

# Genauigkeitsanforderungen bei der Anlagenzustandsprognose

*Wie die Genauigkeit von Prognoseverfahren bewertet werden kann, damit ihre Verwendung auch tatsächlich zur Senkung von Instandhaltungskosten beiträgt.*

Thomas Böhm

Unter dem Stichwort „Industrie 4.0“ ist derzeit häufig die Rede von der intelligenten Fabrik. Neben der Selbstoptimierung der Produktion spielt hier die automatische Zustandsdiagnose und -prognose eine zentrale Rolle. Selbst wenn die Industrie noch mitten in der Phase 3.0 steckt, werden die analytischen Verfahren und Algorithmen zur Interpretation des Zustands schon heute genutzt. Sie sind die Basis für die zustandsorientierte Instandhaltung, welche für Investitionsgüter mit langer Lebensdauer und sicherheitsrelevanten Funktionen die ideale Instandhaltungsstrategie darstellt. Dies trifft insbesondere zu, wenn sich die Anlagen in einem weit verzweigten Netz befinden. Für die Wirtschaftlichkeit dieser Strategie spielt die Genauigkeit der Prognose eine wesentliche Rolle.

Viele der Verfahren, welche die Messdaten von Sensoren auswerten und daraus den Zustand ableiten, basieren auf Musterkennung. Jedes Verfahren zur Prognose, bei dem die interpretierten Daten ein gewisses Rauschen beinhalten, erzeugt selbst ein gewisses Rauschen [1, 2]. Die Verfahren verarbeiten dabei intern auch Unsicherheiten und mehrdeutige Daten zu einer klaren Aussage gegenüber dem Anwender. Es ist daher nur natürlich, dass kaum eine Prognose frei von Irrtümern ist. Im Fall der Produktion bedeutet das, eine vollkommen funktionsfähige Maschine auszutauschen oder Produktionsausfälle einer unerkannten Störung zu erleiden. Es ist daher wichtig, dass diese

Falschmeldungen so gering wie möglich sind. Aus technischer Sicht ist eine 100-prozentige Genauigkeit erstrebenswert. Das zu erreichen ist theoretisch völlig unproblematisch, denn es bedarf dafür nur genügend Entwicklungszeit und Entwicklungsbudget. Aus wirtschaftlicher Sicht ist das natürlich undenkbar. Es stellt sich daher die Frage: Wie bewertet der Anwender eines Prognoseverfahrens dessen Genauigkeit und wie weist man eine ausreichende Genauigkeit nach? Der folgende Artikel gibt eine Antwort auf die Fragen und erlaubt dem Anwender somit sicherzustellen, dass die Instandhaltung auf Basis einer Zustandsprognose auch wirklich dazu beiträgt, Kosten zu senken. Vorweg sei dies an einem kleinen Beispiel illustriert. Tab. 1 zeigt acht Messungen einer Anlagenüberwachung und ob die Anlage in der Realität kurz danach gestört war. Bei den gegebenen Kosten eines unnötigen Einsatzes durch einen Fehlalarm und Einsparung einer richtig prognostizierten Störung ergeben sich unterschiedliche Bewertungen. Wirft der Instandhalter bei jeder Messung eine Münze, um zu entscheiden, ob demnächst eine Störung vorliegt, hat er am Ende mehr Geld ausgegeben. Es wäre günstiger gewesen, im Vorfeld nichts zu unternehmen und den Störungseintritt einfach abzuwarten. Mit den beiden Prognosesystemen spart er Geld ein, wobei das zweite zwar mehr Störungen verhindert, aber weniger wirtschaftlicher ist, als das erste. Das Beispiel lässt erkennen, dass es im Wesentlichen um den Trade-off zwischen unnötigen Instandhaltungsmaßnahmen und verhinderten Störungen geht.

## Einfache Evaluation der Genauigkeit

Laut VDI-Richtlinie 2651 erfolgt im Rahmen der Prognose „...eine Voraussage im Hinblick auf bevorstehende Ausfälle oder Störungen und/oder über die verbleibende Nutzungsdauer. Die Voraussage kann in Abhängigkeit von messbaren physikalischen Zusammenhängen, Regeln und/oder Erfahrungswissen, das sich aus der Kenntnis des Verhaltens dieses Asset oder dieses Asset-Typs aus der Vergangenheit ergibt, erfolgen.“ [3]

Die wesentliche Aufgabe der Zustandsprognose ist also, aufkommende Anlagenstörungen rechtzeitig zu erkennen und dem Netzinstandhalter anzuzeigen, damit dieser eingreifen kann. Beispielsweise kann der Zustand eines Weichenantriebs anhand des Stellstrombedarfs gemessen werden. Bei erhöhtem Stellstrom steht eventuell ein Ausfall bevor [4, 5]. Ab welcher Stellstromhöhe ein Instandhaltungseinsatz notwendig wird, ist jedoch schwer zu sagen, da der Stellstrom schwankt und teilweise von externen Einflüssen abhängt [6]. Ist das Niveau zu niedrig angesetzt, entstehen Fehlalarme, bei denen sich der Instandhalter unnötiger Weise zur Weiche begibt. Ist es zu hoch, werden Störungen nicht erkannt, die im schlechtesten Fall zu Verspätungen führen. Demzufolge wäre also ein Stellstromniveau festzulegen, das eine gute Balance zwischen Fehlalarm und nicht erkannter Störung darstellt. Was für eine einfache Schwellwertlogik gilt, ist auch für aufwändigere, kompliziertere Verfahren der Mustererkennung gültig. Diese gute Balance zu finden, ist daher auch der Kern für die Genauigkeitsbewertung von Prognosen.

Im Prinzip lässt sich jede Prognose anhand von vier Fällen beschreiben. Wie Abb. 1 verdeutlicht, werden dabei die Hypothese der Prognose und Realität gegenübergestellt:

1. Stimmen Realität und Hypothese im gestörten Fall überein, wird richtigerweise eine Wartungsmaßnahme ausgelöst. Die Prognose stiftet einen Nutzen, weil sie die Störung verhindert und ggf. die Verspätungsminuten reduziert.
2. Ist jedoch die Anlage tatsächlich funktionsfähig, wird aber vom Verfahren als gestört prognostiziert, handelt es sich um einen Fehlalarm, der unnötigerweise zu Instandhaltungsmaßnahmen führt.

Messung	O.K. = 5 Störungen = 3		Kosten Fehlalarm = 5\$ Einsparung verhinderte Störung = 10\$	
	tatsächlich gestört	Münzwurf	2. Prognosesystem	3. Prognosesystem
7	Negativ	Positiv	Negativ	Negativ
8	Negativ	Negativ	Negativ	Negativ
12	Negativ	Positiv	Negativ	Positiv
15	Negativ	Negativ	Negativ	Positiv
16	Negativ	Positiv	Negativ	Positiv
17	Positiv	Negativ	Negativ	Positiv
19	Positiv	Positiv	Positiv	Positiv
20	Positiv	Negativ	Positiv	Positiv
<b>Benefit</b>		<b>-\$5</b>	<b>\$20</b>	<b>\$15</b>

Tab. 1: Beispiel des wirtschaftlichen Nutzens von drei Prognoseverfahren

- Andersherum verhält es sich, wenn die Anlage eigentlich gestört ist, aber das System dies nicht erkannt hat. Es kommt ggf. zu Verspätungen, die in der Abb. 1 durch die Anzeigetafel symbolisiert werden.
- Wenn in der Realität die Anlage funktioniert und das Verfahren dies auch prognostizierte, ist keine Aktion nötig, symbolisiert durch die Kaffeetasse.

Die eigentliche Genauigkeit wird mit der Falsch-Positiv-Rate (FPR) und der Richtig-Positiv-Rate (TPR) gemessen. Die FPR ist der Anteil der Fehlalarme (Fall 2) an den funktionierenden Fällen (Fall 2 + Fall 4). Wohingegen die TPR den Anteil an richtig prognostizierten Störungen (Fall 1) an allen Störungen (Fall 1 + Fall 3) ausdrückt. Beide Raten werden dann in einem Diagramm abgebildet. Je weiter links oben eine Prognose darin liegt, desto besser ist sie (Abb. 2). Diese Form der Genauigkeitsbewertung hat sich in der Mustererkennung quasi als Standardverfahren etabliert und ist als Receiver Operating Characteristic (ROC) bekannt [7, 8]. Sie setzt selbstverständlich voraus, dass Hypothese und Realität unabhängig von einander beobachtet werden. Das heißt Prognoseverfahren sind anhand von Daten zu evaluieren, für die die Realität bekannt ist, aber ohne dass während der Datenerhebung bereits mit der Prognose gearbeitet wurde.

Warum diese vier Fälle nutzen und nicht einfach den Anteil der richtigen Prognosen (Fall 1 + Fall 4) an allen Aussagen verwenden, also die sogenannte Accuracy? Nun, die Accuracy kann irreführend sein, wie das folgende Beispiel verdeutlicht. Ein und dasselbe Prognoseverfahren wird bei zwei Datensätzen angewendet. Wie die Tab. 2 zeigt, unterscheidet sich die Anzahl der Messungen bei gestörter Anlage und bei funktionierender Anlage jeweils um den Faktor 1000. Obwohl ein und dasselbe Prognoseverfahren verwendet wird, wäre nach der Accuracy zu urteilen, das rechte Beispiel besser als das linke. Die FPR und die TPR sind hingegen gleich. Damit wären beide Beispiele gleichgut zu bewerten, wie es bei ein und demselben Prognoseverfahren eben sein sollte. Vor allem wegen dieser Schwäche bei unausgeglichener oder wechselnder Anzahl an Störungen zu Nicht-Störungen, ist die Accuracy zur Genauigkeitsbewertung ungeeignet [9, 10]. Wird zusätzlich bedacht, dass die in Zukunft im Feldeinsatz zu pro-

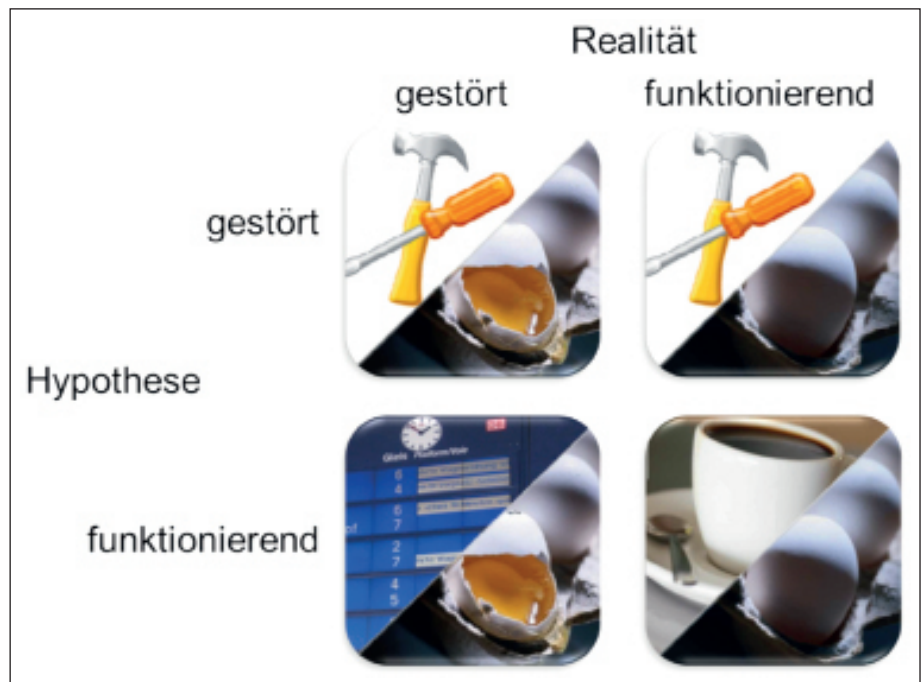


Abb. 1: Kombination aus Realität und Prognose zur Genauigkeitsbewertung

Grafik: T. Böhm

gnostizierende Anzahl der Störungen und Nicht-Störungen niemals während der Genauigkeitsevaluation bekannt ist, sollte erst Recht die ROC genutzt werden.

### Evaluation der Genauigkeit unter wirtschaftlichen Gesichtspunkten

Die ROC ist eine sehr gute Methode, solange sie unabhängig von wirtschaftlichen Gesichtspunkten verwendet wird, denn sie geht davon aus, dass eine falsche Prognose gleichwertig für Fall 2 und Fall 3 ist, was jedoch nur selten den Tatsachen entspricht. Ungleiche Kosten für Falschaussagen sind zum Beispiel in der medizinischen Diagnostik zu finden. Einen gesunden Patienten fälschlich als tödlich erkrankt einzustufen, ist meist weniger fatal, als andersherum. Auch die

Anlagenzustandsprognose ist durch ungleiche Falschaussagekosten geprägt. Eine nicht erkannte Störung verursacht meist ganz andere Kosten als ein unnötiger Wartungseinsatz. Um die Vorteile der ROC zu erhalten, aber gleichzeitig unterschiedliche, mitunter schwankende Kosten in die Genauigkeitsevaluation einzubeziehen, wurde am Deutschen Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. (DLR), Institut für Verkehrssystemtechnik eine eigene Methode entwickelt.

Ausgangspunkt sind die beschriebenen vier Fälle. Zwei davon sind für die Instandhaltung wirtschaftlich wirksam, nämlich die Fehlalarme und die richtig prognostizierten Störungen:

- Fehlalarme verursachen unnötige Kosten, da mindestens am betreffenden Element

Hypothese		Realität		Hypothese		Realität	
		gestört	funkt.			gestört	funkt.
gestört	gestört	6000	3	gestört	6	3000	
	funkt.	4000	12		funkt.	4	12000
Accuracy		0,6003		Accuracy		0,79987	
FPR				FPR		0,2	
TPR		0,6		TPR		0,6	

Tab. 2: Beispiel für die Genauigkeitsbewertung eines Prognoseverfahrens bei zwei Datensätzen



# westaflex®

## Halle 3.1 Stand 214



Institut für Verkehrssystemtechnik  
 23.-26.09.2014

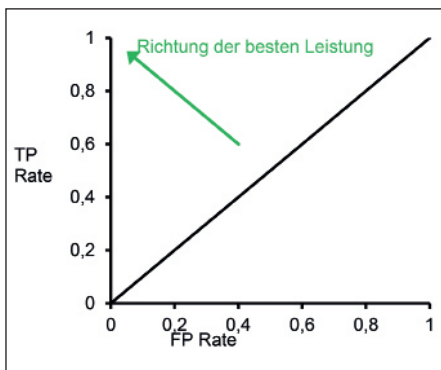


Abb. 2: ROC-Graph zur Genauigkeitsbewertung  
Grafik: T. Böhm

eine Inspektion vor Ort durchgeführt werden muss. Die Folge sind unnötige Instandhaltungskosten. Diese Kosten des Fehlalarms werden mit CFP bezeichnet. Sie setzen sich hauptsächlich aus den Fahrtkosten (Kraftstoffverbrauch, Kraftstoffpreis, Wegstrecke etc.) und den Personalkosten (Personalkostensatz, Wegezzeit, Maßnahmendauer, Personenanzahl, etc.) zusammen.

- Richtig prognostizierte Störungen verhindern den Ausfall und die damit verbundenen Betriebserschwerungskosten. Die Folge sind jeweils Einsparungen in Höhe der Verspätungskosten je Verspätungsminute (Instandhaltungskosten sind nicht zu berücksichtigen, da diese auch im Fall entstehen, wenn die Störung nicht erkannt würde). Der Nutzen der richtigen Prognose wird mit BTP bezeichnet und setzt sich aus den reduzierten Verspätungsminuten, multipliziert

ziert mit dem entsprechenden Kostensatz zusammen.

Damit nun ein Prognoseverfahren zur Senkung der Instandhaltungskosten beiträgt, müssen die Kosten von Fehlalarmen geringer sein als der Nutzen aus reduzierten Verspätungsminuten. Dies kann durch die folgende Formel ausgedrückt bzw. nachgewiesen werden, wobei T für die Anzahl an Störungen und F für die Anzahl der Nicht-Störungen stehen:

$$TPR \cdot T \cdot BTP - FPR \cdot F \cdot CFP > 0$$

In dem Moment, wo die angewendete Formel 0 ergibt, ist die Break-Even-Situation erreicht.

Weil das zukünftige Verhältnis von Störungen zu Nicht-Störungen, das beim operativen Einsatz des Prognoseverfahren eintreten wird, während der Genauigkeitsevaluation unbekannt ist, wird die Formel relativiert. Ziel ist es dabei zu zeigen, bei welchen Ausfallraten (TR) die Prognose wirtschaftlich ist, also oberhalb der Break-Even-Situation liegt. Die mathematische Herleitung findet sich in [11]. Auf sie soll an dieser Stelle zugunsten der Lesbarkeit verzichtet werden. Im Ergebnis wird der ROC-Graph aus Abb. 2 um die Dimension der Ausfallrate erweitert. Bei gegebenem Verhältnis aus Fehlalarmkosten zum Nutzen aus verhinderten Störungen (CFP/BTP), spannt sich eine Fläche entlang der Break-Even-Situation auf, wie in Abb. 3 dargestellt ist. Erzielt ein Prognoseverfahren FPR und TPR, die links oberhalb der Fläche sichtbar sind, ist seine Genauigkeit bzw. sein Einsatz wirtschaftlich. Es reduziert die mit Störungen verbundenen Kosten in dem

Maße, dass unnötige Instandhaltungsmaßnahmen durch Fehlalarme diese Einsparung nicht kompensieren.

Soll weiterhin mit verschiedenen Kosten bzw. Nutzensätzen für Fehlalarme und richtig prognostizierten Störungen gerechnet werden, kann die Gleichung nochmals relativiert werden, wodurch sie von vier Dimensionen abhängig wird [11]. Dies ist jedoch nicht mehr visualisierbar. Alternativ dazu können die Maximal- und Minimalwerte für Kosten und Nutzen verwendet werden. Das Verhältnis aus den maximalen Kosten eines Fehlalarms zum minimalen Nutzen einer verhinderten Störung, würde die obere Grenze ergeben. Oberhalb dieser wäre die Prognose in jedem Fall wirtschaftlich. Analog dazu ergäbe das Verhältnis von Minimalkosten zu Maximalnutzen die untere Grenze, unterhalb derer eine Prognose in jedem Fall unwirtschaftlich wäre.

### Genauigkeitsanforderungen am Beispiel der Weichenprognose

Dass der Weichenzustand mittels Stromüberwachung analysiert werden kann, wurde im zweiten Abschnitt erwähnt. Die einfache Genauigkeit eines solchen Weichendiagnosesystems wurde bereits mittels ROC ausgewertet [6]. Dieser Auswertung sind die Werte für die FPR und die TPR für das folgende Beispiel entnommen. Dabei stammen die Messdatenaufzeichnungen von der Deutschen Bahn AG (DB). Wie für die Evaluation gefordert, wurden zwar die Daten aufgezeichnet, aber die Instandhaltung orientierte sich bei ihren Maßnahmen nicht daran.

Die Kosten eines Fehlalarms setzen sich aus folgenden Positionen zusammen:

- Kosten, um zu den betreffenden Weichen zu gelangen, einschließlich Reisezeit, Kraftstoffkosten etc.,
- Personalkosten für den Einsatz der Instandhaltung,
- Materialkosten von 0, da beim Fehlalarm keine Komponenten ersetzt wurden und
- entgangene Trasseneinnahmen während der Instandhaltungsmaßnahme.

Für die Weichen, welche alle im gleichen Bahnhof liegen, ergeben sich so Kosten in Höhe von durchschnittlich CFP = -50,17 EUR je Fehlalarm.

Der Nutzen einer richtigen Prognose resultiert aus den durchschnittlichen Verspätungsminuten je Störung, multipliziert mit den Kosten je Verspätungsminute. Ihn zu bestimmen ist schwieriger, da es keine aktuellen Aussagen seitens der DB zu den Kosten einer Verspätungsminute gibt. In der Literatur sind sehr unterschiedliche Zahlen zu finden. Eine Quelle, die sich zumindest auf Deutschland bezieht, nennt Kosten von 60 bis 130 EUR je Verspätungsminute [12].

Von Weichen ist bekannt, dass sie ungefähr einmal alle 2000 bis 20000 Umläufe gestört

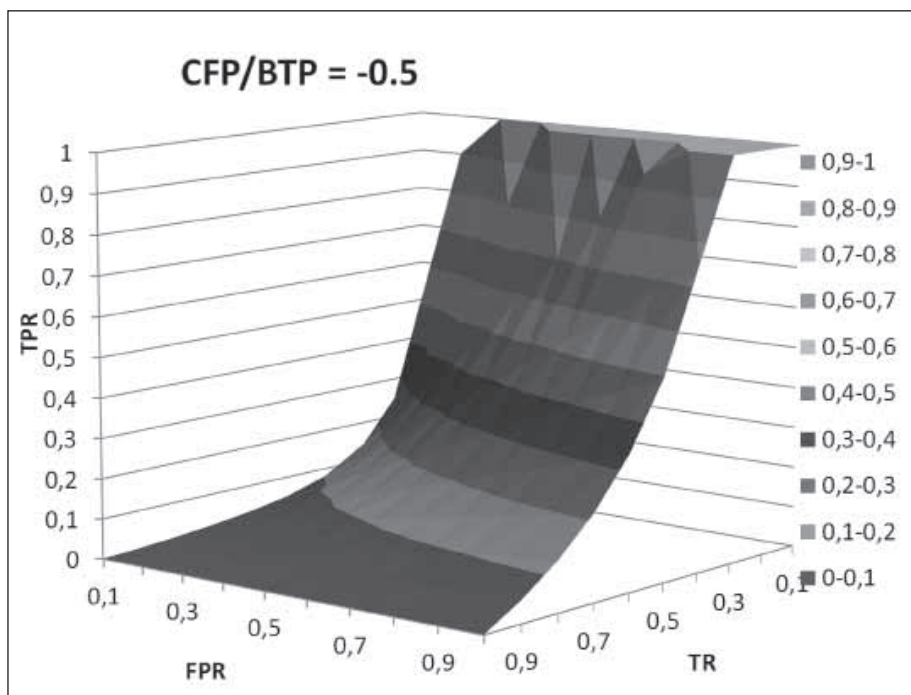


Abb. 3: Visualisierte Break-Even-Situation in Abhängigkeit der Ausfallrate als 3D-ROC-Graph Grafik: T. Böhm

Bulking for the future.



Besuchen Sie uns auf der  
**InnoTrans 2014**  
23. bis 26.9. - Halle 25 - Stand 310

## Kompetenz beschleunigt

// Wir treiben die Entwicklung des Schienenverkehrs voran, damit das effizienteste und nachhaltigste Transportmittel noch wettbewerbsfähiger wird. Profitieren Sie von unserer Innovationskraft, Qualität, Schnelligkeit und Technischerheit. Als Europas führendes Bahntechnik-Unternehmen bieten wir Ihnen Komplettlösungen für den Neubau, die Sanierung und die Erhaltung Ihrer Bahnstrecken.

[www.rhomborg-serpa.com](http://www.rhomborg-serpa.com)

**RHOMBERG  
SERPA**  RHOMBERG  
SERPA  
GROUP



Abb. 4: Break-Even-Situation eines Weichendiagnosesystems bei 60 EUR (links) und bei 130 EUR (rechts) je Versätigungsminute

Grafik: T. Böhm

sind. Demzufolge wird TR im eingegrenzten Bereich 0,0005 bis 0,00005 verwendet. Unter Annahme dieser Zahlen ist der Raum relativ gering, indem eine Prognose überhaupt Instandhaltungskosten reduziert. In der Tat ist die Genauigkeit und somit die

Orientierung der Instandhaltung an dem untersuchten Weichendiagnosesystem nicht wirtschaftlich. Abb. 4 zeigt deutlich, dass bei keiner Ausfallrate die Ebene der Break-Even-Situation durchschnitten wird, weder im ungünstigsten Kosten-Nutzen-Verhältnis

(links) noch im günstigsten (rechts). Es verwundert daher nicht, dass das betreffende System nicht operativ für die Instandhaltung genutzt wird, obwohl es installiert ist. Die Gründe dafür mögen vielfältig sein und nicht einmal im System liegen. Diese Ursa-

# RAIL-TECH 2015



WHERE TECHNOLOGY MEETS THE MARKET

10<sup>TH</sup> INTERNATIONAL EXHIBITION ON RAIL TECHNOLOGY

17-18-19 MARCH '15  
ROYAL JA ARBEURS  
UTRECHT  
THE NETHERLANDS



- Innovation Award
- On-track display of equipment
- ERTMS Conference
- Rail Safety and Compliance Conference
- Leading exhibition on rail infrastructure and rolling stock

Sponsored by



ProRail

Sponsored by



Media Partners



ETR



Organized by



EuroPoint BV | P.O. Box 8221 | 3700 AV Utrecht | The Netherlands | T: +31 (0)30 6581800 | info@rail-tech.com | www.rail-tech.com

chen zu ermitteln und zu eliminieren, muss Gegenstand weiterer Analysen sein. Besonders im Hinblick auf eine flächendeckende Ausrüstung des Netzes mit Zustandsprognose-technik ist dies obligatorisch.

## Fazit

Anhand des Beispiels wurde gezeigt, wie die Genauigkeitsanforderungen an eine Zustandsprognose mit Hilfe der vorgestellten Methode bewertet werden. Durch die Gegenüberstellung von Fehlalarmraten und richtig prognostizierten Störungen sowie den damit verbundenen Kosten und Nutzen, ermittelt die Methode die Break-Even-Situation für die betreffende Anlage. Auf relativ einfache Weise kann der Anwender eines Prognoseverfahrens so entscheiden, ob und bei welchen Bedingungen die Genauigkeit ausreichend ist, um wirtschaftlich zu sein. Obwohl sich die vorgestellte Bewertung auf die Genauigkeit konzentriert, kann sie Teil einer Amortisationsrechnung sein. In Verbindung mit Anschaffungskosten und weiteren Kosten der Besitzphase ist es sogar möglich, die Lebenszykluskosten zu bestimmen. Auf diesem Wege lässt sich auch die Investitionsentscheidung in die Zustandsprognose von Anlagen abwägen und bereits die Instandhaltung optimieren, lange bevor Industrie 4.0 Realität wird.

## LITERATUR

- [1] Hand, D. J.; Heikki, M.; Smyth, P.: Principles of data mining, Cambridge, Mass.: MIT Press (A Bradford book), 2001
- [2] Berry, M. W.; Browne, M. (Hg.): Lecture notes in data mining, First Edition, Hackensack, NJ: World Scientific Pub Co Inc., 2006
- [3] Richtlinie VDI/VDE 2651: Plant Asset Management (PAM), in: Prozessindustrie – Definition, Modell, Aufgabe, Nutzen, Juni 2008
- [4] Winter, J.: Diagnosesysteme für Weichen als Grundlage für eine optimierte Instandhaltungsplanung, VDEI-Symposium zum Thema „Moderne Instandhaltungsverfahren für Weichen – Qualitätsansprüche – Wirtschaftlichkeit“, Brandenburg-Kirchmöser, 2010
- [5] Körkemeier, H.; Robbe, R.: Weichendiagnose Switchguard Sidis W compact, in: Signal + Draht 4/2011, S. 6–10
- [6] Böhm, T.: Genauigkeitsverbesserung der Diagnose von Eisenbahnweichen, in: EI 12/2012, S. 56–61
- [7] Egan, J. P.: Signal Detection Theory and ROC Analysis, New York: Academic Press (Series in Cognition and Perception), 1975
- [8] Baldi, P.; Brunak, S.; Chauvin, Y.; Andersen, C. A. F.; Nielsen, H.: Assessing the accuracy of prediction algorithms for classification: an overview, in: Bioinformatics 16 (5), 2000, S. 412–424
- [9] Hand, D. J.: Construction and assessment of classification rules, Chichester: Wiley (Wiley series in probability and mathematical statistics), 1997
- [10] Provost, F.; Fawcett, T.; Kohavi, R.: The Case Against Accuracy Estimation for Comparing Inductive Algorithms, in: Proceedings of the Fifteenth International Conference on Machine Learning, 1998, S. 445–453
- [11] Böhm, T.: How Precise Has Fault Detection to Be? Answers from an Economical Point of View, in: R. BKN Rao (Hg.): COMADEM 2013. Proceedings of the 26th International Congress on Condition Monitoring and Diagnostics Engineering Management, 2013, S. 460–466
- [12] Schilling, R.; Lücking, L.: Senkung der Lebenszykluskosten, Standardisierung von Instandhaltungs- und Umbaumaßnahmen am Beispiel der Weichen, in: EI 5/2003, S. 58–72



Dipl.-Ing.-Inf. Thomas Böhm  
Gruppenleiter  
Life Cycle Management  
DLR e.V., Institut für Verkehrssystemtechnik, Braunschweig  
thomas.boehm@dlr.de

## Summary

### Precision requirements for equipment condition forecast

Growing attention is currently given to automatic diagnosis and forecast methods of equipment conditions, being as well a future component of the German Government high-tech strategy "Industry 4.0" as also part of the current endeavours to improve the economic efficiency of maintenance activities. Yet forecast methods must deliver a sufficient level of precision to really contribute to maintenance cost reductions. This means that only a limited amount of false alarms and not detected incidents can be accepted. As these both are in a mutual interaction, a forecasting system is requested to deliver the right balance. The contribution describes how the forecasting precision is assessed and how it allows users to demonstrate the efficiency of the application of forecasting methods.

# Maschinen- und Stahlbau Dresden

## Systemanbieter für Bahntechnik

Maschinen  
und Stahlbau



Dresden  
Stadt of HERRSCHMIDT AG

www.msd-dresden.de | info@msd-dresden.de



- Schiebebühnen
- Drehscheiben
- Hebe- und Senkanlagen
- Arbeitsbühnen
- Sonderkonstruktionen

Besuchen Sie uns:  
InnoTrans, Berlin  
23.-26.09.2014  
Halle 5.2, Stand 513

