

FORSCHUNG KOMPAKT

FORSCHUNG KOMPAKT

1. März 2022 || Seite 1 | 5

Computertomographie für das Bauwesen

CT-Analyse von Betonbalken

Beton ist aufgrund seiner Materialeigenschaften für die moderne Bauweise unverzichtbar. Doch neben vielen Vorteilen hat der Universalbaustoff auch Nachteile – vor allem erschwert seine Heterogenität die simulationsgestützte Dimensionierung von Bauteilen und Bauwerken. Durch Biegeversuche induzierte Risse geben Aufschluss über das Bauteilverhalten. Forschende am Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM entwickeln eine Analysesoftware für die Computertomographie, um feinste Strukturveränderungen in bewehrten Betonbauteilen sichtbar zu machen. Künftig soll das System mehrere Terabyte an CT-Bilddaten auswerten können. Dabei kann auch Quantencomputing hilfreich sein.

Die Computertomographie erlaubt den Blick ins Innere – in der Medizin ist die Technik zu einem unentbehrlichen Hilfsmittel geworden und wird für Routineuntersuchungen am Menschen eingesetzt. Sie eignet sich jedoch auch, um Verbundwerkstoffe, wie bewehrten Beton zu durchleuchten und zerstörungsfrei zu untersuchen. Was passiert im Inneren eines Betonbauteils, wenn es mechanischen Belastungen ausgesetzt ist? An welcher Stelle entstehen Risse? Wie sind diese beschaffen? Wie wachsen sie bei zunehmender Belastung? Diesen Fragen widmen sich Forscherinnen und Forscher am Fraunhofer ITWM. Im BMBF-geförderten Projekt »Detektion von Anomalien in großen räumlichen Bilddaten« (DAnoBi) entwickeln sie gemeinsam mit Arbeitsgruppen an den Universitäten in Kaiserslautern, Ulm und Magdeburg mathematische und statistische Methoden, um robust und automatisierbar Rissstrukturen in Beton anhand computertomographischer Daten zu finden, vollständig zu segmentieren und zu erfassen. »Sogar in verrauschten CT-Daten von kleinen Betonproben konnten wir winzige, mikrometergroße Risse nicht nur erkennen, sondern auch die zu ihnen gehörenden Voxel (Datenpunkt in einem dreidimensionalen Gitter) identifizieren. Die Risse müssen dazu nicht breiter als ein Voxel sein. Das heißt in einem Betonquader mit 15 Zentimeter Kantenlänge finden wir 100 Mikrometer breite Risse«, sagt Dr. Katja Schladitz, Wissenschaftlerin am Fraunhofer ITWM. Um dies zu erreichen, haben Schladitz und ihr Team Methoden des maschinellen Lernens, die Modellierung der Strukturen und der Bildgebung sowie statistische Methoden für die Detektion der Risse kombiniert. »Deren Dicke und Form lassen Rückschlüsse zu, wie Nachrissverhalten und Mikrostruktur zusammenhängen. Im institutseigenen CT-Gerät haben wir sie aber bisher nur vor oder nach, nicht während der Belastung beobachtet«, so die Mathematikerin.

Kontakt

Roman Möhlmann | Fraunhofer-Gesellschaft, München | Kommunikation | Telefon +49 89 1205-1333 | presse@zv.fraunhofer.de
Ilka Blauth | Fraunhofer-Institut für Techno- und Wirtschaftsmathematik ITWM | Telefon +49 631 31600-4674 | Fraunhofer-Platz 1 | 67663 Kaiserslautern | www.itwm.fraunhofer.de | ilka.blauth@itwm.fraunhofer.de

Weltweit einzigartige CT-Anlage für das Bauwesen

FORSCHUNG KOMPAKT1. März 2022 || Seite 2 | 5

Das Problem: Mikro-CT-Technologie wie am Fraunhofer ITWM durchleuchtet Betonproben mit nur wenigen Zentimetern Kantenlänge und Durchmesser. Mechanische Belastungsversuche an mehrere Meter langen Betonproben lassen sich nicht durchführen. Dies wird künftig an der Technischen Universität Kaiserslautern, Fachbereich Bauingenieurwesen, möglich sein. Dort entsteht derzeit eine weltweit einzigartige CT-Anlage, die im Sommer 2023 an den Start geht. Die Anlage arbeitet mit wesentlich stärkeren Röntgenstrahlen – neun Megaelektronenvolt – als medizinische Röntgengeräte, sodass bewehrte Betonbauteile bis zu einem Durchmesser von 30 Zentimetern und einer Länge von sechs Metern durchleuchtet werden können. Eines der ersten und wichtigsten Anwendungsszenarien in Gulliver, so der Name des Großgeräts, ist die 3D-Abbildung der Rissentwicklung in großen Betonbalken während eines 4-Punkt-Biegeversuchs. Die dreidimensionalen Röntgenaufnahmen dieser Prozesse sind für die Forschung sehr aufschlussreich. Die Technik wird den Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern dabei helfen, den komplexen Verbundwerkstoff Beton besser zu verstehen. Je Experiment erzeugt Gulliver dabei zwischen 120 Gigabyte und zwei Terabyte an Bilddaten. Ziel der Forschung ist die 3D-Abbildung und die Analyse der Strukturveränderungen durch die Biegebelastung während des laufenden Versuchs.

Fraunhofer ITWM entwickelt Analysesoftware für Gulliver

»Wir optimieren das Speichermanagement und die Bildauswertung unserer umfangreichen 3D-Bildverarbeitungs- und -analysesoftware, um mit den anfallenden riesigen Datenmengen effizient umgehen zu können. Die komplexen Algorithmen müssen kurze Antwortzeiten bei der Bildverarbeitung ermöglichen«, erläutert Schladitz. Eine anspruchsvolle Aufgabe, gilt es doch, in kurzer Zeit feinste Strukturen in der riesigen Datenmenge zu finden. Dafür bietet die Software umfangreiche Analysemethoden, etwa für lokale Porositäts-, Dicken- und Orientierungsanalyse.

Geplant ist, die Expertise von Bauingenieuren mit der 3D-Bildanalyse zu verknüpfen, um komplexe Algorithmen optimal auszuwählen und zu parametrisieren, Zwischenergebnisse korrekt zu bewerten und Fehler möglichst früh zu korrigieren. Dazu wird ein KI-Assistent entwickelt, der den erwarteten Arbeitsablauf und Datenfluss erlernt, sowie erwartete Zwischenergebnisse und typische Fehlerbilder. Er wird unter anderem anhand der CT-Messparameter und der Probenbeschaffenheit wie Dimensionen und Materialmischung trainiert, um die Bilddatenqualität zu bewerten. Bauingenieure erhalten dadurch schließlich bessere Berechnungsgrundlagen etwa zum Tragverhalten von Bauteilen aus Beton und können infolgedessen Material sparen und den Anteil des erforderlichen Bewehrungsstahls oder des Faseranteils optimal anpassen.

Potenzial von Quantencomputing für die Bildverarbeitung nutzen

FORSCHUNG KOMPAKT

1. März 2022 || Seite 3 | 5

In Zukunft soll Quantencomputing die Auswertung von CT-Daten beschleunigen – nicht nur in diesem Fall. Geschickte Nutzung der besonderen Eigenschaften von Qubits ermöglicht es, sehr große Bilddaten, wie sie mit Gulliver erzeugt werden, mit wenigen Qubits zu repräsentieren, etwa 1024×1024 Pixel mit 21 Qubits. Würde man die bisher üblichen Filter- und Analysealgorithmen durch Quanten-Bildverarbeitungs-Algorithmen ersetzen, so wäre eine effizientere Verarbeitung dieser enormen Datenmengen möglich. Theoretisch könnten sowohl Speicher- als auch Rechenaufwand exponentiell reduziert werden.

Praktisch erfordern das Kodieren des Bildes und das Ausführen von Algorithmen sehr viele einzelne Quanten-Operationen. Deshalb sind derzeit die Ergebnisse einfacher Bildverarbeitungsschritte auf kleinen Bildern oft bis zur Unkenntlichkeit verrauscht. Wie im Quantencomputing allgemein sind daher Rauschmodelle und Algorithmen, die möglichst wenige Basisoperationen benötigen, Gegenstand der aktuellen Forschung des Fraunhofer ITWM und anderer Fraunhofer-Institute.



Abb. 1 Betonprobe mit Riss.

FORSCHUNG KOMPAKT
1. März 2022 || Seite 4 | 5

© Fraunhofer ITWM



Abb. 2 Visualisierung des
selben Risses im CT-Bild.

FORSCHUNG KOMPAKT
1. März 2022 || Seite 5 | 5

© Fraunhofer ITWM

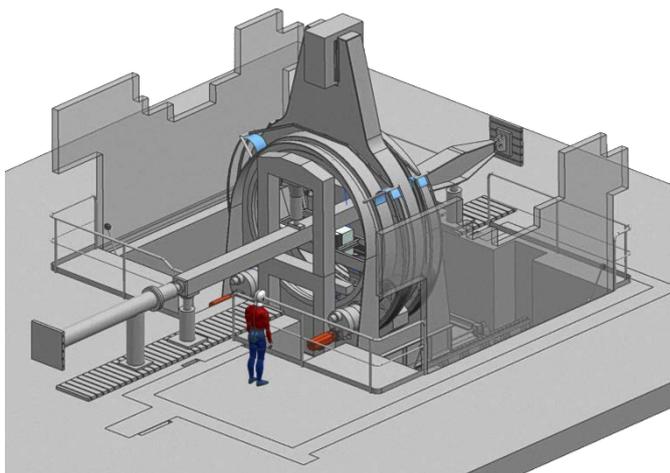


Abb. 3 Computer-
tomographieportal Gulliver.

© Technische Universität
Kaiserslautern