

## RIBET

Rissmonitoring und Bewertungsmodell von unbewehrten Tunnelinnenschalen

|                                 |  |                        |               |
|---------------------------------|--|------------------------|---------------|
| <b>Programm / Ausschreibung</b> | Mobilität der Zukunft, Mobilität der Zukunft, MdZ - VIF 2017                                   | <b>Status</b>          | abgeschlossen |
| <b>Projektstart</b>             | 01.06.2018   | <b>Projektende</b>     | 31.10.2020    |
| <b>Zeitraum</b>                 | 2018 - 2020  | <b>Projektlaufzeit</b> | 29 Monate     |
| <b>Keywords</b>                 | Bauwerksmonitoring; Fibre Optic Sensors; Tunnelinnenschale; Risserfassung; Rissprognosemodell; |                        |               |

### Projektbeschreibung

Ausgangssituation, Problematik und Motivation:

Basierend auf der langen Tradition unbewehrter Tunnelinnenschalen in Österreich und den dort gesammelten Erfahrungen ist bei typischen Rissbildern meistens ein Rückschluss auf die Ursache möglich. Jedoch gibt es derzeit keinen definierten Rissbildkatalog mit allgemeinen systematisierten Beurteilungskriterien. Die Erfassung der Rissbilder ist mit großem manuellen Aufwand verbunden, vor allem hinter Verkleidungen/Vorsatzschalen fehlen messtechnische Methoden. Derzeit vorhandene automatisierte Rissbilderfassungen weisen eine zu geringe Zuverlässigkeit und Robustheit auf, sodass diese nicht als Kompensationsmaßnahme eingesetzt werden können. Auch schon derzeit im Tunnel angewendete Fibre Sensoren eignen sich aufgrund der fehlenden Ortsauflösung dafür nicht. Es bedarf eines verlässlichen Messverfahrens, welches die Rissentwicklung flächendeckend auch hinter Verkleidungen erfasst und eine Rissentwicklungsprognose und Zustandsbewertung ermöglicht.

Ziele und Innovationsgehalt gegenüber dem Stand der Technik:

Das Projektziel ist die einheitliche Bewertung und Systematisierung der Rissbilder unbewehrter Tunnelinnenschalen, eine Basis für automatisierte Risserfassung hinter Verkleidungsplatten sowie eine Methodik zur messbasierten Beurteilung der Gefährdung abzuleiten. Zur Rissbildbewertung werden Kriterien ausgearbeitet, durch die Rissbilder den Gefährdungsstufen oder Zustandsnoten zugeordnet werden können und sich für maschinelle Anwendung eignen. Das Messsystem basierend auf Distributed Fibre Optic Sensing für Tunnelinnenschalen wird weiter entwickelt, welches entlang der Faser die Risse, nun mit Rayleighrückstreuung lückenlos auch hinter Verkleidungen erfassen kann. Durch die hohe Ortsauflösung (<math>\leq 1\text{cm}</math>) eignet sich dieses Messprinzip hervorragend zur Identifizierung und Überwachung von Rissen, und muss noch entsprechend kalibriert werden. Es werden Messtechnik und Algorithmen für eine Anwendung an Tunnelschalen angepasst. Dazu wird eine Methode zur Evaluierung der Unsicherheit von identifizierten Rissbildern vorgeschlagen, und Methoden für datenbasierte Rissentwicklungsprognose werden erarbeitet. Die Möglichkeit vom Einsatz der Überwachung als Kompensationsmaßnahme wird bewertet.

Angestrebte Ergebnisse und Erkenntnisse

- Rissbildkatalog, der Tunnelrisse phänomenologisch und kausal typisiert
- Rissbewertung hinsichtlich Tragfähigkeit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit
- An Versuchskörpern kalibrierte und im Tunnel getestete Messfasertechniken zur lückenlosen Erfassung der Dehnung & Risse entlang der Faser
- Messkonzept und Datenverarbeitungskonzept
- Algorithmen zur Rissbildererkennung basierend auf Dehnungsdaten der Messfaser
- Evaluierung der Unsicherheiten der messtechnisch identifizierten Rissbilder
- Datenbasierte Rissentwicklungsprognose und mögliche Kompensationsmaßnahmen

## **Abstract**

Initial situation, problem statement and motivation:

Based on the long tradition of slender plain concrete tunnel lining in Austria and the collected experience with tunnels, it is nowadays usually possible to conclude the cause of typical crack patterns. However, a crack pattern catalog with defined systematic general assessment criteria has not been drafted yet.

Acquisition of crack patterns requires extensive manual effort, especially behind cladding / secondary lining. Existing methods for automated crack pattern acquisition lack reliability and robustness. A reliable measurement technique is needed that is able to capture crack pattern development over the lining area even behind claddings. A large amount of information based on measurement data reduces in principle the risk of unexpected damages, which justifies the application of monitoring techniques as compensation measure. Existing and already in tunnel applied distributed fibre sensors cannot identify cracks satisfying due to insufficient resolution. However, a methodology for data processing, evaluation of uncertainties, crack propagation prognosis and consecutive condition assessment is still lacking.

Objective and innovation compared to the state of art:

The objectives of the project are to harmonize assessment of crack pattern at plain concrete tunnel linings, to establish a basis for automate crack pattern acquisition and to derive a methodology for measurement-based assessment of damage hazard. Criteria for crack pattern evaluation will be formulated, using typical crack patterns that can be assigned to particular hazard levels or condition grades. The criteria will be clearly formulated, so that they can be implemented in software application. A measurement system based on Distributed Fibre Optic Sensing and Rayleigh back-scattering will be developed for tunnel application, which will measure the strain along the whole fibre length without spatial gaps. The measurement fibre technology as well as the crack detection algorithms will be adapted for application in tunnels and appropriate measurement concept will be drafted. Methodology for evaluation of uncertainties of identified crack patterns will be proposed. Algorithms for crack propagation prognosis based on measurement data will be proposed, and possible utilization of monitoring as compensation measure will be evaluated.

Expected results and findings:

- Crack pattern catalog that typifies tunnel cracks phenomenologically and causally
- Crack assessment regarding effect on load-bearing capacity, serviceability and durability
- Fibre measurement techniques that capture strain along the fibre without gaps, calibrated in laboratory and tested in tunnel
- Algorithms for crack detection based on strain data of measurement fibre
- Measurement concept and data processing concept

- Evaluation of uncertainties of crack patterns identified from measurements
- Data-based crack propagation prognosis and feasibility of compensation measures

### **Projektkoordinator**

- AIT Austrian Institute of Technology GmbH

### **Projektpartner**

- DI Urs Heinrich Grunicke
- Technische Universität Graz