

Qualitätskontrolle von Holzkonstruktionen

Mobiles Röntgen

Mareike Vogel

Florian Scharmacher

Berner Fachhochschule Architektur,
Holz und Bau
BFH-AHB Biel

mareike.vogel@bfh.ch

florian.scharmacher@bfh.ch

Die Begriffe Qualitätsmanagement und Qualitätskontrolle spielen auch in der Bauwirtschaft eine grosse Rolle. Im Rahmen der industriellen Vorfertigung gibt es mittlerweile viele bewährte Systeme zur Qualitätsüberwachung. Vor Ort am Bauwerk ist eine Kontrolle allerdings bislang nur im Rahmen der Erstellung möglich. Eine externe, regelmässige Überwachung der Montage sowie eine zerstörungsfreie Überprüfung des Bauwerks sind momentan nur schwer möglich. Um bestehende Holztragwerke zu beurteilen, sind aber in den meisten Fällen zerstörungsfreie Untersuchungsmethoden notwendig. Hier finden sich mögliche Einsatzbereiche für die mobile Röntgenblitzröhre.

Methoden zur zerstörungsfreien

Prüfung *in situ*

Eine der wichtigsten Methoden bei der Bauwerksbegutachtung ist die **visuelle Prüfung**, bei der sämtliche Bauteile handnah zu überprüfen sind. Eine stichprobenartige Untersuchung der Tragkonstruktion genügt meist nicht. Nur eine flächige Überprüfung über das gesamte Tragwerk lässt eine fundierte Aussage über dessen Zustand zu und gibt den Nutzern und Betreibern die notwendige Sicherheit.

Bei Fachpersonen beliebt ist das **Bohrwiderstandsmessgerät**. Hier wird der Widerstand einer 1.5–3.0 mm starken Bohrnadel massstäblich über die Bohrtiefe aufgezeichnet. Mit einem kalibrierten Gerät ist sogar die Rohdichte des Holzes ables- und dokumentierbar. Die Bohrwiderstandsmessung erlaubt die lokale Beurteilung an der Bohrstelle. Flächenmässige Untersuchungen sind zeitintensiv und aufgrund der entstehenden Bohrlocher nicht immer erwünscht.

Die **Ultraschall-Echo-Methode** bietet eine zerstörungsfreie Möglichkeit zur Lokalisierung von Verbindungsmitteln und strukturellen Schäden im Holzquerschnitt. Die Interpretation der Aufnahmen erfordert – neben genauer Kenntnis der Messtechnik – eine grosse Erfahrung in der Anwendung dieses Verfahrens.

An der Berner Fachhochschule in Biel haben die Verfasserin/der Verfasser zusammen mit Dr. Andreas Hasenstab Messungen an einem Fachwerkknoten mit eingeschlitzten Blechen durchgeführt. Dabei konnten Echos an der Tasche des Schlitzblechs erkannt werden. Ausserdem wiesen Bereiche ohne Reflexion auf strukturelle Schäden hin. Die Kanten der Schlitzbleche sowie das Ausmass der Schädigung durch die Holz zerstörenden Pilze sind mit dieser Methode nicht erkennbar (Hasenstab 2008). Aufgrund der Dämpfungseigenschaften des Holzes ist eine Untersuchung mit dieser Methode nur bis zu einer bestimmten Bauteildicke möglich.



Mobile Röntgenblitzröhre im Labor.

Messungen an der Empa (Neuenschwander, et al. 2011) zeigten unter anderem die gute Darstellbarkeit von Oberflächenrissen. Delaminierungen im Bauteilinnern waren nicht eindeutig erkennbar. Wie das Bohrwiderstandsverfahren ist das Ultraschall-Echo-Verfahren wegen der sehr lokalen Messung nur kleinflächig einsetzbar und wegen mangelhafter Darstellung schwer zu interpretieren.

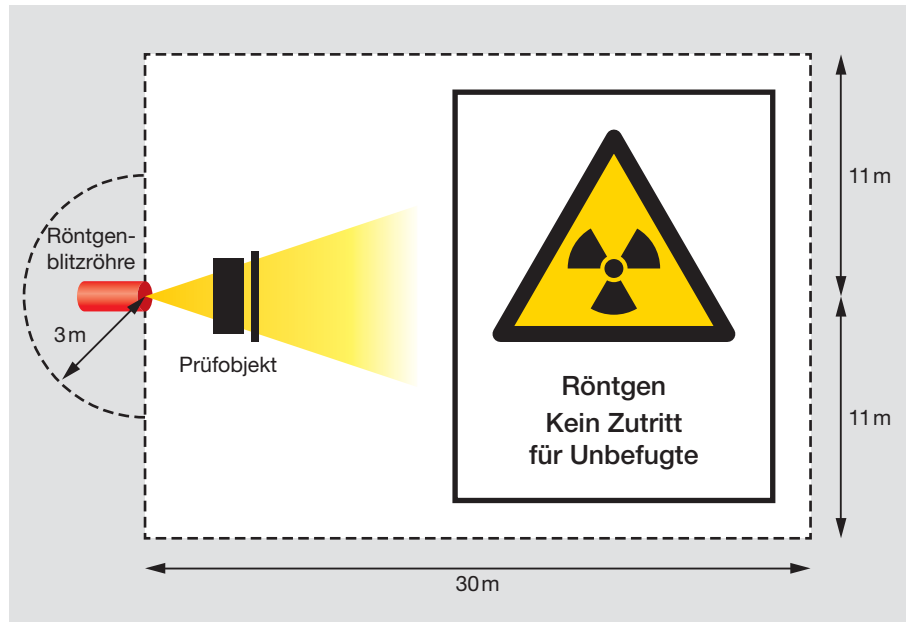
Mobile Röntgentechnologie

Die mobile Röntgentechnologie ermöglicht den Blick ins Bauteilinnere mit einer sehr guten Darstellung eines vergleichsweise grossen Messbereichs. Das Röntgenverfahren arbeitet zerstörungs- und quasi kontaktfrei. Durch den mobilen Einsatz der Röntgen- sowie Auswertetechnologie mit Hilfe eines Scanners ist eine *In-situ*-Anwendung, Auswertung und Bewertung an bestehenden Konstruktionen möglich.

Röntgentechnologie

Beim Röntgen wird der Testkörper mit Röntgenstrahlung durchleuchtet. Unterschiedliche Materialien bzw. Materialdichten absorbieren die Strahlung verschieden stark. Die mobile Röntgenblitzröhre projiziert wie das herkömmliche Röntgenverfahren (Radiologie) das Volumen eines Körpers auf eine Fläche. Dabei gehen dreidimensionale Informationen weitestgehend verloren.

Die Röntgenblitzröhre arbeitet mit weniger Energie und mit einer deutlich tieferen Strahlungsbelastung als die stationären Röntgeneräte. Sie ist deshalb für den Praxiseinsatz wesentlich besser geeignet. Die Strahlungsquelle ist nur direkt während des Auslösens aktiv. Nach diesem Vorgang – der nur wenige Sekunden dauert – ist keine Strahlenbelastung mehr vorhanden. Das Prüfobjekt speichert hierbei keine Strahlung.



Sicherheitsabstände beim mobilen Röntgen.

Die Umgebung der Röntgenblitzröhre ist im Praxiseinsatz abzusperren. Ein Abstand von 30 m vor, 11 m neben und 3 m hinter der Blitzröhre reichen als Sicherheitsabstand aus. Die Bearbeiter tragen zusätzlich während der Arbeiten ein persönliches Dosimeter, welches monatlich durch eine externe Stelle ausgewertet wird.

Labor-Versuche

Im Rahmen von Laborversuchen wurden die Randbedingungen zum mobilen Röntgen festgelegt. Dabei handelt es sich insbesondere um die folgenden Parameter:

- Anzahl der benötigten Impulse
- Abstand zum Objekt
- Streuwinkel der Röntgenblitze
- Einfluss von Dichteunterschieden
- Auflösung der Bilder

Nach der Definition der Randbedingungen wurden erste Versuche an Bauteilen durchgeführt. Die Ergebnisse bei der Untersuchung von metallischen Verbindungsmitteln und von zimmermannsmässigen Verbindungen waren sehr zufrieden stellend. Es ist möglich, diese genau zu lokalisieren und eventuelle Verformungen zu erkennen und darzustellen. Ebenfalls gute Aufnahmen wurden bei Rissen und unterschiedlichen Rohdichten erzielt.

Die Abbildung der Schlitzblechverbindung zeigt diese in unterschiedlichen Laststufen. Neben der Holzstruktur und den Ästen ist insbesondere die Ausbildung der Fließgelenke bei den Stabdübeln gut zu erkennen.

Auf der Röntgenaufnahme eines Dübelbalkens, dessen Schubverbindung mit einem Schwalbenschwanzdübel aus Eiche ausgebildet ist, sind die Dichteunterschiede der Holzarten Eiche und Fichte sehr gut zu erkennen. Ebenfalls gut sichtbar sind die einzelnen Brett-schichtholzlamellen sowie auch der feine Luftspalt um den Schwalbenschwanz.

Ausblick

Zur Detektion von Holz zerstörenden Insekten und Pilzen wird noch untersucht, ab welcher Dichtedifferenz eine deutliche Darstellung möglich ist. Dieses ist insbesondere bei der Zustandserfassung von bestehenden Bauwerken ein wichtiges Kriterium.

Ebenfalls ein wichtiger Punkt ist die Detektion von Rissen und Delaminierungen. Hierdurch könnten unter anderem Querschlisse im Inneren von Brett-schichtholzbauteilen aufgespürt werden.

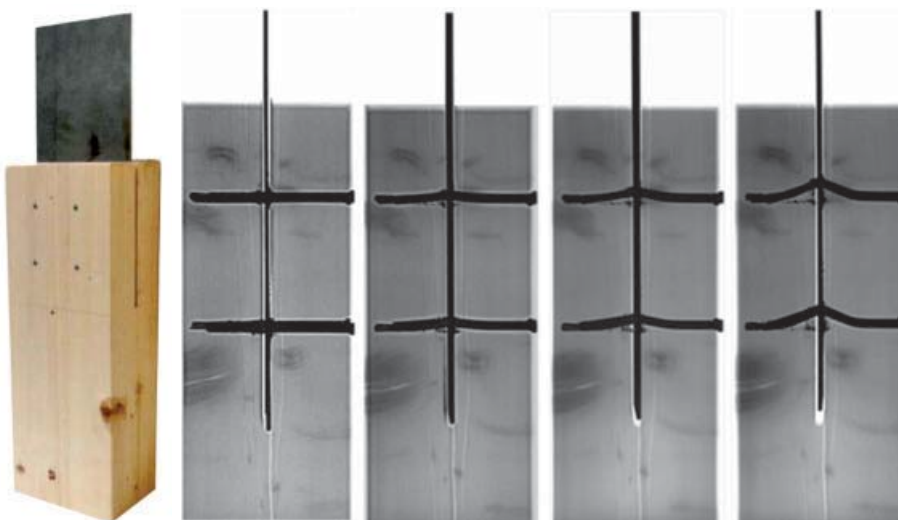
Im Weiteren ist geplant, die Technik gezielt zur Qualitätskontrolle während bzw. nach der Bauausführung zu verwenden. Auch zur Kontrolle der Knotenpunkte nach grossen Lastenwirkungen ist ihr Einsatz denkbar.

Literatur

Hasenstab Andreas. Messungen mit Ultraschallecho an Probekörpern der Hochschule Biel am 27.04.2008. Biel, 2008.

Neuenschwander Jürg, Sanabria Sergio, Keller Pascal, Loop Tino und Furrer Roman. Ultraschallprüfungen von «historischem» BSH Balken der BFH Biel. Dossier: 458481, Dübendorf, 2011.

Vogel Mareike, Tannert Thomas, Hansen Helge, Kehl Daniel, Kraus Stephan und Müller Andreas. Überprüfungsverfahren geschädigter Holzkonstruktionen. Forschungsbericht, Biel: Berner Fachhochschule, 2009.



Röntgenaufnahme einer Schlitzblechverbindung in unterschiedlichen Laststufen.

Röntgenaufnahme (Draufsicht/Seitenansicht) eines Dübelbalkens mit Hartholzdübel.

