

Instandsetzung einer denkmalgeschützten, genieteten Stahlbrücke

Isabelle Walder, Philip Lüthi
Staubli, Kurath & Partner AG, Zürich

Zusammenfassung

Im Rahmen der Seeufergestaltung Unterägeri wurde die historische Bogenbrücke aus dem Jahr 1908 instand gesetzt. Für die Instandsetzung wurde die Brücke demontiert und ins Werk gebracht. Dort wurden die korrodierten Verbindungen gelöst, instand gesetzt und wieder in traditioneller Weise neu vernietet. Nach der Korrosionsschutzbehandlung konnte die denkmalgeschützte Brücke wieder am ursprünglichen Standort montiert werden.

Stichworte

Traditionelles Handwerk, fachgerechte Instandsetzung, Nietverbindungen, Spaltkorrosion



Abbildung 1: Bogenbrücke über die Lorze in Unterägeri vor der Instandsetzung

Ausgangslage

Auslöser für die Instandsetzung der Brücke war die Planung einer neuen Seeufergestaltung in Unterägeri am Ägerisee. Auf einer Länge von ca. 300 m sollte das bestehende Ufer mit den alten, schadhaften Mauern saniert und neu gestaltet werden. Im Perimeter der Seeufergestaltung lag auch die historische Fussgängerbrücke aus dem Jahr 1908, gebaut durch die Gebrüder Gysi aus Baar, welche über die Lorze führte.

Die Bogenbrücke mit einer Spannweite von ca. 19 m besteht aus zwei genieteten Fachwerkbögen, welche über Fachwerk-Querträger miteinander verbunden sind. Die Brücke wird durch einen untenliegenden Verband in Querrichtung stabilisiert. Als Belag diente eine Betonplatte, welche über den Querträgern als Bogen eingebaut wurde. Seitlich ist der Betonbelag direkt an die Stahlprofile der Brücke betoniert worden.

Im Jahr 2011 wurde die Bogenbrücke über die Lorze als Baudenkmal von lokaler Bedeutung unter kantonalen Schutz gestellt. Der Schutzzumfang betrifft den Standort der Brücke, ihre äussere Erscheinung und die historische Baustruktur [1]. Die Unterschutzstellung der Brücke führte zur Entscheidung, dass sie im Rahmen der neuen Seeufergestaltung instand gesetzt werden sollte.

Projektierung

Als erster Punkt der Projektierung wurde eine detaillierte, visuelle Zustandsaufnahme durchgeführt. Es zeigte sich, dass primär zwei Problemstellen vorhanden waren. Einerseits wiesen sehr viele der genieteten Verbindungen, primär im Bereich des Betonbelags oder darunter, Zeichen von Spaltkorrosion auf und andererseits war die Brücke an ihren beiden Auflagerpunkten ca. 30 cm im feuchten Erdreich eingegraben, was zu einer massiven Korrosion der Stahlprofile führte.

In der Abbildung 2 sind die beiden typischen Problemstellen dargestellt. Die Aufnahmen wurden nach der Brückendemontage im Werk gemacht.



Abbildung 2: Brückenteile nach der Demontage; Spaltkorrosion in der Nietverbindung (links, weisser Pfeil), beinahe vollständig korrodiertes Stahlprofil (rechts)

Für die Instandsetzung der Verbindungen mit Anzeichen von Spaltkorrosion wurden 2 verschiedene Varianten geprüft. Die erste Variante beinhaltete das Verschweissen der Verbindungen zur Abdichtung der korrodierten Stellen. Durch das dichte Umschweissen sollte die Korrosion gestoppt werden, da kein Sauerstoff und kein Wasser mehr zwischen die Profile gelangen kann. Die zweite Variante sah das Lösen und Instand setzen der korrodierten Verbindungen mit einem Ersatz der alten durch neue Nieten vor.

Da bei beiden Instandsetzungsvarianten von verschiedenen Seiten her Bedenken geäussert wurden, hat das Ingenieurbüro Staubli, Kurath & Partner AG (SK&) vertiefte Abklärungen durchgeführt.

In der SIA-Norm 269/3 „Erhaltung von Tragwerken – Stahlbau“ sind Instandsetzungs-massnahmen an Stahlbauten geregelt. Folgende Punkte sind dieser Norm entnommen:

7.1.2.2 „Werden neue Verbindungen an altem Baustahl ausgeführt, sind Schraubverbindungen den Schweissverbindungen vorzuziehen.“

7.2.2.1 „Mangelhafte Nieten werden in der Regel durch hochfeste vorgespannte Schrauben ersetzt. Wenn sich weitere Nieten durch das Vorspannen der Schrauben lösen, werden auch diese ersetzt.“

7.2.2.2 „Hybridverbindungen zwischen Nieten und Schweissnähten sind in der Regel aufgrund ihres unterschiedlichen Tragverhaltens zu vermeiden.“ [2]

Nach Rücksprache mit dem schweizerischen Verein für Schweisstechnik (SVS) wurde durch das Institut für Werkstofftechnologie (IWT) die Brücke vor Ort untersucht, um den verwendeten Stahl und seine Schweisseignung exakt zu bestimmen. Die Ergebnisse der ambulanten Untersuchung lassen sich wie folgt zusammenfassen:

„An der Brückenkonstruktion lassen sich Stahlbauteile nachweisen, die aufgrund der chemischen Zusammensetzung und der gemessenen Wirbelstromsignale als versprödete Thomasstähle identifiziert werden. Am Obergurtprofil konnte eine ausgeprägte Schwefelseigerung (Einschlüsse von Schwefel) nachgewiesen werden. Bei den Verbindungsplatten wurde die Verwendung von Puddelstahl nachgewiesen. Bei allen untersuchten Bauteilen finden sich Anstriche mit Bleimennige. Hinsichtlich der Schweissbarkeit ist bei den Thomasstählen der teilweise stark erhöhte Phosphor- und Schwefelgehalt zu berücksichtigen. Zusätzlich muss der nachgewiesenen, ausgeprägten Seigerung Beachtung geschenkt werden. Die Seigerungen sowie die erhöhten Schwefel- und Phosphorgehalte bewirken eine erhöhte Gefahr der Terrassenbruchbildung und der Erstarrungsrissbildung beim Schweissen. Aufgrund ihrer besonderen Gefügeausbildung und der chemischen Zusammensetzung gelten Thomasstähle daher als bedingt schweisbar. Voraussetzung sind entsprechend erfahrenes Schweisspersonal und möglichst gute Schweissbedingungen (keine Zwangslagen, z.B. über Kopf etc.). Die vereinzelt festgestellten Puddelstähle (Verbindungsplatten) gelten aufgrund ihrer ausgeprägten Inhomogenität als nicht schmelzschweisbar.“ [3]

Die Abklärungen hatten ergeben, dass die Bedenken zur Instandsetzungsvariante 1 begründet waren und daher vor einer Instandsetzung der Bogenbrücke durch Verschweissen der Verbindungsstellen abgeraten werden musste. Beim Verschweissen musste davon ausgegangen werden, dass die Naht nicht dicht wird und die Korrosion dadurch nicht gestoppt werden könnte. Durch die Schweissarbeiten könnte es zu einer Beschädigung der Brücke kommen. Ausserdem handelt es sich um einen nicht reversiblen Eingriff, welcher das Tragverhalten der Brücke ändern würde.

Eine Instandsetzung der Brücke durch teilweisen Ersatz der Nieten stellt sicher, dass die Korrosion in den Verbindungen optimal beseitigt werden kann und dass das Tragwerk der Brücke weiterhin wie bis anhin funktioniert. Durch ein Verschweissen der Verbindungsstellen

würde einerseits das originale Tragsystem verändert und andererseits jede zukünftige Instandsetzung erschwert. Das Aussehen der Brücke gegenüber dem Originalzustand ändert sich durch die Massnahmen nicht.

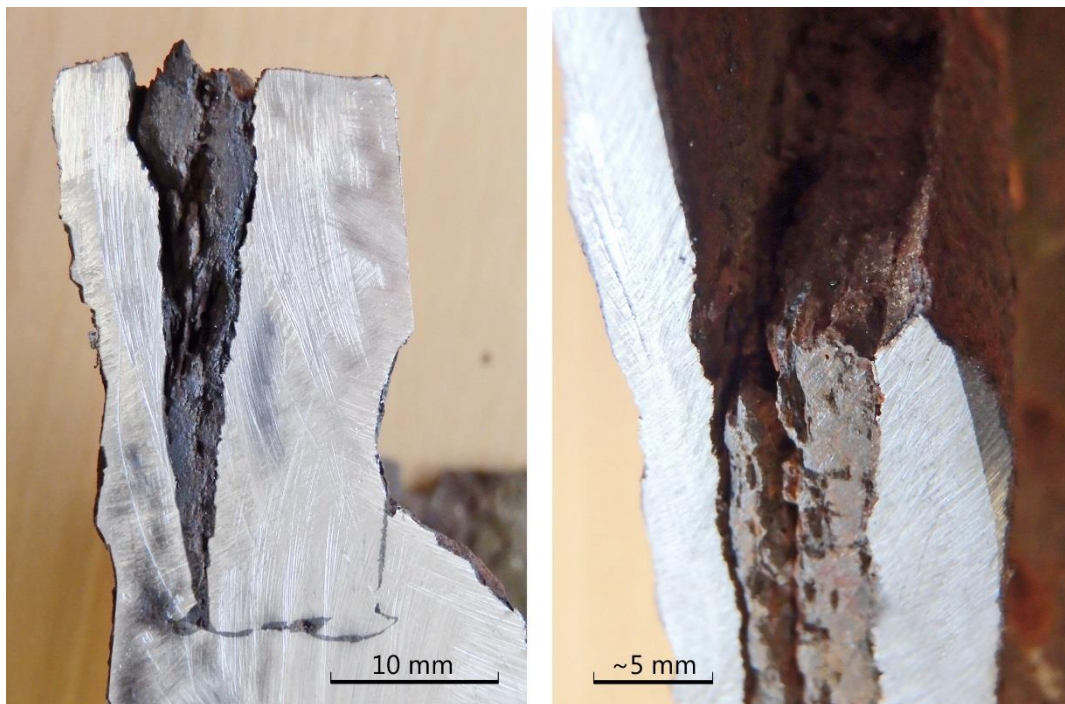


Abbildung 3: Aufgetrennte Verbindungen mit Spaltkorrosion, im linken Bild geht der Schnitt mittig durch eine horizontale Niete (am unteren Bildrand, der linke Nietenkopf fehlt)

Die Problematik des Verschweissens der Verbindungen mit vorhandener Spaltkorrosion wird bei der Betrachtung der Abbildung 3 besonders deutlich. Die vorhandenen Korrosionsprodukte und die ebenfalls anwesende Restfeuchtigkeit in der Verbindung führen dazu, dass eine Schweissnaht nur sehr schwierig in der nötigen Dichtigkeit ausgeführt werden könnte.

Der Instandsetzungsentscheid fiel damit zu Gunsten der Variante 2, d.h. die schadhaften Verbindungen sollten gelöst, behandelt und wieder neu vernietet werden.

Im Zusammenhang mit der Projektierung der Instandsetzung wurde die Tragsicherheit der Brücke statisch überprüft. Dabei wurden für gewisse Profile reduzierte Querschnittsflächen angenommen und die Stahlfestigkeiten auf die ermittelten Werte der ambulanten Materialprüfung abgestützt (mit ausreichenden Sicherheitsfaktoren). Durch die geplante Verwendung eines dünnen CPC-Belags, anstelle der ursprünglichen Betonplatte konnte diese ständige Auflast um 60% reduziert werden. Mit dieser Massnahme ist die Tragsicherheit statisch nachgewiesen worden.

Beim CPC-Belag der Silidur AG aus Andelfingen handelt es sich um schlanke, mit vorgespannten Carbonfasern bewehrte Betonplatten, welche bei der Bogenbrücke in einer Stärke von 40 mm eingebaut wurden. Durch das enge Bewehrungsraster konnten die Platten beinahe beliebig zugeschnitten und exakt zwischen die Stahlprofile der Brücke eingepasst werden.

Ausführung

Die Instandsetzung der Bogenbrücke wurde durch die Kunstschlosserei von Moritz Häberling in Uerzlikon ausgeführt. Der Bauablauf beinhaltete folgende Punkte:

- Demontage, Entfernung Betonbelag vor Ort

- Abtransport der gesamten Brücke ins Werk
- Entfernung Korrosionsschutz durch Strahlen
- Zerlegung der Brücke in einzelne Abschnitte
- Mechanische Entfernung der Korrosion
- Ersatz von zu stark korrodierten Profilen
- Spritzverzinkung und Grundbeschichtung der Stahlteile
- Neuvernietung der Brücke
- Applikation Korrosionsschutz
- Einbau von CPC-Belag und Beleuchtung
- Montage vor Ort

Für die Neuvernietung der Brücke wurden die einzelnen Nieten in den erforderlichen Grössen in der Kunstschlosserei hergestellt. Das Setzen der Nieten an der Brücke erfolgte mit einer Hydraulikpresse oder, wo nötig, mit dem Presslufthammer.

Als Korrosionsschutz wurde folgender Aufbau appliziert:

- Strahlen S 2 1/2
- Spritzverzinken
- Zweikomponenten-Grundbeschichtung
Sollschichtdicke Mikrometer 60
- Zweikomponenten-Zwischenbeschichtung
Eisenglimmer Sollschichtdicke Mikrometer 80
- Zweikomponenten-Deckbeschichtung UV-beständig,
Eisenglimmer, Sollschichtdicke Mikrometer 60

Nach der erfolgreichen Instandsetzung konnte die Bogenbrücke im April 2014 wieder für die Benutzung durch die Öffentlichkeit freigegeben werden.



Abbildung 4: Instand gesetzte Brücke mit eingebauter Beleuchtung und CPC-Belag

Schlussfolgerungen

Die fachgerechte Instandsetzung einer genieteten Brücke mit Schäden durch Spaltkorrosion bedeutet einen massiven Eingriff für die Konstruktion. Um die Korrosionsschäden zu beheben, müssen die schadhaften Verbindungen gelöst, behandelt und wieder neu zusammengefügt werden. Ein „Umschweissen“ der korrodierten Verbindungen ist keine sinnvolle Alternative. Durch die Verfügbarkeit eines Unternehmers, welcher die klassische Niettechnik beherrscht, konnte die Bogenbrücke in Unterägeri komplett instand gesetzt und in einen „neuwertigen“ Zustand versetzt werden, ohne dass die ursprüngliche Bauweise verloren ging.



Abbildung 5: Instand gesetzte Bogenbrücke über die Lorze in Unterägeri

Literatur

- [1] M. Weichelt-Picard, Direktion des Innern, Kanton Zug Denkmalpflege Unterschutzstellung und Zusicherung eines Kantonsbeitrages, Bogenbrücke Lorze, Birkenwäldli, Unterägeri, Zug (2013)
- [2] Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), SIA 269/3, Schweizer Norm SN 505 269/3 Erhaltung von Tragwerken – Stahlbau, Zürich, (2011)
- [3] J. Aschwanden, M. Zraggen, Institut für Werkstofftechnologie (IWT), Prüfbericht Nr. 17003461 Fussgängerbrücke Unterägeri, Wallisellen, (2012)

Abbildungen: P. Lüthi, Staubli, Kurath & Partner AG