

---

# Bildverarbeitungsverfahren zur automatischen räumlich-zeitlich aufgelösten Rissdetektion bei Belastungsversuchen an Spannbetonbauteilen

---

## **Prof. Dr. habil. Hans-Gerd Maas**

TU Dresden, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung  
(hans-gerd.Maas@tu-dresden.de)

## **Dipl.-Ing. Frank Liebold**

TU Dresden, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung

## **Dipl.-Ing. Robert Koschitzki**

TU Dresden, Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung

---

## **1. Zusammenfassung**

---

Die Photogrammetrie stellt ein Verfahren zur Extraktion zuverlässiger und genauer zwei- und dreidimensionaler Information aus Bilddaten dar. Die Auswertung von digitalen Bildern erlaubt simultanen Messungen mit hoher räumlicher Auflösung, die stereoskopische Aufnahme erlaubt dreidimensionale Messungen, und durch die Aufnahme von Bildsequenzen ergibt sich die Möglichkeit zeitaufgelöster Messungen. Durch die Verwendung subpixelgenauer Bildanalyseoperatoren ergibt sich für die Messung im Bild ein hohes Genauigkeitspotential, welches je nach Verfahren und Anwendung in der Größenordnung von  $1/10 - 1/100$  Pixel liegen kann. Durch eine strikte mathematische Modellierung der Kamerageometrie und Verfahren der Simultankalibrierung ('calibration-on-the-job') gelingt es, dieses Genauigkeitspotential aus dem Bild in den Objektraum zu übersetzen und dort Genauigkeiten zu erreichen, die in der Größenordnung von  $1/100.000$  der Objektdimension liegen können. Durch die Aufnahme einer großen Zahl von Bildern ergibt sich darüber hinaus ggf. die Möglichkeit einer weiteren Genauigkeitssteigerung.

Ein interessantes Anwendungsgebiet der Photogrammetrie im Bauwesen liegt in der Aufnahme von Betonproben in Zug- und Druckversuchen mit dem Ziel der Erfassung von Rissen bzw. der Aufnahme der Rissentstehung. Durch die Verwendung subpixelgenauer Bildanalyseverfahren ist es hier möglich, Risse im Bild zu detektieren, deren Breite deutlich unter einem Bildpixel liegt. Dazu werden zunächst in aufeinanderfolgenden Bildern durch Verfahren der automatischen Bildzuordnung dichte Verschiebungsvektorfelder auf der Oberfläche der Probe bestimmt. Die Verschiebungsvektoren werden für Bildausschnitte von z.B. 11x11 Pixel bestimmt, so dass sich bei einem Sensorformat von 4000x3000 Pixeln bis zu ca. 100.000 Verschiebungsvektoren ergeben. Aus linearen Diskontinuitäten in diesen Verschiebungsvektorfeldern können dann durch die Analyse der Differenzen der Verschiebung benachbarter Punkte Risspositionen und -breiten bestimmt werden (Koschitzki/Maas, 2012). Die Existenz von Diskrepanzen lässt auf Risse schließen, und die Größe der Diskrepanzen ist ein direktes Maß für die Rissbreite, welche nur noch über den Bildmaßstab skaliert werden muss. Bei einer Bildmessgenauigkeit im o.g. Subpixelbereich lassen sich bei einer Probengröße von  $20 \times 20 \text{ cm}^2$  Risse ab einer Breite von ca.  $5 \mu\text{m}$  detektieren (Maas, 2012). Angewandt auf Bildsequenzen, deren zeitliche Auflösung durch die Bildrate der verwendeten Kamera bestimmt ist, ergibt sich hiermit die Möglichkeit der Generierung räumlich-zeitlich hochaufgelöster quantitativer Rissbilder in Belastungsversuchen. Gleichzeitig ist es möglich, über feste Bezugspunkte im Bild unerwünschte Relativbewegungen zwischen Kamera und Probe zu erkennen und zu korrigieren.

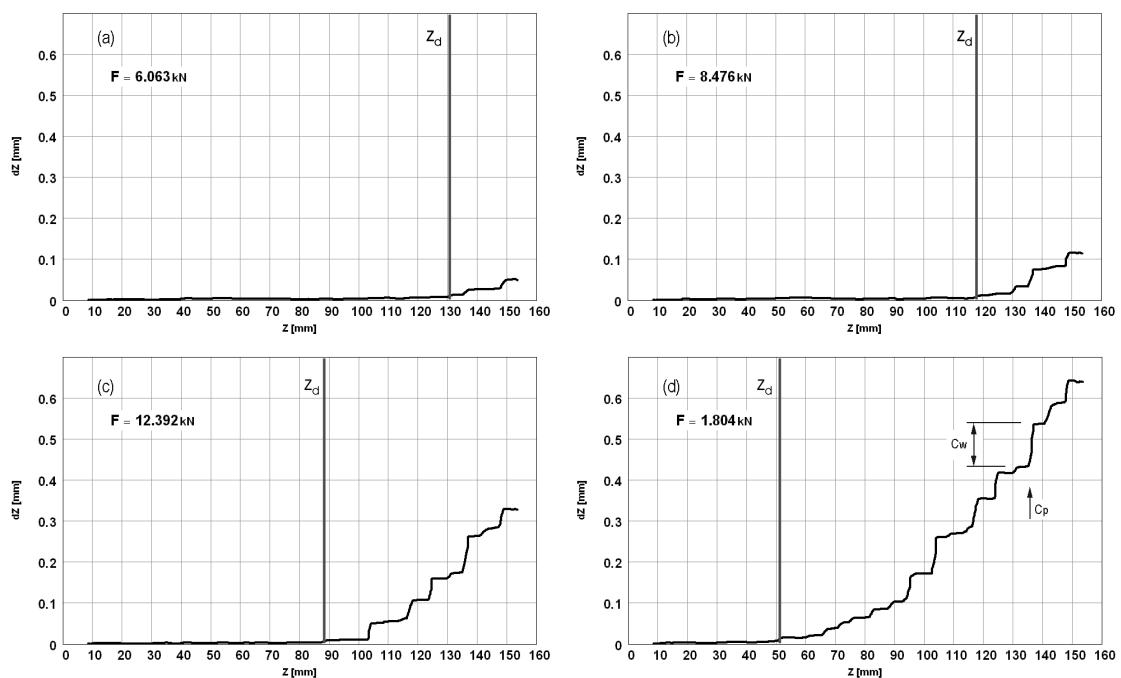
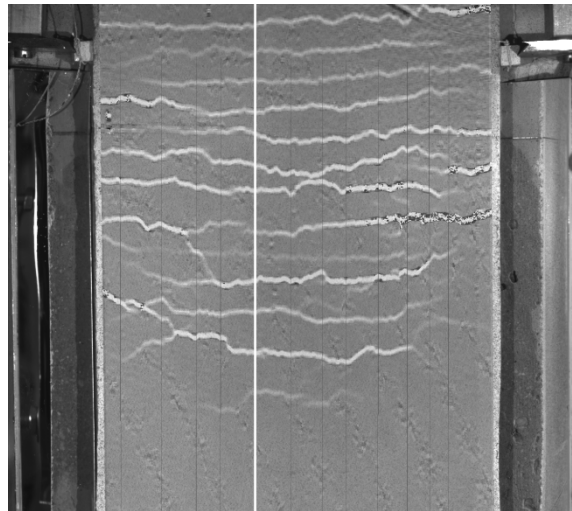


Abb. 1: Rissbild einer Betonprobe und extrahiertes Rissbreitenprofil bei vier Laststufen (Hampel/Maas, 2009)

## 2. Literaturangaben

Maas, H.-G. (2012): Digitale Nahbereichsphotogrammetrie im bautechnischen Versuchswesen. Bautechnik 89, Heft 11, S. 786-793

Koschitzki, R., Maas, H.-G. (2012): Vergleich photogrammetrischer und akustischer Messverfahren zur Rissdetektion bei Belastungsversuchen im Stahlbetonbau. AVN – Allgemeine Vermessungs-Nachrichten. 01/2012, S. 3-10

Hampel, U.; Maas, H.-G. (2009): Cascaded image analysis for dynamic crack detection in material testing. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Vol. 64, Issue 4, pp. 345–350