

Zustandserfassung von Brücken bei deren Abbruch: erste Ergebnisse eines Forschungsprojektes an der ETH Zürich

Autor(en): **Vogel, Thomas**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Tec21**

Band (Jahr): **127 (2001)**

Heft 24: **Faserverbundmaterialien**

PDF erstellt am: **22.05.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-80170>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Zustandserfassung von Brücken bei deren Abbruch

Erste Ergebnisse eines Forschungsprojektes an der ETH Zürich

Beim Abbruch von Brücken fallen Informationen über deren Zustand an, die anderswie nur schwer beschafft werden können. Hier wird ein Projekt der Brückenforschung vorgestellt, das zum Ziel hat, möglichst alle zum Abbruch bestimmten Brücken zu erfassen, die Untersuchungsbedürfnisse zu koordinieren und dabei die Bauherren einzubinden. In diesem Artikel werden erste Ergebnisse aus zwei Beispielen und vorläufige generelle Erkenntnisse beschrieben.

Die Erhaltung von Bauwerken weist viele Analogien zur Medizin auf. Diese konnte erst dann als Naturwissenschaft gelten, als das Sezieren von Körpern in der Pathologie von Religion und Gesellschaft akzeptiert wurde. Heute ist das Sezieren aus der Pathologie nicht mehr wegzudenken. Bei Bauwerken bestehen ähnliche Verhältnisse; nur hat sich noch keine bewährte Praxis des Erkenntnisgewinnes aus Abbruchobjekten gebildet.

Ausgangslage

Jährlich werden einige Brücken des National- und Kantonsstrassennetzes abgebrochen, weil sie geänderten Anforderungen nicht mehr genügen, Hindernisse für Erweiterungen darstellen oder als nicht mehr nutzbar eingestuft werden.

Beim Abbruch einer Brücke fallen wertvolle Informationen an, die nur mit grossem Aufwand beschafft werden können, wenn das Tragwerk seine Funktion weiterhin erfüllen soll. Auch sind zerstörende Untersuchungsmethoden uneingeschränkt anwendbar. Ein Sammeln von so gewonnenen Informationen muss langfristig und koordiniert geschehen, damit eine einheitliche Methodik und Datenstruktur gewährleistet ist, vergleichbare Resultate gewonnen werden können und so auch eine eventuelle statistische Auswertung möglich ist.

Das Forschungsprojekt

Das Bundesamt für Strasse (Astra) hat dem Institut für Baustatik und Konstruktion (IBK) der ETH Zürich die Leitung des Projekts Zustandserfassung von Brücken bei deren Abbruch (Zebra) übertragen.

Ziel dieses Projektes ist es, die Rahmenorganisation für die Zustandserfassung von Abbruchobjekten und die zentrale Sammlung und Verarbeitung der Daten zu schaffen sowie bauteilspezifische Vorgehensweisen der Zustandserfassung zu erarbeiten. Die Forschungsarbeiten sollen zudem neue Erkenntnisse über relevante Schädigungs- und Versagensmechanismen sowie Erkenntnisse für Überprüfungen ähnlicher Objekte liefern.

Rolle der Werkeigentümer

Das Forschungsprojekt deckt nur die Strategie, die langfristige Struktur und die Verarbeitung der anfallenden Informationen ab.

Die Zustandserfassung beim Abbruch einer Brücke sollte in der Regel Teil des Abbruchprojektes sein und daher über den Objektkredit finanziert werden. Dies ist nur möglich, wenn die Werkeigentümer an einer Zusammenarbeit und an deren Resultaten interessiert sind.

Erfassungsthemen

Bis jetzt werden jeweils folgende Erfassungsthemen anvisiert:

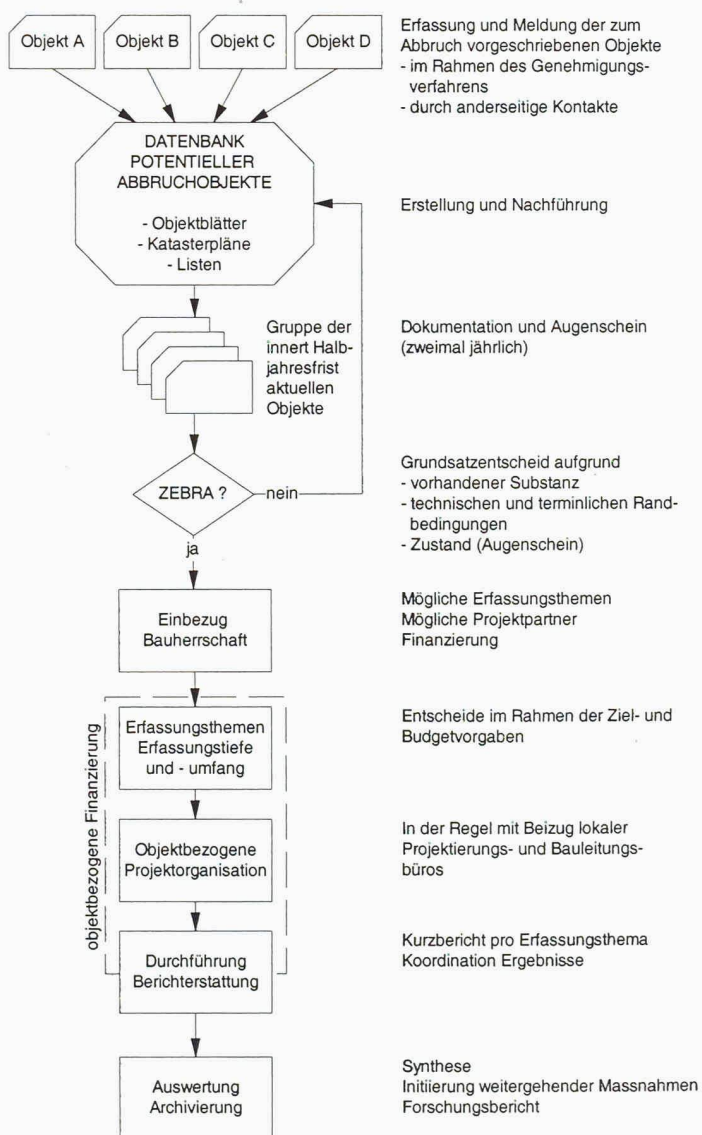
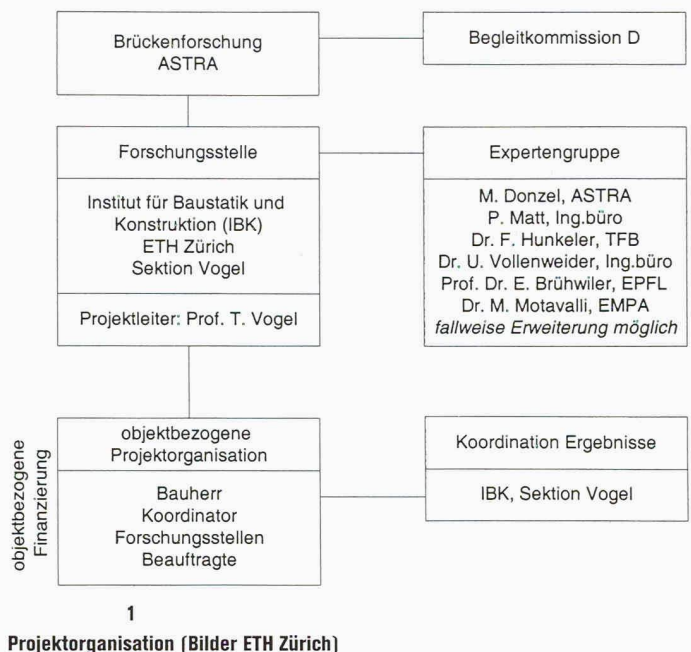
1. Zustand schwer zugänglicher, kritischer oder gefährdeter Traglelemente (z.B. Spannglieder, Foundationen)
 2. Erfolg früherer Instandhaltungs- und Instandsetzungsmassnahmen
 3. Effizienz und Zuverlässigkeit von zerstörungsfreien Untersuchungsmethoden
 4. Übereinstimmung von planmässigen und effektiven Abmessungen von Tragkonstruktionen und Belägen.
- Auch eine Erweiterung um neue Einwirkungen wie z.B. die Alkali-Silika-Reaktion oder Streuströme ist denkbar.

Projektorganisation

Durch die gewählte Projektorganisation (Bild 1) soll gewährleistet werden, dass ein kompetentes Gremium Schwergewichte setzt und entscheidet, wo sich eine nähere Untersuchung lohnt. Es soll dabei nur untersucht werden, was einen lohnenden Erkenntnisgewinn verspricht. Die Methodik der Erfassungen muss in diesem Zusammenhang kohärent sein und laufend optimiert werden können. Schlussendlich müssen die Daten zentral aufbereitet und archiviert werden.

Ablauforganisation

Die Ablauforganisation (Bild 2) soll gewährleisten, dass möglichst alle zum Abbruch bestimmten Objekte erfasst werden und dass flexibel auf die sich bietenden Gelegenheiten reagiert werden kann. Im Einzelfall soll die ohnehin vorhandene objektbezogene Projektorganisation übernommen und erweitert werden können.



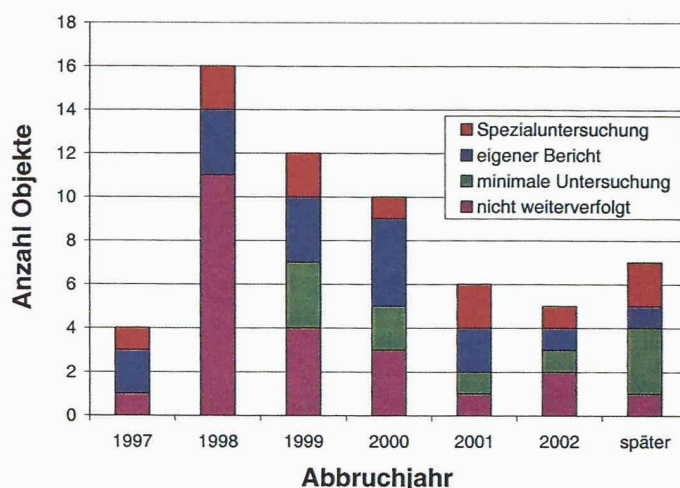
Bisheriger Erfassungsumfang

Die ersten erfassten Objekte wurden bereits 1997 abgebrochen. Die spätesten gemeldeten Abbruchtermine liegen im Jahr 2006 und sind wohl noch von einigen externen Faktoren abhängig.

Die meisten Abbrüche gehen auf Nutzungsänderungen zurück und betreffen Objekte, deren Nutzungsdauer noch nicht abgelaufen war. Einige Projekte, die Brückenabbrüche ausgelöst haben, sind:

- Kanton Zürich: Überdeckung Entlisberg der A3, Zürich Wollishofen
- Kanton Bern: Neubaustrecke Bahn 2000 Mattstetten–Rothrist im Bereich der A1
- Kantone Luzern und Nidwalden: Erneuerung A2/A8
- Kanton Uri: Umfahrung Göschenen
- Kanton Schwyz: Überdeckung der A3 in Altendorf
- Kanton Basel-Stadt: Westtangente.

Bild 3 zeigt die zeitliche Verteilung der Abbruchtermine und die Art der durchgeführten bzw. vorgesehenen Untersuchungen. Offensichtlich war es zu Beginn des Projekts nicht möglich, alle Abbruchobjekte zu begleiten. Es wird aber auch in Zukunft Objekte geben, die im Sinne einer Konzentration auf das Wesentliche gar nicht oder nur minimal begleitet werden. Bild 4 zeigt, bei welchen Objekten Spezialuntersuchungen durchgeführt wurden bzw. vorgesehen sind.



3

Erfassungsumfang und zeitliche Verteilung der Abbruchtermine (Anzahl Objekte)

Abbruch	Objekt	ZEBRA Nr.	Spezialuntersuchung
1995–1997	A1, Überdeckung Töss, Winterthur	ZH 107	Detaillierte Zustandserfassung, vgl. [1], [2]
1997	A2, Überführung der Horwerstrasse, Kriens	LU 101	vgl. Textteil
1998/99	Viadukt Wassnerwald, Wassen	UR 102	Bruchversuche an der ETH Zürich im Rahmen einer Diplom- und einer Doktorarbeit, [3], [4] Versuche elektrochemische Entsalzung, Trockenlegung, Hydrophobierung durch TFB
1998	A1, Überführung Z24 der Staatsstrasse Nr. 93	BE 104	vgl. Textteil
1999	Platzertobelbrücke Safien Platz	GR 106	Bruchversuche an der ETH Zürich im Rahmen von zwei Diplomarbeiten
1999	Reussbrücke Rampe Flüelen-Luzern	UR 101	Bruchversuch vor Ort im Rahmen einer Diplomarbeit der ETH Zürich
2000	A2, Arsenalüberführung, Kriens	LU 102	Detaillierte Zustandserfassung
2000/01	A2, Obkirchenviadukt Hergiswil	NW 101	Dynamische Untersuchungen der EMPA
2001	A3, Überführung Burggasse, Altendorf	SZ 103	Detaillierte Zustandserfassung Einsatz Georadar EMPA
2002/03	A2, Viadotto sopra le cantine, Capolago	TI 101	Träger für Bruchversuche, Zustand Hochpunkte Spannglieder (statistische Auswertung), Erfassung allfälliger Ermüdungsbrüche, Versuche Druckfelder in dünnen Stegen mit Spanngliedern

4

Objekte mit Spezialuntersuchung

Aus Bild 5, das den Erfassungsumfang nach Anzahl m^2 Brückenfläche aufschlüsselt, wird ersichtlich, dass die Spezialuntersuchungen die grossen Objekte betreffen und die nicht begleiteten Objekte eher zu den kleineren gehören.

Beispielhaft sollen hier zwei der bereits untersuchten und abgebrochenen Objekte näher beschrieben werden.

Ausgewählte Objekte

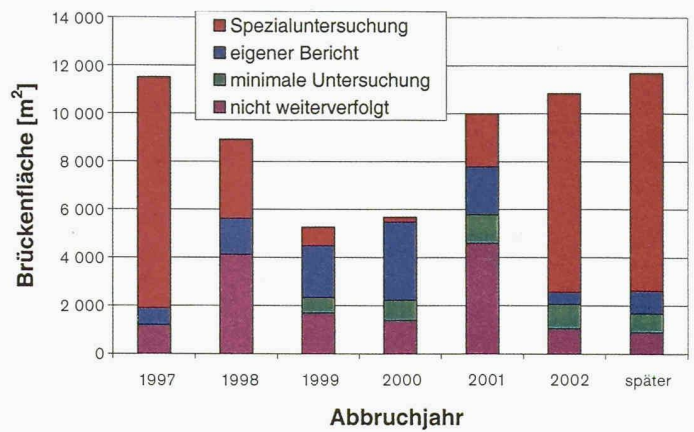
Überführung Horwerstrasse Kriens LU

Die A2 zwischen Luzern und Kriens ist einer der ältesten Abschnitte des Nationalstrassennetzes der Schweiz und wurde damals ohne Pannestreifen gebaut. Im Zuge des gegenwärtigen Ausbaus auf den üblichen Standard müssen die Überführungen ersetzt werden.

Die Überführung der Horwerstrasse in Kriens wurde 1954 gebaut und gehört damit zu den ersten vorgespannten Strassenbrücken der Schweiz. Sie war als schief gelagerter und gekrümmter Dreifeldträger mit einer Mittelspannweite von 23,80 m und eingespannten Stützen ausgebildet. Die Randspannweiten waren nur 8,70 m lang und wirkten deshalb eher als Kragarme. An den Brückenenden war deshalb auf eigentliche Endauflager und Fahrbahnübergänge verzichtet worden, und es wurden lediglich 6 m lange, abgefugte Schleppplatten angehängt. Der Überbau bestand aus einer rund 60 cm dicken und 6,80 m breiten Platte. Die Gehwege wurden durch seitlich angehängte und erhöhte Konsolen gebildet, die im Stützenbereich abgefugt waren. Der bituminöse Belag war im Fahrbahnbereich ohne Abdichtung direkt auf den Konstruktionsbeton aufgebracht worden; die Gehwegkonsolen wiesen keinen Belag auf.

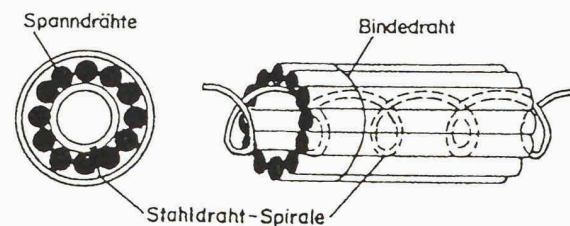
Die Spannglieder von Freyssinet bestanden aus einem glatten Stahlhüllrohr mit Längsfalz und je 12 Spanndrähten mit einem Durchmesser von je 7 mm, die um eine Führungsspirale aus Stahl angeordnet waren (Bild 6). Nach dem Abtrag des Belags erfolgte im Herbst 1998 der Abbruch des Überbaus unter Verkehr durch Zersägen in zwölf parallelförmige Teile, die in einer Kiesgrube bis Ende 1998 zwischengelagert werden konnten. Die Untersuchungen am Überbau umfassten folgende Phasen:

- Bestimmung der Belags- und Plattendicke mit Impact Echo
- Kontrolle der Hauptabmessungen mit Theodolit und Messband
- Potenzialfeldmessung über die Fahrbahn und die Gehwege nach Abtrag des Belags
- Entnahme von Bohrkernen und Öffnen von Sondierfenstern
- Protokollierung von Lage und Verfüllungsgrad der Hüllrohre und Lage der schlaffen Bewehrung auf der Zwischendeponie, Entnahme von Spannkabelproben
- Laboruntersuchungen am Beton (Poren-Sättigungskennwerte, Gefügebau, Druckfestigkeit und Chloridgehalt)
- Laboruntersuchungen an Spannkabeln (visueller und korrosionschemischer Befund von Hüllrohr, Spannstahl und Injektionsgut).



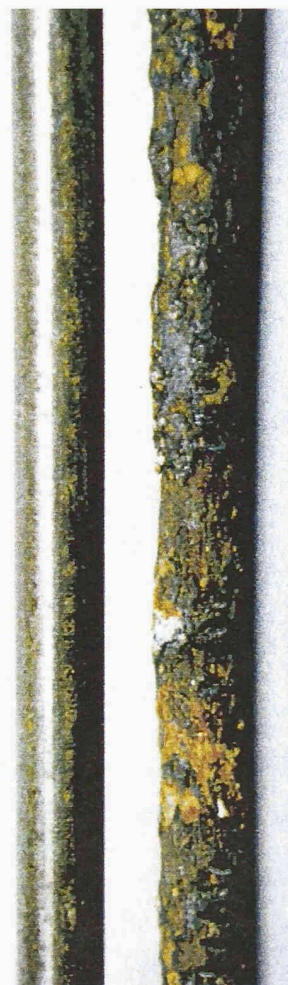
5

Erfassungsumfang und zeitliche Verteilung der Abbruchtermine (m^2 Brückenfläche)



6

Spannglieder Freyssinet Typ P 50



7

Intakter und stark korrodierter Spannstahl

Auf die Stützen, die ebenfalls untersucht wurden, wird nicht näher eingegangen. Aus der Fülle von Ergebnissen aus dem Überbau seien ein paar wenige herausgegriffen:

- Das Impact-Echo-Verfahren ist zur Dickenbestimmung nur geeignet, wenn alle zu durchdringenden Schichten homogen sind und einen Verbund aufweisen und wenn keine Bauteilränder die Ergebnisse verfälschen. Bei Brückenplatten, wo die Untersicht im Prinzip zugänglich ist, ist das Verfahren wohl mit geodätischen Messungen weder bezüglich Aufwand noch Genauigkeit konkurrenzfähig. Weitere Erkenntnisse können [6] entnommen werden.

- Am nördlichen Gehwegrand, das heisst auf der Kurveninnenseite, gelangte Wasser durch die undichten Fugen in den Gehwegen unter den Belag und konnte nur langsam abfließen. Begünstigt durch die unvollständige Verfüllung der Hüllrohre konnten diese von innen und aussen korrodieren. Anschliessend korrodierte der Spannstahl. An den schlimmsten Stellen ist bei vier Spanngliedern das Hüllrohr vollständig wegkorrodiert und der Spannstahlquerschnitt erheblich vermindert (Bild 7).

- Das für heutige Verhältnisse ungewöhnliche Vorspannsystem führte zu Verpressfehlern, insbesondere im durch die Spiralen gebildeten Innenbereich. Die Spanndrähte und Hüllrohre sind jedoch nur dort korrodiert, wo auch Chloride eindringen konnten.

Überführung Staatsstrasse Nr. 93 Utzenstorf BE

Zwischen Kirchberg und Koppigen folgt die Neubaustrecke der Bahn 2000 dem Autobahntrasse. Deshalb müssen alle Brücken, die über die Nationalstrasse A2 führen und nicht bereits eine zusätzliche Spannweite aufweisen, ersetzt werden.

Die Staatsstrasse Nr. 93, Utzenstorf–Koppigen, überquerte die A2 auf einer dreifeldrigen Spannbetonbrücke mit zweizelligem Hohlkasten und Spannweiten von 14 m – 30 m – 14 m. Die Brücke war längs vorgespannt mit Spanngliedern des Typs VSL, bestehend aus 23 bis 30 Drähten mit einem Durchmesser von je 8 mm. Als Besonderheiten gelten können die Verzweigungen grosser Spannglieder vor den beweglichen Doppelverankerungen mittels Hosenrohren und die Bündelung von jeweils vier Spanngliedern in einem Blechkanal in den Aussenstegen.

Die Brücke wies als Abdichtung eine Oberbach-Schlämme über der Fahrbahn und eine Mastix-Schicht unter den Gehwegkonsolen auf und war generell in einem annehmbaren Zustand. Es wurde beschlossen, die Zustandserfassung beim Abbruch auf die Vorspannung zu beschränken.

Andererseits konnte die Empa das Objekt im Rahmen ihres international angelegten Projekts Simces (System Identification to Monitor Civil Engineering Structures) gezielt schädigen und die Veränderung des Schwingungsverhaltens verfolgen. Nach einer neunmonatigen Dauerüberwachung wurden das Systemverhalten und insbesondere die Temperatureinflüsse erfasst. Nach der Überleitung des Verkehrs auf das Ersatzbauwerk konnten folgende Schädigungsszenarien realisiert werden, obwohl die Brücke weiterhin die Nationalstrasse überspannte:

- Absenkung einer Stütze in vier Stufen um insgesamt 95 mm
- Verdrehung eines Fundaments um 15 mm
- Betonabplatzungen an der Untersicht von 12 und 24 m²
- Erdrutsch von 1 m Höhe
- Bruch von Betongelenken einer Randstütze
- Bruch von insgesamt vier Verankerungen der Spannglieder in zwei Stufen
- Bruch von Spanndrähten in drei Stufen (2, 4 und 6 Spannglieder).

Details und Resultate finden sich in [7] und [8]. Schliesslich wurde das Innenfeld im Oktober 1998 provisorisch abgestützt und in Stücke von etwa 13 m Länge und maximal 52 t Gewicht zersägt, die seitlich deponiert und zerkleinert werden konnten. Die Randfelder wurden mittels Hydraulikhammer und Betonbeisser abgetragen. Die erwähnten Besonderheiten des Spannsystems, die auch Spenglerarbeiten als Einzelanfertigungen enthielten, waren nur minimal dokumentiert und kamen erst beim Abbruch in vollem Umfang zum Vorschein. Obwohl in den Blechkanälen weder der Verfüllungszustand noch die Verbundverhältnisse ideal waren, konnte am Spannstahl noch keine Korrosion festgestellt werden. Eine korrosionskritische Stelle für die Spannglieder waren die gusseisernen Einlaufschächte der Fahrbahnentwässerung. Aufgrund der stark angerosteten Aussenseiten der Schächte wurde ersichtlich, dass Strassenwasser in unmittelbare Nähe der Spannglieder eingedrungen war.

Generelle Feststellungen

Bei den bisher untersuchten Brücken konnten folgende generellen Feststellungen gemacht werden:

- Die heute noch verwendeten Vorspannsysteme bewähren sich. Bei nicht mehr verwendeten Systemen aus der Pionierzeit der Vorspannung sind hingegen Details bekannt, die zu Verpressfehlern führten. Es besteht die Gefahr, dass das Wissen um die früher verwendeten Vorspannsysteme und damals übliche konstruktive (Sonder-)Lösungen verloren geht, da diese nicht immer objektspezifisch dokumentiert wurden.
- Bei Korrosionsspuren an Betonstahl und Spannstahl kann die Ursache jeweils auf fehlende Abdichtung oder andere Mängel einerseits und Eindringen von chloridbelastetem Strassenwasser andererseits zurückgeführt werden. Der Umkehrschluss, dass eine fehlende Abdichtung zwingend Korrosionsschäden zur Folge hat, funktioniert jedoch nicht.
- Gleichsam als Nebenprodukt entsteht ein guter Überblick über die gängigen Abbruchverfahren, deren Eignung für Bauen unter Verkehr sowie deren Chancen und Risiken. Für die Zustandserfassung beim Abbruch ist das Zersägen der Brücken mit anschliessender Zwischendeponie besonders geeignet.

Weiteres Vorgehen

Vervollständigung der Datenbank und Einbezug weiterer Partner

Auch wenn durch die Expertengruppe zumindest der indirekte Kontakt zu den meisten Werkeigentümern sichergestellt werden kann, weist die Datenbank noch

Lücken auf. Der Autor ist dankbar für Hinweise auf weitere Abbruchobjekte. Auch wäre durchaus eine Erweiterung der Erfassungsthemen denkbar durch Partner, die sich zwar selbst finanzieren, denen aber der Zugriff auf Abbruchobjekte fehlt. Auch in dieser Beziehung steht der Autor zur Verfügung.

Weiterführende Projekte

Das Projekt Zebra schloss an ein Projekt der Brückenforschung an, das zum Ziel hatte, Korrosionsschäden an Spannstählen in der Schweiz zu dokumentieren. Dieses wurde 1998 mit einem Schlussbericht abgeschlossen [9]. Es zeigt sich, dass weiterhin ein Bedürfnis besteht, neu auftauchende Schäden an Spannstählen nicht nur bei abgebrochenen Brücken und einbetonierten Spanngliedern, sondern auch bei Instandsetzungen und bei Bodenankern zu dokumentieren. Das Projekt Korrosionsschäden an Spannstählen, Teil II, will Korrosionsschäden an Spannstählen in vorgespannten, abgespannten und verankerten Konstruktionen erfassen, auswerten und beurteilen und eine Dokumentation über die Entwicklung der in der Schweiz gebräuchlichen Spann- und Ankersysteme zusammenstellen. Auch diesbezügliche Hinweise leitet der Autor gerne an die Sachbearbeiter weiter.

Weitere mögliche Verwendungen der erhobenen Informationen sind das Liefern von Grundlagen für ein Projekt zur Erarbeitung eines Sachstandberichts über Fahrbahnübergänge aus Stahl und Brückenlager. Ausserdem können die Daten für ein Projekt als Indikatoren für die Dauerhaftigkeit und Nutzungsdauer von Betontragwerken dienen, das im Moment vorbereitet wird.

Thomas Vogel, Prof., Institut für Baustatik und Konstruktion, ETH Zürich, 8093 Zürich

Literatur

- [1] Reber, U., Zibung, R.: Teilersatz Überdeckung Töss unter Verkehr; Schweizer Ingenieur und Architekt SI+A, Nr. 1/2/1999, pp. 2–7.
- [2] Hunkeler, F., Ungricht H.: Korrosionstechnische Untersuchungen an Elementträgern; Schweizer Ingenieur und Architekt SI+A, Nr. 1/2/1999, pp. 8–12.
- [3] Huber, H., Kropf, P., Willi, J.: Viadukt Wassnerwald – Brückeninstandsetzung durch Teilersatz; Schweizer Ingenieur und Architekt SI+A, Nr. 18/1999, pp. 369–374.
- [4] Zwicky, D., Vogel, T.: Bruchversuche an ausgebauten Brückenträgern aus Spannbeton; IBK-Bericht Nr. 258, ETH Zürich, Institut für Baustatik und Konstruktion, Zürich, Birkhäuser Basel, November 2000, pp. 167.
- [5] Zwicky, D.: Structural evaluation of 30-year-old prestressed concrete girders; Proceedings International PhD Seminar in Civil Engineering Vienna, October 5–7, 2000, Institute of Structural Engineering, University of Agricultural Sciences, Vienna, pp. 343–354.
- [6] Banz A., Basetti A., Bailey S. F., Hirt M. A.: Tragsicherheit bestehender Strassenbrücken. Schweizer Ingenieur und Architekt SI+A, Nr. 5, Zürich 1999, pp. 101–106.
- [7] Cantieni R., Motavalli, M.: Schwingungsverhalten kann Bauwerksschäden verraten; Empa-Jahresbericht 1999, pp. 40f.
- [8] Peeters, B., De Roeck, G.: One-year monitoring of the Z24-Bridge: environmental influences versus damage events. In Proceedings of IMAC 18, San Antonio, TX, USA, 2000, pp. 1570–1576.
- [9] Hunkeler, F., Ungricht, H., Matt, P.: Korrosionsschäden an Spannstählen in Spanngliedern und vorgespannten Boden- und Felsankern; EVED, Bundesamt für Strassenbau, Bericht Nr. 534, Dezember 1998, 145 pp.