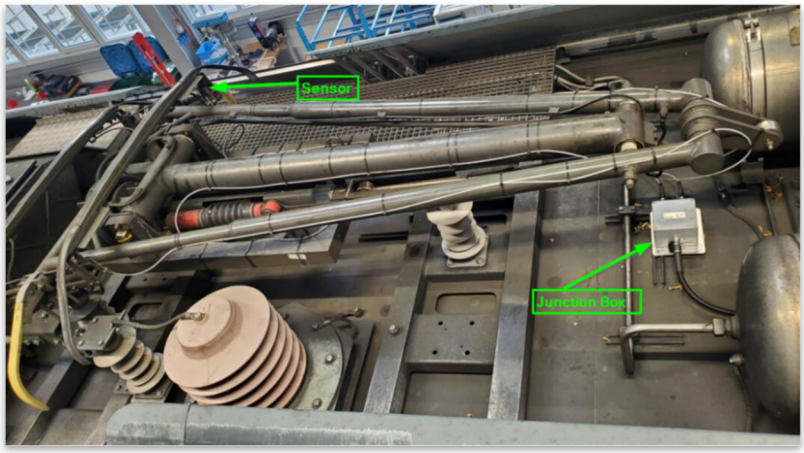
Allianz Fahrweg Normalspur / Genfergasse 11, CH-3001 Bern / info@allianz-fahrweg.ch / allianz-fahrweg.ch

Proof of Concept:
Dynamisches Verhalten Interaktion Fahrdraht-Stromabnehmer

Zusammenfassung





Oktober 2024

ALLIANZ FAHRWEG

Inhaltsverzeichnis

1 Management Summary 4

2 Ausgangslage und Problemstellung 6
2.1 Ausgangslage 6
2.2 Problemstellung 6
2.3 Motivation und Projektziele 7
2.4 Projektchancen aus Sicht Zentralbahn 7
2.5 Angestrebte Verwendung der Messdaten durch die Zentralbahn 8

3 Organisation PoC zb 9
3.1 Organigramm 9
3.2 Herangehensweise: Projektablauf PoC zb 9

4 Fahrzeugausrüstung 10
4.1 Systemübersicht 10
4.2 Beschleunigungssensorik 10
4.2.1 Funktionsweise der Sensorik 11
4.2.2 Sensor Ausgabensignal 12
4.2.3 Montage am Pantographen 12
4.2.4 Inbetriebnahme und Kalibrierung 12
4.3 Integration im Fahrzeug 13
4.4 Software 13
4.5 Systemabnahme 13
4.5.1 Pendenzen der Systemabnahme 14
4.6 Wartung des Systems 14

5 Datenanalyse und Auswertung 15
5.1 Auftrag und Problemstellung 15
5.1.1 Auftrag 15
5.1.2 Einleitung 15
5.2 Analyseinhalte 16
5.3 Ergebnisse der Analyse der SBB-Daten des gDFZ 17
5.3.1 Vergleichbarkeit der Daten von SBB gDFZ und zb Mess-FINK – Geschwindigkeit 17
5.3.2 Korrelation zwischen Kraft und Beschleunigung 18
5.3.3 Modellierung durch Neuronales Netzwerk 19
5.4 Ergebnisse der Analyse der zb Daten Mess-FINK 19
5.4.1 Signal-Rausch-Verhältnis 19
5.4.2 Auffälligkeiten in Daten 20
5.4.3 Korrelation zwischen Daten und Messgrössen 21
5.5 Ergebnisse der Datenanalyse 22
5.5.1 Korrelation zwischen Kraft und Beschleunigung 22
5.5.2 Grenzwerte 22
5.5.3 Reproduzierbarkeit 22
5.6 Fazit der Datenanalyse 22
5.7 Empfehlung weiteres Vorgehen aus Sicht Data Scientist 23

6 Zielerreichung im PoC zb 23
6.1 Zielerreichung der übergeordneten Projektziele gem. Projektsteckbrief 23

6.2 Potenzialentfaltung bei Chancen aus Sicht Zentralbahn 24

7 Schlussfolgerungen 25

1 Management Summary

Dieser Proof of Concept (PoC) basiert auf dem Steckbrief vom 14.09.2022 «300 002 201 Projekt-Steckbrief Interaktion Fahrdraht-Stromabnehmer». Das Ziel ist das Erarbeiten einer Entscheidungsgrundlage, ob Beschleunigungssensoren am Pantographen für die Erkennung von Abweichungen im Fahrdrahtnetzwerk verwendet werden können.

Im Rahmen dieses PoC zb wurde geprüft, inwieweit die Interaktion stark vereinfacht, nur mit Beschleunigungssensoren unter den Schleifleisten gemessen werden können, um Rückschlüsse auf den Zustand des Fahrdrahts und dessen Geometrie machen zu können.

Als Projektpartner konnte die Zentralbahn (zb) gewonnen werden. Dies auf Grund dessen, dass diese seit 2018 ein OnBoard Monitoring (OBM) System auf einem ihrer Regelfahrzeuge (FINK 160.001) betreibt und aufbereitete Messdaten für den Unterhalt verwendet.

Daraus resultieren folgende Vorteile:

– weitere Messeinrichtungen lassen sich einfacher auf diesem Regelfahrzeug installieren;
– benötigte Grundvoraussetzungen und -funktionalitäten sind bereits vorhanden;
– der Lieferant des vorhandenen OnBoard Monitoring Systems fungiert als Systemintegrator.

Ferner war die zb aus ähnlichen Gründen in der Allianz Arbeitsgruppe «OnBoard Monitoring» aktiv. Das Projekt wurde aufgrund der Empfehlung der Arbeitsgruppe zusammen mit zwei weiteren OBM-Projekten vom Management Board freigegeben. Die Budgetverantwortung für OnBoard Monitoring ging später auf ein neu gegründetes Fachboard sowie einen neu benannten Themenführer über (siehe Jahresbericht Allianz Fahrweg 2022).

Wünschenswert ist für die zb die Professionalisierung und Optimierung der Inspektion ihrer Fahrleitungen durch frühzeitige Erkennung von Problemstellen im Netz zu erreichen. Die Zustandsdaten wurden mittels einfacher Sensorik auf Basis von Beschleunigungsmessungen am Stromabnehmer des FINK 160.001 der zb erhoben.

Auf dem gezogenen Diagnosefahrzeug (gDFZ) der SBB ist ein ähnlicher Sensor verbaut, der in Kombination mit Kraftsensoren die resultierende Anpresskraft zwischen Pantographen und Draht messen kann. Als erster Schritt wurde, basierend auf diesen Daten untersucht, ob eine direkte Korrelation zwischen Beschleunigungen und Anpresskraft oder detektierten Lichtbögen besteht. Die Auswertung hat ergeben, dass vor allem bei tiefen Anpresskräften komplexe dynamische Effekte entstehen, welche zu einer schlechten Korrelation zwischen Beschleunigungen und Anpresskraft führen. Bei sehr hohen Kräften ist die Korrelation erkennbar. Um die dynamischen Effekte zu modellieren, wurden verschiedene Machine Learning Ansätze mit Künstlicher Intelligenz implementiert. Das Abreissen des Kontakts zwischen Fahrdraht und Pantograph lässt sich nur ungenügend mit den Beschleunigungssensoren erkennen. Die Korrelation zwischen Kraft und Beschleunigung ist bei grossen Kräften gegeben, aber nicht stark ausgeprägt, wenn kleine oder negative Kräfte auftreten. Da die bei der SBB relevanten Messwerte nur für die resultierende Kraft gelten und es keine genügende Korrelation zwischen Kraft und Beschleunigung gibt, kann keine Bestimmung von Grenzwerten vorgenommen werden. Bei einer Analyse von Grenzwertüberschreitungen der Kraft bei der SBB wurde erkannt, dass bis zu 39% der Grenzwertüberschreitungen innerhalb von einem Monat nicht wiederholbar sind. Erste Analysen mit Zentralbahn-Daten zeigten, dass am

gleichen Messtag Abweichungen im Beschleunigungssignal bis zu 48% auftreten können. Somit sind die Stellen mit Bügelsprüngen mit dem heutigen Stand nicht reproduzierbar.

Das Ziel des Erarbeitens einer Entscheidungsgrundlage, ob Beschleunigungssensoren am Pantographen für die Erkennung von Abweichungen im Fahrdrahtnetzwerk verwendet werden können, wurde erreicht. Es kann mit den Beschleunigungsdaten erkannt werden, wo z.B. Streckentrenner installiert sind. Ereignisse daraus abzuleiten, welche einen Bügelsprung bedeuten und/oder aufgrund von Funken oder Lichtbögen eine Beschädigung der Fahrleitung vorhanden ist - als Grundlage für eine zustandsorientierte und planbare Instandhaltung - kann jedoch mit dem gewählten Messaufbau nicht sichergestellt bzw. sicher erkannt werden.

Um ein optimaleres Ergebnis hinsichtlich der FL-Inspektion bei der zb zu erreichen, ist es einerseits, in Bezug auf die Hardware, notwendig eine Kamera auf dem Wagendach des zb Mess-FINK zu installieren, um die durch die Beschleunigungssensorik gemessenen Fehlstellen in der Fahrleitung besser detektieren und durch den AV Fahrstrom bewerten zu können.

Den vorhandenen Messaufbau würde die Installation eines Industrie-Produkts zur Abweichungs-Identifikation (Kamera) komplettieren:

- Kamera mit KI-Auswertung: Gemäss Herstellerangaben werden auftretende grobe Fehler erkannt und geeignet positioniert, z.B. Abweichungen im Zickzack, Unterscheidung zwischen Funkenbildung und Lichtbögen usw.;
- Grundlage für Verbesserung bei der zb:
  - Blinde Flecken erkennen oder ausschliessen: Bilder unterstützen optische Prüfung;
  - Auswirkungen schief stehender Masten direkt sehen (Fahrdraht berührt Pantograph neben dem Schleifstück; Metall schleift auf Metall; sehr hoher Verschleiss am Fahrdraht);
- Grundlage für hinreichend präzise Daten, um Eignung des OBM-Systems zu analysieren.

Andererseits ist es notwendig ausreichend Fachressourcen aus dem Bereich «Bahnstrom» seitens des Anlageneigentümers, wie in diesem Projekt die zb, für den Einbezug in die Datenanalyse und den Aufbau des notwendigen Systemverständnisses für die Optimierung und Digitalisierung von Zustandsdaten zur Verfügung zu stellen.