

# TECHREPORT

## KEYPLAYER

### Betriebsunabhängige Inspektion von Tunnel drainagen mittels Roboter: Der Tunnel Drainage Rover (TDR)

Tunnel sind ein wesentlicher Bestandteil der Eisenbahninfrastruktur. In druckwasserentlasteten Tunnelbauwerken wird anfallendes Bergwasser durch Tunnel drainagen abgeleitet, was den Bergwasserdruck auf die Tunnelschale reduziert.

Tunnel drainagen sind Systeme aus thermoplastischen Rohren mit einem üblichen Durchmesser von 25 cm. In ihnen treten Ablagerungen aus Calciumkarbonat auf, die als „Versinterungen“ bezeichnet werden (Abbildung 1).



Abbildung 1: Versinterungen im Drainagerohr

Ein Verstopfen der Drainagen durch Versinterungen hätte einen Anstieg des Bergwasserdrucks und Bauwerkschäden zur Folge. Daher müssen die Tunnel drainagen regelmäßig gereinigt werden. Diese Reinigung erfolgt mit Kanalspülfahrzeugen an Eisenbahnwaggons, während der Eisenbahnbetrieb eingestellt ist. Der Personalaufwand ist aufgrund Spülmannschaft und Sicherungspersonal sehr hoch. Bedauerlicherweise ist es meist nicht vorhersehbar, wo Versinterungen in welchem Ausmaß auftreten. Aus Kapazitätsgründen findet vor der Drainagereinigung normalerweise keine Inspektion statt. Daher werden alle Drainagen – ungeachtet ihres Zustands – gereinigt, was unnötige Aufwendungen verursacht.

Die ÖBB besitzt 259 Tunnel mit einer Gesamtlänge von 250 km und einer Drainagelänge von 450 km. Mit der Inbetriebnahme des Koralmtunnels, des Semmering-Basistunnels und des Brenner-Basistunnels steigt die gesamte Tunnelänge auf 490 km und die Drainagelänge auf 1.020 km.

Um die zukünftige Verfügbarkeit von Eisenbahntunneln zu erhöhen, die Drainageinspektion ohne Unterbrechung des Eisenbahnbetriebs zu ermöglichen und den Personalbedarf für die Drainageinspektion und -spülung zu optimieren, wird aktuell ein autonom fahrender Inspektionsroboter für Tunnel drainagen – Tunnel Drainage Rover (TDR) entwickelt. Dieser soll eine zustandsorientierte Instandhaltung der Tunnel drainagen ermöglichen.

Entgegen bestehenden kabelgebundenen Inspektionsmöglichkeiten, die derzeit nur für kurze Rohrabschnitte eingesetzt werden können, kann der TDR mehrere km Tunnel drainage am Stück inspizieren. Zwischenstationen zum Laden im Tunnel werden nicht verwendet. Die Reichweite des aktuellen Prototyps beträgt ~15 km, womit 90% der Eisenbahntunneln durchfahren werden können.

Da die Drainagerohre hinter der Innenschale aus Stahlbeton verlaufen ist keine direkte Kommunikation mit dem TDR möglich – er muss somit autonom agieren. Seine Sensorik muss daher nicht nur den Versinterungszustand erfassen, sondern auch potenzielle Gefährdungsstellen (Verengungen, Hindernisse) erkennen, um ein Steckenbleiben zu verhindern.

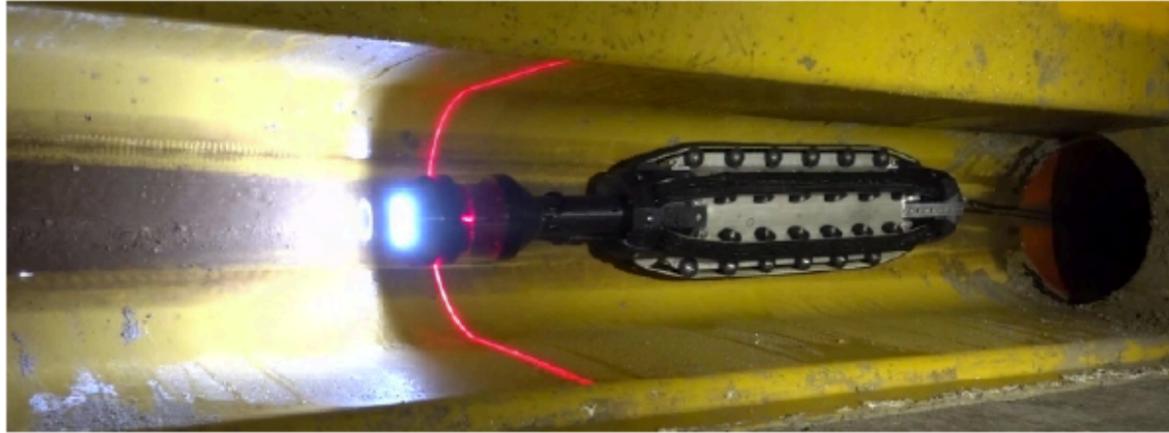


Abbildung 2: Prototyp des TDRs mit Sensorlanze

Der aktuelle Prototyp besitzt eine bewegliche Sensorlanze, die neben Beleuchtung und Kamera für die Video-basierte Inspektion auch ein System zur Vermessung des freien Rohrquerschnitts enthält (Abbildung 2). Dieses erlaubt mit einer auf das Rohrinne projizierten Kreislinie eine Scan-Genauigkeit von bis zu  $\pm 2$  mm. Die Scanauflösung in Rohrlängsrichtung hängt von der Fahrgeschwindigkeit des TDR ab, welche  $\sim 1,8$  cm bei maximal 3,9 km/h beträgt. Tests in der Forschungsanlage der Montanuniversität Leoben belegen, dass dieses System eine umfassende Inspektion der Tunnel-drainage erlaubt (Abbildung 3).

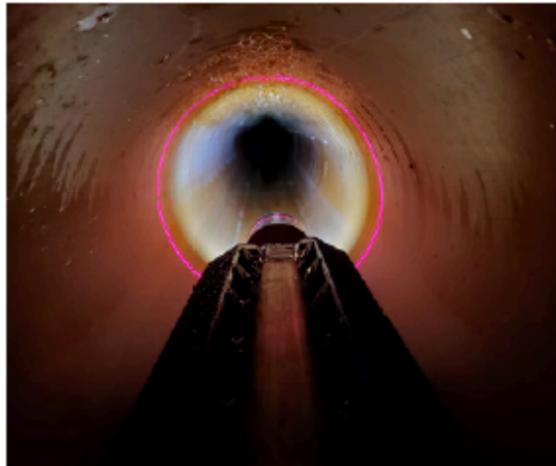


Abbildung 3: Drainageinspektion in Zentrum am Berg mit dem TDR-Prototyp

Zukünftig wird eine intelligente Steuerung mittels Scandaten (Abbildung 4) die Bewegung des TDR in der Tunnel-drainage anpassen, indem sie situationsabhängig die Fahrgeschwindigkeit vorgibt oder den TDR zurück-fahren lässt.

Zusätzlich zur autonomen Bewegung werden Methoden zur automatisierten Versinterungsklassifikation erarbeitet. Diese bewerten per Video- und Scandaten den Versinterungszustand der Drainagerohre und liefern somit die Grundlage für eine bedarfsorientierte Instandhaltung und eine Optimierung von Ressourcen und Tunnel-sperren.

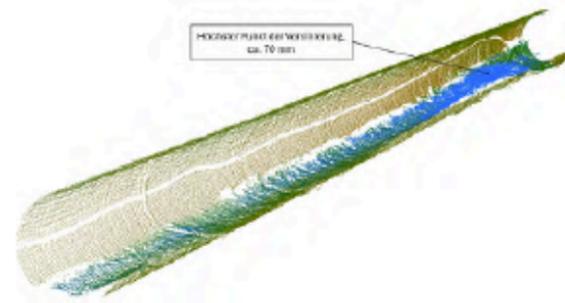


Abbildung 4: Scanbeispiel eines 6 m langen Rohrabschnitts mit Ablagerungen in der Rohrsohle

Neben Eisenbahntunneln könnte der TDR auch in anderen Infrastrukturbauten zur Anwendung kommen, in denen regelmäßige Prüfungen komplex und kostenintensiv sind. Dazu gehören Inspektionen von Rohrnetzen in Kraftwerken und Raffinerien, Sickerleitungen von Deponien oder Kanäle mit weiten Schachtdistanzen.

# Vita



## Dr. Vesna Micić Batka<sup>1</sup>

ist Umweltgeowissenschaftlerin. Als Expertin für Forschung und Entwicklung bei ÖBB-Infrastruktur AG leitet sie zahlreiche Projekte mit Fokus auf Smart Assets & Predictive Maintenance und Emissionsreduktion & Klimaresilienz der Bahninfrastruktur.



## DI Dr. Johannes Schröck<sup>2</sup>

leitet das Team Smart Automation bei der Linz Center of Mechatronics GmbH (LCM), welche aktuelle Forschungsergebnisse, neueste Entwicklungen in Mechatronik, Automatisierung und KI in maßgeschneiderte Lösungen intelligenter, vernetzter oder autonomer Systeme transformiert



## DI Tobias Schachinger<sup>1</sup>

ist Experte für Tunnelneubau und Instandhaltung bei ÖBB Infrastruktur AG. Seine Schwerpunkte sind der Semmering-Basistunnel, der Bau eines innovativen Drainagespülsystems für die ÖBB-Südstrecke und zahlreiche Projekte im Bereich der Tunnelentwässerung.



## DI Robert Wenighofer<sup>3</sup>

ist Senior Scientist am Lehrstuhl für Subsurface Engineering und arbeitete an mehreren von der FFG geförderten Forschungsprojekten mit, die Versinterung in Tunnel-drainagesystemen behandelten.



## DI Wolfgang Hofer<sup>2</sup>

ist R&D Engineer bei der Linz Center of Mechatronics GmbH (LCM). Seit seiner Masterarbeit beschäftigt er sich mit autonomen Robotern für Rohrdrainagen und forscht auch weiterhin auf diesem Gebiet.



## Univ.-Prof. DI Dr. mont. Robert Galler<sup>3</sup>

ist Leiter des Lehrstuhls für Subsurface Engineering und des Forschungszentrums ZaB - Zentrum am Berg und war Abteilungs- und Projektleiter von Tunnelprojekten von der Planung bis zur Ausführung.

<sup>1</sup> ÖBB-Infrastruktur AG, Praterstern 3, 1020 Wien

<sup>2</sup> Linz Center of Mechatronics, Altenberger Straße 69, 4040 Linz

<sup>3</sup> Montanuniversität Leoben, Lehrstuhl für Subsurface Engineering, Erzherzog Johann Straße 3, 8700 Leoben