

## SR40 Zulassungskonzept COAT

# Bericht Zulassungsverfahren COAT

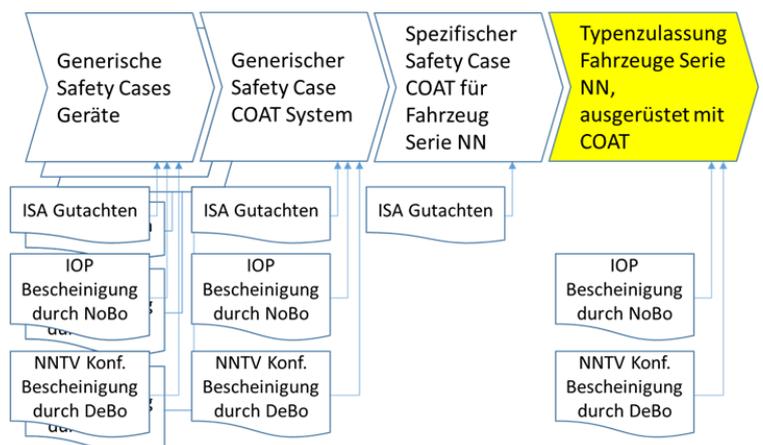
ECH-429.03-005  
Version 1.0

Auftraggeber:

SBB Informatik, Bern 65

Herausgeber:

ENOTRAC AG  
Seefeldstrasse 8  
CH-3600 Thun  
Tel. +41 33 346 66 11  
Fax +41 33 346 66 12  
[info@enotrac.com](mailto:info@enotrac.com)  
[www.enotrac.com](http://www.enotrac.com)



Freigegeben  
14.10.2019

ECH-429.03-005.V1.0.Zulassungsverfahren\_COAT.docx

© ENOTRAC AG

### Aktuelle Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1.0	14.10.2019	Freigegeben	D. Würgler	St.Schürch, J.Wallach,SBB	A. Bleiker

### Vorherige Version

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

### Änderungen seit der vorherigen Version

--

### Urheberrecht

Dieses Dokument wurde durch ENOTRAC AG im Auftrag des Kunden erarbeitet. Für das Dokument und den darin dargestellten Gegenstand erhält der Kunde das Nutzungsrecht. Die Urheberrechte liegen bei ENOTRAC AG. Vervielfältigung, Bekanntgabe an Dritte oder Verwertung seines Inhalts über die vorgesehene Nutzung hinaus sind ohne schriftliche Zustimmung verboten.  
 © ENOTRAC AG

### Bookmarks

Projekttitle	ProjTitle1	SR40 Zulassungskonzept COAT
	ProjTitle2	
Berichttitle	DocTitle1	Bericht Zulassungsverfahren COAT
	DocTitle2	
	DocTitle3	
Berichtnummer	DocNumber	ECH-429.03-005
Auftraggeber	ClientName	SBB Informatik, Bern 65
	ClientAddr	
Logos	EnoLogoHeader	
	ClientLogo1Header	
	ClientLogo2Header	
Kontakt	Contact	Dieter Würgler, Tel. +41 33 346 66 03
	Contact_Mail	dieter.wuergler@enotrac.com

Inhalt:

<b>1</b>	<b>Zusammenfassung</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Einleitung</b>	<b>6</b>
2.1	Aufgabenstellung	6
2.2	Ziele	6
2.3	Zweck des Dokuments	6
2.4	Geltungsbereich	7
2.5	Abkürzungen und Begriffe	7
<b>3</b>	<b>Regelwerk</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>System und Architektur</b>	<b>13</b>
4.1	COAT Systemumfang	13
4.2	Systemarchitektur	13
4.2.1	Generische Systemarchitektur	13
4.2.2	Betrachtete COAT-Architektur	15
<b>5</b>	<b>Umfeld</b>	<b>16</b>
5.1	Aktuelle Situation	16
5.1.1	Nachweisverfahren	16
5.1.2	Markt, Technologie	17
5.2	Ausblick, Entwicklung	17
5.2.1	Regelwerk, Nachweisverfahren	17
5.2.2	Markt, Technologie	19
<b>6</b>	<b>Nachweisführung</b>	<b>20</b>
6.1	Hierarchie und logische Reihenfolge der generischen Sicherheitsnachweise für COAT	20
6.2	Generischer Sicherheitsnachweis für jedes Gerät / Teilsystem	21
6.3	Generischer Sicherheitsnachweis für EVC	22
6.4	Generischer Nachweis für Geräte ohne Sicherheitsverantwortung	23
6.5	Generischer Sicherheitsnachweis für das System COAT	24
6.6	Spezifischer Sicherheitsnachweis für COAT auf Fahrzeug Typ NN	25
<b>7</b>	<b>Unabhängige Prüfung</b>	<b>26</b>
7.1	Unabhängige Sicherheitsbegutachtung gemäss CENELEC	26
7.2	Prüfung durch Sachverständige gemäss BAV Richtlinien	26
7.3	Prüfung und Bestätigung der Interoperabilität	26
7.4	Konzeptvorschlag für unabhängige Prüfung	28
<b>8</b>	<b>Zulassung</b>	<b>30</b>
8.1	Grundsatz	30
8.2	Typenzulassung der Geräte	30
8.3	Typenzulassung des Systems COAT	31

8.4	Typenzulassung der Fahrzeuge	32
8.5	Typenzulassung des Verfahrens	34
8.5.1	Kategorien der Änderungen	34
<b>9</b>	<b>Testinfrastruktur und Testkonzept</b>	<b>36</b>
9.1	Testlabor des Systemführers	36
9.2	Testfahrzeug und Teststrecke des Systemführers	36
9.3	Minimale Regressionstests	37
<b>10</b>	<b>Anwendungsfälle</b>	<b>38</b>
10.1	Erstzulassung der COAT Geräte und des Systems COAT	38
10.2	Funktionale Erweiterung des Systems COAT	38
10.3	Funktionale Änderungen	39
10.4	SW-Änderungen ohne Änderungen an den Schnittstellen	39
10.5	Fehlerkorrekturen	40
<b>11</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	<b>41</b>
11.1	Herausforderungen	41
11.2	Potential	41
11.3	Empfehlungen	41
<b>12</b>	<b>Referenzen</b>	<b>43</b>
12.1	Grundlagen	43
12.2	Gesetze, Richtlinien	43
12.3	Normen	44
12.4	Technische Spezifikationen	44
12.5	Verwandte Dokumente, Literatur	45

# 1 ZUSAMMENFASSUNG

Die Aufgabe bestand darin, ein Zulassungsverfahren für COAT zu erarbeiten, mit welchem der Aufwand und die Durchlaufzeiten für die Nachweisführung und Zulassung, insbesondere für Updates, im Vergleich zu den für die ETCS-Fahrzeugausrüstung heute praktizierten Verfahren drastisch reduziert werden kann. Die Ergebnisse dieser Untersuchung sind im vorliegenden Bericht dokumentiert.

In einer ersten Phase wurde das bestehende Regelwerk analysiert, welches für die Nachweisführung und Zulassung zu befolgen ist. Zudem wurden Vorschläge für eine COAT-Systemarchitektur erarbeitet, welche für eine modulare und flexible Nachweisführung geeignet ist. Die beiden Architekturvarianten sind in der Systembeschreibung COAT [1] festgehalten. Zwei Varianten der COAT-Systemarchitektur wurden in Bezug auf die Nachweisführung und das Zulassungsverfahren untersucht. Die Erkenntnisse aus der Analyse des bestehenden Regelwerks und der COAT-Systemarchitektur sind im Analysebericht Zulassung COAT [2] dokumentiert.

Um die Ziele einer effizienten Nachweisführung insbesondere nach Änderungen zu erreichen, wird eine modulare Architektur für COAT vorgeschlagen. Das Herzstück von COAT ist ein zentraler Rechner (EVC), auf dem die verschiedenen Applikationen wie Open ETCS, ATP, Lokalisierung, Zugintegrität etc. laufen. Dieser zentrale Rechner ist eine kommerziell erhältliche Plattform, welche Anwendungen bis SIL4 ermöglicht und die Softwareentwicklung mit den entsprechenden Tools (Entwicklungsumgebung) unterstützt.

Der zentrale Rechner kommuniziert über einen CCS-Datenbus mit verschiedenen Peripheriegeräten, welche die Schnittstellen von COAT nach aussen bedienen (wie z.B. Kommunikation über GSM-R, lesen von Eurobalisen, lesen von Euroloop, Schnittstelle mit dem TCMS des Fahrzeugs, Mensch-Maschine-Interface mit dem Lokführer) und welche mit den zugehörigen Sensoren Werte wie Geschwindigkeit, Beschleunigung, Position etc. erfassen.

Die Kommunikation zwischen den Peripheriegeräten und mit dem EVC erfolgt über den CCS-Datenbus, welcher mit den notwendigen Protokollen (Safety Layer) ergänzt wird, um die sichere Übertragung der Daten zu ermöglichen, soweit dies erforderlich ist.

Die Sicherheitsnachweise weisen die gleiche modulare Struktur auf wie die COAT-Architektur. Die Nachweisführung erfolgt hierarchisch über mehrere Ebenen: generische Sicherheitsnachweise für jedes der Peripheriegeräte, generischer Sicherheitsnachweis für den EVC, generischer Sicherheitsnachweis für das System COAT, welcher auch den Nachweis der sicheren Datenübertragung umfasst. Für die konkrete Anwendung des generischen Systems COAT auf einem Fahrzeugtyp ist ein spezifischer Sicherheitsnachweis erforderlich, der sich auf die generischen Sicherheitsnachweise abstützt. Dieser spezifische Sicherheitsnachweis weist die Umsetzung der Anwendungsbedingungen, die korrekte Integration ins Fahrzeug und die Parametrisierung für die spezifische Anwendung nach.

Für den Nachweis und die Bescheinigung der Interoperabilität durch eine benannte Stelle wird eine mit der Systemarchitektur und den Sicherheitsnachweisen kongruente Struktur von Interoperabilitätskomponenten (IK) vorgeschlagen. Jede COAT-Komponente, für welche ein Sicherheitsnachweis, ein ISA-Gutachten, eine IOP-Bescheinigung und eine Konformitätsbescheinigung mit den NNTV erstellt wird, entspricht auch einem Typenzulassungsgegenstand. Zudem wird eine Typenzulassung des Nachweisverfahrens nach Änderungen angestrebt, welches für verschiedene Kategorien von Änderungen die Re-Validierung der Nachweise und die erforderlichen Regressionstests regelt.

## 2 EINLEITUNG

### 2.1 Aufgabenstellung

- Erarbeitung eines Zulassungsverfahrens für COAT, mit welchem der Aufwand und die Durchlaufzeiten für die Nachweisführung und Zulassung, insbesondere für Updates, im Vergleich zu den für die ETCS-Fahrzeugausrüstung heute praktizierten Verfahren drastisch reduziert werden können.
- Vorschläge für mögliche Optimierungen des Zulassungsverfahrens durch Anpassung der COAT Systemarchitektur und des geltenden Regelwerks.

### 2.2 Ziele

Die Ziele des Zulassungsverfahrens für COAT sind:

- Vereinfachung der Nachweisführung durch Modularisierung der Nachweise und durch standardisierte Schnittstellen zwischen den Modulen
- Reduktion des Aufwands und der Durchlaufzeiten für die Nachweisführung und die Zulassung, insbesondere bei Änderungen und Updates.
- Reduktion der aufwändigen Tests auf der Strecke durch Nutzung von Referenzanlagen im Labor für die Validierung einzelner Module.

### 2.3 Zweck des Dokuments

Dieses Dokument enthält die Vorschläge für die Nachweisführung und das Zulassungsverfahren, die aus der Analyse der COAT Systemarchitekturen und des geltenden Regelwerks entstanden sind.

Das Dokument baut auf den COAT Systemarchitekturen der Systembeschreibung [1] und den Erkenntnissen aus dem Analysebericht [2] auf.

Um die Lesbarkeit und Verständlichkeit dieses Dokuments zu verbessern, wird für die detaillierten Grundlagen auf diese beiden Dokumente verwiesen.

## 2.4 Geltungsbereich

Dieser Bericht befasst sich mit den Fragen der Zulassung von COAT und der Fahrzeuge, die mit COAT ausgerüstet werden. Die Erkenntnisse und Empfehlungen beziehen sich auf das System COAT und dessen Architektur gemäss der Systembeschreibung [1]. Die Analyse, die Erkenntnisse und Vorschläge basieren auf den zurzeit geltenden Vorschriften und Normen für die Zulassung von ETCS-Ausrüstungen und interoperablen Fahrzeugen in der Schweiz.

## 2.5 Abkürzungen und Begriffe

Abkürzung	Beschreibung
AsBo	Assessment Body
ATO	Automatic Train Operation
BAV	Bundesamt für Verkehr
BBS	Benannte beauftragte Stelle (Designated Body)
BS	Benannte Stelle (Notified Body)
BTM	Balise Transmission Module
CCS	Control and Command System: Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung
CENELEC	Europäisches Normungsgremium für Elektrotechnik
COAT	CCS onboard application platform for trackside related functions
COTS	Commercial off-the-shelf oder auch components-off-the-shelf (englisch für Kommerzielle Produkte aus dem Regal)
CSM-RA	Common Safety Method for Risk Assessment; Gemeinsame Sicherheitsmethode für Risikobewertung
DeBo	Designated Body
DMI	Driver Machine Interface
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ERA	European Union Agency for Railways; Eisenbahnagentur der Europäischen Union
ETCS	European Train Control System
EVC	European Vital Computer; Im Kontext von COAT wird die Abkürzung für die zentrale Rechnerplattform verwendet, welche auch COAT-Applikationen zusätzlich zur ETCS-Funktionalität ausführt.
FFFIS	Form Fit Function Interface Specification
FIS	Functional Interface Specification
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System; Ablösung des GSM-R
GoA2	Grade of Automation 2
GS	Gesuchsteller
GSM-R	Global System for Mobile Communication - Railways
HW	Hardware
IK	Interoperabilitätskomponente; Im Kontext von COAT wird die Abkürzung für auf die COAT-Systemarchitektur ideal abgestimmte Interoperabilitätskomponenten verwendet. Diese Festlegung der IK weicht von den aktuell in der TSI CCS [28] definierten grundlegenden Interoperabilitätskomponenten ab. Vgl. auch Erläuterungen in Kap. 7.3 und Empfehlungen in Kap. 11.3.

Abkürzung	Beschreibung
IOP	Interoperabilität
ISA	Independent Safety Assessor (Unabhängiger Sicherheitsgutachter)
ISB	Infrastrukturbetreiberin
JRU	Juridical Recording Unit
LTM	Loop Transmission Module
NoBo	Notified Body (Benannte Stelle)
NSA	National Safety Authority; Nationale Aufsichtsbehörde.
OBU	Onboard Unit (ETCS-Ausrüstung auf dem Fahrzeug)
OCORA	Open CCS On-board Reference Architecture
RAMS	Reliability, Availability, Maintainability, Safety; Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit, Sicherheit.
RBS	Risikobewertungsstelle (AsBo)
SBB	Schweizerische Bundesbahnen
SDT	Safe Data Transmission
SIL	Safety Integrity Level
SRS	System Requirements Specification
SS	Subset
STM	Specific Transmission Module
SV	Sachverständiger
SW	Software
TCMS	Train Control & Management System
TFFR	Tolerable Functional Failure Rate; Zulässige funktionale Ausfallrate
TIMS	Funktion/Modul für die Überwachung der Zugintegrität (Train Integrity)
TIU	Train Interface Unit
TSI	Technische Spezifikationen für Interoperabilität

Tab. 1 Abkürzungen und Begriffe

### 3 REGELWERK

Im Analysebericht [2] wurde das bestehende umfangreiche Regelwerk (Gesetze, Vorschriften, Richtlinien, Normen) auf dessen Relevanz für das Zulassungsverfahren von COAT untersucht. Die Beurteilung der einzelnen Vorschriften und Normen ist in [2] dokumentiert. In der folgenden Tabelle wird kurz erläutert, welche Vorschriften und Normen für die Nachweisführung und Zulassung von COAT zu beachten sind, und welche Aspekte besonders relevant sind.

Vorschrift, Norm	Ref.	Besonders relevante Aspekte
EBV 742.141.1: Verordnung über Bau und Betrieb von Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung); Stand 15. Mai 2018	[5]	Gesetzliche Grundlage für die zu befolgenden Richtlinien. Verlangt die Anwendung der CSM [3], [4] für signifikante Änderungen.
EG 352/2009 CSM-RA: Verordnung über Festlegung einer gemeinsamen Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken	[3]	Methode der Risikoanalyse für signifikante Änderungen. Notwendigkeit der unabhängigen Begutachtung durch eine Sicherheitsbewertungsstelle. Darauf wird im Kapitel 7 eingegangen.
AB-EBV: Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung, Stand 1. Juli 2016	[6]	AB 38.1: Anwendung der EN 50126 [17], [18], EN 50129 [19] und der EN 50159 [22] für elektronische Sicherungsanlagen mit hoher Sicherheitsrelevanz und sichere Kommunikation.
RL Zulassung Fz: Richtlinie Zulassung Eisenbahnfahrzeuge (Typenzulassung / Betriebsbewilligung), V2.3a de, 1. Juli 2018	[7]	Regelt den Zulassungsprozess für interoperable (und für nicht interoperable) Fahrzeuge in der Schweiz. Dies beinhaltet die Typenzulassung und die Betriebsbewilligung. Definiert den Inhalt des Zulassungskonzepts für Fahrzeuge und Systeme. Definiert Struktur und Inhalt des Sicherheitsnachweises für die Typenzulassung und Betriebsbewilligung von Fahrzeugen. Definiert Kriterien und Verfahren für Änderungen an Fahrzeugen und Komponenten, inkl. SW.
RL UP-EB: Richtlinie Unabhängige Prüfstellen Eisenbahnen, V2.0 vom 16. Januar 2017	[9]	Die Richtlinie ist gemäss Teil A, Kap. 2 anwendbar für folgende Verfahren: <ul style="list-style-type: none"> <li>• Typenzulassung von Elementen von Fahrzeugen</li> <li>• Typenzulassung von Fahrzeugen</li> <li>• Betriebsbewilligung von Fahrzeugen</li> </ul> Die Richtlinie legt fest, für welche Teilsysteme und Komponenten welche Art von unabhängiger Prüfung erforderlich ist (ISA, AsBo, NoBo, DeBo, SV).
RL TZL: Richtlinie Typenzulassung von Elementen der Eisenbahnanlagen, V2.0_d vom 1. September 2014	[11]	Die Richtlinie definiert das Verfahren und die Aufgaben der Beteiligten für die Typenzulassung <ul style="list-style-type: none"> <li>• Für eine Typenzulassung sind die Sicherheitsnachweise (z.B. gemäss EN 50129 [19]) und die Konformitätsnachweise (z.B. für IOP) sowie die notwendigen unabhängigen Prüfungen (ISA, NoBo, DeBo) erforderlich.</li> <li>• Der Nachweis der Konformität mit IOP kann bereits als Teil der Typenzulassung erfolgen.</li> </ul>
EN 50126-1:2017: Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit,	[17]	Anwendbar für COAT für die Spezifikation und den Nachweis der Sicherheit und Zuverlässigkeit / Verfügbarkeit / Instandhaltbarkeit.

Vorschrift, Norm	Ref.	Besonders relevante Aspekte
Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) - Teil 1: Generischer RAMS Prozess		Die Norm legt die Grundsätze für hierarchische Systeme über mehrere Ebenen und das Prinzip der hierarchischen Sicherheitsnachweise für solche Systeme fest. Definiert das Prinzip von Basic Integrity und SIL. Ist methodisch der CSM-RA [3] angeglichen.
EN 50129:2018: Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Sicherheitsrelevante elektronische Systeme für Signaltechnik	[19]	Definiert den Entwicklungsprozess für sicherheitsrelevante elektronische und programmierbare Systeme für Sicherungsanlagen, vom Konzept bis zum Sicherheitsnachweis. Gilt auch für ETCS OBU. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enthält die Anforderungen, die für Funktionen mit einem SIL erfüllt und nachgewiesen werden müssen.</li> <li>• Anforderungen an den Entwicklungsprozess für den angestrebten SIL</li> <li>• Anforderungen an die zulässigen Ausfallraten für zufällige Fehler von sicherheitsrelevanten Funktionen (TFFR für den entsprechenden SIL)</li> <li>• Begutachtung durch ISA ist für den Nachweis der Erfüllung der Norm zwingend. Ein positiver Bericht des Gutachters ist Voraussetzung für die Zulassung.</li> </ul>
EN 50128:2011: Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Software für Eisenbahnsteuerungs- und -überwachungssysteme	[20]	Definiert den Entwicklungsprozess für die Entwicklung von sicherheitsrelevanter Software für Sicherungsanlagen. Gemäss AB-EBV gelten ETCS OBU als Teil der Sicherungsanlagen. <ul style="list-style-type: none"> <li>• Enthält die Massnahmen, die in der Entwicklung zur Vermeidung von systematischen Fehlern für den spezifizierten SIL der Software umgesetzt und nachgewiesen werden müssen.</li> <li>• Enthält Anforderungen an die Entwicklungstools (Editoren, Compiler, Testtools etc.)</li> <li>• Begutachtung durch ISA ist für den Nachweis der Erfüllung der Norm zwingend. Ein positiver Bericht des Gutachters ist Voraussetzung für die Zulassung.</li> </ul>
EN 50657: 2017: Bahnanwendungen – Anwendungen für Schienenfahrzeuge – Software auf Schienenfahrzeugen	[21]	Die Norm ist von der EN 50128 [20] abgeleitet und an die Bedürfnisse der SW für Fahrzeuge angepasst. Für COAT ist grösstenteils EN 50128 [20] anwendbar, weil es sich um eine Anwendung für Signaltechnik handelt. Dies gilt sicher für alle Anwendungen auf dem EVC, aber auch für ausgelagerte Teilsysteme wie Antenne oder Radio. Für Teilsysteme, die nicht ausschliesslich ETCS-Funktionen wahrnehmen, sondern auch für andere Funktionen der Fahrzeugsteuerung genutzt werden, könnte auch EN 50657 [21] anwendbar sein. Z.B. für die V-Erfassung, die JRU etc.
EN 50159:2010: Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Sicherheitsrelevante Kommunikation in Übertragungssystemen	[22]	Sichere Datenübertragung über unsichere Netze zwischen Systemen, die Sicherheitsfunktionen gemäss EN 50129 [19] erfüllen. Gilt für alle Teilnehmer des CCS-Bus mit sicherer Datenübertragung. Die Norm ist eine Ergänzung der EN 50129 [19] in Bezug auf die sichere Datenübertragung. Die Anwendung der Norm setzt die Anwendung der EN 50126 [17], [18] und der EN 50129 [19] voraus. Sie kann nicht als ‚Stand Alone‘ Norm betrachtet und angewendet werden.

Vorschrift, Norm	Ref.	Besonders relevante Aspekte
EN 50155:2007: Bahnanwendungen – Elektronische Einrichtungen auf Schienenfahrzeugen	[23]	<p>Anforderungen an die Auslegung, Komponentenwahl, Konstruktion, Bau, Dokumentation, Typen- und Stückprüfung von elektronischen Geräten und Systemen auf Fahrzeugen. Mit diesen Anforderungen soll die ‚Bahntauglichkeit‘ der Elektronik auf Fahrzeugen sichergestellt und nachgewiesen werden.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Die Erfüllung der Norm wird für alle Elektronik auf Fahrzeugen, also auch für alle Komponenten und Teilsysteme von COAT, vorausgesetzt. Insbesondere muss auch der EVC diese Norm erfüllen und die Typentests (Rütteltests, Temperatur, EMV etc.) bestehen.</li> </ul>
EN 50121-3-2:2016/A1:2019: Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit – Teil 3-2: Bahnfahrzeuge – Geräte	[24]	<p>EMV Norm, die Grenzwerte und Messverfahren spezifiziert für Geräte auf Eisenbahnfahrzeugen, also auch COAT, bezüglich:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Abstrahlung von elektromagnetischen Wellen und leitungsgebundenen Störungen,</li> <li>Immunität von Geräten gegen elektromagnetische Felder und leitungsgebundene Störungen (transiente Überspannungen etc.).</li> </ul> <p>Die Typentests gemäss EN 50121-3-2 [24] sind Teil der Typentests für elektronische Systeme auf Fahrzeuge gemäss der EN 50155 [23].</p>
TSI CCS:2016: Technische Spezifikation für Interoperabilität des Teilsystems "Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung"	[26]	<p>Definiert die grundlegenden Anforderungen an das Teilsystem „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ (ZZS) sowohl für die streckenseitige als auch die fahrzeugseitige Ausrüstung, um deren Interoperabilität gemäss den einschlägigen EU-Verordnungen sicher zu stellen. Die Anforderungen betreffen sowohl funktionale als auch nicht funktionale Anforderungen.</p> <p>Grundlage für die Interoperabilitätsbewertung durch einen NoBo.</p>
NNTV CCS: Notifizierte Nationale Vorschriften	[27]	<p>Die NNTV enthält landesspezifische Anforderungen an die fahrzeugseitige ETCS-Ausrüstung. Dies kann eine Ergänzung zu einem "offenen Punkt" in der TSI, eine Anforderung aufgrund einer Abweichung des CH-Regelwerks von den entsprechenden Anforderungen der TSI oder eine zusätzliche Anforderung aufgrund des CH Regelwerkes ohne Entsprechung in der TSI sein.</p> <p>Zusätzliche Anforderungen an das fahrzeugseitige ETCS sind klar formuliert und bereits mehrfach umgesetzt. Es gibt auch Anforderungen, welche für COAT wegfallen, da sie sich auf die Zugsicherungssysteme der Klasse B beziehen.</p>
Systemführerschaft ETCS CH: Voraussetzungen für den Einsatz von Fahrzeugen auf ETCS-Strecken	[14]	<p>Das Dokument [15] gibt einen Überblick über die Verfahren, welche zur Erlangung einer Typenzulassung, einer Betriebsbewilligung und des Netzzugangs in der Schweiz durchlaufen werden müssen. Es klärt zudem die involvierten Rollen und Zuständigkeiten zwischen BAV, Bahnunternehmungen und Industrie in diesen Verfahren. Das beschriebene Verfahren bezieht sich insbesondere auf die Fahrzeugebene (Nachweis der korrekten und sicheren Integration der Ausrüstung in das Fahrzeug).</p>

Vorschrift, Norm	Ref.	Besonders relevante Aspekte
ERTMS/ETCS Subsets	[30] bis [44]	Definieren die Schnittstellen zwischen den verschiedenen Komponenten der fahrzeugseitigen ETCS-Ausrüstung sowie zwischen der fahrzeugseitigen Ausrüstung und der Infrastruktur.  Der Anwendungsbereich der einzelnen Subsets, die Bedeutung für COAT und das Zulassungsverfahren sind im Analysebericht [2] aufgeführt.

Tab. 2 Regelwerk

## 4 SYSTEM UND ARCHITEKTUR

### 4.1 COAT Systemumfang

COAT umfasst die fahrzeugseitige CCS Ausrüstung, welche für die ETCS-Zulassung gemäss [14] in der Schweiz erforderlich ist. Darüber hinaus umfasst COAT ebenfalls die fahrzeugseitige Ausrüstung, welche für einen künftigen ATO-Betrieb mit GoA2 notwendig ist. Da COAT modular und funktional erweiterbar sein soll, sind im betrachteten System auch Funktionen vorgesehen, welche die exakte Lokalisierung der Züge ohne Achszähler oder Gleisstromkreise ermöglichen. Solche Funktionen sind Voraussetzung für einen künftigen Betrieb unter ETCS L3.

Die für ETCS, ATO und Lokalisierung notwendigen fahrzeugseitigen Antennen, Sender und Empfänger sind Teil des betrachteten Systemumfangs.

Die streckenseitigen Anlagen (wie Loops, Balisen, Antennen, Sender und Empfänger, RBC, Stellwerke etc.) sind nicht Teil des betrachteten Systemumfangs. Der Nachweis der sicheren Kommunikation und Interoperabilität der COAT-Ausrüstung mit den streckenseitigen Anlagen wird jedoch im Zulassungsverfahren mit berücksichtigt.

### 4.2 Systemarchitektur

#### 4.2.1 Generische Systemarchitektur

Die in Abbildung 1 gezeigte generische COAT Architektur ist das Ergebnis der Analyse der geltenden Vorschriften und Normen, um das Ziel einer modularen Nachweisführung und Zulassung zu erreichen.

Die Architektur ist durch folgende Merkmale charakterisiert:

- Zentraler Rechner unter Verwendung einer SIL4-fähigen kommerziell erhältlichen Plattform (mit der entsprechenden Entwicklungsumgebung zur Erstellung der SILx-Anwendersoftware). Auf dieser Rechnerplattform laufen die Applikationen wie ETCS L1 LS, ETCS L2, ATO etc. Der zentrale Rechner wird in diesem Bericht als EVC bezeichnet.
- Normierter Datenbus für die COAT-interne Kommunikation mit sämtlichen Peripheriegeräten, welche zum COAT-Systemumfang gehören. Der Datenbus ermöglicht mit den entsprechenden Sicherheitsprotokollen die sichere Kommunikation zwischen EVC und den Peripheriegeräten, und zwischen den Peripheriegeräten, soweit eine sichere Kommunikation erforderlich ist.

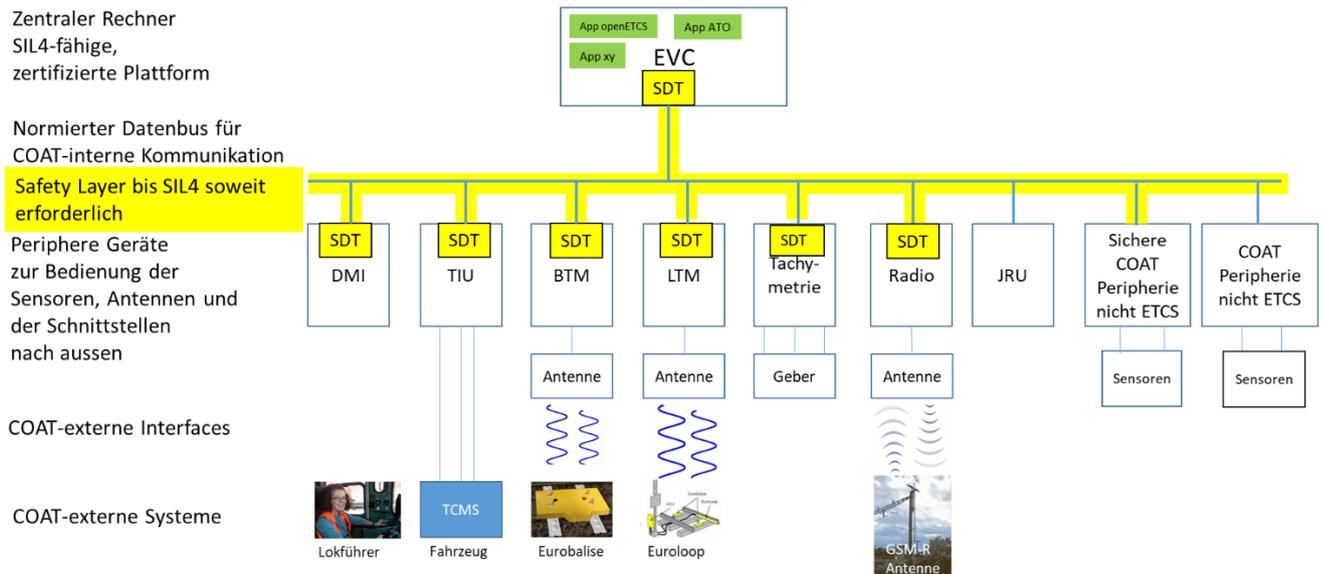


Abbildung 1 Generische COAT Architektur, optimiert für die modulare Nachweisführung und Zulassung

#### 4.2.1.1 Gründe für diese Architektur

- Modulare Struktur, die eine modulare Nachweisführung ermöglicht
- Die komplexen Schnittstellen nach aussen, welche die Interoperabilität sicherstellen, bleiben bei Änderungen oder Erweiterungen der COAT-Applikationen unverändert
- Die Chancen, eine zertifizierte Rechnerplattform für den EVC zu finden, sind viel grösser, wenn diese Plattform nur mit standardisierten Bussystemen kommunizieren muss.
- Die Architektur eignet sich für den Aufbau eines Referenzsystems im Labor, bei dem die Schnittstellen nach aussen emuliert werden.
- Die gemäss TSI CCS und den ERA-Subsets geforderte ETCS-Funktionalität und Interoperabilität kann insgesamt mit COAT erfüllt werden.
- Einfache Möglichkeiten, COAT mit weiteren Funktionen (und den zugehörigen Peripheriegeräten) zu erweitern, z.B. für ETCS L3, ATO, Zugintegrität (TIMS) etc.
- Einfacher Ersatz einzelner Geräte bei Obsoleszenz, neuer Technologie (z.B. Ersatz GSM-R durch FRMCS), ohne die übrigen Geräte und die Kernfunktionen zu tangieren.
- Kein Sicherheitsnachweis für periphere Geräte ohne Sicherheitsfunktionen erforderlich, d.h. Trennung zwischen sicherheitsrelevanten und nicht sicherheitsrelevanten Teilen, jedoch Nachweis der Rückwirkungsfreiheit.

#### 4.2.1.2 Risiken dieser Architektur

- Es könnte schwierig sein, Hersteller für einige der Peripheriegeräte zu finden, insbesondere für BTM und LTM, weil diese Geräte bisher in die On-Board Units integriert waren.
- Obwohl die ETCS-Funktionalität und Interoperabilität mit dem Gesamtsystem COAT erfüllt werden kann, könnte es Schwierigkeiten bei der Konformitätsbewertung durch den NoBo geben, weil die Architektur teilweise von der Architektur in ERA-Subset-026 abweicht, und weil sich nicht alle Subsets 1:1 auf die COAT-Architektur abbilden lassen (Beispiel Odometrie).

- Die Integration von nicht oder nicht hoch sicherheitsrelevanten Applikationen auf dem EVC ist bei der Evaluation der generischen Plattform zu berücksichtigen, damit die Plattform die Verwendung von Applikationen mit unterschiedlichem SIL (oder ohne SIL) unterstützt.
- Die grösste Herausforderung ist vermutlich nicht die Zulassung, sondern die Spezifikation der Anforderungen an alle Geräte, Schnittstellen und an die sichere Kommunikation. Die Spezifikation dieser Anforderung ist eine unabdingbare Voraussetzung für die Beschaffung, die Nachweisführung und die Zulassung.

### 4.2.2 Betrachtete COAT-Architektur

Das Zulassungsverfahren wurde für die in [1] beschriebenen COAT Systemarchitekturen untersucht. Es hat sich gezeigt, dass die Unterschiede der beiden in [1] betrachteten Varianten I und E keinen massgeblichen Einfluss auf das Zulassungsverfahren haben. Daher wurde im vorliegenden Bericht die Variante I als Grundlage verwendet, bei der die Sensoren für die Geschwindigkeits- und Positionserfassung direkt an den CCS-Bus angeschlossen sind, während dem die Auswertung in den entsprechenden Apps auf dem EVC erfolgt. Die in Abbildung 2 gezeigte COAT Architektur entspricht in den Grundzügen der für die modulare Zulassung als optimal erachteten generischen Architektur gemäss Abschnitt 4.2.1.

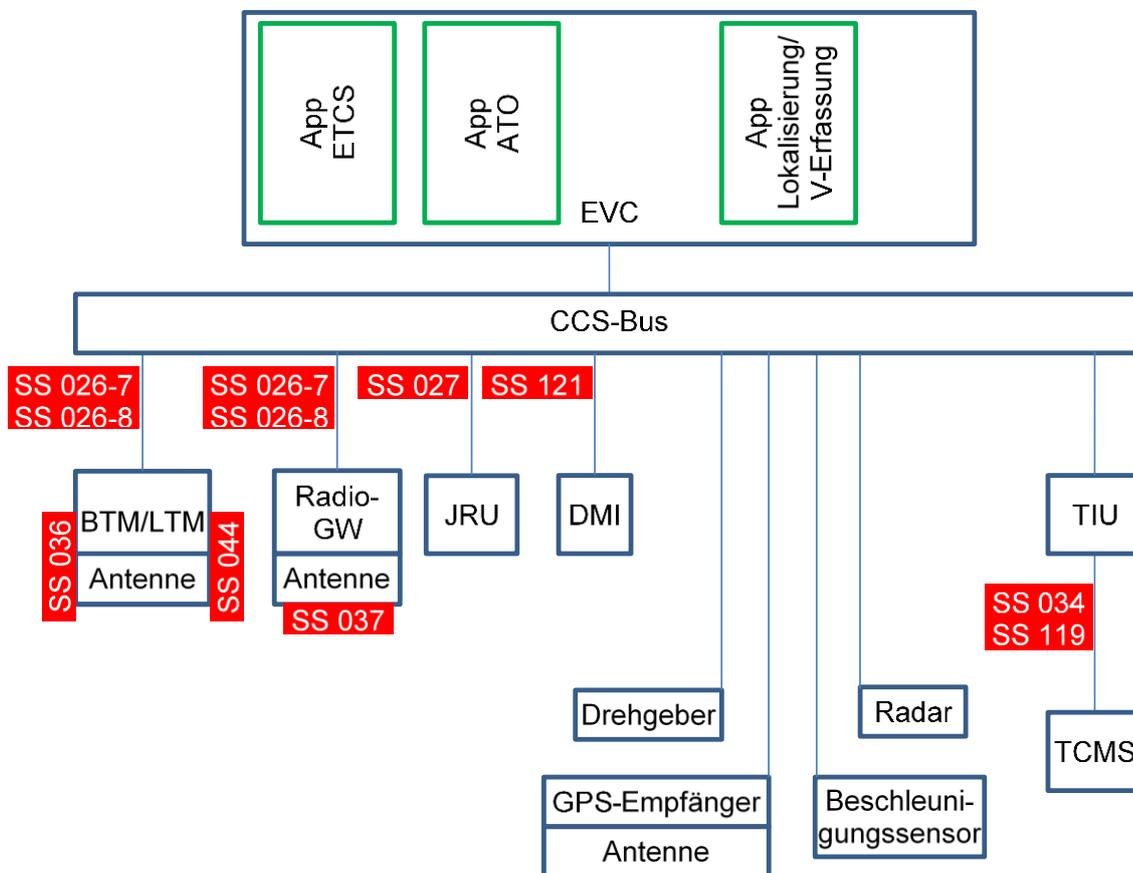


Abbildung 2 Betrachtete COAT Systemarchitektur: Variante I

## 5 UMFELD

### 5.1 Aktuelle Situation

#### 5.1.1 Nachweisverfahren

Das Verfahren für die Erlangung einer ETCS-Zulassung in der Schweiz ist im Dokument [15] geregelt. Dieses Dokument behandelt sowohl die Zulassung der Infrastruktur-Anlagen als auch der Fahrzeuge. Der Sicherheitsnachweis für das Gesamtsystem betrachtet das Zusammenspiel zwischen Fahrzeugen und Infrastruktur. Dies umfasst zusätzlich zu den technischen auch die betrieblichen Aspekte.

Das Verfahren geht von einer hierarchischen Nachweisstruktur aus. Das Dokument regelt die Zuständigkeiten der Beteiligten (Hersteller, Fahrzeughalter, Fahrzeugbetreiber, Infrastrukturbetreiber, konzessionierte Eisenbahninfrastruktur-Unternehmung) für die Nachweise auf den verschiedenen Ebenen.

Die Nachweisstruktur ist modular. Das Dokument [15] definiert 13 verschiedene Sicherheits- und Interoperabilitätsnachweise und die Bezüge dieser Nachweise untereinander. Für den Systemumfang von COAT sind die folgenden Sicherheitsnachweise relevant:

Nr. X: SiNa OBU-EVC, fahrzeugunabhängig, typenzugelassenes System

Nr. VI: SiNa Integration OBU in Fz-Typ

Nr. II: SiNa Fz-Typ als Voraussetzung für die BBW der Fahrzeuge dieses Typs

Die folgenden Nachweise bestätigen die Interoperabilität und die sichere Integration:

Nr. IX: IOP Notes des OBU-Lieferanten

Nr. VII: IOP Statement des Streckenlieferanten

Nr. III: IOP Nachweise Übersicht

Nr. I: Gesamt SiNa für technisch-betrieblich integrierte Sicherungsanlagen

Auf der Infrastrukturseite sieht das im Dokument [15] beschriebene Verfahren eine Modularität auf Stufe der ETCS-Komponenten vor. Bei der fahrzeugseitigen Ausrüstung wird die gesamte OBU samt EVC als ein Teilsystem betrachtet, das in Bezug auf die Nachweise nicht weiter in Komponenten oder Module unterteilt wird. Das Dokument schliesst eine Modularität innerhalb des Teilsystems aber auch nicht aus. Für Inhalt und Struktur der Sicherheitsnachweise verweist das Dokument [15] auf die Norm EN 50129 [19], welche eine modulare und hierarchische Nachweisführung ausdrücklich unterstützt.

Für die Typenzulassung von Komponenten, die Typenzulassung und Betriebsbewilligung von Fahrzeugen, sowie für die unabhängige Begutachtung stützt sich das Dokument [15] auf die in der Schweiz geltenden BAV-Richtlinien [11], [7] und [9].

## 5.1.2 Markt, Technologie

Die Ausrüstung von Fahrzeugen mit ETCS OBUs erfolgt bisher vorwiegend durch die grossen Hersteller, die als Mitglieder der Arbeitsgruppe UNISIG das System ETCS gemeinsam spezifiziert und anschliessend jeder für sich entwickelt und auf den Markt gebracht haben. Auch wenn einzelne Komponenten wie Sensoren, Antennen, Sender und Empfänger von Zulieferern bezogen werden, bieten die erwähnten Systemlieferanten die gesamte fahrzeugseitige Ausrüstung (OBU mit EVC, Antennen etc.) als Gesamtsystem an. Die mit COAT angestrebte Modularität des Systems und der Nachweisführung innerhalb des Systems COAT ist mit dieser Ausgangslage kaum realisierbar, obwohl die funktionalen und technischen Anforderungen an die einzelnen Komponenten und deren Schnittstellen in den ETCS Subsets spezifiziert sind. Die im Analysebericht [2] dokumentierte Untersuchung dieser Schnittstellen zeigt, dass etliche dieser Spezifikationen nicht genügen, um die OBU gemäss heutigem Ansatz zu modularisieren. Der Fokus der Subsets liegt auf der Interoperabilität der gesamten Fahrzeugausrüstung mit der Infrastruktur, nicht auf der Austauschbarkeit einzelner Elemente der OBU, wie dies für die Realisierung von COAT erforderlich ist. Mit dieser Situation ist der Marktzugang für Hersteller ausserhalb der UNISIG-Mitglieder erschwert. Einzig für Teilsysteme wie das DMI oder die Juridical Recording Unit (JRU) besteht für andere Hersteller als die OBU-Lieferanten eine reale Chance, ihre Produkte selbstständig zu vermarkten.

Der zentrale Rechner (EVC) ist das Herzstück der ETCS-Fahrzeugausrüstung. In den meisten Fällen sind diese Rechner proprietäre Systeme der erwähnten grossen Hersteller. Auch die Programmierung dieser Rechner erfolgt in den meisten Fällen mit speziell dafür entwickelten Tools, die nicht frei auf dem Markt erhältlich sind. Damit ist es auch kaum möglich, zusätzliche Applikationen, z.B. für die ATO-Funktionen, auf diesen Rechnern zu implementieren.

Heute sind auf dem Markt programmierbare Steuerungen erhältlich, die für sicherheitskritische Anwendungen konzipiert und dafür auch gemäss den einschlägigen Normen begutachtet und zertifiziert sind. Diese Rechnerplattformen umfassen auch die für die Programmierung und Parametrisierung der Anwendersoftware erforderlichen Entwicklungstools. Obwohl der Hauptmarkt für solche Sicherheitssteuerungen im Bereich der Industrieanlagen liegt, sind auch Plattformen auf dem Markt, welche die spezifischen Bahnnormen wie EN 50155 [23] und EN 50121 [24], aber auch die CENELEC RAMS-Normen für Bahnanwendungen (EN 50126 [17], [18], EN 50128, [20] und EN 50129 [19]) erfüllen.

## 5.2 Ausblick, Entwicklung

### 5.2.1 Regelwerk, Nachweisverfahren

#### 5.2.1.1 CENELEC Normen

Die CENELEC-RAMS-Normen EN 5012x ([17], [18], [19], [20], [21], [22]) sind in den letzten Jahren grundlegend überarbeitet worden. Die Verfahren für die Risikoanalysen in der EN 50126 [17], [18] wurden an den Prozess gemäss CSM-RA [3], [4] angeglichen. SIL0 wurde durch BI (Basic Integrity) ersetzt und insbesondere für SW neu definiert. Diese Änderung ist noch nicht in allen Normen vollzogen, ist aber Teil der laufenden Revisionen. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Anforderungen und Verfahren der CENELEC-RAMS-Normen für die Spezifikation der Sicherheitsanforderungen (insbesondere den SIL) und für die Erstellung und die unabhängige

Begutachtung der Sicherheitsnachweise (Safety Cases) in den nächsten Jahren stabil bleiben werden.

Eine CENELEC-Arbeitsgruppe (WG 16) erarbeitet einen Normenentwurf zum Thema IT Security. Diese Norm wird Einfluss auf die Realisierung und den Nachweis von sicherer Datenübertragung haben. Die geltende Norm EN 50159 [22] ist fokussiert auf die Sicherheit der Datenübertragung im Sinne von Safety. Gewisse Bedrohungen in offenen Netzen werden zwar ebenfalls berücksichtigt, die künftige Norm wird aber voraussichtlich weitere Anforderungen zur Abwehr von Hackerangriffen etc. beinhalten. Der Nachweis der sicheren Datenübertragung für den Safety Layer des CCS Busses dürfte in Zukunft komplexer und anspruchsvoller werden.

### 5.2.1.2 TSI CCS

Grundsätzlich ist die Version der TSI CCS [26] gemäss VERORDNUNG (EU) 2016/919 DER KOMMISSION vom 27. Mai 2016 immer noch gültig. Es liegt eine konsolidierte Version gemäss "Durchführungsverordnung (EU) 2019/776 der Kommission vom 16. Mai 2019" vor. In dieser Ausgabe wurden alle Änderungen, welche die Ausgabe 2016 betreffen, eingearbeitet.

*Quelle: [https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability\\_en](https://www.era.europa.eu/activities/technical-specifications-interoperability_en) , Rubrik "Control Command and Signaling TSI"*

Gemäss verschiedener Quellen ist mit einer neuen TSI erst im Jahr 2022 zu rechnen. In dieser Version sollen vor allem Anforderungen zu FRMCS (Future Railway Mobile Communication System; Ablösung des GSM-R) integriert werden. Damit verbunden ist auch die Inkraftsetzung einer neuen Baseline (SRS 4.x.x).

Artikel 11 der Verordnung (EU) 2016/919 TSI CCS beschreibt das Vorgehen im Zusammenhang mit der Weiterentwicklung. Vorgesehen ist ein Bericht per Juni 2021, in dem über die weitere Entwicklung des ERTMS informiert werden soll.

Artikel 11a enthält für die COAT-Zulassung relevante Hinweise:

- (2) Abschaffung des Nachweises der technischen Kompatibilität zwischen den fahrzeugseitigen Einheiten und verschiedenen streckenseitigen ERTMS-Implementierungen.
- (3) betrifft die Möglichkeit der Anpassung von strecken- und fahrzeugseitigen Systemarchitekturen der Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung, insbesondere um ein zukunftssicheres Konzept zu erreichen, das die Verwendung von modernster Technik erleichtert und die Rückwärtskompatibilität gewährleistet.

### 5.2.1.3 Politisches Umfeld

Die Entwicklung des Verhältnisses der Schweiz zur Europäischen Union kann einen erheblichen Einfluss auf das Zulassungsverfahren für COAT haben. Ohne Rahmenabkommen mit der EU dürften die geltenden bilateralen Abkommen nicht an die geänderten Regeln und Zuständigkeiten in den EU-Mitgliedstaaten angepasst werden. Dies könnte einen Einfluss auf die Akkreditierung und Anerkennung von Benannten Stellen, die rechtliche Gültigkeit der TSI in der Schweiz, die Übernahme und Ratifizierung des 4. Bahnpakets, und damit auch auf die Zuständigkeiten des BAV und der ERA für die Zulassung von interoperablen Fahrzeugen im internationalen Verkehr haben.

Gemäss den Informationen des BAV soll das 4. Bahnpaket der EU in zwei Etappen im Rahmen der Revisionen der Eisenbahnverordnung [5] übernommen werden. Damit soll u.a. die

Fahrzeugzulassung in der Schweiz den Verfahren in der EU angeglichen werden. Das bedeutet, dass gewisse Aufgaben und Kompetenzen vom BAV an die ERA übertragen werden. Es ist nicht klar, ob das BAV diese Anpassungen ohne Zustimmung des Parlaments und des Bundesrats vornehmen kann.

## 5.2.2 Markt, Technologie

Auch die grossen Hersteller von Bahnausrüstungen werden in Zukunft kaum mehr eigene (proprietäre) Rechnerplattformen, Betriebssysteme, Datenbusse und SW-Entwicklungstools entwickeln, sondern auf kommerziell erhältliche Systeme setzen und sich auf die Entwicklung der Anwendersoftware konzentrieren. Dies gilt ganz besonders für Plattformen mit Sicherheitsfunktionen (SIL1 bis SIL4), deren Entwicklung und Zertifizierung sehr aufwändig und langwierig ist. Für den Einsatz als COAT-Zentralrechner (EVC) kommen daher auf dem Markt erhältliche Rechnerplattformen samt den SW-Entwicklungstools in Frage, die über eine generische Zertifizierung für Sicherheitsfunktionen bis SIL4 verfügen. Weil der Markt für Anwendungen im Industriebereich und in der Automobilindustrie viel grösser ist als für Bahnanwendungen, schränken die folgenden zwei Anforderungen das Angebot am Markt massiv ein:

1. Die SIL-Zertifizierung muss gemäss den CENELEC-Bahnnormen [19] und [20] erfolgen. Eine Zertifizierung gemäss der Industrienorm IEC 61508 wird für Bahnanwendungen nicht anerkannt, obwohl sie technisch als gleichwertig betrachtet werden kann. Eine nachträgliche Zertifizierung gemäss den Bahnnormen ist möglich, aber aufwändig und in Bezug auf die Sicherheit oft ohne Mehrwert.
2. Elektronische Geräte auf Eisenbahnfahrzeugen müssen die Anforderungen der Norm EN 50155 [23] und der darin referenzierten Normen, insbesondere die EMV-Norm EN 50121-3-2 [24], erfüllen. Die Konformität muss mit Typentests nachgewiesen werden. Damit wird sichergestellt, dass die elektronischen Geräte die rauen Bedingungen bezüglich Temperatur, Verschmutzung, Spannungsversorgung, elektromagnetische Störungen, Vibrationen und Stösse während der Lebensdauer von typischerweise 20 Jahren überstehen.

Die fehlende Anerkennung der Gleichwertigkeit der SIL-Zertifizierung gemäss IEC 61508 kann als unnötige Massnahme zum Schutz des Bahnmarktes betrachtet werden. Die Erfüllung der strengen Anforderungen der EN 50155 [23], insbesondere der Umweltprüfungen, ist technisch begründbar, weil die Umgebung auf Bahnfahrzeugen für Elektronik tatsächlich sehr anspruchsvoll ist. Allerdings müsste für Technologien, die sich rasch weiter entwickeln, die zu Grunde gelegte Lebensdauer von 20 Jahren kritisch hinterfragt werden, weil solche Systeme in der Realität kaum während 20 Jahren eingesetzt werden.

Im Unterschied zum zentralen Rechner (EVC) sind die daran über den CCS-Bus angeschlossenen Peripheriegeräte in den meisten Fällen sehr spezifisch auf deren Funktion ausgerichtet (wie z.B. Drehzahlmessung, Beschleunigungsmessung, Lesen von Balisentelegrammen, Mobilfunk Sender und Empfänger, Bedienung und Anzeige über einen Touchscreen). Für diese spezifischen Anwendungen kommen universelle Plattformen weniger in Frage als für den EVC. Für einige der Funktionen könnten jedoch Geräte und Sensoren aus anderen Bereichen, z.B. aus dem Aviatik- oder Automobilbereich, eingesetzt werden. Für solche Geräte stellt sich wiederum die Frage des anzuwendenden Regelwerks: Bahnnormen vs. Industrienormen oder Normen aus der Aviatik oder Automobilindustrie. Um den Marktzugang für Hersteller aus anderen Bereichen möglichst offen zu halten, muss als CCS-Datenbus eine normierte und weit verbreitete Lösung festgelegt werden, weil sämtliche Peripheriegeräte in der Lage sein müssen, über den CSS-Datenbus so sicher wie erforderlich zu kommunizieren.

## 6 NACHWEISFÜHRUNG

### 6.1 Hierarchie und logische Reihenfolge der generischen Sicherheitsnachweise für COAT

Die Modularität und Hierarchie der Sicherheitsnachweise orientiert sich an der COAT-Systemarchitektur, wie sie in Abschnitt 4.2 beschrieben ist. Das heisst, dass für jedes Gerät oder Teilsystem ein separater generischer Sicherheitsnachweis gemäss EN 50129 [19] erstellt wird. Die Integration dieser Geräte und Teilsysteme zum System COAT wird durch einen generischen Sicherheitsnachweis abgedeckt. Dieser generische Sicherheitsnachweis muss auch den Nachweis der sicheren Kommunikation zwischen den Geräten über den CCS-Bus beinhalten.

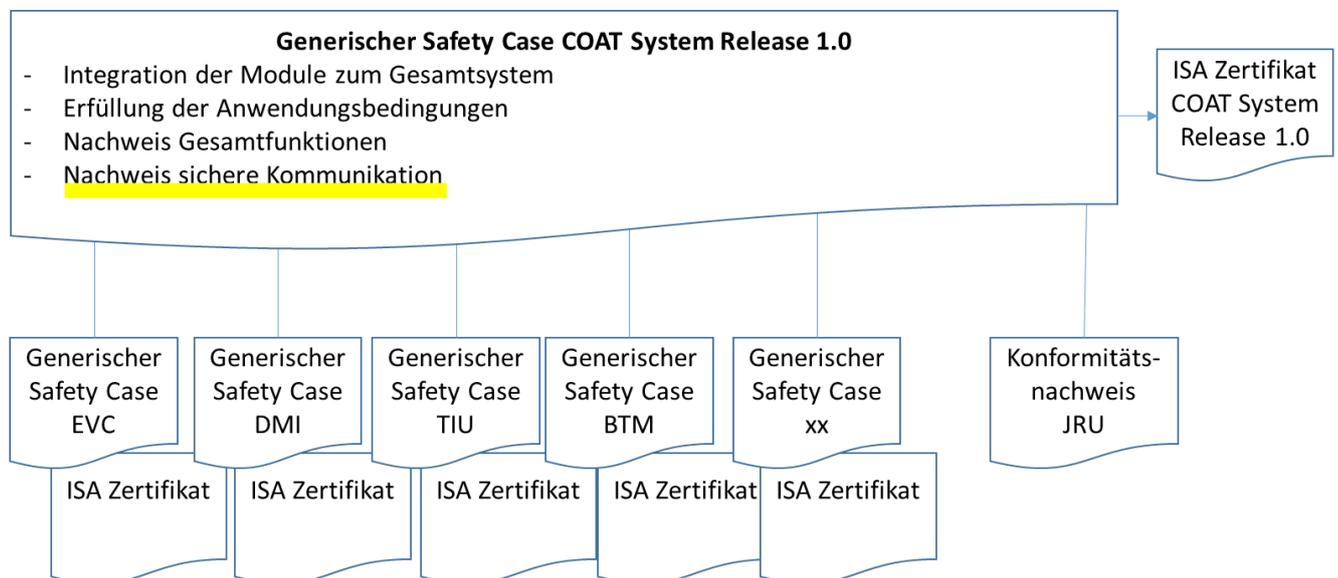


Abbildung 3 Hierarchie der generischen Sicherheitsnachweise für das System COAT

Die Spezifikation der Anforderungen erfolgt gemäss dem Lebenszyklus-Modell der CENELEC-Normen [17] und [19] top down. Die Erstellung der Sicherheitsnachweise erfolgt hingegen bottom-up. Dies schliesst eine parallele Erstellung der Sicherheitsnachweise, z.B. für die zahlreichen Peripheriegeräte auf gleicher Hierarchiestufe, nicht aus. Aufgrund der Abhängigkeiten (Berücksichtigung der Exportierten Anwendungsbedingungen, Prüfung und Nachweis der Kompatibilität an den Schnittstellen) muss jedoch die logische Reihenfolge gemäss Abbildung 4 eingehalten werden.

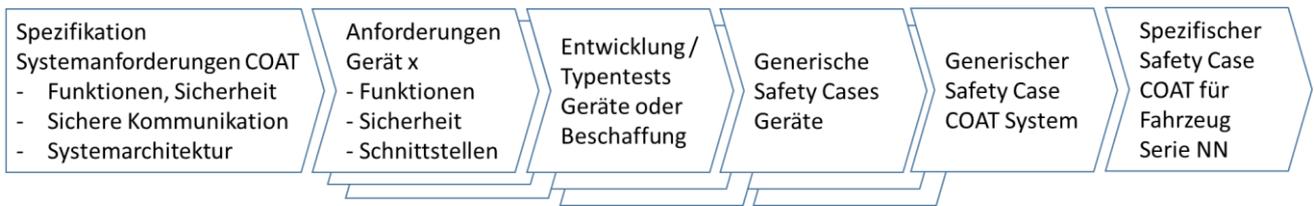


Abbildung 4 Logische Reihenfolge der Nachweisführung

## 6.2 Generischer Sicherheitsnachweis für jedes Gerät / Teilsystem

Für jedes Gerät oder Teilsystem wird ein separater generischer Sicherheitsnachweis gemäss EN 50129 [19] erstellt, der die zum betreffenden Teilsystem gehörenden Geber und Antennen einschliesst. Der Umfang des generischen Sicherheitsnachweises ist am Beispiel der BTM in Abbildung 5 illustriert. Er umfasst die Schnittstellen zum CCS Bus und die Schnittstellen zur Infrastruktur, in diesem Fall zur Balise.

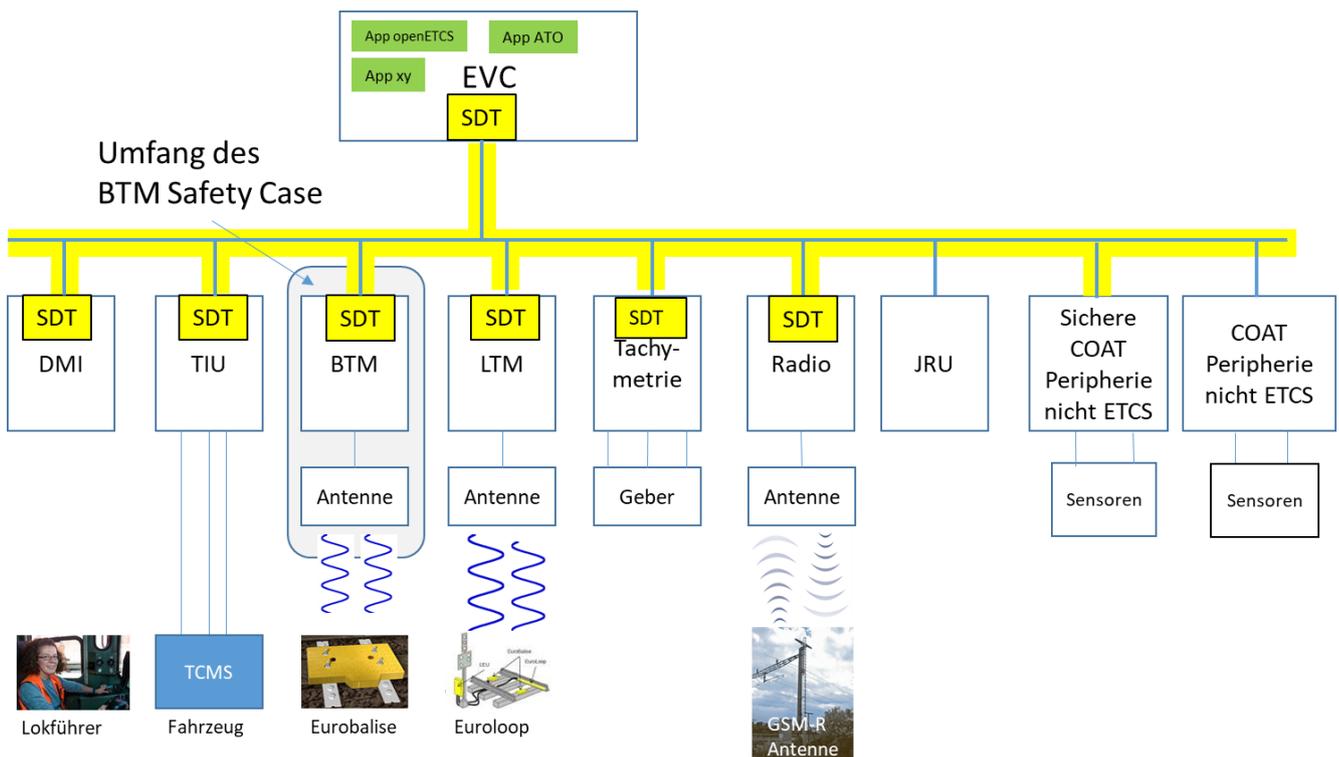


Abbildung 5 Umfang des generischen Sicherheitsnachweises eines Geräts am Beispiel BTM

Die Systemanforderungen, die an eine Komponente oder ein Teilsystem gestellt werden, umfassen nicht nur die Anforderungen an die Funktion und deren Sicherheit, sondern auch die relevanten Anforderungen der TSI und der ERTMS/ETCS Subsets, um die Interoperabilität zu gewährleisten. Ebenso sind die Anforderungen der anwendbaren Normen, insbesondere der EN 50155 [23] Bestandteil der Systemanforderungsspezifikation des betreffenden Subsystems oder der Komponente. Je nach SW-Architektur ist es sinnvoll, dass auch die Applikationen des betreffenden Peripheriegeräts, die auf dem EVC laufen müssen, um das Peripheriegerät zu bedienen, ebenfalls

Teil des generischen Sicherheitsnachweises für das Peripheriegerät sind, und nicht erst Teil des Sicherheitsnachweises für den EVC.

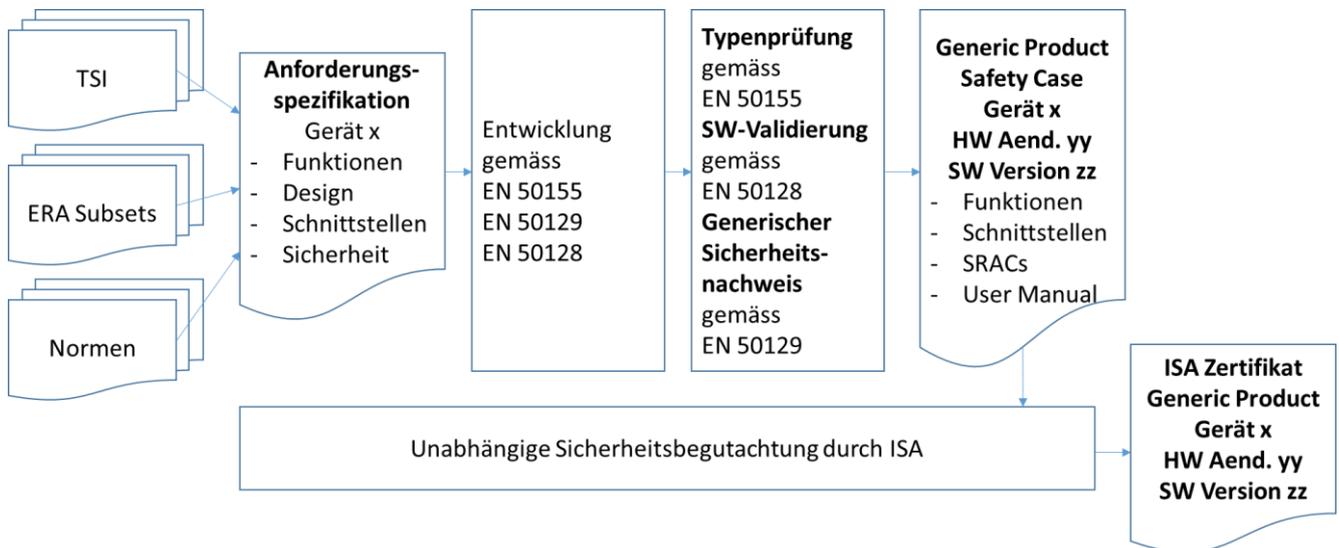


Abbildung 6 Generischer Sicherheitsnachweis für jedes COAT-Gerät oder Teilsystem

Die Validierung in Phase 9 des Lebenszyklus muss sämtliche Systemanforderungen umfassen, also auch die erwähnten Anforderungen aus den TSI, den ERTMS/ETCS Subsets und den anwendbaren Normen. Das bedeutet auch, dass beim Beispiel der BTM die korrekte Erfassung der Balisentelegramme bereits im Rahmen der Nachweisführung für das Teilsystem BTM geprüft und im Grundsatz nachgewiesen werden muss, nicht erst im Rahmen der Prüfung des gesamten COAT-Systems. Wieweit dazu Tests im Labor ausreichen, liegt in der Verantwortung des Nachweisführers, also in der Regel des Herstellers. Es kann aber durchaus sinnvoll und effizient sein, den Herstellern ein mit einem COAT-System (EVC, CCS-Bus) ausgerüstetes Pilotfahrzeug und eine mit Eurobalisen bestückte Teststrecke gegen Gebühr zur Verfügung zu stellen. Auf Stufe der Geräte und Teilsysteme ist eine Aufteilung der Nachweisführung in SiNa und IOP, wie sie auf höherer Systemebene im Sicherheitsnachweiskonzept für die ETCS Zulassung in der Schweiz [15] praktiziert wird, nicht sinnvoll.

### 6.3 Generischer Sicherheitsnachweis für EVC

Der generische Sicherheitsnachweis für den EVC ist hierarchisch auf der gleichen Stufe wie die generischen Sicherheitsnachweise der übrigen Geräte und Teilsysteme von COAT, obwohl der EVC im Gesamtsystem COAT eine zentrale Rolle einnimmt. Das Vorgehen für den Sicherheitsnachweis des EVC wird hier separat aufgeführt als Beispiel für eine Plattform, deren SIL-Fähigkeit bereits durch Sicherheitsnachweise, Gutachten und Zertifikate nachgewiesen ist. Das bedeutet, dass der generische Sicherheitsnachweis für den EVC auf einen hierarchisch untergeordneten ‚related Safety Case‘ der generischen Plattform verweist. Die Einhaltung der Anwendungsbedingungen der Plattform muss im generischen Sicherheitsnachweis des EVC nachgewiesen werden. Dies betrifft insbesondere die korrekte Anwendung der Tools für die SW-Entwicklung. Zudem muss geprüft werden, ob alle erforderlichen Nachweise zur Einhaltung der Normen, insbesondere der EN 50155 [23] vorliegen. Allfällige Lücken und Einschränkungen aus dem Sicherheitsnachweis oder dem zugehörigen Gutachten des ISA müssen ebenfalls im EVC Sicherheitsnachweis berücksichtigt und allenfalls an die höhere Systemebene als Anwendungsbedingungen weitergereicht werden.

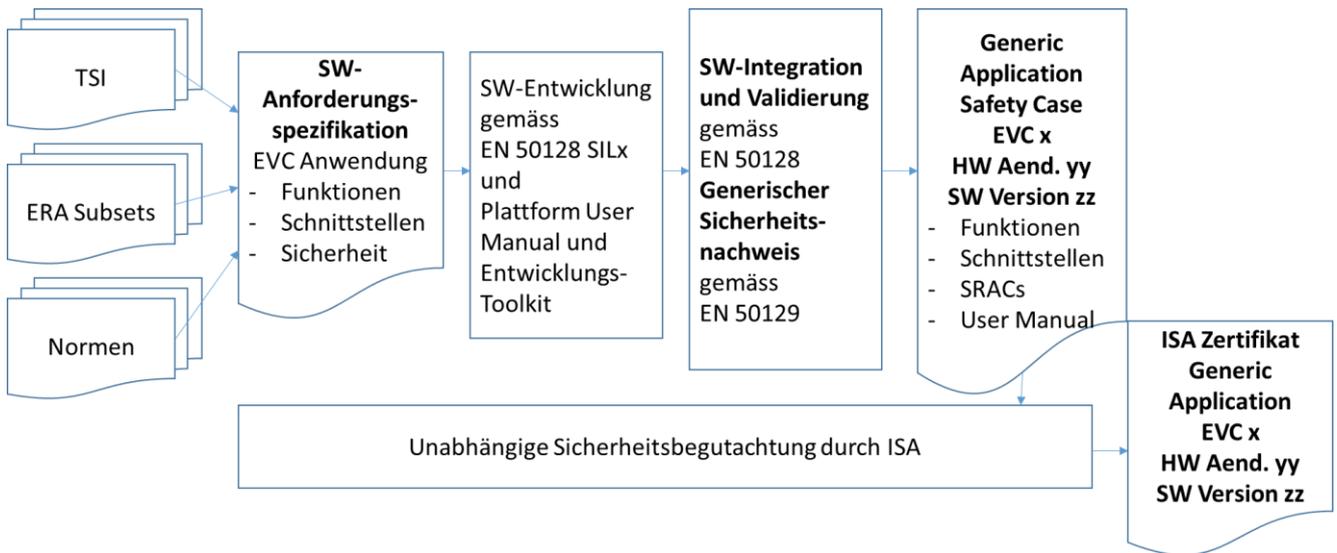


Abbildung 7 Generischer Sicherheitsnachweis für EVC

## 6.4 Generischer Nachweis für Geräte ohne Sicherheitsverantwortung

Geräte ohne Sicherheitsverantwortung, d.h. ohne Funktionen mit SIL-Anforderungen, können Teil des Systems COAT sein und über den CCS-Bus mit dem EVC kommunizieren. Für solche Peripheriegeräte ist kein Sicherheitsnachweis gemäss EN 50129 [19] erforderlich. Für die Software dieser Geräte kommt nicht die EN 50128 [20] zur Anwendung, sondern die für Software auf Fahrzeugen geltende Norm EN 50657 [21]. Weil an die Software keine SIL-Anforderungen gestellt werden, gelten für die Entwicklung und Prüfung die Anforderungen der Norm für Basic Integrity. Eine unabhängige Begutachtung durch einen ISA ist nicht erforderlich, weder für die Geräte noch für die Software. Trotzdem muss der Hersteller die Erfüllung der Systemanforderungen und damit auch die Konformität mit den Normen, insbesondere der EN 50155 [23], nachweisen können. Dies gilt auch für die Konformität mit den Interoperabilitätskriterien der TSI und der ERTMS/ETCS Subset, soweit anwendbar.

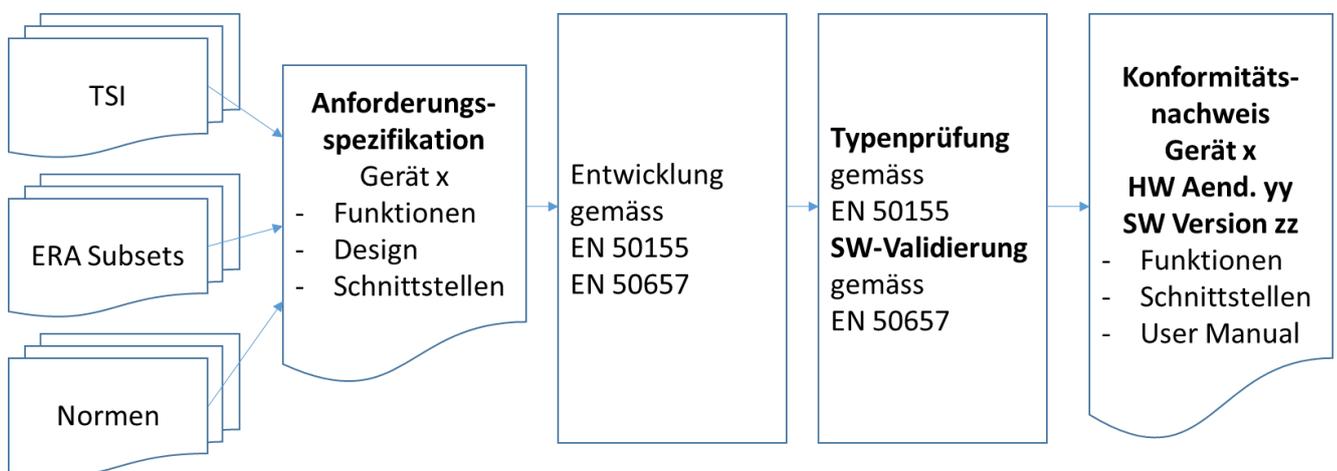


Abbildung 8 Generischer Nachweis für COAT-Geräte ohne Sicherheitsverantwortung

## 6.5 Generischer Sicherheitsnachweis für das System COAT

Der generische Sicherheitsnachweis für das System COAT baut auf den untergeordneten Sicherheitsnachweisen der Geräte und Teilsysteme auf. Die Prüfungen und Nachweise betreffen vor allem die Umsetzung der von den untergeordneten Systemen geerbten Anwendungsbedingungen und die Kommunikation über den CCS Bus. Auf dieser Stufe muss der formale Nachweis der sicheren Kommunikation gemäss der Norm EN 50159 [22] erfolgen. Es ist aber durchaus möglich und zu erwarten, dass die Integration der Safety Layer durch die einzelnen Busteilnehmer bereits im Rahmen der Sicherheitsnachweise der Teilsysteme und Geräte erfolgt ist. Ein abschliessender Nachweis der sicheren Datenübermittlung ist jedoch erst auf dieser Stufe des Systems COAT möglich.

Der generische Sicherheitsnachweis für das System COAT entspricht dem SiNa X des Nachweiskonzepts für die Erlangung einer ETCS-Zulassung in der Schweiz [15].

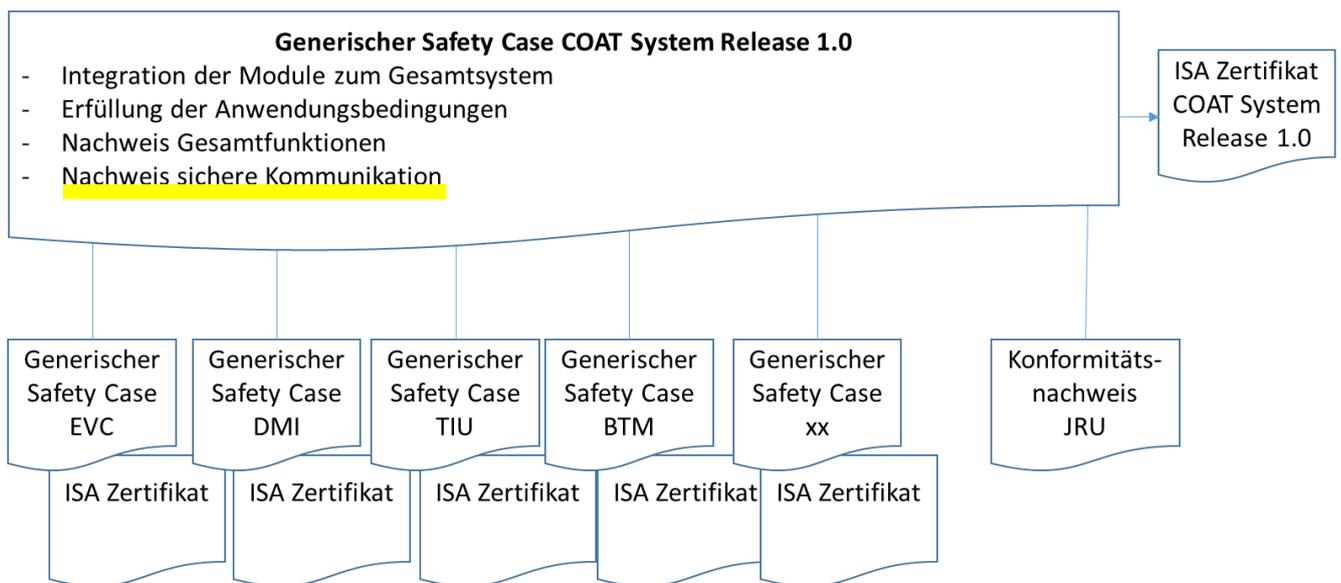


Abbildung 9 Generischer Sicherheitsnachweis für das System COAT

Weil die IOP-Anforderungen aus den TSI und den ERTMS/ETCS-Subsets zu Beginn des Entwicklungs-Lebenszyklus ebenfalls in die Systemanforderungen an das Gesamtsystem COAT eingeflossen sind, muss im Rahmen der Validierung und des Sicherheitsnachweises auch die Einhaltung dieser Systemanforderungen überprüft und nachgewiesen werden. Im Nachweiskonzept [15] ist dafür ein IOP-Statement (Na VII) des Streckenlieferanten erforderlich. Im Sinne der Zielsetzungen von ERTMS/ETCS müsste es in Zukunft möglich sein, diesen IOP-Nachweis mit einem Pilotfahrzeug auf einer Referenzstrecke für alle Streckenlieferanten zu erbringen.

## 6.6 Spezifischer Sicherheitsnachweis für COAT auf Fahrzeug Typ NN

Als Voraussetzung für den Sicherheitsnachweis und die Typenzulassung resp. Betriebsbewilligung eines mit COAT ausgerüsteten Fahrzeugs ist ein spezifischer Sicherheitsnachweis für die Installation und Parametrisierung des generischen Systems auf einem bestimmten Fahrzeugtyp erforderlich. Der spezifische Sicherheitsnachweis baut auf dem generischen Sicherheitsnachweis für das System COAT auf. Er muss zeigen, dass die Anwendungsbedingungen (Installationsvorschriften für Antennen, DMI, Bedienelemente, Interfaces mit der Fahrzeugsteuerung etc.) erfüllt sind. Zudem muss die Gesamtfunktion des Systems und das Zusammenspiel mit den Funktionen des Fahrzeugs (Auslösung der Schnellbremse, Traktionssperre etc.) überprüft und nachgewiesen werden.

Der spezifische Sicherheitsnachweis für COAT auf Fahrzeug Typ NN entspricht dem SiNa VI gemäss [15].

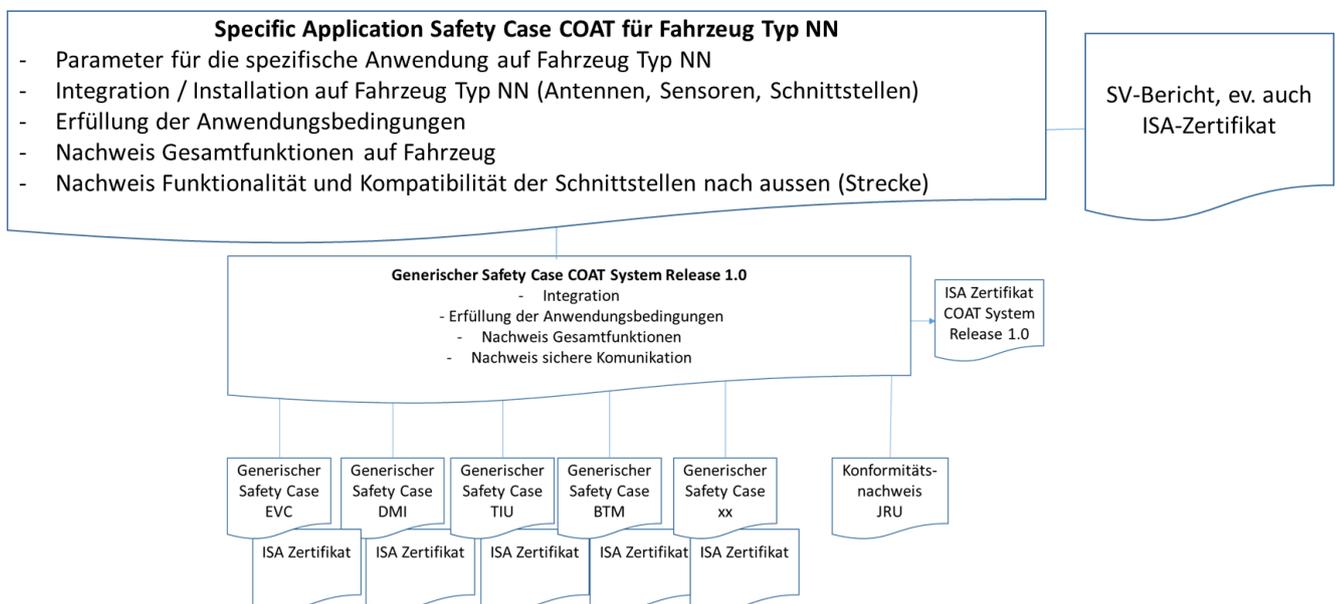


Abbildung 10 Generischer Sicherheitsnachweis für COAT auf Fahrzeug Typ NN

## 7 UNABHÄNGIGE PRÜFUNG

### 7.1 Unabhängige Sicherheitsbegutachtung gemäss CENELEC

Die unabhängige Prüfung durch einen ISA ist in den CENELEC RAMS-Normen EN 50128 [20] und EN 50129 [19] für Systeme und Software mit Funktionen mit SIL1..4 zwingend gefordert. Das heisst, dass für alle Sicherheitsnachweise, die im Kapitel 6 aufgeführt sind, ein unabhängiges (positives) Gutachten durch einen ISA mitzuliefern ist. Die Anforderungen an den Gutachter, den Umfang der Begutachtung und den Inhalt des Gutachterberichts sind in den beiden Normen [20] und [19] sowie in den übergeordneten Normen EN 50126-1 und -2 festgelegt.

### 7.2 Prüfung durch Sachverständige gemäss BAV Richtlinien

Die Richtlinie Typenzulassung [11] verlangt in gewissen Fällen die Prüfung des Sicherheitsnachweises durch einen Sachverständigen. Für den Einsatz und die Notwendigkeit einer SV-Prüfung verweist die Richtlinie Typenzulassung [11] auf die Richtlinie 'Unabhängige Prüfstellen Eisenbahnen' [9]. In dieser Richtlinie ist für jeden Fachbereich festgelegt, in welchen Fällen und für welche Komponenten eine SV-Prüfung erforderlich ist.

Für den Fachbereich **Fahrzeuge** wird dafür auf die Richtlinie Zulassung Eisenbahnfahrzeuge [7] verwiesen. Darin ist aufgeführt, in welchen Fällen welche Arten von unabhängiger Prüfung erfolgen müssen. Auf der obersten Stufe, der Typenzulassung für interoperable Fahrzeuge, ist in jedem Fall eine Bescheinigung der Konformität mit den TSI durch eine Benannte Stelle (NoBo) erforderlich. Zudem ist eine Bescheinigung der Konformität mit den NNTV durch eine Benannte beauftragte Stelle erforderlich. Eine Sicherheitsbewertung des Sicherheitsberichts durch eine Risikobewertungsstelle (AsBo) ist nur dann erforderlich, wenn das Vorhaben als signifikante Änderung im Sinne der CSM [3] und der EBV [5] eingestuft wurde.

Für den Fachbereich **Sicherheitstechnik** sind die Gegenstände einer unabhängigen Prüfung in einer Tabelle aufgeführt. Für die Prüfung der Interoperabilität ist die Prüfung durch eine Benannte Stelle erforderlich. Für Sicherungsanlagen und Telematikanwendungen, somit auch für COAT, ist die Anwendung der CENELEC-RAMS Normen EN 50126 [17], [18] gefordert. Der Sicherheitsnachweis für Systeme und Funktionen mit hoher Sicherheitsrelevanz (SIL3/4) muss gemäss EN 50129 [19] erfolgen. Diese Norm fordert die Prüfung durch einen ISA.

### 7.3 Prüfung und Bestätigung der Interoperabilität

Die Prüfung der Interoperabilität gemäss der anwendbaren TSI (TSI CCS [26] und TSI LOC&PAS [28]) muss durch eine Benannte Stelle (NoBo) erfolgen. Das Sicherheitsnachweiskonzept des Systemführers für die ETCS Zulassung in der Schweiz [15] definiert zwar die erforderlichen Interoperabilitätsnachweise, verlangt für diese aber keine unabhängige Begutachtung, da es sich nicht um Sicherheitsnachweise handelt. Die Aufgaben des NoBo im hierarchisch aufgebauten Nachweisverfahren sind nicht explizit definiert. Es kann einzig davon ausgegangen werden, dass für

die Fahrzeugzulassung eine Prüfung und Konformitätsbestätigung durch einen NoBo erfolgen muss, wie dies in der Richtlinie des BAV für die Fahrzeugzulassung [7] gefordert ist.

Um für COAT eine modulare und hierarchische Prüfung der IOP durch den NoBo zu ermöglichen, ist anzustreben, die COAT-Module, welche Interoperabilitätsanforderungen gemäss den TSI erfüllen müssen, als Interoperabilitätskomponenten (IK) zu definieren.<sup>1</sup> Damit wäre ein NoBo in der Lage, die IOP-Konformität für einzelne Module oder Teilsysteme generisch zu prüfen und zu bestätigen, und nicht erst im Rahmen der Fahrzeugzulassung für einen konkreten Fahrzeugtyp. Selbstverständlich würde die IOP-Prüfung durch den NoBo auf Stufe Fahrzeugtyp damit nicht entfallen, durch die erfolgten Vorprüfungen auf Stufe der COAT-Module und des COAT-Systems würde diese aber im Umfang wesentlich reduziert und damit beschleunigt. Dabei ist zu beachten, dass die Interoperabilitätsprüfung nur den Teil und die Komponenten des COAT-Systems umfassen, welche Interoperabilitätsanforderungen der TSI CCS [26] und TSI LOC&PAS [28] erfüllen müssen, nicht jedoch die Peripheriegeräte und Apps, welche zusätzliche COAT Funktionen, also z.B. ATO, erfüllen. Dies ist in Abbildung 11 und Abbildung 12 schematisch mit COAT-Peripheriegeräten ausserhalb der IK dargestellt, einige davon mit Sicherheitsrelevanz, andere ohne Sicherheitsrelevanz.

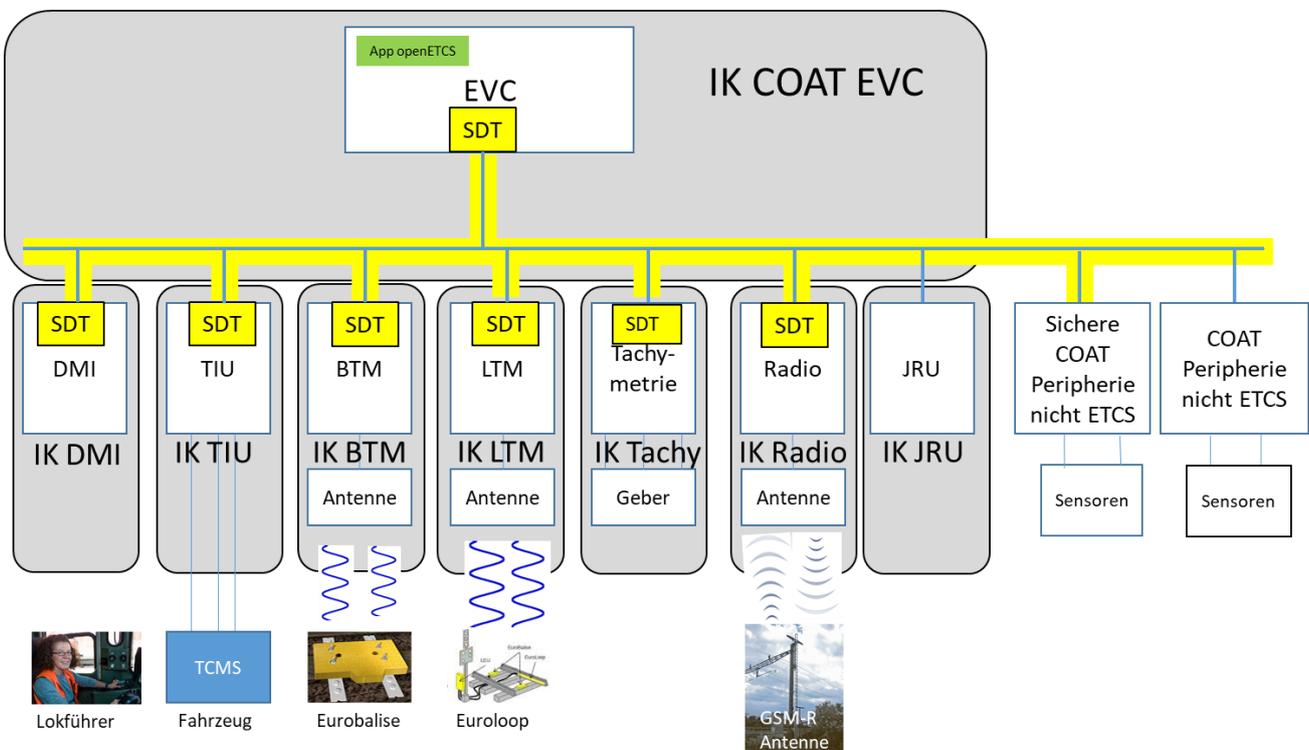


Abbildung 11 COAT-Komponenten als Interoperabilitätskomponenten IK

<sup>1</sup> Der Begriff IK wird hier nicht gemäss Definition der grundlegenden Interoperabilitätskomponenten in der aktuell gültigen TSI CCS verwendet, sondern es handelt sich hierbei um einen Vorschlag, dass in Zukunft die IK anders strukturiert werden müssten, damit der NoBo für jede Komponente gleichzeitig auch die IOP-Aspekte prüfen könnte. Ob eine (formal gültige) Bescheinigung durch den NoBo bereits auf Stufe der COAT-Komponenten möglich sein wird, hängt von den zukünftigen Entwicklungen der TSI CCS ab. Vgl. dazu auch Kap. 5.2.1.2 und Empfehlungen in Kap. 11.3.

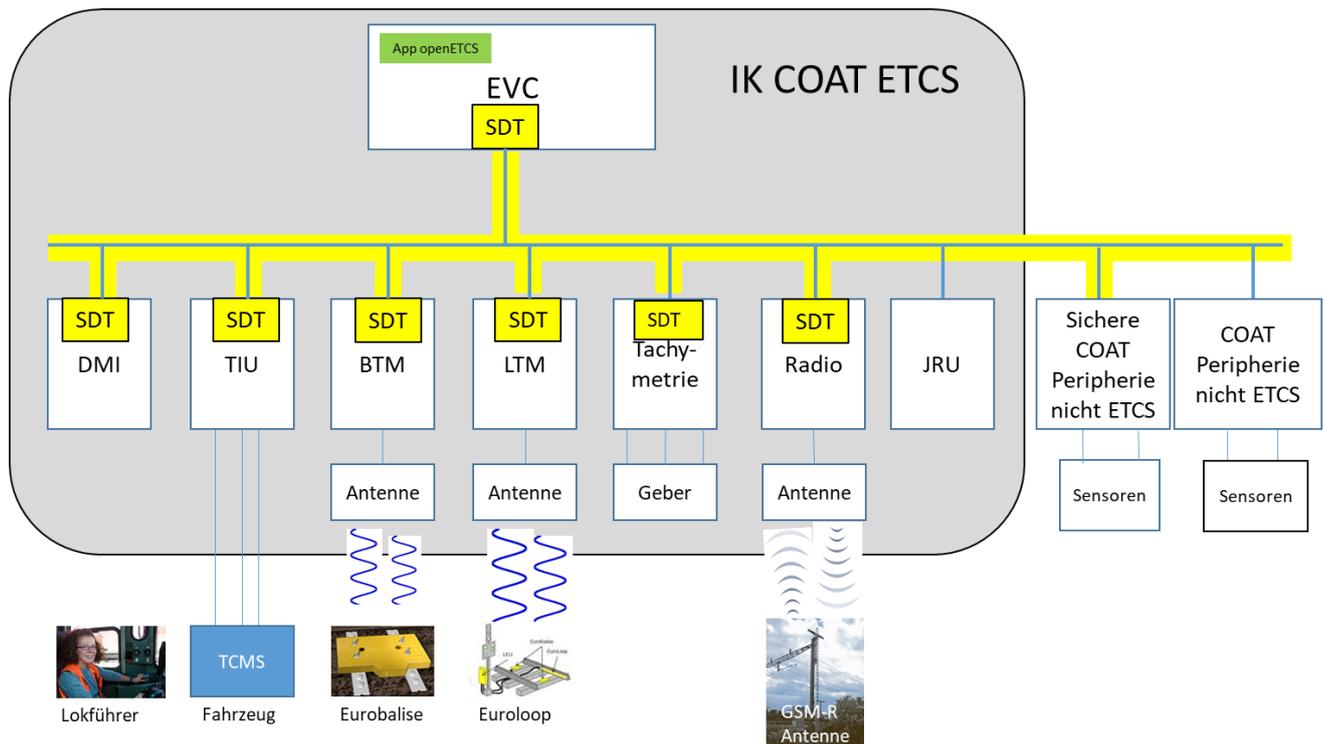


Abbildung 12 System COAT ETCS als Interoperabilitätskomponente

Auch das gesamte COAT-System, welches die ETCS-Funktionalität gewährleistet, kann als IK definiert und dessen Konformität generisch geprüft und bewertet werden, analog zum Sicherheitsnachweises des Systems COAT gemäss CENELEC, welcher aber auch sämtliche sicherheitsrelevanten Funktionen umfasst, die über die ETCS-Funktionalität hinausgehen, z.B. ATO.

## 7.4 Konzeptvorschlag für unabhängige Prüfung

Mit dem vorgeschlagenen Konzept für die unabhängigen Prüfungen sollen einerseits die Anforderungen der TSI, der CENELEC-Normen und des BAV erfüllt werden, andererseits sollen aber auch die Ziele von COAT für eine modulare, flexible und effiziente Zulassung erreicht werden. Zur Vermeidung von doppelten Prüfungen der gleichen Aspekte durch unterschiedliche Prüfinstanzen ist es erforderlich, dass die jeweils beauftragte Prüfstelle für mehrere Aspekte der Prüfung einer Komponente oder eines Teilsystems befähigt und wenn nötig akkreditiert ist. Es ist aber nicht erforderlich, dass die gleiche Prüfstelle sämtliche aufgeführten Komponenten und Teilsysteme prüft.

Obwohl das Vorhaben der Entwicklung und Zulassung von COAT als signifikante Änderung (des bisherigen Konzepts der ETCS Onboard Unit betrachtet werden kann, da es hoch sicherheitsrelevant, innovativ und komplex ist, wird eine zusätzliche Prüfung durch eine Risikobewertungsstelle in Anlehnung an EBV [5] 8a, Ziff. 4 als nicht sinnvoll erachtet, weil alle Aspekte bereits genügend durch die übrigen unabhängigen Prüfungen abgedeckt sind.

Gegenstand der Prüfung	Was wird geprüft?	Auszustellende Bescheinigungen	Erforderliche Fähigkeiten und Akkreditierungen
COAT EVC	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generischer Safety Case gemäss EN 50129 inkl. sichere Datenübertragung (SDT) gemäss EN 50159</li> <li>- Konformität mit EN 50155</li> <li>- IOP für IK COAT EVC</li> <li>- Konformität mit NNTV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gutachten Safety Case gemäss EN 50129 mit SDT</li> <li>- IOP Bescheinigung für IK COAT EVC</li> <li>- Konformitätsbescheinigung NNTV</li> <li>- Empfehlung Typenzulassung durch SV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ISA für CENELEC</li> <li>- NoBo</li> <li>- DeBo</li> <li>- SV für Typenzulassung</li> </ul>
COAT Peripherie-Komponente mit ETCS Funktionen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generischer Safety Case gemäss EN 50129 inkl. SDT gemäss EN 50159</li> <li>- Konformität mit EN 50155</li> <li>- IOP für IK COAT-Komponente</li> <li>- Konformität mit NNTV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gutachten Safety Case gemäss EN 50129 mit SDT</li> <li>- IOP Bescheinigung für IK COAT-Komponente</li> <li>- Konformitätsbescheinigung NNTV</li> <li>- Empfehlung Typenzulassung durch SV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ISA für CENELEC</li> <li>- NoBo</li> <li>- DeBo</li> <li>- SV für Typenzulassung</li> </ul>
COAT Peripherie-Komponente ohne ETCS Funktion, aber mit Sicherheitsrelevanz	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generischer Safety Case gemäss EN 50129 inkl. SDT gemäss EN 50159</li> <li>- Konformität mit EN 50155</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gutachten Safety Case gemäss EN 50129 mit SDT</li> <li>- Empfehlung Typenzulassung durch SV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ISA für CENELEC</li> <li>- SV für Typenzulassung</li> </ul>
COAT Peripherie-Komponente ohne ETCS Funktion, ohne Sicherheitsrelevanz			Keine unabhängige Prüfung. Bescheinigung der Konformität mit EN 50155 durch Hersteller
COAT System	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Generischer Safety Case gemäss EN 50129 inkl. SDT gemäss EN 50159</li> <li>- Konformität mit EN 50155</li> <li>- IOP für IK COAT ETCS</li> <li>- Konformität mit NNTV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gutachten Safety Case gemäss EN 50129 mit SDT</li> <li>- IOP Bescheinigung für IK COAT ETCS</li> <li>- Konformitätsbescheinigung NNTV</li> <li>- Empfehlung Typenzulassung durch SV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ISA für CENELEC</li> <li>- NoBo</li> <li>- DeBo</li> <li>- SV für Typenzulassung</li> </ul>
Fahrzeug Typ NN mit COAT System	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Spezifischer Safety Case für COAT gemäss EN 50129</li> <li>- IOP für Fahrzeug mit COAT</li> <li>- Konformität mit NNTV für Fahrzeug mit COAT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gutachten Spezifischer Safety Case für COAT gemäss EN 50129</li> <li>- IOP Bescheinigung für Fahrzeug mit COAT</li> <li>- Konformitätsbescheinigung NNTV Fahrzeug mit COAT</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ISA für CENELEC<sup>2</sup></li> <li>- NoBo</li> <li>- DeBo</li> </ul>

Tab. 3 Konzeptvorschlag für unabhängige Prüfung

<sup>2</sup> Aufgrund der Rückmeldung des BAV ist zusätzlich zum ISA keine weitere unabhängige Prüfung durch einen AsBo vorgesehen.

## 8 ZULASSUNG

### 8.1 Grundsatz

Für Teilsysteme und Komponenten von COAT, sowie für das generische System COAT, werden Typenzulassungen durch das BAV angestrebt. Voraussetzung für die Typenzulassung eines Gegenstandes:

- Vorliegen des Sicherheitsnachweises gemäss CENELEC
- Vorliegen des Gutachtens durch den ISA (Bestätigung des Sicherheitsnachweises)
- Bescheinigung der Interoperabilität durch den NoBo, falls es sich um eine IK handelt
- Bescheinigung der Konformität mit den NNTV durch den DeBo, falls es sich um eine IK handelt
- Empfehlung der Typenzulassung durch den SV

Die Empfehlung der Typenzulassung durch den SV in Form eines Sachverständigenprüfbericht dürfte insbesondere im Falle von Typenzulassungsgegenständen, die auch als IK definiert sind, eine reine Formalität sein, weil mit den Prüfungen als ISA, NoBo und DeBo eigentlich die Konformität mit dem gesamten geltenden Regelwerk abgedeckt sein müsste.

Allenfalls ist eine separate SV-Prüfung im Falle von COAT-Komponenten, die weder IK noch sicherheitsrelevant sind, erforderlich und sinnvoll, um die Konformität mit den anwendbaren Normen, wie z.B. EN 50155, und dem Schweizer Regelwerk (EBV [5], AB-EBV [6]) zu prüfen und zu bestätigen. Allerdings sieht die Richtlinie Typenzulassung von Elementen der Eisenbahnanlagen [11] eigentlich nur die Zulassung von sicherheitsrelevanten Elementen vor. Es ist zum jetzigen Stand des Projekts COAT nicht absehbar, ob überhaupt Komponenten, die weder für die Interoperabilität noch für die Sicherheit relevant sind, Teil von COAT sein könnten.

### 8.2 Typenzulassung der Geräte

Die Typenzulassungsgegenstände sind alle Elemente, die auch als IK definiert sind. Zusätzlich sind auch die Peripheriegeräte, die keine Interoperabilitätskriterien erfüllen müssen, ebenfalls Typenzulassungsgegenstände, insbesondere wenn sie sicherheitsrelevant sind. Um die angestrebte Modularität und Flexibilität für die Zulassung zu erreichen, müssen die Typenzulassungsgegenstände kongruent sein mit den IK und den Sicherheitsnachweisen und die gleiche Hierarchie aufweisen.

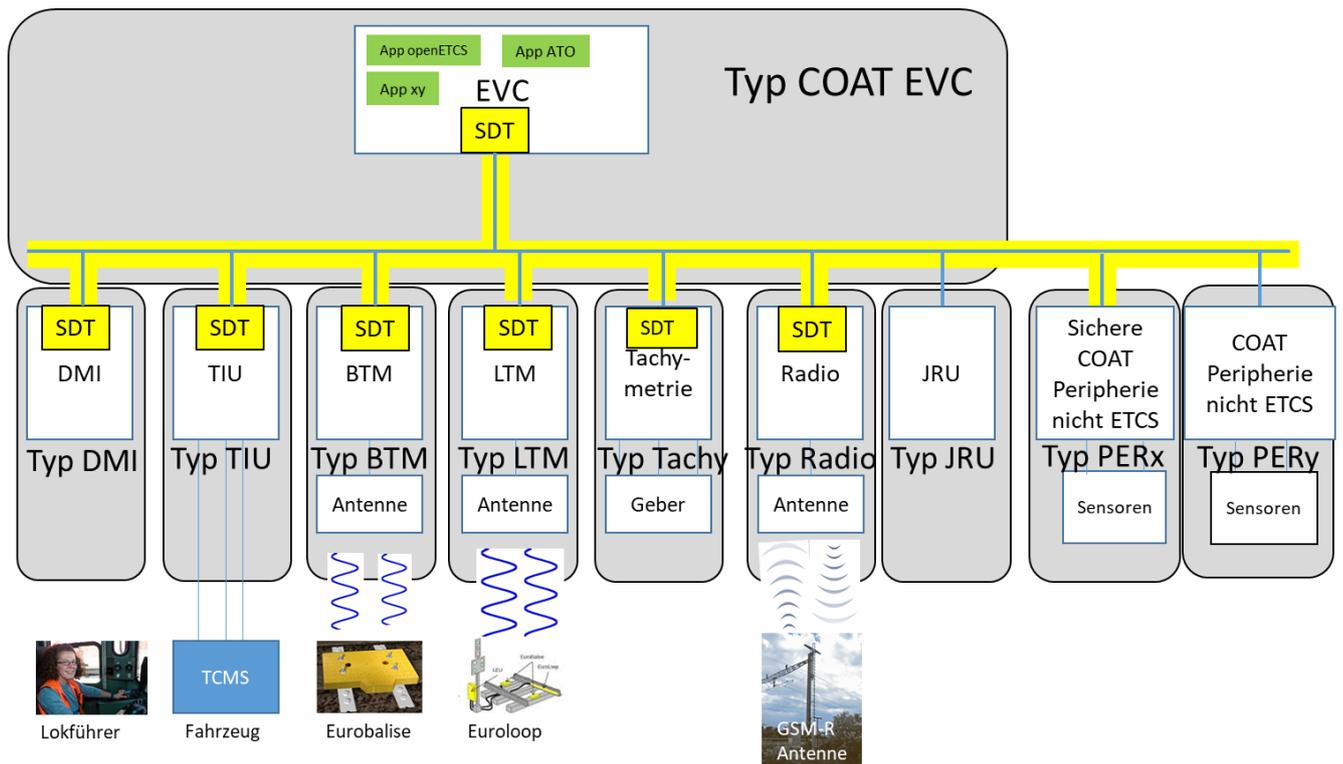


Abbildung 13 Typenzulassungsgegenstände: COAT Komponenten

### 8.3 Typenzulassung des Systems COAT

Auch für das generische System COAT ist eine Typenzulassung anzustreben, wobei es sich dabei (wie auch beim Safety Case und bei der IK) um eine generische Maximalkonfiguration handeln wird, während dem COAT für spezifische Anwendungen, d.h. für einen bestimmten Typ Fahrzeug, nur aus einer Teilmenge der Geräte und Applikationen bestehen wird. Zudem ist zu erwarten, dass für einzelne Peripheriegeräte mehrere typenzugelassene Geräte von verschiedenen Herstellern erhältlich sein werden. In der Typenzulassung für das System COAT muss aufgeführt werden, welche typenzugelassenen Geräte eingesetzt werden können.

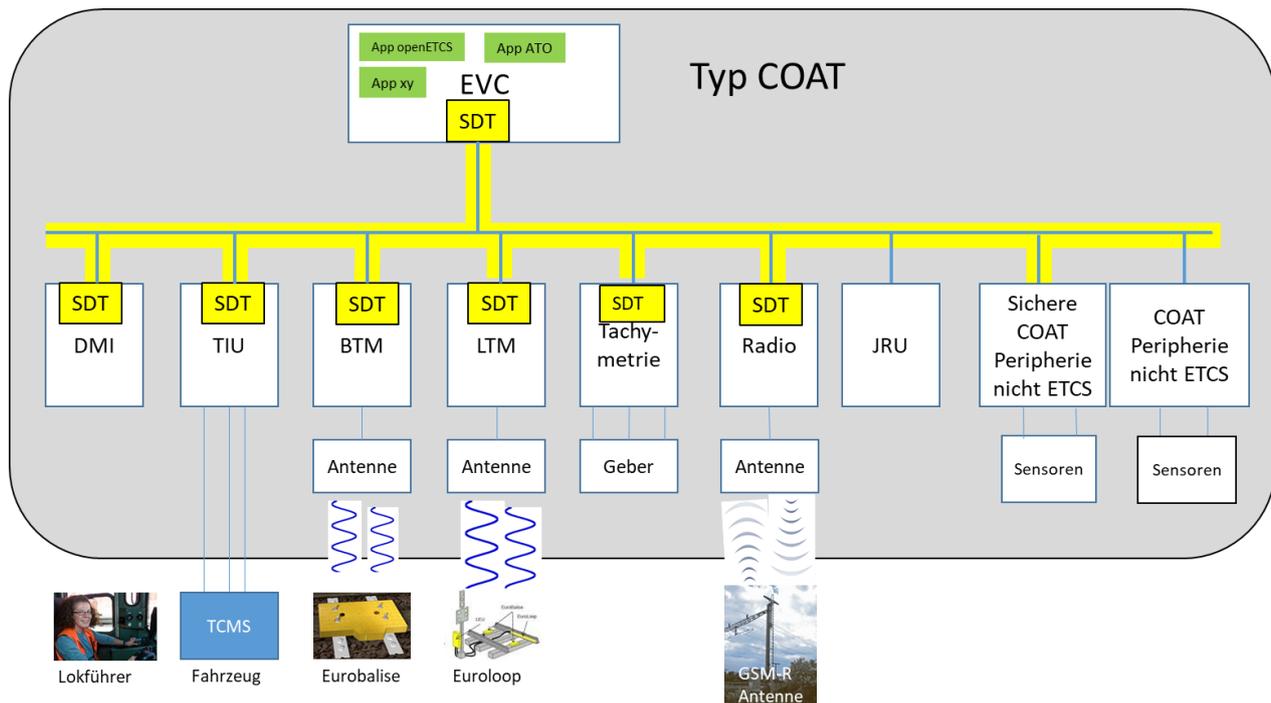


Abbildung 14 Typenzulassungsgegenstand: System COAT

## 8.4 Typenzulassung der Fahrzeuge

Die Typenzulassung der interoperablen Fahrzeuge ist in der Richtlinie Zulassung Eisenbahnfahrzeuge [7] geregelt. Für das System COAT ist ein spezifischer Sicherheitsnachweis gemäss CENELEC mit dem Gutachten des ISA erforderlich. Der spezifische Sicherheitsnachweis gilt für die spezifische Konfiguration und Parametrisierung von COAT für die spezifische Fahrzeugserie. Der spezifische Sicherheitsnachweis baut auf den generischen Sicherheitsnachweis für das System COAT auf, der seinerseits auf die untergeordneten Sicherheitsnachweise der COAT-Geräte aufbaut.

Die Interoperabilität des gesamten Fahrzeuges mit integriertem COAT, konfiguriert und parametrisiert für den spezifischen Fahrzeugtyp, muss durch den NoBo bescheinigt werden. Ebenso ist die Konformität des gesamten Fahrzeuges mit den NNTV durch den DeBo zu bestätigen.

Eine Typenzulassung der spezifischen Konfiguration des generischen Systems COAT für einen bestimmten Fahrzeugtyp macht keinen Sinn, weil diese Konfiguration von COAT nur für diese Fahrzeugserie verwendet werden kann. Die Wiederverwendung des Systems innerhalb der Fahrzeugserie ist durch die Typenzulassung des Fahrzeuges im Rahmen der Erstzulassung sichergestellt.

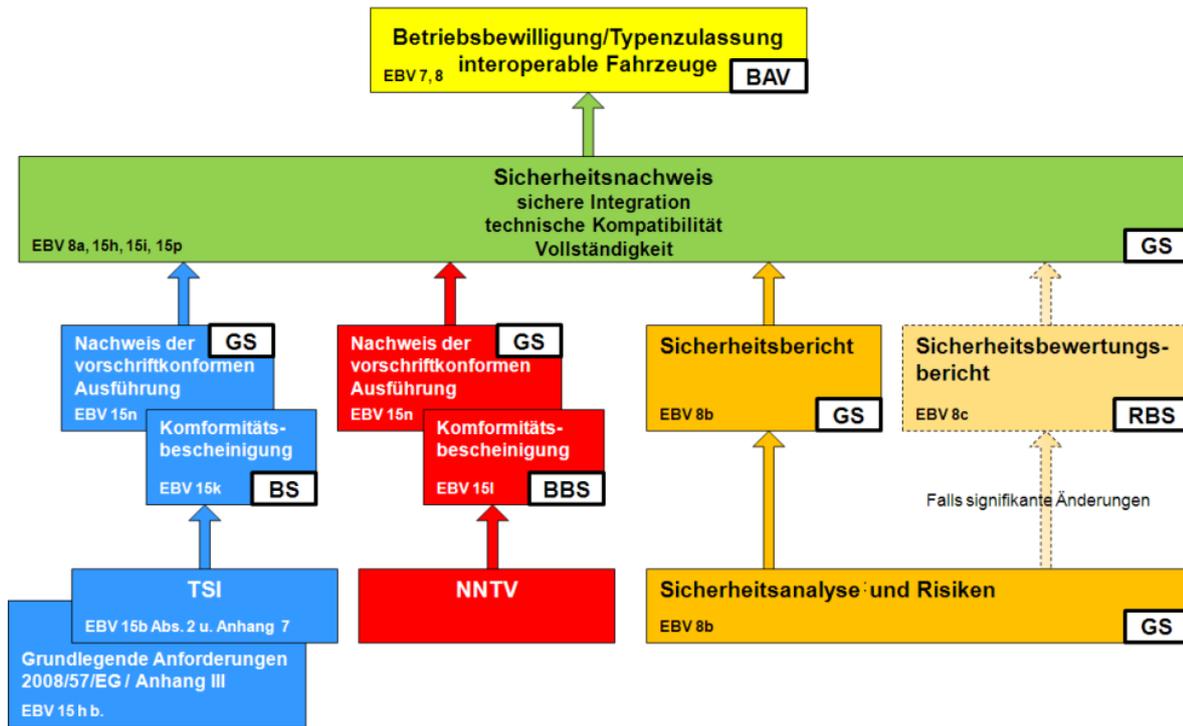


Abbildung 15 Erforderliche Nachweise für die Typenzulassung interoperabler Fahrzeuge gemäss [7]

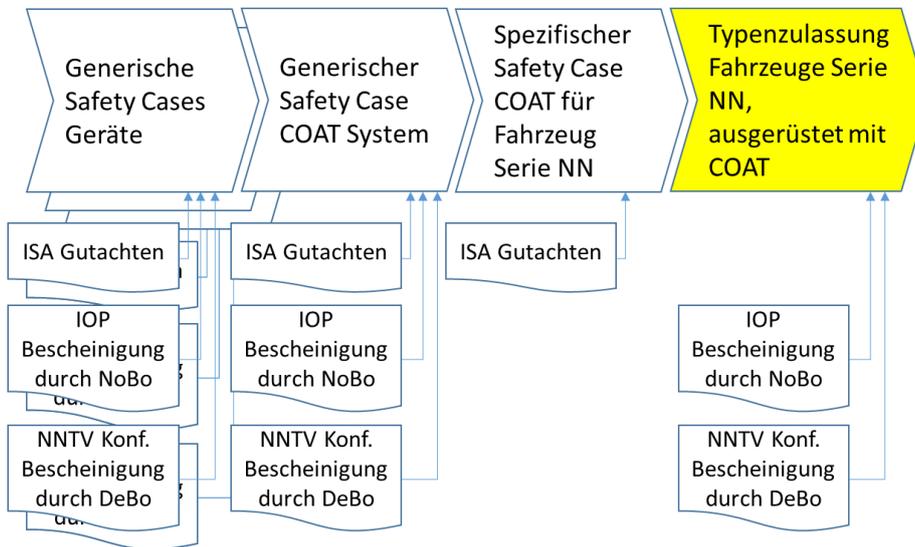


Abbildung 16 Nachweise und Gutachten / Bescheinigungen aus Sicht COAT

## 8.5 Typenzulassung des Verfahrens

Die Richtlinie Typenzulassung von Elementen der Eisenbahnanlagen [11] sieht auch die Möglichkeit der Typenzulassung für Verfahren vor. Diese Möglichkeit sollte insbesondere für das Verfahren der Zulassung nach Änderungen an COAT-Komponenten und am ganzen COAT-System genutzt werden. Mit diesem Verfahren sollen die folgenden Aspekte geregelt werden:

- Beurteilung der Änderungen: Zuständigkeit, Kriterien, Kategorien
- Verfahren zur Re-Validierung der Nachweise für die verschiedenen Kategorien von Änderungen
- Definition der minimalen obligatorischen Regressionstests für jede Änderungskategorie und für jeden Typenzulassungsgegenstand
- Definition der Testumgebung:
  - o Tests, welche in der Laborumgebung durchgeführt werden können
  - o Tests, welche auf dem Fahrzeug und auf der Strecke durchgeführt werden müssen
- Erforderliche Dokumentation der Änderungen für die verschiedenen Kategorien, z.B.:
  - o Revision der betreffenden Spezifikationen und Nachweisdokumente, oder
  - o Ergänzung der betroffenen Dokumente durch Zusatzdokumente (Addendum), jedoch ohne Revision der Dokumente selber.
- Einbezug und Aufgabe der unabhängigen Prüfstellen für die verschiedenen Kategorien von Änderungen
- Dokumentation der Gutachten und Bescheinigungen der unabhängigen Prüfstellen je nach Änderungskategorie, z.B.:
  - o Revision der Gutachten und Bescheinigungen, oder
  - o Ergänzung der bestehenden Gutachten und Bescheinigungen mit Nachträgen (Gültigkeitserklärungen).

### 8.5.1 Kategorien der Änderungen

Die Richtlinie Typenzulassung von Elementen der Eisenbahnanlagen [11] sieht für den Fachbereich Sicherheitstechnik zwei Kategorien von Änderungen vor:

1. Änderung des funktionalen Gerätestandes
2. Änderung des fertigungstechnischen Gerätestandes (HW / SW)

Diese beiden Änderungskategorien könnten ergänzt werden durch eine Kategorie, bei der am Gegenstand selber keine Änderungen vorgenommen werden, sondern nur an den zugehörigen Dokumenten. Solche Änderungen sind vor allem dann erforderlich, wenn sich im Laufe des Betriebs

zeigt, dass Ergänzungen zu den Anwendungsbedingungen erforderlich sind, oder wenn Testspezifikationen präzisiert werden müssen. Weil diese Dokumente auch Teil der Sicherheitsnachweise sind, ist eine formale Aktualisierung der Dokumente und Nachweise erforderlich, ohne dass Änderungen an der Hardware oder Software notwendig sind.

## 9 TESTINFRASTRUKTUR UND TESTKONZEPT

### 9.1 Testlabor des Systemführers

Für die Prüfung und Erstzulassung der COAT-Komponenten und des Systems COAT, vor allem aber für die Zulassung nach Änderungen, die Zulassung von Komponenten anderer Hersteller, sowie die Korrektur von Fehlern ist der Aufbau eines Testlabors, in dem die reale COAT-Hardware und Software geprüft werden kann, von grossem Nutzen. Im Testlabor kann auch die Kommunikation der verschiedenen Teilnehmer über den CCS-Datenbus unter realen Bedingungen geprüft werden, ohne dass dafür eine Installation auf einem Fahrzeug und Testfahrten auf der Strecke erforderlich sind.

Die Umgebung, die stationären Systeme und Teile der Peripheriegeräte, also z.B. das Fahrzeug, die Balisen, Loops, die stationären GSM-R-Empfänger und Sender, die Sensoren für die Geschwindigkeitserfassung etc. müssen durch entsprechende Hardware und Software für den Laboraufbau simuliert werden. Das Testlabor muss den kompletten (maximalen) Systemumfang von COAT umfassen. Für die Tests einzelner Geräte wird das betreffende Gerät des Laboraufbaus durch den Prüfling ersetzt. Das Labor mit dem System COAT (minus Prüfling) bildet die Prüfumgebung für solche Labortests.

Um Abhängigkeiten von einzelnen Herstellern zu vermeiden, müsste das Testlabor durch den Systemführer aufgebaut und betrieben werden. Das Labor kann aber den Herstellern für die Prüfung ihrer Produkte gegen entsprechende Entschädigung zur Verfügung gestellt werden.

### 9.2 Testfahrzeug und Teststrecke des Systemführers

Auch ein sehr vollständiges und realistisches Testlabor kann nicht alle Aspekte des realen Betriebs abdecken. Daher ist es sinnvoll, analog zum Testlabor ein Testfahrzeug mit einem kompletten (maximalen) COAT-System auszurüsten. Dieses System muss für das Testfahrzeug konfiguriert und parametrisiert sein. Insbesondere können mit diesem Testfahrzeug die komplexen Interfaces von COAT mit der Infrastruktur und dem Fahrzeug unter realen Bedingungen geprüft werden, also die Datenübertragung von den Balisen und Loops, die Kommunikation über GSM-R (oder ein künftiges System), die Interfaces mit TCMS und dem Bremssystem, das Interface mit dem Lokführer.

Solche Tests müssen auf einer realen, mit ETCS ausgerüsteten Strecke durchgeführt werden können, und zwar für L1, L2 und die Systemwechsel. Anstelle einer speziell dafür auszurüstenden Teststrecke müsste es möglich sein, bestehende, bereits ausgerüstete Streckenabschnitte gezielt zu befahren. Bei den Testfahrten mit dem COAT-Testfahrzeug auf kommerziell befahrenen Strecken muss aber die Betriebsbewilligung durch das BAV mit berücksichtigt werden, weil das Testfahrzeug die Betriebsbewilligung beim Ersatz einer Komponente oder App durch den Prüfling verliert. Dieses Verfahren sollte ebenfalls im Verfahren gemäss 8.5 oder in einer separaten Richtlinie geregelt werden.

Aus den gleichen Gründen wie für das Testlabor müsste das Testfahrzeug durch den Systemführer ausgerüstet und betrieben werden. Die befahrenen Strecken können in der Verantwortung der ISB betrieben werden.

## 9.3 Minimale Regressionstests

Eines der Ziele von COAT besteht darin, Tests auf dem Fahrzeug und auf der Strecke soweit wie möglich zu vermeiden, insbesondere nach Änderungen. Auch mit der vorgesehenen modularen Struktur wird es notwendig sein, nach Änderungen die korrekte Funktion und die Interoperabilität mit Tests im Labor, auf dem Fahrzeug und auf der Strecke zu bestätigen. Dies gilt auch für Funktionen und Komponenten, die nicht von der Änderung betroffen sind, zumindest nicht absichtlich.

Damit der Umfang der Tests, insbesondere auf dem Fahrzeug und auf der Strecke, minimiert werden kann, ohne die Sicherheit und die Funktionalität zu beeinträchtigen, sollen für jede COAT-Komponente (HW und SW) und für jede Stufe der Integration bis auf die Stufe Fahrzeug minimale (obligatorische) Regressionstests geplant und spezifiziert werden. Die Notwendigkeit der einzelnen Test Cases kann für die verschiedenen Änderungskategorien aufgrund der generischen Impact-Analyse im Voraus festgelegt werden. Die minimal durchzuführenden Regressionstests sind ein Subset der für die Erstzulassung und die entsprechenden Sicherheits- und IOP-Nachweise spezifizierten und durchgeführten Tests.

Die darüber hinaus notwendigen Tests müssen für jede Änderung aufgrund der spezifischen Impact-Analyse festgelegt werden, wobei auch diese Tests ein Subset der bei der Erstzulassung durchgeführten Tests sind, sofern die zugehörige Anforderungsspezifikation (und damit die Testspezifikation) nicht geändert werden musste.

## 10 ANWENDUNGSFÄLLE

### 10.1 Erstzulassung der COAT Geräte und des Systems COAT

Für die Spezifikation, Entwicklung und Erstzulassung der COAT-Geräte und des Systems COAT ist der Entwicklungs-Lebenszyklus gemäss CENELEC EN 50126-1 [17] und EN 50129 [19] zu befolgen. Damit die Entwicklung der verschiedenen Geräte und Applikationen möglichst parallel erfolgen kann, sind die Phasen 4 (Festlegung der Systemanforderungen) und 5 (Architektur und Aufteilung der Systemanforderungen) entscheidend. Die Nachweisführung erfolgt wie im Kapitel 6 beschrieben.

### 10.2 Funktionale Erweiterung des Systems COAT

Eine Erweiterung des Systems COAT mit zusätzlichen Funktionen wie z.B. der Zugintegrität (TIMS) kann erfolgen, indem

- zusätzliche Peripheriegeräte an den CCS-Bus angeschlossen werden und / oder
- von den bestehenden Peripheriegeräten zusätzliche Informationen verlangt werden, die noch nicht über die Bus-Schnittstelle übertragen werden und / oder
- zusätzliche Applikationen entwickelt und auf dem EVC implementiert werden.

Für die Nachweisführung bedeutet dies:

- Sicherheitsnachweise gemäss EN 50129 [19] für die neuen Peripheriegeräte
- ISA-Gutachten für die Sicherheitsnachweise der neuen Peripheriegeräte
- Aktualisierung der Sicherheitsnachweise für geänderte Peripheriegeräte
- Aktualisierung der ISA-Gutachten für geänderte Peripheriegeräte
- IOP und NNTV Prüfung der neuen Peripheriegeräte durch NoBo / DeBo, falls die Erweiterung durch Änderungen der TSI bedingt sind (z.B. ETCS L3)
- Aktualisierung der IOP und NNTV Bescheinigung für geänderte Peripheriegeräte, für die bei der Erstzulassung IOP und NNTV Bescheinigungen ausgestellt wurden
- Aktualisierung des generischen Sicherheitsnachweises für das COAT System
- Aktualisierung des ISA-Gutachtens für den aktualisierten Sicherheitsnachweis des COAT Systems
- Aktualisierung der spezifischen Sicherheitsnachweise für COAT für die betroffenen Fahrzeugtypen

- Aktualisierung der Gutachten für die aktualisierten spezifischen Sicherheitsnachweise für COAT für die betroffenen Fahrzeugtypen
- Aktualisierung des Sicherheitsberichts für die betroffenen Fahrzeugtypen
- Aktualisierung der IOP-Bescheinigung durch den NoBo für die betroffenen Fahrzeugtypen
- Aktualisierung der NNTV-Bescheinigung durch den DeBo für die betroffenen Fahrzeugtypen

### 10.3 Funktionale Änderungen

Formal verlieren der generische Safety Case des Geräts und das zugehörige ISA-Gutachten die Gültigkeit, weil sich diese auf den exakten Bauzustand von HW und SW beziehen. Dies gilt nicht für Parameter, deren Änderung im generischen Safety Case bereits vorgesehen ist.

Als Folge davon verlieren sämtliche übergeordnete Safety Cases und deren zugehörige ISA-Zertifikate formal ihre Gültigkeit, weil sie auf die genauen Versionen der zugehörigen (related) Safety Cases verweisen.

Die generischen Safety Cases auf der gleichen Stufe, also der anderen Geräte, bleiben gültig, sofern sich an der Schnittstelle nichts ändert, und sofern an deren Software nichts geändert werden muss.

### 10.4 SW-Änderungen ohne Änderungen an den Schnittstellen

SW-Änderungen, die nur die lokale Software eines Peripheriegeräts betreffen, erfordern eine Aktualisierung des generischen Safety Cases dieses Geräts, weil der generische Safety Case für die exakte Konfiguration von HW und SW dieses Geräts gültig ist.

Solange diese SW-Änderung keine Änderungen an der Schnittstelle des Geräts erfordert, ist die Aktualisierung der übergeordneten Safety Cases rein formaler Natur. Sie kann z.B. durch ein 'Addendum' erfolgen.

Für den generischen Safety Case des Geräts mit geänderter SW muss der Nachweis erbracht werden, dass die Änderung funktioniert und rückwirkungsfrei umgesetzt wurde, d.h. dass die übrigen Funktionen des Gerätes und die Nachweise immer noch gültig sind.

- Tests auf einem Referenzsystem im Labor zur Bestätigung der Kompatibilität an der Schnittstelle
- Minimale Regressionstests bis zur Integration auf dem Fahrzeug
- Aktualisierung des Gutachtens des geänderten Geräts
- Formale Gültigkeitserklärung der Gutachten der übergeordneten Safety Cases durch den ISA

In der Regel haben solche SW-Änderungen keinen beabsichtigten Einfluss auf die Interoperabilität und die Konformität mit den NNTV. Allfällige unbeabsichtigte Einflüsse auf die Interoperabilität oder die Konformität mit den NNTV müssen durch die minimalen Regressionstests erkannt werden.

## 10.5 Fehlerkorrekturen

Fehlerkorrekturen sind dann erforderlich, wenn sich nach der Zulassung im Betrieb zeigt, dass sich Systeme oder Komponenten nicht so verhalten wie spezifiziert oder wie erwartet (ohne dass dies explizit so spezifiziert wurde).

Fehler, die bereits in den Spezifikationen gemacht wurden, erfordern die Korrektur der Spezifikationen und deren Umsetzung. Dies kann sogar Erweiterungen der Funktionalität gemäss Abschnitt 10.2 erfordern und damit eine sehr aufwändige Re-Validierung und Zulassung erfordern.

Geringfügige Fehler können oft in einzelnen SW-Komponenten korrigiert werden, ohne dass dafür Änderungen an den Schnittstellen erforderlich sind. Zusätzlich zur eigentlichen Fehlerkorrektur ist aber auch in diesem Fall die formale Aktualisierung der betroffenen Sicherheitsnachweise (auch der hierarchisch darüber liegenden) erforderlich. Für den Nachweis der Rückwirkungsfreiheit sind zusätzlich zu den Tests der geänderten Komponenten die minimalen Regressionstests gemäss dem typenzugelassenen Verfahren für die entsprechende Änderungskategorie erforderlich.

## 11 SCHLUSSFOLGERUNGEN

### 11.1 Herausforderungen

- Festlegung des Standards für den CCS Datenbus.
- Spezifikation der Anforderungen an alle Geräte, Schnittstellen und an die sichere Kommunikation.
- Hersteller für komplexe Peripheriegeräte finden, insbesondere für BTM und LTM.
- Konformitätsbewertung durch den NoBo, weil die vorgeschlagene COAT-Architektur von der Architektur in ERA-Subset-026 abweicht, und weil sich nicht alle Subsets 1:1 auf die COAT-Architektur abbilden lassen.

### 11.2 Potential

- Die modulare Struktur von COAT hat ein grosses Potential zur Einsparung von Kosten und Durchlaufzeiten vor allem bei Änderungen und Erweiterungen in der Betriebs- und Instandhaltungsphase des Lebenszyklus.
- Die modulare Struktur stellt sicher, dass Änderungen an einzelnen Modulen keine Auswirkungen auf andere Module haben, so lange die Schnittstellen unverändert bleiben.
- Die Erstzulassung wird durch die modulare Struktur und die hierarchische Nachweisführung nur unwesentlich oder gar nicht pönalisiert, da bestehende, sehr komplexe Schnittstellen nach aussen kaum verändert werden.

### 11.3 Empfehlungen

- Kongruente Strukturen anstreben für
  - die Sicherheitsnachweise gemäss EN 50129,
  - die Interoperabilitätskomponenten IK,
  - die Typenzulassungsgegenstände

- Über die Mitarbeit des BAV und des Systemführers ETCS in internationalen Gremien und Projekten soll Einfluss auf die Weiterentwicklung der TSI genommen werden, um die modulare Nachweisführung für die Interoperabilitätskomponenten gemäss der COAT-Systemarchitektur zu ermöglichen. Bestrebungen in Richtung einer neuen, zukunftsgerichteten Systemarchitektur sind seitens ERA bereits im Gange (vgl. Kap. 5.2.1.2).
- Beauftragung von unabhängigen Prüfstellen, die von den Fähigkeiten und den erforderlichen Akkreditierungen her in der Lage sind, für die Prüfung eines Gegenstandes sowohl
  - die unabhängige Begutachtung als ISA gemäss CENELEC,
  - die Prüfung der Interoperabilität als Benannte Stelle (NoBo),
  - die Prüfung der Konformität mit den NNTV, und
  - die Prüfung als SV für die Typenzulassung

durchzuführen und zu bescheinigen.

- Typenzulassung des Verfahrens zur Validierung der Nachweise nach Änderungen, abgestuft für verschiedene Kategorien von Änderungen.
- Laboraufbau durch den Systemführer COAT/ETCS, um Tests für die Erstzulassung und Tests nach Änderungen unabhängig von den Herstellern durchführen zu können, und um den Umfang der Tests auf dem Fahrzeug und auf der Strecke zu minimieren.
- Ausrüstung eines Pilotfahrzeugs für IOP-Tests des Systems COAT und einzelner Komponenten auf dafür geeigneten Streckenabschnitten.
- Schnittstellen sauber spezifizieren und auf dieser Basis den Dialog mit potentiellen Lieferanten für die kritischen Teilsysteme suchen.

## 12 REFERENZEN

### 12.1 Grundlagen

- [1] ECH-429.03-003: Systembeschreibung COAT, Version 1.0
- [2] ECH-429.03-004: Analysebericht Zulassung COAT, Version 1.0

### 12.2 Gesetze, Richtlinien

- [3] EG 352/2009 CSM-RA: Verordnung über Festlegung einer gemeinsamen Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken
- [4] EU 2015/1136: Durchführungsverordnung zur Änderung der Durchführungsverordnung über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken
- [5] EBV 742.141.1: Verordnung über Bau und Betrieb von Eisenbahnen (Eisenbahnverordnung); Stand 15. Mai 2018
- [6] AB-EBV: Ausführungsbestimmungen zur Eisenbahnverordnung, Stand 1. Juli 2016
- [7] RL Zulassung Fz: Richtlinie Zulassung Eisenbahnfahrzeuge (Typenzulassung / Betriebsbewilligung), V2.3a de, 1. Juli 2018
- [8] RL NZB: Richtlinie zum Erlangen Netzzugangsbewilligung und Sicherheitsbescheinigung sowie Sicherheitsgenehmigung, 1. Januar 2018
- [9] RL UP-EB: Richtlinie Unabhängige Prüfstellen Eisenbahnen, V2.0 vom 16. Januar 2017
- [10] RL Nachweis SA: Richtlinie Nachweisführung Sicherungsanlagen, Version 3.0, 23.10.2015
- [11] RL TZL: Richtlinie Typenzulassung von Elementen der Eisenbahnanlagen, V2.0\_d vom 1. September 2014
- [12] Guideline for CCS Authorisation on Rail Freight Corridors
- [13] RL IOP: IOP-Anforderungen an Strecken des Ergänzungsnetzes, V1.1 vom 1. Mai 2016
- [14] Systemführerschaft ETCS CH: Voraussetzungen für den Einsatz von Fahrzeugen auf ETCS-Strecken, V2.4.2 vom 12.06.2019
- [15] Systemführerschaft ETCS CH: Sicherheitsnachweiskonzept für die Erlangung einer Zulassung in der Schweiz, Version 2.0 vom 22.11.14
- [16] Systemführerschaft ETCS CH: Master-Testkonzept für die Erlangung einer ETCS Betriebsbewilligung, Version 1.5 vom 17.05.2016

## 12.3 Normen

- [17] EN 50126-1:2017: Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) - Teil 1: Generischer RAMS Prozess
- [18] EN 50126-2:2017: Bahnanwendungen - Spezifikation und Nachweis von Zuverlässigkeit, Verfügbarkeit, Instandhaltbarkeit und Sicherheit (RAMS) - Teil 2: Systembezogene Sicherheitsmethodik
- [19] EN 50129:2018: Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Sicherheitsrelevante elektronische Systeme für Signaltechnik
- [20] EN 50128:2011: Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Software für Eisenbahnsteuerungs- und -überwachungssysteme
- [21] EN 50657: 2017: Bahnanwendungen – Anwendungen für Schienenfahrzeuge – Software auf Schienenfahrzeugen
- [22] EN 50159:2010: Bahnanwendungen - Telekommunikationstechnik, Signaltechnik und Datenverarbeitungssysteme - Sicherheitsrelevante Kommunikation in Übertragungssystemen
- [23] EN 50155:2007: Bahnanwendungen – Elektronische Einrichtungen auf Schienenfahrzeugen
- [24] EN 50121-3-2:2016/A1:2019: Bahnanwendungen – Elektromagnetische Verträglichkeit – Teil 3-2: Bahnfahrzeuge – Geräte
- [25] EN 50125-1:2014: Bahnanwendungen – Umweltbedingungen für Betriebsmittel – Teil 1: Betriebsmittel auf Bahnfahrzeugen

## 12.4 Technische Spezifikationen

- [26] TSI CCS:2016: Technische Spezifikation für Interoperabilität des Teilsystems "Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung"
- [27] NNTV CCS: Notifizierte Nationale Vorschriften; gültig seit Juli 2016
- [28] TSI LOC & PAS:2019: Technische Spezifikation für Interoperabilität des Teilsystems "Fahrzeuge - Lokomotiven und Personenwagen"
- [29] NNTV LOC & PAS: Notifizierte Nationale Technische Vorschriften; gültig seit Juni 2015 resp. Juli 2016.
- [30] ERTMS/ETCS Subset-026-7: System Requirements Specification, Chapter 7, ERTMS/ETCS language, Version 3.6.0
- [31] ERTMS/ETCS Subset-026-8: System Requirements Specification, Chapter 8, Messages, Version 3.6.0
- [32] ERTMS/ETCS Subset-027: FIS Juridical Recording, Version 3.3.0

- [33] ERTMS/ETCS Subset-034: FIS Train Interface, Version 3.2.0
- [34] ERTMS/ETCS Subset-035: FFSIS Specific Transmission Module, Version 3.2.0
- [35] ERTMS/ETCS Subset-036: FFFIS for Eurobalise, Version 3.1.0
- [36] ERTMS/ETCS Subset-037: FIS EuroRadio, Version 3.2.0
- [37] ERTMS/ETCS Subset-044: FFFIS for Euroloop, Version 2.4.0
- [38] ERTMS/ETCS Subset-056: STM FFFIS Safe Time Layer, Version 3.0.0
- [39] ERTMS/ETCS Subset-057: STM FFFIS Safe Link Layer, Version 3.1.0
- [40] ERTMS/ETCS Subset-058: FFFIS STM Application Layer, Version 3.2.0
- [41] ERTMS/ETCS Subset-121: FFFIS DMI-EVC Interface, Version 0.3.0
- [42] ERTMS Users Group: EEIG 97E2675B: FFFIS Odometer, Version 5, 31.7.1998
- [43] ERTMS/ETCS UNIT, ERA/ERTMS/033281: Interfaces between Control-Command and Signalling trackside and other subsystems, 3.0
- [44] ERTMS/ETCS Subset-119: FFFIS Train Interface, Version 0.1.13

## 12.5 Verwandte Dokumente, Literatur

- [45] European Railway Agency – Feasibility Study Odometry and DMI Interface V 1.6 07/06/2013
- [46] Safety Plan – smartrail 4.0, draft Version 1, 27.8.2019
- [47] Typenzulassungsgesuch nach Art. 18x EBG / Art. 7 EBV für die Spezifikation der AWG „Trackside Asset Drive Control“, Version 1, 27.8.2019.