



Kurzbeschreibung Projekte Bahninfrastrukturforschung

Selbstlernende Schienenkopfkonditionierung

Schwerpunkte Wirkungsziele	Monitoring und Optimierung Rad-Schiene-Kontakt, Lärm- und Verschleissreduktion	Geplante Projektdauer	01.2023- 08.2025
Projektträger/ Projektleitung	Bernmobil, Städtische Verkehrsbetriebe Stefan Keiser Stefan.keiser@bernmobil.ch	Budget total / Anteil BAV	1.0 Mio CHF 0.6 Mio CHF

Zusammenfassung

Die „Selbstlernende Schienenkopfkonditionierung“, kurz „i-SKK“ genannt, aktiviert die auf dem Fahrzeug verbaute Schienenkopfkonditionierung auf Grundlage des vorliegenden Konditionierbedarfs. Dieser wird auf Grundlage eines Lärm mappings unter Zuhilfenahme von Sensordaten und künstlicher Intelligenz ermittelt, wodurch der Ort und Zeitpunkt der Konditionierung prognostisch vorhergesagt werden kann. Die Funktionsweise der eingebauten SKK-Anlage bezüglich Sprühdauer, Sprühmenge oder individueller Ansteuerung einzelner Düsen wird nicht verändert, weshalb die i-SKK unabhängig von Fahrzeugtyp verbauter SKK-Anlage sowohl in bestehenden als auch Neufahrzeugen verwendet werden kann. Die Datengrundlage für den Betrieb der i-SKK wird durch die auf 15 Strassenbahnen verbaute Audiomesstechnik erreicht, die mit einem IoT-Gateway über das Mobilfunknetz (LTE) einen permanenten Datenstream an eine Cloud ermöglichen. Dort ermittelt die KI anhand der prozessierten Audioroh-, Meta- und meteorologischen Daten den optimalen Zeitpunkt und Ort der Konditionierung.

Problemstellung

Die Strassenbahnen verkehren in einem urbanen Umfeld auf einem Streckennetz mit engen Kurvenradien. Lärmemissionen und Verschleiss sind aufgrund dieser Ausgangslage bei allen Strassenbahnbetreibern allgemein bekannte Probleme, die durch entsprechende Schmier- bzw. Konditioniersysteme auf dem Fahrzeug und/oder in der Infrastruktur teilweise gemindert werden können. Die Effektivität der Schmierung ist allerdings bei konstanter Schmiermittelmeng e nicht hoch und führt entweder zur Unterschmierung mit Lärm oder Verschleiss oder zur Überschmierung mit entsprechend massiven ökologischen Konsequenzen. Das Projekt «i-SKK» löst dieses Problem, indem es mithilfe von künstlicher Intelligenz bei minimaler Schmiermittelmeng e den Lärm und Verschleiss minimiert.

Ziele

Mit der i-SKK soll primär eine deutliche Lärmreduktion in Bezug auf das Kurvenquietschen erreicht werden. In diesem Kontext wird durch von der Intelligenz ein hohes Einsparpotential der Konditioniermittelmeng e erwartet, d.h. minimale Lärmemissionen bei minimalem Konditioniermitteleinsatz. Durch die Modifikation des Kraftschlusses zwischen Rad und Schiene wird zu dem eine spürbare Reduktion des Radlaufflächenverschleisses erwartet.

Vorgehen / Module

Das Projekt wurde in 8 Phasen unterteilt: P1 Bestandsaufnahme, P2 Anforderungsdefinition, P3 Vorversuche und Konzeptabsicherung, P4 Systemevaluation, P5 Entwicklung Prototyp, P6 Serienausrüstung, P7 Betrieb und KI-Training, P8 Validierung und Projektabschluss. Nach den Phasen 1, 3, 5 und 8 wurde ein Bericht erstellt, der die durchgeführten Tätigkeiten detailliert beschreibt.



Kurzbeschreibung Projekte Bahninfrastrukturforschung

Erreichte Resultate

Nach der Aktivierung der i-SKK am 4. März 2025 auf der PoC-Strecke zwischen Wankdorf und Kursaal wurde eine **Lärmreduktion** bezüglich Kurvenquietschen **von 98,5 %** im Zeitraum 4 Tage vor und 4 Tage nach der Aktivierung gemessen. Diese immense Lärmreduktion wird einerseits durch eine starke Reduktion von Anzahl an Lärmereignissen als auch durch weniger laute Lärmereignisse erreicht.

Durchgeführte Verschleissimulationen mit einem MKS-Modell (Mehrkörpersysteme) des Stadler Tramlink Fahrzeugs auf der PoC-Strecke wurde eine **Reduktion des Radlaufflächenverschleisses um 12 %** durch eine i-SKK berechnet.

Mithilfe der prognostischen Konditionierung, welche die Randbedingungen auf Grundlage der meteorologischen Daten antizipiert, konnte im Vergleich zu einem nicht intelligenter SKK eine **Reduktion des Konditioniermittelverbrauchs um bis zu 60 %** ermittelt werden. Die Berechnung erfolgte anhand eines Vergleichs der aufgezeichneten Konditionierimpulse zwischen einem trockenen und regnerischen Tag.

Summary in english

The 'self-learning rail head conditioning' system, known as 'i-SKK', activates the rail head conditioning system installed on the vehicle based on the current need of conditioning. The need is determined on the basis of noise mapping using sensor data and artificial intelligence, which allows the location and time of conditioning to be predicted. The functionality of the built-in SKK system in terms of spray duration, spray quantity or individual control of individual nozzles is not changed, which is why the i-SKK can be used in both existing and new vehicles, regardless of the type of SKK system installed. The data basis for the operation of the i-SKK is provided by audio measurement technology installed on 15 trams, which enables a permanent data stream to a cloud via an IoT gateway using the mobile network (LTE). There, the AI determines the optimal time and place for conditioning based on the processed raw audio, meta and meteorological data.

Résumé en français

Le « conditionnement auto-adaptatif du champignon du rail », appelé « i-SKK », active le conditionnement du champignon du rail installé sur le véhicule en fonction des besoins de conditionnement existants. Ceux-ci sont déterminés à partir d'une cartographie du bruit à l'aide de données de capteurs et d'intelligence artificielle, ce qui permet de prévoir l'emplacement et le moment du conditionnement. Le fonctionnement du système SKK intégré en termes de durée de pulvérisation, de quantité pulvérisée ou de commande individuelle des buses n'est pas modifié, ce qui permet d'utiliser l'i-SKK indépendamment du type de véhicule équipé du système SKK, tant dans les véhicules existants que dans les véhicules neufs. Les données nécessaires au fonctionnement de l'i-SKK sont fournies par la technologie de mesure audio installée sur 15 tramways, qui permet un flux de données permanent vers un cloud via une passerelle IoT sur le réseau mobile (LTE). Là, l'IA détermine quantité et lieu optimaux pour le conditionnement à partir des données audio brutes, méta et météorologiques traitées.