

# Online Laser-thermografische Rissprüfung an Stahl bei hohen Temperaturen

Philipp MYRACH<sup>1</sup>, Sreedhar UNNIKRISHNAKURUP<sup>2</sup>

<sup>1</sup> BAM Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung, Berlin

<sup>2</sup> Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Berlin

Kontakt E-Mail: philipp.myrach@bam.de

## Kurzfassung

Die Detektion bzw. Charakterisierung von Oberflächenrissen in Stahl ist eine herausfordernde Aufgabe für die zerstörungsfreie Prüfung. Dies gilt insbesondere, wenn eine solche Prüfung bereits während der Produktion selbst erfolgen soll. Die hier vorgefundenen Randbedingungen, wie z.B. die hohen Probertemperaturen ( $>700^{\circ}\text{C}$ ) oder Vorschubgeschwindigkeiten von bis zu 0,9 m/min, machen die Anwendung etablierter und vor allem berührender ZfP-Methoden praktisch meist unmöglich.

Laser-thermografische Verfahren können hier eine Alternative bieten, da sie berührungslos und schnell arbeiten.

Wir stellen die Ergebnisse einer Weiterentwicklung der Laser-thermografischen Prüfung vor, bei der die Anwendbarkeit bzw. die Übertragbarkeit der Methode auf die Bedingungen der Stahlproduktion untersucht wurde.

Neben der Simulation der Produktionsbedingungen im Labor und der experimentellen Untersuchung der entscheidenden Einflussgrößen, wurden umfangreiche FEM-Simulationen durchgeführt. Mit Hilfe dieser theoretischen und experimentellen Ergebnisse wurde das Verfahren auch hinsichtlich der Analyse-Algorithmen weiterentwickelt, um eine zuverlässige und schnelle In-Line Prüfung während des Produktionsprozesses zu ermöglichen. Um zudem die Fähigkeiten der Thermografiekamera für schnelle online-Messungen und ihre Integrierbarkeit in verschiedene Anwendungssysteme zu verbessern, wurde die für die Verarbeitung der Detektordaten erforderliche Non-Uniformity Correction der Pixeldaten auf schneller Spezialhardware innerhalb der Kamera implementiert.

# Online Laser-thermografische Rissprüfung an Stahl bei hohen Temperaturen



Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung

P. Myrach<sup>a</sup>, M. Ziegler<sup>a</sup>, S. Unnikrishnakurup<sup>a,b</sup>, N. Puthiyaveetil<sup>a</sup>, K. Balasubramaniam<sup>b</sup>, H. Kruschke<sup>c</sup>

<sup>a</sup>Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), Division 8.7, Unter den Eichen 87, 12205 Berlin, Germany

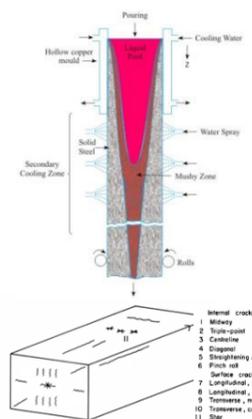
<sup>b</sup>Centre for Non-destructive Evaluation and Department of Mechanical Engineering, IIT Madras, India

<sup>c</sup>InfraTec GmbH, Gostritzer Str. 61 – 63, 01217 Dresden, Germany

## Motivation

Bei der Herstellung von Stahlknüppeln entstehen während des Erstarrens Oberflächenrisse, die die Qualität des Endprodukts mindern und häufig eine kostenintensive Nachbearbeitung nötig machen.

Eine **Online-Riss-Detektion** wäre deshalb wünschenswert und würde zudem eine verbesserte **Prozessüberwachung** ermöglichen.



## Randbedingungen

- hohe Temperaturen (100-1000°C)
- hohe Vorschubgeschwindigkeit (~ 10 mm/s)
- anspruchsvolle Umgebungsbedingungen
- schnelle, berührungslose ZfP-Methode

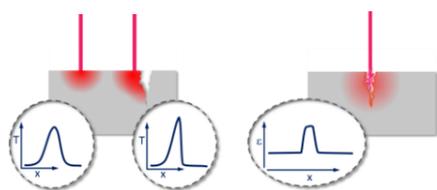
## Agenda

- Laborsystem und Simulationen
- Online-Signalverarbeitung
- Evaluation @ TATA Steel Inc.

## Technologischer Ansatz: Laser-thermografische Prüfung

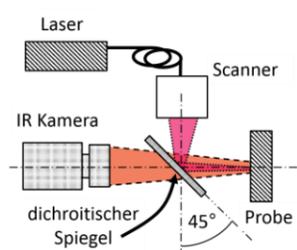
### Physikalisches Prinzip

- lokale Erwärmung: Wärmeausbreitung wird an der Rissflanke behindert
- Mehrfachreflexionen im Riss ändern die Absorptions- u. Emissionseigenschaften
- Charakteristische Wärmestrahlungsverteilung an der Oberfläche



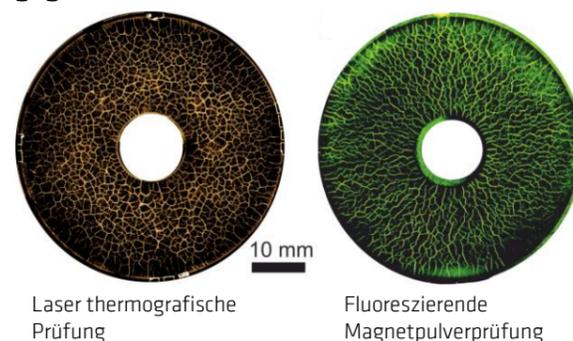
### Experimentelle Umsetzung

- lokale Erwärmung durch IR-Laser, scannend
- thermografische Erfassung der Temperaturverteilung
- algorithmische Identifikation von Oberflächenrisse



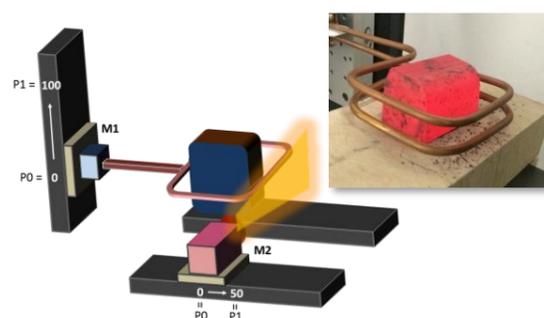
### Anwendungsbeispiel

Vergleich zeigt Leistungsfähigkeit gegenüber etablierten ZfP Methoden



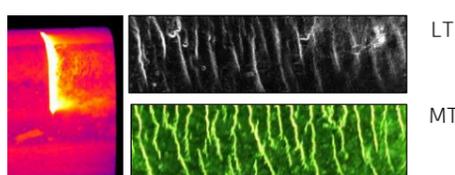
## Proof of Concept & Ergebnisse

### Laborsystem



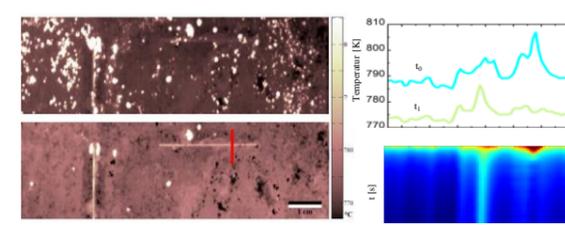
- 500 W IR Laser-Erwärmung + verschiedene Optiken
- 5kW Induktionsheizung (>700°C)
- Automatisierte Datenaufnahme

### Übergang von Punkt zu Linien-Erwärmung



- lokale Anregung durch Laser-Linie ermöglicht kontinuierliche Prüfung
- Ergebnisse vergleichbar mit Punktanregung und etablierten Verfahren

### Online-Signalverarbeitung



- Abbrand der Oberfläche und Emissivitätsunterschiede erschweren die Rissdetektion
- Berücksichtigung der zeitlichen Temperaturentwicklung ermöglicht Emissivitätskorrektur
- angepasste Algorithmen

## Finanzierung & Kooperationen

'2+2 partnership'  
Projekt AMPLAST

Advanced Manufacturing Process Monitoring using in-line Laser Thermography

Gefördert durch:



aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestages



Bundesanstalt für Materialforschung und -prüfung (BAM), 8.7 Thermografische Verfahren, Berlin



IITM, Indian Institute of Technology Madras, Centre for Nondestructive Evaluation, Chennai, Indien



InfraTec GmbH, Infrarot-sensorik und Messtechnik, Dresden



Dhvani Research and Development Solutions Pvt Ltd. Chennai, Indien