

Rad-Schiene-Monitoring für die vorausschauende Wartung

Lärm und Erschütterung als dynamische Monitoring-Messgrößen erlauben gezieltes Schleifen sowie Konditionieren und reduzieren laufende Kosten

Ron Maas, Den Haag; Dr. Fabrizio Steinebrunner, Zürich

Im Bahnsektor bietet die Art des Wartungsregimes Potential für Einsparungen. Um die Züge und Infrastruktur in guter Form zu halten, wird präferentiell die vorbeugende Wartung eingesetzt. Diese Form der Wartung basiert auf einem Wartungsplan und periodische Kontrollen möglicher Verschleißteile um

nötige Reparaturen anzustoßen. Konkret bedeutet dies, dass Fahrzeuge nach einem Turnus ins Depot beordert werden, um in diesem Zeitfenster eine Reihe von Tests und gegebenenfalls Reparaturen durchzuführen. Die vorbeugende Wartung ermöglicht kürzere Stillstandzeiten und die Bündelung verschiedener Maß-

nahmen auf ein Wartungszeitfenster. Zudem resultieren kürzere Standzeiten als bei einer rein reaktiven Wartung, welche erst Teile ersetzt, wenn diese kaputtgegangen sind. Ebenfalls gibt es Bauteile, die sicherheitsrelevant sind und somit gewisse Limiten nicht unterschreiten dürfen oder welche nicht defekt werden dürfen.

Es zeigt sich, dass die vorausschauende Wartung viele Vorteile mit sich bringt. Wo liegt in dieser Form der Wartung Optimierungspotential? Hauptsächlich darin, dass das Fahrzeug oder die Infrastruktur die Verantwortlichen zeitnah über den momentanen Zustand informieren. An diesem Punkt hakt die vorausschauende Wartung ein. Sie versucht, basierend auf Echtzeitdaten und genügend dichter Datenbasis, Analysen und Vorhersagen zu berechnen, womit man sich primär die Fahrzeuge oder Infrastrukturabschnitte vornimmt, die einen Eingriff am Nötigsten haben.

Natürlich ist die vorausschauende Wartung im Bahnbereich insbesondere im sicherheitsrelevanten Bereich wesentlich anspruchsvoller als das Überwachen eines Ölbadts oder einer einzelnen Maschine, für welche lineare Alterungsprozesse vermutet werden können.

In wirtschaftlichen Strategiepapieren wird die vorausschauende Wartung häufig als Schlüsseltechnologie erwähnt. Folgendes Beispiel zeigt, wie intelligente Sensorik kombiniert mit pragmatischer Datenaufarbeitung schon heute interessante Umsetzungsmodelle ermöglicht.



Abb. 1: Wegseitiges System zur Überwachung der Fahrzeuge.

Foto: Igralub

Ein mittelgroßer Betreiber des öffentlichen Verkehrs in den Niederlanden hat, angelehnt an die ISO 55000:2014, vor fünf Jahren eine Initiative zur Optimierung der Wartung der Fahrzeuge und der Infrastruktur lanciert. Diese Initiative wurde nicht zuletzt auch in Hinblick auf zunehmend schwereres Rollmaterial und eine zunehmende Sensibilisierung für die Lärmquelle „öffentlicher Verkehr“ angestoßen. Es wurde ein strategischer Asset-Management-Plan erarbeitet. Ein Hauptpfeiler in diesem Plan war die Entwicklung einer möglichst zeitnahen Fahrzeug- und Infrastrukturüberwachung, welche es erlauben sollte, die vorhandenen Ressourcen gezielter für die Wartung einzusetzen. Für das Projekt wurden folgende Ziele gesetzt:

- Die Wartungsspezialisten des Betreibers verstehen ihr Handwerk. Sie kennen die Schwachpunkte im Netzwerk. Sie überprüfen regelmäßig das gesamte Netzwerk, um festzustellen, wo zusätzliche Aufmerksamkeit erforderlich ist.
- Starke plötzliche Veränderungen sind schwer zu erkennen. Dies ergibt potentiell riskante Situationen. Das sollte verbessert werden.
- Die Überwachung liefert ein tägliches Bild der Situation, so dass die Spezialisten an bekannten Standorten weniger Zeit verlieren und mehr Zeit für relevante Änderungen gewinnen können.
- Statt der regelmäßigen Kontrolle des ganzen Streckennetzes durch Personen der Infrastruktur, werden diese in Zukunft primär an die Orte des Netzwerks geschickt, wo Probleme im Entstehen begriffen sind und wo genauere Befundaufnahmen gemacht werden müssen.
- Die Bereiche, welche einen Eingriff nötig haben, werden prioritär und falls nötig häufiger behandelt.

Da sich die Infrastruktur am besten von Fahrzeugen und die Fahrzeuge durch fixe Installationen an der Infrastruktur überwachen lassen, wurden der Dialog und die Zusammenarbeit der jeweiligen Fachgruppen (Infrastruktur und Rollmaterial) gefördert.

Robuste Messgrößen bilden die Basis des Monitorings

Es mussten zwei wichtige Grundfragen untersucht werden: i) welche Sensorik war robust genug, erschwinglich und konnte dennoch qualitativ hochwertige Informationen liefern und ii) sollte die Technologie zur Überwachung der Infrastruktur in ein Spezialfahrzeug oder in ein Regelfahrzeug



Zum Autor

Ron Maas (55) ist seit 2010 bei Sensornet tätig. Er ist Physiker und hat in Rotterdam und Dordrecht Physik und Prozesstechnologie studiert. Maas hat langjährige Erfahrung in der Erfassung von Erschütterungs- und Lärmdaten im Schienen- und Flugverkehr sowie in der Umweltdiagnostik.



Zum Autor

Dr. Fabrizio Steinebrunner (44) ist seit 2015 bei der Igralub AG in Zürich für Schmiertechnik tätig. Er besitzt fundierte Kenntnisse zu verschiedener Messdiagnostik sowie in der Bekämpfung von Lärm mittels der Applikation von Frikionsmitteln.

untergebracht werden. Basierend auf Erkenntnissen der Überwachung in anderen Industrien (Luftfahrt) einigte man sich auf zwei einfache zu messende Parameter, welche mit robuster Sensorik überwacht werden können: Erschütterung und Schall. Die Parameter zeichnen sich weiter dadurch aus, dass die anfallende Datenmenge bewältigt und mit gängiger IT/GSM-Infrastruktur genügend häufig abgetastet werden kann. Weiter können diese Parameter auch für die Studien des Fahrgastkomforts und die Erschütterungsexposition des Fahrzeugführers (Arbeitssicherheit) herbeigezogen werden.

Auch wenn in der Vergangenheit viele Aufgaben von Spezialfahrzeugen übernommen wurden, traf der Betreiber die Wahl, direkt mit Regelfahrzeugen zu beginnen. Die erfassten Daten der stationären Einrichtung und des mobilen Systems sollten über eine betriebssystemunabhängige Webplattform aufbereitet werden. Die Darstellung müsste es erlauben, rasch die auffälligen Fahrzeuge und Infrastrukturabschnitte zu erkennen.

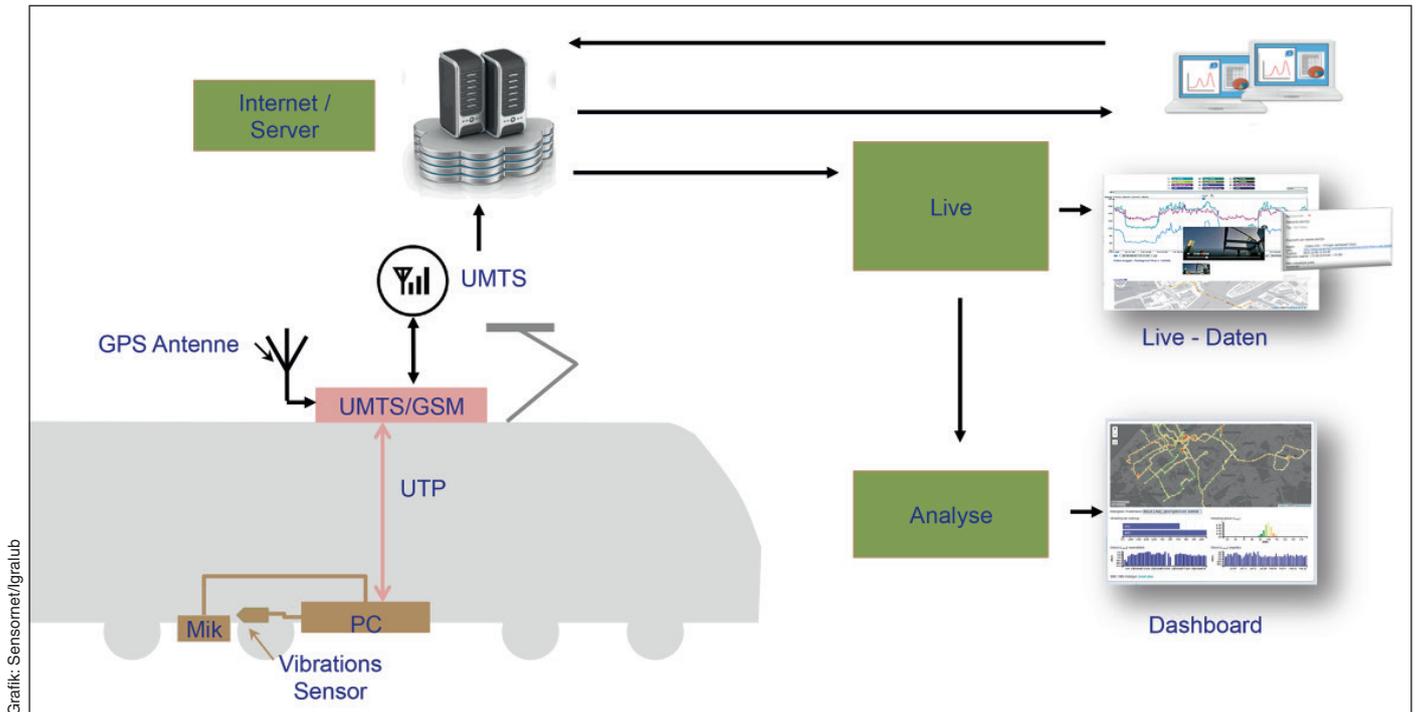
Für eine möglichst umfassende Beurteilung der Fahrzeuge musste ein Streckenabschnitt gewählt werden, an welchem so viele Fahrzeuge der Flotte wie möglich (idealerweise alle) in regelmäßigen Abständen durchfahren. Zudem sollten die Fahrzeuge an dieser Stelle realistische Fahrtgeschwindigkeiten aufweisen. Um die Fahrzeuge auch bezüglich ihrer Neigung zum Kurvenkreischen zu überwachen, wählte man eine Stelle, welche nicht weit von einer Kurve

lag. Die Apparatur, bestehend aus Sensoren für Schall, Erschütterung, Feuchte und Temperatur, wurde in einem schlichten Stahlschrank untergebracht.



Abb. 2: On-board-System.

Foto: Igralub



Grafik: Sensornet/igralub

Abb. 3: Schema zur Datenerfassung und Aufbereitung im On-board-System.

Zur Überwachung der Infrastruktur wählte man ein geräuschmäßig unauffälliges Regelfahrzeug der neueren Generation. Dieses Fahrzeug wird ebenfalls regelmäßig von der stationären Anlage bei der Durchfahrt erfasst, womit es möglich ist, rasch zu reagieren, falls es sich zu einem auffälligen Fahrzeug innerhalb des Fahrzeug-Pools entwickeln sollte. Am Fahrzeug selbst wurde ein „ruhiges“ Laufdrehgestell für den Einbau gewählt, das Mikrofon mittig und die zwei Vibrationsensoren zu den Enden der Radachse angebracht. Zur besseren Übermittlung der Position dieses Fahrzeugs wurde die GPS-Antenne auf dem Fahrzeugdach installiert.

Hohe Informationsdichte ermöglicht eine fundierte Wartungsplanung

Schon innerhalb der ersten Betriebswoche lieferten die Systeme mehr Daten, als in den vorhergehenden Monaten erhoben wurden. Durch die direkte Aufbereitung der Infrastrukturdaten auf eine interaktive Karte und der Fahrzeugdaten in Trendansichten konnte direkt produktiv gearbeitet werden, ohne dass erst viel Zeit in die Triage und Visualisierung von Rohdaten gesteckt werden musste. Die Lärmdaten wurden mehr und mehr auch für die Umweltbeauftragten des Unternehmens interessant: Nun war es möglich, Lärmklagen anhand der Karten auf ihre Gültigkeit zu erkennen, oder Anwohner

und Politiker proaktiv über die Lärmsituation im Netzwerk zu unterrichten.

Da die Lärmdaten auf ihre spektrale Zusammensetzung und ihren Charakter untersucht werden können, bietet sich zudem die Möglichkeit, Lärmereignisse gezielt zu erkennen. Das Kurvenkreischen, welches insbesondere bei Straßenbahnen in den engen Kurven auftritt (unter 50 m Radius), und das Geräusch des Spurkranzes an der Schienenflanke sind durch typische Frequenzbänder eindeutig unterscheidbar. Es ist somit nicht nur möglich, sogenannte Lärmhotspots im Netzwerk zu erkennen, sondern auch anhand der dort auftretenden Frequenzspektren die Art des Lärmereignisses zu beurteilen. Da das Schienenkreischen von Anwohnern als besonders unangenehm empfunden wird, werden diese Bereiche im Netzwerk genau überwacht und es werden gegebenenfalls Maßnahmen eingeleitet (zum Beispiel Schienenkopfkonditionierung).

Vibrationsmessungen des Rad/Schiene-Kontakts informieren genau über Riffelwachstum

Auch die Vibrationsdaten können für das Erkennen gewisser Gleisprobleme weiteranalysiert werden. Eine entscheidende Frage war die Beurteilung der Riffelbildung. Riffel bildet sich häufig an Stellen, an denen Fahrzeuge beschleunigen, bremsen oder die Schiene beschädigen.

Im schlimmsten Fall werden sie erzeugt durch ein Durchdrehen der Räder, aber auch durch andere weniger drastische Ereignisse wie Mikroschlupf auf der Kurveninnenschiene. Konnten die gemessenen Vibrationsdaten entstehende Riffel genügend früh erkennen, sodass korrigierende Schleifeinsätze minimalinvasiv durchgeführt werden könnten?

In Zusammenarbeit mit einer Firma für spezielle Messtechnik wurden Streckenabschnitte regelmäßig mit einem normierten Verfahren, welches in der ISO 3095 beschrieben wird, vermessen. Es konnte gezeigt werden, dass die Empfindlichkeit der Vibrationsmessung aus dem Fahrzeug sehr gut ist. Gemäß der ISO 3095 liegt eine glatte Schiene im Bereich von 0–4 dB, die gemessenen dB des kalibrierten Systems sind mindestens gleich empfindlich. Weiter konnten zwischen der Feldmessung mit ISO 3095 und der Vibrationsmessung über den Bereich von 0–28 dB gute Korrelationen gerechnet werden, womit die Riffelüberwachung mittels Vibrationsmessung validiert war. Der Betreiber hatte nun die Möglichkeit, korrigierende Schleifeinsätze bei Riffel schon bei 0,1 mm Wellen anzugehen, dadurch muss weniger Material abgetragen werden, was die Schienenliegedauer erhöht.

Die Vibrationsdaten können auch zuverlässig für das Erkennen von Flachstellen an Rädern benutzt werden. In letzterem Fall

dienen die Vibrationsdaten aus der ortsfesten Anlage als Basis. Flachstellen können in der Entstehungsphase erkannt werden, mittels der Audiodatei erfolgt dann die Zuordnung zur betroffenen Achse.

Analog zu der Schieneninfrastruktur erfordert auch die Oberleitung regelmäßige Kontrollen, welche in der Regel mit Spezialfahrzeugen erfolgen. Vibrationen und plötzliche Erschütterungen weisen auch an der Oberleitung auf mögliche problematische Streckenabschnitte hin. Um fragliche Stellen bei einer Inspektion vor Ort rasch auffinden zu können, wurde eine Kamera auf das Fahrzeugdach installiert, welche mit den Vibrationen synchrone Kamerabilder liefert. Liegen auffällige Erschütterungsmuster vor, kann die Stelle an der Oberleitung rasch aufgefunden werden.

Durch die zeitnahe Überwachung konnten insbesondere zwei Kostentreiber optimiert

werden: A) Schleifeinsätze konnten schon bei kleineren Riffelamplituden bei weniger Materialabtrag erfolgen. Da sich die Orte, an denen Schleifeinsätze nötig waren, schon am Dashboard der Riffelüberwachung ablesen ließen, konnte zusätzlich die Planung und Rekognoszierung vereinfacht werden. B) Die Lärmsituation im Netzwerk war dem Betreiber nun genauestens bekannt und konnte proaktiv angegangen werden (etwa mittels Schienenkopfkonditionierung). Im Zuge dessen wurde weniger für die Bearbeitung von Lärmklagen ausgegeben.

Die beschriebene Messtechnologie bietet viele Schnittstellen, welche in der Zukunft noch weiter vertieft werden können. Insbesondere kann eine Schnittstelle geschaffen werden, damit Forschungsinstitutionen Rohdaten zur Entwicklung eigener Algorithmen, die in der Früherkennung von spezifischen Schienen- oder

Radfehlern eine Rolle spielen könnten, nutzen können.

Geometrische Schienendaten (Dimensionen der Schiene, Winkel, Charakterisierung Untergrund) müssen vom Betreiber in regelmäßigen Abständen mittels Spezialfahrzeugen aufgenommen werden. Die Messintervalle sind jedoch in den meisten Fällen zu groß für eine effektive Maßnahmenplanung. Eine häufigere Erfassung der geometrischen Daten bringt zudem das Problem mit sich, dass sehr große Datenmengen anfallen, deren Bewältigung neues Fachwissen und IT-Infrastruktur bedingen kann. Die Erfassung und Verarbeitung von „dynamischen“ Informationen, unter deren Kategorie Lärm- und Erschütterungsdaten fallen, liefern ein momentanes, genaues Bild und Trends der aktuellen Situation und können, wie dieser Bericht zeigt, von einem mittelgroßen Betrieb rasch und ziel führend umgesetzt werden.

Zusammenfassung/Summary

Rad-Schiene-Monitoring für die vorausschauende Wartung

Gerade im Eisenbahnbereich ist das Thema der vorausschauenden Wartung in aller Munde. Trotzdem wird diese nach wie vor wenig umgesetzt. Die Erfahrung zeigt, dass dies häufig der Tatsache geschuldet ist, dass Netzwerk und Rollmaterial nicht so häufig untersucht werden können, um die richtigen Schlüsse zu ziehen und Maßnahmen einzuleiten. Das Lärm- und Erschütterungsmonitoring schließt diese Lücke, indem es eine tägliche Abtastung ermöglicht und somit Trends schon früh erkennbar macht. Daten aus dem Feld deuten darauf hin, dass die Informationen aus dem Monitoring insbesondere für das Management des Schienenschleifens und des Lärms im Hinblick auf Einsparungen und Reputationserfolg interessant sein kann.

Wheel-rail monitoring for predictive maintenance

Despite growing awareness of predictive maintenance as a means of reducing cost and improving reliability in the rail industry, its use is still limited. Operators can struggle to get accurate and useful data from their infrastructure and rolling stock in time to draw the right conclusions and plan corrective actions. Noise and vibration monitoring can close this gap by allowing data collection on a daily basis which enables the early identification of trends and emerging issues. Field data indicates that the information derived from this type of monitoring is particularly useful to optimise an operator's grinding and noise management programmes leading to cost savings and enhancing their reputation.

ANZEIGE



IGRALUB
TOTAL SERVICES PROVIDER

NACHHALTIGKEIT BEGINNT MIT MONITORING

**Gezieltes Monitoring für Infrastruktur
und Rollmaterial**

- Mobile und stationäre Massnahmen
- Hohe Informationsdichte für vorausschauende
Wartungsplanung
- Tägliche Situationsanalyse und lückenlose
Überwachung
- Umweltmonitoring betreffend Lärm und
Erschütterungen

➔ **VERLANGEN SIE
EINEN MONITORING-TEST.**

IGRALUB AG FÜR SCHMIERTECHNIK

Mainaustrasse 15
8008 Zürich Schweiz
Telefon +41 44 422 00 02
info@igralub.ch www.igralub.ch
Niederlassungen in Deutschland, Österreich,
USA und Singapur

