



Die beiden Brücken des Viaduc de Chillon wurden mit Ultrahochleistungs-Faserbeton verstärkt.

## Burgdorfer Brückenbautag

# Vorausschauender Unterhalt garantiert Sicherheit

Tausende Brücken ermöglichen die lückenlose Verkehrserschliessung des nationalen Territoriums. An vielen dieser Brücken nagt auch der Zahn der Zeit. Zudem haben sich seit ihrem Bau Verkehrsvolumen und -last oft stark erhöht. Der erste Burgdorfer Brückenbautag zeigt, wie Planer und Ingenieure sichere Schweizer Brücken gewährleisten.

Von Claudia Bertoldi

**O**b auf Schiene oder mit dem Auto, wer in der Schweiz unterwegs ist, quert unzählige Kunstbauten. Aufgrund der geografischen Lage wäre ein Vorwärtskommen ohne diese Übergänge undenkbar. Beeindruckend sind dabei zumeist Brückenbauten, die Täler überspannen oder am Abgrund entlang verlaufen. Wegen ihrer exponierten Lage werden an die technischen Meisterwerke der Ingenieure auch ästhetisch hohe Ansprüche gestellt.

Es verwundert deshalb kaum, dass gut projektierte Brücken teilweise auch nach über hundert Jahren noch voll funktionsfähig sind. Ihre sogenannte «Lebensdauer», eine zutreffendere Bezeichnung wäre «angenommene Nutzungsdauer» haben sie manchmal erreicht oder sogar überschritten. Fachleute bestätigen ihnen aber

nach gründlichen Inspektionen den weiteren Bestand und volle Funktionstüchtigkeit. Eine gute Planung und Bauausführung mit regelmässigen Kontrollen und Instandhaltungsarbeiten bilden die Basis dafür.

«Die Schweiz hat überproportional viele Brücke im Vergleich zu anderen Ländern. Das ist auch ein Grund dafür, dass die Fachkräfte über ein sehr hohes Niveau bei der Entwicklung und den verwendeten Technologien verfügen», eröffnete Dirk Proske, Professor an der Berner Fachhochschule Architektur, Holz und Bau in Burgdorf anlässlich des ersten Burgdorfer Brückenbautags.

Die Sicherheit der Brückenbauwerke steht dabei an erster Stelle. Bei gutem Unterhalt wird angesetzt, dass Brücken 75 bis 90 Jahre lang benutzt werden können. Dass eine Brücke versagt, wie es im letzten Jahr

in Genua der Fall war, ist in der Schweiz nahezu unvorstellbar. Natürlich sind die Brückenbauer und Infrastrukturbetreiber nicht vor Katastrophen gefeit. Erdbeben, Überschwemmungen, Beben oder Feuer, aber auch der Anprall eines Fahrzeugs an einen Brückenpfeiler können ein bisher stabiles Bauwerk zum Einsturz bringen.

## Netz mit 3500 Brückenbauwerken

Das Astra und die SBB haben auf ihren Netzen die höchste Anzahl von Brückenbauwerken zu verzeichnen, Tendenz zunehmend. Die Basis, um bildet das Erhaltungsmanagement. «Das Astra ist für ein Nationalstrassennetz von 1859 Kilometern Länge sowie dessen Ausbau und Erhaltung zuständig», berichtet der Fachverantwortliche Kunstbauten, Abteilung Strassennetze Astra, Dimitrios Papastergiou. Das

komplexe Netz umfasst auf 15 Prozent der Netzlänge insgesamt 4577 Kunstbauten, dazu gehören rund 3500 Brücken.

Fazit: Alle Kunstbauten, also auch Brücken, können gefahrlos passiert werden. Es existiert kein Bauwerk, das sich in einem alarmierenden Zustand befindet, bei dem also das schlimmste Ereignis, ein Einsturz, zu erwarten wäre.

Die Aussage basiert auf den regelmässigen Kontrollen, die vom Astra vorgenommen werden. Denn die Nationalstrassenverordnung sieht in Kapitel 4, Art. 46, vor, dass das Astra für einen technisch ausreichenden und kostengünstigen Unterhalt zu sorgen und periodisch den Zustand der Strassenlage zu überprüfen hat. Weiter heisst es: «Es plant Unterhaltmassnahmen langfristig. Die Massnahmen sind so zu koordinieren, dass die Leistungsfähigkeit der Nationalstrassen sichergestellt ist und die Anzahl der Baustellen auf einem Abschnitt möglichst gering gehalten werden kann.» Konkret bedeutet es, dass jedes Bauwerk mindestens alle fünf Jahre inspiziert werden muss.

## Guter Allgemeinzustand

Nach den Statistiken von 2018 zum Zustand der Kunstbauten auf den Nationalstrassen weist ein Viertel keine oder sehr geringfügige Schäden auf und wird mit Note 1 bewertet. In einem akzeptablen Zustand (Note 2), mit unbedeutenden Schäden ohne Auswirkungen auf die Sicherheit und die Funktionstüchtigkeit, befinden sich weitere 63 Prozent der Kunstbauten. 10 Prozent der Kunstbauten sind beschädigt und unter Note 3 eingestuft. Die Sicherheit ist gewährleistet, doch sie werden verschärft überwacht. Nur zwei Prozent der Bauwerke waren in einem schlechten Zustand (Note 4). Die grossen Schäden haben aber keine Auswirkung auf die Trag- oder Verkehrssicherheit. An diesen Bauten sind mittelfristig Arbeiten einzuplanen.

Der Zustand der Brücken ist gut. Papastergiou führt dies auf eine angemessene Unterhaltsstrategie zurück. Doch gleichzeitig weist er auf das steigende Alter hin, 48 Prozent der Brücken wurden zwischen 1960 bis 1975 erbaut. Das bedeutet, dass sich deren Zustand verschlechtern wird und in den kommenden Jahrzehnten eine Welle von Instandsetzungsmassnahmen und Ersatzbauten zu erwarten ist. «Dabei muss entschieden werden, ob neu gebaut oder eine Instandsetzung vorgenom-

men werden soll. Reine Instandsetzungen werden nur vorgenommen, wenn keine Kapazitätserweiterung geplant ist und sich die Instandsetzung kostengünstiger als ein Neubau erweist», so Papastergiou. In den vergangenen Jahren wurden im Schnitt 20 Brücken aus Gründen der Kapazitätserweiterung ersetzt.

## Prioritäten setzen

«Es wird aufgrund der Kapazität und finanziellen Belastung in 15 bis 20 Jahren nicht möglich sein, alle diese vor 1975 erbauten Brücken gleichzeitig zu ersetzen oder instand zu setzen. Deshalb muss die langfristige Unterhaltsstrategie weiterentwickelt werden. Einerseits sind Prioritäten für die Massnahmen zu setzen, andererseits muss es ein Konzept zur Verlängerung der Restnutzungsdauer der Bauwerke erarbeitet werden», betont Papastergiou. Eine gute Zustandserfassung braucht vertrauenswürdige und korrekte Grundlagen und die einheitliche Prüfung mit Zertifizierung von Bauwerksinspektoren. In anderen Ländern wie Grossbritannien und den USA, bestehen dazu bereits Standards. Das Astra arbeitet an einer derartigen IT-Dokumentation.

## Genauere Prüfung vor Massnahmen

Um den Zustand der Brücke zu erfassen und die Planung sowie die Kosten der Massnahmen zu optimieren, sind im Rahmen der Unterhaltsprojekte effiziente Methoden erforderlich. Dazu gehört unter anderem Untersuchungen mit dem «Ground Penetrating Radar», mit dessen Hilfe Informationen zur Belagsstärke und Bewehrungsüberdeckung und indirekt über die Leitfähigkeit gewonnen werden, damit potenziell gefährdete Bereiche identifiziert werden können.

Mit dem Georadarverfahren können auch die Lage der Bewehrung und Spanglieder sowie eventuelle Strukturängel geortet werden. Mit dem zerstörungsfreien Ultraschall-Impuls-Echoverfahren können innere Schäden wie Risse und Kiesnester lokalisiert werden. Um den Alkali-Aggregat-Reaktion-Schädigungsgrad (AAR) bestimmen zu können, werden mikroskopische Dünnschliffuntersuchungen durchgeführt. Mit ihnen können Phase, Lage und Ausmass der AAR-Schädigung präzise definiert werden. «Die Resultate aller Prüfungen ermöglichen nicht nur eine bessere Formulierung der Massnahmen, sondern

eine grössere Genauigkeit bei der Kostenermittlung», weiss der Sachverständige.

Natürlich ist auch ein rechnerischer Nachweis der Tragsicherheit möglich, bei dem die aktualisierten Traglasten einfließen müssen. Aktualisierungsbeiwerte gemäss Norm SIA 269/1 gelten für den nach dem Gesetz zugelassenen Strassenverkehr und berücksichtigen Entwicklungen bis 2025. Hier sei eine Revision dringend notwendig, so Papastergiou. Bei der Berechnung von Verkehrslasten müssten verschiedene Szenarien einfließen, vor allem der Schwerverkehr mehr berücksichtigt werden. «Der Einfluss dynamischer Effekte muss richtigerweise gemäss der aktuellen Forschung und nicht gemäss der alten Normen berücksichtigt werden.»

## Tragsicherheitsreserven nutzen

Die meisten Brücken in der Schweiz wurden nach den Normen SIA 160/1956-1970 projektiert und bemessen. Bei der Berechnung wurde angenommen, dass der Beton den massgeblichen Teil der Querkraft aufnimmt. Nach den Kriterien der SIA-Norm 262 (2003) hingegen überträgt die Schubbewehrung die gesamten aus der Schubkraft resultierenden Zugspannungen. Deshalb weisen viele Brücken ein Defizit beim Querkraftwiderstand auf. Dies bedeutet nicht, dass diese Brücken nicht sicher sind. Mit in der aktuellen Norm nicht enthaltenen Widerstandsmodellen können oft Tragsicherheitsreserven nachgewiesen werden. Ein Monitoring ermöglicht zudem die Überwachung und Ermittlung tatsächlicher Spannungen und Verhaltensänderungen. Bei Unregelmässigkeiten können sofort Instandhaltungsmassnahmen oder Reparaturen veranlasst werden.

## Unterhaltsarme Bauwerke

Mit ähnlichen Problemen wie das Astra sieht sich die SBB konfrontiert. 6125 Brücken mit einer Gesamtfläche von 1 173 625 Quadratmetern gehören zum Schienennetz. Brücken mit einer Spannweite unter zwei Metern werden nicht als Brücken sondern als Durchlässe gezählt. «Meist sehen wir nur die schönen neuen Brückentragwerke, aber wir wissen, dass sich der Grossteil unserer Brücken in einem zunehmenden Alter befinden, in dem sie degradieren. Wir müssen uns verstärkt dem Thema widmen, wie wir mit dem Bestand umgehen», sagt Herbert Friedl, Leiter Technologisches Anlagenmanagement Ingenieur-

urbau und Wasser der SBB AG. Der Wiederbeschaffungswert der Brückeninfrastrukturen ist mit 12,35 Milliarden Franken angesetzt.

Analysiert man das Alter der Bahnbrücken, zeigt sich, dass auch noch sehr betagte Bauwerke voll in Betrieb sind. 170 Jahre ist die älteste Bahnbrücke alt, mehr als 1000 Brücken sind rund 100 Jahre alt. In der Gründerzeit wurden diese Brücken aus Mauerwerk und Stahl errichtet, in den letzten Jahrzehnten ist eine klare Tendenz zum Stahl-Beton-Verbund zu erkennen. Die Brücken sind laut Datenbank in einem guten Zustand. Kein Bauwerk ist unter der Zustandsnote ungenügend verzeichnet. Der mittlere Zustandswert weist die Note 2,7 auf. Rund 85 Prozent der Eisenbahnbrücken haben eine Spannweite von zwei bis 20 Metern. Nur zirka 300 Brücken sind länger als 50 Meter.

Als Grundsatz für den Neubau und Ersatz von Eisenbahnbrücken gilt: einfache, robuste, unterhaltsarme und langlebige Bauwerke, welche über ihre gesamte Lebensdauer betrachtet möglichst niedrige Kosten verursachen. «Wir sehen, dass für die langlebigen Bauwerke in der Vergangenheit und auch jetzt der Unterhalt eine bedeutende Rolle spielt, was vernachlässigt werden darf, damit wir die geplante Nutzungsdauer erreichen oder verlängern

können», betont Friedl. Diese Grundsätze wurden vor rund fünf Jahre in einem Projektierungsassistenten Ingenieurbau – Brücken (PAIngB) festgehalten. Darin sind alle Daten frei verfügbar. Der «PAIngB» versteht sich als Ergänzung zu den bestehenden Normen und Regelwerken. «Es sind Erfahrungen, die bei der SBB gesammelt wurden. Er ist kein Leitfaden, er soll den Projektleiter bei bestimmten Themen unterstützen. Er wird laufend erweitert und mit neuen Lösungen vervollständigt», erklärt Friedl.

### Langfristiges Brückenmanagement

Bauvorhaben bei Bahnen weisen Besonderheiten auf: Das Bauen unter Betrieb erfordert einen langfristigen Planungshorizont im Voraus, die Arbeiten im Gleisbereich sind zudem mit hohen Sicherheitsmassnahmen verbunden. Zumeist werden bestehende Anlagen erweitert, also im Bestand gebaut. Deshalb ist auch der Denkmalschutz als zusätzlicher Faktor in die Projekte einzubeziehen.

Bereits 2002 wurden bei der SBB die ersten Grundzüge für das Brückenmanagement festgelegt. Dieser Ansatz wurde inzwischen weiterentwickelt. Aktuell wird das gesamte Portfolio in acht Klassen von Brücken mit oder ohne Chloridbelastung in den Ausführungen Mauerwerk, Stahl,

Verbund und Beton unterteilt. Ihnen werden Degradationskurven zugeordnet, die Alter und Zustandsklassen wiedergeben. Diese Kurven auf Basis von Erfahrungen erstellt. Die SBB wählt die Strategie der «rechtzeitigen Instandsetzung». Die Strategie «Do Nothing» hat hingegen kurzfristig eine Kostenersparnis zu Folge, führt aber kontinuierlich zur Verschlechterung des Bauzustands. Vergleicht man beide Modelle über einen längeren Zeitraum, wird ersichtlich, dass die rechtzeitige Instandsetzung die wirtschaftlichere Strategie ist.

Der Vorteil ist die Prognose der Zustandsentwicklung und des Finanzmittelbedarfs, aber das Modell hat keinen direkten Bezug zu einem spezifischen Projekt, es wird nur auf einer Portfolio-Ebene angewandt. «Hier gibt es noch Verbesserungsbedarf, um mit den Modellen den Unterhalt direkter und objektspezifisch besser steuern zu können», sagt Friedl. Es bestehe immer noch eine gewisse Unsicherheit, wenn eine bestimmte Projektphase erreicht sei. Projektspezifische Abweichungen wie Umweltbedingungen oder Ausführungsqualitätsunterschiede werden als gewisse Unsicherheit im Modell berücksichtigt. Diese Varianzen werden in die Zustandsentwicklung und für die Festlegung des richtigen Zeitpunkts für Massnahmen und deren Wirkung mit einbezogen. Je weiter Prognosen in die Zukunft weisen, umso grösser wird die Unsicherheit. Gemeinsam mit der Deutschen Bahn und den Österreichischen Bundesbahnen entwickeln die SBB deshalb eine harmonisierte Methodik auf Basis eines Life Cycle Prognosemodells für Eisenbahnbrücken.

Zudem besteht auch ein Konzept der Risikobewertung, bei dem die individuelle Einsturzhäufigkeit in Bezug auf Alter, Bauart, Bauwerkstyp sowie den Nutzungsbedingungen Beachtung finden. Die Risikobewertung führt zu einer anderen Priorisierung als die zustandsbasierte Bewertung. «Deshalb stellt sich die Frage, ob wir unsere Unterhaltsmassnahmen anpassen und manche Objekte mit grosser Risikobereitschaft stärker überwachen müssen», sagt Friedl. Mit der Einführung eines risikobasierten Beurteilungsverfahrens für das Brückenportfolio wird der Übergang vom rein zustandsbasierten Anlagemanagement zu einem risikobasierten Anlagemanagement ermöglicht.

Um die Rahmenbedingungen zu schaffen, auch weiterhin gut arbeiten zu können, müssen Plattformen geschaffen werden, die den Austausch fördern. ■



An der Münchensteinbrücke im Kanton Baselland wurden die tragenden Elemente mit vorgespannten, faserverstärkten Kunststofflamellen verstärkt.

### Baugeräte



52949

## Starke Unterstützung und alles im Griff.

Conducta unterstützt Sie mit einer breiten Palette von effizienten Helfern:

- Aushubkübel
- Betonkübel
- Palettgabeln
- Materialbehälter
- Qualitätsdeckenstützen, komplett verzinkt
- Lagerbarellen für rationellen Transport