis April 2012).

<b>A Baukosten Variante 1</b>		<b>Kosten [Fr.]</b>
113	Baustelleneinrichtung inkl. Ponton und Rettungsboot	105'000
114	Gerüste	200'000
131	Instandsetzung und Schutz von Betonbauten	130'000
151	Werkleitungen	10'000
244	Lager und Fahrbahnübergänge für Brücken	140'000
321	Montagebau in Stahl und Korrosionsschutz (ca. 10%)	200'000
Zwischentotal Baukosten A (exkl. MwSt.)		785'000
Unvorhergesehenes A (ca. 15%)		120'000
<b>Total Baukosten A (exkl. MwSt.)</b>		<b>905'000</b>
MwSt. 8.0% (gerundet)		70'000
<b>Total Baukosten A (inkl. MwSt.)</b>		<b>975'000</b>
<b>B</b>	<b>Verkehrsführung, Signalisation</b>	10'000
<b>C</b>	<b>Zustandsuntersuchung und Massnahmenkonzept</b>	20'000
<b>D</b>	<b>Projektierung, Bauleitung, Nebenkosten</b>	130'000
<b>E</b>	<b>Qualitätssicherung</b>	15'000
<b>F</b>	<b>Überwachung der Gesamtstaub-, Blei- und PCB-Immission</b>	125'000
Zwischentotal B – F (exkl. MwSt.)		300'000
Unvorhergesehenes B – F (ca. 15%)		45'000
<b>Total Kosten B – F (exkl. MwSt.)</b>		<b>345'000</b>
MwSt. 8.0% (gerundet)		30'000
<b>Total Kosten B – F (inkl. MwSt.)</b>		<b>375'000</b>
<b>Gesamtkosten A – F (inkl. MwSt.)</b>		<b>1'350'000</b>

#### 4.3 Variante 2: 40% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) – Restnutzungsdauer 25 Jahre

Variante 2 sieht eine Erneuerung des Korrosionsschutzes auf ca. 40% (ca. 4000m<sup>2</sup>) der Stahloberfläche vor. Die Massnahmen am Korrosionsschutz beschränken sich auf die Fahrbahnübergangsbereiche sowie zusätzlich jene Bereiche, welche lokal grosse Schäden aufweisen (Z3-4). Analog Variante 1 wird der bestehende Korrosionsschutz in diesen Bereichen komplett entfernt und es wird ein zweischichtiger neuer Anstrich für eine Restnutzungsdauer von ca. 25 Jahren aufgebracht (Kategorie C3 aussen). Die übrigen schadhaften Bereiche (Z3) werden nicht instandgesetzt, da eine sicherheitsrelevante Schädigung in den kommenden 25 Jahren nicht zu erwarten ist.

Kurz zusammengefasst sind gemäss Variante 2 folgende Massnahmen vorgesehen:

- Erneuerung des Korrosionsschutzes auf der Stahlkonstruktion im Bereich der Fahrbahnübergänge und zusätzlich in den Bereichen mit lokal grossen Schäden (ca. 40% der Stahloberfläche, 2-schichtiger Anstrich für Kategorie C3 aussen), Erschliessung über Ponton, lokal unterseitige Gerüste, lokal dichte Einhausung
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen im Rahmen einer Vollsperrung
- Lokale Betoninstandsetzung an der Fahrbahnplattenuntersicht, an der Aussenansicht der Randborde und an den Widerlagern

In ca. 15 bis 25 Jahren muss mit folgenden zusätzlichen Instandsetzungsmassnahmen gerechnet werden:

- Erneuerung des gesamten Korrosionsschutzes auf der Stahlkonstruktion (Gerüst mit dichter Einhausung)
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen
- Randbordinstandsetzung (evtl. mit minimaler Verbreiterung)
- Erneuerung des Deckbelags und der Randfugen
- Instandsetzung der Geländer

Die nachfolgend aufgeführten Kosten für die Variante 2 zur Instandsetzung des Willerzeller Viadukts, 2. Etappe, wurden anhand von Richtpreisofferten und Erfahrungswerten geschätzt. Die Genauigkeit beträgt  $\pm 20\%$  (Preisbasis April 2012).

<b>A Baukosten Variante 2</b>		<b>Kosten [Fr.]</b>
113	Baustelleneinrichtung inkl. Ponton und Rettungsboot	120'000
114	Gerüste	400'000
131	Instandsetzung und Schutz von Betonbauten	130'000
151	Werkleitungen	10'000
244	Lager und Fahrbahnübergänge für Brücken	140'000
321	Montagebau in Stahl und Korrosionsschutz (ca. 40%)	450'000
Zwischentotal Baukosten A (exkl. MwSt.)		1'250'000
Unvorhergesehenes A (ca. 15%)		185'000
<b>Total Baukosten A (exkl. MwSt.)</b>		<b>1'435'000</b>
MwSt. 8.0% (gerundet)		115'000
<b>Total Baukosten A (inkl. MwSt.)</b>		<b>1'550'000</b>
<b>B</b>	<b>Verkehrsführung, Signalisation</b>	15'000
<b>C</b>	<b>Zustandsuntersuchung und Massnahmenkonzept</b>	20'000
<b>D</b>	<b>Projektierung, Bauleitung, Nebenkosten</b>	180'000
<b>E</b>	<b>Qualitätssicherung</b>	20'000
<b>F</b>	<b>Überwachung der Gesamtstaub-, Blei- und PCB-Immission</b>	125'000
Zwischentotal B – F (exkl. MwSt.)		360'000
Unvorhergesehenes B – F (ca. 15%)		55'000
<b>Total Kosten B – F (exkl. MwSt.)</b>		<b>415'000</b>
MwSt. 8.0% (gerundet)		35'000
<b>Total Kosten B – F (inkl. MwSt.)</b>		<b>450'000</b>
<b>Gesamtkosten A – F (inkl. MwSt.)</b>		<b>2'000'000</b>

#### 4.4 Variante 3: 100% Erneuerung Korrosionsschutz (C3) – Restnutzungsdauer 25 Jahre

Variante 3 sieht vor, dass der bestehende PCB- und schwermetallhaltige Korrosionsschutz auf der gesamten Stahlkonstruktion (exkl. Geländer) entfernt und ein neuer zweischichtiger Anstrich für eine Restnutzungsdauer von ca. 25 Jahren (Kategorie C3 aussen) aufgebracht wird.

Kurz zusammengefasst sind gemäss Variante 3 folgende Massnahmen vorgesehen:

- Vollflächiges Entfernen des PCB- und schwermetallhaltigen Korrosionsschutzes von der unterseitigen Stahlkonstruktion und Aufbringen eines neuen Korrosionsschutzanstrichs (100% der unterseitigen Stahloberfläche, 2-schichtiger Anstrich für Kategorie C3 aussen), Erschliessung über Gerüst, dichte Einhausung
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen im Rahmen einer Vollsperrung
- Lokale Betoninstandsetzung an der Fahrbahnplattenuntersicht, an der Aussenansicht der Randborde und an den Widerlagern

In ca. 15 bis 25 Jahren muss mit folgenden zusätzlichen Instandsetzungsmassnahmen gerechnet werden:

- Erneuerung des gesamten Korrosionsschutzes auf der Stahlkonstruktion oder allenfalls lediglich zusätzlicher Anstrich
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen
- Randbordinstandsetzung (evtl. mit minimaler Verbreiterung)
- Erneuerung des Deckbelags und der Randfugen
- Instandsetzung der Geländer

Die nachfolgend aufgeführten Kosten für die Variante 3 zur Instandsetzung des Willerzeller Viadukts, 2. Etappe, wurden anhand von Richtpreisofferten und Erfahrungswerten geschätzt. Die Genauigkeit beträgt  $\pm 20\%$  (Preisbasis April 2012).

<b>A Baukosten Variante 3</b>		<b>Kosten [Fr.]</b>
113	Baustelleneinrichtung	70'000
114	Gerüste	1'010'000
131	Instandsetzung und Schutz von Betonbauten	130'000
151	Werkleitungen	10'000
244	Lager und Fahrbahnübergänge für Brücken	140'000
321	Montagebau in Stahl und Korrosionsschutz (100%)	1'100'000
Zwischentotal Baukosten A (exkl. MwSt.)		2'460'000
Unvorhergesehenes A (ca. 15%)		370'000
<b>Total Baukosten A (exkl. MwSt.)</b>		<b>2'830'000</b>
MwSt. 8.0% (gerundet)		230'000
<b>Total Baukosten A (inkl. MwSt.)</b>		<b>3'060'000</b>
<b>B</b>	<b>Verkehrsführung, Signalisation</b>	25'000
<b>C</b>	<b>Zustandsuntersuchung und Massnahmenkonzept</b>	20'000
<b>D</b>	<b>Projektierung, Bauleitung, Nebenkosten</b>	280'000
<b>E</b>	<b>Qualitätssicherung</b>	20'000
<b>F</b>	<b>Überwachung der Gesamtstaub-, Blei- und PCB-Immission</b>	130'000
Zwischentotal B – F (exkl. MwSt.)		475'000
Unvorhergesehenes B – F (ca. 15%)		70'000
<b>Total Kosten B – F (exkl. MwSt.)</b>		<b>545'000</b>
MwSt. 8.0% (gerundet)		45'000
<b>Total Kosten B – F (inkl. MwSt.)</b>		<b>590'000</b>
<b>Gesamtkosten A – F (inkl. MwSt.)</b>		<b>3'650'000</b>

#### 4.5 Variante 4: 100% Erneuerung Korrosionsschutz (C4) – Restnutzungsdauer 50 Jahre

Bei Variante 4 wird analog zur Variante 3 der bestehende schadstoffhaltige Korrosionsschutz auf der gesamten Stahlkonstruktion (exkl. Geländer) entfernt. Gegenüber Variante 3 werden jedoch 2 zusätzliche Zwischenanstriche für eine Restnutzungsdauer von ca. 50 Jahren vorgesehen (insgesamt vier Schichten für Kategorie C4).

Kurz zusammengefasst sind gemäss Variante 4 folgende Massnahmen vorgesehen:

- Vollflächiges Entfernen des PCB- und schwermetallhaltigen Korrosionsschutzes von der unterseitigen Stahlkonstruktion und Aufbringen eines neuen Korrosionsschutzanstrichs (100% der unterseitigen Stahloberfläche, 4-schichtiger Anstrich für Kategorie C4), Erschliessung über Gerüst, dichte Einhausung
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen im Rahmen einer Vollsperrung
- Lokale Betoninstandsetzung an der Fahrbahnplattenuntersicht, an der Aussenansicht der Randborde und an den Widerlagern

In ca. 15 bis 25 Jahren muss mit folgenden zusätzlichen Instandsetzungsmassnahmen gerechnet werden:

- Erneuerung des Deckanstrichs auf der Stahlkonstruktion
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen
- Randbordinstandsetzung (evtl. mit minimaler Verbreiterung)
- Erneuerung des Deckbelags und der Randfugen
- Instandsetzung der Geländer

Die nachfolgend aufgeführten Kosten für die Variante 4 zur Instandsetzung des Willerzeller Viadukts, 2. Etappe, wurden anhand von Richtpreisofferten und Erfahrungswerten geschätzt. Die Genauigkeit beträgt  $\pm 20\%$  (Preisbasis April 2012).

<b>A Baukosten Variante 4</b>		<b>Kosten [Fr.]</b>
113	Baustelleneinrichtung	70'000
114	Gerüste	1'010'000
131	Instandsetzung und Schutz von Betonbauten	130'000
151	Werkleitungen	10'000
244	Lager und Fahrbahnübergänge für Brücken	140'000
321	Montagebau in Stahl und Korrosionsschutz (100%)	1'710'000
Zwischentotal Baukosten A (exkl. MwSt.)		3'070'000
Unvorhergesehenes A (ca. 15%)		460'000
<b>Total Baukosten A (exkl. MwSt.)</b>		<b>3'530'000</b>
MwSt. 8.0% (gerundet)		280'000
<b>Total Baukosten A (inkl. MwSt.)</b>		<b>3'810'000</b>
<b>B</b>	<b>Verkehrsführung, Signalisation</b>	25'000
<b>C</b>	<b>Zustandsuntersuchung und Massnahmenkonzept</b>	20'000
<b>D</b>	<b>Projektierung, Bauleitung, Nebenkosten</b>	280'000
<b>E</b>	<b>Qualitätssicherung</b>	20'000
<b>F</b>	<b>Überwachung der Gesamtstaub-, Blei- und PCB-Immission</b>	130'000
Zwischentotal B – F (exkl. MwSt.)		475'000
Unvorhergesehenes B – F (ca. 15%)		70'000
<b>Total Kosten B – F (exkl. MwSt.)</b>		<b>545'000</b>
MwSt. 8.0% (gerundet)		45'000
<b>Total Kosten B – F (inkl. MwSt.)</b>		<b>590'000</b>
<b>Gesamtkosten A – F (inkl. MwSt.)</b>		<b>4'400'000</b>



#### 4.6 Variante 5: Ersatz Überbau und Instandsetzung Unterbau – Restnutzungsdauer 75 Jahre

Variante 5 sieht einen Abbruch und Neubau des Überbaus vor, während die Unterbauten erhalten bleiben. Der neue Überbau kann vor Ort erstellt oder zur Reduktion der Bauzeit, in welcher das Bauwerk nicht nutzbar ist, im Werk in Elementen vorgefertigt und anschliessend eingehoben werden. Um Verstärkungsmassnahmen an den Unterbauten möglichst zu vermeiden oder zu minimieren, sollte für den neuen Überbau eine leichte Konstruktion gewählt werden (z.B. Stahlbetonverbundbauweise analog dem bestehenden Bauwerk). Bei einer Vergrösserung der Nutzbreite auf über 5.0m und/oder bei einer gewünschten Nutzung durch unbeschränkten Strassenverkehr bis 40t müssen die Unterbauten voraussichtlich verstärkt werden. Mit der Variante 5 kann eine Restnutzungsdauer von etwa 75 Jahren erreicht werden.

Kurz zusammengefasst ergeben sich folgende Massnahmen:

- Abbruch des bestehenden Überbaus
- Erstellen eines neuen Überbaus mit Nutzbreite bis 5.0m für zweispurigen Strassenverkehr bis 18t
- Erneuerung des Korrosionsschutzes auf den Unterbauten

Es kann davon ausgegangen werden, dass nach ca. 25 Jahren eine Bauwerksinstandsetzung erforderlich wird.

Die Kosten der Variante 5 werden mit einer Genauigkeit von  $\pm 30\%$  grob abgeschätzt:

Abbruch Überbau (ca. 5'000m <sup>2</sup> x Fr. 700)	ca. Fr. 3.5 Mio
Neubau Überbau (ca. 6'000m <sup>2</sup> x Fr. 3'000)	ca. Fr. 18.0 Mio
Instandsetzung Unterbauten	ca. Fr. 1.5 Mio
<b>Gesamtkosten Variante 5 (inkl. MwSt.)</b>	<b>ca. Fr. 23.0 Mio</b>

#### 4.7 Variante 6: Ersatzbau – Nutzungsdauer 100 Jahre

Bei Variante 6 handelt es sich um Ersatzbau, welcher betreffend der Nutzung mit dem bestehenden Viadukt vergleichbar ist. Die Tragkonstruktion kann allerdings ohne relevante Mehrkosten für 2 – spurigen unbeschränkten Strassenverkehr bis 40to ausgelegt werden. Bei einer Verbreiterung müssen entsprechend höhere Kosten berücksichtigt werden. Da schlechte Baugrundverhältnisse vorliegen, muss eine Pfahlfundation vorgesehen werden. Aus wirtschaftlichen Überlegungen sollten die Stützenabstände analog dem bestehenden Bauwerk gewählt werden (Stützweite ca. 25m bis 30m). Für eine permanente Aufrechterhaltung der Verkehrsverbindung während der Bauzeit, kann der Neubau unmittelbar neben dem bestehenden Viadukt errichtet werden. Nach Inbetriebnahme des Neubaus erfolgt der Abbruch der alten Brücke.

Kurz zusammengefasst ergeben sich für Variante 6 folgende Massnahmen:

- Erstellung der neuen Unterbauten mit Pfahlfundation
- Erstellen des neuen Überbaus mit Nutzbreite bis 5.0m für zweispurigen unbeschränkten Strassenverkehr bis 40to
- Abbruch des bestehenden Viadukts

Es kann davon ausgegangen werden, dass nach ca. 25 Jahren eine erste Bauwerksinstandsetzung erforderlich wird.

Die Kosten der Variante 6 werden mit einer Genauigkeit von  $\pm 30\%$  grob abgeschätzt:

Abbruch bis OK Fundament (ca. 5'000m <sup>2</sup> x Fr. 1'000)	ca. Fr. 5.0 Mio
Neubau (ca. 6'000m <sup>2</sup> x Fr. 5'000)	ca. Fr. 30.0 Mio
<b>Gesamtkosten Variante 6 (inkl. MwSt.)</b>	<b>ca. Fr. 35.0 Mio</b>

#### 4.8 Variantenvergleich

Variante	Massnahme	Restnutzungs- dauer	Nutzung / Nutzbreite	Kosten	Bemerkungen
1	Teilinstand- setzung	15 Jahre	2 - spurig bis 18to / 4.50 m	1.35 Mio	Abbruch nach ca. 15 Jahren
2		25 Jahre		2.00 Mio	Überprüfung und Instand- setzung nach ca. 15 - 25 Jahren
3	Instandsetzung			3.65 Mio	
4		50 Jahre		4.40 Mio	
5	Ersatz Überbau und Instandset- zung Unterbau	75 Jahre	2 - spurig bis 18to (evtl. bis 40to)/ > 4.50 m	23.0 Mio	Überprüfung und Instandset- zung nach > 25 Jahren
6	Totalersatz	100 Jahre	2 - spurig bis 40to/ > 4.50 m	35.0 Mio	

## 5 Empfehlung

Um die Betriebssicherheit des über 75jährigen Willerzeller Viadukts auch in Zukunft gewährleisten zu können, sind Massnahmen an der Stahlkonstruktion, den Fahrbahnübergängen und der Fahrbahnplattenunterseite unausweichlich.

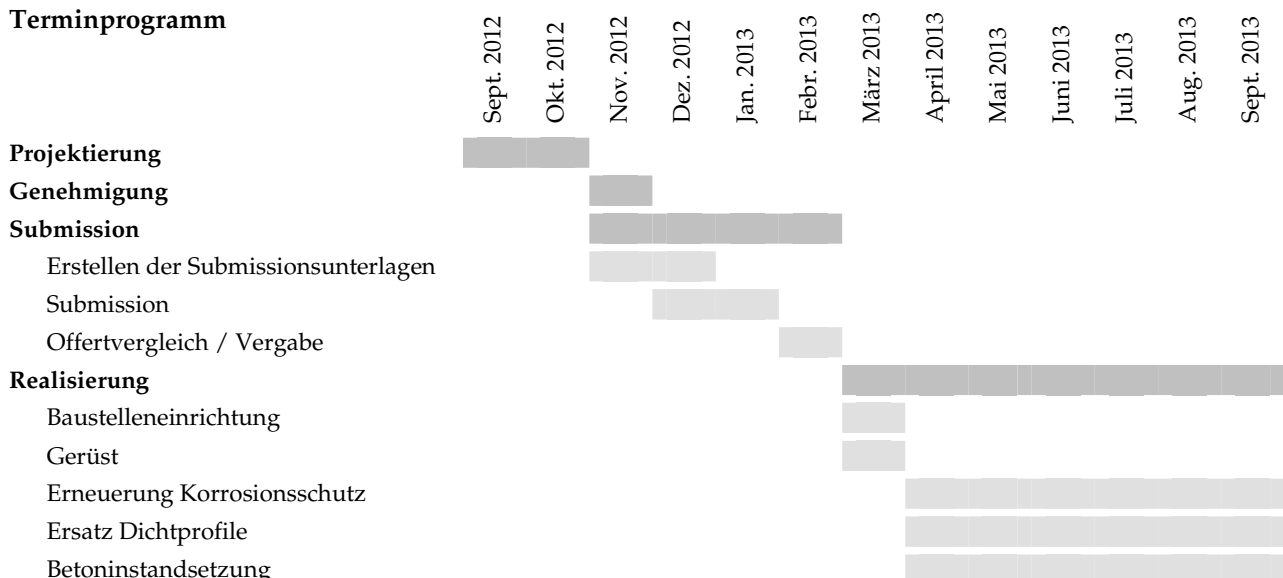
Aufgrund des guten Kosten / Nutzen – Verhältnisses wird eine Bauwerksinstandsetzung für eine Restnutzungsdauer von ca. 50 Jahren gemäss Variante 4 mit folgenden Massnahmen empfohlen:

- Vollflächiges Entfernen des schadstoffhaltigen Korrosionsschutzes von der unterseitigen Stahlkonstruktion bis auf Höhe Wasserspiegel und Aufbringen eines neuen 4-schichtigen Anstrichs (Erschliessung über Gerüst, dichte Einhausung erforderlich)
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen im Rahmen einer Vollsperrung
- Lokale Betoninstandsetzung an der Fahrbahnplattenunterseite, an der Aussenansicht der Randborde und an den Widerlagern

Aufgrund der Resultate der Zustandsuntersuchung müssen keine Sofortmassnahmen ergriffen werden. Die empfohlenen Massnahmen sollten aber bis zum Jahr 2015 umgesetzt werden, da in ca. 3 bis 5 Jahren mit sicherheitsrelevanten Schäden gerechnet werden muss. Weiterhin sprechen Umweltaspekte (PCB- und schwermetallhaltiger Korrosionsschutz) für eine rasche Ausführung der Instandsetzung. Eine Aufschiebung hätte eine Erhöhung der Kosten zur Folge (Fortschreiten der Schädigung, zusätzlicher Aufwand für die Bauwerksüberwachung, evtl. Massnahmen zur Querschnittsverstärkung, evtl. höhere Anforderungen bei der Entsorgung des schadstoffhaltigen Korrosionsschutzes etc).

Zur Gewährleistung der Qualitätsanforderungen sollte die Instandsetzung vorzugsweise in den Sommermonaten bzw. bei gemässigten Witterungsverhältnissen ausgeführt werden. Der erforderliche Zeitbedarf für die Phasen Projektierung, Submission und Realisierung ist nachfolgend aufgezeigt.

### Terminprogramm



Die Realisierung sollte aus wirtschaftlichen Gründen möglichst innerhalb eines Jahres bzw. einer Saison erfolgen. Eine etappierte Ausführung mit Winterpause ist jedoch auch denkbar.

Bis zur Ausführung der Massnahmen wird eine jährliche Inspektion der festgestellten Schwachstellen empfohlen (Beobachtungsmethode), um den Schädigungsfortschritt beurteilen und allenfalls Sofortmassnahmen ergreifen zu können. Durch regelmässige visuelle Inspektionen der Tragkonstruktion (und Einhaltung der Belastungsgrenzen) kann ein überraschendes Versagen der Brücke verhindert werden.

Ca. 15 Jahre nach erfolgter Instandsetzung wird eine Bauwerksüberprüfung auf Basis der dann gültigen Normen empfohlen, um zu beurteilen, ob eine Verlängerung der Restnutzungsdauer auf 50 Jahre ohne grössere bauliche Eingriffe möglich ist. Bei unveränderter Nutzung muss in ca. 15 bis 25 Jahren mit folgenden zusätzlichen Instandsetzungsmassnahmen gerechnet werden:

- Erneuerung des Deckanstrichs auf der Stahlkonstruktion
- Ersatz der Dichtprofile bei den Fahrbahnübergängen
- Randbordinstandsetzung (allenfalls mit minimaler Verbreiterung)
- Erneuerung des Deckbelags und der Randfugen
- Instandsetzung der Geländer

Falls sich zu einem späteren Zeitpunkt das Bedürfnis nach einer intensiveren Nutzung, z.B. durch unbeschränkten 2-spurigen 40t0-Strassenverkehr ergibt, kann auf die Varianten 5 (Ersatz Überbau) oder 6 (Totalersatz) zurückgegriffen werden. Allenfalls kann auch eine reduzierte Nutzung, z.B. durch ausschliesslich nichtmotorisierten Verkehr, in Betracht gezogen werden.

## **Anhang A: Pläne bestehendes Bauwerk (Instandsetzung 2007)**

- **Grundriss 1:500**
- **Querschnitt 1:25**
- **Detail Brückenrand 1:5**
- **Fahrbahnübergänge 1:5**

## Anhang B: Zustandsbeurteilung Stahlkonstruktion

- Übersicht 1:500

## Anhang C: Protokoll Zustandsuntersuchung vom 23.11.2011



**Anhang D: Aufnahme der Profilstärken bei Joch 13, Seite Einsiedeln  
(Inspektionen 2009 und 2010)**

**Anhang E: Analysen-Berichte zum bestehenden Korrosionsschutzanstrich**

- **Bericht BMG AG Nr. A09-01357 vom 01.09.2009**
- **Bericht BMG AG Nr. 1043-07 vom 18.07.2007**

**Anhang F: Meldeformular Korrosionsschutzarbeiten an Objekten im Freien  
(verschickt an Amt für Umweltschutz, Schwyz am 24.02.2012)**