

Regelung GSM-R 01

Spezifische Anforderungen für fahrzeugseitige Zugfunkanlagen im GSM-R-System

Rev.-Nr.	Datum	Verantwortung	Bemerkungen
1.0	07.09.2017	LK Fahrzeuge	Freigabe durch LK Fz
2.0	26.09.2022	AK EEF	Einarbeitung Anmerkungen EBA und AK ZZS
2.1	01.12.2022	AK EEF	Einarbeitung Anmerkungen VDV und AK EEF
2.2	23.12.2022	LK Fahrzeuge	Freigabe im Umlaufverfahren mit Ergänzung der Definition „Neue Endgeräte“

Inhaltsverzeichnis

Verzeichnisse und Verweise	3
Abkürzungsverzeichnis	3
Verweise	3
1 Allgemeines	4
1.1 Anwendungsbereich	4
1.2 Zweck	4
1.3 Gültigkeit	4
2 Technische Abgrenzung	5
2.1 Anwendungsbereich	5
2.2 Abgrenzung	5
3 Nachweis der technischen Funk-Systemkompatibilität	6
4 Verfügbarkeit / Zuverlässigkeit Cab-Radio	7
4.1 Normativer Bezug	7
4.2 Definition mit Abgrenzung zur Fahrzeugumgebung	7
4.3 MTBF-Anforderung und Nachweisführung	8
5 Fehlermanagementprozess	9
5.1 Ziel	9
5.2 Betriebserprobung	9
5.3 Informationsprozess	10
5.4 Ausfallkategorien	10
5.5 Fehlermanagement und Bewertung	10
5.6 Verifikation der berechneten MTBF-Werte	11
Anhang 1 (informativ): Ausfallkategorien GSM-R-Cab-Radio	12
Anhang 2 (informativ): Vordruck Fehlererfassung	14
Anhang 3 (informativ): Berechnungsmethode der Verfügbarkeit des GSM-R-Cab-Radios (MTBF-Berechnung)	16

Verzeichnisse und Verweise

Abkürzungsverzeichnis

EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EIRENE	European Integrated Railway Radio Enhanced Network
FRACAS	Fehlerbericht, -analyse und -korrektursystem (en: Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System)
FIT	Failure in Time
GeFo	GSM-R-Fernsprecher ortsfest
GSM-R	Global System for Mobile Communication – Rail
i.d.R.	in der Regel
MTBF	Mean Time Between Failure / Mittlere Betriebsdauer zwischen Fehlern
MDT	Mean Down Time / Mittlere Ausfallzeitdauer
MTRR	Mean Time To Repair / Mittlere Zeitdauer für die Wiederherstellung
NNTR	Notified National Technical Rule
RSC	Radio System Compatibility
SIM	Subscriber Identity Modul
ZZS	Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung

Verweise

Diese technische Regel gilt in Zusammenhang mit und in Ergänzung zu (soweit nicht anders genannt, gilt der aktuelle Stand):

[1]	TSI ZZS - Technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union
[2]	RICHTLINIE DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union
[3]	Bekanntgabe 09 - Regelwerk zu den Anforderungen an fahrzeugseitige ZZS-Komponenten und deren sichere Integration
[4]	EIRENE – Functional Requirement Specification (FRS)
[5]	EIRENE – System Requirement Specification (SRS)
[6]	DIN EN 50126-1: 2018-10 – Spezifikation und Nachweis der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) – Teil 1
[7]	DIN EN 61709:2012-01 - Elektrische Bauelemente - Zuverlässigkeit – Referenzbedingungen für Ausfallraten und Beanspruchungsmodelle zur Umrechnung
[8]	DIN IEC 60050-191 - Internationales Elektrotechnisches Wörterbuch - Teil 191: Zuverlässigkeit und Dienstgüte
[9]	DIN EN 61508-4 - Funktionale Sicherheit sicherheitsbezogener elektrischer/elektronischer/programmierbarer elektronischer Systeme - Teil 4: Begriffe und Abkürzungen
[10]	DIN EN 61703: 2017-08 - Mathematische Ausdrücke für Begriffe der Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Instandhaltungsbereitschaft
[11]	DB Netz AG: Radio System Compatibility Checks, Testfall Katalog

1 Allgemeines

1.1 Anwendungsbereich

Die Anforderungen dieser Regelung betreffen alle Cab Radios, für die eine Bewertung über die Einhaltung von Notifizierten Nationalen Technischen Regeln (NNTR) in Deutschland erfolgt. Das Dokument steht in Zusammenhang mit der Bekanntgabe 09 des AK ZZS [1] als NNTR in Deutschland. Es findet Anwendung bei einer Bewertung des fahrzeugseitigen ZZS-Teilsystems oder einer vorgezogenen Zwischenprüfung.

1.2 Zweck

Dieses Dokument enthält die Notifizierten Nationalen Technischen Regeln (NNTR) für den Einsatz von Cab Radios und dient im Rahmen eines Genehmigungsverfahrens dem Nachweis offener Punkte der TSI ZZS [1].

1.3 Gültigkeit

Diese Regelung erhält Gültigkeit nach Freigabe des LK Fahrzeuge zum Datum ihrer Veröffentlichung auf der Homepage des EBA.

Bei Änderungen des rechtlichen Rahmens mit relevanter Auswirkung auf diese Regelung, wird diese angepasst.

2 Technische Abgrenzung

2.1 Anwendungsbereich

In diesem Dokument wird als Notifizierte Nationale Technische Regel (NNTR) für ein Cab Radio festgelegt, wie die grundlegende Anforderung zur Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit für Sprachfunkkommunikation zu erfüllen ist. Die Vorgaben der TSI ZZS [1] zur Zuverlässigkeit und Verfügbarkeit beinhalten keine einzuhaltenden MTBF-Zahlenwerte und sind ein offener Punkt, der über dieses Dokument geregelt wird (TSI ZZS [1], Kapitel 4.2.1.2).

Die folgenden berechneten Werte müssen eingehalten werden:

1. *mittlere Betriebsstundenzahl zwischen Fehlern eines fahrzeugseitigen ZZS-Teilsystems, die das Herstellen einer Funksprechverbindung zwischen der Betriebszentrale und dem Triebfahrzeugführer unmöglich machen: [offener Punkt].*

2.2 Abgrenzung

Klasse B Funkssysteme in Deutschland gemäß List of Class B systems (ERA/TD/2011-11, Version 4.0) sind nicht Gegenstand dieser Regelung.

Anforderungen an fahrzeugseitige ZZS-Komponenten, deren sichere Integration in ein Fahrzeug sowie deren Bewertung sind in der TSI ZZS [1] europäisch und in der Bekanntgabe 09 des AK ZZS [3] national festgelegt und nicht Gegenstand dieser Regelung.

Die für Sprachfunk im GSM-R-System notwendige SIM-Karte ist nicht Gegenstand dieser Regelung.

Beim Nachweis der technischen Funk-Systemkompatibilität (RSC) wird davon ausgegangen, dass die infrastrukturseitigen GSM-R-Komponenten wie GSM-R-Netz, Festnetz und GeFo's ihre Tauglichkeit in separaten Prüf- bzw. Zertifizierungsprozessen nachgewiesen haben und dass die Rückwirkungsfreiheit netzseitiger Änderungen bestätigt wird.

3 Nachweis der technischen Funk-Systemkompatibilität

Die Funk-Systemkompatibilität (RSC) nach TSI ZZS [1] ist die Feststellung der technischen Kompatibilität zwischen dem jeweiligen Teil „Funkkommunikation (Sprache)“ des fahrzeugseitigen und des streckenseitigen ZZS-Teilsystems. Die Prüfung erfolgt anhand dafür notwendiger Werte entsprechend des RSC-Typs. Diese werden durch den Infrastrukturbetreiber für das Verwendungsgebiet festgelegt [11] und sind im Infrastrukturregister hinterlegt. Die Bewertung muss durch einen NoBo durchgeführt werden.

Hinweis:

Die Bewertung der Funk-Systemkompatibilität kann Bestandteil einer Zertifizierung (auf Komponenten- oder Teilsystemebene) durch einen NoBo sein. Diese Bewertung ist nicht Bestandteil dieser Regelung.

4 Verfügbarkeit / Zuverlässigkeit Cab-Radio

4.1 Normativer Bezug

Gemäß aktueller TSI ZZS [1] wird für die Funksprechverbindung zwischen Betriebszentrale und Triebfahrzeugführer die Einhaltung einer mittleren Betriebsstundenzahl zwischen Fehlern gefordert (MTBF). Die Werte werden in der TSI ZZS [1], zum Zeitpunkt der Erstellung dieser Regelung, als „offener Punkt“ geführt. Die vorliegende Regelung gilt so lange, wie der „offene Punkt“ in der TSI ZZS [1] geführt wird.

Die Einhaltung der geforderten Verfügbarkeits-/ Zuverlässigkeitswerte ist über die Nutzungsdauer durch Anwendung der Instandhaltungsvorschriften der TSI ZZS [1] und des Herstellers sicherzustellen.

4.2 Definition mit Abgrenzung zur Fahrzeugumgebung

Das Cab-Radio steht typischerweise in folgenden Ausführungen zur Verfügung:

1. **Single Mode** (nur Digitalfunk) umfasst das Zentralgerät (Steuergerät) inklusive eines oder zwei abgesetzten Bedienteilen (MMI) und eines an das Bedienteil angeschlossenen Handapparats.
2. **Dual-Mode** umfasst zusätzlich zur Single Mode Ausführung einen integrierten bzw. angeschlossenen Analogfunkanteil, der in dieser Regelung aber nicht betrachtet wird.

Maßgeblich für die MTBF Betrachtung des Cab-Radios ist sein Ausfallverhalten. Dabei sind die Baugruppen des Cab-Radios zu betrachten, die an der Funktion der Funksprechverbindung zwischen der Betriebszentrale und dem Triebfahrzeugführer (inkl. Notrufe) beteiligt sind.

Diese Betrachtung umfasst den herstellerspezifischen Teil der Cab-Radios und gilt als Grundlage für die Berechnung der Verfügbarkeit der Sprachverbindung gemäß TSI ZZS [1].

Die folgenden Hinweise sind zu beachten:

- Die Baugruppen und Steckverbinder der Baugruppen sind Bestandteil der MTBF-Betrachtung,
- die Komponenten Hörer und MMI sind Bestandteil der MTBF-Betrachtung,
- die Zuleitungskabel zum Cab-Radio inklusive ihrer Stecker sind Bestandteile der Fahrzeugeinrichtung, damit nicht MTBF-relevant (u.a. Stromversorgung, Datenleitungen, digitale Ein-/Ausgänge),
- der Lautsprecher und die Fahrzeugantenne inklusive Antennenkabel und Antennenstecker sind fest im Fahrzeug verbaut, damit nicht MTBF-relevant.
- Redundanzen (z.B. 2 MMI an einer Zentraleinheit) in der Berechnung sind nur zulässig, wenn diese betrieblich nutzbar sind.

Bei Cab-Radios, die modular mit optionalen Baugruppen ausgerüstet werden können, sind in die MTBF-Betrachtung nur die für den GSM-R-Sprachfunk relevanten Baugruppen einzubeziehen.

4.3 MTBF-Anforderung und Nachweisführung

1. Rahmenbedingungen für die MTBF-Berechnung und Nachweisführung sind
 - Mittlere Betriebsstundenzahl von 16 Stunden pro Tag,
 - Betriebsbereitschaft 23 h/ Tag,
 - Betriebsruhe 1 h/ Tag,
 - Betriebszeit Ø 5 800 h/ Jahr,
 - Nutzungsdauer 10 Jahre,
 - Reparaturzeit (MTTR) 48 h.

2. Die MTBF kann über die Häufigkeit der Ausfälle (λ = Ausfallrate) berechnet werden.

Für λ und MTBF gilt bei einer Exponentialverteilung der Ausfälle $\lambda = \frac{1}{MTBF}$.

Die MTBF einer Funktion, die aus einer seriellen Schaltung von n Teilkomponenten besteht, ergibt sich aus $MTBF_{seriell} = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n}$

3. MTBF-Anforderung an neue Endgeräte¹

Für die im Kapitel 4.2 definierten Ausführungsformen von Cab-Radios muss im Ergebnis der vorläufigen RAM-Analyse für Fehler, die das Herstellen einer Funksprechverbindung zwischen Betriebszentrale und dem Triebfahrzeugführer unmöglich machen, **mindestens ein MTBF-Wert von 13.140 Stunden** für die Hardware eingehalten werden.

Die Berechnung muss unter Berücksichtigung der technischen Abgrenzung nach Kap. 4.3, Punkt 1 erfolgen.

4. Nachweisführung

Die Berechnung der Ausfallrate ist auf Basis der DIN EN 50126-1 [1] und DIN EN 61709 [7] durchzuführen (Empfehlung siehe *Anhang 3 (informativ): Berechnungsmethode der Verfügbarkeit des GSM-R-Cab-Radios (MTBF-Berechnung)*).

Die Berechnungen zur Zuverlässigkeit / Verfügbarkeit sind dem DeBo zur Bewertung vorzulegen.

Zur Einhaltung der grundlegenden Anforderungen und der unter Kap. 4.3, Punkt 3 festgelegten nationalen Sollwerte über die gesamte Nutzungsdauer der Zugfunkanlage sind die jeweils durch den Hersteller benannten Instandhaltungsvorschriften anzuwenden.

¹ „Neue Endgeräte“ bezeichnet Zugfunkanlagen, die unter die Anwendung dieser Regelung fallen und nach dem 07.09.2017 (Inkraftsetzung der „Regelung GSM-R 01“) in den Verkehr gebracht wurden bzw. werden.

5 Fehlermanagementprozess

5.1 Ziel

Ziel des Fehlermanagementprozesses ist es, über den gesamten Lebenszyklus von Cab-Radios, gemäß DIN EN 50126-1 [6], die für die RAM-Leistungsmerkmale relevanten Daten aufzuzeichnen und zu bewerten, um Korrekturmaßnahmen einzuführen (FRACAS-Prozess in der DIN EN 50126-1).

Dabei sind:

- auftretende Ausfälle und deren Häufigkeiten zu identifizieren, zu bewerten, systematisch zu verfolgen und zu beseitigen,
- Korrektur- und Vorbeugemaßnahmen festzulegen,
- Datenbanken zur Erfassung, Auswertung und Dokumentation zu nutzen und
- die im Rahmen des Nachweises der MTBF-Anforderungen bestimmten Werte zu verifizieren.

5.2 Betriebserprobung

Um das gemäß DIN EN 50126-1 [6] geforderte Arbeitsergebnis der Phase 11 „Berichte zu den Analysen und Beurteilungen der RAMS-Leistungsmerkmale“ bezüglich der Beurteilung der Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitswerte von Zugfunkanlagen im Wirkbetrieb zeitnah vorliegen zu haben, ist für den Hersteller in bestimmten Fällen eine Betriebserprobung empfehlenswert.

Als Entscheidungskriterien für eine Betriebserprobung sind die nachfolgenden Aspekte zu berücksichtigen:

- Werden Zugfunkanlagen mit neuen Hardwarekomponenten, die einen Einfluss auf die in Kapitel 4.1 beschriebene Funksprechverbindung haben können, in Verkehr gebracht, so ist zu überprüfen, ob der in Abschnitt 4.3 geforderte MTBF-Wert erreicht wird.
- Werden Zugfunkanlagen mit neuen Softwarekomponenten, die einen Einfluss auf die in Kapitel 4.1. beschriebene Funksprechverbindung haben können, in Verkehr gebracht, so wird empfohlen, über einen definierten Zeitraum Fehler aufzuzeichnen und auszuwerten, die einen Einfluss auf die oben genannte Funksprechverbindung haben.

Bei neuen oder geänderten Zugfunkanlagen liegt es im Ermessen des Komponentenherstellers mit den Betreibern einer hinreichend großen Anzahl von Fahrzeugen, in die die Zugfunkanlage integriert wird, eine Betriebserprobung durchzuführen. Die grundsätzliche Verfahrensweise zur Durchführung der Betriebserprobung (Anzahl der Zugfunkanlagen, Meldungen, Auswertungen, Zugriffsmöglichkeiten des Komponentenherstellers) ist für die jeweilige Zugfunkanlage mit den betreffenden Betreibern abzustimmen und zu dokumentieren. Bei der Durchführung der Betriebserprobung kann z.B. eine automatische Aufzeichnung der Zugfunkanlagen oder eine händische Dokumentation durch das Personal des Betreibers umgesetzt werden.

Der Betreiber ist verpflichtet die Betriebserprobung der Zugfunkanlage zu unterstützen.

Vor Beginn der Betriebserprobung prüft die Bestimmte Stelle, ob die grundsätzliche Verfahrensweise zur Betriebserprobung den Anforderungen dieser Regelung entspricht und dokumentiert dies gegenüber dem Komponentenhersteller vorzugsweise in einer Zwischenprübscheinigung.

Hinweis: Eine Betriebserprobung dient zur Leistungsüberwachung der Zugfunkanlage und wird bei der Zertifizierung im Teilsystem nicht weiter betrachtet und führt nicht zu einem Hemmnis oder einer Beschränkung im Genehmigungsverfahren für Fahrzeuge.

5.3 Informationsprozess

Zur Erfüllung der Zuverlässigkeits- und Verfügbarkeitswerte sind die Instandhaltungsanforderungen des Komponentenherstellers einzuhalten.

Um den Fehlermanagementprozess effektiv und wirksam zu gestalten, informieren sich Komponentenhersteller und Betreiber (EVU, EIU) über Störungen und Fehler.

Weitere beteiligten Parteien wie Benannte Stellen (NoBo), Bestimmte Stellen (DeBo), Sicherheitsbehörde (EBA) sind je nach Erfordernis in den Informationsfluss (z.B. über neue Erkenntnisse, Ergebnisse, Betriebsbedingungen oder Auflagen) zeitnah einzubeziehen.

5.4 Ausfallkategorien

Die Einstufung von Ausfällen von Cab-Radios ist gemäß der Tabelle in *Anhang 1 (informativ): Ausfallkategorien GSM-R-Cab-Radio* vorzunehmen.

5.5 Fehlermanagement und Bewertung

Die Produktdokumentation des Herstellers der Zugfunkanlage muss Formulierungen zum Fehlermanagementprozess enthalten, welche Bezug auf die Bekanntgabe von Fehlern nehmen. Fehler von Cab-Radios, die eine Funksprechverbindung zwischen einer Betriebszentrale, oder eines Fahrdienstleiters und dem Triebfahrzeugführer unmöglich machen, sind vom Betreiber an den Hersteller des Cab-Radios zu melden.

Dazu kann der Vordruck in >> *Anhang 2 (informativ)* << verwendet werden.

Die Bestimmte Stelle prüft, ob diese Angaben mit dieser Regelung übereinstimmen.

Der Komponentenersteller muss im Rahmen seines Managementsystems die Schwere, Ursache, Auswirkung sowie den Umfang des Fehlers analysieren. Diese Fehler sind entsprechend >> *Anhang 1 (informativ): Ausfallkategorien GSM-R-Cab-Radio* << vom Komponentenhersteller in Abstimmung mit dem Betreiber zu kategorisieren.

Fehler der Ausfallkategorie 1 (signifikant) oder 2 (kritisch) oder Fehler, die eine bahnbetriebliche Auswirkung haben, sind vom Betreiber, bahnbetrieblich zu bewerten und der Umgang mit den gemeldeten Fehlern ist vom Betreiber in Anwendung seines Sicherheitsmanagementsystems, festzulegen.

Dabei wird unterschieden zwischen hardwarebezogenen/softwarebezogenen Ausfällen und Softwarefehlern.

1) Softwarefehler:

Werden im Rahmen des Fehlermanagementprozesses des Komponentenherstellers in Abstimmung mit dem Betreiber behandelt.

2) Hardwareausfälle und Softwareausfälle:

Softwareausfälle, die eine Instandhaltungsmaßnahme bis hin zum Komponententausch erfordern, und auch alle hardwarebedingten Ausfälle, werden im RAM-Prozess des Komponentenherstellers behandelt und im Zuge der Phase 11 „Betrieb, Instandhaltung und Leistungsüberwachung“ der EN 50126-1 [6] in der Betrachtung der Zuverlässigkeit/Verfügbarkeit des Cab-Radios berücksichtigt.

Hinweis:

Ist ein Fehler auf eine mangelhafte Anwendung der TSI ZZS [1] zurückzuführen (siehe TSI ZZS Kapitel 6.5), sind erforderliche Abhilfemaßnahmen in Abstimmung von Komponentenhersteller und Betreiber durchzuführen.

5.6 Verifikation der berechneten MTBF-Werte

Aus dem RAM-Prozess des Komponentenherstellers sind statistische Größen abzuleiten, auf deren Grundlage der MTBF-Wert des Cab-Radios unter Einbeziehung der Hardwarekomponenten, die einen Anteil an der in Abschnitt 4.1 beschriebenen Funksprechverbindung haben, berechnet werden kann. Dieser Wert ist zu verwenden, um den gemäß Abschnitt 4.3 berechneten Wert zu verifizieren.

Anhang 1 (informativ): Ausfallkategorien GSM-R-Cab-Radio

Beschreibung von Ausfallkategorien für GSM-R-Endgeräte (Zugfunkanlagen) mit Bewertungsbeispielen aus technischer und betrieblicher Sicht				
Ausfallkategorie Priorität	Ausfallkategorie gem. EN 50126-1	Geräte-Ausfallart	Technische Bewertung	Betriebliche Bewertung
1	signifikant	Totalausfall	<p>Totalausfall Auswirkung: Ausfall einer Funkverbindung zu betriebsführenden Stellen; Fehlerursache muss beseitigt werden.</p> <p>Beispiele: a) Funktionalität (Notruf, Netzwahl, funktionale Registrierung) b) wenn mehrere Fehler der Kategorie 2 vorliegen (das Gerät erfüllt die Anforderungen nur mit erheblichen Einschränkungen)</p>	<p>Totalausfall im Betrieb Betrieb wird erheblich beeinträchtigt, d.h. eine Zugfahrt ist nicht möglich oder über eine bestimmte Zeit verzögert.</p> <p>Differenzierte Bewertung in Ausfall vor Beginn bzw. während einer Zugfahrt</p> <p>Auswirkung: Kein Funkbetrieb möglich, damit keine Zugfunkkommunikation zu betriebsführenden Stellen (auch keine Notrufe) möglich:</p> <p>a) Ausfall vor Beginn einer Zugfahrt am Zuganfangsbahnhof: Es ist gem. RiL 481.0205 Abs. 9(3) zu verfahren (Die Betriebszentrale entscheidet über die weiteren betrieblichen Maßnahmen)</p> <p>b) Ausfall während einer Zugfahrt: Es ist gem. RiL 481.0205 Abs. 9(4) zu verfahren (differenzierte Vorgehensweise); Entstörungsmaßnahmen sind anzustoßen;</p> <p>Für a) und b) gilt:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ausfälle fließen in den Fehlermanagementprozess ein; - Eine Analyse auf Einzel- oder systematische Ausfälle findet statt; - Bei systematischen Ausfällen ist eine betriebliche Bewertung durch den Betreiber erforderlich, bei Einzelausfällen i.d.R. nicht.
2	bedeutend	kritischer Ausfall einer Funktion	<p>Gerät ist eingeschränkt funktionsfähig</p> <p>Auswirkung: Mindestens eine wichtige Funktion ist ausgefallen</p> <p>Beispiele: a) Ausfall einer MI- oder M-Funktion gemäß EIRENE-Spezifikation</p>	<p>Betrieb kann erheblich beeinträchtigt werden</p> <p>Auswirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - In einem Fahrzeug bzw. in dessen Einsatzbereich kann es zu erheblichen Betriebsbehinderungen kommen; - Ausfälle fließen in das Fehlermanagement ein; - Eine Analyse auf Einzel- oder systematische Ausfälle findet statt; - Bei systematischen Ausfällen ist eine betriebliche Bewertung durch den Betreiber erforderlich, bei Einzelausfällen i.d.R. nicht.

3	geringfügig	unkritischer Ausfall einer Funktion	<p>Gerät ist unkritisch beeinträchtigt</p> <p>Auswirkung: Eine Funktion ist unkritisch beeinträchtigt</p> <p>Beispiele: a) optische oder akustische Anzeigefehler am MMI</p>	<p>Betrieb kann geringfügig beeinträchtigt werden</p> <p>Auswirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Geringfügige betriebliche Beeinträchtigung möglich; - Keine betriebliche Bewertung erforderlich; - Ausfälle fließen in den Fehlermanagementprozess ein; - Eine Analyse auf Einzel- oder systematische Ausfälle findet statt.
---	-------------	-------------------------------------	---	--

Anhang 2 (informativ): Vordruck Fehlererfassung

Registrierung Nr.: Datum:	Formblatt Erfassungsbogen Fehlermanagement Zugfunk
---------------------------------	--

1. Bei wem tritt Fehler auf?			
Firma:			
Ansprechpartner/Abteilung:			
Straße Nr.:			
Land / PLZ / Ort:			
Tel.:		Fax: <input type="text"/>	Mobil: <input type="text"/>
E-Mail:			

2. Betroffene Geräte/Anlagen			
Anlagentyp:			
2.1 Analgenkomponenten			
Gerät	Produktbezeichnung	Produktnummer	Seriennummer
Zentralgerät/Zugfunkgerät			
Bedienteil 1:			
Bedienteil 2:			
Analogfunkgerät 1			
Analogfunkgerät 2			
Betroffene Komponente:	<input type="checkbox"/> Zugfunkgerät <input type="checkbox"/> Bedienteil <input type="checkbox"/> Zugfunk allgemein <input type="checkbox"/> digitaler Zugfunk	<input type="checkbox"/> Analoges Zugfunk <input type="checkbox"/> Dokumentation <input type="checkbox"/> Software Release <input type="checkbox"/> Hardware Bestandteil	<input type="checkbox"/> Analogfunkgerät <input type="checkbox"/> Produkt <input type="checkbox"/> Sonstiges
SW-Paket:			
Konfigurationsdatei: (Bitte mit anhängen, siehe Pkt9)			

3. Verwendete Schnittstellen des Zugfunkgerätes				
UIC-Wagendurchgangsleitung: <input type="checkbox"/> Ja <input type="checkbox"/> Nein				
3.1 Digitale Ein- bzw. Ausgänge				
Zugfunkgerät	Bedienteil	Eingang	Ausgang	Funktion
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
3.2 Serielle Schnittstellen:				
Angeschlossenes Gerät	Angeschlossen an welche Schnittstelle		Verwendetes Protokoll/Anwendung	
3.3 Ethernet Schnittstelle				
Angeschlossenes Gerät	Angeschlossen an welche Schnittstelle		Verwendetes Protokoll/Anwendung	

Registrierung Nr.: Datum:	Formblatt Erfassungsbogen Fehlermanagement Zugfunk
---------------------------------	--

4. Fehlerzuordnung	
Fehler trat auf am: (Datum)	
Wo trat der Fehler auf: (Zugnummer/Tz-Nummer/Baureihe)	
Fehler wurde bemerkt durch: (Triebfahrzeugführer)	
Fehler wurde vermerkt auf: (Protokollnummer)	

5. Fehlerkurzbeschreibung (markante Stich- oder Schlagworte, Kurzsatz)	
5.1 Fehlerbeschreibung (ausführliche Fehlerbeschreibung; vorgefundener Zustand; Fehlerbild / Beschreibung der Fehlfunktion (Aktion-Reaktion); Umfang; Auswirkung; Dauer; Häufigkeit; statisch oder temporär)	
5.2 Betriebsmode/Betriebsart	
Betriebsmode	Betriebsart
<input type="checkbox"/> GSM-R	<input type="checkbox"/> Zugfunk <input type="checkbox"/> Rangierfunk
<input type="checkbox"/> AZF Deutschland	<input type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> E <input type="checkbox"/> C <input type="checkbox"/> O <input type="checkbox"/> B
5.3 In welchem Funknetz tritt der Fehler auf?	
5.4 Verwendete SIM Karten (Telefonnummer; Teilnehmerprofil; in Betrieb seit)	
5.5 Fehlerszenario (bei welcher Bedienhandlung tritt der Fehler auf)	
5.6 Wie und wo offenbart sich der Fehler? (Durch welche Bedienhandlung/Funktion; wie wurde der Fehler bemerkt; an welchem Ort trat der Fehler auf)	
5.7 Fällt die Anlage aus/bleibt die Anlage bedienbar/gibt es Einschränkungen?	
5.8 Wann und wie häufig tritt der Fehler auf?	
5.9 Wie lange steht der Fehler an?	
5.10 Lässt sich der Fehler reproduzieren? (Wenn ja, wie)	
6. Was wurde bisher unternommen? (Servicehandlungen, Reparaturen, Baugruppentausch, Softwareupdate etc. Mit welchen Ergebnissen?)	
7. Wird die Sicherheit und /oder die Betriebsführung gestört? (Art und Umfang? Einschränkungen/Störungen im Betrieb/gibt es bahnbetriebliche Auswirkungen?)	
8. Priorität des Fehlers (1-signifikant/Totalausfall, 2-kritisch/kritischer Ausfall einer Funktion, 3-unkritisch/unkritischer Ausfall einer Funktion, 4- vernachlässigbar/vernachlässigbarer Ausfall einer Funktion)	

9. Anhang (Ergänzungen in Form von Dokumenten, Dateien, Traces, Screenshots, Fotos, Messprotokolle, Videos etc.)	Anzahl der Dokumente:	

Registrierung Nr.: Datum:	Formblatt Erfassungsbogen Fehlermanagement Zugfunk
---------------------------------	--

erstellt:

Ort	Datum	Name	Unterschrift

Anhang 3 (informativ): Berechnungsmethode der Verfügbarkeit des GSM-R-Cab-Radios (MTBF-Berechnung)

Berechnung der Verfügbarkeit

In diesem Abschnitt werden in Anlehnung an die DIN EN 50126-1 [6] und DIN EN 61508-4:2010 [9] die Zusammenhänge zwischen den Begriffen „mittlere Betriebsstundenzahl zwischen Ausfällen einer Funktion“, „Ausfallrate“, „Verfügbarkeit“ und „Ausfallwahrscheinlichkeit“ gezeigt.

Die „mittlere Betriebsstundenzahl“ zwischen den Fehlern kann über die Häufigkeit der Ausfälle (Ausfallrate) berechnet werden.

Diese Funktion ist in jeder gängigen Zugfunkanlage über eine serielle Anschaltung bestimmter Hardware- und Softwareteilkomponenten implementiert, deren Verfügbarkeiten die Verfügbarkeit der Funktion bestimmt.

Die Grundparameter zur Berechnung der Verfügbarkeit einer Funktion werden in der EN DIN EN 50126-1 [6], wie in der folgenden Tabelle dargestellt, definiert:

Parameter	Symbol	Erläuterung
Availability	A	Verfügbarkeit ¹
Failure Rate	λ	Ausfallrate
Mean Down Time	MDT	Mittlere Unklardauer ² (Mittlere Ausfallzeitdauer ³)
Mean Time Between Failure	$MTBF$	Mittlere Zeit zwischen Ausfällen

Anmerkungen:

- 1) 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.
Hinweis: Dieser Wert, ausgedrückt als Dezimalzahl, liegt zwischen null und eins. Wobei z.B. der Wert $A = 0,99$ bedeutet, dass eine Funktion/Produkt in 99% der Zeit verfügbar ist.
- 2) Die Zeitspanne, während der sich das Produkt in einem Unklarzustand befindet. (IEC 60050-191 [8])
- 3) Im Sinne der DIN EN 61703 [10] definiert sich die MDT als Summe aus der mittleren Reparaturzeit (MTTR) und der Zeit, die das betrachtete Gerät bei präventiven Instandhaltungsmaßnahmen außer Betrieb gesetzt ist. Sind bei Zugfunkanlagen herstellerseitig keine präventiven Instandhaltungsmaßnahmen (z.B. Tausch des GSM-R Modems alle 2000 h) geplant, so gilt $MDT = MTTR$.

Für λ und $MTBF$ gilt bei einer Exponentialverteilung der Ausfälle $\lambda = \frac{1}{MTBF}$.

Für eine Zugfunkanlage und deren Teilkomponenten kann aus Vereinfachungsgründen λ als Kehrwert von $MTBF$ angenommen werden.

Die „mittlere Betriebsstundenzahl zwischen Ausfällen“ einer Funktion (hier „Kommunikation zwischen der Betriebszentrale und Triebfahrzeug“), die aus einer seriellen Schaltung von n Hardware- und Softwareteilkomponenten besteht, ergibt sich aus

$$MTBF_{\text{seriell}} = \frac{1}{\lambda_1 + \lambda_2 + \dots + \lambda_n + L}$$

Die Kenngröße L ergibt sich aus $L = \lambda_1 * \lambda_2 * \dots * \lambda_n * MDT$. Sie ist für mehr als zwei Teilkomponenten vernachlässigbar klein.

Gemäß DIN EN 61508-4 [9] (Abschnitt 3.6.16, Anmerkung 4) ist die Ausfallrate einer Serie von Objekten die Summe der Ausfallraten von jedem Objekt. Damit lässt sich auf die Berücksichtigung von L verzichten.

Berechnung der Verfügbarkeit

Die Verfügbarkeit einer Funktion ergibt sich aus der Gleichung $A = \frac{MTBF}{MTBF+MDT}$

Berechnung der Ausfallwahrscheinlichkeit

In Abhängigkeit von der Zeit t lässt sich die Wahrscheinlichkeit P für das Auftreten eines Fehlers, wie folgt, berechnen:

$$P(t) = 1 - e^{-\lambda \cdot t}$$

Berechnung der Verfügbarkeit über den Lebenszyklus

DIN EN 50126-1 [6] unterteilt den Lebenszyklus eines Systems (einer Komponente) von der Konzeptphase bis hin zur Außerbetriebsetzung in 12 Phasen.

In der Phase 2 „*Systemdefinition und betrieblicher Kontext*“ wird die s. g. „vorläufige RAM-Analyse“ durchgeführt und die zu erwartende Verfügbarkeit rechnerisch ermittelt. Dabei basieren die für die Analyse angenommenen Ausfallraten $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ (s. o.) auf den Angaben der Zulieferer der Teilkomponenten.

Die Werte $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ können anhand der Auswertung von Ausfalldaten im Feld, Eintragungen in der Reparaturdatenbank und Ergebnisse einer Betriebserprobung abgeleitet und validiert werden.

Die DIN EN 50126-1 [6] sieht den Nachweis der RAMS-Performance in Übereinstimmung mit Phase 9 „*Systemvalidierung*“ bis Phase 11 „*Betrieb, Instandhaltung und Leistungsüberwachung*“ vor. Eine Anforderung in der Phase 9 besteht in der Erstellung und Implementierung eines Verfahrens zur Ermittlung und Bewertung von Felddaten (Gegenstand des RAM-Konzepts). In den weiteren Phasen werden über RAM-Prüfberichte (von Komponenten) und Erfassung von Ausfalldaten (Statistik) und Erfassung der RAM-Performance während der ersten Betriebsphase, die vorläufigen RAM-Analysen validiert.

Ende des Dokuments