

Bauwerksdiagnose mit zerstörungsfreien Prüfverfahren – Einführung und neue Entwicklungen

H. Wiggerhauser

Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Qualitätssicherung

Zerstörungsfreie Prüfverfahren (ZfP-Verfahren) können zur Zustandsdiagnose bestehender Bauwerke vielfältig eingesetzt werden. Zumeist werden sie bei der objektbezogenen Schadensanalyse [1], d. h. bei der Feststellung von Schäden bzw. bei der Suche nach deren Ursache, eingesetzt. Dies führt allzu leicht dazu, dass ZfP-Verfahren mit Schäden assoziiert werden. Der Blick in andere Technikgebiete zeigt, dass die ZfP ein unverzichtbares Instrument der Qualitätssicherung ist. Eingangskontrolle, Funktionsprüfung und Ausführungsüberprüfung erfolgen in der Produktion fast ausschließlich zerstörungsfrei. Die Anwendung für eine solche Prüfung kann sogar Voraussetzung für den Produktionsablauf sein. Auch im Bauwesen werden Rückprallhammer, Überdeckungsmessgeräte und andere Verfahren zur Qualitätssicherung beim Bau eingesetzt. Eine besondere Entwicklung fand im Geschäftsbereich des BMVBS statt: mit der Einführung der RI-ZFP-TU [2] wurde der qualifizierte Einsatz zerstörungsfreier Verfahren für Tunnelinnenschalen vorgeschrieben, um so eine fehlerfreie Ausführungsqualität der Bauwerke zu dokumentieren. Dieses Vorgehen hat sich bewährt und soll fortgeschrieben werden. Andere sinnvolle Einsatzgebiete der ZfP zur Verbesserung der Ausführungsqualität von Bauwerken sind unausweichlich, wenn sich die Entwicklung zu Privat-Public-Partnership (PPP) bei Infrastrukturprojekten fortsetzt. Dann wird das Kosten-/Nutzenverhältnis für die gesamte Lebensdauer von Bauwerken maßgebend. Eine höhere Qualität bei der Bauausführung rechnet sich durch die Einsparungen bei der Instandhaltung. Die Prüfbarkeit sicherheits- und dauerhaftigkeitsrelevanter Komponenten, ist eine Voraussetzung für ein wissensbasiertes Bauwerks-Management-System. In Teilbereichen mussten hier Erfahrungen dazu führen, dass bestimmte Bauweisen (z. B. externe Spannlieder) jetzt bevorzugt eingesetzt werden.

DFG Forschergruppe FOR 384

Die Forschung auf dem Gebiet der ZfP im Bauwesen (ZfPBau) konzentriert sich in Deutschland um die DFG Forschergruppe 384 [3], die seit 2002 mit großem Engagement Puls-Echo Methoden zur Strukturaufklärung von Betonbauteilen unter dem Stichwort „Gläserner Beton“ betreibt und jetzt kurz vor Abschluss des Projektes steht. Diese Form der Forschungsförderung ist einzigartig und hat sich in diesem Fall außerordentlich bewährt. Die Kombination von Grundlagenforschung mit praktischen Anwendungen, Validierungsbemühungen und Vergleichsversuchen, ist in einer so großen Gruppe der Weg zum Erfolg. Intensiv arbeiten auch Theorie und Praxis zusammen, Simulation und Modellierung wirken sich direkt auf Experimente aus die dadurch gezielt verbessert und der jeweiligen Aufgabenstellung angepasst werden. Weiterhin hat sich die Daten-Fusion als wertvolles Werkzeug zur Visualisierung kombinierter Datensätze aus mehreren ZfPBau-Verfahren herausgestellt. Diese Entwicklung befindet sich erst am Anfang, es zeichnet sich aber schon ab, dass am Ende der Entwicklung die Kombination von Konstruktionsplänen mit Prüfergebnissen stehen wird. Diese Innovationen

aufzugreifen und daraus Dienstleistungen zu schaffen wird hoffentlich auch von der Industrie als Chance begriffen.

Automatisierung

Die ZfPBau-Forschung hat jedenfalls eine konzentrierte und, wie jetzt schon gesagt werden kann, erfolgreiche Anstrengung unternommen Technologien zur Verfügung zu stellen. Deutlich sichtbar ist die Tendenz zur Automatisierung von Prüfungen. Die handwerklichen punktuellen Verfahren haben ihre Berechtigung und werden erfolgreich für zahlreiche Anwendungsfälle eingesetzt. Wo es jedoch auf die Zustandsbewertung ganzer Bauwerke oder zumindest von Bauteilen ankommt, werden flächendeckende Messungen schnell zu einer Notwendigkeit. Wenn schon kleine faustgroße Fehlstellen sicher identifiziert werden müssen, sind z. B. bei einer Brücke eine händisch nicht mehr durchführbare Anzahl von Messpunkten notwendig. Automatisierung hat eine Vielzahl von Vorteilen, die Realisierung automatisierter Abläufe ist nicht einfach und mit hohen Kosten verbunden. Bei der Untersuchung von Spannkämen auf Verpressfehler, einem sehr weitreichendem und dringendem Prüfproblem ist es der erfolgversprechende Weg. Automatisierung eröffnet auch die Möglichkeit, Verfahren zu kombinieren und durch Datenfusion zu besseren zuverlässigeren Aussagen zu gelangen. Dokumentation und genaue Ortszuordnung werden bei automatisierten Prüfverfahren quasi nebenbei erzeugt. Große Flächen können mit hoher Messpunktdichte untersucht werden, da die Ermüdung des Bedienpersonals keine Rolle mehr spielt. Trotz dieser Vorteile wird die komplette flächendeckende Untersuchung ganzer Bauwerke auch in Zukunft nicht mit vertretbarem Aufwand möglich sein. Vielmehr ist der Sachverstand der Bauwerksingenieure gefragt, repräsentative Stellen für den Erhaltungszustand eines Bauwerks auszuwählen. Statistische Methoden müssen dann helfen, Risiken für das Vorhandensein von Fehlern in anderen Bereichen zu quantifizieren.

Nach ersten Versuchen mit schnellfahrenden Fahrzeugen, die Brücken im laufenden Verkehr mit Radar zu untersuchen [4] gibt es jetzt praktische Entwicklungen zur automatisierten Ortung von Spannstahtbrücken in der Quervorspannung [5]. Zwar können die Messungen nicht ohne Beeinträchtigung des fließenden Verkehrs stattfinden, vollständige Sperrungen sind jedoch nicht mehr notwendig.

Andere Entwicklungen sind scannende Geräte für Punktverfahren, der erste Schritt von der Einzelinformation an einem Punkt zur bildgebenden Darstellung von Vielfachmessungen. Das Ende der Entwicklung ist noch nicht abzusehen, vielmehr hat sie erst begonnen. Heutige Computertechnik und leistungsfähige Software gestatten es, schnell auf spezifische Problemstellungen zugeschnittene Lösungen zu generieren. Ein besonders leistungsfähiges Beispiel sind die Tunnelscanner, die mit hohen Flächenleistungen die Oberflächen von Tunnelröhren visuell und im infraroten Spektralbereich erfassen. Hier sind die Vorteile der ortstreuen Dokumentation offensichtlich. Wiederholende Messungen lassen Veränderungen im Tunnel erkennen.

Monitoring

Im Bereich der Bauwerksüberwachung mit installierten Sensoren hat die rasante Entwicklung der Computernetzwerke die technischen Voraussetzungen dafür geschaffen, dass große Datenmengen ohne großen Aufwand erfasst und über Telekommunikationsnetze übertragen werden können. Wenn neue Generationen von Sensoren zur Verfügung stehen werden, kann die Fern-/Dauerüberwachung bestehender Bauwerke eine neue Qualität erreichen.

Sicherheit

Es ist zu erwarten, dass die Diskussion um die Sicherheit unserer Gesellschaft auch die Infrastruktur zu Themen machen werden. Noch ist die Sicherheit von Bauwerken nur bei exponierten Gebäuden ein Thema von öffentlichem Interesse. Die Funktionsfähigkeit der unserer Infrastruktur wird am Beispiel der Verkehrsinfrastruktur deutlich. Es wird unumgänglich sein, dass die Prüfung von Bauwerken auch die Aspekte der Sicherheit vor Terroranschlägen einzubeziehen hat. Die damit verbundenen Fragestellungen an die Konstruktion und die Prüfverfahren hat noch gar nicht begonnen. Die „Security“ Diskussion kann auch die ZfPBau-Entwicklung wesentlich beeinflussen. Es wäre an der Forschungspolitik hier rechtzeitig Weichen zu stellen und entsprechende Forschungsprogramme zu etablieren.

Validierung

Die Ergebnisse zerstörungsfreier Prüfverfahren werden i. d. R. naturgemäß nicht zerstörend überprüft. Umso wichtiger ist es, das Vertrauen in die Prüfergebnisse auf feste Grundlagen zu stellen. Hier kommen den unabhängigen Forschungseinrichtungen eine besondere Bedeutung zu. Ihr Urteil und die Empfehlungen werden von der Praxis am ehesten akzeptiert. Noch herrscht auf diesem Gebiet ziemlicher Wildwuchs: jeder hat seine eigenen Referenzprobekörper an denen die Leistungsfähigkeit der jeweiligen Verfahren nachgewiesen wird. Wirklich notwendig ist jedoch die Schaffung einer Methodik, wie durch entsprechende Qualitätsnachweise den Erwartungen des Kunden an das Ergebnis der Prüfungen entsprochen wird. Entsprechende Ansätze sollten von den Interessenverbänden aufgenommen und gefördert werden. Wie für die Durchführung von Messungen im Rahmen der RI-ZFP-TU ein Qualifikationsnachweis an einem Probekörper der BAST zwingend vorgeschrieben ist, sollte als Beispiel auch für andere Bereiche der ZfPBau dienen. Ein Umdenken hat hier deutlich begonnen, diese Ansätze gilt es zu stärken und auszubauen.

Ausbildung

In diesem Zusammenhang ist erfreulich, dass die Ausbildung von Prüferingenieuren auch die objektbezogene Schadensanalyse thematisiert und hier auf zerstörungsfreie Prüfverfahren besonders hingewiesen wird. Auch an Universitäten und Fachhochschulen wurde „Bauwerksdiagnose“ in der Ausbildung thematisiert und treffen auf das Interesse von Studenten. Für die Bauwerksprüfer beim BMVBS wurden die Voraussetzungen für einen vermehrten Einsatz zerstörungsfreier Verfahren dadurch geschaffen, dass die Schadensbeispiele der RI-EBW-PRÜF [6] nach Bauwerksprüfung im Sinne der DIN 1076 [7] mit den im ZfPBau-Kompendium [8] aufgeführten Verfahren verknüpft wurden. Diese Information steht vor Ort in Form einer kleinen Datenbank zur Verfügung.

- [1] BAST, Leitfaden Objektbezogene Schadensanalyse, Bergisch-Gladbach, 2004
Krieger, J., Kaschner, R. und Haardt, P.: Die objektbezogene Untersuchung und Bewertung von Brücken im Rahmen des Bauwerks-Management-Systems, Bautechnik , 77 (2000) 7, S. 453-463.

- [2] Richtlinie für die Anwendung der zerstörungsfreien Prüfung von Tunnelinnenschalen (RI-ZFP-TU) Ausgabe 2001, Bundesanstalt für Straßenwesen, Verkehrsblatt-Dokument Nr. S 1050, Verkehrsblatt-Verlag (2001).

- [3] DFG-Forschergruppe 384: Zerstörungsfreie Strukturbestimmung von Betonbauteilen mit akustischen und elektromagnetischen Echo-Verfahren, Internetpräsenz: <http://www.for384.uni-stuttgart.de/> (2004).

- [4] Michael Scott, Ph.D.; Ali Rezaizadeh, Ph.D.; Mark Moore, P.E.:
Phenomenology Study of HERMES Ground
Penetrating Radar Technology for Detection and Identification of Common Bridge Deck Features, FHWA Report FHWA-RD-01-090 (2001).

- [5] Scheel, H. und B. Hillemeier , Remanenzmagnetismus-Verfahren zur Ortung von Spanndrahtbrüchen , in: Cziesielski, E. (Hrsg.); Bauphysik-Kalender 2004, Berlin: Ernst und Sohn (2004) Kap. C1, 2 Strukturaufklärung, Abschn. 2.7, S. 365-370 , 2004-01-01

- [6] Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Abteilung Straßenbau: Richtlinie zur einheitlichen Erfassung, Bewertung, Aufzeichnung und Auswertung von Ergebnissen der Bauwerksprüfungen nach DIN 1076 (RI-EBW-PRÜF), Ausgabe 2003, Verkehrsblatt-Verlag (2003).

- [7] DIN, NA Bau , DIN 1076: Ingenieurbauwerke im Zuge von Straßen und Wegen, Überwachung und Prüfung, Ausgabe 03/1983 , Berlin: Beuth Verlag (1983), 1983-03-01

- [8] Schickert, G., Krause, M. und Wiggerhauser, H.: ZfPBau-Kompendium, Internetpräsenz: <http://www.bam.de/zfpbau-kompendium.htm> (2004).