



Technischer Bericht

Nr.:20017/2

Auftraggeber:	Bauverwaltung Gemeinde Endingen
Auftrag:	Zustandsuntersuchung, Abklärung Instandsetzungsbedarf, Bestimmung Sanierungstechniken und Sanierungsumfang, Kostenvoranschlag
Objekt:	Steinbrücke Unterendingen (Baujahr 1734)
Baustoffe:	Naturstein, Mörtel, Beton
Probenmaterial:	Kernbohrungen und Sondierungen gemäss Kap. 4

Inhalt:

1. Anlass und Auftrag



2. Beobachtungen und Ergebnisse



3. Massnahmen



4. Dokumentation



1. Auftrag



Im Auftrag der kommunalen Bauverwaltung sollen der Zustand der Brücke, die erforderlichen Instandsetzungsmassnahmen und die daraus voraussichtlich folgenden Kosten bestimmt werden. Der Instandsetzungsvorschlag erfolgt in Abstimmung mit der Kantonalen Denkmalpflege sowie der IVS-Fachstelle (Historische Verkehrswege). Der Leistungsumfang entspricht der Offerte vom 30.09.2019.

Zur Bestimmung des Bauwerkszustandes erfolgten visuelle Aufnahmen vor Ort. Zur Bestimmung der Bauwerksgeometrie sowie des inneren Zustandes wurden Kernbohrungen durchgeführt und zwei Sondieröffnungen von oben in den Strassenbelag ausgeführt.

2. Feststellungen und Ergebnisse



2.1 Allgemeines

Geschichte und Bautyp

Die fragliche Brücke überquert das Bett der Surb in Unterendingen, an einer tiefer eingeschnittenen, d.h. dafür geeigneten Stelle. Die Brücke wurde gemäss Inschrift 1734 erstellt und ist damit die älteste bekannte Aargauer Steinbogenbrücke mit Baujahresinschrift am Objekt. Bezüglich Bautyp handelt es sich um eine typische Fuhrwerksbrücke.

Die Brücke dient dem kommunalen Verkehr. Ein wesentlicher Anteil am Verkehr haben landwirtschaftliche Nutzfahrzeuge. Diese sind immer breiter geworden, sodass es in neuerer Zeit wiederholt zu Beschädigungen an den Brüstungen gekommen ist.

2.2 Konstruktion

Konstruktionspläne sind offenbar nicht vorhanden. Die Breite der Fahrbahn zwischen den nur 50-60cm hohen Brüstungen beträgt 3.8-4m. Die Fahrbahn „zwängt“ sich in einer leichten S-Kurve über die Brücke. Die Kurven wurden offensichtlich schon zur Bauzeit durch Aufweitungen der Fahrbahn mittels Kragkonstruktionen (ebenfalls aus Stein) etwas entschärft. Gleichwohl müssen breite Fahrzeuge sehr genau einfädeln, ansonsten kommt es zu den oben genannten Problemen. Im Grundriss ist die Brücke nur leicht „verzogen“, d.h. überquert die Surb nicht ganz rechtwinklig.

Das Tragwerk besteht aus zwei Widerlagern, einem Kreisbogensegment von ca. 100°. (Radius ca. 7m) und einer Spannweite von 10.3m (Pfeilhöhe 2.5 m). Der Bogen hat im Scheitel eine Dicke von ca. 60cm.

- Verband und Baustoffe

Der Mauerwerksverband des Bogens darf als Bruchstein-Schichtenmauerwerk bezeichnet werden. Die Mauersteine des Bogens bestehen aus teilweise grossen Werkstücken aus Jurakalkstein und in erheblicher Proportion auch aus Sandstein.



Das Mauerwerk der Stirnwände besteht aus eher kleinformatigem Bruchstein-mauerwerk. Die Mauersteine sind weitgehend mit einem Zementputz verdeckt.

Die Brüstungen bestehen aus Kalkstein, abgesehen von neueren Ergänzungen und Reparaturen aus Beton und KS-Mauerwerk (Figur 3 und Photos 1+2). Bei den Kalksteinbrüstungen kann unterschieden werden zwischen hohem, oben gerundetem Profil (24x75cm) und niedrigem Rechteckprofil (35x55cm). Letzteres scheint im Original auf der gesamten Brücke bestanden zu haben. Das hohe, gerundete Profil wäre dann später hinzugekommen, als erster Ersatz.

- Neuere Eingriffe (siehe auch Bohrungen und Sondierungen)

Die Füllung des Brückenkörpers besteht gemäss Sondierungen aus eher kleineren Bruchsteinen (Sandstein und Kalkstein). Als Mauermörtel erscheint ein heller Kalkmörtel, welcher im Bereich des Bogens z.T. mürbe und ausgelaugt ist. In der Füllung findet sich aber auch neuerer Zementmörtel, d.h. hier wurde von oben her bereits recht tief eingegriffen. Dieser Eingriff erfolgte gemäss Abrechnungsunterlagen 1991. Gemäss Schilderungen eines Anwohners war damals das Gewölbe von oben freigelegt worden. Anschliessend ist ein teilweise armierter Überbeton eingebaut worden und darüber eine Abdichtung mit Schutzmörtel. Darüber wurde über einem Kieskoffer ein Schwarzelag eingebaut (siehe Figur 4). Dadurch wurde die Fahrbahnoberfläche um ca. 15cm angehoben, was zu einer Verringerung der Brüstungshöhe von ca. 75cm auf ca. 60cm geführt hat.

Die Abdichtung greift nicht unter die Brüstungen. Die Untersicht des Bogens ist wohl auch bei dieser Gelegenheit mit einem harten Zementputz versehen worden.

- Belag und Entwässerung Fahrbahn

Die Fahrbahn besteht aus einem ca. 10cm dicken Asphaltbelag. Proben zur Bestimmung des PAK-Gehaltes wurden rückgestellt.

Die Belagsoberfläche weist eine buckelartige Wölbung auf mit dem Hochpunkt ca. über dem Bogenscheitel und entwässert beidseits der Brücke auf die Belagsflächen der Brückenzufahrten.

- Fundament

Die Geometrie der Fundamente ist nicht bekannt. Bohrung Nr. 1 zeigt dass das Mauerwerk der Widerlager in der Horizontalen mindestens 1.7m dick ist und aus grossen Kalksteinmauersteinen und auch aus Flusskieseln besteht. Der Mörtel ist im Mauerwerk noch weitgehend intakt (weil ausserhalb der Frosteinwirkung).

- Baugrund

Gemäss der Geologischen Karte steht das Bauwerk auf einer 10-30m mächtigen, kiesigen Talfüllung. Es liegen keine Erkenntnisse aus Sondierungen vor.



- Werkleitungen

Zu Werkleitungen im Brückenkörper liegen keine Informationen vor und äusserlich sind auch keine angehängt.

- Hydrologie

Hierzu liegen keine quantitativen, objektspezifischen Abklärungen vor. Der Wasserlauf wurde durch die mit einer Blockmauer versehenen Aufschüttung nach links gedrängt. Die Mauerschäden am westlichen Widerlager und die Sedimentanhäufung auf der Gegenseite dürften damit im Zusammenhang stehen.

2.3 Beschreibung Zustand

- Beobachtungen zum Bauwerkszustand (siehe auch Fig.3 und Photos 1-14)

Folgendes wird festgestellt:

- Verbreitet Bröckelzerfall an Kalkstein-Mauersteinen und verwitterungsbedingte Rissbildungen an Mauersteinen aus Sandstein (siehe Bohrkernaufzeichnungen), im gesamten Gewölbequerschnitt. Auch die Steine der beiden Stirnkränze zeigen solche Verwitterungserscheinungen, allerdings ohne offen abzubröckeln.
- Leichte Verformungen der Stirnwände (Photos 6+8). In diesen Bereichen ist der Mauerwerksverband stark geschädigt, d.h. der Mörtel ist zerfallen und die Mauersteine haben sich gelockert. Teilweise verdeckt ein Zementputz die Sicht auf diese Schäden (Photo 8).
- Allg. intakte Bogenuntersicht. An der Westseite der Untersicht sind Feuchteaustritte entlang den Bogenkanten zu erkennen (Photo 4) und es ist daraus zu vermuten, dass die Abdichtung im Anschlussbereich an die Brüstung nicht mehr dicht ist.
- Keine strukturellen Rissbildungen und auch keine Anzeichen einer massgebenden älteren sowie aktuellen Verformung des Bogens

Diese Schäden sind hauptsächlich auf das Fehlen einer Flächenabdichtung zurückzuführen (bis 1991). Der Mauermörtel ist bei Nässe frostempfindlich und auch die Mauersteine nehmen auf Dauer Schaden, wenn sie periodisch Nässe/Frost und Austrocknung ausgesetzt sind. Neuere, z.T. flächig aufgetragene Zementmörtel verdecken die Schäden und erschweren es auch, Grösse und Format der Mauersteine zu erkennen.

Der Zustand der Werkstücke der Brüstungen (hohes Profil) ist z.T. schlecht. Die Oberseite weist starke Rissbildungen auf und um die Spitzlöcher der Eisenklammern sind z.T. massive Ausbrüche zu verzeichnen. Auch die Erneuerungen zeigen z.T. bereits wieder Schäden (Frostrisse, Anfahrtschäden). Insgesamt sind nur noch etwa 30% der Brüstungen (hohes Profil) in einem guten Zustand. Die Brüstungen mit tiefem Profil sind noch weitgehend intakt.



- Aktuelle Baustoffeigenschaften und Baustoffkennwerte

Für das Mauerwerk wurde ein hellgrauer dichter Jurakalkstein verwendet. Die Druckfestigkeit des Materials ist sehr hoch. Es wurden Werte zw. 160 und 280 N/mm² gemessen. Die ermittelten Steindruckfestigkeiten berücksichtigen die Rissbildungen in den Mauersteinen nicht, da die Probekörper aus prüftechnischen Gründen klein sind. Die Rissbildungen führen zu einer Reduktion der Mauerwerksfestigkeit. Bei Bröckelzerfall beträgt die Reduktion im fortgeschrittenen Stadium bis zu 60%.

Der ebenfalls verwendete Sandstein muss wohl aus einem lokalen Vorkommen stammen, flussaufwärts. Die Druckfestigkeit liegt in einem mittleren Bereich (60-80 N/mm²) ähnlich den etwas weicheren Varianten der Sandsteine vom oberen Zürichsee. Vom Gestein her ist das Material eher ungewöhnlich, d.h. mehrfarbig (locker-grau bis graubläulich), recht feinkörnig, reich an Glimmer und deutlich parallel geschichtet mit Pflanzen-Fossilabdrücken auf den Lagerflächen.

Der verwendete Mauermörtel besteht aus viel Luftkalk und wenig gerundetem Sand 0-5mm (Photo 15). Die Druckfestigkeit liegt mit Werten zw. 11 und 17 N/mm² recht hoch für einen reinen Kalkmörtel (bei intaktem Mörtel). Wegen seiner hohen Kapillarporosität ist das Material allerdings nicht frostbeständig. Bei Nässe und Frost zerfällt der Mörtel zu einer losen, sandigen Masse. In den Bohrkernen aus den Bogenscheiteln (Bohrkerne Nr. 2+3) ist der Mauermörtel mürbe bzw. fehlend 8, d.h. ausgelaugt.

Am Bauwerk wurde für Reparaturen in der neueren Zeit viel Zementmörtel verwendet. Diese Mörtel sind in sich beständig, können aber, da sie sehr dicht sind, Staunässe verursachen. Dies erhöht die Belastung auf die Originalbaustoffe und beschleunigt deren Zerfall. Umgekehrt stabilisieren diese Mörtel die Oberflächen. Sie haften oft auch sehr gut. Die Entfernung ist damit häufig mit Substanzverlusten an der Originalsubstanz verbunden. Am Bau ist von Fall zu Fall zu bestimmen, ob der Zementmörtel entfernt werden soll. An den Stirnseiten ist aufgrund der umfangreichen Schäden ein Ersatz gerechtfertigt. Der Zementmörtel an der Untersicht kann insgesamt belassen werden, wenn die Abdichtung des Bauwerks von oben intakt ist.

- Einstufung der Mauerwerksdruckfestigkeit (f_x) gemäss SIA 266/2

Die Einstufung der Normaldruckfestigkeit des Naturstein-Mauerwerks gemäss Figur 5 der genannten Norm ist als orientierende Schätzung zu betrachten. Gewissheit kann nur durch experimentelle Bestimmung erlangt werden. Die Schätzung berücksichtigt den aktuellen Zustand des Mauerwerks.

Verbandsart	Bauteile	f_x heute (N/mm ²)
Bruchstein-Schichtenmauerwerk	Gewölbe (Sichtseite)	10
Bruchsteinmauerwerk	Gewölbe (Oberseite)	3-5

Eine massgebende, nachprüfbare Erhöhung der Mauerwerksfestigkeit ist technisch nicht möglich.



2.4 Gesamtbeurteilung und Abwägung möglicher Massnahmen

Der aktuelle Zustand bezüglich Tragwerk darf als akzeptabel bezeichnet werden. Lokal vorhandene, recht massive Schäden an den Stirnwänden und Schäden an den Brüstungen machen in kurzer Frist Massnahmen erforderlich. Die losen Mauersteile in den Stirnwänden müssen neu aufgemauert und die Fehlstellen am Widerlager West müssen repariert werden.

Das Mauerwerk des Bogens muss dauerhaft vor Nässe geschützt werden, wenn es möglichst lange erhalten werden soll, insbesondere wegen des dichten Zementputzes an der Untersicht des Bogens (Gefahr von Staunässe). Die derzeitig vorhandene Abdichtung erfüllt ihre Funktion nicht vollständig – vermutlich sind Anschlüsse der Abdichtung an die Brüstungen undicht. Das Abspitzen des Zementputzes an der Bogenuntersicht wäre mit Substanzverlust verbunden – darum wird davon abgeraten.

Die alten Brüstungen (hohes Profil) sind soweit schadhaft, dass eine Instandsetzung nur noch Flickwerk wäre. Mit einer vollständigen Erneuerung der Brüstungen bietet sich die Möglichkeit den Anschluss der bestehenden Abdichtung an die Basis der Brüstungen systematisch und dauerhaft auszuführen. Die Fahrbahn würde dabei auf derselben Höhe bleiben. Die Massnahme würde es erlauben, die Brücken ohne tiefere Eingriffe in den Baukörper noch etliche Jahrzehnte zu nutzen. Eine Erneuerung der Abdichtung auf der Unterlage von 1991 wäre auch in Zukunft ohne übermässigen Aufwand möglich.

Wollte man die Fahrbahn wieder auf das alte Niveau runterbringen (ca. -15cm), könnte analog der Weibelbrücke in Endingen auch hier eine UHFB-Platte eingebaut werden, und zwar so, dass die Brüstungen auf die Platte abgestellt würden. Die Details könnten so gestaltet werden, dass die Platte in den Ansichten nicht zu sehen wäre. Dies würde auf lange Frist eine stabile und unterhaltsarme Situation schaffen, würde aber einen tieferen Eingriff in die bestehende Bausubstanz erfordern, da im Bereich des Bogenscheitels der bestehende Überbeton mindestens zum Teil abgetragen werden müsste. Die Mehrkosten dieser Variante werden auf ca. 30000.- geschätzt.

3. Massnahmen



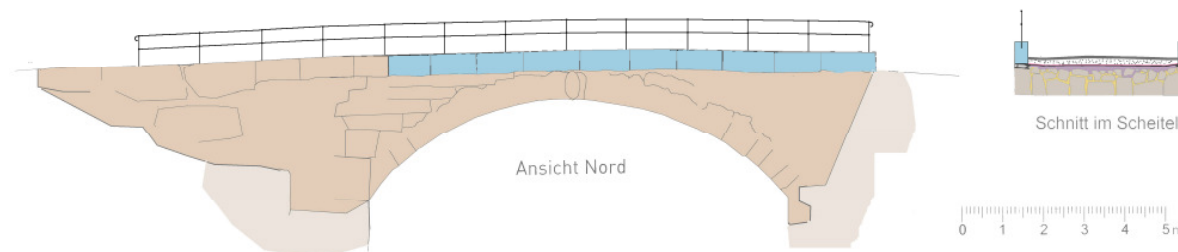
3.1 Massnahmenempfehlung

Der Schreibende empfiehlt den Verputz an der Untersicht des Bogens zu belassen. Die stabilisierende Wirkung des Verputzes wird als wichtiger eingeschätzt als die Verhinderung zusätzlicher Belastungen wegen Gefahr von Staunässe. Bedingung für diese Lösung sind ein intakter Feuchteschutz von oben sowie eine unbehinderte Entwässerung.

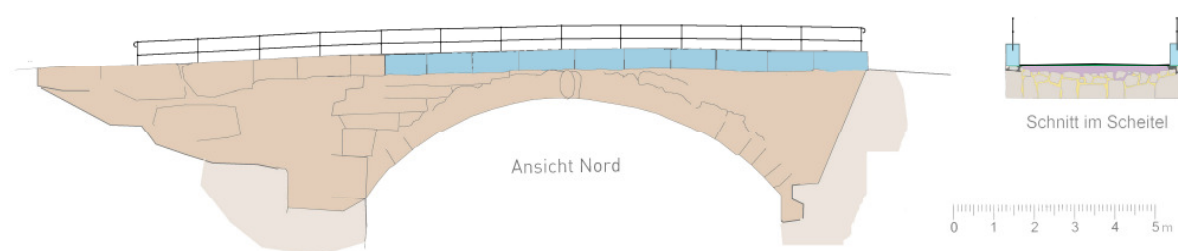
Bezüglich Brüstungen empfiehlt der Schreibende in Übereinstimmung mit der kantonalen IVS-Fachstelle sowie der Kantonalen Denkmalpflege die tiefe Brüstung zu realisieren, mit einem Geländer, welches im Detail noch zu gestalten wäre. Die Skizzen unten zeigen ein „klassisches“ Brückengeländer mit Normhöhe von 1.1m ab OK Belag (inkl. Brüstungsstein), Pfostenabstand 1.5m (blau: neue Brüstungssteine). Aus gestalterischer Sicht wäre ein weniger hohes Geländer wünschenswert.

Der Ersatz der Brüstungen macht Anpassungen der Entwässerungsebene und der Abdichtung erforderlich. Hier stehen zwei Möglichkeiten zur Wahl:

- A Anpassung der Randzonen entlang den Brüstungen: Der Aufwand ist erheblich, da längs beider Brüstungen auf einer Breite von ca. 80cm eingegriffen werden muss, was fast die Hälfte der Brückenbreite ausmacht.



- B Totalersatz der Abdichtung mittels Einbau einer UHFB-Platte macht Änderungen des Reliefs der Abdichtungsebene erforderlich, dürfte aber längerfristig die dauerhaftere und robustere Lösung sein. Zudem könnte dank der Absenkung der Fahrbahn ein Normgeländer etwas weniger hoch konzipiert werden (-15cm). Die Lösung mit UHFB dürfte gegenüber Variante A Mehrkosten von ca. CHF 35000.- erzeugen.





Folgende Instandsetzung nach Positionen und Arbeitsabfolge wird empfohlen

- Pos. 1 Installation, Gerüste und Schutzmassnahmen
- Pos. 2 Reparatur loses Mauerwerk der Stirnflächen (b)
- Pos. 3 Abbau der bestehenden Brüstungen (ausser a')
- Pos. 4 Ausbau Belag (Streifen von 80cm entlang den Brüstungen)
- Pos. 5 Anpassung Verlauf Abdichtung, Vorbereitung Versetzfläche für neue Brüstungen
- Pos. 6 Fugeninstandsetzung und Steinersatz an Stirnseiten und Widerlager
- Pos. 7 Liefern und Versetzen der neuen Brüstungen
- Pos. 8 Liefern und Montage Geländer
- Pos. 9 Ergänzung Koffer und Belag

Ob eine statische Überprüfung erforderlich ist, bleibt der Beurteilung des bearbeitenden Ingenieurs überlassen. Falls dies notwendig sein sollte, eignet sich dafür die für solche Brücken an der EPFL unter Prof. Eugen Brühwiler speziell entwickelte Methode (Methode Alix Grandjean).

3.2 Rahmenbedingungen (nicht abschliessend)

- Denkmalschutz

Der hier vorliegende Bericht wurde bereits mit der kantonalen IVS-Fachstelle sowie der kantonalen Denkmalpflege abgestimmt. Das Bauwerk steht unter kantonalem Schutz und figuriert im Inventar der historischen Verkehrswege der Schweiz (IVS) als Objekt von nationaler Bedeutung. Substanzschutz ist das zentrale Gebot und Interventionen sind mit den zuständigen Behörden abzustimmen. Die Erhaltungsmassnahmen sind subventionsberechtigt, seitens Bund vom IVS, und, auch seitens der kantonalen Denkmalpflege.

- Verkehr

Änderungen bezüglich Verkehrsregime und Art der Nutzung sind nicht vorgesehen. Während der Bauzeit ist mit einer Sperre der Brücke für Fahrzeuge von ca. 3 Wochen zu rechnen. Fussgänger können abgesehen von zeitweiligen Sperren stets passieren. Dazu könnte auch eine Passerelle des Baugerüstes entsprechend gestaltet werden.

- Brüstung / Geländerhöhe

Mit der vorgeschlagenen tiefen Brüstung + Geländer kann eine konforme Situation hergestellt werden. Aus gestalterischer Sicht wäre ein weniger hohes Geländer mit nur einem Holm die weit bessere Lösung.

- Gewässerschutz und Fischerei

Bauarbeiten im Gewässerlauf müssen beim Kanton separat bewilligt werden. Die vorgesehenen Schutzmassnahmen müssen den gesetzlichen Vorgaben entsprechen und müssen vorgelegt werden. Das Bauwerk ist dem Schutzbereich A₀ zugeordnet und liegt nicht in einer Grundwasserschutzzone.

In der Surb dürfen zum Schutz der Fischbrut vor dem 18. Mai keine Bauarbeiten erfolgen.



3.3 Instandsetzung: Vorgang und Hinweise (siehe Figur 6)

Die nachfolgenden Hinweise folgen dem vorgeschlagenen Bauablauf und konzentrieren sich auf materialtechnische und bautechnische Fragen in Zusammenhang mit den Natursteinmauerwerk und auf die besonderen Verhältnisse einer Baustelle in einem Gewässer. Gestalterische Fragen der Ausführung sind generell mit der Denkmalpflege sowie der IVS-Fachstelle abzusprechen, und zwar, soweit sinnvoll, noch vor der Ausschreibung der Arbeiten. Die Positionen entsprechen den Positionen des Kostenvoranschlages.

Pos. 1 Installation, Gerüste und Schutzmassnahmen

Die Organisation der Baustelle muss allg. so gestaltet sein, dass auch bei Hochwasser keine Verschmutzungen entstehen und Verklausungen ausgeschlossen werden können. Eine eigentliche Wasserhaltung ist wegen des Rückstaus und der lokal vorhandenen Wassertiefe nicht möglich und auch nicht notwendig. Für die Arbeiten an den Stirnflächen sind kleine, lokale Gerüstungen ausreichend, mit entsprechenden Vorkehrungen zum Ausfangen Bauschutt und Mörtelresten. Zum Schutz des Gewässers wird auf den Einsatz von Hochdruckwasser (HDW) verzichtet.

Der Scheitelbereich kann mit Hilfe je eines Steges bearbeitet werden. Die Hauptarbeiten erfolgen auf der Brücke. Im Bachbett ist kein Gerüst erforderlich. Die Reparaturarbeiten erfolgen von Hand – es sind keine grossen Mörtelmengen im Spiel. Die Reparatur des Widerlagers West kann abgestimmt auf das Wetter bei Niedrigwasser ausgeführt werden, ohne Verschmutzungsgefahr für das Gewässer.

Pos. 2 Reparatur loses Mauerwerk der Stirnflächen (b)

Die unter Fig. 3 mit b) bezeichneten Bereiche sollen vor dem Abbau der Brüstungen instand gesetzt werden, damit die Füllung des Brückenkörpers nicht gelockert wird. Dazu müssen die losen Steine neu vermauert werden und ggf. im Mauerwerk zusätzlich verankert werden. Die Sichtflächen sollen in der Art eines Pietra Rasa Verputzes gestaltet werden.

Pos. 3 Abbau der bestehenden Brüstungen (ausser a')

Rückbau und Entsorgung der bestehenden Brüstungssteine inkl. der Abschnitte aus KS-Mauerwerk und Beton.

Pos. 4 Ausbau Belag und Koffer

Damit rationell gearbeitet werden kann sollte der Belag vollständig abgebaut werden. Der Schutzmörtel soll soweit entfernt werden dass die Arbeiten unter Pos. 5 rationell durchführbar sind. Gleichzeitig sollte so viel Koffermaterial belassen werden, dass die Zufahrt mit Baufahrzeugen möglich bleibt. Ein streifenweiser Eingriff entlang den Brüstungen ist auch möglich, erscheint aber letztlich als aufwendiger.



Pos. 5 Anpassung Verlauf Abdichtung, Vorbereitung Versetzfläche

Der Schutzmörtel wird soweit entfernt (unter Kieskoffer), dass die Anpassung des Gefälles und der Anschluss der Abdichtung bis UK neue Brüstung handwerklich gut durchführbar ist. Es ist damit zu rechnen dass örtlich Beton und mit Zementmörtel vermauerte Steine um bis zu 15cm abgetragen werden müssen. Der Schutzmörtel muss anschliessend wieder bis innenkant Standfläche der Brüstung ergänzt werden.

Pos. 6 Fugeninstandsetzung und Steinersatz an Stirnseiten und Widerlager

Ausspitzen loser Fugen in den Stirnflächen, lokaler Steinersatz, neu Verfugen, alles von Hand.

Pos. 7 Liefern und Versetzen der neuen Brüstungen

Die Brüstungssteine sollen auf der Sichtseite eine unregelmässige Unterkante (kein Sägeschnitt sichtbar) aufweisen. Ansonsten ist die Oberflächenbearbeitung den Originalsteinen anzupassen (wie Brüstung Ostseite Nord). Die Quaderteilung ist mit der Denkmalpflege abzustimmen. Alle 6m soll eine Stossfuge (Breite 5mm) offen gelassen werden. Als Versetzmörtel soll ein „wasserdichter“ Mauermörtel verwendet werden, als Ergänzung der Abdichtungsebene, auch unter den Brüstungen.

Pos. 8 Liefern und Montage Geländer

Die Detailgestaltung des Geländers ist der Denkmalpflege und der Bauverwaltung zur Genehmigung vorzulegen. Die Geländerverankerungen und Verbindungen sollen so gestaltet sein, dass bei einem Anfahrsschaden nur lokale Reparaturen erforderlich sind.

Pos. 9 Wiedereinbau Koffer und Belag

Es wird empfohlen, an den beiden Brückenenden eine Dränage einzulegen (falls nicht schon vorhanden). Ansonsten kann der Belag wieder wie bestehend hergestellt werden.

Pos. 10 Alternative: UHFB-Platte als Lastverteiler und Abdichtung

Anstelle von Ergänzungen und Anpassungen der bestehenden Abdichtung und Entwässerung wird eine UHFB-Platte eingebaut. Die Lösung bedingt den Rückbau der gesamten Abdichtung inkl. Schutzmörtel, das Abspitzen und Reprofilieren der Randbereiche und Ergänzungen aus Magerbeton zur Anhebung der Applikationsebene für den UHFB. Rand- und Anschlussdetails sind ebenfalls neu zu lösen. Neben formalen Vorteilen (Geländer) bietet die UHFB-Platte auch wesentliche Vorteile für die langfristige Erhaltung der Originalsubstanz.

- Die Abdichtungsfunktion ist wesentlich robuster und dauerhafter als die klassische Lösung mit Bitumenbahnen.
- Reparaturen an den Brüstungen bzw. Erneuerungen des Strassenbelages können ausgeführt werden, ohne den Brückenkörper zu tangieren (besserer Substanzschutz).



3.4 Kostenvoranschlag (siehe auch Figur 6) sowie Hinweise unter Kap. 3.3

Die nachfolgende Zusammenstellung unterscheidet zwischen Planungs- und Baukosten, Kostentotal ca. $\pm 20\%$. Es wurden mittlere Marktpreise eingesetzt.

Nicht enthalten sind Rückbau / Verlegen / Umlegen allfälliger Werkleitungen. Diese Kosten können derzeit nicht geschätzt werden und es wäre auch zu klären wer dafür aufkommen müsste. Es wird empfohlen das Bauwerk von Werkleitungen frei zu halten.

Planungskosten

Position	Leistung	Arbeiten	Einheit	Menge	Preis/Stück	Preis
0.1	Vorprojekt	Vorprojekt mit inkl. Technischer Bericht und Kostenvoranschlag	Stk.	1		9000
0.2	Sondagen	Belagsfenster und Kernbohrungen	Stk.	1		6500
	Statischer Nachweis	Statische Nachrechnung	Stk.	1		7500
0.3	Projektierung	Bauprojekt und Ausschreibung	Stk.	1		20000
0.4	Bauleitung	Allg. Bauleitung Ausführung, Bauabrechnung	Stk.	1		12000
0.5	Fachbegleitung	Spezialist Sicherung und Instandsetzung Natursteinmauerwerk	Stk.	1		7500
0.6	Bewilligungen	Wasserbau, Baugesuch etc.	Stk.	2		1000
	Total Planungskosten	exkl. MWST Rabatt und Skonto				63500

Reine Baukosten

Position	Leistung	Arbeiten	Einheit	Menge	Preis/Stück	Preis
1.1	Baustelleneinrichtung	Installation (inkl. Abräumen und Endreinigung) Signalisation/Absperrungen Strasse Gerüst	Stk.	1	25000	25000
			Stk.	1	1500	1500
			Stk.	1	5000	5000
1.2	Schutzmassnahmen	Schutzmassnahmen zur Verhinderung Gewässerverschmutzung	Stk.	1	2000	2000
2.1	Reparatur loses Mauerwerk der Stirnflächen (b)	Ausspitzen Mauersteine (für Neuaufbau Sichtflächen Stirnseiten), inkl. temporäre Abstützungen und Neuaufbau inkl. permanente Sicherungen (Ripinox)	m2	5	2000	10000
3.1	Rückbau Brüstungen	Rückbau der bestehenden Brüstungen und Entsorgung inkl. e) und f), ohne a')	m1	30	50	1500
4.1	Ausbau Belag und Teilaushub Koffer	Abtrag Belag inkl. Transport und Entsorgung Analyse PACK Schwarzbelag (Bachema) Zuschlag Entsorgung wenn hoch belastet (PAK >20000mg/kg) Aushub Füllmaterial auf Brücke inkl. Transport und Deponie Aushub sauber Aushub Verschmutzt Inertmaterial Deponiegebühren Aushub für Drainage vor und nach der Brücke (Rampen)	m2	70	45	3150
			Stk.	1	800	800
			m2	70	40	2800
			m3	15	70	1050
			m3	15	140	2100
			m3	8	70	560
5.1	Anpassung Abdichtung, Vorbereitung Versetzflä	Abtrag Schutzmörtel ca. 80cm breit Entfernung Abdichtung (inkl. Entsorgung Abdichtung) ca. 60cm breit Egalisieren (Abtrag durch spitzen) und glattschleichen mit Zementmörtel 60cm breit Aufmörteln und Ergänzen Standflächen der neuen Brüstungen, ca. 40cm breit Ergänzen Abdichtung Bitumenbahn Breite 80cm bis knapp auf Standfläche Brüstungen Ergänzen Abdichtung bei Bohrlöchern Nr. 2+3 Ergänzen Schutzmörtel ca. 80cm breit	m1	32	80	2560
			m1	32	120	3840
			m1	32	150	4800
			m1	32	150	4800
			m1	32	150	4800
			Stk.	2	250	500
			m1	32	45	1440
6.1	Instandsetzung Mauerwerk	Ausspitzen lose Fugen Ausspitzen stark schadhafte Steinteile der Stirnkränze (Vierungen), inkl. keilen Entfernen Wurzelstöcke und Bewuchs Lokale Reprofilierungen mit Mörtel Fixit 524 SpC, von Hand Ausfugen mit Mörtel Fixit 561 Schlossmauermörtel (0/4mm), von Hand lokale Reparatur Mauerfuss Widerlager West	m2	50	100	5000
			Stk.	20	150	3000
			Std.	16	90	1440
			Stk.	20	150	3000
			m2	50	150	7500
			m2	1	2500	2500
7.1	Ersatz Brüstungen	Liefern Brüstungssteine tiefes Profil ca. 36x55cm, I: 0.8-1.5m, Oberflächen gespitzt Brüstungen neu setzen und Ausfugen Radabweiser neu setzen	m1	33	900	29700
			m1	33	350	11550
			Stk.	1	250	250
8.1	Geländer	Liefern und versetzen Geländer, Massanfertigung inkl. Korrosionsschutz	m1	30	800	24000
9.1	Drainage und Entwässerung	Erstellen Spülschacht und Anschluss an Entwässerung Sickerleitung bzw. Entwässerungsrohr Erstellen Koffer/Verdichten auch über Drainage	Stk.	2	2000	4000
			m1	30	150	4500
			m2	70	80	5600
9.2	Einbau Belag	Wiederherstellung Strassenbelag Ergänzen Belag Schwarzbelag über Drainage Strassenmarkierung und Signalisation	m2	70	90	6300
			m2	16	90	1440
			Stk.	1	1000	1000
10.1	Alternative mit UHFB-Platte	Installation Spezialist UHFB UHFB, auf egalisierten Untergrund als Lastverteiler und Abdichtung Magerbeton, Ergänzung Rampen, armiert mit Matte K188 Anschlüsse, Abschlüsse und Anpassungen	Stk.	1	8000	8000
			m3	5	3500	17500
			m3	15	350	5250
			Stk.	1	5000	5000
	Total reine Baukosten Variante A (ohne 10.1)	exkl. MWST Rabatt und Skonto				188980

Materialtechnik am Bau AG

Ph. Rück

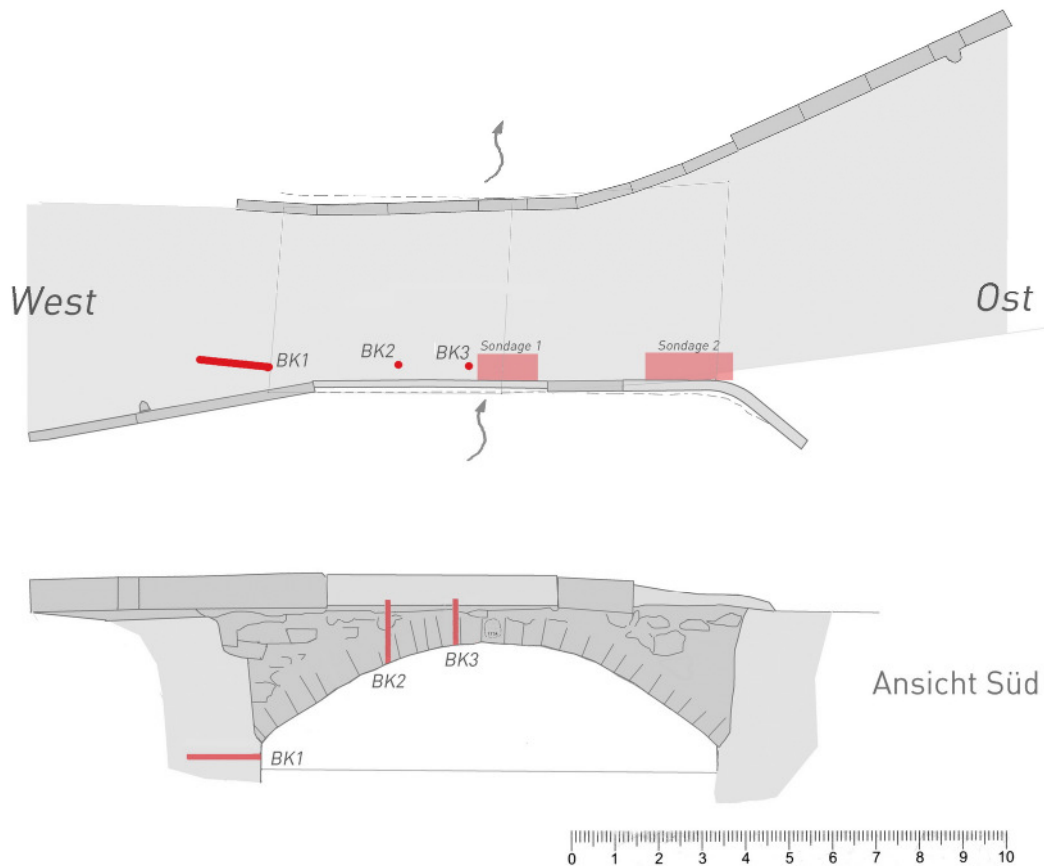
Dr. Ph. Rück

4. Dokumentation



Figur 1: Position der Kernbohrungen und Sondierungen

(siehe auch Photos 12+13)



Bohrkernliste

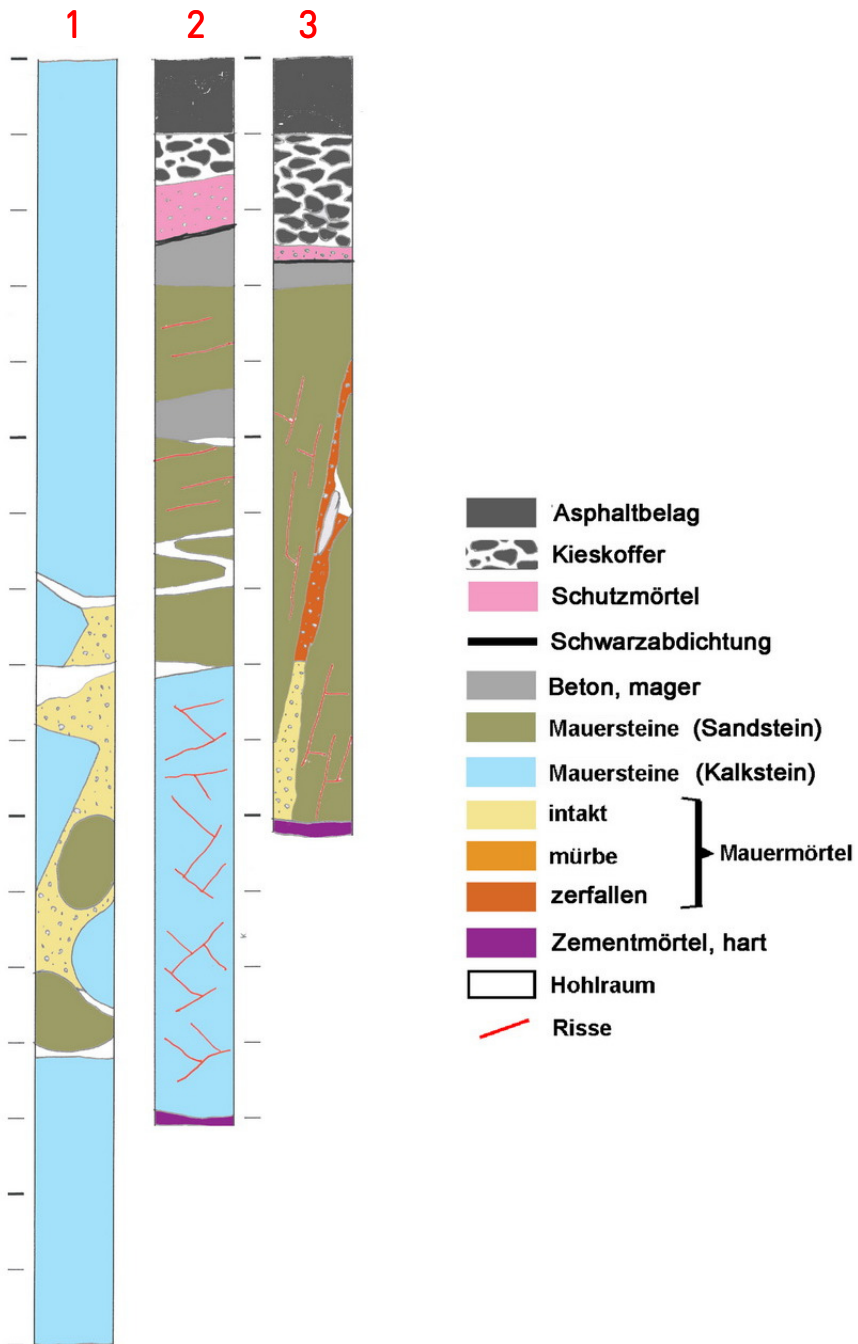
Nr.	Ø (mm)	Länge (cm)	Bauteil	Details
1	100	170	Widerlager West	siehe Fig. 2
2	100	141	Brückengewölbe	siehe Fig. 2
3	100	103	Brückengewölbe	siehe Fig. 2

Sondierungen

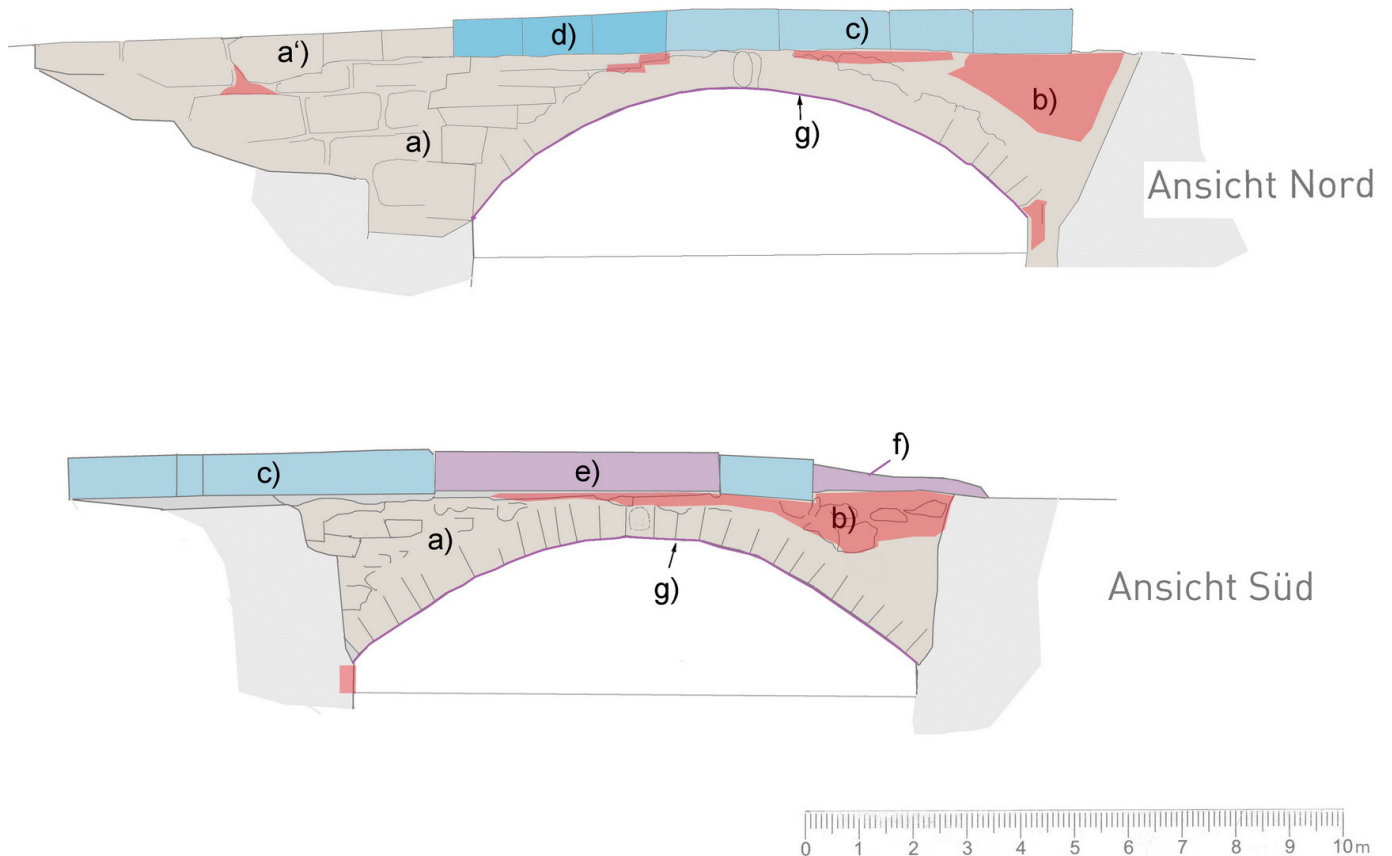
Nr.	Fläche (m)	Tiefe (m)	Ort	Details
1	0.8x1	0.25	Scheiteltbereich	siehe Fig. 3 + 4, Photo 12
2	0.8x2.5	0.7	Rampe Ost	siehe Fig. 3 + 4, Photo 13

Figur 2: Aufzeichnung der Kernbohrungen

Teilung Skala: 10cm



Figur 3: Zustandsaufnahme

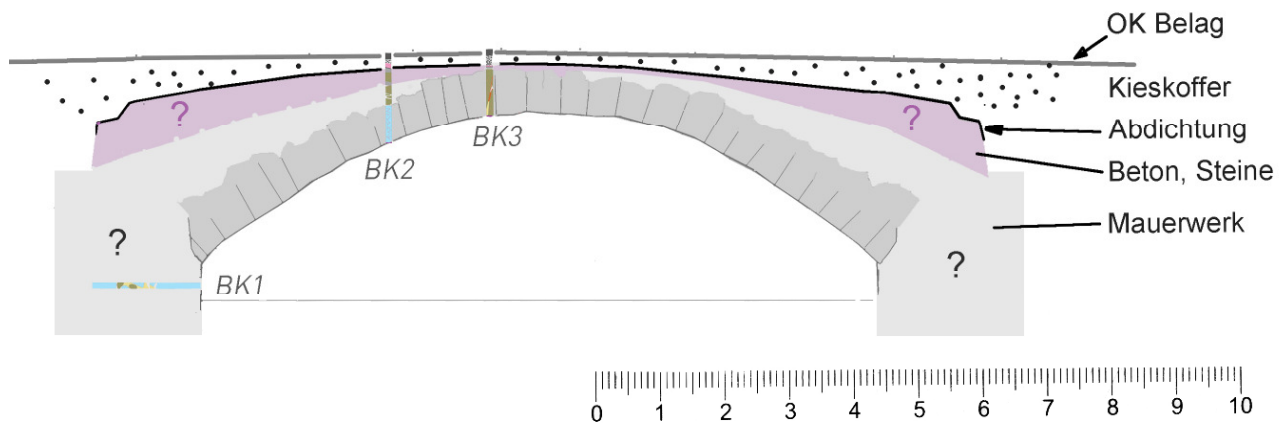


	Kommentar	Photo Nr.
a) Originalmauerwerk	Kalksteine und Sandsteine, meist grosszügig verfugt (Pietra rasa), z.T. vollflächig verputzt	1-4
a') niedrige Brüstung	Teil des Originalmauerwerks (event. Originalsituation auf ganzer Brücke)	10
b) Schadhafte Mauerwerk,	aufgelockerter Verband, mürber Mauermörtel, lokal tief verwitterte Mauersteine, z.T. dick mit Zementmörtel ergänzt	6+8
c) alte Brüstungen, hohes Profil	Jurakalkstein, z. T. tief abgewittert, z.T. grosse Abplatzungen um Eisenklammern sowie Rissbildungen	1+2
d) neuere Brüstungssteine, hohes Profil	Jurakalkstein, Ersatz wegen Anfahrsschadens vor wenigen Jahren, z.T. erneut schadhafte: Frostrissen	1+2
e) Ersatzbrüstung aus KS-Mauerwerk	Ersatz wegen Anfahrsschadens 2019, Originalsteine sind erhalten, aber z.T. stark verwittert, liegen beim Nachbarn	2
f) Betonmüerchen	ältere Reparatur oder Ergänzung	12
g) Zementmörtel auf ganzer Untersicht	wahrscheinlich Spritzmörtel, hart und dicht	3+4

Konstruktion

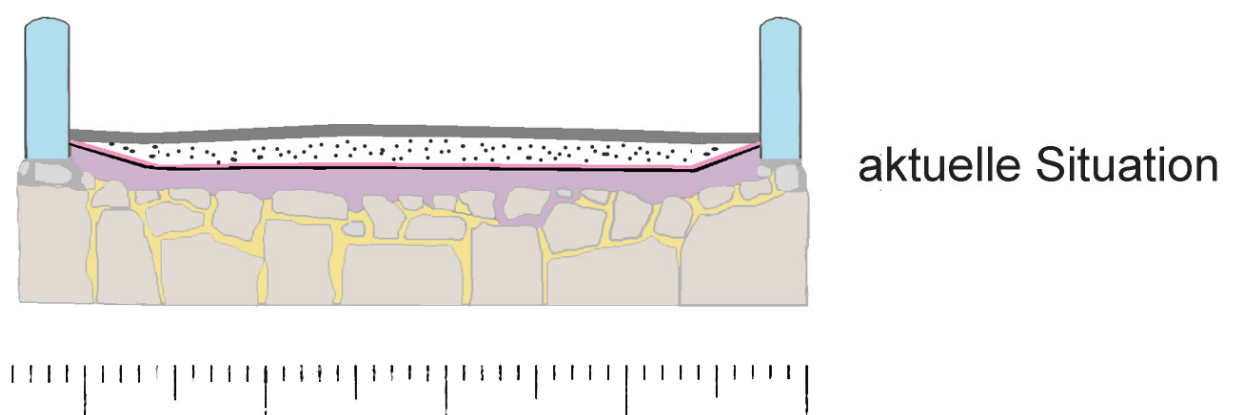


Figur 4: Rekonstruktion ---Schnitt parallel Brückenachse



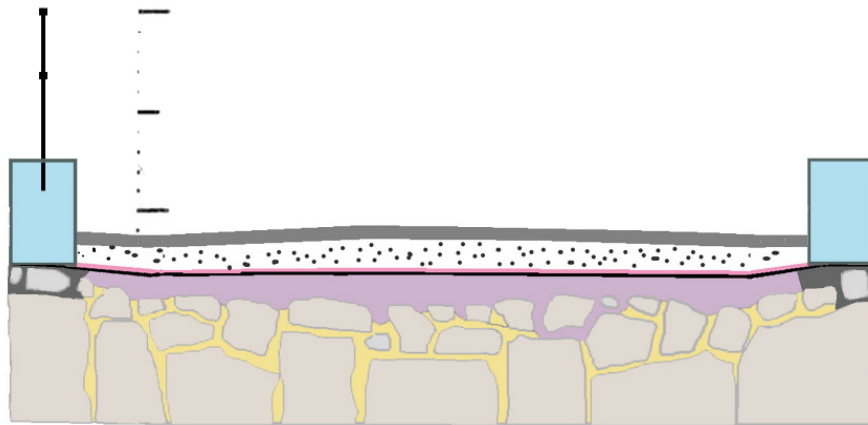
Figur 4 zeigt die aus den Sondierungen und Kernbohrungen erlangten Erkenntnisse zum inneren Aufbau der Brücke. Die Mauerdicke im Kämpferbereich beträgt über 1.7m. Die Füllung des Brückenkörpers besteht hauptsächlich aus kleineren und grösseren Bruchsteinen.

Figur 5: Schnitt im Bogenscheitel, senkrecht zur Brückenachse

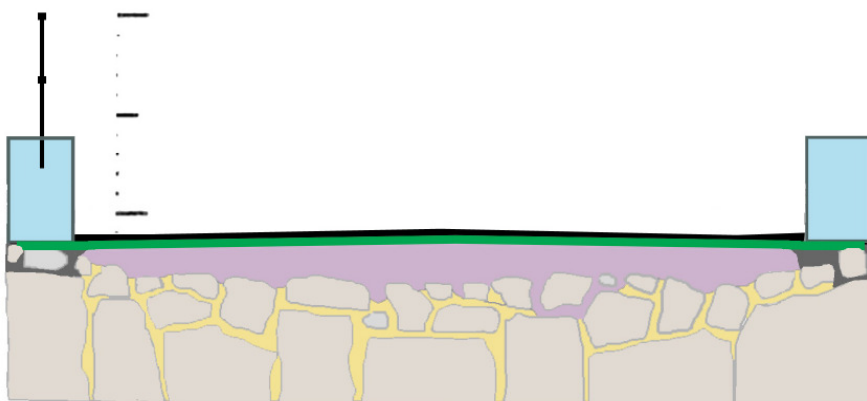


Figur 5 zeigt Aufbau und Geometrie der Brücke im Bogenscheitel. Das originale Mauerwerk bildet die Tragstruktur. Darüber folgt eine magerer Beton aus (Sanierung 1991) mit einer Schwarzabdichtung und darüber ein Schutzmortel. Darauf folgt ein Kieskoffer und schliesslich ein Schwarzbelag. Die Dicke des mageren Betons (violett) kann erheblich abweichen.

Fig. 6: Skizzen Instandsetzung (Brüstungen)



Variante A



**Variante B
UHFB**



Skizzen Instandsetzung: Brückenquerschnitt im Scheitel mit neuer Brüstung mit
Geländer total 1.1m hoch ab OK Belag



Photographische Dokumentation



Photo 1:

Übersicht Stirnseite
Nord

Bewuchs aus
schadhaften Fugen

linkes Widerlager: in
der Art eines
Kraggewölbes
aufgemauerte Nische
zur Optimierung der
Strassenführung
(siehe auch Photo 3)



Photo 2:

Übersicht Stirnseite
Süd

KS-Mäuerchen als
Provisorium nach
Anfahrtschaden

Photographische Dokumentation



Photo 3:

Bogen Richtung Ost
Untersicht

Mauerwerk allg.
intakt und trocken

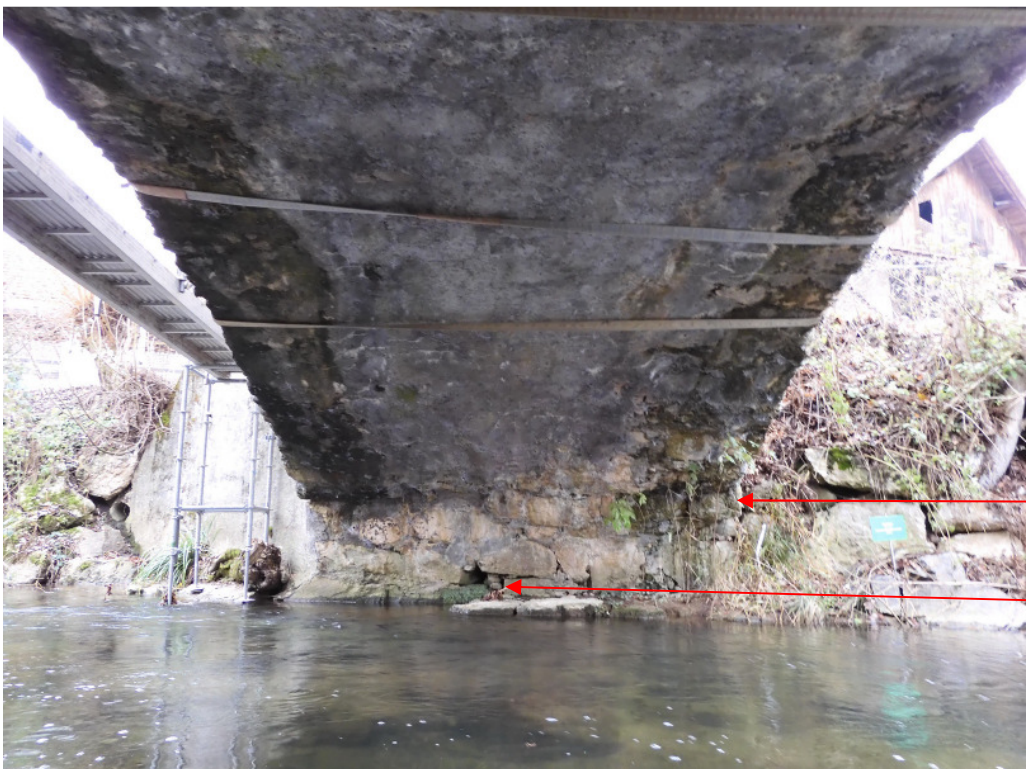


Photo 4:

Bogen Richtung West
Untersicht

Mauerwerk allg.
intakt, Randbereiche
aber nass

2 Schadstellen im
Widerlager:

Ecke tief ausgewittert

Mitte: Stein lose

Photographische Dokumentation



Photo 5:

Stirnwand Süd,
Westseite

Oberflächen
weitgehend intakt,
viel Verputz



Photo 6:

Stirnwand Süd,
Ostseite

Oberflächen
vermoost, Fugen
ausgewittert,
Mauerwerk stark
aufgelockert



Photographische Dokumentation



Photo 7:

Stirnwand Nord,
Ostseite

einzelne schadhafte
Mauersteine

vereinzelt Bewuchs

grosse Mauersteine
intakt,



Photo 8:

Stirnwand Nord,
Westseite

Verputz hohlliegend,
Mauerwerk darunter
stark aufgelockert

Photographische Dokumentation



Photo 9:

Stirn Bogen Süd
signierter und
datierter
Schlussstein mit
feinen Ornamenten

unterer Teil mit
Zementmörtel
ergänzt



Photo 10:

Brüstungen
Nord Süd

tiefe Brüstung
(Original)

Radabweiser

Photographische Dokumentation



Photo 11:

Sondierung 1

Randbereich Süd,
Brückenscheitel

Abdichtung, als Wanne

(siehe auch Figur 5)

Schutzmörtel über
Bitumenabdichtung

Kieskoffer

Schwarzbelag



Photo 12:

Sondierung 2

Randbereich Süd,
Ostseite

Abdichtung, als Wanne

(siehe auch Figur 4+5)

Betonmäuerchen

Kieskoffer

Schwarzbelag

Photographische Dokumentation



Photo 13:

Fahrbahn

Überblick mit
Brüstungen
Blick Richtung Ost



Photo 14:

Fahrbahn

Überblick mit
Brüstungen
Blick Richtung West

K201 Druckfestigkeit Bohrkernproben

Prüfung Mörtel an Kleinproben analog EN 1926



Materialtyp		Mauersteine (Kalkstein)			
Probennummer		3.1	3.2	2.2	
Druckfestigkeit	N/mm ²	160.3	281.4	212.6	
Rohdichte	kg/m ³	2654	2640	2380	
Entnahmetiefe, ab Maueroberfläche	cm	15	55	85	

Materialtyp		Mauersteine (Sandstein)			
Probennummer		2.1	1.1	1.2	
Druckfestigkeit	N/mm ²	88.1	63.0	76.4	
Rohdichte	kg/m ³	2537	2481	2515	
Entnahmetiefe, ab Maueroberfläche	cm	75	35	75	

Materialtyp		Mauermörtel (Kalkmörtel)			Zementmörtel
Probennummer		3.5	3.4	3.3	1.3
Druckfestigkeit	N/mm ²	16.2	11.3	17.6	48.2
Rohdichte	kg/m ³	1111	1126	1207	1987
Entnahmetiefe, ab Maueroberfläche	cm	116	115	85	95

P301 Poren-Sättigungskennwerte

Prüfkondition: A5/AV

Materialtyp/Bauteil		Mauermörtel	
Probe	Nr.	E3.1	E3.2
Kapillarporen A5	Vol. %	53.1	53.6
Gesamtporosität AV	Vol. %	53.1	55.1
Hohlraumgehalt LG	Vol. %	0.0	1.5
Trockenrohichte Rd	kg/m ³	1203	1157
Sättigungswert S		1.0	1.0

M102 Mikroskopische Beobachtungen

Bohrkern Nr. /Probe Nr.	Material und Beobach- tungstiefe	Beobachtungen
BK3, E3	Mauermörtel aus Gewölbe 90cm	Bindemittel: Kalkhydrat Zuschlag: überwiegend silikatisch, 0-5mm, gerundet, , unregelmässig Mischung: aussergewöhnlich bindemittelreich (ca. 3 Teile Kalk / 1 Teil Sand) Gefüge: kompakt Kapillarporosität: sehr hoch wegen hohem Bindemittelanteil Makroporen: kaum Schrumpfporen, vereinzelt runde Luftporen Konzeptschwächen: bei Nässe beschränkte Frostbeständigkeit Umwandlungsprozesse: nur teilweise, diffus verteilte Karbonatisierung Gefügeschäden: keine

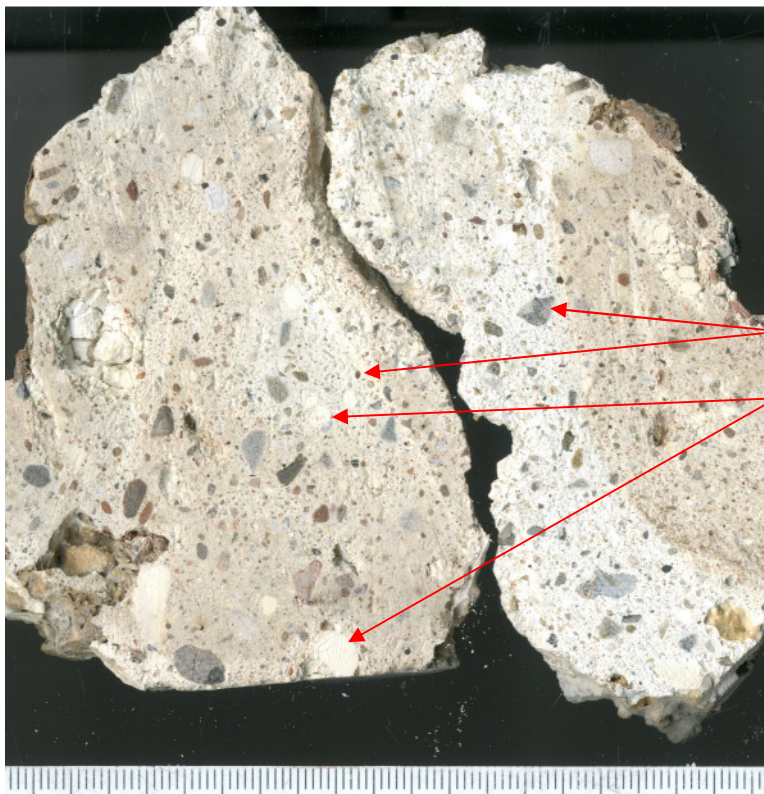


Photo 15: Mauermörtel
(Millimeterskala)

heller, im intakten Zustand recht fester
Mauermörtel

wenig Zuschlag
Sand 0-5mm

viel Bindemittel,
(d.h. viele Kalkspatzen)