



# Nachweis der Ermüdungssicherheit von Brücken

Der Schienenverkehr wächst dauernd. Dies bleibt nicht ohne Auswirkungen auf die zahlreichen Infrastrukturbauten. Mit modularen Monitoring-Systemen können wichtige Informationen zur Objektzuverlässigkeit und eventuellen Massnahmen gewonnen werden.

Text: Christian Meyer, Max Bosshard und Eugen Brühwiler // Fotos: zvg.

Steigende Anforderungen des modernen Bahnverkehrs, insbesondere höhere Achslasten und Zugsfrequenzen, beanspruchen Bahnbrücken immer stärker. Brückeneigentümer stehen deshalb zunehmend vor der Aufgabe, ihren Bauwerksbestand im Hinblick auf die Sicherheit und die daraus abgeleitete Restnutzungsdauer zu beurteilen. Für eine weitere Nutzung dieser Brücken sind deshalb zuverlässige Aussagen bezüglich Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Ermüdungssicherheit notwendig. Aktuelle Informationen bezüglich der Bauwerkseigenschaften liegen aber oft nur unzureichend oder unvollständig vor. Anhand des nachfolgenden beschriebenen Monitoring-Projektes wird aufgezeigt, wie die geforderten Informationen mit einem leicht anpassbaren, modularen Monitoring-System genau und zuverlässig gewonnen werden können.

## Bahnbrücke Eglisau: frei tragende Stahlfachwerkkonstruktion

In den Jahren 1895 bis 1897 wurde die Bahnbrücke über den Rhein als eingliedrige Verbindung zwischen Eglisau und Hüntwangen-Wil auf der Strecke Bülach-Schaffhausen in der Schweiz erbaut. Im zentralen Bereich des 457 Meter langen Bauwerks befindet sich eine über 90 Meter frei tragende, genietete Stahlfachwerkkonstruktion. Beidseitig der 9 Meter hohen Fachwerkkonstruktion schliessen sich die beiden aus Kalksteinquadern gemauerten Vorlandbrücken an.

## Abstützung auf ein umfassendes Monitoring-Programm

Eine im Auftrag der SBB durchgeführte Überprüfung der Stahlkonstruktion hat zum Ergebnis geführt, dass die statische Ausnutzung der Stahlkonstruktion sehr hoch ist beziehungsweise die Trag- und

Ermüdungssicherheit nicht nachgewiesen werden kann. Folglich wären Verstärkungsmassnahmen erforderlich gewesen, die aufgrund der Lage und Zugänglichkeit sowie der betrieblichen Abläufe nur mit grossem technischem und finanziellem Aufwand hätten ausgeführt werden können.

Bislang durchgeführte Tragwerksanalysen basierten nur auf Berechnungen, die bezüglich der Ermüdungssicherheit Ungenauigkeiten und nicht quantifizierbare Sicherheitsreserven beinhalten. Aus diesem Grund haben die SBB entschieden, diese Annahmen hinsichtlich der Tragwerksbeanspruchungen zu überprüfen und die verwendeten Tragwerksmodelle zu verfeinern, um die Nachweise der Trag- und Ermüdungssicherheit anhand möglichst wirklichkeitsnaher Informationen zur Beanspruchung des Tragwerks zu führen. Im Unterschied zu bisherigen Untersuchungen sollte diese Überprüfung durch ein umfassendes Monitoring-Programm abgestützt werden, mit dem die Beanspruchung des Brückentragwerks durch Bahnlasten möglichst genau erfasst wird.

## Pilotprojekt für Überwachungskonzepte

Das «Monitoring der Bahnbrücke Eglisau» soll das tatsächliche Tragverhalten durch messtechnisches Erfassen von Dehnungen und Verschiebungen an charakteristischen Stellen der Stahlkonstruktion möglichst genau erfassen. ▶

Mit messtechnisch abgesicherten Berechnungsannahmen und einem optimierten Tragwerksmodell sollen damit die Nachweise der Tragsicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdungssicherheit erbracht werden.

Im Weiteren soll die Restlebensdauer genauer abgeschätzt werden können und sich dadurch zukünftig der Aufwand für Erhaltungsmaßnahmen reduzieren.

Als Pilotprojekt soll dieses Brückenmonitoring neue Erkenntnisse für effiziente, messtechnische Überwachungskonzepte von Kunstbauten oder ähnlichen Objekten liefern.

### Installation in nur drei Wochen

In einer ersten Projektphase wurden Anforderungen für die Nachweisführung definiert sowie ein räumliches Tragwerksmodell für statische Berechnungen erarbeitet. Darauf abgestimmt wurden die endgültigen Anforderungen an das vollautomatische Monitoring-Konzept und dessen Messtechnik definiert.

Im Sommer 2010 wurde das moderne, digitale Monitoring-System mit robusten, leistungsstarken Sensoren in nur drei Wochen erfolgreich installiert.

Statische wie auch dynamische Belastungsversuche wurden im Herbst 2010 durchgeführt. Für statische Belastungsversuche wurden an definierten Stellen auf der Brücke Lokomotiven als Lasten positioniert und die hierbei auftretenden Tragwerksverformungen für sieben Lastfälle gemessen. Für dynamische Belastungsversuche fuhr eine Lokomotive mit konstanter Geschwindigkeit über die Brücke. Anschliessend wurden ein Jahr lang kontinuierlich Messdaten erfasst.

Basierend auf diesen Daten werden die Nachweise der Trag- und Ermüdungssicherheit bearbeitet sowie die Schluss-

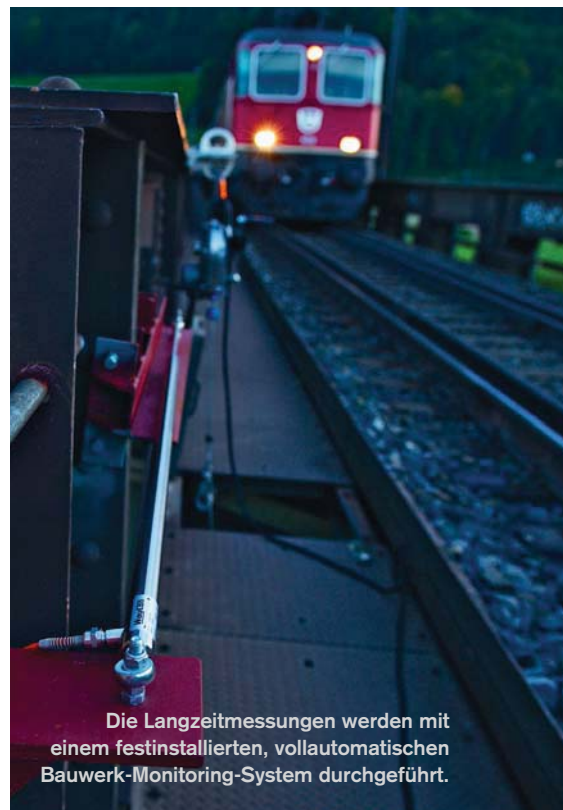
dokumentation inklusive Empfehlungen zum weiteren Vorgehen erstellt.

### Monitoring-Konzept mit sehr hoher Systemgenauigkeit

Da unter Bahnbetrieb die Stahlkonstruktion nur schwer zugänglich ist, werden die Langzeitmessungen mit einem festinstallierten, vollautomatischen Bauwerk-Monitoring-System, swissMon, durchgeführt. Das System kann beliebig viele, unterschiedliche Messsensoren zyklisch oder getriggert (z. B. durch das Überfahren eines Zugs) betreiben. Die vollautomatische Monitoring-Lösung swissMon der Terra Monitoring AG erfasst kontinuierlich und mit hoher Systemgenauigkeit und Datenverfügbarkeit alle Messwerte des Sensornetzwerks. Insgesamt wurden 129 Dehnungsmessgeber installiert. Bewegungen des Stahlfachwerks – bezogen auf die Widerlager – werden mit sechs Wegmessgebern im Bereich des Ober- bzw. Untergurtes erfasst. Die Messanordnung wird durch Beschleunigungsmessgeber und Temperatursensoren vervollständigt. Sobald ein Zug auf die Brücke fährt, erfasst das System automatisch alle Messwerte. Anschliessend werden die Daten automatisch redundant gesichert, ausgewertet und stehen allen Projektbeteiligten zur weiteren Bearbeitung zur Verfügung.

### Abschliessende Ergebnisse in der zweiten Jahreshälfte

Die Langzeitmessungen des Projekts «Monitoring Bahnbrücke Eglisau» dauern weiterhin an, so dass abschliessende Resultate noch ausstehen. Erste Ergebnisse deuten auf eine wesentlich günstigere Beurteilung der Ermüdungssicherheit hin. In der zweiten Jahreshälfte 2012 werden die abschliessenden Ergebnisse vorliegen.



Die Langzeitmessungen werden mit einem festinstallierten, vollautomatischen Bauwerk-Monitoring-System durchgeführt.

Das Monitoring-Konzept hat an den vorgegebenen Messstellen Dehnungen und Verschiebungen zuverlässig erfasst und so eine fundierte Datengrundlage für die Beurteilung der Ermüdungssicherheit geliefert.

In Zukunft kann diese Monitoring-Lösung bei der Beurteilung der Trag- und Ermüdungssicherheit von Bauwerken ein unverzichtbares Mittel werden. ■

[www.terra-monitoring.ch](http://www.terra-monitoring.ch)  
[www.fbag.ch](http://www.fbag.ch)

Über die definitiven Ergebnisse des oben vorgestellten Monitorings und die dadurch angezeigten Massnahmen informiert «der bauingenieur», sobald die Messergebnisse vorliegen.

Ein imposantes Bauwerk. Die Brücke zwischen Eglisau und Hüntwangen-Wil.

