

# Optimierungspotenziale bei der Stationierung von Heißläuferortungsanlagen

Die ÖBB Infrastruktur Betrieb AG verfügt über eine vergleichsweise hohe Dichte von Heißläuferortungsanlagen auf ihrem Netz. Sofern eine rechnergestützte Zugüberwachung vorhanden ist, lässt sich über die Zugnummer der Zuglauf über die einzelnen Anlagen rekonstruieren, so dass Trendanalysen möglich werden, um entweder eine frühzeitige Erkennung eines potentiellen Heißläufers zu ermöglichen oder eine Verdichtung der Anlagen zu rechtfertigen.

## 1 Einleitung

Im Zuge der fortschreitenden Fernsteuerung immer größerer Bereiche entfällt die Zugbeobachtung an den klassischen Standorten der Fahrdienstleitungen. Die ÖBB Infrastruktur Betrieb AG hat den Stellenwert der Zugbeobachtung rechtzeitig erkannt und daher bereits vor Jahren schon damit begonnen, für den zunehmenden Entfall der Beobachtung der Lager und der Bremsen bei der Durchfahrt eines Zuges am Standort einer Fahrdienstleitung die Entwicklung von technischen Lösungen zur Überprüfung der Lager- und Bremstemperatur zu forcieren. Ergebnis dieser Bemühungen ist die heute zur Serienreife gelangte Heißläuferortungsanlage TK 99 der Sondergruppe HOA bei Infra-Service der ÖBB Betrieb AG, die im Netz der ÖBB Betrieb AG an zahlreichen Standorten österreichweit erfolgreich eingesetzt wird.

Grundlage für die Ausbastrategie war eine Empfehlung von Ernst Basler & Partner [1], die auf Basis einer Risikoanalyse erstellt wurde. Werden unzulässige Erwärmungen der Lager nicht entdeckt, verliert das Schmierfett im Lager mit zunehmender Temperatur seine Funktion und eine Zerstörung des Lagers kann die Folge sein. Dadurch werden ungleiche Achsdrücke begünstigt, die wiederum zu Entgleisungen führen können. Die Häufigkeit solcher Heißläufer in einem Netz – bei einer gewissen Betriebsdichte – zeigt die Wirtschaftlichkeit infrastruktureitiger Schutzmaßnahmen, da jede verhinderte Entgleisung, die noch dazu

nicht sofort entdeckt wird, ein Schadenspotenzial aufweisen kann, dass die Kosten für eine Anlage um mindestens eine Größenordnung übersteigt.

## 2 Heißläuferortungsanlage Typ TK99

Die Heißläuferortungsanlage (HOA) vom Typ TK 99 setzt sich aus folgenden Elementen zusammen:

- ▷ Gleiseinrichtung (Sensorik),
- ▷ Auswertung und Steuerung,
- ▷ Datenübertragung und
- ▷ Meldeeinrichtung.

Dipl.-Ing. Dr. techn.  
Andreas Schöbel

Wissenschaftlicher Mitarbeiter. –

Anschrift: Institut für Eisenbahnwesen, Verkehrswirtschaft und Seilbahnen Technische Universität Wien, Karlsplatz 13/232, A-1040 Wien.

Internet: [www.eiba.tuwien.ac.at](http://www.eiba.tuwien.ac.at)



Johannes Karner

Leiter HOA. –

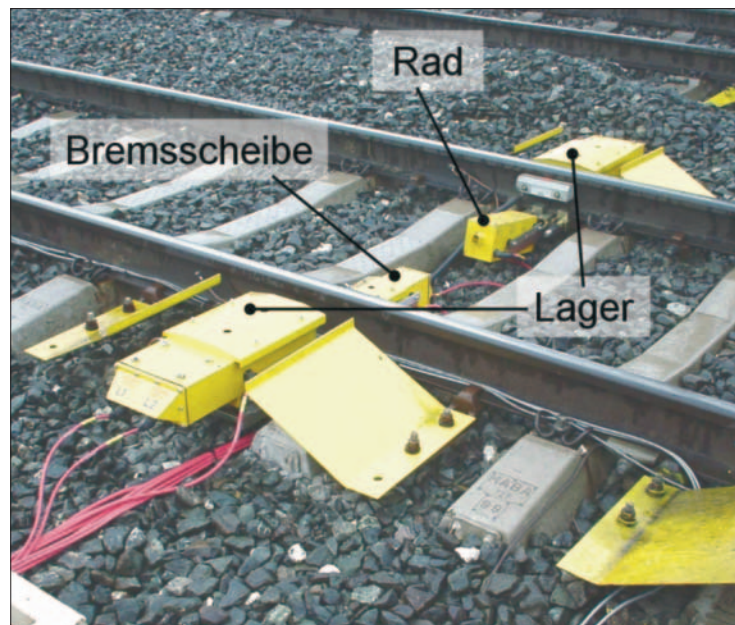
Anschrift: Österreichische Bundesbahnen, Infrastruktur Betrieb AG, Infrastrukturservice, Heißläuferortungsanlagen, Laxenburgerstraße 4, A-1100 Wien.

E-Mail: [Johannes.Karner@oebb.at](mailto:Johannes.Karner@oebb.at)



Die Gleiseinrichtung unterteilt sich

- ▷ in die im Schalthaus untergebrachte Steuer- und Auswerteelektronik sowie
- ▷ in die Messeinrichtung im Gleis, die im wesentlichen aus den Infrarotsensoren für die Temperaturerfassung



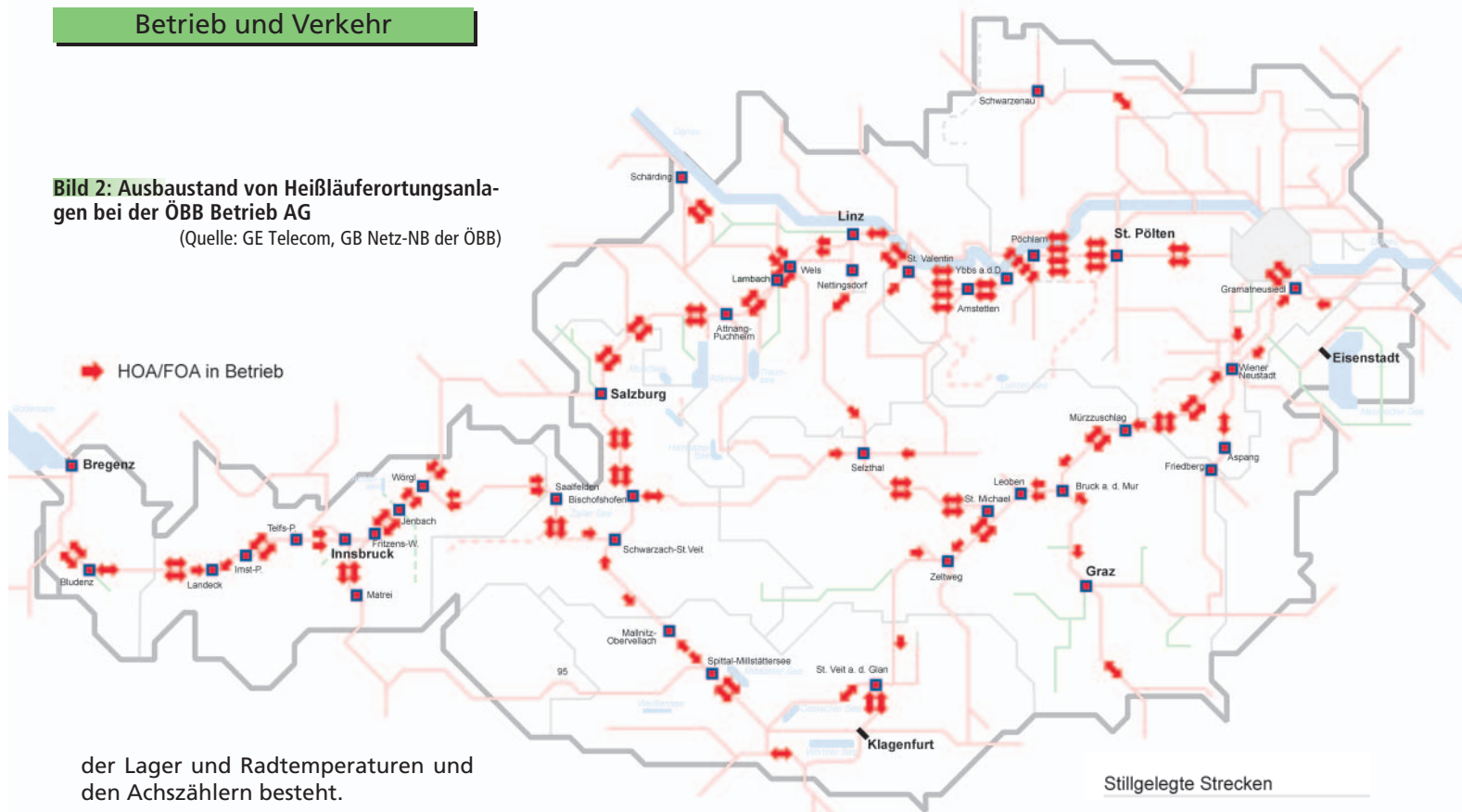
**Bild 1: Kombinierte Heißläuferortungsanlage (HOA/FOA/ SOA)**

(Quelle: Autor)

## Betrieb und Verkehr

**Bild 2: Ausbaustand von Heißläuferortungsanlagen bei der ÖBB Betrieb AG**

(Quelle: GE Telecom, GB Netz-NB der ÖBB)



der Lager und Radtemperaturen und den Achszählern besteht.

Bei der Bauart TK 99 werden grundsätzlich für die Achslagermessung je zwei HOA-Sensoren auf beiden Gleisseiten verwendet. Parallel zur Achslagermessung kann mittels einer Scheibenbremserortungsanlage (SOA) die Temperatur der Scheibenbremsen gemessen werden. Mittels einer Festbremserortungsanlage (FOA) kann außerdem noch die Temperatur des Radkranzes gemessen werden, um auch kritische Temperaturen bei Backenbremsen feststellen zu können. An den meisten Standorten gelangen alle drei Arten von Sensoren (HOA, FOA, SOA) gemeinsam zum Einsatz (Bild 1).

Die Visualisierung der Daten erfolgt über einen handelsüblichen PC mit gängigen Betriebssystemen. Alle von den Gleiseinrichtungen kommenden Daten werden gespeichert und können bei Bedarf vom Bediener aufgerufen werden. Besonders von Interesse für den vorliegenden Beitrag ist die Funktion der Datenweitergabe an ein übergeordnetes System sowie die Vernetzung der Meldestellen zu einem zentralen Datenserver. Damit wird es ermöglicht, über die Zugnummer bei bekanntem Zuglauf die Messdaten von unterschiedlichen Standorten zu verfolgen, um daraus Entwicklungstendenzen von aufgetretenen Heißläufern für die zukünftige Früherkennung oder aber auch für eine weitere Verdichtung der Anlagen abzuleiten.

Die Idee der Verfolgung von Zugeigenschaften über einen Zuglauf hinweg, der über mehrere infrastrukturseitige Detektionseinrichtungen führt, wurde

auch in [2] erläutert, wobei gegenwärtig nur für die Heißläuferortungsanlagen aufgrund der erfolgreich umgesetzten Ausbaustrategie diese Möglichkeit der Rückverfolgung für das Kernnetz der ÖBB Betrieb AG besteht (Bild 2).

### 3 Typen von Heißläufern

Aus der Verfolgung der Temperaturentwicklung von Lagern, die letztlich zur Überschreitung eines Betriebsgrenzwertes an einem Standort führten, über mehrere Standorte hinweg, lassen sich zwei grundsätzlich verschiedene Typen von Heißläufern identifizieren, deren Klassifikation aber nicht trivial über die Lagerbauart an sich möglich ist:

- ▷ Der „lineare“ Typ ist dadurch gekennzeichnet, dass ein gleichmäßiger, linearer Anstieg der Lagertemperatur über mehrere Standorte hinweg bis zum Erreichen der betrieblichen Grenzwerte zu verzeichnen ist.
- ▷ Der „exponentielle“ Typ hingegen weist einen so raschen Temperaturanstieg von einem Standort zum nächsten auf, dass bei diesem bereits eine Grenzwertüberschreitung erfolgt und damit die Handlungen gemäß Prozessanweisung durchgeführt werden.

#### 3.1 Der „lineare“ Typ

Aus den bisher aufgetretenen Fällen lässt sich sowohl ein mittlerer Anstieg der Aboluttemperatur als auch ein mittlerer

Anstieg der Temperaturdifferenz beider Lager einer Achse bei jedem Ereignis er rechnen. Beide Fälle können eine Grenzwertüberschreitung nach sich ziehen, wobei der Fall der Überschreitung des Grenzwertes der Temperaturdifferenz beider Lager einer Achse signifikant häufiger auftritt, was die Vermutung stützt, dass dieser Grenzwerte der restriktivere ist.

Der Einfluss von Streckenparametern wie beispielsweise etwa dem Krümmungswiderstand in kleinen Radien oder der Strecken höchstgeschwindigkeit an sich, konnte bisher nicht verifiziert werden. Weiters könnten auch betrieblich notwendige Haltezeiten zu einer Abkühlung eines defekten Lagers und damit zu einem geringeren mittleren Anstieg der Temperatur führen. Daher ist bei der Auswertung der Zugläufe auch auf die Fahrzeiten zwischen den einzelnen Heißläuferortungsanlagen zu achten. Es lassen sich nun aufgrund der zahlreichen Fälle Grenzwerte für den mittleren Anstieg der Lagertemperatur in [°/km] angeben, die einen signifikanten Prozentsatz der bisher aufgetretenen Fälle abdecken können (Tafel 1).

Mit den nun bekannten mittleren Temperaturanstiegen lassen sich einerseits die betrieblichen Grenzwerte auf Konsistenz prüfen als auch andererseits Überlegungen anstellen, wie weit man denn mit einem schadhafte Lager noch fahren kann, ohne eine Entgleisung zu erfahren. Basis für diese Überlegung ist die Wahl eines Grenzwertes der Temperatur bei dem das Schmierfett im Lager seine Funktion verliert und damit auch der li-

**Tafel 1: Signifikante Temperaturanstiege in [°/km]**

(Quelle aller Tafeln und aller weiteren Bilder: Autor)

	95 %	100 %
Mittlerer Anstieg der Absoluttemperatur des schadhaften Lagers	0,35	0,40
Mittlerer Anstieg der Differenz der beiden Lagertemperaturen	0,33	0,38

neare Anstieg der Temperaturkurve nicht mehr gültig sein kann, da von einem Wechsel zu einem exponentiellen Anstieg auszugehen ist. Wählt man – aufgrund praktischer Erfahrungen – diesen Wert etwa bei 120 Grad Absoluttemperatur lässt sich eine Entfernung über den linearen Anstieg für einen konkreten Anlassfall ermitteln.

Es ist also denkbar, dafür sowohl den bisher maximal aufgetretenen Anstieg heranzuziehen, als auch aus dem aktuellen Fall einen Anstieg online zu ermitteln. Dieser Aspekt ist nun auch für die Betriebsführung von Interesse, da mit dieser Angabe des Anstieges ein für die Behandlung des schadhaften Wagens (Prüfung mit eventuell anschließender Ausreihung) günstiger Zugbehandlungsbahnhof ermittelt werden kann.

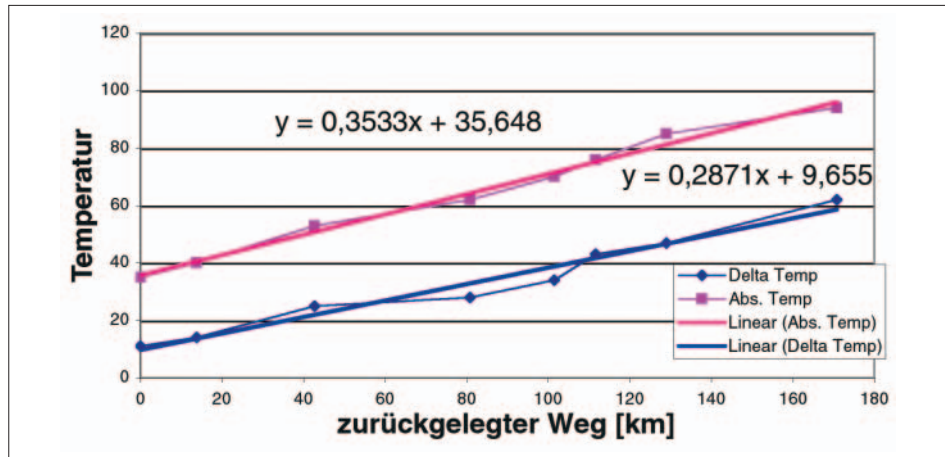
### 3.2 Der „exponentielle“ Typ

In der Analyse der aufgetretenen Heißläufer haben sich auch zahlreiche Fälle gezeigt, die dem Schema eines linearen Anstieges nicht entsprechen, da sich die Lagertemperatur zwischen zwei Heißläuferortungsanlagen so rasant entwickelt, dass bereits am nächsten Standort die Maßnahmen der aktuellen Prozessanweisungen greifen, weil eine eindeutige Grenzwertüberschreitung (Absolutalarm oder Differenzalarm) vorliegt.

Diese Fälle sind nun für die mathematische Darstellung nach Ansicht der Verfasser am sinnvollsten durch eine Exponentialfunktion  $y = a \cdot e^b$  darzustellen. Die darin enthaltenen Parameter a und b werden aus den praktisch zurückverfolgten Fällen empirisch ermittelt.

Auch für diesen Typ bietet sich die Möglichkeit an, sowohl die Entwicklung der Absoluttemperatur des schadhaften Lagers als auch die der Differenz zwischen beiden Lagertemperaturen zu unterscheiden.

Für die Überlegung, in welchen Abständen nun infrastrukturseitige Heißläuferortungsanlagen stationiert sein müssten,



**Bild 3: Absoluttemperatur und Differenz für einen linearen Heißläufer**

um auch diesen Fall sicher abzudecken, können die beiden Parameter aus den jeweils ungünstigsten Fällen kombiniert werden. Von besonderem Interesse ist dabei der Fall, dass an einem Standort eine Absoluttemperatur im Bereich der Umgebungstemperatur (z. B. Parameter  $a = 25^\circ \text{C}$ , siehe Tafel 2) gemessen wird, am nächstfolgenden Standort aber bereits eine Grenzwertüberschreitung infolge Achslagerschadens vorliegt.

Für die Ermittlung der sinnvollen Abstände zwischen zwei Heißläuferortungsanlagen stehen also mehrere Szenarien zur Verfügung, wobei die Auslegung auf den theoretischen „worst case“ wirtschaftlich nicht vertretbar erscheint. Besonders ungünstig ist auch der Fall, dass ein exponentieller Heißläufer an einem Standort gerade noch unterhalb des Warngrenzwertes „HOA warm“ liegt und somit noch ungehin-

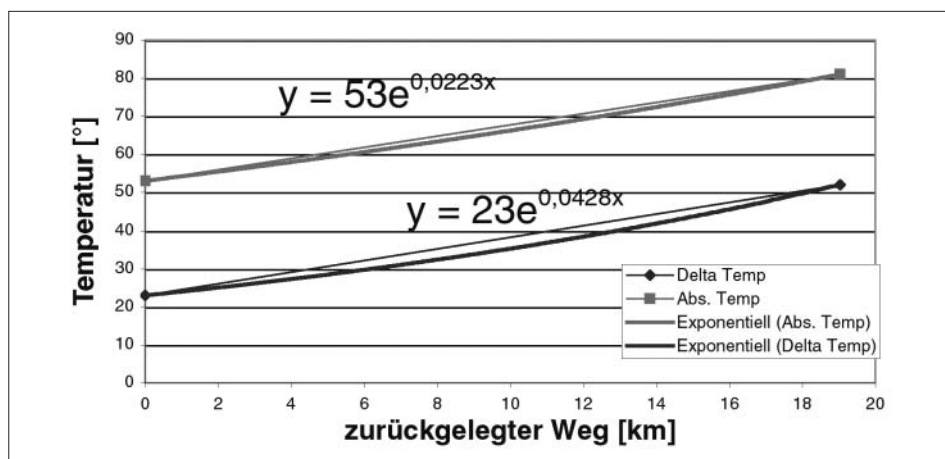
dert in den nachfolgenden Streckenabschnitt einfahren darf. Hier bietet sich nun die Möglichkeit, mit dem aus Beobachtungen bekannten Parameter b unter Wahl des Parameters a mit  $1^\circ \text{C}$  unterhalb des Warngrenzwertes „HOA warm“ ein realistisches Szenario für die Abschätzung der erforderlichen Abstände von Heißläuferortungsanlagen zu entwickeln (siehe Zeile Bemessung in Tafel 2). Bei der Festlegung der Parameter b für die Absoluttemperatur und die Differenz der beiden Lagertemperaturen kann eine Rundung auf die sichere Seite vorgenommen werden.

### 4 Modell zum Ausbau von Heißläuferortungsanlagen

Mit den in Kapitel 3 getroffenen Klassifikationen lassen sich nun auch bestehen-

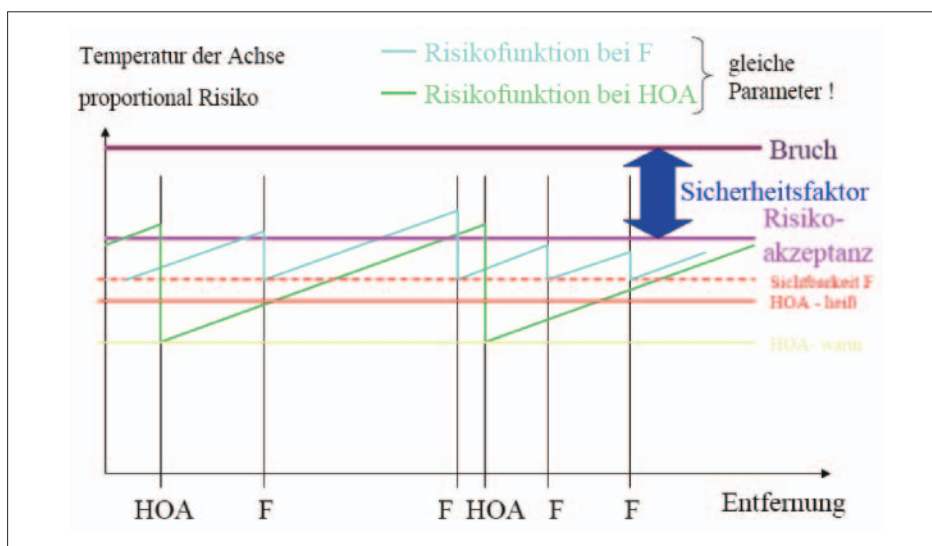
	a (Abs)	b (Abs)	a (Diff)	b (Diff)
Beobachtung	53,8	0,0196	18	0,0566
Spezialfall	25	0,037	-	-
„Worst“ case	85	0,037	33	0,1351
Bemessung	69	0,040	49	0,15

**Tafel 2: Parameter a und b bei exponentiellem Typ**



**Bild 4: Absoluttemperatur und Differenz bei einem exponentiellen Heißläufer**

## Betrieb und Verkehr



**Bild 5:** Risikomodelle zur Abstandswahl von Heißläuferortungsanlagen

de Ausbaukonzepte für Heißläuferortungsanlagen weiterentwickeln. Zieht man den linearen Fall als Bemessungsgrundlage heran, lässt sich über den mittleren Anstieg der Temperatur gemäß Bild 5 ein sinnvoller Abstand zwischen zwei Anlagen aus den Grenzwerten wählen.

Zum Vergleich ist auch die Beobachtung mittels Personal in Bild 5 enthalten. Während nämlich die menschliche Beobachtung auf die prinzipielle Sichtbarkeit des Lagers angewiesen ist und daher erst reagieren kann, wenn eine gewisse Temperatur überschritten ist, bei der die Lagerteile bereits glühen, ist beim Einsatz von technischen Anlagen eine frühzeitige Erkennung möglich und dies vor allem beim linearen Typ. Weiters kann berücksichtigt werden, dass durch ein bestehendes Netz an Zugbeobachtungsstellen ein gewisses Risikoakzeptanzniveau

vorgegeben wird, dass im Sinne einer „gleichen Sicherheit wie bisher“ auch im Zuge einer technischen Lösung zumindest erreicht werden soll.

Durch die frühere Erkennbarkeit eines potentiellen linearen Heißläufers kann man für größere Abstände zwischen den Heißläuferortungsanlagen gegenüber den menschlichen Beobachtungsposten argumentieren. Als Bemessungsgrundlage kann auch hier der Fall herangezogen werden, dass am vorangehenden Standort die Lagertemperatur (oder aber auch die Differenz der beiden Lager)  $1^\circ\text{C}$  unter dem jeweils vorgegebenen Grenzwert liegt. Aus dem linearen Anstieg der beobachteten Fälle kann ein gerundeter Wert für die Abstandsermittlung herangezogen werden. Damit lassen sich nun aber bestehende Ausbaukonzepte mit geringem Aufwand auf Plausibilität prüfen.

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Durch die in der Datenanalyse gefundenen Zusammenhänge bietet sich nun erstmalig die Möglichkeit, risikoorientierte Ausbaustrategien durch praktische Beobachtungen zu ergänzen. Im Falle eines schadhafte Lagers ist die Temperatur als Indikator für das Entgleisungsrisiko als einziger Parameter als ausreichend anzusehen. Daher ist es für diesen Fall einer Entgleisung möglich, unter Heranziehung von Messwerten aus der Praxis Kosten-Nutzen-Rechnungen für einen Infrastrukturbetreiber beim Ausbau von Heißläuferortungsanlagen durchzuführen.

Durch eine flächendeckende technische Zugsbeobachtung verbessert sich auch die Aussagequalität der Einzelmessungen, da Tendenzen frühzeitig erkannt werden können und Maßnahmen entsprechend koordiniert eingeleitet werden können.

Für weitere potenzielle Unregelmäßigkeiten (beispielsweise Flachstellen) an Wagen besteht noch Forschungsbedarf, ob ähnlich einfache Parameter zur Vorhersage und Ausbauplanung gefunden werden können, die letztlich zu einem optimalen Einsatz der beschränkt vorhandenen Ressourcen führen.

### Schrifttum

- [1] Ausbaukonzept der DB-AG für HOAs von Basler & Partner.
- [2] Maly, T., Schweinzer, H., Rumpler, M.: Advances in train monitoring by networked Checkpoints. 5<sup>th</sup> IEEE International Workshop on Factory Communication Systems, TU Wien, Institut für Rechnergestützte Automation, 2004.

### Résumé

#### Optimization potential in the positioning of hot-box detectors

The interrelationships that have been established through data analysis have now made it possible for the first time to add practical observations to risk-based positioning strategies. The temperature of a damaged axle box is considered to be adequate as the sole parameter for indicating a derailment risk. By taking such derailment scenarios and adding in measurements taken in practice, infrastructure operators can now perform cost/benefit calculations when planning upgrades to their hot-box detection installations. By performing technical observations on trains over the whole network, the information value of each individual measurement can be enhanced, since trends can be detected at an early stage and any necessary measures can be optimally coordinated. There is still need for further research into other irregularities affecting rolling stock (such as wheel flats), to establish whether similar simple parameters can be found for forecasting purposes and for planning future installations, the final result of which would be to make the best possible use of the limited resources available.

### Récapitulation

#### Potentiels d'optimisation en matière d'implantation des détecteurs de boîtes chaudes

Les relations trouvées par l'analyse des données fournissent pour la première fois la possibilité de compléter des stratégies d'aménagement orientées risques par des observations pratiques. En cas de boîte d'essieu endommagée, la température est le seul paramètre à considérer comme suffisant en tant qu'indicateur du risque de déraillement. C'est pourquoi, il est possible, pour ce cas de déraillement, d'effectuer des calculs de coûts/bénéfices, en s'appuyant sur des valeurs de mesure prises dans la pratique, pour un gestionnaire d'infrastructure qui doit aménager l'implantation des détecteurs de boîtes chaudes. L'observation technique des trains sur l'ensemble du territoire permet d'améliorer la qualité des indications des mesures individuelles, car les tendances peuvent être identifiées de façon précoce et les mesures engagées ainsi en conséquence de manière coordonnée. Quant aux autres irrégularités potentielles des wagons (p.ex. les méplats), il est nécessaire de poursuivre les recherches pour savoir s'il est possible de trouver aussi des paramètres simples pour la prévision et les aménagements qui, en fin de compte, conduisent à une utilisation optimale des ressources disponibles en quantité limitée.

### Resumen

#### Potenciales de optimización en el estacionamiento de instalaciones de localización de cajas calientes

Con las relaciones encontradas en el análisis de datos existe por primera vez la posibilidad de complementar estrategias de ampliación orientadas al riesgo mediante observaciones prácticas. En caso de un rodamiento defectuoso, la temperatura ha de considerarse el único parámetro necesario como indicador de riesgo de descarrilamiento. Para este caso es por tanto posible un descarrilamiento, recurriendo a valores de medición provenientes de cálculos empíricos de costes-beneficios para un explotador de infraestructuras en la ampliación de instalaciones de lugar de corredor caliente. Mediante una amplia observación técnica de trenes mejora también la veracidad de las mediciones individuales, ya que pueden detectarse tendencias a su debido tiempo e iniciarse medidas adecuadamente coordinadas. Para otras irregularidades potenciales en vagones (por ejemplo aplanaduras), aún han de investigarse si pueden encontrarse similares parámetros sencillos para predicción y programa de ampliación, que conduzcan finalmente a una aplicación óptima de los recursos de existencia limitada.