

Die (Vor-)Spannung macht's sicher

Es wird nicht mehr einfach abgerissen und neu gebaut. Ökonomische, aber vor allem ökologische Gesichtspunkte sprechen für Umbau und Modernisierung von älteren Gebäuden. Statische Defizite können durch die Bauwerksverstärkung mittels «memory-steel» gelöst werden.

Von Claudia Bertoldi

Das Haus aus den 60er-Jahren ganz in der Nähe des Bahnhofs Brunnen SZ wäre vor einigen Jahren sicher der Abrissbirne zum Opfer gefallen und komplett neu hochgezogen worden. Optisch kein architektonisches Schmuckstück, und auch innen verwinkelt und eng. Doch die Parzelle befindet sich in einem dichtbebautem Gebiet. Einige der damals angewandten Parameter wie der Mindestabstand zur Grundstücksgrenze beziehungsweise dem angrenzenden Gebäude wären heute nicht mehr zulässig. Doch wird nicht abgerissen, muss dies auch nicht verändert werden.

Auch die Wohnungsgrundrisse entsprechen nicht mehr den heutigen Vorstellungen des modernen Wohnens. Also hat sich der Besitzer entschlossen, das Gebäude von Grund auf zu sanieren und gleichzeitig grosszügigen Freiraum in den zukünftigen Appartements zu schaffen. Dazu müssen Mauern weichen, die bisher statisch tragende Funktionen einnehmen. Kein Problem – seit jeher wurde in einer solchen Situation ein Unterzug eingebaut, der die Lasten der Decke und darüber liegenden Bauteile aufnimmt. Diese Funktion sollen nun Lamellen aus «memory-steel» übernehmen.

Vor Baubeginn mussten die Räume vorbereitet werden. Dazu war zunächst der Deckenputz abzutragen. Die bestehende Bewehrung wurde ermittelt und mit diesen Ergebnissen konnte die benötigte zusätzliche Traglast berechnet werden. Danach konnte die benötigte Anzahl der vorge-dehten und auf die gewünschte Länge geschnittenen «memory-steel»-Lamellen, die sogenannten «re-plates», bestellt werden.

Zweierteams am Werk

Am Einbauort herrscht Hochbetrieb. «memory-steel» ist eine neuartige, eisenbasierte Formgedächtnislegierung, deren Entwicklung die Empa Dübendorf vorantrieb. Ende 2012 wurde die Firma re-fer AG mit Sitz in Brunnen gegründet, welche den auf dieser Legierung basierenden Baustahl

zur Marktreife entwickelte. Das Verfahren ist bei vielen Bauschaffenden noch unbekannt, das Interesse bei lokalen Architekturbüros und Baufirmen dementsprechend gross, deren Mitarbeiter den Einbau nun beobachten. Mindestens zwei Arbeiter sind für den Einbau der Stahllamellen nötig. Sind es mehr, geht es noch schneller vorwärts, denn die Lamellen können zügiger positioniert werden. Die dünnen Metallbänder werden fertig zum Einbau aus einem Werk in Deutschland oder der Schweiz angeliefert. Beidseitig sind an den Enden bereits Löcher vorgestanz.

Zunächst wird der genaue Befestigungsort zur Verlegung ausgemessen und gekennzeichnet. Damit die Lamellen präzise an der Decke in Position gebracht werden können, werden mehrere Teleskopstützen mit rechtwinklig am Ende befestigten Trägern untergestellt. Sie drücken die

schmalen Metallschienen eng an die Betonoberfläche. Nun werden die beiden Lamellenenden durch die werkseitig eingebrachten Bohrungen mit Stahlbolzen an der Decke verankert. Erst wird in die Betondecke vorgebohrt, dann die Nägel mit dem Hilti-Bolzensetzgerät eingeschossen. Das Metall liegt danach mit einer durch sein Eigengewicht verursachten leichten Wölbung an der Decke an. Diese wird gleich verschwinden, denn nun wird das zwölf Zentimeter breite und 1,5 Millimeter dicke Stahlband erwärmt.

Erhitzen auf über 160 Grad Celsius

Jetzt kommt ein eigens für diesen Zweck gebauter Infrarot-Heizstrahler zum Einsatz. Das gut zwei Meter lange Gerät wird dicht unter den Metallbändern positioniert. Es dauern nur wenige Minuten, bis das Metall auf rund 165 Grad Celsius



Die «memory-steel»-Lamellen haben bereits werkseitig gefertigte Bohrungen. Nach dem Vorbohren der Decke werden die Lamellen mit Stahlnägeln befestigt.



Die vorgesehene Position der «memory-steel»-Lamellen wird ausgemessen.



Die Metallbänder werden anschliessend mit mehreren Teleskopstützen an der Decke fixiert. Zwei Mitarbeiter der Firma Hodel werden angewiesen.



Danach müssen die Enden mit Metalnägeln an der Decke fixiert werden. Zuerst werden in der Decke mithilfe der fabrikseitig vorgesehenen Bohröffnungen der Lamellen die Punkte markiert.



Die Infrarot-Heizstrahler für die Erhitzung der Lamellen werden angebracht.



Eine Temperaturanzeige ermöglicht die Überwachung des Heizvorgangs auf über 160 Grad Celsius.



Zur Applikation sind nur eine handvoll Gerätschaften nötig, die bei der re-fer AG bezogen werden kann.

erhitzt ist. Digitale Sensoren mit einer Anzeige überwachen den Erwärmungsprozess.

Zu diesem Zeitpunkt wird aber bereits der besondere Charakter des verwendeten neuartigen Materials sichtbar: Es kehrt in seine ursprüngliche Form zurück, aktiviert also sein Formgedächtnis. Die Spannung im Material steigt, deutlich ist bereits nach der Erhitzung eines Teilstücks der Lamelle eine zunehmende Straffung zu erkennen. Noch ist nicht die Hälfte des gut acht Meter langen Metallstreifens erhitzt worden, die Lamelle ist aber bereits straff gespannt. Die zuvor klar erkennbare Fuge zwischen Metall und Beton ist komplett verschwunden.

Digitale Überwachung des Einbaus

Alle Daten des Erhitzungsprozesses können per Mobiltelefon überwacht sowie der komplette Vorgang für eventuelle nötige Nachweise digital protokolliert werden.

Steht für die Erhitzung des Materials kein Heizstrahler zur Verfügung, kann auch ein elektrischer Stromkreis angelegt werden. Durch den elektrischen Widerstand des Materials wird der Stahl dabei sekundenschnell erhitzt.

Nach erfolgter kompletter Spannung, also nach der vollständigen Erwärmung der gesamten Lamelle, werden die Halterungen entfernt. Nun wird parallel zur ersten Lamelle ein weiteres Metallband angebracht. Zwei weitere «memory-steel»-Lamellen werden anschliessend laut den statischen Berechnungen auch im angrenzenden Raum parallel zur Mauer befestigt.

Vier Metallstreifen sind nun nebeneinander montiert, nur optisch getrennt durch die Mauer. Vor Arbeitsbeginn wurden bereits in den obersten Bereich der Mauer Öffnungen gebrochen. Hier werden nun weitere «memory-steel»-Lamellen im rechten Winkel zu den bereits fixierten Metallbändern ange-

bracht, so dass sie wie ein «Metallnetz» die Decke überziehen. Es wird nach dem folgenden Abbruch der Mauer die zusätzlichen Lasten der Decke und der darüber liegenden Aufbauten aufnehmen.

Schneller Einbau mit starkem Effekt

Beim Umbau des Mehrfamilienhauses werden auf zwei Stockwerken Wände entfernt, um grosszügige Räume und mehr Platz zu schaffen. Die Decken müssen deswegen auf beiden Etagen verstärkt werden.

Die eingesetzten «re-plate» erhöhen die Biegetragfähigkeit und können lokal Bewehrungsstösse der bestehenden Armierung überbrücken. In die Richtung der Bewehrungslagen müssen insgesamt rund 50 Meter Lamelle appliziert werden. Der Einbau und die damit verbundene Bauwerksverstärkung sind innerhalb weniger Tage abgeschlossen. ■

«memory-steel» für die Bauindustrie

Das Prinzip der neuartigen eisenbasierenden Formgedächtnislegierung nutzt das Materialverhalten: Das Metall wird im Werk auf eine bleibende Verformung vorgedehnt. Dieses plastische Verziehen ändert das Kristallgitter des Stahlgefüges. Da jedoch auf einem höheren Energie-Niveau die ursprüngliche Gitterstruktur stabiler ist, kann durch Erhitzen auf über 160 Grad Celsius eine erneute Kristallumwandlung provoziert werden. Dadurch springt das Material wieder in seine gegebene Form zurück.

Wird ein Produkt vor dem «Aktivieren» in einem Bauwerk verankert, wird eine Vorspannung erzeugt. Besonders bei der Bauwerksertüchtigung stellt das Produkt eine effiziente und einfach zu installierende Verstärkungsmassnahme dar, welche nicht nur die Tragfähigkeit erhöht, sondern dank der Vorspannung auch Durchbiegungen reduzieren und Risslasten auf Gebrauchsniveau erhöhen kann.

Alles komplett für den Einbau

Die in Brunnen ansässige re-fer AG bietet zu Bauwerksertüchtigung die «memory-steel»-Lamellen «re-plate», die mithilfe einer Hilti-Direktbefestigung an beiden Enden verankert werden, sowie den profilierten Rundstahl «re-bar» an. Letzterer wird direkt in den Beton oder Mörtel eingebettet. Zur Aktivierung des «memory-steel» eignen sich eigens vom Unternehmen entwickelte Infrarot-Strahler. Zudem werden für Grossbaustellen elektrische Heizgeräte angeboten.

Der neue «memory-steel» (Fe-SMA) enthält Eisen als Basis und ist im Gegensatz zu bereits bekannten Legierungen mit Nickel-Titan und anderen Zusammensetzungen wesentlich kostengünstiger. Im Rahmen von verschiedenen Forschungs- und Entwicklungsprojekten wurden mit der Empa Anwendungstechniken entwickelt. Basierend auf den Forschungsarbeiten wurden Bemessungskonzepte für SMA verstärkte Tragwerke hergeleitet. Im Grundsatz gilt die Bemes-

sung analog zur Statik für vorgespannte Stahlbetonkonstruktionen. Bestehende Normen und Richtlinien für Vorspannstahl werden auch für «Fe-SMA»-Systeme herangezogen.

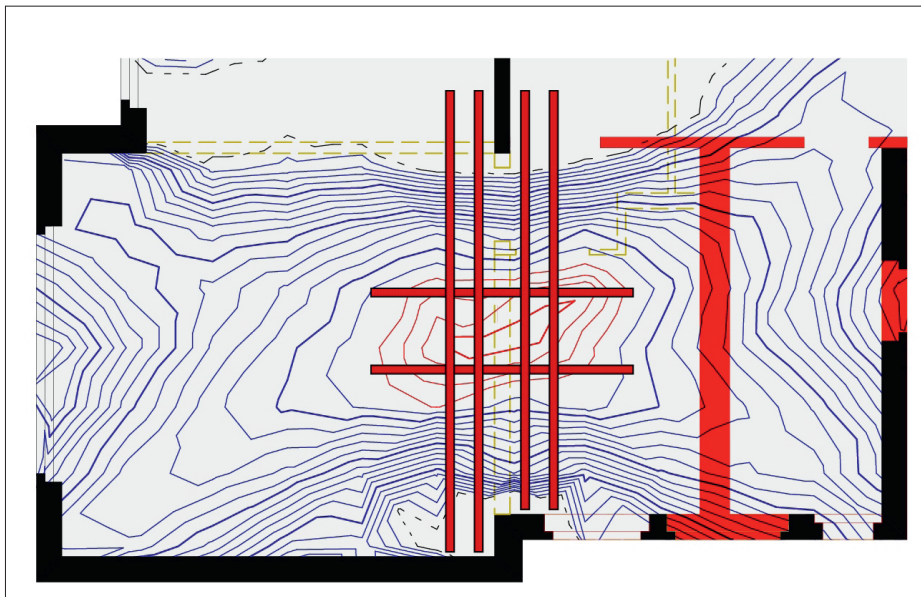
«memory-steel» kann in verschiedenen Bereichen zum Einsatz kommen. Neben Sanierungen und Verstärkungen der bestehenden Bausubstanz bietet er auch Potential für die Vorspannung neuer Strukturen oder Vorfabrikate und ermöglicht diverse Spezialanwendungen.



Bild: re-fer AG



Die ersten zwei Lamellen werden parallel zur Mauer befestigt und mittels Erhitzen gespannt.



Durch «re-plate» lassen sich der Biege- und Schubwiderstand erhöhen sowie die Durchbiegungen reduzieren. Die re-fer AG bietet bei Bedarf Bemessungshilfen an. (Im Bild: schematische Darstellung der Verstärkung)

Fachtagungen «Externe Vorspannung mit ›memory-steel‹ zur Bauwerksverstärkung»

Im Herbst sind vier Tagungen rund um das Themengebiet «memory-steel» unter dem Patronat der Empa, der re-fer AG und der Sika AG geplant. Neben einer Einführung zum neuen Material und dessen Entwicklung werden theoretische Bemessungsgrundlagen und

Praxisanwendungen zur Biegezug- und zur Schubverstärkung vermittelt. Zudem werden diverse systemgeprüfte Mörtel zur Verankerung präsentiert und neuste Erkenntnisse zum Brandschutz in Kombination mit «memory-steel» sowie Praxisanwendungen vorgestellt.

Veranstaltungsorte:

- › Empa Akademie Dübendorf (30. Oktober)
- › Empa St. Gallen (31. Oktober)
- › FH Luzern Werftstrasse (5. November)
- › Kursaal Bern (7. November)

Die Tagungen finden an allen Veranstaltungsorten jeweils von 13.15 bis 16.45 Uhr statt. Weitere Infos und Anmeldungen unter: www.re-fer.eu/fachtagung2018.



Nach der fertigen Bauwerksverstärkung an der Geschossdecke kann die Mauer ausgebrochen werden. Erhalten bleiben nur schmale seitliche Säulen. Die Lamellen sind nur 1,5 Millimeter dick. Nach dem Auftrag des Deckenputzes sind sie nicht mehr sichtbar, das Raumvolumen verringert sich minimalst.