



## Digitale Schiene Deutschland

Digitalisierung Bahnsystem (DBS)

# Generische TIMS Spezifikation High-Level funktionale Spezifikation

Train Integrity Monitoring System (TIMS)

---

Dokumenten-ID: 1000-0007-0001-0001-DE

Version: 1.0

Herausgegeben: 27.08.2024

---

Dokumenteneigner: Dr. Joachim Schlichting

DB InfraGO AG

Systementwicklung integrierte Leit- und Sicherungstechnik  
(I.IDT 23)

EUREF-Campus 17

DB Gasometer

10829 Berlin

---

Klassifizierung: DB open

---

## Freigabeinformationen

Autor	Prüfer	Herausgabe
Florian Wulff DB InfraGO I.IDT 23	Dr. Joachim Schlichting DB InfraGO I.IDT 23	Andy Grell DB InfraGO I.IDT 23

## Revisionshistorie

Version	Herausgabedatum	Erstellt von	Änderungen
0.1	13.03.2023	Christian Sommer	Initiale Version
0.2	23.05.2023	Christian Sommer	Deutsche Version
0.3	14.07.2023	Christian Sommer Florian Wulff	Entwurf Generische TIMS Spezifikation
0.4	21.07.2023	Christian Sommer Florian Wulff	Review und Überarbeitung Änderungen Fehlerbaum
0.5	15.09.2023	Christian Sommer Florian Wulff	Änderungen aus englischer Version übernommen Finaler deutscher Entwurf
0.71	04.01.2024	Florian Wulff	Überarbeitung und Ergänzungen aus v0.71 ENG
0.8	12.01.2024	Florian Wulff	Überführung Vorlage DB InfraGO
0.81	02.02.2024	Florian Wulff Christian Sommer	Überarbeitung und Korrektur Review und Überarbeitung
0.82	16.02.2024	Florian Wulff Christian Sommer	Korrektur und redaktionelle Änderungen Review und Überarbeitung
0.83	06.03.2024	Joachim Schlichting	Redaktionelle Änderungen
0.9	19.04.2024	Joachim Schlichting	Letzter Entwurf
1.0	27.08.2024	Florian Wulff Joachim Schlichting	Finalisierung v1.0

# Inhaltsverzeichnis

<b>Freigabeinformationen</b>	<b>2</b>
<b>Revisionshistorie</b>	<b>2</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>4</b>
<b>1 Ziel und Anwendungsbereich</b>	<b>5</b>
1.1 Ziel des Systems	5
1.2 Anwendungsbereich des Systems	5
1.3 Abkürzungen	5
1.4 Definitionen	6
<b>2 TIMS Spezifikation</b>	<b>10</b>
2.1 Übergeordnete TIMS-Funktionen	10
2.2 TIMS-Subfunktionen	10
2.3 Transitionen (High Level TIMS FSM, TIMS Monitoring States)	12
2.4 Risikobewertung	14
<b>3 Generische TIMS Anforderungen</b>	<b>17</b>
<b>Verweise</b>	<b>21</b>

## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: TIMS-Grundfunktionen.....	10
Tabelle 2: Generische TIMS-Anforderungen.....	20

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Definition bestätigte Zuglänge .....	7
Abbildung 2: TIMS-Definitionsübersicht.....	8
Abbildung 3: Zug, Consist, Fahrzeug Definition .....	8
Abbildung 4: Fahrtrichtungsdefinition .....	9
Abbildung 5: Beispiel einer Head, Trunk und Tail Aufteilung.....	9
Abbildung 6: Generische High Level FSM.....	12
Abbildung 7: TIMS Master FSM - Überwachungszustand .....	12
Abbildung 8: High-Level Fehlerbaum: TIMS mit SIL 4 Bestimmung der Zuglänge .....	15
Abbildung 9: High-Level Fehlerbaum: THR/TFFR Allokation für TIMS mit SIL 4 Bestimmung der Zuglänge.....	15
Abbildung 10: High-Level Fehlerbaum: TIMS mit SIL 2 Bestimmung der Zuglänge .....	16
Abbildung 11: High-Level Fehlerbaum: THR/TFFR Allokation für TIMS mit SIL 2 Bestimmung der Zuglänge .....	16

# 1 Ziel und Anwendungsbereich

---

## 1.1 Ziel des Systems

Das Train Integrity Monitoring System (TIMS) soll auf Eisenbahnfahrzeugen eingesetzt werden, um die Zugintegrität im Fahrbetrieb zu überwachen (Train Integrity Monitoring, TIM) und die Zuglänge zu ermitteln. Diese Daten sind Grundlage für die Berechnung der Zuglänge und der bestätigten Zuglänge durch den European Vital Computer (EVC).

Die Basis bildet dabei die gültige technische Spezifikation für die Interoperabilität **[TSI ZZS]**.

Mit der Bestätigung der Zugvollständigkeit durch TIMS kann der EVC die Vollständigkeit des Zuges (Train Integrity Status Information) überwachen und ein mögliches ungewolltes Kuppeln und Entkuppeln des Zuges sowie eine Änderung der Zuglänge durch Stärken oder Schwächen des Zuges erkennen. Die durch das TIMS bereitgestellte Zuglänge wird vom EVC als Input genutzt. Die daraus, durch den EVC ermittelte Zuglänge L\_TRAIN (Train Length) wird als Bestandteil der Validated Train Data durch den EVC an die ETCS-Streckenzentrale (RBC) übermittelt. Basierend auf der durch TIMS bestätigten Zugvollständigkeit und ermittelten Zuglänge, kann durch den EVC die bestätigte Zuglänge mit der Variable L\_TRAININT (Safe Train Length Information) berechnet und im Position Report an das RBC gemeldet werden.

Damit werden folgende Anwendungen übergeordneter Systeme ermöglicht:

- Verzicht auf streckenseitige Gleisfreimeldung und ggf. auf das Zugschlussignal
- Das korrekte Auflösen von Fahr- und Rangierstraßen sowie von Blockabschnitten
- Der Betriebsarten „Moving Block“ oder mit virtuellen Blöcken mittels Erkennung der Streckenbelegung und Zugtrennung durch das RBC auf der Grundlage der vom Zug empfangenen Informationen (z. B. Zugvollständigkeitsinformationen, zuvor "Level 3")
- Die Umsetzung der Funktion Folgefahrerschutz durch das RBC

---

## 1.2 Anwendungsbereich des Systems

Die Anwendung soll als Bestandteil der Leit- und Sicherungstechnik auf Eisenbahnfahrzeuge mit einer ERTMS/ETCS On-Board Unit (OBU) integriert werden.

Für die Anwendung des TIMS nicht vorgesehen sind:

- Nebenfahrzeuge (z. B. Arbeits- und Sonderfahrzeuge), Straßenbahnfahrzeuge und sonstige Schienenfahrzeuge
- Rangierbetrieb (außer in Mode SM (Supervised Manoeuvre))
- Freimeldung von Bahnübergängen

---

## 1.3 Abkürzungen

Allgemeine Abkürzungen sind im ERTMS Glossary aufgeführt **[SS023]**. Zusätzlich werden in diesem Dokument die folgenden Abkürzungen genutzt:

DAC	Digital Automatic Coupler (Digitale Automatische Kupplung)
EVC	ERTMS/ETCS European Vital Computer (Sicherer Fahrzeugrechner)
OBU	ERTMS/ETCS Onboard Unit (ETCS-Fahrzeugausrüstung)
TIM	Train Integrity Monitoring (Zugvollständigkeitsüberwachung)
TIMS	Train Integrity Monitoring System (Zugvollständigkeitsüberwachungssystem)
TSI ZZS	Technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsystem "Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung"

---

## 1.4 Definitionen

### 1.4.1 Zuglänge (L\_TRAIN)

Die Zuglänge (siehe Train Length entsprechend **[SS026]** 7.5.1.56 L\_TRAIN) bestimmt sich aus dem Abstand von der Zugspitze zum Zugende in Fahrzeuglängsrichtung (X-Achse). In einem Zugverband ist die Zuglänge die Summe der Länge aller miteinander gekuppelten Einheiten („Safe Consist Length“ inkl. Tfz, für mit DAC und TIMS ausgestattete Züge). Die Information zur Zuglänge kann durch das TIMS ermittelt und als Input für die Zuglänge L\_TRAIN (**[SS026]** 7.5.1.56 L\_TRAIN) an das ERTMS/ETCS Fahrzeuggerät (EVC) bereitgestellt werden. Der EVC übermittelt die Zuglänge als Bestandteil der Zugdaten (valid Train Data) an das RBC.

Die vom TIMS ermittelte Zuglänge wird ggf. zusätzlich durch den EVC validiert. Die Zuglänge muss das geforderte Sicherheitsintegritätsniveau (SIL 4) erreichen, dass vom EVC zur Berechnung der bestätigten Zuglänge benötigt wird. Wenn das erforderliche Sicherheitsniveau nicht allein durch die vom fahrzeugseitigen TIMS ermittelte Zuglänge erreicht werden kann, sind zusätzliche Informationen, Eingaben oder Validierungen erforderlich, die die Bestimmung der Zuglänge mit dem ausreichenden Sicherheitsintegritätsniveau ermöglichen. Das TIMS berechnet nicht die Zuglänge (L\_TRAIN).

### 1.4.2 Overall Consist Length und Safe Consist Length für den Mode SM

Die Overall Consist Length ist in ERTMS/ETCS SRS **[SS034]** 2.6.2 definiert.

Wenn der Mode SM (Supervised Manoeuvre) verwendet werden soll (z. B. für mit der DAC ausgestattete Züge), ist die Ermittlung der Safe Consist Length notwendig.

Die Overall Consist Length besteht aus den Längen der Consists vor und hinter dem Triebfahrzeug, wobei die Länge des Triebfahrzeuges bzw. der Lokomotive nicht berücksichtigt wird. Die Overall Consist Length Informationen werden durch ein externes System (z.B. TIMS) ermittelt.

Es werden die folgenden Informationen über die Zug-Schnittstelle (Train Interface) bereitgestellt:

- L\_CONSISTFRONTCABAMAX
- L\_CONSISTCABAMIN
- L\_CONSISTFRONTCABANOM
- L\_CONSISTREARCABAMAX
- L\_CONSISTREARCABAMIN
- L\_CONSISTREARCABANOM

entsprechend (**[SS119]** 2.2.2 Signals on the Serial Interface).

Basierend auf der Overall Consist Length kann der EVC die Safe Consist Length bestimmen, indem die Länge des Triebfahrzeuges, die Ausrichtung und die Seite des aktiven Führerstandes (als Zugfront) berücksichtigt werden. Falls diese Längeninformationen der Consists als Teil der gültigen Zugdaten genutzt werden, ist in diesem Fall die Zuglänge (L\_TRAIN) gleich der L\_CONSISTREARENGINEMAX (inkl. Länge des Triebfahrzeuges), da gültige Zugdaten nur erfasst und an das RBC gesendet werden können, wenn sich das führende Triebfahrzeug/der führende Führerstand an der Zugspitze befindet.

Dazu werden die folgenden Variablen durch den EVC verwendet und an das RBC gesendet (wenn Q\_SAFECONSISTLENGTH == 1):

- L\_CONSISTFRONTENGINENOM
- L\_CONSISTFRONTENGINEMIN
- L\_CONSISTFRONTENGINEMAX
- L\_CONSISTREARENGINENOM
- L\_CONSISTREARENGINEMIN
- L\_CONSISTREARENGINEMAX

entsprechend (**[SS026]** 7.4.3.4.3 Packet Number 10: Safe Consist Length Information for Supervised Manoeuvre).

### 1.4.3 Bestätigte Zuglänge (L\_TRAININT)

Die bestätigte Zuglänge (Confirmed Train Length entsprechend [SS026] 7.5.1.57 L\_TRAININT) ergibt sich aus dem Abstand zwischen der angenommenen Position der Zugspitze (Estimated Front End) zum Zeitpunkt T und der letztmöglichen Position des Zugendes (Min Safe Rear End) zum Zeitpunkt  $T_0$ . Die in Fahrtrichtung letztmögliche Position des Zugendes (Min Safe Rear End), wird dabei aus der in Fahrtrichtung letztmöglichen Position der Zugspitze (Estimated front end), zum Zeitpunkt  $T_0$ , unter Abzug der Zuglänge (Train Length) zu diesem Zeitpunkt  $T_0$  der letzten bestätigten Vollständigkeit (Train Integrity) durch den EVC berechnet.

Dazu nutzt der EVC die Inputs des TIMS für die Berechnung der Zuglänge (L\_TRAIN) und Bestätigung der Zugintegrität (Q\_INTEGRITY). Es muss beachtet werden, dass die bestätigte Zuglänge (L\_TRAININT) nicht vom TIMS berechnet wird.

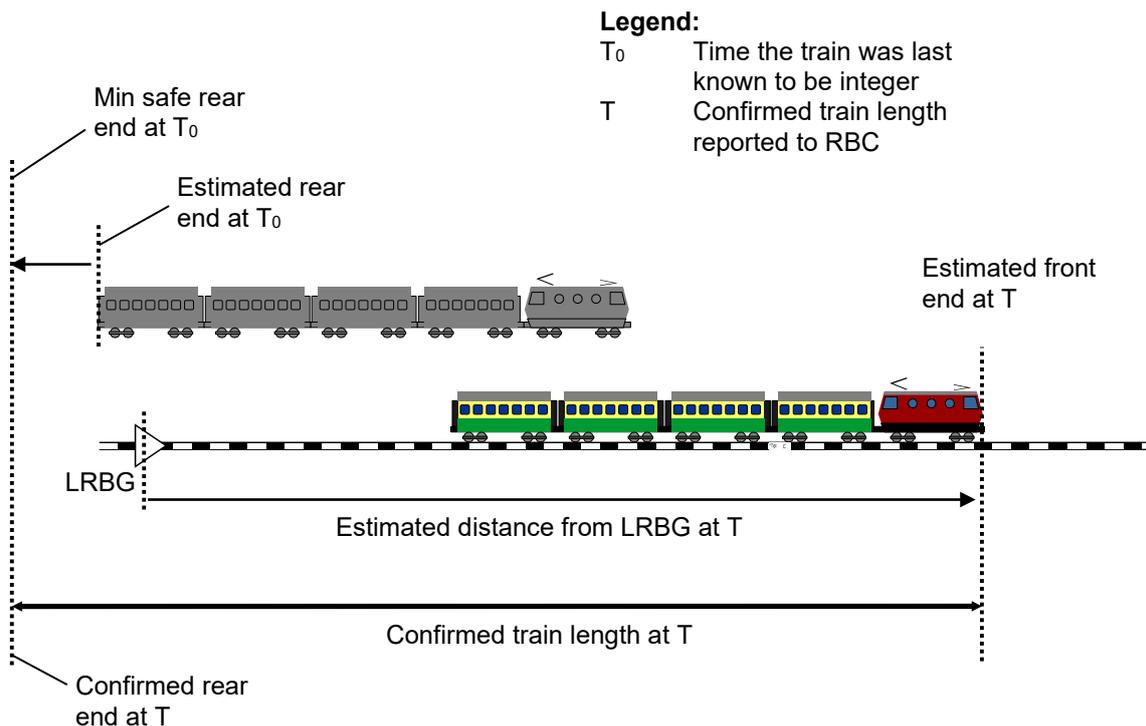


Abbildung 1: Definition bestätigte Zuglänge

### 1.4.4 Zugintegrität (Q\_INTEGRITY)

Die Zugintegrität (Zugvollständigkeit) (Qualifier for train integrity status entsprechend [SS026] 7.5.1.112 Q\_INTEGRITY) bestimmt sich durch die unveränderte Anzahl und Anordnung miteinander gekuppelter Consists bzw. Fahrzeuge nach Bestätigung bzw. Initialisierung (Taufe) des Zuges oder Zugverbands. Dies impliziert, dass alle gekuppelten Einheiten mechanisch miteinander verbunden sind und sich kohärent bewegen (mit ungefähr gleicher Geschwindigkeit und in die gleiche Richtung).

Für das fahrzeugseitige Zugsicherungs- und Steuerungssystem bedeutet eine bestätigte Zugintegrität, dass die unveränderte Zuglänge (L\_TRAIN) zur Bestimmung des Min Safe Rear Ende als Abstand zum Estimated Front End genutzt werden kann. Dadurch wird die bestätigte Zuglänge berechnet und an das RBC gesendet. Diese Information kann streckenseitig als die letztmögliche Position des Zugendes genutzt werden, für die Funktion des Folgefahrerschutzes.

### 1.4.5 TIMS Definition

Ein Zugvollständigkeitsüberwachungssystem (TIMS) ist für Zugsicherungs- und Steuerungssysteme (z. B. ERTMS/ETCS), bei denen auf streckenseitige Gleisfreimeldeeinrichtungen (GFM) verzichtet oder reduziert werden soll, ein grundlegender Baustein. Das TIMS ermittelt die Zuglänge als Input für den EVC, überwacht die Vollständigkeit des Zuges (Zugintegrität) und erkennt mögliche (gewollte oder ungewollte) Zugtrennungen und Zugstärkungen. Es erfüllt eine

essenzielle Voraussetzung, damit der Zug auf Strecken ohne GFM den Fahrweg freimelden kann. Die Zugintegrität wird durch das TIMS ermittelt und als Input (für Train Integrity entsprechend [SS026] 7.5.1.112 Q\_INTEGRITY) an den EVC bereitgestellt. Die Train Integrity Information, die durch den EVC mit dem Position Report an das RBC übermittelt wird, setzt sich zusammen aus:

**1. dem Train Integrity Status (Variable Q\_INTEGRITY)**

- (0) No train integrity information
- (1) Train integrity confirmed by external source
- (2) Train integrity confirmed (entered) by driver
- (3) Train integrity lost

**2. die bestätigte Zuglänge (Variable L\_TRAININT)**

Abbildung 2: TIMS-Definitionsübersicht zeigt die Nomenklatur der TIMS-Komponenten, die im Weiteren genutzt wird.

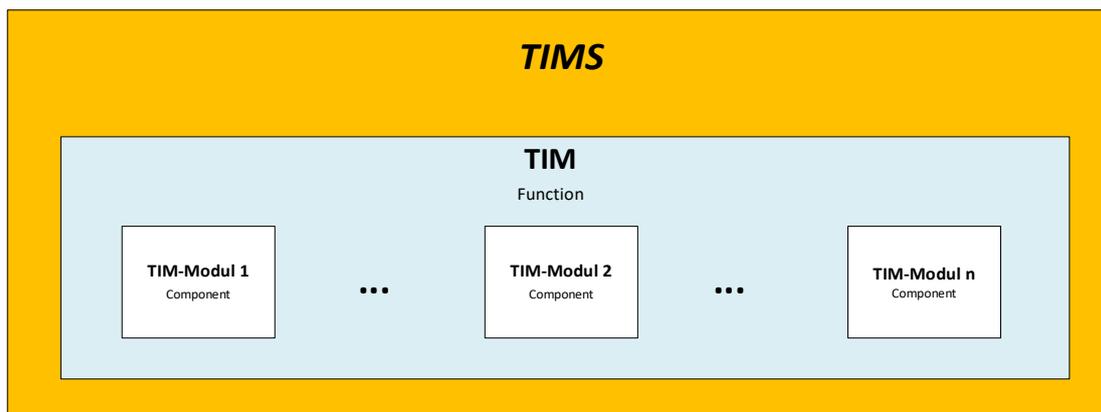


Abbildung 2: TIMS-Definitionsübersicht

**1.4.6 Definitionen der Begriffe Zug, Consist, Fahrzeug**

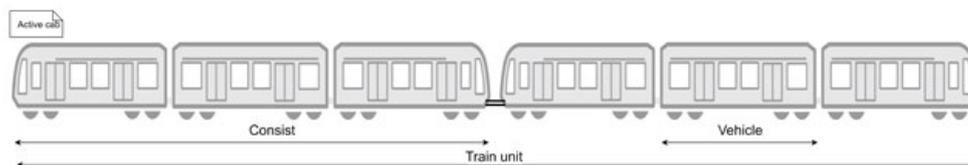


Abbildung 3: Zug, Consist, Fahrzeug Definition

Die folgenden Definitionen entsprechen [IEC61375-2-3] und sollen im Weiteren verwendet werden:

**Zug (Train) Kapitel 3.1.72**

Zusammenstellung aus einem oder mehreren Consists, deren Konfiguration sich im Betrieb ändern kann und die als eigenständige Einheit betrieben werden kann, die also Antriebe und mindestens einen Führerstand aufweist.

**Consist (Consist) Kapitel 3.1.12**

Einzelnes Fahrzeug oder Gruppe von Fahrzeugen, welche im Betrieb nicht getrennt werden.

**Fahrzeug (Vehicle) Kapitel 3.1.90**

Einzelner Wagen oder einzelne Lokomotive.

**1.4.7 Definition der betrieblichen Zugrichtung**

Die Definition erfolgt entsprechend ([IEC61375-2-3], Kapitel 3.1.48):

In diesem Dokument wird die Zugrichtung anhand der vom Triebfahrzeugführer oder Zugbegleiter gesehene Zugrichtung definiert, d.h. durch den aktiven Führerstand am äußersten Ende festgelegt.

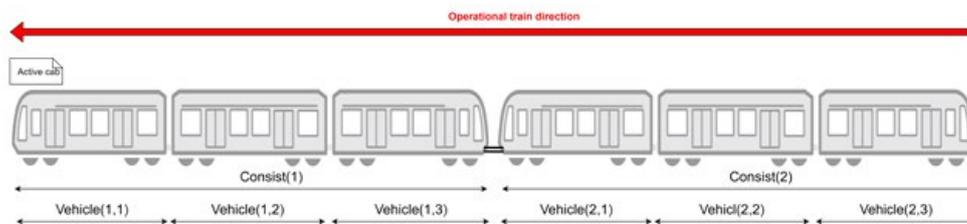


Abbildung 4: Fahrrichtungsdefinition

### 1.4.8 Definition der Orientierung eines Fahrzeuges

Die jeweiligen Enden eines Fahrzeuges sind unveränderlich und statisch definiert als "end 1" bzw. "end 2". Die Ausrichtung eines Fahrzeuges wird in Bezug auf die betriebliche Zugrichtung wie folgt definiert:

- Die Ausrichtung eines Fahrzeuges entspricht der betrieblichen Zugrichtung, wenn das Fahrzeugende "end 1" in die betriebliche Zugrichtung zeigt
- Die Ausrichtung eines Fahrzeuges ist entgegengesetzt zur betrieblichen Zugrichtung, wenn das Fahrzeugende "end 2" in die betriebliche Zugrichtung zeigt

### 1.4.9 Definitionen der Begriffe Master und Slave

In einer TIMS-Implementierung wird zwischen einem TIM-Master-Modul und den TIM-Slave-Modul(en) unterschieden.

**Master:** Ein TIM Modul nimmt den Zustand Master ein, wenn der ihm zugeordnete Führerstand aktiviert wird (Active Cab). Pro Zugverband darf es nur einen Master geben. Der Master führt die TIM-Funktionen aus.

**Slave:** Alle weiteren TIM-Module müssen sich im Zustand Slave befinden.

### 1.4.10 Definitionen der Begriffe Head, Trunk und Tail

Die Positionen der Consists im Zugverband werden als Head, Trunk und Tail bezeichnet.

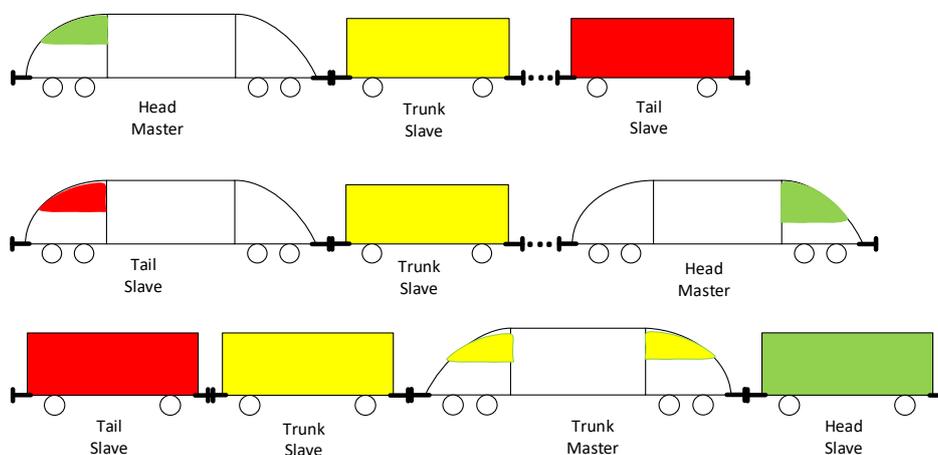


Abbildung 5: Beispiel einer Head, Trunk und Tail Aufteilung

**Head (n = 1): (Grün)** Head ist die Position des Consists, welcher nicht oder nur einseitig gekuppelt ist und welcher sich in Richtung der betrieblichen Zugrichtung vorne befindet. Der Head kann nur am Zuganfang vorkommen. Der Head ist einmalig im Zugverband und darf es nur einmal geben.

**Trunk (n = 0 bis n): (Gelb)** Trunk ist die Position eines Consists, welcher beidseitig gekuppelt ist. Ein Trunk kann beliebig häufig (jeder Consist, welcher weder Head noch Tail ist) vorkommen.

**Tail (n = 0 oder n = 1): (Rot)** Tail ist die Position des Consists, welcher nur einseitig gekuppelt ist und welcher sich in Richtung der betrieblichen Zugrichtung am Ende befindet. Ein Tail kann nur an einem Zugende vorkommen und darf es nur einmal geben.

## 2 TIMS Spezifikation

### 2.1 Übergeordnete TIMS-Funktionen

Grundsätzlich müssen zwei übergeordnete Funktionen erfüllt werden:

ID	Anforderung	Verbindlichkeit
<F1>	Bestätigung und kontinuierliche Überwachung der Zugvollständigkeit: TIM überwacht den Integritätsstatus des gesamten Zuges. TIM muss die Vollständigkeit des Zuges kontinuierlich ab Start of Mission und während des Zugbetriebs überprüfen und den Zugvollständigkeitsstatus an den EVC bereitstellen.	Muss
<F2>	Ermittlung der Zuglänge: TIM ermittelt die Zuglänge bereits vor Start of Mission. Die Zuglängeninformationen werden als Parameter der Zugdaten von dem EVC der führenden Antriebseinheit erfasst. (siehe <b>[SS026]</b> , 3.18.3.2)	Muss

Tabelle 1: TIMS-Grundfunktionen

### 2.2 TIMS-Subfunktionen

Die übergeordneten TIMS-Funktionen können wie folgt in TIMS-Subfunktionen aufgeteilt werden:

- **<SF01> Überwachung des Integritätsstatus des Zuges zwischen Fahrzeugeinheiten (Consists):**  
TIMS bestätigt und überwacht kontinuierlich die Vollständigkeit eines Zuges, wenn er aus mehreren (zwei oder mehr) Fahrzeugeinheiten (Consists) besteht. Wenn die Integrität des Zuges nicht bestätigt werden kann (z. B. die Informationen über die Integrität des Zuges nicht verfügbar sind oder verloren gehen), müssen entsprechende Informationen rechtzeitig erzeugt werden.
- **<SF02> Überwachung des Integritätsstatus des Zuges innerhalb einer Fahrzeugeinheit (Consist):**  
TIMS bestätigt und überwacht kontinuierlich die Vollständigkeit jeder Fahrzeugeinheit, die aus mehreren (zwei oder mehr) Untereinheiten (Fahrzeugen bzw. Wagen) besteht, die sich ungewollt trennen könnten.  
Diese Subfunktion ist nicht erforderlich, wenn das Versagen des mechanischen Kuppelungssystems zwischen zwei Wagen als sehr selten **[DIN VDE V 0831-103]** angesehen wird (z.B. Jakobsdrehgestelle).
- **<SF03> Berechnung der Zuglänge:**  
TIMS berechnet und bestimmt die Länge des gesamten Zuges bei Start of Mission.  
Nominale/reguläre Funktionsweise: TIMS ermittelt die Zuglänge selbstständig. Dieser Input des TIMS ist mindestens mit SIL 2 belastbar. (Die Gesamtfunktion der Zuglängenermittlung für L\_TRAIN ist SIL 4). Projektspezifisch kann für den Input des TIMS eine höhere Anforderung als Sicherheitslevel gefordert werden. Eine anschließende Bestätigung der Zugvollständigkeit durch das TIMS ermöglicht die Berechnung der bestätigten Zuglänge durch den EVC. Die technisch ermittelte L\_TRAIN wird im Data Validation

Window angezeigt. (Ggf. kann abweichend eine zusätzliche Eingabe/Ermittlung/Validierung durch den Triebfahrzeugführer oder die Strecke erforderlich sein)

- **<SF04> TIMS Master Modul festlegen:**

TIMS muss in der Lage sein das TIMS Master Modul anhand der eingelesenen Informationen, z.B. dem Status des Führerstands (aktiv) und der ETCS-Betriebsart (nicht in NL/SL), eindeutig zu identifizieren und festzulegen.

- **<SF05> Führende Fahrzeugeinheit (Head) identifizieren:**

TIMS muss in der Lage sein, den Head zu identifizieren und festzulegen, anhand der eingelesenen Informationen, z.B. dem Kupplungsstatus (auf keiner oder auf einer Seite gekuppelte Fahrzeugeinheit), der Fahrtrichtung, dem Status des Führerstands (aktiv) und ggf. ein Neighbour-TIM-Modul an der gekuppelten Seite.

- **<SF06> Letzte Fahrzeugeinheit (Tail) identifizieren:**

TIMS muss in der Lage sein, die letzte Fahrzeugeinheit eines Zuges (Tail) zu identifizieren und zu bestimmen, z. B. dem Kupplungsstatus (Einheit nur auf einer Seite gekuppelt), der Fahrtrichtung, dem Status des Führerstands (aktiv) und ein Neighbour-TIM-Module an gekuppelter Seite.

- **<SF07> Mittleres Fahrzeug (Trunk) identifizieren:**

TIMS muss in der Lage sein, alle weiteren Fahrzeugeinheiten (Trunks) vollständig im Zug zu identifizieren und zu bestimmen. Hierzu wird z. B. der Kupplungsstatus beidseitig (Fahrzeugeinheit auf beiden Seiten gekuppelt) und die Präsenz der Neighbour-TIM-Module zu beiden Seiten herangezogen.

- **<SF08> Ausgabe des Integritätsstatus an den EVC erzeugen:**

TIMS muss einen Output mit der Information bereitstellen, dass

- a) die Integrität des Zuges bestätigt ist oder
- b) die Integrität des Zuges verloren wurde, wenn es zu einer beabsichtigten oder unbeabsichtigten Zugtrennung kommt, oder
- c) die Integrität des Zuges unbekannt ist, falls die Integrität des Zuges nicht bestätigt werden kann und keine Zugtrennung festgestellt wurde.

Der Status der Zugvollständigkeit kann nur bestätigt werden, wenn zuvor die Zuglängen sicher ermittelt wurde, siehe <SF03>. Die bestätigte Zuglänge darf durch den EVC nur ermittelt und übertragen werden, wenn der Zugvollständigkeitsstatus als bestätigt sicher ermittelt wurde.

- **<SF09> Input der Zuglänge an den EVC bereitstellen:**

TIMS muss die Zuglänge als Input an den EVC bereitstellen. Dieser Input der Zuglänge kann durch den EVC als ETCS-Zuglängenparameter innerhalb der Zugdaten verwendet werden.

- **<SF10> Eingangswerte empfangen (z. B. von Zugschnittstelle oder EVC):**

TIMS erhält zugspezifische Daten (z. B. Längeninformationen der Consists), um die Zuglänge zu berechnen. TIMS kann zusätzliche Daten (Fahrtrichtung, Status der Führerstände, Neighbour-TIM-Module, Kabelschleife, mechanischer Kupplungsstatus und elektrischer Kupplungsstatus bzw. die vom TCMS ermittelte Zugkonfiguration) erhalten, um zu prüfen, ob die Fahrzeugeinheit mit einer anderen gekuppelt ist und welche Seite (Führerraum A/B) gekuppelt ist (z. B. die mechanischen Kupplungszustände), um die Consists und das Ende des Zuges zu bestimmen.

- **<SF11> TIMS Testfunktion:**

Das TIM muss über eine geeignete Testfunktion verfügen, die es ermöglicht, die korrekte und fehlerfreie Systemfunktionalität des TIMS zu überprüfen.

## 2.3 Transitionen (High Level TIMS FSM, TIMS Monitoring States)

Im Folgenden werden die High Level TIMS FSM (Finite State Machine) und TIMS Monitoring States definiert.

### 2.3.1 Übergeordnete TIMS FSM

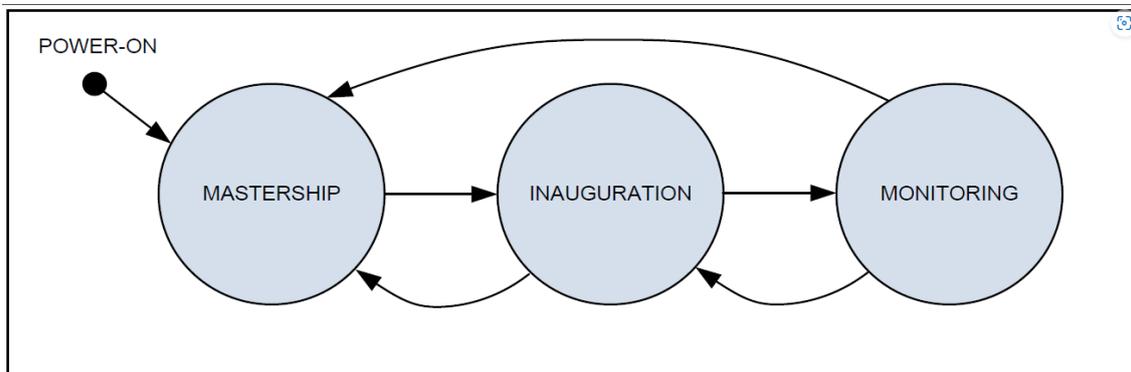


Abbildung 6: Generische High Level FSM

Der Status **MASTERSHIP** dient der Identifizierung der Rolle des TIM-Moduls (d. h. Master oder Slave).

Der Status **INAUGURATION** dient der Kopplung von TIM-Master-Modul und TIM-Slave-Modul am Zugschluss.

Der Status **MONITORING** dient der Überwachung der Zugintegrität.

### 2.3.2 TIMS Monitoring States

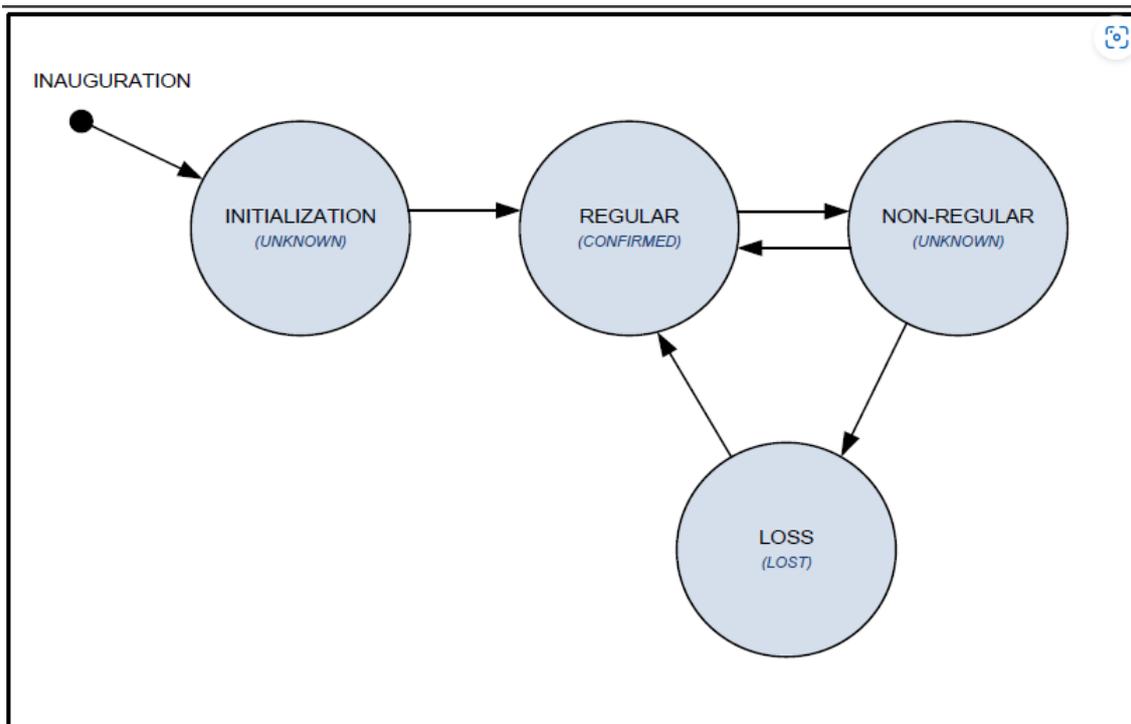


Abbildung 7: TIMS Master FSM - Überwachungszustände

**INITIALISIERUNG (I):** Der Zustand (I) ist der Initialisierungszustand des Zustands (R). Der Zustand (I) geht nur dann in den Zustand (R) über, wenn das Master-Modul innerhalb einer bestimmten Zeitspanne eine bestimmte Anzahl konsistenter Bestätigungen von den gepaarten Slave-Modulen erhält. In diesem Zustand wird der Wert "Unknown" (Unbekannt) als Zugvollständigkeitsinformation an den EVC gesendet.

**REGULÄR (R):** Nach der Initialisierungsphase (I) geht die FSM in den regulären Zustand (R) über, d. h. in den Zustand, in dem die Zugvollständigkeit zyklisch bestätigt wird. In diesem

Zustand wird der Wert "Confirmed" (Bestätigt) als Zugvollständigkeitsinformation an den EVC gesendet.

**NICHT REGULÄR (NR):** Wenn sich das Master-Modul im Zustand **(R)** befindet und innerhalb einer bestimmten Zeitspanne (timeout **(R)** zu **(NR)**) keine Meldung von den gekoppelten Slave-Modulen erhält oder keine konsistente und valide Bestätigungen empfängt, geht das FSM in den Zustand **(NR)** über. In diesem Zustand wird der Wert "Unknown" (Unbekannt) als Zugvollständigkeitsinformation an den EVC gesendet.

**LOSS (L):** Wenn sich das Master-Modul im Zustand NR befindet und innerhalb einer bestimmten Zeitspanne (timeout **(L)** zu **(NR)**) keine konsistente und valide Meldung von den gekoppelten Slave-Modulen empfängt oder eine Zugtrennung vom TIMS technisch erkannt wird, geht das FSM in den Zustand **(L)** über. In diesem Zustand wird der Wert "Lost" (Verlust) als Zugvollständigkeitsinformation an den EVC gesendet.

---

## 2.4 Risikobewertung

### 2.4.1 Gegenstände der Risikobewertung

Die folgenden beiden Funktionen <F> des TIMS sind Gegenstand der Risikobewertung:

- <F1>: **Bestimmung des Zugvollständigkeitsstatus**
- <F2>: **Bestimmung der Zuglänge**

Die Funktion zur Ermittlung der Zugkomposition, mit der beabsichtigte Kupplungs- und Entkupplungsvorgänge (Stärken bzw. Schwächen) erkannt werden können, kann separat oder unter Verwendung der Funktion zur Bestimmung der Zuglänge oder des Zugvollständigkeitsstatus realisiert werden, sofern diese mit ausreichendem Sicherheitsintegritätslevel umgesetzt sind.

### 2.4.2 High-Level Gefährdungsbaum: TIMS mit SIL 4 Bestimmung der Zuglänge

Der Gefährdungsbaum definiert als die übergeordnete Gefährdung:

- **ID1**: Falsche bestätigte Zuglänge (Confirmed Train Length): **SIL 4** entsprechend ([SS091] 9.8 EXT\_SR07)

Der Gefährdungsbaum enthält die untergeordneten Gefährdungen **ID2**: Falsche ermittelte Zuglänge, **ID3**: Unerkannte unbeabsichtigte Zugtrennung und **ID4**: Unerkannte beabsichtigte Änderung der Zugkomposition, die für die fahrzeugseitige ETCS-Fahrzeugausstattung relevant sind.

- **ID2**: Falsche ermittelte Zuglänge: **SIL 4** durch ID5:
  - **ID5**: Falsche Ermittlung der Zuglänge durch externes System (fahrzeugseitig): **SIL 4**
- **ID3**: Unerkannte unbeabsichtigte Zugtrennung: **SIL 4** durch ID6 und ID7:
  - **ID6**: Versagen der Zugintegritätsüberwachung: **SIL 2** entsprechend ([SS091] 9.9 EXT\_SR08)
  - **ID7**: Zugabriss: **SIL 2** bzw.  $\text{THR} \leq 2.61 \times 10^{-6} / \text{h}^{-1}$  entsprechend ([SS091] 10.3.2.10)
- **ID4**: Unerkannte beabsichtigte Änderung der Zugkomposition: **SIL 4** durch ID8 und ID9:
  - **ID8**: Unerkanntes beabsichtigtes Kuppeln (Stärken): **SIL 4\***
  - **ID9**: Unerkanntes beabsichtigtes Entkuppeln (Schwächen): **SIL 4\***

\*Diese dedizierten Funktionen können mit SIL 4 realisiert werden (z. B. durch Überwachung des Kupplungszustands innerhalb eines Zuges) oder durch Verwendung der Funktion zur Bestimmung der Zuglänge, oder des Zugvollständigkeitsstatus, wenn diese mit einem ausreichenden Sicherheitsniveau implementiert sind. Darüber hinaus können diese Funktionen von zusätzlichen Auslösern bzw. Events (z. B. Entkupplungsbefehle oder Tätigkeiten des Triebfahrzeugführer) und/oder betrieblichen oder technischen Regeln (z. B. bei/nach Stillstand oder nur in bestimmten und abgegrenzten Bereichen) abgesichert werden.

### 2.4.3 High-Level Gefährdungsbaum: TIMS mit SIL 2 Bestimmung der Zuglänge

Wenn die **SIL 4** Anforderung für **ID2** (Bestimmung der Zuglänge) nicht durch das (externe) fahrzeugseitige Zugsystem oder dem TIMS selbst erfüllt wird, können in **ID10** zusätzliche Maßnahmen zur Absicherung oder Validierung der Zuglänge implementiert werden. Dies kann eine **SIL-2**-Funktion zur Bestimmung der Zuglänge in **ID5** ermöglichen, wie in Abbildung 10 und Abbildung 11 dargestellt:

- **ID2**: Falsche ermittelte Zuglänge: **SIL 4** durch **ID5** und **ID10**:
  - **ID5**: Falsche Ermittlung der Zuglänge durch externes System (fahrzeugseitig): **SIL 2**
  - **ID10**: Fehlerhafte Plausibilisierung der ermittelten Zuglänge: **SIL 2**
    - **ID11**: Fehlerhafte Validierung der ermittelten Zuglänge: **SIL 2**
      - z. B. Validierung der Zuglänge durch Triebfahrzeugführer oder zusätzliche Informationen zur Zuglänge vom Triebfahrzeugführer/Rangierer.

- **ID12** Zusätzliche unabhängige Informationen zur Ermittlung der Zuglänge: **SIL 2**
  - z. B. Ermittlung, welche auf unabhängigen externen Systemen basiert (z. B. streckenseitige Achszähler, um die Anzahl der Achsen zu bestimmen)

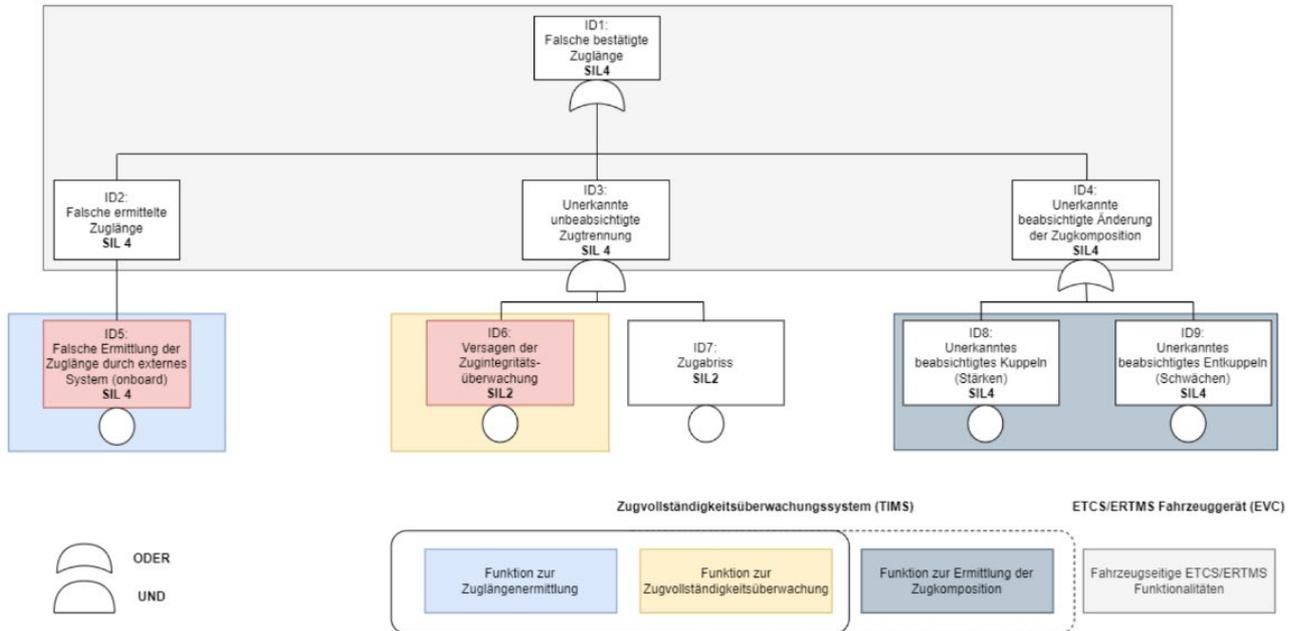


Abbildung 8: High-Level Fehlerbaum: TMS mit SIL 4 Bestimmung der Zuglänge

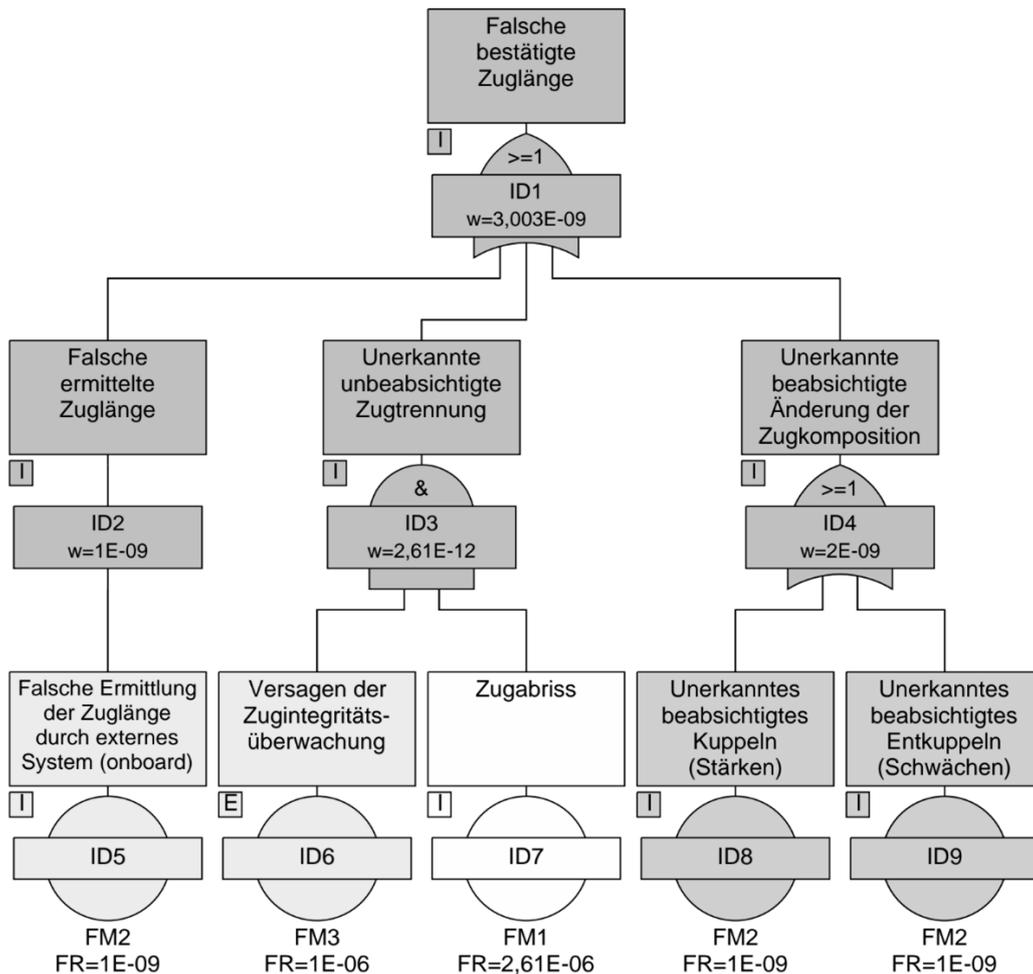


Abbildung 9: High-Level Fehlerbaum: THR/TFRR Allokation für TMS mit SIL 4 Bestimmung der Zuglänge

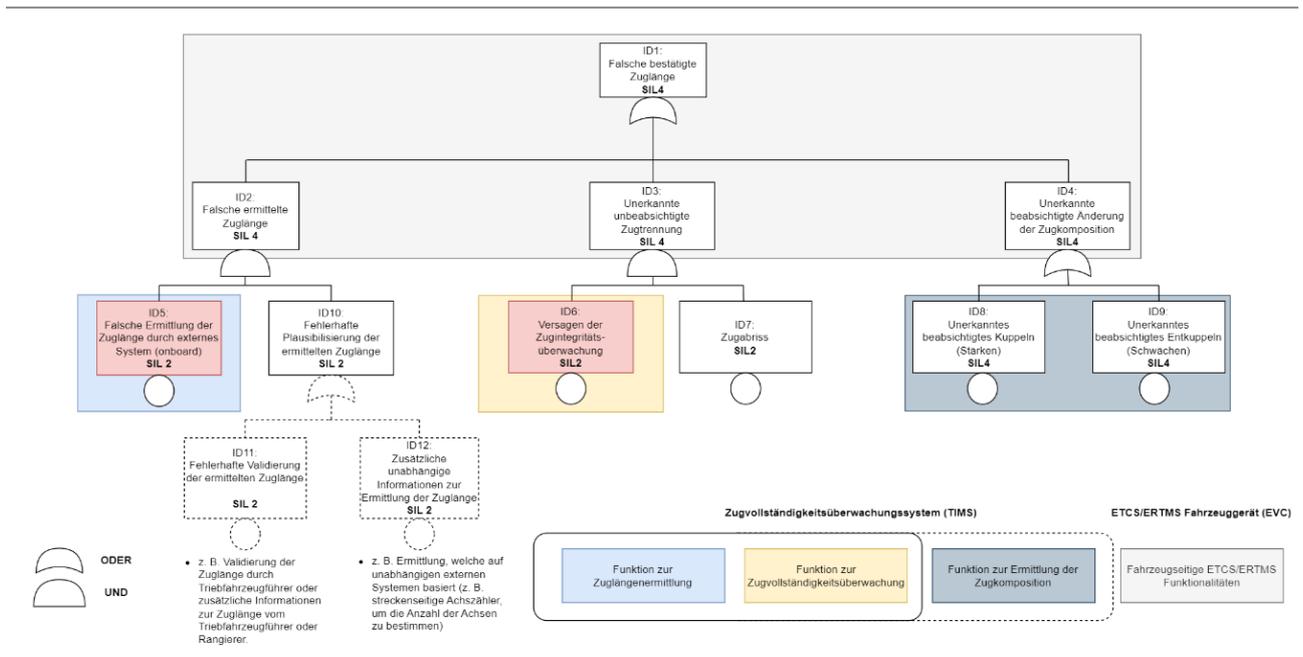


Abbildung 10: High-Level Fehlerbaum: TMS mit SIL 2 Bestimmung der Zuglänge

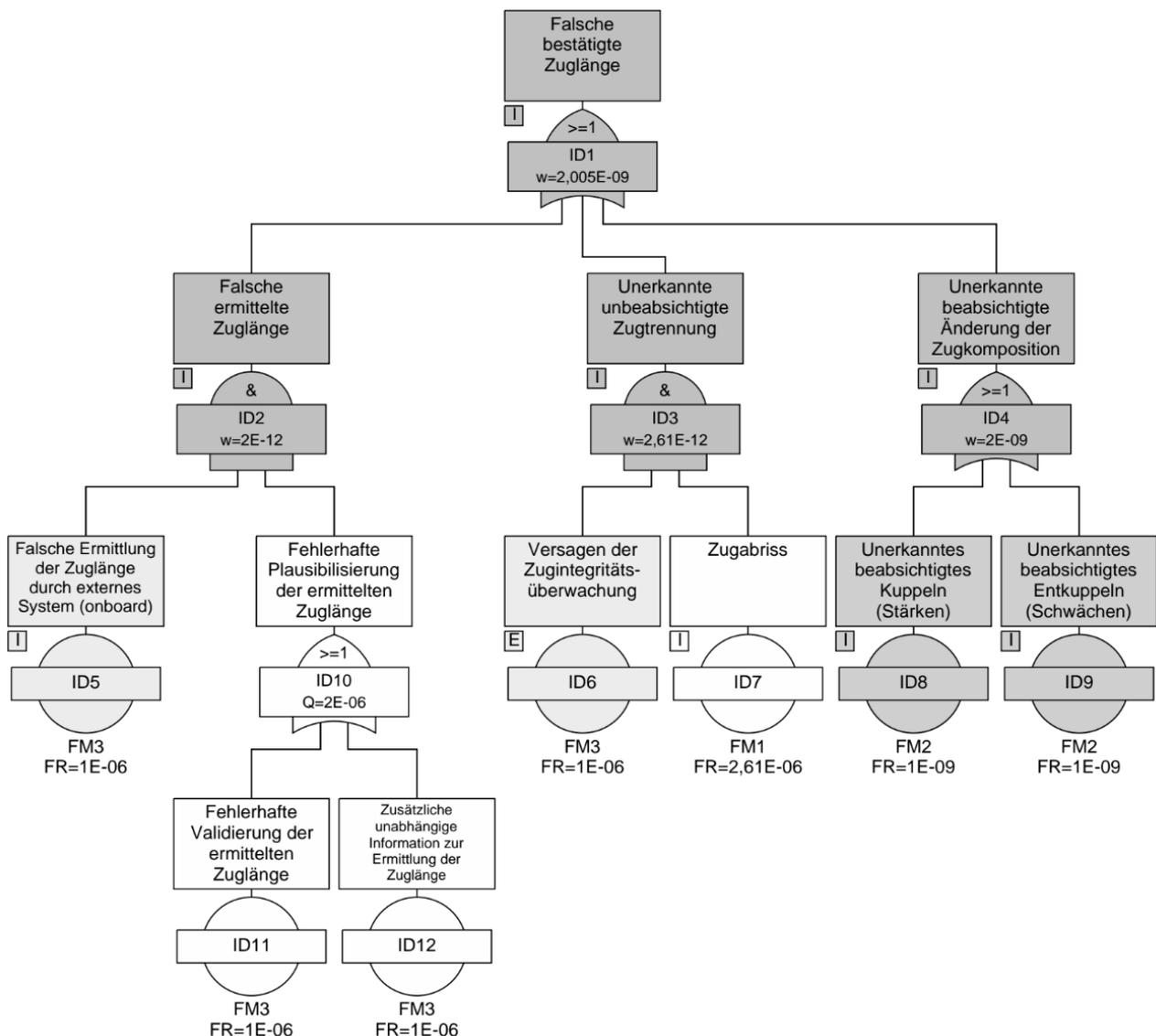


Abbildung 11: High-Level Fehlerbaum: THR/TFFR Allokation für TMS mit SIL 2 Bestimmung der Zuglänge

### 3 Generische TIMS Anforderungen

ID	Anforderung	Verbindlichkeit	Generisch	Funktional
<GA01>	Es muss mindestens die TSI ZZS 2023 und ihre mitgelieferten CRs umgesetzt werden.	Muss	X	
<GA02>	Überwachung der Zugintegrität: Das Zugvollständigkeitsüberwachungssystem (TIMS) bestätigt und überwacht kontinuierlich die Vollständigkeit (Integrität) eines Zuges, der aus mehreren (zwei oder mehr) Teilen (Fahrzeugen bzw. Wagen) besteht, die sich unbeabsichtigt trennen könnten.	Info	X	
<GA03>	Überwachung der Zugintegrität: Wenn die Zugintegrität durch TIMS nicht bestätigt werden kann (z. B. Informationen über die Zugintegrität nicht verfügbar sind, oder die Zugintegrität verloren geht), darf durch das TIMS keine Bestätigung der Zugintegrität (Q_INTEGRITY == 1) gesendet werden.	Info	X	
<GA04>	Überwachung des Integritätsstatus des Zuges (Q_INTEGRITY): Die Gesamtfunktion der Überwachung der Zugintegrität muss mindestens SIL 2 erreichen.	Muss	X	
<GA05>	Bestimmung der Zuglänge: Ein externes System oder TIMS bestimmt und berechnet die Zuglänge des gesamten Zuges, spätestens bis zur Validierung der Zugdaten.	Muss	X	
<GA06>	Bestimmung der Zuglänge: Wenn die Gesamtfunktion der Zuglängenermittlung SIL 4 erreicht (selbstständig oder ggf. durch Validierung eines SIL 2 Inputs, um entsprechend SIL 4 für L_TRAIN zu erreichen), kann mit der Bestätigung der Zugintegrität durch TIMS (Q_INTEGRITY), die Berechnung der bestätigten Zuglänge (L_TRAININT) durch den EVC erfolgen.	Muss	X	
<GA07>	Bestimmung der Zuglänge: Wenn die Gesamtfunktion der Zuglänge nicht SIL 4 erreicht (selbstständig oder ggf. durch Validierung eines SIL 2 Inputs, um entsprechend SIL 4, für L_TRAIN zu erreichen), dann darf keine Bestätigung der Zugintegrität (Q_INTEGRITY) und damit keine Berechnung der bestätigten Zuglänge (L_TRAININT) durch den EVC erfolgen.	Muss	X	

ID	Anforderung	Verbindlichkeit	Generisch	Funktional
<GA08>	Das TIMS besteht aus den TIM-Modulen des Zuges (TIM-Master Modul und TIM-Slave-Modul(e)) und den dazugehörigen Komponenten.	Info		X
<GA09>	Es ist mindestens ein TIM-Modul jedem Consist zugeordnet.	Soll		X
<GA10>	Jedes TIM-Modul muss mindestens die Integrität und die Länge des zugeordneten Consists dem Zugvollständigkeitsüberwachungssystem (TIMS) bereitstellen.	Soll		X
<GA11>	Führenden Consist (Head) identifizieren: TIMS muss in der Lage sein den ersten Consist des Zuges als Head zu identifizieren.	Soll		X
<GA12>	Letzten Consist (Tail) identifizieren: TIMS muss in der Lage sein den letzten Consist als Tail zu identifizieren. Hinweis: Existiert nur ein Consist, gibt es keinen Tail.	Soll		X
<GA13>	Mittleren Consist (Trunk) identifizieren: TIMS muss in der Lage sein, sämtliche weitere Consists im Zug als Trunk zu identifizieren. Hinweis: Existiert nur der Head und der Tail, gibt es keinen Trunk.	Soll		X
<GA14>	Ausgabe des Zugintegritätsstatus (Q_INTEGRITY) an den EVC erzeugen: TIMS muss einen Output mit der Information bereitstellen, dass a) die Integrität des Zuges bestätigt ist, oder b) die Integrität des Zuges verloren wurde, wenn es zu einer Veränderung der Zugkomposition kommt, oder c) die Integrität des Zuges unbekannt ist, falls die Integrität des Zuges nicht bestätigt werden kann.	Muss	X	
<GA15>	Ausgabe der Zuglänge an den EVC: Ein externes System oder TIMS muss einen Output mit der Information über die Zuglänge an den EVC bereitstellen, so dass die Ausgabe der Zuglänge als ETCS-Zuglängenparameter (L_TRAIN) innerhalb der Zugdaten verwendet werden kann.	Muss	X	

ID	Anforderung	Verbindlichkeit	Generisch	Funktional
<GA16>	<p>Beabsichtigte Änderungen der Zugkonfiguration (Stärken oder Schwächen), werden mit SIL 4 (optional ggf. inklusive einer Validierung, zusätzlichen Trigger oder einem unabhängigen System mit min. SIL 2 zur Integritäts- oder Zuglängenermittlung, um entsprechend SIL 4 für die Erkennung einer beabsichtigten Änderung der Zugkonfiguration zu erreichen) erkannt.</p> <p>Hinweis: Wenn eine beabsichtigte Änderung der Zugkonfiguration stattfindet (Stärken oder Schwächen), ermittelt das TIMS die Zuglänge.</p>	Muss	X	
<GA17>	<p>Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Verlustes der Zugintegrität (Q_INTEGRITY) wird mit einer THR von <math>\leq 2,61 \cdot 10^{-6}/h</math> (SIL 2) (für Personenverkehr) angenommen ([SS091] 10.3.2.10 Max. unexpected loss of train integrity).</p> <p>Hinweis: Für den Güterverkehr bei Einsatz von Güterwagen mit Schraubenkupplungen wird die THR mit <math>\leq 6,98 \cdot 10^{-5}/h</math> angenommen.</p>	Info	X	
<GA18>	<p>Die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten einer fehlerhaften Bestätigung der Zugvollständigkeit (Q_INTEGRITY), nach Verlust der Zugintegrität, wird mit einer THR von <math>\leq 10^{-9}/h</math> (SIL 4) angenommen.</p> <p>Hinweis: Dies entspricht der Sicherheitsanforderung der bestätigten Zuglänge (L_TRAININT).</p>	Info	X	
<GA19>	<p>TIMS-Testfunktion:</p> <p>Alle Fehler des TIMS müssen spätestens nach 24 Stunden offenbart werden.</p> <p>Hinweis: Um die Sicherheitsziele des TIMS zu erreichen, ist eine Offenbarung einer Fehlfunktion durch die TIMS-Testfunktion innerhalb einer Fehleroffenbarungszeit von maximal 24 Stunden notwendig.</p>	Muss	X	
<GA20>	<p>Alle fahrzeugspezifischen Schnittstellen des TIMS und ggf. externen Systemen, sind projektspezifisch abzustimmen.</p> <p>Hinweis: Alle Schnittstellen, welche über die TSI hinausgehen und nicht spezifiziert sind, müssen abgestimmt werden. Ziel sollen generische Schnittstellen sein.</p>	Soll	X	
<GA21>	<p>Die projektspezifischen Anforderungen zur IT Security sind umzusetzen.</p>	Muss	X	

ID	Anforderung	Verbindlichkeit	Generisch	Funktional
<GA22>	Die Ausrüstung mit dem TIMS und ggf. weiteren externen System, beeinflusst nicht die Bedienung für das Stärken (Kuppeln) oder Schwächen (Entkuppeln), außer die notwendige Änderung der Zugdaten.	Muss	X	
<GA23>	Die Zuglänge muss vom TIMS oder externen Systemen, mit mit einem Fehler kleiner - 0 m / + 1 m für den gesamten Zug ermittelt und auf den nächsten ganzzahligen Wert aufgerundet werden.	Muss	X	
<GA24>	Die maximale Zeitdauer (t) zur Ermittlung und Übermittlung der Zugintegrität (Q_INTEGRITY) von TIMS an den EVC, darf für Neufahrzeuge 1,5s nicht überschreiten.  Die Zeitdauer t ergibt sich aus der folgenden Formel: $t = t_{EZ} + t_{ÜZ} + t_{ZZ}$ wobei:  Ermittlungszeit $t_{EZ}$ : Maximale Zeitdauer, um die Zugintegrität zu ermitteln.  Übertragungszeit $t_{ÜZ}$ : Maximale Zeitdauer, welche die Übermittlung und Verarbeitung der Zugintegrität benötigen.  Zykluszeit $t_{ZZ}$ : Maximales Intervall, mit welcher die Zugintegrität bereitgestellt wird.	Muss	X	
<GA25>	Die maximale Zeitdauer (t) zur Ermittlung und Übermittlung der Zugintegrität (Q_INTEGRITY) von TIMS an den EVC, darf für Bestandsfahrzeuge 3,5s nicht überschreiten.  Die Zeitdauer t ergibt sich aus der folgenden Formel: $t = t_{EZ} + t_{ÜZ} + t_{ZZ}$ wobei:  Ermittlungszeit $t_{EZ}$ : Maximale Zeitdauer, um die Zugintegrität zu ermitteln.  Übertragungszeit $t_{ÜZ}$ : Maximale Zeitdauer, welche die Übermittlung und Verarbeitung der Zugintegrität benötigen.  Zykluszeit $t_{ZZ}$ : Maximales Intervall, mit welcher die Zugintegrität bereitgestellt wird.	Muss	X	

Tabelle 2: Generische TIMS-Anforderungen

## Verweise

No.	Titel	Version	Datum
[1]	<b>[CR940]</b>	ERA_solution_for_CR940_upd_271022	2022-10-17 17.10.2022
[2]	<b>[SS023]</b>	ERTMS/ETCS, CCS TSI Appendix A - Mandatory specifications (ETCS B4 R1), SUBSET-023 v400, Glossary of Terms and Abbreviations	4.0.0 07.05.2023
[3]	<b>[SS026]</b>	ERTMS/ETCS, CCS TSI Appendix A - Mandatory specifications (ETCS B4 R1), SUBSET-026 v400, System Requirements Specification	4.0.0 07.05.2023
[4]	<b>[SS034]</b>	ERTMS/ETCS, CCS TSI Appendix A - Mandatory specifications (ETCS B4 R1), SUBSET-034 v400, Train Interface FIS	4.0.0 07.05.2023
[5]	<b>[SS091]</b>	ERTMS/ETCS, CCS TSI Appendix A - Mandatory specifications (ETCS B4 R1), SUBSET-091 v400, Safety Requirements for the Technical Interoperability of ETCS in Levels 1 & 2	4.0.0 07.05.2023
[6]	<b>[SS119]</b>	ERTMS/ETCS, CCS TSI Appendix A - Mandatory specifications (ETCS B4 R1), SUBSET-119 v400, Train Interface FFFIS	4.0.0 07.05.2023
[7]	<b>[TSI ZZS]</b>	Technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsystem "Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung"	(EU) Nr.2023/1695 gültig seit 10.08.2023
[8]	<b>[IEC61375-2-3]</b>	IEC 61375-2-3, Elektronische Betriebsmittel für Bahnen-Zug-Kommunikations-Netzwerk (TCN) -  Teil 2-3: TCN-Kommunikationsprofil (IEC 61375-2-3:2015 + COR1:2015 + COR2:2016);  Englische Fassung EN61375-2-3:2015 + AC:2016-01 + AC:2016-11	2017-02 01.02.2017
[9]	<b>[DIN VDE V 0831-103]</b>	DIN VDE V 0831-103 (VDE V 0831-103):2020-09  Elektrische Bahn - Signalanlagen - Teil 103: Ermittlung von Sicherheitsanforderungen an technische Funktionen in der Eisenbahnsignaltechnik	Vornorm 2020-09 01.09.2020