



Flurlingerbrücke «Eiserner Steg»

8247 Flurlingen

Instandsetzung

Technischer Bericht



WÜST RELSTAB SCHMID AG
DIPL. BAUINGENIEURE ETH/SIA



CH-8200 Schaffhausen Moserstrasse 27
T +41 52 630 04 10 www.wrs-ing.ch

Dokument-/Plan-Nr

5976-101

	Erstellt	Index A	Index B	Index C	Index D	Format	A4
Datum	16.02.2023					Masstab	-
Gez.	SB/DP					W:\Projekte\5000\5976 Flurlingerbrücke Eisensteg\01 Administration\04 Berichte\5976-Instandsetzungsbericht.docx	
Gepr.	DS						

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Objektbeschrieb	1
1.2	Anlass	1
1.3	Vorgehen.....	1
2	Soll / Ziel-Situation	2
3	Zustandsuntersuchung	2
3.1	Visuelle Zustandserfassung.....	2
3.2	Statische Überprüfung	3
3.2.1	Einwirkungen	3
3.2.2	Berechnung	3
3.2.3	Ergebnisse.....	4
3.2.4	Anprallsicherheit	4
3.3	Sofortmassnahmen	5
3.4	Zusätzliche visuelle Zustandserfassung Gelenke.....	5
4	Zustandsanalyse und Sofortmassnahmen	6
4.1	Zustandsanalyse	6
4.2	Sofortmassnahmen	7
5	Variantenstudie Instandsetzung und Umnutzung	7
5.1	Variante A: Nullvariante	7
5.2	Variante B: Instandsetzung und Restnutzung Langsamverkehr	8
5.3	Variante C: Instandsetzung und Restnutzung wie bisher	9
5.4	Variante D: Neubau	10
6	Technischer Vergleich der Instandstellungsvarianten	11
6.1	Vor- und Nachteile.....	11
6.2	Empfehlung	11
7	Anhang	11

1 Einleitung

1.1 Objektbeschreibung

Der «Eiserne Steg» überspannt den Rhein zwischen Flurlingen und Neuhausen am Rheinfall. Die Brücke weist beidseitig einen Geh- und Radweg auf und in der Mitte verläuft eine einspurige Fahrbahn, die durch eine Lichtsignalanlage gesteuert wird. Das Bauwerk wurde 1921 erstellt und seither wiederholt saniert und instand gestellt.

Situation Swisstopo 2022:



1.2 Anlass

Anlässlich der zahlreichen Korrosionsprobleme wurde das Ingenieurbüro Wüst Rellstab Schmid AG Ende November 2021 beauftragt, eine Studie über den Zustand und die Restlebensdauer des Eisernen Stegs zu erstellen. Dazu gehört auch eine statische Abklärung über die Belastbarkeit der Brücke.

1.3 Vorgehen

Anfangs 2022 wurde der Eiserner Steg einer optischen Prüfung unterzogen. Dabei wurden die Widerlager, Mittelpfeiler, Lager und sämtliche Profile vom Boot und vom Land aus untersucht.

Es wurde ausserdem eine statische Untersuchung auf Grundlage der Bestandspläne sowie den aktuell gültigen SIA-Normen durchgeführt.

Aufgrund der Untersuchungen wurden Sofortmassnahmen eingeleitet, um die Auflager auf der Seite Neuhausen sowie Flurlingen zu ersetzen. Während dieser Zeit konnten auch die Gelenkknoten untersucht und daraus Instandhaltungs- und Sanierungsmassnahmen ausgearbeitet werden.

2 Soll / Ziel-Situation

Die vorliegende Studie über den Zustand und die Restlebensdauer des Eisernen Stegs dient als Entscheidungsgrundlage, wie es mit der Brücke zwischen Flurlingen und Neuhausen weitergehen soll.

3 Zustandsuntersuchung

3.1 Visuelle Zustandserfassung

Anfang 2022 wurde der Flurlingersteg einer visuellen Prüfung unterzogen. Dazu fand eine Begehung per Boot zur Begutachtung der Brückenuntersicht statt sowie eine Fussbegehung der Widerlager und der Fahrbahn/Stege.

Bei der Zustandserfassung wurden diverse Korrosionsschäden festgestellt.

Wie auf dem nebenstehenden Foto zu sehen ist sind die Lager auf beiden Seiten in einem schlechten Zustand. Sie sind sehr stark korrodiert und nicht mehr funktionsfähig. Die gesamte Brücke liegt nicht mehr auf den Lagern auf, sondern überträgt die Lasten über die Zugbänder in das Widerlager.



Abb: 1 Lager Neuhausen

Vor allem auf der Seite Neuhausen bleibt viel Laub und Schmutz unter dem Widerlager liegen, da verschiedene Schächte bis knapp unter die Stahlfachwerkstruktur erstellt worden sind. Es wird vermutet, dass im Laufe der Jahre diese Schächte

und die Umgebung auf der Seite Neuhausen angepasst wurde und seither ist der Zugang zu den Lagern erschwert und Erde, Laub und Wasser bleibt liegen.

Die Fussgängerstege waren ursprünglich nicht Teil der Brückenkonstruktion, sie wurden nachträglich an der Hauptkonstruktion befestigt. Vor allem bei den Übergängen der Fussgängerstege an die Hauptbrücke sind die Anschlüsse stark korrodiert. Auch die Wasserabläufe auf den Fussgängerstege sind stark von Korrosionsschäden betroffen.

Die detaillierten Erkenntnisse wurden durch Fotos festgehalten und in einem Schadensplan dokumentiert. Der Schadensplan (siehe Anhang) zeigt die kritischen Stellen auf. In der Fotodokumentation (siehe Anhang) sind die Schäden visuell zusammengefasst.

3.2 Statische Überprüfung

Zur Beurteilung der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit wurde die Brücke statisch überprüft. Dabei wurde gemäss den Normen SIA 269ff vorgegangen. Nachfolgend werden die wichtigsten Berechnungsgrundlagen und Ergebnisse aufgezeigt.

3.2.1 Einwirkungen

Berücksichtigte ständige Einwirkungen	Beschreibung
Eigenlast	Stahlprofile gemäss Stabmodell
Auflasten	Fahrbahnblech, Geländer, Belag
Berücksichtigte veränderliche Einwirkungen	Beschreibung
Strassenverkehr	Lastmodell 1 (reduziert gemäss Beschilderung)
Langsamverkehr	Menschengedränge (reduziert)
Wind	Winddruck mittels genauer Ermittlung Windangriffsfläche

Die Lastbeiwerte zur Berechnung der Einwirkungskombinationen wurden entsprechend den Vorgaben in SIA 261 und SIA 269 bestimmt.

3.2.2 Berechnung

Zur Bestimmung der Schnittgrössen, Auflagerkräfte und Stahlspannungen wurde die komplette Brücke als 3D-Stabmodell in Statik 8 (Cubus Software) eingegeben. Die berechneten Stabkräfte wurden mittels Handrechnung überprüft.

Durchgeführte Nachweise	Beschreibung
Spannungsnachweise Grenzwertspannung	Alle Stahlprofile gemäss Querschnittseingabe im Statikprogramm
Stabilitätsnachweis Druckgurte	Knicken aus der Ebene für Fachwerkgurte gemäss SIA 263
Stabilitätsnachweis Einzelstäbe	Knicken in der Ebene und aus der Ebene für alle Druckstreben und Gurte
Durchbiegung	Verschiebungsgrenzwerte für häufige und quasi-ständige Lastkombinationen
Auflagerreaktionen	Ermittlung der Lagerkräfte

3.2.3 Ergebnisse

Ergebnisse	Bemerkungen
Die Tragsicherheit ist gewährleistet	Spannungsnachweise: Stützen massgebend mit Erfüllungsgrad 1.43 Stabilitätsnachweise: eine Strebe hat einen Erfüllungsgrad von 0.98, dieser wird als genügend bewertet.
Die Gebrauchstauglichkeit ist gewährleistet	Erfüllungsgrad Durchbiegung: 4.0.
Die Mittelpfeiler werden hauptsächlich belastet. Bei den Widerlagern wirken geringere Kräfte und es können vertikale Zugkräfte auftreten.	

Gemäss der statischen Überprüfung ist bei der aktuellen Nutzung die Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit gewährleistet.

3.2.4 Anprallsicherheit

Das Tragwerk der Brücke ist nicht auf einen Fahrzeuganprall dimensioniert. Aufgrund dessen muss ein Anprall auf die Tragwerksteile der Fachwerkträger verhindert werden. Zur Beurteilung der aktuellen Anprallsicherheit wurde ein Experte angefragt, welcher die Situation folgendermassen eingestuft hat:

Wie bereits telefonisch besprochen, haben die bestehenden 20 cm hohen Radabweiser, unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten, eine fahrzeugabweisende Wirkung (siehe auch Richtlinie konstruktive Einzelheiten von Brücken 12004 ASTRA). Ein statischer Nachweis hinsichtlich des Anpralls von Strassenfahrzeugen auf Bauwerksteile ist somit nicht erforderlich.

An den Brückenköpfen sollten auf den bestehenden Betonabweisern links und rechts je eine Leitbake (schwarz/weiss) vorgesehen werden.

(Wolfgang Schüler, Ing.-Büro W. Schüler, Mail vom 06.04.2022)

3.3 Sofortmassnahmen

Während der visuellen Zustandserfassung wurde festgestellt, dass die Brückenlager bei den Widerlagern starke Korrosionsschäden aufwiesen und die Brücke an den Widerlagern nur auf den Gelenkstäben (Zugstäbe) gelagert war. Aufgrund dessen war die Tragsicherheit der Brücke nicht gewährleistet.

Im September 2022 wurden Sofortmassnahmen ausgeführt, um die Brückenlagerung an den Widerlagern zu erneuern. Die Brücke wurde während 3 Wochen für den motorisierten Verkehr gesperrt und die vier Lager sowie die Zugstäbe an den Widerlagern wurden erfolgreich ersetzt.

Beim Rückbau der Zugbänder wurde festgestellt, dass zumindest ein Zugband auf der Seite Flurlingen so stark korrodiert war, dass es spröd versagte.



Abb: 2 Lager Flurlingen mit Zugstange

3.4 Zusätzliche visuelle Zustandserfassung Gelenke

Da die vier Brückengelenke komplett mit Blechen eingefasst waren, konnten diese in der ersten visuellen Zustandserfassung nicht begutachtet werden. Im Zuge der Sofortmassnahmen wurde ein Gerüst erstellt und die Abdeckbleche wurden entfernt, um eine Zustandserfassung der Gelenke zu ermöglichen.

Die Gelenke wurden gemäss Konstruktionsplänen ursprünglich als solche ausgebildet. Im Zuge einer Sanierung wurden diese Gelenke teilweise funktionsunfähig gemacht. Es wurden an verschiedenen Stellen die Träger durch Schraubverbindungen aneinander befestigt und stabilisiert. Dadurch können sich die Gelenke nicht mehr bewegen.

Insbesondere das wasserunterseitige Gelenk auf Seite Flurlingen ist in einem schlechten Zustand. Aufgrund von stehendem Wasser sind die Stahlbleche in diesen Bereichen durch Lochfrasskorrosion beschädigt.

Für die optische Zustandserfassung wurden die Knotenabdeckbleche entfernt. Dabei wurde festgestellt, dass die Nietköpfe fehlten.



Abb: 3 Gelenkknote, Seite Flurlingen unterwasserseitig

4 Zustandsanalyse und Sofortmassnahmen

4.1 Zustandsanalyse

Zusammenfassend geht aus den verschiedenen Untersuchungen hervor, dass die Brücke statisch genügend Reserven aufweist. Die Haupttragkonstruktion befindet sich erstaunlicherweise in einem recht guten Zustand. Nur in den Anschlussbereichen der neuen Fussgängerstegen und den Bereichen in welchen zusätzliche Konstruktionsbleche angebracht worden sind (bei den Gelenken) ist eine starke Korrosion vorhanden. Die Haupttragkonstruktion kann mit einer Instandstellung dieser kritischen Bereiche und einer Korrosionsschutzerneuerung weiterhin gut genutzt werden.

Problematisch sind die beidseitig angebrachten Fussgängerstege. Diese Stege sind leicht schief an der Haupttragkonstruktion befestigt. In den Anschlussbereichen kann das Wasser nicht abfliessen, so dass eine starke Korrosion entstanden ist. Der Korrosionsschutz kann aber in diesen Bereichen nicht instand gestellt werden ohne dass die Fussgängerstege entfernt werden (leichte Schiefstellung der Fussgängerstege bildet einen Spalt zwischen den verschiedenen Stahlblechen). Die gesamten Fussgängerstege sollten entfernt und mit einer verbesserten Geometrie neu an der Haupttragkonstruktion befestigt oder vollständig neue Fussgängerstege an der Brücke angehängt werden.

Ebenfalls kritisch sind die Randbereiche der Fahrbahnplatte. Auch diese ist nicht die Originalkonstruktion und wurde bei einer Instandstellung erneuert. Die Randträger weisen starke Korrosionsschäden mit erheblichem Materialverlust auf. Diese Randträger sollten ersetzt oder mind. teilweise mit Belchen verstärkt werden. Zudem muss der Wasserabfluss massiv verbessert werden, so dass das Oberflächenwasser nicht auf die Hauptträger der Brücke abtropft.

Die Fahrbahnübergänge sind praktisch inexistent, undicht und stark korrodiert. Diese müssen vollständig ersetzt werden.

Die Gelenke der Haupttragkonstruktion wurden infolge von Instandstellungen mit Abdeckblechen stark beschädigt. Zudem ist in den Gelenken Wasser liegen geblieben welches zu starker Korrosion geführt hat. Die Gelenke müssen mit zusätzlichen Knotenblechen instand gestellt oder allenfalls ausgebaut und durch starre Verbindungen ersetzt werden.

Bei Widerlager Neuhausen hat die starke Verschmutzung unter der Brücke zu einer erheblichen Korrosion der Stahlkonstruktion geführt. Falls möglich sollen die Schachtaufbauten der unter der Brücke verlaufenden Werkleitungen tiefer versetzt werden, so dass ein genügender Raum für die Reinigung unter der Brücke gewährleistet werden kann. Die Reinigung dieses Bereiches muss in einem Unterhaltplan eingetragen werden.

Mit den 2022 neu eingebauten Lagern und Zugstangen auf den Widerlagern auf beiden Rheinseiten konnte der kritische Zustand der Lager behoben werden.

4.2 Sofortmassnahmen

Für die weitere Nutzung der Flurlingerbrücke empfehlen wir, folgende Massnahmen ab sofort in die Unterhaltsarbeiten einzugliedern:

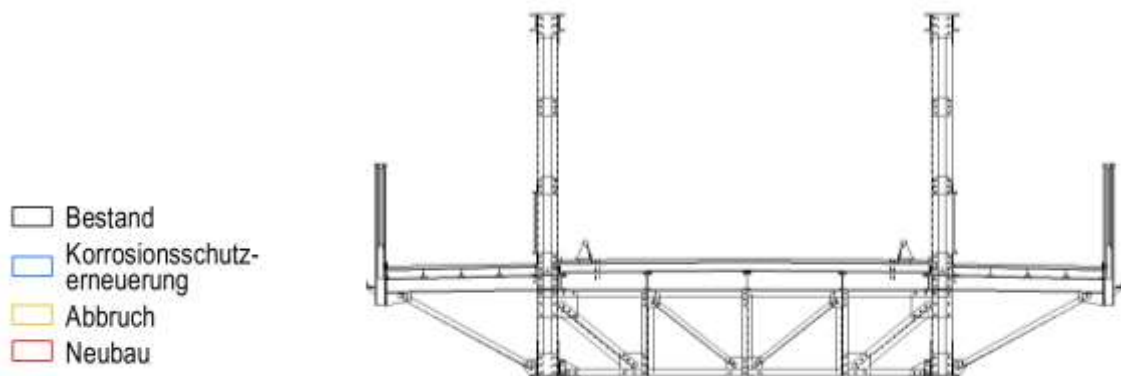
- Regelmässige Reinigung Widerlager, geschlossene Streben und Randbleche
- Einstellung Tausalzeinsatz
- Verlängerung Entwässerungsrohre und Speier
- Lokale Korrosionsschutzerneuerungen

5 Variantenstudie Instandsetzung und Umnutzung

5.1 Variante A: Nullvariante

Bei der Nullvariante wird der Steg im heutigen Zustand belassen und wie gehabt durch motorisierten sowie Langsamverkehr genutzt. Dabei sind die korrodierten Stellen lokal instand zu stellen und der Steg ist regelmässig (jährlich) zu prüfen.

Die schadhafte Stellen werden sich weiterhin ausbreiten, bis der Steg nicht mehr funktionstüchtig ist. Während der weiteren Nutzung sind kleinere Instandsetzungsarbeiten durchzuführen. Nach der Restnutzungszeit kann der Steg allenfalls weiter genutzt werden für den Langsamverkehr.



Restnutzung:

5-10 J

Danach Weiternutzung nur Langsamverkehr: 5 J

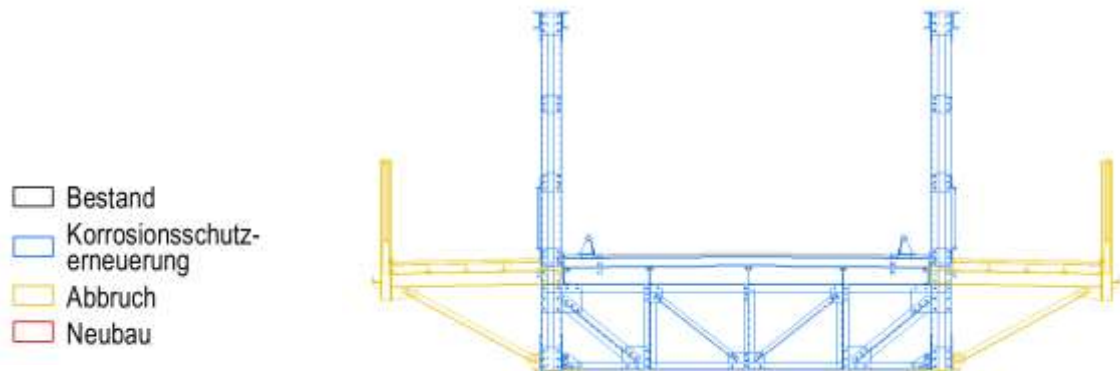
Kostenschätzung Variante A:

CHF 200'000.-

5.2 Variante B: Instandsetzung und Restnutzung Langsamverkehr

Der Korrosionsschutz der Fachwerkträger, Querträger und Fahrbahnkonstruktion wird instand gestellt. Dazu werden die Fussgängerstege komplett demontiert und entsorgt. Die Brücke wird eingehaust und der Korrosionsschutz komplett erneuert. Ausserdem werden die Gelenkknoten, die Fahrbahnübergänge und teilweise die Fahrbahnränder erneuert.

Die Brücke wird anschliessend nur noch für den Fuss- und Radverkehr genutzt.



Restnutzungsdauer:

30-40 J.

Kostenschätzung Variante B:

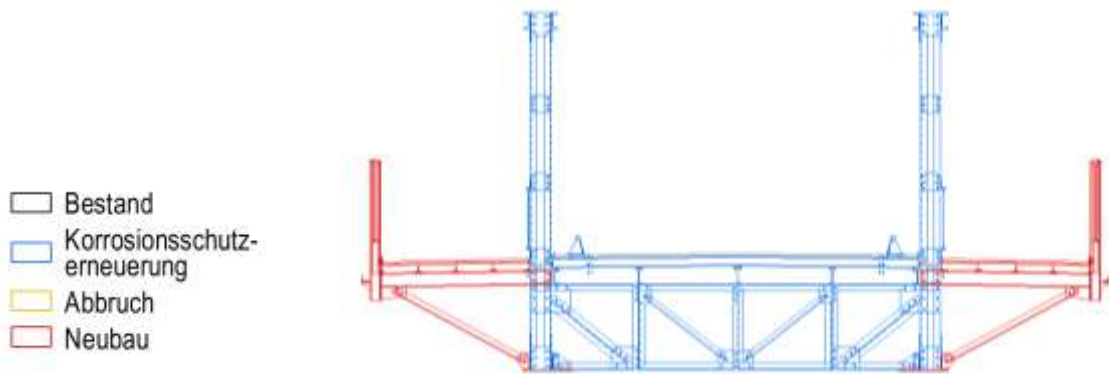
Abbruch Fussgängerstege	CHF 0.3 Mio.
Korrosionsschutzerneuerung	CHF 1.3 Mio.
Ersatz einzelner Stahlteile	CHF 0.5 Mio.
Total	CHF 2.1 Mio.

Für die Kosten wird angenommen, dass an den Mittelpfeiler sowie an den Widerlagern nichts erneuert werden muss.

In die Kosten nicht inbegriffen sind sämtliche Werkleitungsumlegungen sowie Strassenanpassungen.

5.3 Variante C: Instandsetzung und Restnutzung wie bisher

Korrosionsschutzerneuerung und Gelenkknotenerneuerung gemäss Variante B. Die Fussgängerstege werden nach der Korrosionsschutzerneuerung neu erstellt. Die Brücke kann für den motorisierten sowie den Langsamverkehr genutzt werden.



Restnutzungsdauer:
30-40 J.

Kostenschätzung Variante C:

Abbruch Fussgängerstege	CHF 0.3 Mio.
Korrosionsschutzerneuerung	CHF 1.3 Mio.
Ersatz einzelner Stahlteile	CHF 0.5 Mio.
Neubau Fussgängerstege	CHF 1.0 Mio.
Total	CHF 3.1 Mio.

Für die Kosten wird angenommen, dass an den Mittelpfeiler sowie an den Widerlagern nichts erneuert werden muss.

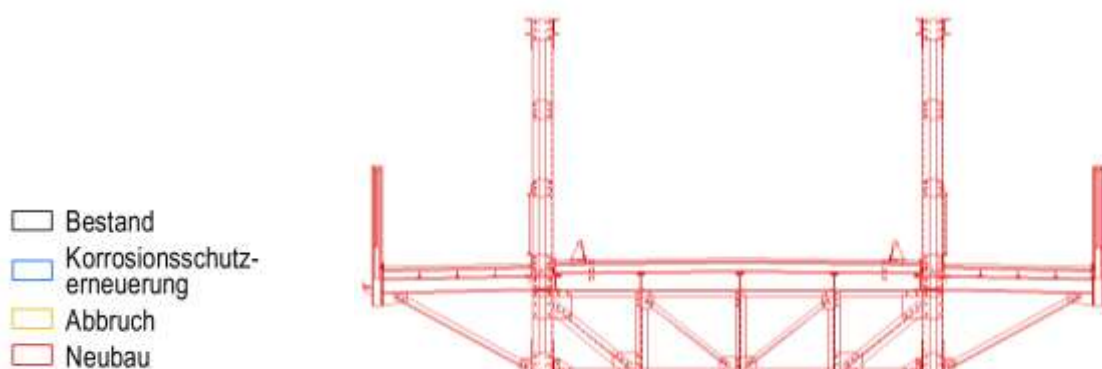
In die Kosten nicht inbegriffen sind sämtliche Werkleitungsumlegungen sowie Strassenanpassungen.

5.4 Variante D: Neubau

Die Brücke wird komplett rückgebaut, abtransportiert und entsorgt. An derselben Stelle wird eine neue Brücke erstellt. Bei einem Neubau muss geprüft werden, ob die Fahrbahn verbreitert werden soll, so dass der Verkehr zweispurig über die Brücke geleitet werden kann. Dabei ist es wahrscheinlich, dass neue Pfeiler und Widerlager erstellt werden müssen.

Bei einem Neubau mit derselben Strassenbreite müssen voraussichtlich ebenfalls die Pfeiler und die Widerlager verstärkt werden, da eine Neubaukonstruktion sicher schwerer als die bestehende Brücke ausgebildet wird.

Mit einem Neubau nur für Fussgänger und Radfahrer können die bestehenden Pfeiler und die Widerlager weiter genutzt werden.



Nutzungsdauer:

80 J.

Kostenschätzung Variante D:

Neubau mit zweispuriger Fahrbahn und beidseitig
Trottoiren (Brückenbreite ca. 12 m):

CHF 7.8 Mio.

Neubau mit einer Fahrbahn und beidseitig
Trottoiren (Brückenbreite ca. 8.5 m):

CHF 4.8 Mio.

Neubau nur für Fussgänger und Fahrradfahrer
(Brückenbreite ca. 5 m):

CHF 2.5 Mio.

Bei einem Neubau muss beachtet werden, dass die Genehmigung unter Umständen nicht erteilt wird, da sich die Brücke im Landschaftsschutzgebiet befindet.

In die Kosten nicht inbegriffen sind sämtliche Werkleitungsumlegungen sowie Strassenanpassungen.

6 Technischer Vergleich der Instandstellungsvarianten

6.1 Vor- und Nachteile

Im Folgenden werden die vier Varianten mit deren Vor- und Nachteile gegenübergestellt.

- Variante A: Nullvariante
- Variante B: Korrosionsschutzerneuerung ohne Fussgängersteg
- Variante C: Korrosionsschutzerneuerung inkl. Neubau Fussgängersteg
- Variante D: Neubau

Kriterium	Variante A	Variante B	Variante C	Variante D
Restnutzungsdauer	--	+	+	++
Kosten	++	+	-	--
Nutzungsart	+	--	++	++
Unterhaltsaufwand	--	+	+	++
Bewilligungsfähigkeit	++	++	+	--
Total	+	3+	4+	2+

Bewertung:

-- sehr schlecht - schlecht o neutral + gut ++ sehr gut

6.2 Empfehlung

Aufgrund des Variantenvergleiches, der relativ einfachen Umsetzung sowie des einfachen Bewilligungsverfahrens wird die Variante B mit einer Instandstellung und einer Nutzung nur noch für den Langsamverkehr empfohlen.

Sollte die Brücke auch längerfristig für den Individualverkehr genutzt werden, wird die Variante C empfohlen, da bei einem Neubau das Risiko von Einsparungen bei der Bewilligung als sehr gross eingeschätzt wird.

7 Anhang

- Schadensplan Nr. 5976-01
- Fotodokumentation Lager und Gelenke Nr. 5976-101.1
- Statische Überprüfung Nr. 5976-101.2