

Hochverfügbarkeit: Definition, Einflussfaktoren und Lösungen

Martin Rosenberger / Franz Pointner

Ziel des Einsatzes hochverfügbarer Komponenten und Systeme im Eisenbahnbereich ist die Sicherstellung eines möglichst reibungslosen Betriebes. Die Herausforderung im Signaltechnikbereich liegt dabei vor allem darin, sowohl eine finanziell als auch sicherheitstechnisch maximal zufriedenstellende Lösung zu finden. Galten bisher häufig kostenintensive redundante Ausführungen als unumgänglich, haben neuere Entwicklungen alternative Ansätze im Spannungsfeld zwischen Wirtschaftlichkeit und Verfügbarkeit hervorgebracht. Neben diesen Optionen gilt es stets auch eine Reihe von Rahmenbedingungen zu beachten, welche die Grundlage für die Verfügbarkeit eines Signaltechniksystems bilden.

1 Definition von Verfügbarkeit

In der EN50126 wird Verfügbarkeit wie folgt definiert: „Die Fähigkeit eines Produkts, in einem Zustand zu sein, in dem es unter vorgegebenen Bedingungen zu einem vorgegebenen Zeitpunkt oder während einer vorgegebenen Zeitspanne eine geforderte Funktion erfüllen kann unter der Voraussetzung, dass die geforderten äußeren Hilfsmittel bereitstehen.“ [1] Hinsichtlich der hohen Vielfalt an Fachbereichen, in denen Verfügbarkeit

als Anforderung an Produkte und Systeme gestellt wird, dient diese allgemeine Formulierung im Folgenden als Basis für eine spezifischere Ableitung.

Der Grad der Verfügbarkeit eines Signaltechniksystems quantifiziert demnach die Wahrscheinlichkeit, mit der dieses System im Falle eines auftretenden Fehlers oder Defekts nicht ausfällt, sondern ohne unmittelbaren menschlichen Eingriff weiter genutzt werden kann. Dementsprechend bezeichnet Hochverfügbarkeit die Fähigkeit des Systems, trotz Ausfall einer Komponente uneingeschränkten Betrieb sicherzustellen.

1.1 Quantifizierung von Verfügbarkeit

Der Grad an Verfügbarkeit basiert daher sowohl auf der Dauer jener Zeitspanne, in der das System ohne Fehler funktioniert, als auch auf der Kürze jenes Zeitabschnittes, der für die Beseitigung auftretender Störungen benötigt wird. Die in EN50617-2 festgelegte Formel fasst die entscheidenden Punkte unter zwei Variablen zusammen und führt die Verfügbarkeit damit der Quantifizierbarkeit zu [2]

Availability A_R :

$$A_R = 100\% \frac{MTBF}{(MTBF + MTTR)}$$

MTTR steht dabei für „Mean Time To Repair“ – also für die Zeitspanne, die benötigt wird, um einen aufgetretenen Fehler zu beheben. Diese kann je nach Systemkonfiguration und Schwere des Defekts von wenigen Sekunden, etwa bei Ausführung eines Resets per Knopfdruck, bis hin zu wesentlich längeren Zeiträumen, wie etwa beim Austausch von Komponenten, reichen.

MTBF bedeutet „Mean Time Between Failures“ – also die durchschnittliche Zeitspanne zwischen dem Auftreten zweier Fehler. Sie wird grundsätzlich auf Basis der Bauteilausfallraten berechnet. Damit wird vorausgesetzt, dass der Verlust der Verfügbarkeit nur durch Bauteilausfälle begründet ist.

In der Praxis müssen jedoch neben diesem Wert zahlreiche weitere mögliche Ursachen für Störungen berücksichtigt werden. Aus signaltechnischer Sicht können derartige externe Fehlerquellen sowohl auf der gegebenen technischen Infrastruktur, als auch auf weiteren, unkalkulierbaren Einflüssen basieren. Diese können in der Berechnung der Verfügbarkeit nicht berücksichtigt werden.

Daraus lässt sich erkennen, dass zahlreiche weitere Faktoren existieren, die sowohl die MTBF als auch die MTTR und damit die Verfügbarkeit des Systems wesentlich beeinflussen können. Auch in der eingangs zitierten Definition laut EN50126 wird auf die dementsprechend „geforderten äußeren Hilfsmittel“ hingewiesen.

2 Einflussfaktoren auf Verfügbarkeit

Die hochverfügbare Funktionsfähigkeit von Signaltechniksystemen kann also laut Definition nur dann gewährleistet werden, wenn das gesamte Umfeld bestmögliche Voraussetzungen bietet. Die einflussnehmenden Faktoren lassen sich in drei Bereichen verorten:

- die gesamte Infrastruktur und Technik,
- sämtliche im Einsatz befindliche Schienenfahrzeuge und
- die Signaltechniksysteme selbst.



Bild 1: Hochfrequenz-Strecken erfordern hochverfügbare Systeme.

© istockphoto.com

2.1 Technische Rahmenbedingungen

Verschiedene Maßnahmen können maßgeblich zur Optimierung dieser Bereiche und dementsprechend zur Steigerung der Verfügbarkeit eines Systems beitragen.

Gleisanlage

Eine unzureichend gewartete Gleisanlage kann zu massiven mechanischen Belastungen auf die am Gleis montierten Radsensoren führen. Daraus resultiert eine verkürzte Lebensdauer der Sensoren. Mittels korrekter Ausführung der Instandhaltung, etwa vorschriftsmäßig ausgeführten Stopparbeiten, lässt sich die MTBF grundsätzlich erhöhen.

Schienenfahrzeuge

Flachstellen in den Rädern bewirken eine Erhöhung der mechanischen Belastungen an den Signaltechnikkomponenten am Gleis. Auch herabhängende Metallteile oder Geräte, die in unzulässigen Frequenzbereichen betrieben werden, können Störungen verursachen. Laufende Wartung und die Beachtung von Spezifikationen in der Entwicklung, der Konstruktion und im Betrieb von Schienenfahrzeugen können daher die MTBF positiv beeinflussen.

Präventive Wartung

Umfassende Diagnosemöglichkeiten können maßgeblich zur Optimierung im infrastrukturellen, fahrzeug- und signaltechnischen Bereich und dementsprechend zur Steigerung der Verfügbarkeit eines Systems beitragen [3]. Werden Trendanalysen ausgewertet und regelmäßige Wartungsdiagnosen zur Planung von Instandhaltungsarbeiten herangezogen, dann lassen sich Systemausfälle zusätzlich präventiv verhindern. Die MTTR wird signifikant verkürzt oder ist für den Verfügbarkeitsaspekt nicht mehr relevant, da entsprechende Arbeiten in der betriebsfreien Zeit eingeplant werden können.

Professionelle Kooperation

Die Konfiguration signaltechnischer Anlagen setzt Expertenwissen, Sachverstand und Detailkenntnisse über die betrieblichen Abläufe und der geltenden Vorschriften voraus, um die jeweiligen Sicherheitsanforderungen einhalten zu können. Bereits in der Planungs- und Spezifikationsphase sind die vielfältigen Konfigurationsmöglichkeiten und die damit verbundenen Anforderungen sowohl vom Betreiber als auch vom Stellwerks- und Komponentenhersteller eingehend zu diskutieren und zu verifizieren.



Bild 2: Erschwerte Bedingungen durch unzureichende Gleiswartung



Bild 3: Präventive Wartung mittels moderner Diagnosetools

Unterbringung der Komponenten

Komponenten, die in Schaltschränken verbaut werden, sind unter Umständen extremen klimatischen Bedingungen ausgesetzt, wodurch die MTBF deutlich reduziert wird. Einrichtungen zur Klimaregulierung können hier Abhilfe verschaffen.

Kabelanlage

Korrodierte Klemmstellen, falsche Aderbelegung bei sternvierverselten Kabeln sowie die Verwendung von paarig oder adrig verselten Kabeln können die Ursache für Störungen sein. Damit trägt die Nutzung neuwertiger und hochqualitativer Kabelanlagen wesentlich zur Steigerung der Verfügbarkeit bei. Moderne Achszähler bieten zudem die Möglichkeit der Implementierung Ethernet-basierter Kommunikationselemente [4].

Dokumentation

Eine fehlerhafte oder schwer verständliche Dokumentation trägt dazu bei, dass

Fehler bei der Installation, Bedienung, Wartung oder Reparatur gemacht werden, die wiederum die Ursache für Störungen sein können. Übersichtlich dokumentierte Prozesse und Spezifikationen können maßgeblich zur Fehlervermeidung sowie zur raschen Störungsbehebung beitragen.

Inbetriebnahme via Plug & Play

Umständliche Installationsarbeiten erschweren die Inbetriebnahme und den Austausch von Komponenten. Je einfacher die Handhabung, desto schneller kann eine neue oder eine Ersatzkomponente ihre Funktion aufnehmen, wodurch die MTTR verkürzt wird.

Geschultes Personal

Nicht zuletzt erhöhen unzureichende Schulungen im Personalbereich die Gefahr des Auftretens von Fehlern bei der Installation, Bedienung, Wartung

und Reparatur von Signaltechniksystemen. Diese Fehler können die Grundlage für spätere Störungen sein. Qualitative Schulungen befähigen das Personal, möglichst fehlerfrei zu arbeiten. Ursachen für auftretende Störungen können zudem schneller identifiziert und entsprechende Reparaturarbeiten zügig vorangetrieben werden.

Selbstverständlich spielen auch die Beachtung vorgegebener Wartungszyklen sowie die Einhaltung von Spezifikationen in den Bereichen Infrastruktur, Schienenfahrzeuge und Signaltechnik eine grundlegende Rolle.

Die European Railway Agency legt beispielsweise in den TSI (Technical Specifications for Interoperability) Richtlinien fest, die einer Vereinheitlichung solcher Spezifikationen dienen. Damit soll sichergestellt werden, dass unterschiedliche Produkte hinsichtlich bestimmter Richtlinien entwickelt werden, um später eine reibungslose Interoperabilität sicherzustellen.

Die in ERA/ERTMS/033281, „Interfaces between Control-Command and Signalling Trackside and other Subsystems“, beschriebenen Parameter bilden damit entscheidende Grundsteine

in der technischen Harmonisierung der oben genannten Bereiche und damit der Schaffung einer Infrastruktur, in der Signaltechniksysteme auf hochverfügbarer Ebene funktionieren können [5].

2.2 Externe, unbeeinflussbare Faktoren

Die Gemeinsamkeit aller bisher genannten Faktoren liegt in ihrer Beeinflussbarkeit. Die spezifikationsgemäße Entwicklung, regelmäßige Wartung, genaue Dokumentation oder hochqualitative Schulungen liegen im Ermessen von Hersteller, Systemintegrator und Betreiber.

Abseits dieser Einflüsse und der bereits genannten statistischen Bauteilausfallsraten treten jedoch auch umweltbedingte Faktoren auf, welche für das Auftreten von Störungen verantwortlich sein können. ÖVE EN 60721-3-3/A2 nennt hier etwa Umwelteinflüsse wie Lufttemperatur, Luftfeuchte, Temperaturänderungsgeschwindigkeit, Sonnenstrahlung, Betauung, windgetriebenen Niederschlag und vieles mehr [6]. Je nach Produktspezifikation und Anforderung sind signaltechnische und infrastrukturelle Komponenten den Ausmaßen dieser Einflüsse entsprechend widerstandsfähig zu entwickeln und zu fertigen.

Die Praxis hat gezeigt, dass neben diesen Einflüssen, die in der Produktspezifikation zu berücksichtigen sind, häufig auch weniger vorhersehbare Störungsursachen auftreten. Dazu zählen etwa elektromagnetische Impulse durch Blitzschlag oder Traktionen, aber auch Auswirkungen durch Überflutung oder Vandalismus.

3 Redundanz

In der Regel wird die gewünschte Erhöhung der Verfügbarkeit durch die Umsetzung von Redundanzstrategien erzielt. Je nach Anforderung stehen diesbezüglich Möglichkeiten in verschiedenem Umfang zur Verfügung, die wiederum mit unterschiedlichen Kostenstrukturen verbunden sind.

Grundsätzlich kann zwischen der partiellen Verdoppelung bestimmter Komponenten und der vollständig redundanten Ausführung des Gesamtsystems unterschieden werden. Speziell Letzteres ist naturgemäß mit erheblichen Mehrkosten verbunden.

3.1 Vollständige Redundanz

Redundanz kann speziell im sicherheitsrelevanten Signaltechnikbereich unter



Bild 4: Blitzschläge können Störungen verursachen.

© panthermedia.com



Bild 5: Überflutungen hinterlassen nachhaltige Beeinträchtigungen.

ETCS Lösungen

Immer wenn es darauf ankommt, hat Thales die richtige Antwort

INTEROPERABILITÄT

Durchgängiger Schienenverkehr
auch über nationale Grenzen

KAPAZITÄTserweiterungen

Bis zu 40% mehr Streckenkapazität ohne
zusätzliche Investitionen in die Infrastruktur

SYSTEMINTEGRATION

Konzeption und Lieferung nahtloser Lösungen
der Leit- und Sicherungstechnik

ENERGIEEINSPARUNGEN

Reduzierung des Energieverbrauchs
um mehr als 10%

LEBENSZYKLUSKOSTEN

Optimierte Effizienz bei Außenanlagen,
Betriebskosten und Instandhaltung

Jeden Tag werden Millionen von kritischen Entscheidungen in der Nutzung des Schienennetzes getroffen. Thales steht dabei im Mittelpunkt. Als weltweit führender Lieferant von ETCS-Technologie sorgen wir seit über 70 Jahren dafür, dass der Bahnverkehr sicherer, effizienter und umweltfreundlicher wird. Wir waren Vorreiter bei der ETCS-Einführung und unsere kundenorientierten, integrierten Technologien liefern konkurrenzlose Signal- und Steuerungslösungen. Wir helfen Entscheidungsträgern bessere Entscheidungen in kritischen Situationen zu treffen. Überall und gemeinsam mit unseren Kunden machen wir den Unterschied.

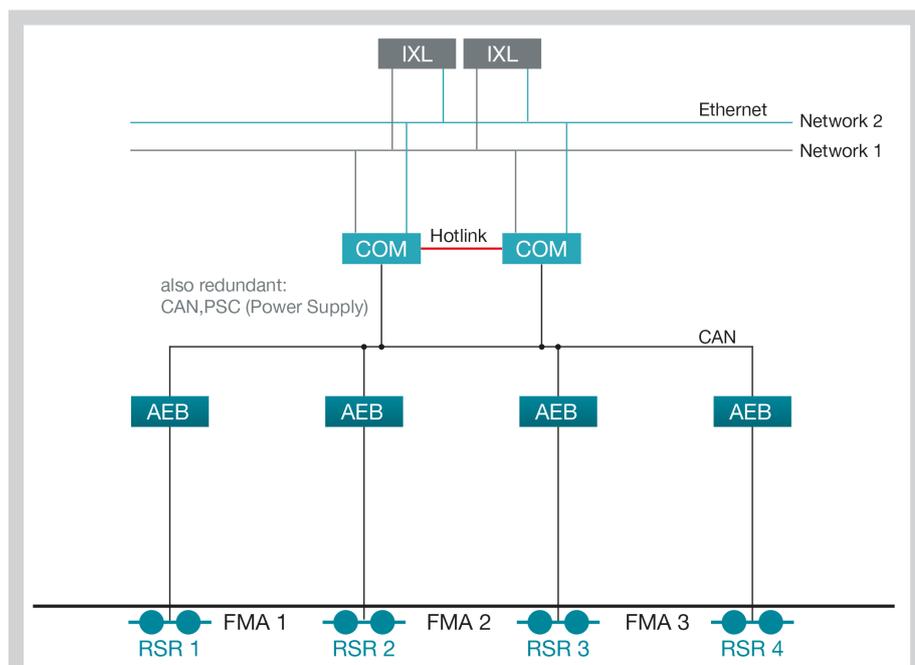


Bild 6: Redundanz an neuralgischen Punkten in der Innenanlage

Umständen unabdingbar sein. Dies gilt etwa für besonders sensible Streckenabschnitte, wie Tunnelsysteme oder schwer zugängliche Brückenabschnitte, wo schon der Einzelausfall einer Komponente zu erheblichen Verzögerungen im Betrieb führen kann.

Der hier erforderliche, höchste Grad an Systemverfügbarkeit ist letzten Endes nur durch die vollständige Verdoppelung aller Komponenten realisierbar. Jedoch kann auch in diesen Bereichen durch die Implementierung von Funktionen zur Erhöhung der Fehlertoleranz des Systems die Verfügbarkeit weiter optimiert werden.

3.2 Partielle Redundanz

Die teilweise Verdoppelung verfolgt das Ziel einer gesteigerten Verfügbarkeit bei vergleichsweise geringen Mehrkosten und wenig zusätzlichem Aufwand. Dabei werden zwei Ansätze verfolgt:

- Verdoppelung an neuralgischen Punkten („Single Points of Failure“)
- Verdoppelung besonders gefährdeter Komponenten (z. B. Außenanlage)

Verdoppelung neuralgischer Punkte

Grundsätzlich existieren in allen signaltechnischen Systemen Komponenten, deren Ausfall zu gravierenden Auswirkungen auf den Betrieb führen kann. Dabei handelt es sich etwa um Baugruppen zur Sicherung der Stromversorgung oder der Kommunikation von Achszähler und Stellwerk. Um Ausfälle

des Gesamtsystems bei einer Störung einer dieser Komponenten zu vermeiden, wird an solchen „Single Points of Failure“ meist eine redundante Ausführung gewählt.

Verdoppelung besonders gefährdeter Komponenten

Der Einsatz von Achszählern und Rad-detecktionssystemen im Signaltechnikbereich hat, wie in Abschnitt 2.2 erläutert, über Jahrzehnte hinweg gezeigt, dass ein Großteil der Störungen, die die Verfügbarkeit des Systems beeinträchtigen, vor allem in der Außenanlage verursacht wird.

Wird das Konzept einer partiellen Redundanz verfolgt, müssen demnach zur Steigerung der Verfügbarkeit die Komponenten im Außenbereich verdoppelt werden, die von diesen Einflüssen besonders betroffen sein können. Hinsichtlich der Bandbreite unterschiedlicher Störfaktoren ist jedoch selbst dann eine permanente Steigerung der Verfügbarkeit nicht gewährleistet. Zudem ist speziell die redundante Ausführung der Außenanlage häufig mit nicht zu vernachlässigenden Mehrkosten verbunden.

Insbesondere in solchen Bereichen können Überlegungen bezüglich verschiedener Optionen zur Steigerung der Verfügbarkeit bei größtmöglicher Wirtschaftlichkeit gewinnbringend ansetzen, da hier auch alternative Ansätze zur Erhöhung der Fehlertoleranz Möglichkeiten bieten, um den gewünschten Effekt zu erzielen.

4 Intelligente Fehlertoleranz

Intelligente, fehlertolerante Funktionen können auch im Störfall einen reibungslosen Betrieb sicherstellen. Unter bestimmten Umständen ist die Duplizierung einzelner Komponenten – oder des gesamten Systems – gar nicht nötig, um eine höhere Verfügbarkeit zu erzielen.

Durch die Erhöhung der systemimmanenten Fehlertoleranz ist das System in der Lage, im Störfall – insbesondere durch externe Einflüsse – durch die Aktivierung intelligenter Funktionen den Betrieb aufrechtzuerhalten. In vielen Fällen kann dadurch die gewünschte Erhöhung der Verfügbarkeit erreicht werden.

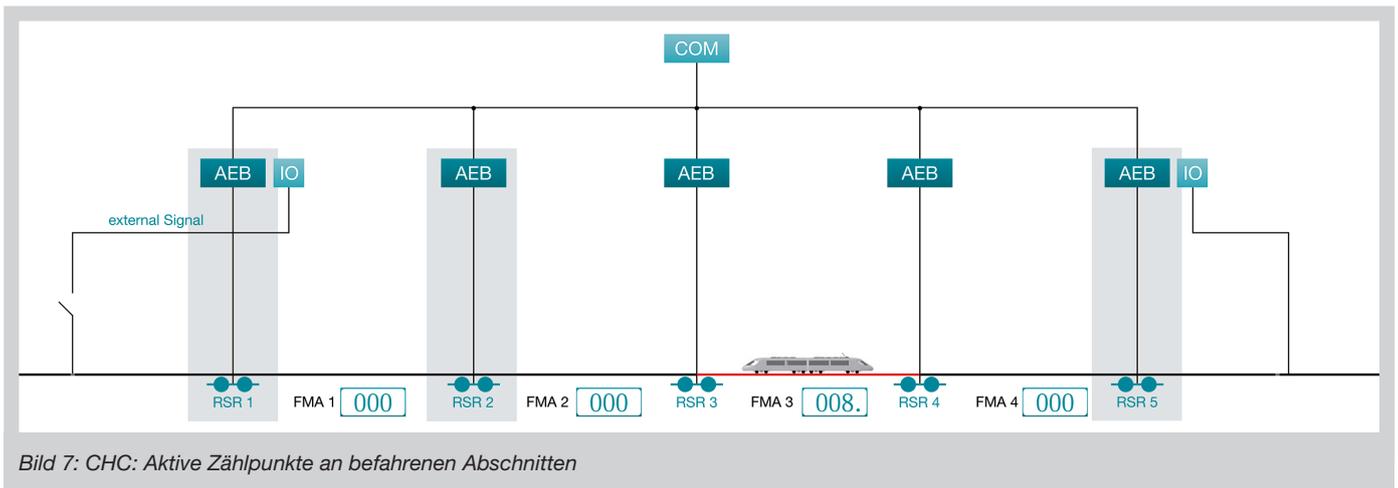
Unter Einhaltung der vorgegebenen Designvorgaben und der konsequenten Berücksichtigung der Sicherheitsrichtlinien kann ausgeschlossen werden, dass durch den Einsatz fehlertoleranter Funktionen das Sicherheitsniveau beeinträchtigt wird.

Als Praxisbeispiele dienen im Folgenden zwei innovative Funktionen, welche Frauscher mit der neuen Generation des Frauscher Advanced Counters, dem FAdC R2, zur Verfügung stellen kann [7]. Mit Hilfe dieser Funktionen lässt sich die Verfügbarkeit des Gesamtsystems auch in Extremsituationen auf wirtschaftliche Weise weiter steigern. Dabei werden zwei unterschiedliche Ansätze verfolgt.

4.1 Unterdrückung von Störungsmeldungen

Das Prinzip Counting Head Control, kurz CHC, dient der grundsätzlichen Vermeidung von Störungsmeldungen, die durch unabwendbare Einflüsse hervorgerufen werden. Sind die angrenzenden Freimeldeabschnitte frei, wird der Zählpunkt in einen Stand-by-Modus versetzt. In diesem Ruhezustand kann eine frei konfigurierbare Anzahl an unerwünschten Bedämpfungen unterdrückt werden. Somit wird durch eine kurzzeitige Beeinflussung keine Stör- bzw. Besetzt-Meldung generiert; eine Grundstellung ist nicht notwendig. Herannahende Fahrzeuge schalten den Stand-by-Modus aus, werden sicher detektiert und ausgegeben. Die patentierte Funktionalität erfüllt bei richtiger Anwendung die Ansprüche an Sicherheit gemäß SIL4. Auslöser für derartige Störeinflüsse sind etwa:

- die Bedämpfung durch Werkzeuge,
- Personen am Gleis,
- Trolleys,
- und ähnliches mehr.



4.2 Automatisierte Fehlerkorrekturverfahren

Das intelligente Supervisor Track Section-Verfahren, kurz STS, korrigiert vollautomatisch unvermeidbare, externe Störeinflüsse. Unter Beachtung der allgemeinen Grundstellungsbedingungen kann so ohne Beeinträchtigung der Sicherheit die Verfügbarkeit weiter optimiert werden.

Je zwei Freimeldeabschnitte werden von einem Supervisor-Abschnitt überlagert. Dadurch ist es möglich, dass ein gestörter Freimeldeabschnitt automatisch, ohne manuellen Eingriff grundgestellt wird, wenn der zugehörige Supervisor-Abschnitt frei ist. Ebenso wird ein gestörter Supervisor grundgestellt, wenn die beiden zugehörigen Freimeldeabschnitte frei sind.

Grundsätzlich werden bezüglich Integrationstiefe in das Gesamtsystem zwei Varianten unterschieden:

Ohne Integration ins Stellwerk

Durch die automatische Korrektur kurzzeitiger, extern verursachter Fehler reduziert sich die Dauer der Störungen – und damit die MTTR – sowie die Anzahl der durch den Fahrdienstleiter durchzuführenden Grundstellungsvorgänge. Dabei ist keine Integration der Supervisor-Abschnitte in das Stellwerk erforderlich. Beispiele für typische, kurzzeitige Störeinflüsse:

- Blitzeinschläge,
- Einbau von Sensoren in der Nähe neutraler Zonen zwischen zwei Unterwerken,
- Beeinflussung der Kabelanlage.

Mit Integration ins Stellwerk

Speziell auf hochfrequentierten oder Highspeed-Strecken und oben bereits genannten, schwer zugänglichen Gleisbereichen kann neben nicht systembe-

dingten Störeinflüssen bereits der Ausfall einzelner Komponenten zu permanenten Störungen führen, welche massive Auswirkungen auf den Fahrplan haben.

Über die Einbindung der Supervisor-Abschnitte in moderne, leistungsfähige Stellwerke können auch permanente Fehler toleriert werden, bis die Ursache ohne Beeinflussung des Betriebes behoben werden kann. Anstelle

der zwei gestörten Freimeldeabschnitte wird automatisch der zugehörige Supervisor-Abschnitt zur Gleisfreimeldung im Stellwerk verarbeitet. Die Behebung der Fehlerursache oder der Austausch einer Komponente kann somit in Wartungsfenstern ohne Zeitdruck erfolgen. Beispiele für typische, länger andauernde Störeinflüsse:

- Komponentenfehler,
- Kabelfehler.



Fulda

05.-06.11.2015

Kongress 2015

Das offizielle Heft zum

15. Internationalen

SIGNAL+DRAHT-Kongress

Versäumen Sie auf keinen Fall die

November-Ausgabe für Ihre Anzeigenschaltung!

Weitere Informationen:

Silke Härtel, Tel.: 040/237 14 227 | E-Mail: Silke.haertel@dvvmedia.com

Sie sind auch an unseren limitierten Ausstellungsflächen interessiert?

Sprechen Sie mich gern an.



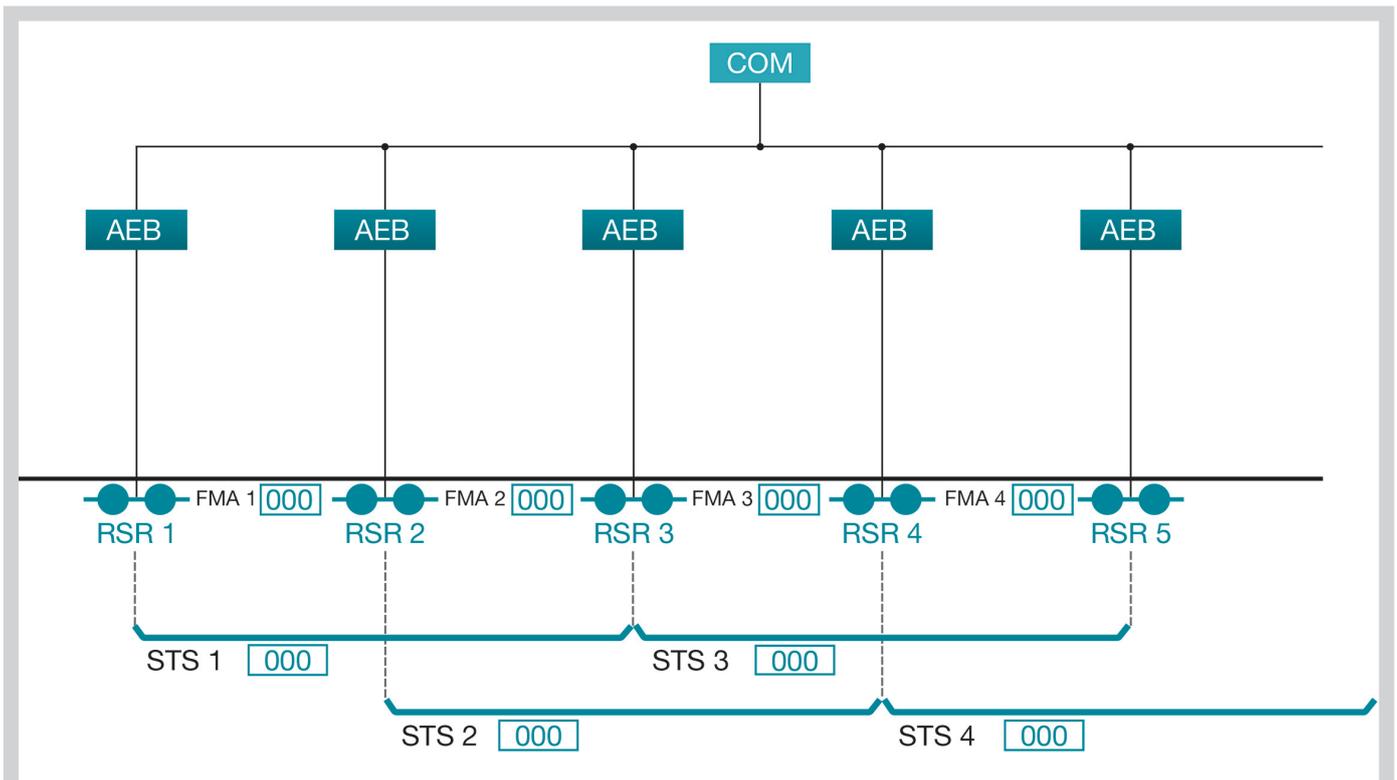



Bild 8: STS: Supervisor-Abschnitte überlagern die bestehenden Freimeldeabschnitte.

5 Ausblick und Zusammenfassung

Der Grad der Verfügbarkeit signaltechnischer Anlagen resultiert aus dem optimalen Zusammenspiel von Infrastruktur, Schienenfahrzeugen und Signaltechnik. Intelligente Funktionen moderner Achszählsysteme können zur Steigerung der Verfügbarkeit beitragen und damit einen wichtigen Schritt in der Bewältigung der Herausforderungen für signaltechnische Systeme im Spannungsfeld von Wirtschaftlichkeit und Hochverfügbarkeit darstellen.

LITERATUR

- [1] EN 50126, 1999: Bahnanwendungen. Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS)
- [2] prEN 50617-2, 2013: Railways applications – Basic parameters of train detection systems – Part 2: Axle counters
- [3] Grundnig, G.; Raschhofer, S.: Erhöhung der Verfügbarkeit durch Einsatz des Diagnosesystems FDS, SIGNAL + DRAHT, 2/2010
- [4] Lugschütz, S.; Pucher, C.: Neue Anwendungen durch Kommunikation von Achs-

- zählern über offene Netzwerke. SIGNAL + DRAHT, 10/2014
- [5] ERA/ERTMS/033281, 2014: Interfaces between Control-Command and Signalling Trackside and other Subsystems
- [6] ÖVE EN 60721-3-3/A2, 1997: Klassifizierung von Umweltbedingungen Teil 3: Klassen von Umwelteinflußgrößen und deren Grenzwerte – Hauptabschnitt 3: Ortsfester Einsatz, wettergeschützt (IEC 721-3-3/A2: 1996)
- [7] Pucher, C.; Rosenberger, M.: Das Achszählsystem FAdC bietet Vorteile für Stellwerksintegratoren und Betreiber, SIGNAL + DRAHT, 4/2012

Die Autoren

Martin Rosenberger M.Sc.
Product Management Director
Frauscher Sensortechnik GmbH
Anschrift: Gewerbestraße 1,
A-4774 St. Marienkirchen
E-Mail:
martin.rosenberger@frauscher.com

Ing. Franz Pointner
RAMS Management Director
Frauscher Sensortechnik GmbH
Anschrift: Gewerbestraße 1,
A-4774 St. Marienkirchen
E-Mail:
franz.pointner@frauscher.com

■ SUMMARY

High availability: definition, influencing factors and solutions

The aim of using highly-available components and systems in the rail sector is to ensure that operation is as smooth as possible. In the field of signalling, the challenge lies in finding a solution that provides the highest levels of satisfaction in terms of being both cost effective and fail-safe. Previously, cost-intensive redundant designs were seen as the only option, but more recent developments have created alternative approaches that seek to reconcile the conflicting priorities of cost-effectiveness and availability. In addition to these options, a range of frame conditions as foundations for the availability of a signalling system must always be taken into consideration. The degree of availability of signalling systems results from the optimal interplay of infrastructure, rolling stock and signalling technology. Intelligent functions incorporated in modern axle counting systems can contribute to the increase of availability and therefore constitute an important step in overcoming the challenges that signalling systems face due to the conflicting priorities of cost-effectiveness and high availability.

34 Länder
1.250 Unternehmen
15.000 Triebfahrzeuge **3.000 Personen**



Die Marktübersicht **Europäische Bahnen** liefert Ihnen zum Bahnmarkt in Europa einen aktuellen Überblick.

Ihre Vorteile:

- Wettbewerbsvorteil gegenüber Wettbewerbern
- noch schnellere Handhabung mit der Web App
- bessere Entscheidungsfindung durch erstklassige Brancheninformationen

Jetzt bestellen:

Telefon: 040-237 14-440 | **Fax:** 040-237 14-450 | **E-Mail:** buch@dvvmedia.com
oder per Post an: DVV Media Group GmbH, Kundenservice, 74590 Blaufelden

Preis: EUR 229,- (inkl. MwSt, zzgl. Versand) | **Sonderpreis für RBS-Abonnenten:** EUR 193,90 (inkl. MwSt, zzgl. Versand)

Bestellen Sie online unter www.eurailpress.de/eb8



DVV Media Group

Eurail
press