Spannkraft für betagte Brücken

Immer mehr Stahlbrücken müssen wegen Ermüdungserscheinungen ersetzt oder repariert werden. Forscher der Empa verstärken die tragenden Elemente mit vorgespannten, faserverstärkten Kunststofflamellen und fanden damit eine günstige Alternative zum Brückenneubau. Die patentierte Methode wurde an der 120 Jahre alten Münchensteinbrücke eingesetzt.

TEXT: Martina Peter / BILDER: Empa, Keystone

Die Münchensteinbrücke im Kanton Baselland

Fast 70 Prozent der Metallbrücken in Europa sind mehr als 50 Jahre alt, 30 Prozent leisten gar seit über einem Jahrhundert ihren Dienst. Viele sind sanierungsbedürftig. Dabei sind es nicht unbedingt Risse oder sichtbare Schäden, die Sorge bereiten, sondern ermüdetes Material, das die Lasten nicht mehr trägt und so zum Sicherheitsrisiko wird. Grund dafür: Die Brückenkonstrukteure des 19. Jahrhunderts gingen von einem Bruchteil der Belastung aus, welchem die Brücken heute ausgesetzt sind. Die Fahrzeuge sind heute deutlich schwerer und befahren die Brücken viel häufiger und schneller als früher. Die Folge: Manche Brücken können nur noch einspurig befahren oder müssen ganz gesperrt werden. Der Verkehrskollaps droht.

Entgegen dem allgemeinen Trend, in die Jahre gekommene Produkte einfach wegzuwerfen und durch neue zu ersetzen, werden heutzutage immer mehr Brücken repariert. Dabei kommt für Metallbrücken eine für die Sanierung von Betonbrücken bereits etablierte Lösung zum Einsatz: Sehr leichte vorgespannte Bänder aus kohlenstofffaserverstärktem Kunststoff (CFK) werden wie Heftpflaster «aufgeklebt». Ermüdungsrisse wachsen so nicht mehr weiter beziehungsweise entstehen gar nicht erst. Allerdings hält der Kleber auf korrodierten Metalloberflächen oder auf den unebenen Schichten des über die Jahre hinweg mehrfach aufgetragenen Korrosionsschutzes erheblich schlechter als auf Betonoberflächen. Zudem verhindern Nieten oft ein Festkleben der Lamellen. Die Lamellen dürfen auch nicht festgeschraubt werden, denn an historischen Bauten dürfen häufig keine irreversiblen baulichen Veränderungen vorgenommen werden.

Tragende Elemente werden verstärkt

So auch an der über 120 Jahre alten Münchensteinbrücke im Kanton Baselland. Trotzdem fanden Forscher der Empa-Abteilung «Ingenieur-Strukturen» eine Patentlösung. Zusammen mit den Schweizerischen Bundesbahnen (SBB) und der S&P Clever Reinforcement AG entwickelten sie in einem KTI-Projekt eine neuartige Methode, um zu zeigen, wie tragende Elemente der 45 Meter langen Stahlbrücke mit vorgespannten CFK-Lamellen verstärkt werden können. An den zwei am meisten zur Ermüdung neigenden Trägern wurde das neue trapezförmige «Verstärkungssystem durch Vorspannung ohne Verbund» (prestressed unbonded reinforcement, PUR) angebracht.

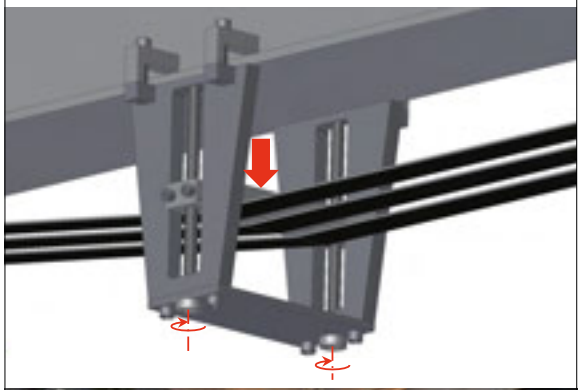
Die vorgespannten CFK-Lamellen werden dazu an den Enden der quer liegenden Brückenträger festgeklemmt. In der Mitte des Trägers sorgen Sättel dafür, dass die Bänder nach unten gedrückt werden, bis sie optimal gespannt sind. Darauf werden an diesen Stellen zwei Säulenplatten v-förmig eingefügt, und der Sattel kann wieder entfernt werden. Sind in Zukunft höhere Belastungen zu

>>

So funktioniert die Verspannung mit CFK-Lamellen

Zunächst werden die CFK-Lamellen mit speziellen Halterungen an beiden Seiten der Brücke festgeklemmt, dann mit einem speziellen Werkzeug unter Spannung versetzt. Zum Schluss fixieren zwei V-förmige Halterungen die Lamellen und halten sie unter Spannung. Falls in Zukunft höhere Belastungen für die Brücke zu erwarten sind, kann das System nachgespannt werden: Dazu wird das Werkzeug neu angesetzt und es werden grössere V-Keile eingebaut.

Mit dem System lassen sich Altersschäden an Brücken reduzieren, was der Brücke eine um 50 Jahre verlängerte Lebensdauer bescheren kann. Ein schneller Neubau wird überflüssig.



erwarten, so kann das trapezförmige System nachgespannt werden, indem höhere Säulenplatten verwendet werden. Zudem liesse es sich auch problemlos wieder demontieren. Dass die Verstärkung an den zwei Trägern der Münchensteinbrücke leistungsfähig ist, hat ein drahtloses Sensornetzwerk über Monate hinweg aufgezeichnet und nachgewiesen.

Mit dem PUR-System steht den Betreibern nun eine im Vergleich zu einem Brückenersatz kostengünstige, rasch umzusetzende und innovative Lösung zur Verfügung. Altersschäden können derart reduziert werden, dass die Ermüdung theoretisch bis zum Sanktnimmerleinstag hinausgeschoben werden kann. Projektleiter Masoud Motavalli relativiert das zwar für die Praxis, ist aber überzeugt: «Eine mit dieser Methode gänzlich verstärkte Brücke hält bestimmt die nächsten 50 Jahre. Und bis dann haben wir sicher neue Methoden entwickelt, um alternde Brücken zu sanieren.»

Schräge Risse und ein flaches PUR-System

Bereits gibt es zwei Anschlussprojekte. Eines hat eben in der Schweiz begonnen. Es wird unterstützt vom Schweizerischen Nationalfonds (SNF), Projektpartner ist die EPF Lausanne. Dabei werden schräge und kombinierte Risse ins Visier genommen. Ziel ist es, besser zu verstehen, wie man auch sie am Wachsen hindern oder gar ihr Entstehen verhindern kann.

Das andere hat vor kurzem in Australien begonnen: Im vom Australischen Forschungsrat finanzierten und von Xiao-Ling Zhao von der Monash University geleiteten Projekt steht die Verstärkung von genieteten Metallbrücken im Zentrum. Partner sind die Swinbourne University, die S&P Clever Reinforcement AG sowie VicRoads, die Verkehrsbehörde des australischen Gliedstaates Victoria. Ziel ist, ein flaches PUR-System zu entwickeln, das auch an Trägern eingesetzt werden kann, die nicht genügend Raum bieten für das patentierte trapezartige PUR-System. Zum Projektabschluss soll 2017 die 1889 erbaute «Chandler Bridge» in Melbourne mit dem neuen, von der Empa entwickelten System verstärkt werden. //

Die Münchensteinbrücke war schon vor 120 Jahren ein Fall für die Empa

Die gusseiserne Vorgängerin der heutigen Münchensteinbrücke stürzte 1891 ein, als ein Dampfzug mit zehn Wagons sie befuhr. 71 Menschen fanden dabei den Tod. Die Untersuchung, weshalb die von Gustave Eiffel 1875 konstruierte Metallbrücke nach nur 16 Jahren einstürzte, übernahm die neu gegründete Empa. Ihr erster Direktor, Ludwig von Tetmajer, fand heraus, dass die bis dahin zur Berechnung solcher Bauwerke benutzte Eulersche Knickformel für gedrungene Träger (wie in Münchenstein verwendet) einer Korrektur bedurfte.