**Zeitschrift:** IABSE congress report = Rapport du congrès AIPC = IVBH Kongressbericht

**Band:** 13 (1988)

**Artikel:** Untersuchungen zum Rissfortschritt an einer Stahlbrücke

**Autor:** Brandes, Klaus

**DOI:** https://doi.org/10.5169/seals-13016

**Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

**Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

**Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

**Download PDF:** 09.08.2025

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch**

# Untersuchungen zum Rißfortschritt an einer Stahlbrücke

Investigations of crack growth on a steel bridge

Etude de la fissuration d'un pont métallique

**Klaus BRANDES**
Dr.-Ing.
BAM
Berlin

Klaus Brandes, geb. 1936 promovierte 1968 an der Technischen Universität Berlin. Nach vier Jahren Tätigkeit an der TU Berlin und Mitarbeit in Ingenieurbüros ist er seit 1968 in der Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM) in unterschiedlichen Gebieten tätig.

**ZUSAMMENFASSUNG**
Risse in Fahrbahnträgern einer älteren genieteten Straßenbrücke waren Anlaß für experimentelle Untersuchungen. Diese umfaßten sowohl Dehnungs- und Verformungsmessungen an der Brücke als auch Materialuntersuchungen, wobei Rißfortschrittsversuche einbezogen wurden, um die Gefährdung der Brücke realistisch beurteilen zu können.

**SUMMARY**
Cracks in the structural members of a riveted road-bridge gave rise to experimental investigations. They included measurement of strains and deformations of the bridge as well as tests on the material to evaluate the characteristic technological properties. In addition, we performed crack growth tests in order to come to an appropriate and realistic estimation of the damage risk of the bridge.

**RÉSUMÉ**
Une étude expérimentale a été conduite sur les fissures d'éléments structuraux d'un pont route rivé. Elle comprend la mesure des tensions et déformations du pont de même que des essais de matériaux afin de déterminer les propriétés technologiques caractéristiques. Des essais de fissuration ont été conduits afin d'estimer de façon réaliste le danger de ruine du pont.

## 1. EINFÜHRUNG

Nicht nur Stahlbeton- oder Spannbetonbrücken haben Risse, sondern auch Stahlbrücken, die allerdings nicht immer eine Gefährdung der Brücke mit sich bringen müssen [1] [2].
Im Rahmen der Ermittlung der Restnutzungsdauer alter Stahlbrücken geht man in aller Regel davon aus, daß noch keine sichtbaren Risse vorhanden sind und man bei der Beurteilung auf die bekannten Wöhler-Diagramme [3] zurückgreifen kann.
Werden allerdings größere Risse entdeckt, so sind zwei Fragen zu beantworten, um das von ihnen ausgehende Risiko beurteilen zu können. Zum einen muß der Spannungszustand in der Umgebung des Risses zutreffend bestimmt werden, zum anderen ist zu erkunden, wie schnell ein Riß bei bekanntem Spannungszustand in dem Material wächst. Fast immer sind rechnerische Analysen allein zur Lösung der Aufgabe nicht ausreichend, vielmehr sollten sie von experimentellen Untersuchungen begleitet werden.

Für eine Brücke, an deren Querträgern längere Risse aufgetreten waren, ist eine derartige Untersuchung durchgeführt worden, über die im folgenden berichtet wird.

## 2. PROBLEMSTELLUNG

An einer genieteten Fachwerk-Straßenbrücke (Fig. 1) waren bei den routinemäßigen Untersuchungen an Querträgern Risse entdeckt worden, die in der Nähe des Anschlusses an die Hauptträger ent-

Fig. 1 Untersuchte genietete Fachwerk-Straßenbrücke

standen waren. Sie hatten ihren Ausgang von konstruktiven Kerben aus genommen, die insbesondere wegen des Anschneidens von Seigerungszonen in den als Querträger verwendeten Walzträgern aus Thomas-Stahl gefärlich waren, siehe Fig. 2.

Die Brücke war zu Beginn der fünfziger Jahre gebaut worden, das Material stammte aus den dreißiger Jahren und war z. T. aus anderen, zerstörten Bauten entnommen worden. Die Werkstoffeigenschaften waren nicht bekannt.

Bis zu einer Klärung der Frage, aus welchen Gründen die Risse an diesen Stellen aufgetreten waren, mußten Beschränkungen für den Verkehr über die Brücke angeordnet werden, um jede Gefährdung zu vermeiden.

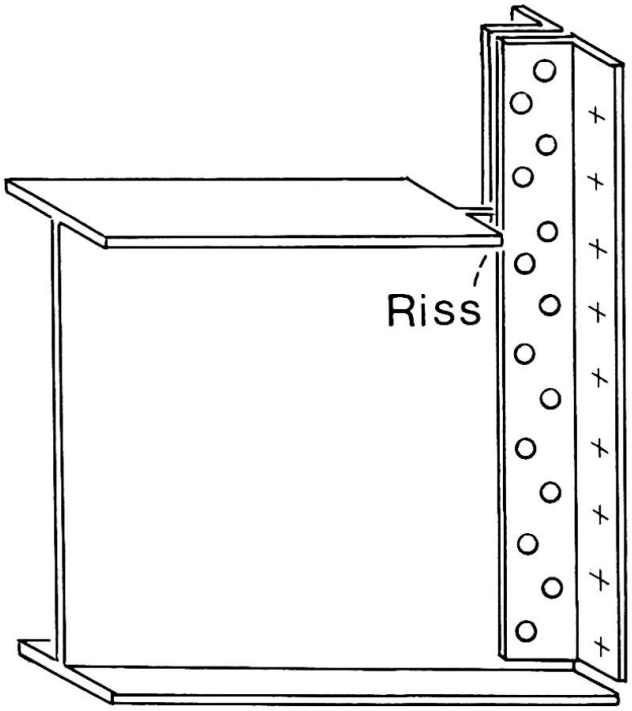


Fig. 2
Konstruktive Details im Bereich der Riß-ausgangsstelle

## 3. UNTERSUCHUNGEN

Zur Klärung der aufgeworfenen Fragen wurden folgende Untersuchungen vorgesehen:

- Materialuntersuchungen zur Bestimmung der Materialeigenschaften von Quer- und Längsträgern. (Über das Material der Hauptträger lagen ausreichende Informationen vor.)
- Rißfortschrittsuntersuchungen an Proben aus demjenigen Querträger, der die niedrigsten Kennwerte bezüglich der technologischen mechanischen Kennwerte aufwies, sowie an Proben aus einem Längsträger.
- Dehnungsmessungen an den Fahrbahnträgern unter definierter statischer Belastung und unter laufendem Verkehr.
- Rechnerische Verfolgung des Lastabtrags von den Fahrbahnträgern an die Hauptträger unter Zugrundelegung eines Trägerrostmodells.

An Stelle der traditionellen Dauerschwingfestigkeitsuntersuchungen wurden Rißfortschrittsuntersuchungen gewählt, da bereits Risse vorhanden waren und das Material eventuell zu schnellem Rißwachstum hätte neigen können.
Mit den Dehnungsmessungen konnte einerseits das der Rechnung zugrunde gelegte statische Modell überprüft werden (statische Belastung), während andererseits aus den Messungen unter laufendem Verkehr die Schwingungsempfindlichkeit der gesamten Konstruktion festgestellt werden konnte. Daneben ergaben sich Daten zur Überprüfung der Annahmen über die Beanspruchungskollektive.

Bei der Übertragung von Rißfortschrittsuntersuchungen an standardisierten Proben (Compact Tension Specimen) nach der amerikanischen Regel ASTM E 647-83 [4] (Fig. 3) auf die Verhältnisse im realen Bauteil treten in aller Regel erhebliche Schwierigkeiten auf; denn als Kennwert der Beanspruchung wird der Spannungsintensitätsfaktor K (Dimension: $N/mm^{3/2}$) an der Rißspitze verwendet, eine Größe, die nur bei einfachsten geometrischen Verhältnissen einigermaßen zutreffend bestimmt werden kann. Seine Ermittlung im Bauteil ist meist nur näherungsweise und oft nur in weiten Grenzen möglich.

Die für eine endgültige Beurteilung wesentliche Frage, wie von den Beanspruchungskollektiven der Brücke auf Versuche mit konstanter Spannungsamplitude umgerechnet werden kann, sei hier nur zur Vervollständigung erwähnt.

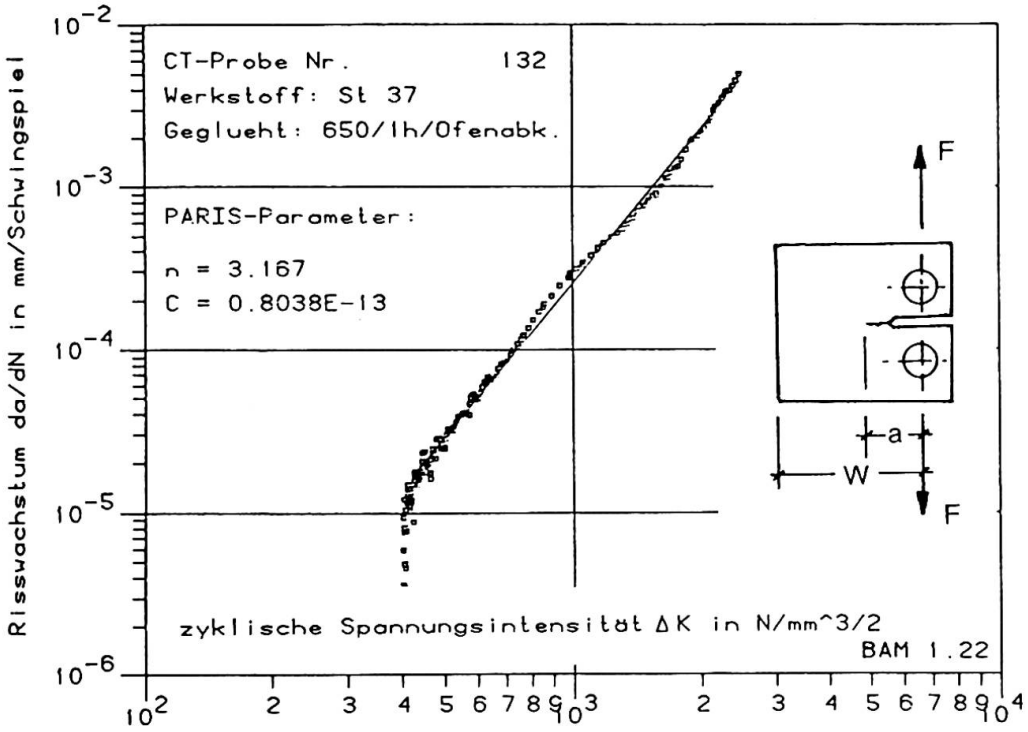


Fig. 3 Darstellung der Rißwachstumsrate über der Zyklenzahl

## 4. ERGEBNISSE

Aus den Materialuntersuchungen ergab sich, daß sowohl Querträger wie Längsträger aus Thomas-Stahl bestanden, der stark gealtert war. Die Fließspannung und Zugfestigkeit entsprachen im wesentlichen denen eines Baustahls St 37. Die chemische Zusammensetzung zeigt Werte, die nicht ganz den heutigen Anforderungen (DIN 17 100) genügen. Die Werte für die Kerbschlagarbeit zeigten bei 0 °C geringe Werte, was für Thomas-Stahl erfahrungsgemäß fast immer auftritt. Wie makroskopische Untersuchungen zeigten, ist das Gefüge über die Materialdicke sehr unterschiedlich (Seigerungszonen mit hohem Schwefelgehalt im Innern).

Aus den Rißfortschrittsuntersuchungen ergab sich eine Wachstumsgeschwindigkeit, die den aus der Literatur bekannten Variationsbereich etwas überschreitet. Der in Fig. 3 erkennbare lineare Zusammenhang (Paris-Gleichung [5]) wird in der Form

$$da/dN = C \Delta K^n$$

angegeben, wobei der Exponent n für Baustahl etwa n = 3 ist. Für das untersuchte Material wurden Werte zwischen

2,83 und 4,55 (Querträger) und
3,88 und 4,75 (Längsträger)

ermittelt, die sich bei wärmebehandelten Proben etwas nach unten verschoben.

Als ganz wesentliche Untersuchungen stellten sich die Dehnungsmessungen an den Quer- und Längsträgern heraus. Zum einen erwies sich das der Berechnung zugrunde gelegte idealisierte Modell für statische Lasten als zutreffend. (Die Berechnungen wurden vom Ingenieurbüro HRA, Bochum, durchgeführt.) Zum anderen ergab sich, daß bei fließendem Verkehr die Brücke durch Unebenheiten in der Fahrbahn zu Schwingungen angeregt wurde, die sich vor allem an den Stellen, an denen die Rise aufgetreten waren, bemerkbar machten. Die Fahrbahn, etwa in Höhe des Untergurtes der Fachwerkhauptträger angeordnet, wurde über die Querträger zum Mittragen im Haupttragsystem gezwungen. Die dabei in den Querträgern in der Ebene von deren Obergurten entstehenden Beanspruchungen sind rechnerisch kaum zu erfassen, erreichen aber, wie die Dehnungsmessungen zeigten, erhebliche Werte. Aus Fig. 5 ist zu erkennen, wie die Dehnungen an zwei sich gegenüberliegenden Stellen am Querträgersteg (1. Fig. 2) beim Überfahren eines schweren Lastkraftwagens verlaufen. Im wesentlichen werden Querbiegungen des Querträgersteges hervorgerufen.
Die Risse sind auf diese, nicht planmäßige Beanspruchung zurückzuführen, die je Überfahrt eines schweren Fahrzeuges eine Reihe von Beanspruchungszyklen erzeugt (s. Fig. 4).

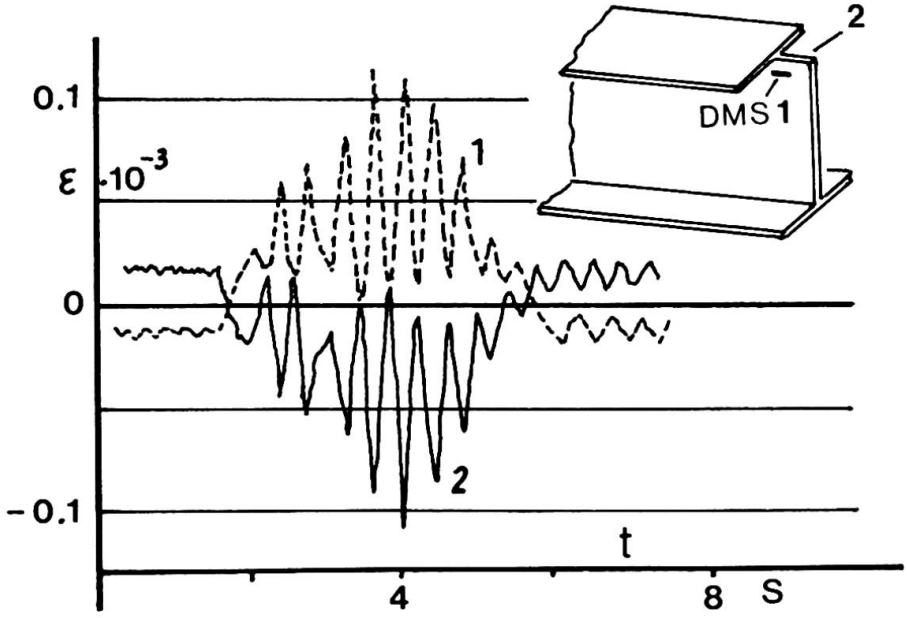


Fig. 4 Zeitlicher Verlauf der Dehnungen an zwei einander gegenüberliegenden Punkten am Steg des Querträgers im Bereich des Anschlusses an den Hauptträger

## 5. FOLGERUNGEN

Nach Abschluß aller Untersuchungen konnten zwei Feststellungen getroffen werden:

- Die beobachteten Risse an den Querträgern sind auf nicht planmäßige Beanspruchungen zurückzuführen. Erreichen diese Risse eine bestimmte Länge, dann wird das Zusammenwirken von Fahrbahn und Fachwerk-Untergurt zunehmend abgebaut, der Riß wächst kaum noch weiter.
- Für andere hochbeanspruchte Stellen ergaben die Untersuchungen, daß die Spannungen meist unterhalb der rechnerisch ermittelten liegen, die Anzahl der Beanspruchungszyklen mit großer Spannungsdifferenz niedriger liegt als zunächst errechnet. Da das Material nicht zu einem erxtrem schnellen Rißwachstum neigt, kann eine Gefährdung der Brücke ausgeschlossen werden, ein Ergebnis der Rißfortschrittsuntersuchungen.

Auf Grund der Untersuchungsergebnisse kann auf eine Sanierung von Teilen der Brücke verzichtet werden. An den Rißstellen werden an den Rißspitzen Bohrlöcher gesetzt, um ein weiteres Fortschreiten zu unterbinden. Auch an den übrigen Querträgern werden diese Bohrlöcher vorgesehen, da auch dort mit dem Entstehen von Rissen zu rechnen ist.

## LITERATURVERZEICHNIS

1 BRÜHWILER, E. und M.A. HIRT: Das Ermüdungsverhalten genieteter Brückenbauteile. Stahlbau Bd. 56 (1987), S. 1-8.

2 FISCHER, J.W. und D.R. MERTZ: Hundreds of Bridges - Thousands of Cracks. Civil Engineering, April 1985, pp. 64-67 (siehe auch: Haensel, J.: Risse als Folge von Zwängungsbeanspruchungen. Stahlbau Bd. 55 (1986), S. 313-314).

3 EUROCODE Nr. 3. Gemeinsame einheitliche Regeln für Stahlbauten. Kommission der Europäischen Gemeinschaften, Brüssel-Luxemburg 1984, EUR 8849

4 ASTM E 647-83. Standard test method for constant loading-amplitude crack growth rates above $10^{-8}$ m/cycle.

5 HECKEL, K.: Einführung in die technische Anwendung der Bruchmechanik. 2. Aufl., Hanser-Verlag, München, 1983.

6 MANDORINI, V. und D. D'ANGELO: Die Bestimmung der Restlebensdauer von Dampfleitungen aus dem Stahl AISI 316 H durch Analyse des Ermüdungsrißwachstums in den Wärmeeinflußzonen von Stumpfnähten. Der Maschinenschaden 58 (1985), S. 135-141 (siehe auch: Brandes, K.: Untersuchungen zur Restlebensdauer von geschweißten stählernen Bauteilen. Stahlbau 55 (1986), S. 218-220).