

# Track Monitoring Smartphone-App

Kostengünstige, minimalinvasive und mobile Überwachung des Bahninfrastrukturzustandes mithilfe von Smartphone-Sensorik

**ANNIKA HAUPTVOGEL | LUKAS STÜBINGER**

**Für die Prüfung von Gleisen werden spezielle Messzüge eingesetzt. Eine kontinuierliche Überwachung aller Gleise, z. B. in Form einer täglichen Messfahrt, ist mit diesen Fahrzeugen nicht möglich. Demgegenüber stehen Smartphones und ihre integrierten Sensoren, die immer leistungstärker werden. Bis vor Kurzem war die Anwendung von Smartphones für die Überwachung von Bahnsystemen undenkbar. Nun konnte in der Praxis bestätigt werden, dass mithilfe eines Smartphones im Regelbetrieb der Fahrkomfort sicher bestimmt werden kann. Die Systematik sowie der Praxiseinsatz werden im vorliegenden Beitrag dargestellt.**

## Überwachung von Gleisen

Die Hauptgründe, warum Fahrgäste die Bahn als ihr bevorzugtes Reisemittel wählen, sind Umwelt, Sicherheit und Komfort. Gerade die letzten beiden Aspekte werden neben dem Fahrzeug selbst vor allem durch das Gleis sichergestellt. Daher müssen Gleise regelmäßig mit entsprechenden Messzügen geprüft werden. Diese Messzüge sind nicht nur teuer, sondern führen wegen ihrer geringeren Fahrgeschwindigkeit im Vergleich zu Regelzügen zu Betriebsbehinderungen. Eine kontinuierliche Gleismessung im Tages- oder Wochenrhythmus ist daher mit dieser Methodik unwirtschaftlich.

In den vergangenen Jahren wurden daher vermehrt Fahrzeuge des Regelbetriebs mit

Sensorik ausgestattet, um auch während der deutlich häufiger erfolgenden Regelfahrten Messungen der Gleise zu ermöglichen. Die Nachrüstung von Sensorik ist allerdings teuer und aufwendig. Zudem muss in jedem Fall die Rückwirkungsfreiheit nachgewiesen werden, da durch die Installation ein Eingriff in das System Fahrzeug vorgenommen wird und die Sicherheit durch die Sensorik und ihre Anbindung nicht beeinträchtigt werden darf.

Aufgrund der steten Weiterentwicklung von Smartphones sind diese heute mit einer leistungsstarken Sensorik ausgestattet und in der Lage, große Mengen an Daten aufzuzeichnen und zu verarbeiten [1]. 2017 wurde zum ersten Mal das Potenzial des Einsatzes eines Smartphones zur Überwachung von Gleisen erwähnt [2]. Heute ist die Entwicklung so weit fortgeschritten, dass Smartphones eine leicht anwendbare und kostengünstige Ergänzung zu bestehenden Messmitteln sind. Ein geschickter Einsatz von Smartphones im Zug ermöglicht eine quasi kontinuierliche Überwachung der Gleise.

## Track Monitoring Smartphone-App für die Gleisüberwachung

Um Smartphones für die Gleisüberwachung einsetzen zu können, hat die Siemens Mobility GmbH die Track Monitoring Smartphone-App entwickelt. Diese ermöglicht, dass alle relevanten Daten der Smartphone-Sensorik (z. B. Beschleunigungssensor, Gyroskop und Globales Navigationssatellitensystem, GNSS) mittels einer App während der Zugfahrt aufgezeichnet und nutzbar gemacht

werden. Für den optimalen Einsatz eines Smartphones zur Erkennung von Fehlern der Infrastruktur ist es zudem notwendig, weitere externe und frei verfügbare Informationen mit den Sensorwerten zu kombinieren. Beispielsweise verwendet die Track Monitoring Smartphone-App das Kartenmaterial von OpenStreetMap [3], das über eine spezielle Schnittstelle eingebunden wird. Die mithilfe der App während der Zugfahrt aufgezeichneten Sensorwerte sowie externe Informationen müssen anschließend vom Smartphone zu einem externen zentralen Datenspeicher sicher übertragen werden. Als zentraler Datenspeicher dient die Mobility Application Suite Railigent von Siemens Mobility. Dort werden die Daten analysiert, um Anomalien zu detektieren und Informationen über den Zustand der Gleise zu bekommen. Die Ergebnisse werden anschließend in Form von Handlungsempfehlungen visualisiert (Abb. 1).

Für die Datenaufnahme wird das Smartphone im Führerstand platziert. Das Smartphone sollte parallel zur Wagenlängsachse ausgerichtet werden, um Koordinatentransformationen der Daten einfach zu halten (Abb. 2). Um eine gleichbleibend konstante Positionierung sicherzustellen, können Fixierungen vorgenommen werden. Diese sind aber nicht zwingend notwendig, da lediglich ein hoher Reibungskoeffizient erreicht werden muss, damit das Smartphone während der Fahrt nicht von seiner Position abweicht. Der Positionierungs- und Konfigurationsprozess werden noch zusätzlich durch die Track Monitoring Smartphone-App unterstützt.

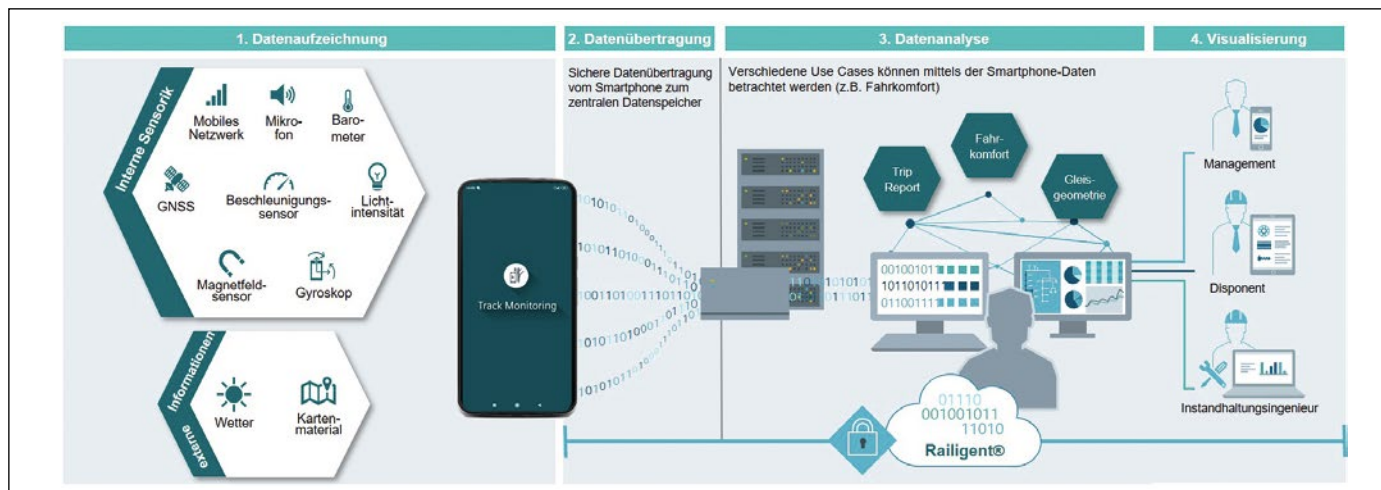


Abb. 1: Track Monitoring Smartphone-App

Quelle aller Abb.: eigene Darstellung

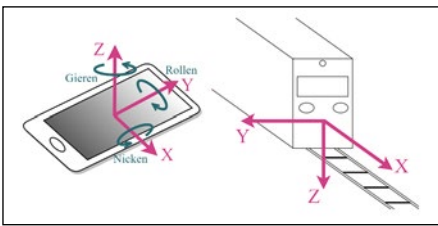


Abb. 2: Handykoordinatensystem und Zugkoordinatensystem

Zu Beginn einer jeden Messfahrt werden wesentliche Positionierungsparameter und Einsatzbedingungen abgefragt, um eine korrekte Bewertung und Vergleichbarkeit der Daten im Nachgang zu gewährleisten. Zu den abgefragten Parametern und Bedingungen zählen unter anderem die Po-

Komfort während der Zugfahrt und ist damit auch ein Indiz sowohl für den Zustand der Gleise als auch für die Zufriedenheit der Fahrgäste. Die Track Monitoring Smartphone-App ermittelt unter Einbeziehung der Beschleunigungs- und Lokalisierungsdaten des Smartphones sowie des Kartenmaterials von OpenStreetMap den Fahrkomfort entsprechend der Norm DIN EN 12299 [4]. Anschließend erfolgt in einer Web-Applikation in Railigent die Visualisierung auf einer Karte, inklusive einer entsprechenden farblichen Kodierung von „Sehr komfortabel“ (hellgrün) bis hin zu „Sehr unkomfortabel“ (dunkelgrün) (Abb. 3). Die Anwendung Fahrkomfort in der Track Monitoring Smartphone-App erkennt frühzeitig auffällige Streckenabschnitte ohne große Aufwände. Mit diesen Informationen kann die Instandhaltung der

tischen Nahverkehr bedeutet dies beispielsweise, dass in mindestens einem Fahrzeug je Linie ein Smartphone mit der Track Monitoring Smartphone-App platziert wird.

Mit der Track Monitoring Smartphone-App haben Bahnunternehmen eine innovative und aufwandsarme Möglichkeit, den Komfort für die Fahrgäste direkt bewerten und anschließend verbessern zu können.

### Einsatz in der Praxis

Um die Einsatzfähigkeit der Track Monitoring Smartphone-App zu demonstrieren, wurde diese im Regelbetrieb im Nahverkehr überprüft. Bei dem Fahrzeug, auf dem die Messungen durchgeführt wurden, handelt es sich um einen Nahverkehrszug mit einer Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h und einem Gewicht von ca. 200 t. Der Zug verkehrte auf Gleisen mit Normalspurweite.

Für die Messfahrten wurde ein Smartphone Xiaomi Mi 9 mit einem entsprechenden Mobilfunkvertrag eingesetzt. Die Platzierung des Smartphones innerhalb des Führerstands erfolgte gemäß den beschriebenen Koordinatenachsen direkt hinter der Windschutzscheibe in Wagenlängsrichtung (Abb. 4). Die beschriebene Versuchsanordnung zeigt, dass der Einsatz der Track Monitoring Smartphone-App innerhalb von wenigen Minuten durchgeführt werden kann und keinerlei Eingriffe in das Fahrzeugsystem notwendig sind. Die erzeugten Daten, welche immer auf derselben Linie mit demselben Fahrzeug aufgezeichnet wurden, wurden durch die Track Monitoring Smartphone-App in geeignet großen Datenpaketen an die Datenbank in Railigent® versendet. Die Übertragung der Daten geschieht nach einer notwendigen Authentifizierung des Geräts über eine sichere Verbindung.

Bei den durchgeführten Messungen wurden im wöchentlichen Rhythmus Daten im Umfang von insgesamt ca. 3,25 GB aufgezeichnet. Die Dauer der Aufzeichnungen der Track Monitoring Smartphone-App beschränkt sich aufgrund der Länge der Strecke auf einige Minuten (einfache Befahrung der Strecke). Der Erprobungszeitraum umfasste zwei Monate. Dabei wurden die Gleise insgesamt 25 Mal zur Datenaufnahme befahren.

### Einbindung der Messergebnisse in die Instandhaltung

Durch den Praxiseinsatz konnten erste Erfahrungswerte mit der Track Monitoring Smartphone-App gesammelt werden. Die dabei aufgenommenen Daten werden durch die Analyse, Aufbereitung und Visualisierung hinsichtlich des Fahrkomforts in der Web-Applikation in Railigent leicht verständlich visualisiert. Die aufgezeichneten Gleisdaten können für die Verbesserung der Planung der Instandhaltungsaktivitäten herangezogen werden und liefern dafür wichtige Indikationen über den Strecken- und Fahrzeugzu-

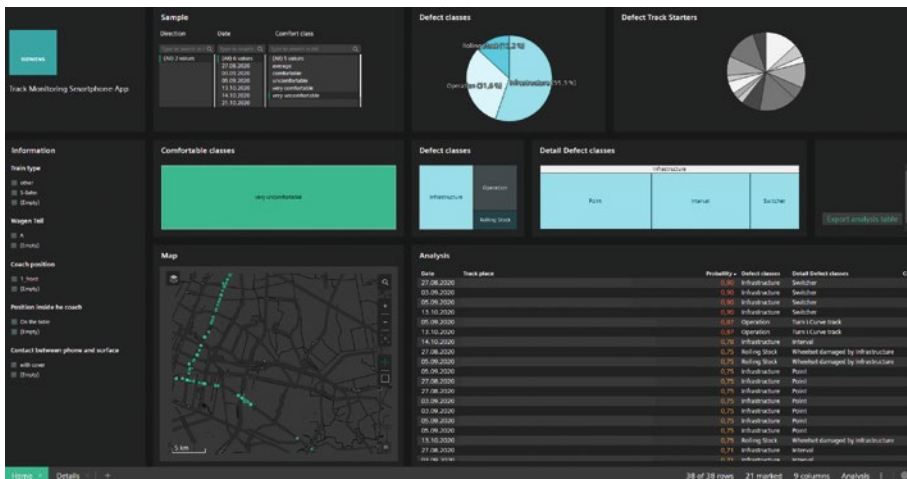


Abb. 3: Visualisierung des Fahrkomforts mittels Web-Applikation

sitionierung innerhalb des Fahrzeugs (bei den durchgeführten Tests: Führerstand), die Auslastung des Zugs (mittlere Auslastung) oder auch der genaue Ablageort (Armaturrenbrett). Im Anschluss an die Konfiguration startet direkt die Aufzeichnung der Daten. Der vorliegende Beitrag fokussiert sich auf die Anwendung zur Überwachung des Fahrkomforts. Der Fahrkomfort bewertet den

Gleise gezielter geplant und durchgeführt werden. Somit wird die Verfügbarkeit der Gleise erhöht, wobei der Betrieb des Schienenverkehrs während der Aufnahme durch das Smartphone und der Analyse der Daten nicht beeinträchtigt wird.

### Anwendungsbereich für die Track Monitoring Smartphone-App

Eine sinnvolle Verwendung der Track Monitoring Smartphone-App ist vor allem dann gegeben, wenn

- eine ausreichende Mobilfunkabdeckung vorhanden ist und
- die Gleise täglich mit der Track Monitoring Smartphone-App überwacht werden.

Der Mobilfunk- und der GNSS-Empfang ist von großer Bedeutung für die Track Monitoring Smartphone-App, da das Versenden der Daten über den Mobilfunk und die Bestimmung der Smartphone-Position über den GNSS-Sensor erfolgt. Die geringere Messgenauigkeit des Smartphones wird ausgeglichen durch die häufigere Aufnahme des Gleiszustands und den Abgleich der Messpunkte. Für den städ-

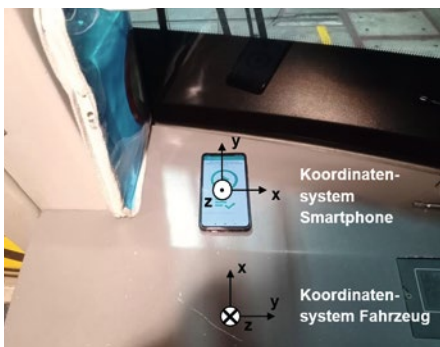


Abb. 4: Ausrichtung und Ablage des Smartphones im vorliegenden Praxiseinsatz

stand. Um die resultierenden Informationen für die Instandhaltungstätigkeiten der Strecke nutzbar zu machen, ist es notwendig, die Ursachen eines schlechten Fahrkomforts systematisch zu betrachten. Im Wesentlichen ist der Fahrkomfort von drei Aspekten abhängig, welche allesamt Schwingungen des Fahrzeugs verursachen.

Dazu zählen:

- infrastrukturelle Abweichungen und Besonderheiten (z. B. kurz- und mittelwellige Gleislagefehler),
- das Fahrzeug und dessen Zustand (z. B. Lagerschäden) sowie
- das Verhalten des Triebfahrzeugführers (z. B. starke Bremsung).

Die Web-Applikation (Abb. 3) unterscheidet diese drei Ursachen und gibt dem Anwender (Instandhaltungsplanung) die Möglichkeit, eine entsprechende Filterung vorzunehmen, um so nur die Abweichungen und Besonderheiten der Infrastruktur näher zu untersuchen. Mithilfe dieser Filterung ist es für die Planung der Instandhaltung möglich, gezielt den Bedarf für weiterführende Inspektionen festzulegen. Die Standardansicht der Web-Applikation zeigt die identifizierten Stellen, an welchen ein nach DIN EN 12299 „sehr unkomfortabler Fahrkomfort“ anzutreffen ist. Über eine entsprechende Exportfunktion der Web-Applikation können die Informationen auch in weitere Systeme (z. B. Asset Management System) überführt werden. Für die Verwaltung der verschiedenen Messkampagnen ist eine entsprechende Auswahloption im oberen Teil der Web-Applikation gegeben (Abb. 3). Über die Grundfunktionalität hinaus sind Detailansichten der Messwerte ebenso möglich, die es erlauben, gezielt einzelne Streckenabschnitte und deren Werte näher zu untersuchen. Neben der Nutzung der Track Monitoring Smartphone-App für Einblicke in den Zustand der Strecke können die erzeugten Daten auch für Indikationen hinsichtlich des Fahrzeugzustandes und des Verhaltens des Triebfahrzeugführers genutzt werden. Im vorliegenden Praxiseinsatz wurden 33 Abweichungen identifiziert und den jeweiligen Ursachen (Infrastruktur, Fahrzeug oder Fahrverhalten) zugeordnet.

### Zusammenfassung und Ausblick

Die Leistungsfähigkeit von Smartphones ist enorm gestiegen, was auf die kurzen Innovationszyklen der Geräte zurückzuführen ist. Der Einsatz eines Smartphones als Monitoring-Lösung im Bahnbetrieb konnte in dem vorliegenden Beitrag anhand eines Beispiels aus der Praxis bestätigt werden. Die dargestellte Track Monitoring Smartphone-App kombiniert aktuelle Hardware mit einer durchgängigen Lösung, welche die Datenverarbeitung und den Vergleich der Daten erleichtert und in einer für den Nutzer geeigneten Form aufbereitet. Die dabei abgeleiteten Informationen werden für die Planung von Instandhaltungsmaßnahmen

herangezogen, um die Inspektion bedarfsorientiert durchführen zu können.

In weiteren Untersuchungen wurde zudem festgestellt, dass sich die Track Monitoring Smartphone-App auch dazu eignet, den Bogenradius und die Gleisüberhöhung abzuschätzen. In Zukunft werden diese Analysen als Ergänzung in das bestehende Dashboard implementiert. Dies verdeutlicht das weitere Potenzial der Lösung. ■

### QUELLEN

- [1] Stübinger, L.; Hampel, F.; Hempel, T.; Maryam, B.; Schindler, C.: Kostengünstige, minimalinvasive und mobile Überwachung des Bahninfrastrukturzustandes mittels Smartphone-Sensorik, Proceedings of the 2nd International Railway Symposium Aachen, IRSA 2019, Aachen, Deutschland, S. 13-27
- [2] Azzoug, A.; Kaewunruen, S. (2017): RideComfort: A Development of Crowdsourcing Smartphones in Measuring Train Ride Quality, Frontier in Built Environment, Volume 3, Article 3, doi: 10.3389/fbuil.2017.00003
- [3] OpenStreetMap Foundation, OpenStreetmap.org, Open Database License (ODbL)
- [4] DIN Deutsches Institut für Normung e. V., Bahnwendungen – Fahrkomfort für Fahrgäste – Messung und Auswertung, DIN EN 12299, 2009



#### Dr.-Ing. Annika Hauptvogel

Head of Service Engineering  
Rail Infrastructure  
Siemens Mobility GmbH,  
Braunschweig  
annika.hauptvogel@siemens.com



#### Lukas Stübinger M.Sc.

Project Manager for Digital Services  
Siemens Mobility GmbH,  
Erlangen  
lukas.stuebinger@siemens.com

RAILWAY SYSTEMS

PERFORMANCE ON TRACK®

Innovative Systemlösungen für moderne Bahnnetze

voestalpine Turnout Technology Germany  
www.voestalpine.com/railway-systems

voestalpine  
ONE STEP AHEAD.