

# Zukunft Bau – Kurzbericht

---

## Titel

---

Entwicklung und Erprobung von Versuchsgrenzlastindikatoren bei der experimentellen Tragfähigkeitsanalyse bestehender Hochbaukonstruktionen mit geringem Ankündigungsverhalten – Folgeantrag

## Anlass / Ausgangslage

---

Die experimentelle Tragsicherheitsbewertung bestehender Bauwerke ist durch die Richtlinie des DAfStb geregelt. Sie bildet die Grundlage für die Planung, Durchführung und Bewertung von Belastungsversuchen. Allerdings ist die Anwendung bisher auf Bauteile begrenzt, bei denen ein Versagen mit Vorankündigung erwartet wird. Durch das Forschungsvorhaben soll die Methode erweitert werden, damit auch spröde Versagensarten beurteilt werden können.

## Gegenstand des Forschungsvorhabens

---

Zielstellung des Forschungsvorhabens ist die Entwicklung spezieller Versuchsgrenzlastindikatoren, welche bereits sehr geringe Strukturveränderungen sicher anzeigen und so die zuverlässige Bestimmung der Versuchsgrenzlast auch bei geringster Vorankündigung erlauben. Damit kann auch für solche Tragwerke eine inakzeptable Schädigung oder gar ein Versagen während des Versuchs ausgeschlossen werden.

In diesem Projekt wurden die Versagensmechanismen typischer Stahlbetonkonstruktionen im Hochbau analysiert und hinsichtlich ihres Ankündigungsverhaltens klassifiziert. In Vorversuchen wurden verschiedene messtechnische Applikationen hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit für die Entwicklung von Versuchsgrenzlastindikatoren getestet. Die Zwischenergebnisse des Projektes wurden bzw. werden mehrfach publiziert.

Entsprechend dieser Analyse sind in bestehenden Gebäuden relativ schwach bewehrte Decken- und Balkentragwerke sehr häufig vertreten. Wenn für diese Konstruktionen das Biegezugversagen die maßgebliche Versagensursache darstellt, ist in der Regel eine ausreichende Vorankündigung gegeben. In vielen Fällen ist jedoch keine bzw. nur eine unzureichende Bügelbewehrung zur Aufnahme der Querkräfte vorhanden.

Dann kann die Tragfähigkeit durch das Vordringen eines kritischen Schubrisses bestimmt sein. Das damit verbundene sogenannte Biegeschubversagen tritt schlagartig und nahezu ohne Vorankündigung ein. Bei Spannbetonbauteilen tritt i.d.R. kein sprödes Versagen ein, jedoch können bei der Probelastung unzulässige Schädigungen (Rissbildung, Fließen der Spannbewehrung) auftreten.

Soll für solche Bauteile eine experimentelle Tragsicherheitsbewertung durchgeführt werden, kommt der Analyse des genauen qualitativen und zeitlichen Ablaufs der Versagens- und Schädigungsmechanismen eine entscheidende Bedeutung zu. Wesentlich ist dabei die Definition zugehöriger messbarer Ereignisse, welche eine Indikatorfunktion bei der Probelastung übernehmen können. Solche Ereignisse sind häufig mit der Bildung von Rissen sowie mit einer speziellen Charakteristik des Rissverlaufs oder mit kritischen Rissbreiten verbunden.

Um diese kritische Rissentwicklung bereits auf sehr geringem Niveau, d.h. unterhalb einer irreversiblen Schädigung detektieren zu können, wurde die photogrammetrische Bildanalyse verwendet. Mit dieser war es möglich bereits beginnende Rissbildungsprozesse deutlich zu visualisieren und damit zu lokalisieren. Um diese Messtechnik auch bei in-situ Versuchen anwenden zu können, mussten drei wesentliche Ziele umgesetzt werden. Es musste die

Invarianz der photogrammetrischen Verschiebungsmessung gegenüber Relativbewegungen der Kamera sichergestellt werden. Außerdem wurden praxistaugliche Signalisierungskonzepte entwickelt und erprobt. Im letzten Schritt mussten Risse räumlich und zeitlich hochaufgelöst aus den Verschiebungsdaten bestimmt werden.

Bei Rissen, die sich ins Bauteilinnere fortsetzen, wurde eine Verfolgung des Risswachstums mittels Schallemissionsanalyse durchgeführt. Wegen der Echtzeitanforderungen kam hier ausschließlich die parameterbasierte SEA zu Anwendung.

Um die Ergebnisse der theoretischen Untersuchungen zu verifizieren, wurden mehrere Laborversuche durchgeführt. Es wurden Stahlbetonbalken ohne und mit Querkraftbewehrung experimentell untersucht und die gefundenen Grenzlasterkriterien spezifiziert.

In einem Praxisprojekt einer in-situ Belastungsprobe konnten die Ergebnisse unter Baustellenbedingungen erfolgreich erprobt werden.

## **Fazit**

---

Die Zielstellung des Forschungsvorhabens wurde vollständig erreicht. Zum einen wurden Indikatoren zur Beurteilung des Tragzustandes von Stahl- und Spannbetonbauteilen entwickelt, die es ermöglichen, eine beginnende Schädigung rechtzeitig zu erkennen und somit eine sichere experimentelle Bewertung durchzuführen. Zum anderen konnten die gewählten Messverfahren gezielt für die gestellte Aufgabe weiterentwickelt werden, so dass sie für die Beurteilung des Schädigungszustandes bei in-situ Versuchen eingesetzt werden können. Die onlinefähige photogrammetrische Bildanalyse ermöglicht es, die Rissentwicklung zu einem sehr frühen Zeitpunkt detektieren und lokalisieren zu können.

## **Eckdaten**

---

Kurztitel:	Versuchsgrenzlasterkriterien bei Belastungsversuchen
Forscher / Projektleitung:	Prof. Dr.-Ing. Steffen Marx (Leibniz Universität Hannover) Dipl.-Ing. Gregor Schacht (Technische Universität Dresden) Prof. Dr. habil. Hans-Gerd Maas (Technische Universität Dresden) Dipl.-Ing. Frank Liebold (Technische Universität Dresden) Prof. Dr.-Ing. Guido Bolle (Hochschule Wismar)
Gesamtkosten:	339.750,00 €
Anteil Bundeszuschuss:	38,44% bzw. 130.600,00 €
Projektlaufzeit:	01.12.2011 – 30.11.2013

## Bilder / Abbildungen

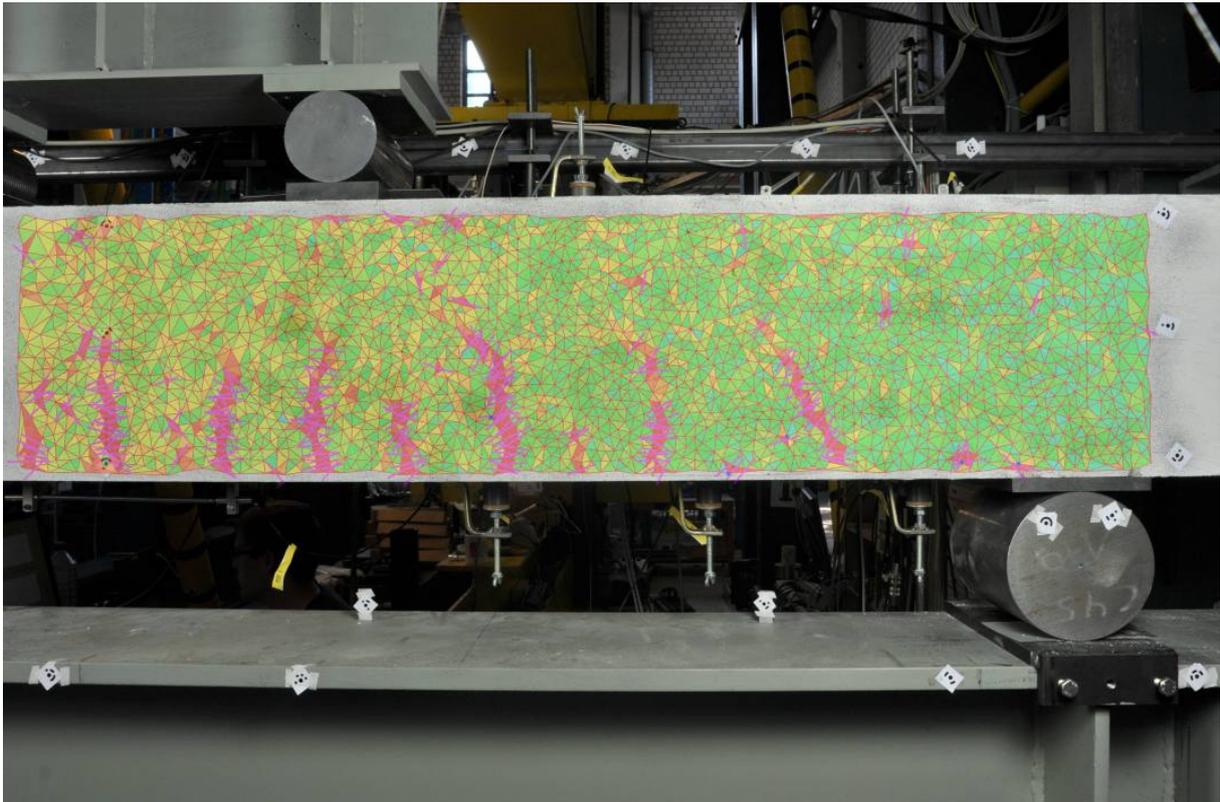


Bild 1: messbild3.jpg

Bildunterschrift: Photogrammetrische Bildauswertung zur Rissdetektion

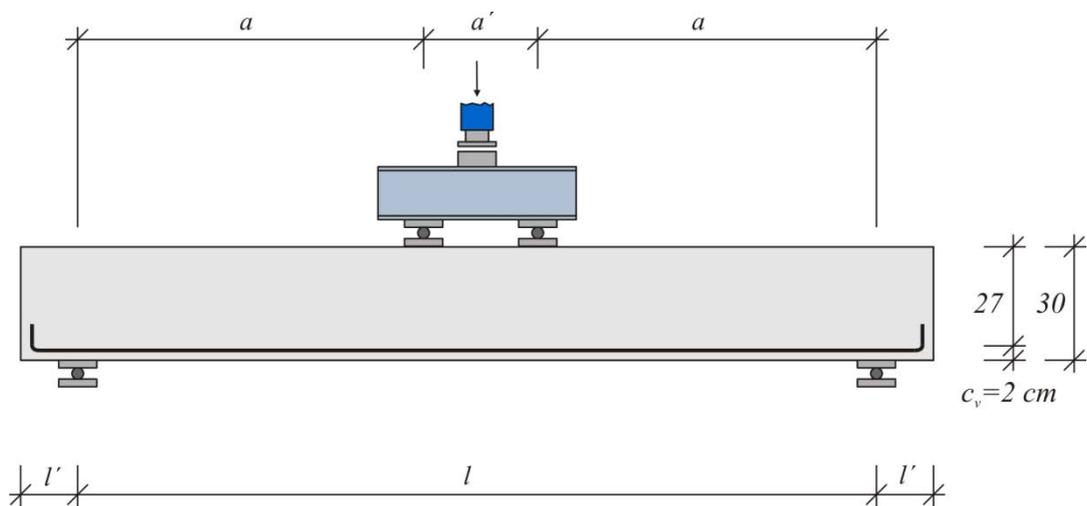
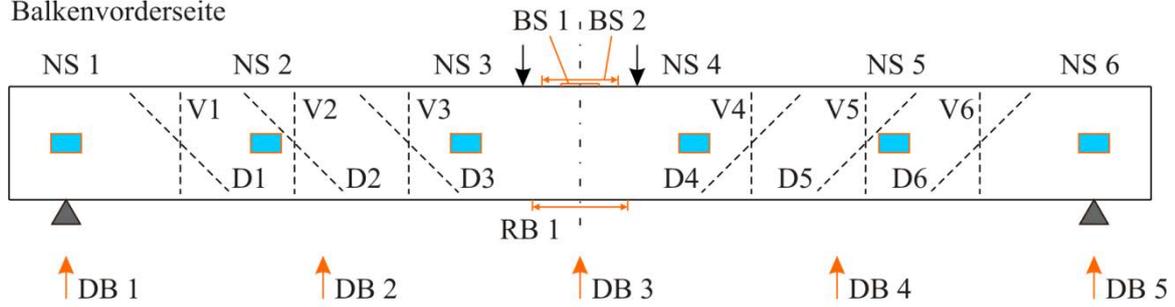


Bild 2: belastung.png

Bildunterschrift: Versuchsaufbau der Schubversuchen an Stahlbetonbalken

Balkenvorderseite



Balkenrückseite

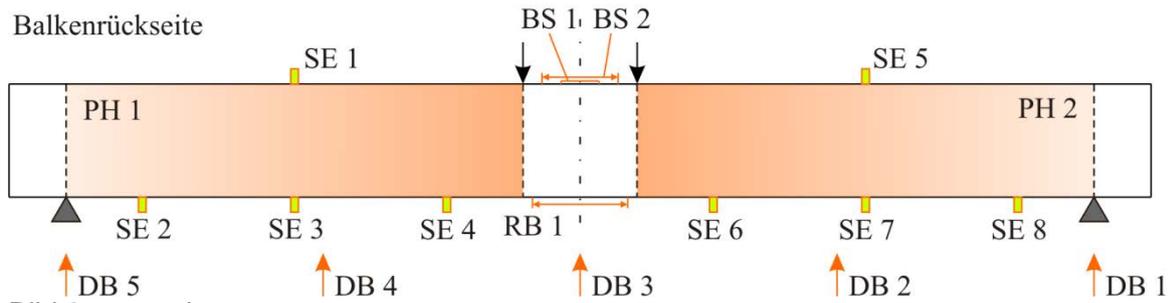
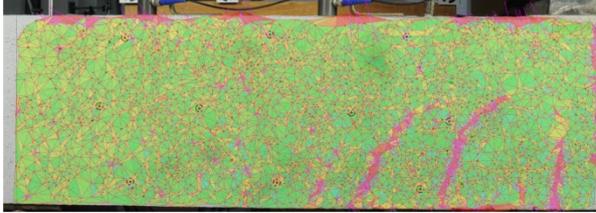


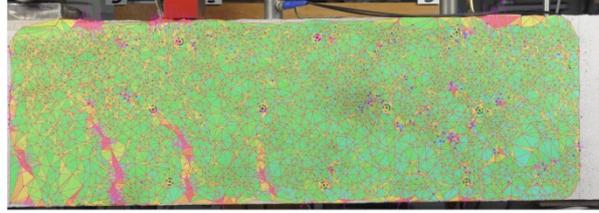
Bild 3: messplan.png

Bildunterschrift: eingesetzte Messtechnik bei den Schubversuchen an Stahlbetonbalken

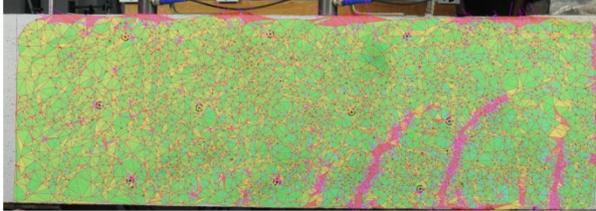
DSC\_9275, F=81,8 kN, t=511s



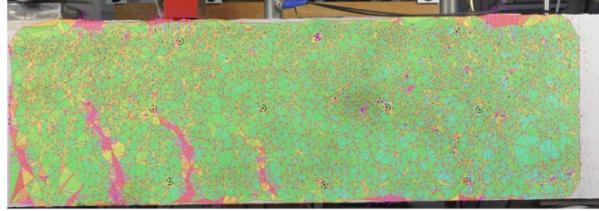
DSC\_6261, F=81,8 kN, t=511s



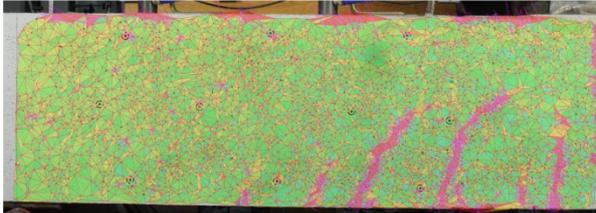
DSC\_9301, F=100 kN, t=562s



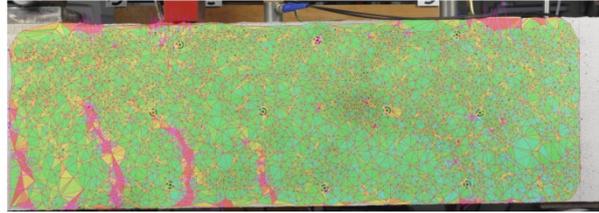
DSC\_6287, F=100 kN, t=562s



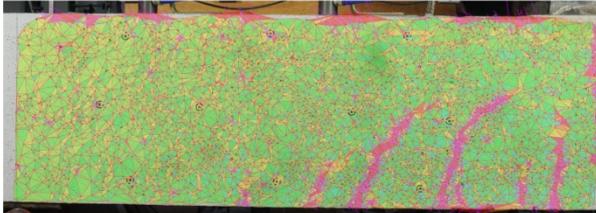
DSC\_9317, F=110,5 kN, t=595s



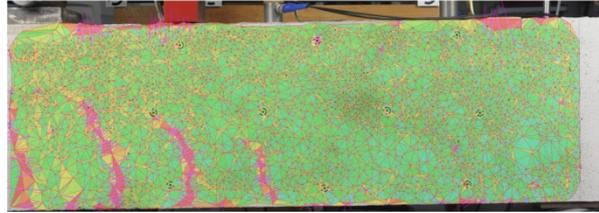
DSC\_6303, F=110,5 kN, t=595s



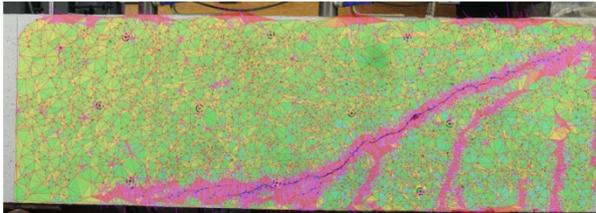
DSC\_9325, F=115,5 kN, t=611s



DSC\_6311, F=115,5 kN, t=611s



DSC\_9335, F=120 kN, t=631s



DSC\_6321, F=120 kN, t=631s

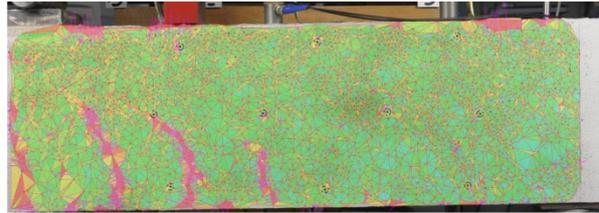


Bild 4: photo1.png

Bildunterschrift: Ergebnisse der photogrammetrischen Bildanalyse für einen untersuchten Spannbetonbalken mit Querkraftversagen

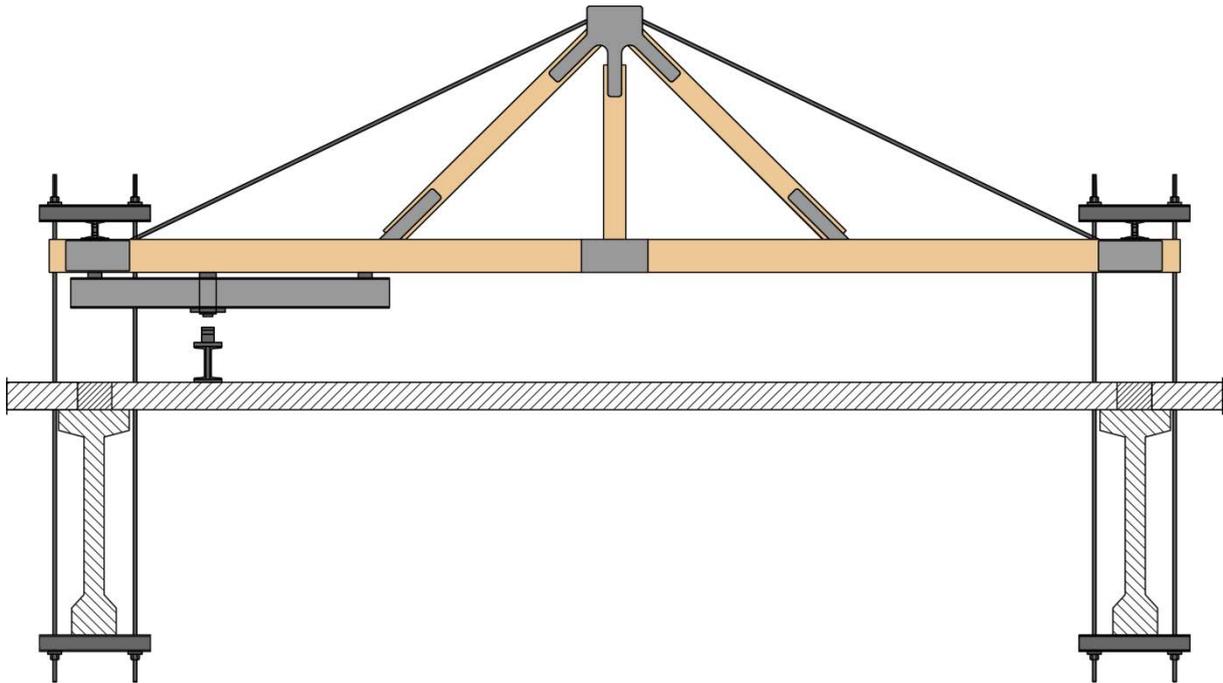
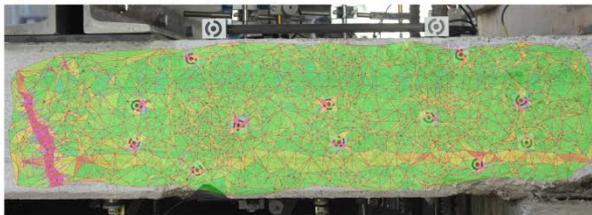


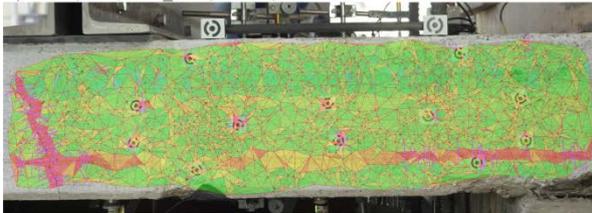
Bild 5: belastungsrahmen.png

Bildunterschrift: Aufbau des Belastungsrahmens für die in-situ Untersuchung der Spannbetonhohlplatten

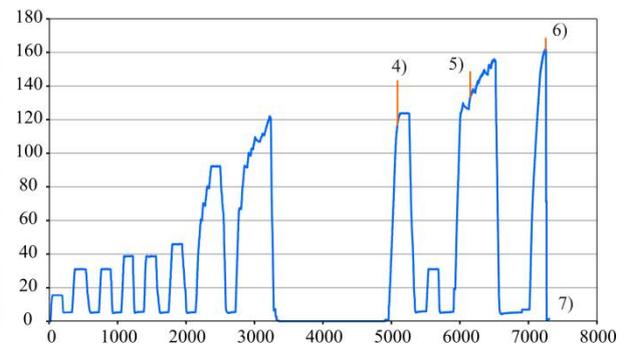
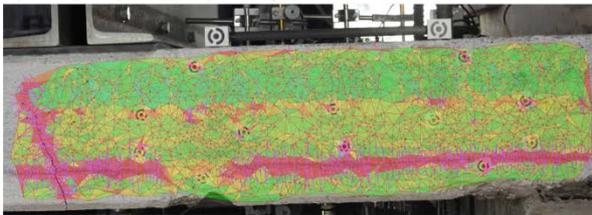
4)  $F=100,2 \text{ kN}$ , DSC\_5094,  $t=5057,6 \text{ s}$



5)  $F=129,5 \text{ kN}$ , DSC\_5587,  $t=6043,6 \text{ s}$



6)  $F=161,5 \text{ kN}$ , DSC\_6003,  $t=7256,6 \text{ s}$



7) Bruch,  $t=7258,6 \text{ s}$



Bild 6: bruch.png

Bildunterschrift: Ergebnisse der photogrammetrischen Bildanalyse zur Rissentwicklung bei den in-situ Untersuchungen an Spannbetonhohlplatten