

Stellstrombasierten Ausfallprognose bei Weichen – Beziehung zwischen statischen Eigenschaften und nicht normalverteilten Messwerten

Dipl.-Ing.-Inf. Thomas Böhm *

Prof. Dr.-Ing. Karsten Lemmer **

* Institut für Verkehrssystemtechnik
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Rutherfordstraße 2, 12489 Berlin
Tel.: 0531 295 3504
Fax: 030 67055 291
thomas.boehm@dlr.de

** Institut für Verkehrssystemtechnik
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Lilienthalplatz 7, 38108 Braunschweig
Tel.: 0531 295 3401
Fax: 0531 295 3402
Karsten.lemmer@dlr.de

Schlüsselwörter: Ausfallprognose, Datengetriebene Prädiktion, Clustering

Im Jahr 2014 verzeichnete die Deutsche Bahn AG (DB) rund 12,5 Millionen netzbedingte Verspätungsminuten [1]. Ausfälle von Eisenbahnweichen sind eine der Hauptursachen für diese Verspätungen. Weltweit erforschen Wissenschaftler, Weichenhersteller und Infrastrukturbetreiber die Ausfallprädiktion, um solche Verspätungen und ihre negativen monetären Folgen zu verhindern. Während für die diagnostische Ist-Bewertung Lösungen existieren [2], mangelt es an einer verlässlichen Ausfallprognose. Dies ist auch dem Umstand geschuldet, dass bei der Prognosemodellentwicklung einige Randbedingungen zu beachten sind. Zum einen lassen die sicherheitstechnischen und die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen nur eine begrenzte sensorische Überwachung der Weichen zu. Denn diese muss sowohl auf den Sicherungsbetrieb rückwirkungsfrei als auch für die circa 70000 Weichen und Kreuzungen im DB Netz nachrüstbar sein. Derzeit ist dies nur mit der induktiven Stellstromüberwachung möglich. Zum anderen muss die Prognose für sehr verschiedene Weichentypen Gültigkeit besitzen, damit nicht für jede Weiche ein individuelles Prognosemodell entwickelt werden muss. Der Vortrag stellt ein heuristisches Verfahren vor, mit dem die Beziehung zwischen statischen Eigenschaften und nicht normalverteilten Messwerten mit unterschiedlichen Varianzen aufgedeckt wird [3]. Dadurch wird es möglich unbekannte Weichen einem Ausfallmuster zuzuordnen, ohne dieses vorher aufzuzeichnen. Das Verfahren ist nicht auf Weichen beschränkt, sondern eignet sich grundsätzlich dafür, den Zusammenhang zwischen statischen Eigenschaften und multidimensionalen Messwerten zu identifizieren. Letztlich kann somit auch eine Regelung von Systemen gemäß ihrer statischen Eigenschaften entwickelt werden.

Wird der Motorstrom bzw. die Wirkleistung des Weichenantriebs während der Weichenstellung aufgezeichnet, ergibt sich eine typische Umlaufkurve, die für die jeweilige Phase der Umstellung (Leerlauf, Verschlussöffnung, Zungenbewegung, Verschluss, Abschaltung) signifikant ist [4]. Bestimmte Abweichungen von dieser Referenz gelten als Störungsindikator, weshalb sie auch für die Prognose verwendet werden. Doch was bei einem Weichentyp ein abnormales Stellstrommuster ist, kann bei einem anderen Typ völlig normal sein. Dies auf Eigenschaften der Weiche zurückzuführen, ist mit herkömmlichen Verfahren, wie etwa Hotellings T²-Test, Wilcoxon-Mann-Whitney-Test, Varianzanalyse (ANOVA) oder Diskriminanzanalyse

nicht möglich. Die notwendigen Voraussetzungen sind nicht erfüllt, da die multidimensionalen Messwerte nicht normalverteilt sind und keine gleichen Varianzen aufweisen. Hier kommt die entwickelte Heuristik zur Anwendung.

In einem ersten Schritt werden alle Weichen gemäß der ordinal- und normalskalierten Bauartigenschaften gruppiert. Hierbei wird ein hierarchisches Clustering verwendet, mit dem stufenweise immer kleinere Gruppen gebildet werden. So entstehen verschiedene Bauartcluster. Im zweiten Schritt wird für jeden Cluster die Clusterzugehörigkeitsfunktion anhand der Messdaten von Weichen innerhalb dieses Clusters gebildet. Eine vorher separierte Testmenge wird mittels der Funktion in einen dieser Bauartcluster klassifiziert. Je höher der Klassifikationserfolg ist, desto stärker sind die Bauartigenschaften für die Messwerte verantwortlich. Da entlang der Hierarchieebenen alle Bauartigenschaften kombiniert werden, offenbart das beste Klassifikationsergebnis jene Eigenschaftskombination, die für das unterschiedliche Ausfallverhalten in den Messwerten beschreibend ist. Anhand der so identifizierten Eigenschaften kann für neue Weichen das gleiche Ausfallprognosemodell genutzt werden, wie für bekannte Weichen im selben Cluster - ohne zusätzlichen Entwicklungsaufwand.

Literatur:

- [1] DB Netz AG (2015): Infrastrukturzustands- und -entwicklungsbericht 2014. Internetversion. DB AG. Frankfurt am Main. Online verfügbar unter <http://www.eba.bund.de/>, zuletzt geprüft am 10.06.2015.
- [2] Asada, Tomotsugu; Roberts, Clive; Koseki, Takafumi (2013): An algorithm for improved performance of railway condition monitoring equipment: Alternating-current point machine case study. In: *Transportation Research Part C: Emerging Technologies* 30 (0), S. 81–92.
- [3] Böhm, Thomas (2016): Präzise Störungsprognose bei Eisenbahnweichen. In: Karsten Lemmer (Hrsg.): Präzise Störungsprognose bei Eisenbahnweichen. Braunschweig: DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik (Berichte aus dem DLR-Institut für Verkehrssystemtechnik). In Vorbereitung.
- [4] García Márquez, Fausto Pedro; Roberts, Clive; Tobias, Andrew M. (2010): Railway Point Mechanisms: Condition Monitoring and Fault Detection. In: *Proceedings of The Institution of Mechanical Engineers Part F: Journal of Rail and Rapid Transit* 224 (1), S. 35-44.