

A blurred high-speed train in motion, with light trails from its headlights and taillights, set against a background of overhead power lines and a clear sky.

Die Bahnindustrie.

Verband der Bahnindustrie in Deutschland

Leitfaden

Anwendung der Förderrichtlinie
des Bundes zur ERTMS-Ausrüstung
von Bestandsfahrzeugen

Vorwort

Die Digitalisierung des Schienenverkehrs bildet die Grundlage für eine zukunfts- und leistungsfähige Weiterentwicklung des Bahnsystems. Mit dem infrastruktur- und fahrzeugseitigen Rollout des European Rail Traffic Management System (ERTMS) setzt der deutsche Eisenbahnsektor eines der bedeutendsten Digitalisierungs- und Modernisierungsvorhaben der kommenden Jahre um. Angesichts der technischen, betrieblichen und organisatorischen Komplexität dieses Rolloutprozesses ist ein koordiniertes Vorgehen aller beteiligten Akteure unerlässlich. Die Einrichtung der ERTMS-Koordinierungsstelle durch Bund, Länder und Sektor stellt hierfür einen wesentlichen Meilenstein dar und schafft die Voraussetzungen für eine gemeinsame, transparente und abgestimmte Steuerung des ERTMS-Ausrüstungsprozesses.

Eine wesentliche Aufgabe der Steuerung des Rollouts besteht darin, den Rollout der Fahrzeug-ausrüstung zu unterstützen und die verfügbaren Bundesfördermittel zielgerichtet und effizient einzusetzen. Als ERTMS-Koordinierungsstelle ist es unser Ziel hierzu einen wichtigen Beitrag zu leisten und die beteiligten Unternehmen bei der Projektumsetzung zu unterstützen.

Wir begrüßen ausdrücklich die Initiative des Verbandes der Bahnindustrie (VDB), Antragstellerinnen und Antragstellern mit dem vorliegenden Leitfaden eine praxisnahe Orientierung für die technische Vorbereitung und Umsetzung von Fahrzeugausrüstungsprojekten bereitzustellen. Die ERTMS-Koordinierungsstelle ergänzt dieses Angebot um einen eigenen Leitfaden. Während der VDB-Leitfaden die technischen Fragestellungen vertieft, liegt der Fokus des Leitfadens der Koordinierungsstelle insbesondere auf der Beschreibung des organisatorischen und prozessualen Rahmens der Fahrzeugausrüstung. Beide Dokumente ergänzen sich und verfolgen das gemeinsame Ziel, die Beantragung und Umsetzung von Fahrzeugausrüstungsprojekten zu erleichtern.

Wir danken dem VDB sowie allen beteiligten Expertinnen und Experten für Ihr Engagement und sind überzeugt, dass der Leitfaden einen wichtigen Beitrag zur erfolgreichen Umsetzung der Fahrzeugausrüstung leisten wird. Gemeinsam mit diversen Leitfäden der ERTMS-Koordinierungsstelle entsteht damit ein abgestimmtes Unterstützungsangebot für Antragstellerinnen und Antragsteller. Den Leserinnen und Lesern wünschen wir eine erfolgreiche Anwendung der dargestellten Inhalte.

Nicolas Koch

Leitung der ERTMS-Koordinierungsstelle

Inhalt

1	Executive Summary	6
2	Einführung	8
2.1	Ziel des Dokuments und Adressaten	8
2.2	Rahmenbedingungen für die Umsetzung der ETCS-Fahrzeugnachrüstung	8
2.2.1	Bereitstellung der Fördermittel: Die finanzielle Grundlage des Rollouts	9
2.2.2	Förderrichtlinie: Die rechtliche und technische Grundlage für die Ausrüstung	9
2.2.3	Technisches Zielbild: Die technologische Roadmap	10
2.2.4	Streckenseitiger Rollout-Plan: Die Basis für die Fahrzeugstrategie	10
2.2.5	Koordinierungsstelle	11
3	Technik	12
3.1	Motivation für ETCS	12
3.2	Migrationsstrategie durch Doppelausrüstung der Fahrzeuge	12
3.3	ETCS-Level 1 und Level 2 in Deutschland	12
3.4	ETCS-Systemversionen	15
3.5	ETCS-Fahrzeugarchitektur	16
3.5.1	ETCS-Grundfunktionen	16
3.5.2	ETCS-Fahrzeugarchitektur	17
3.5.3	Doppelausrüstung der Fahrzeuge mit PZB und ETCS	18
3.6	IT- und OT-Security	18
3.7	Automatic Train Operation (Option)	19
3.7.1	Grundlage zu ATO	19
3.7.2	Mehrwert von ATO GoA2	20
3.7.3	Fahrzeugarchitektur mit ATO GoA2	22
3.7.4	ATO-Rollout Strategie und Inhalt der Förderrichtlinie	23
3.8	FRMCS (Aus-/Vorrüstung)	23
3.8.1	Hauptmotivation: Obsoleszenz der GSM-R Lösung	23
3.8.2	Auswirkung der FRMCS-Technik auf die Fahrzeuge	24
3.8.3	Entwicklungsstand und Migrationsstrategie in Deutschland	25
3.8.4	Inhalt der Förderrichtlinie	26
3.9	Weitere optionale Funktionen der Förderrichtlinie	26

4	Prozesse	28
4.1	Teilprozess Projektkonzeption	29
4.2	Teilprozess Antragstellung und -prüfung	32
4.3	Teilprozess Vergabe	33
4.4	Teilprozess Projektumsetzung	36
4.4.1	Projektumsetzungsprozesse gemäß Förderrichtlinie	36
4.4.2	First-of-Class-Projekt	37
4.4.3	Prozess der Serienumrüstung	40
5	Handlungsempfehlung	42
	Referenzen	45
	Abkürzungen	45
	Begriffsdefinitionen	47
	Abbildungsverzeichnis	49
	Tabellenverzeichnis	49
	Impressum	50

1 Executive Summary

Das Bundesministerium für Verkehr (BMV) hat die Richtlinie zur Förderung der ERTMS-Ausrüstung von Bestandsfahrzeugen erlassen. Auf Basis dieser Förderrichtlinie legt der Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) diesen Leitfaden vor, der eine praxisnahe Orientierung zur ERTMS/ETCS-Fahrzeugnachrüstung bietet. Die im VDB vertretenen Unternehmen möchten damit einen aktiven Beitrag zur erfolgreichen Nachrüstung der Fahrzeugflotten mit ETCS, ATO und FRMCS leisten und bringen dafür ihre umfangreiche Erfahrung ein. Der Leitfaden wurde mit der ERTMS-Koordinierungsstelle abgestimmt und wird von dieser mitgetragen.

Förderrichtlinie als Grundlage für den Erfolg

Die Förderrichtlinie schafft verlässliche Rahmenbedingungen und eine solide finanzielle Basis für die flächendeckende Umrüstung von Bestandsfahrzeugen mit ERTMS. So können Fahrzeug-eigentümer ihre Flotten vorausschauend modernisieren und die Grundlage für weitere Innovationen im System Bahn legen.

Erfahrung und Serienreife der Industrie

Die Hersteller stellen serienreife Produkte bereit und verfügen aus vielen tausend erfolgreich realisierten Nachrüstungen über umfangreiches Know-how. Standardisierte Module, etablierte Prozesse und eine breite Produktpalette ermöglichen eine zügige, wirtschaftliche und risikoarme Umsetzung des geplanten ERTMS-Rollouts.

Der Leitfaden ordnet die Fahrzeugnachrüstung in die übergeordneten Rahmenbedingungen ein und betont die Bedeutung einer engen Abstimmung von Infrastruktur- und Fahrzeugumrüstung. Gleichzeitig zeigt er, dass Umrüstprojekte für Bestandsflotten – insbesondere mit einer Restlaufzeit von mehr als fünf Jahren – bereits heute vorbereitet und gestartet werden können.

Technische Zielbilder und Optionen

Das technologische Zielbild umfasst die Umsetzung der Spezifikationen für Interoperabilität (TSI), mit ETCS Level 2 ohne Signale (L2oS), mindestens Baseline 4 Systemversion 2.1, sowie optionale Funktionen wie Automatic Train Operation (ATO) und FRMCS als Nachfolgetechnologie für GSM-R.

Strukturierte Prozesse für erfolgreiche Umsetzung

Das Dokument beschreibt auf Grundlage der Förderrichtlinie systematisch vier zentrale Teilprozesse von der Projektkonzeption über Antragstellung und Vergabe bis zur Projektumsetzung. Besonders wichtig ist die Projektkonzeption: Hier wird die Fahrzeugflotte analysiert und der Umrüstungsumfang geplant. Die Koordinierungsstelle ist dabei frühzeitig einzubinden.

Handlungsempfehlungen

1. Klärung der Absprungbasis, um Projektaufwände und Risiken zu reduzieren

Die Definition der genehmigten und dokumentierten technischen Ausgangsbasis eines Fahrzeugs ist essenziell. Alle seit der letzten Zulassung umgesetzten Änderungen müssen erfasst und bewertet werden.

2. Definition der Zielausrüstung, um den betrieblichen Nutzen zu maximieren

Frühzeitige und konsistente Definition des Zielumfangs der Nachrüstung (Systemversion, FRMCS-Vor-/Ausrüstung, optionale Funktionen wie ATO, Zugintegrität) ist entscheidend, um den Betrieb zu optimieren. Die Bewertung von Kosten und Nutzen der optionalen Funktionen ist entscheidend, insbesondere im Hinblick auf Einsatzgebiet, Restlebensdauer und Infrastrukturplanung.

Die neuen Vorgaben zur IT- und OT-Security (CRA, NIS2) betreffen nicht nur die Technik, sondern auch Betriebs- und Instandhaltungsprozesse. Sie müssen frühzeitig organisatorisch und prozessual analysiert und umgesetzt werden.

3. Bestimmung des Projekttyps, um Synergien zu erheben

Die Auswahl des Projekttyps (z. B. First of Class, Delta-Verfahren, Anpassungsverfahren, Systemversions-Upgrade) sowie der Zielausrüstung bestimmen Zulassungsstrategie, Engineering-Aufwand und Projektrisiken. Eine enge Abstimmung mit der Koordinierungsstelle ist erforderlich, um Synergien zu nutzen und den Antragsprozess zu beschleunigen.

4. Einbindung der Koordinierungsstelle, um den Antragsprozess zu beschleunigen

Früher Austausch mit der Koordinierungsstelle zur Abstimmung der Nachrüststrategie und der Struktur des Förderantrags reduziert spätere Aufwände. Die Koordinierungsstelle prüft und priorisiert die Anträge, gibt Empfehlungen und unterstützt bei der Antragstellung.

5. Früher Austausch mit der Industrie, um Ressourcenengpässe zu vermeiden

Angesichts begrenzter Ressourcen, unter anderem bei Werkstattkapazitäten, ist eine frühzeitige Abstimmung mit der Industrie ratsam. Die Industrie kann technische Machbarkeit, Integrationskonzepte und erste Preisindikationen sowie Terminabschätzungen liefern.

6. Alle Aspekte des Nachrüstungsprojekts prüfen, um ein vollständiges Vergabeverfahren und eine erfolgreiche Projektrealisierung zu sichern.

Alle relevanten Aspekte, wie Instandhaltung, Schulung, betriebliche Verfügbarkeit der Flotte und entsprechende Ersatzflottenkonzepte müssen frühzeitig berücksichtigt werden.

Auf Grundlage der dargestellten Rahmenbedingungen, der technischen Systembeschreibungen und der prozessualen Vorgaben der Förderrichtlinie bietet der Leitfaden konkrete Handlungsempfehlungen für eine wirtschaftliche und erfolgreiche Nachrüstung der Bestandsfahrzeuge mit ETCS, ATO und FRMCS. Diese Empfehlungen bündeln die Erfahrungen der im VDB vertretenen Industrie und sollen Fahrzeughalter dabei unterstützen, Projekte effizient zu planen, Risiken zu minimieren und die verfügbaren Fördermittel optimal einzusetzen.

2 Einführung

2.1 Ziel des Dokuments und Adressaten

Das Ziel dieses Leitfadens ist es, Fahrzeughalter, -eigentümer und -betreiber bestmöglich auf die bevorstehende ERTMS-Nachrüstung ihrer Flotte gemäß Förderrichtlinie vorzubereiten. Der Leitfaden dient als praxisnahe Orientierung und bietet eine verlässliche Entscheidungsgrundlage, indem die aktuell verfügbaren technischen Lösungen transparent dargestellt und die notwendigen Projektschritte – von der Vorbereitung des Förderantrags bis zur Serienumrüstung einer Flotte – nachvollziehbar beschrieben werden. Wichtige Hinweise und Handlungsempfehlungen für eine effiziente Projektvorbereitung und Abwicklung werden dabei angeboten.

Die Industrie treibt die Einführung der Technologie in Fahrzeugen aktiv voran, um Fördermittel effizient zu nutzen und Projekte erfolgreich umzusetzen. Damit stärkt der Sektor gemeinsam die Wettbewerbsfähigkeit und unterstützt einen effizienten Rollout von ERTMS in Deutschland.

Dieser Leitfaden dient der fachlichen Orientierung. Er stellt technische und prozessuale Aspekte allgemein dar und ersetzt weder eine projektspezifische technische Bewertung noch eine rechtliche, vergabe- oder förderrechtliche Prüfung. Die dargestellten technischen Optionen sind nicht abschließend und begründen keine Empfehlung zugunsten bestimmter Hersteller, Produkte.

2.2 Rahmenbedingungen für die Umsetzung der ETCS-Fahrzeugnachrüstung

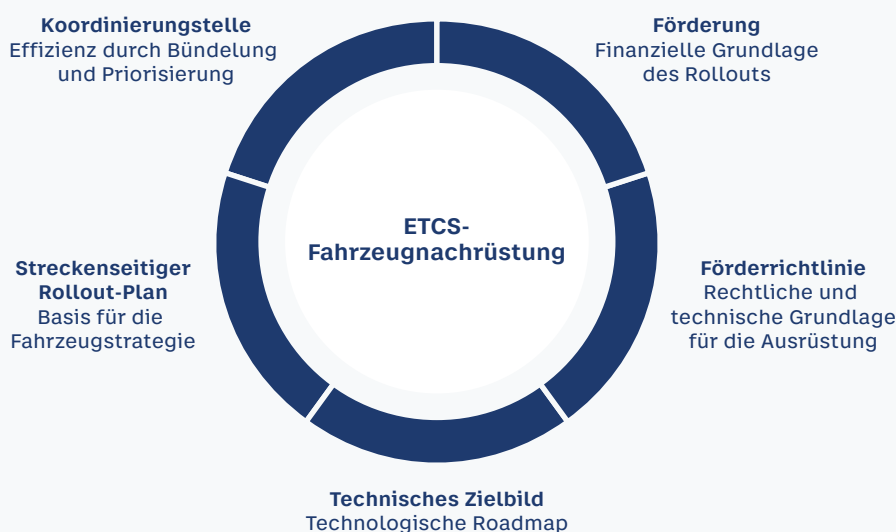


Abbildung 1: Rahmenbedingungen

Für einen erfolgreichen und effizienten Rollout der ERTMS-Technik in den Fahrzeugflotten sind verlässliche Rahmenbedingungen entscheidend. Die Digitalisierung der Schiene ist ein Gemeinschaftsprojekt, das nur durch das koordinierte Zusammenspiel von Fahrzeughaltern, Industrie, Infrastrukturbetreibern und Politik gelingen kann. Nachfolgend werden die fünf zentralen Rahmenbedingungen erläutert, die den Weg für die zügige und wirtschaftliche Nachrüstung der Fahrzeuge ebnen.

2.2.1 Bereitstellung der Fördermittel: Die finanzielle Grundlage des Rollouts

Eine umfassende finanzielle Förderung durch den Bund ist eine notwendige Voraussetzung für die Nachrüstung der Bestandsflotten.

Das Ziel der Förderung ist die Bereitstellung ausreichender finanzieller Mittel, um die Nachrüstung des gesamten Fahrzeugmarktes zu ermöglichen. Die Finanzierung der Fahrzeugnachrüstung durch den Bund ist gesetzlich im Bundesschienenwegeausbaugesetz (BSWAG) [1] verankert. Das Fördermodell sieht attraktive Förderquoten vor:

- **90 %** für die Kosten der Erstnachrüstung eines Fahrzeugtyps (First of Class, FoC).
- **60 %** für die Kosten der anschließenden Serienumrüstung.

Für die Umsetzung sind bis 2030 Haushaltsmittel in Höhe von ca. 1,7 Milliarden Euro geplant. Um den gesamten Markt zu adressieren, wird ein zusätzlicher Bedarf von 5 Milliarden Euro gesehen.

Einfluss auf den Rollout der Fahrzeugausrüstung: Die Bereitstellung der Fördermittel für den Start der Nachrüstung ist gesichert. Die Verfügbarkeit von Fördermitteln über das Jahr 2030 hinaus ist jedoch frühzeitig zu adressieren.

2.2.2 Förderrichtlinie: Die rechtliche und technische Grundlage für die Ausrüstung

Die Förderrichtlinie stellt die konkreten und verlässlichen Rahmenbedingungen für die Beantragung und den Abruf der finanziellen Mittel bereit. Es sind Umrüstungen an Fahrzeugen förderfähig, die vor Inkrafttreten der Förderrichtlinie ihre Erstgenehmigung erhalten haben.

Die Förderrichtlinie verfolgt mehrere zentrale Ziele:

- **Unterstützung der Ausrüstungsziele:** Sie leistet einen entscheidenden Beitrag zur rechtzeitigen und flächendeckenden ERTMS-Ausrüstung der Bestandsflotten.
- **Planungs- und Investitionssicherheit:** Sie etabliert ein verlässliches Umfeld und leistet damit einen wesentlichen Beitrag zur Planungs- und Investitionssicherheit für EVU, Fahrzeughalter und die Industrie.

- **Definition förderfähiger Leistungen:** Sie definiert präzise, welche Bestandteile des Nachrüstungsprozesses – wie Planung, Hardware, Software, Integration und Genehmigung – gefördert werden.

Einfluss auf den Rollout der Fahrzeugausrüstung: Die Förderrichtlinie ist das notwendige Instrument, um die bereitgestellten Mittel abrufen zu können.

2.2.3 Technisches Zielbild: Die technologische Roadmap

Das technologische Zielbild definiert die technischen Standards und Systeme, auf die sich der Schienenverkehr in Deutschland zubewegt. Es gibt die technologischen Vorgaben für die Fahrzeugausrüstung vor und sichert so die Zukunftsfähigkeit Ihrer Investitionen.

Die Förderrichtlinie definiert durch ihre Annex 1 die relevanten Anforderungen für eine zukunfts-sichere Fahrzeugnachrüstung:

- Umsetzung der Technischen Spezifikationen für die Interoperabilität (TSI) als EU-Vorgaben,
- ERTMS L2oS als Basis-Zugsicherungssystem (ZZS), mindestens Baseline 4 System Version 2.1
- ATO (Automatic Train Operation) und Zugintegritätsüberwachung als optionale Funktionen,
- FRMCS (Future Railway Mobile Communication System) als Nachfolgetechnologie für GSM-R.

2.2.4 Streckenseitiger Rollout-Plan: Die Basis für die Fahrzeugstrategie

Die Synchronisierung der Fahrzeug- mit der Streckenumrüstung ist ein wesentlicher Erfolgsfaktor.¹

In der Bahn-Agenda von September 2025 [2] wurde der Bedarf an Koordination Fahrzeug-Strecke richtig erkannt, und die Verantwortung dafür dem Bund zugeordnet. Entsprechend wird die Förderrichtlinie vom Bund organisiert.

Diese neue Ausrichtung der ETCS-Koordination in Deutschland mündet Ende 2026 in eine neue Migrationsstrategie. Die zugrunde liegenden Prinzipien sind bereits festgelegt und wurden im Sektor-Runden Tisch des BMV angekündigt: Ab einem Stichjahr Anfang der 2030er-Jahre soll im Netz der DB InfraGo ausschließlich ERTMS Level 2 ohne Signale (L2oS) installiert werden.

Da ETCS-Nachrüstungsprojekte eine Vorbereitungs- und Umsetzungszeit erfordern, die häufig über den gesetzlich vorgesehenen Zeitraum von fünf Jahren gemäß TSI ZZS hinausgeht, sollten

¹ ETCS-Migrationsstrategie <https://www.dbinfra.go.com/web/schienennetz/etcs/etcs-migrationsstrategie-11089586>

Antragsteller bereits heute mit der strategischen Flottenplanung sowie der Vorbereitung entsprechender Nachrüstungsprojekte beginnen.

Einfluss auf den Rollout der Fahrzeugausrüstung: Die Prinzipien des Migrationsplan sind fest, unabhängig vom detaillierten streckenseitigen Plan kann die Umrüstung von Bestandsflotten, insbesondere von Fahrzeugen mit einer Restlaufzeit von mehr als fünf Jahren, bereits jetzt beginnen.

2.2.5 Koordinierungsstelle

Angesichts der Komplexität des Vorhabens im Kontext der ERTMS-Fahrzeugausrüstung wurde eine zentrale Koordinierungsstelle eingerichtet, um Synergien zu erzeugen und den Gesamtprozess effizient zu steuern.

Die Koordinierungsstelle hat folgende Hauptaufgaben:

- Koordination der Nachrüstung von Strecke und Fahrzeug,
- Abstimmung technischer Anforderungen für ERTMS-Fahrzeugnachrüstungsprojekte,
- Koordination der Flottenumrüstung, um Synergieeffekte zu realisieren (z. B. durch Bündelung von Baureihen),
- Priorisierung konkurrierender Anträge mit dem Ziel, den größten Nutzen für das Gesamtsystem zu stiften.
- Mediation möglicher Konflikte
- Unterstützungsstelle für Stakeholder

In der Programmorganisation des BMV für den Rollout ist nebst der Koordinierungsstelle u.a. ein Lenkungskreis sowie Steuerungskreis vorgesehen. Der genaue interne Zuschnitt von Aufgaben, Kompetenzen, Verantwortlichkeiten und Abläufen wird von der Seite her in einem Leitfaden beschrieben. Die Koordinierungsstelle ist bei der Erarbeitung des hiermit vorliegenden Leitfadens einbezogen worden, um die Nahtstelle und passenden Inhalte dazu sicherzustellen.

Einfluss auf den Rollout der Fahrzeugausrüstung: Die Koordinierungsstelle übernimmt eine kritische Rolle bei der Planung, Priorisierung und Optimierung der gesamten Fahrzeugnachrüstungen.

3 Technik

In diesem Kapitel werden die Teilsysteme der Fahrzeugausrüstung beschrieben, die in der Förderrichtlinie inklusive optionale Funktionen angesprochen werden.

3.1 Motivation für ETCS

Deutschland hat sich zur flächendeckenden ETCS-Nachrüstung seines Schienennetzes verpflichtet. [3]. In den Technischen Spezifikationen für Interoperabilität (TSI) der EU von 2023 [4] wird ETCS für neue Fahrzeuge nach Ablauf der Übergangsregelung spätestens Ende 2029 verpflichtend vorgeschrieben. ETCS ist dabei ein wesentlicher Baustein für die europäische Interoperabilität des Eisenbahnsystems und die Harmonisierung der Zugsteuerung und -sicherung im transeuropäischen Eisenbahnverkehr.

Eine flächendeckende ETCS-Ausrüstung steigert die Netzkapazität, reduziert Wartungs- und Personalaufwand durch eine vereinfachte streckenseitige Architektur und schafft die Grundlage für weitere Leistungsbausteine wie Moving Block und ATO. Im Zusammenspiel von Infrastruktur und Fahrzeugausrüstung ist ein koordinierter Rollout notwendig.

3.2 Migrationsstrategie durch Doppelausrüstung der Fahrzeuge

Die Migration auf die neue Technik in einem Netz von rund 35.000 km und über zehntausend Fahrzeuge wird sich über mehrere Jahre erstrecken und erfordert eine Übergangsphase. In dieser Phase müssen entweder die Fahrzeuge oder die Strecke parallel mit der bisherigen und der neuen Zugsicherungstechnik ausgerüstet sein. Da eine Doppelausrüstung von Fahrzeugen effizienter ist als eine Doppelausrüstung der Strecke, sieht die Migrationsstrategie für Fahrzeuge eine parallele Ausrüstung mit ETCS sowie mit konventionellen Systemen wie PZB/LZB vor. Die bestehende PZB-/LZB-Ausrüstung verbleibt dabei im Fahrzeug und wird für den Transitionsbetrieb mit ETCS gekoppelt. Auf diese Weise kann ein für ETCS hochgerüstetes Fahrzeug sowohl auf ETCS-Strecken (Level 1 und Level 2) als auch weiterhin auf PZB/LZB-Strecken eingesetzt werden.

3.3 ETCS-Level 1 und Level 2 in Deutschland

Die ETCS-Spezifikation beschreibt in der neuesten Baseline die Funktionslevel 1 und 2. Das bisherige Level 3 wurde in der neuesten Baseline gestrichen und als Erweiterung in Level 2 integriert.

Die ETCS-Strategie in Deutschland basiert auf ETCS Level 2 ohne Signale (als Zielbild) im Netz der DB InfraGo. Insbesondere ist eine effiziente Lösung, rein auf ETCS und ohne Signale (ETCS

L2oS), das Ziel der InfraGo und des BMV. Für Netze der nicht-bundeseigener Bahnen ist noch keine Vorgabe definiert. Hier wird unter anderem ETCS Level 1 untersucht.

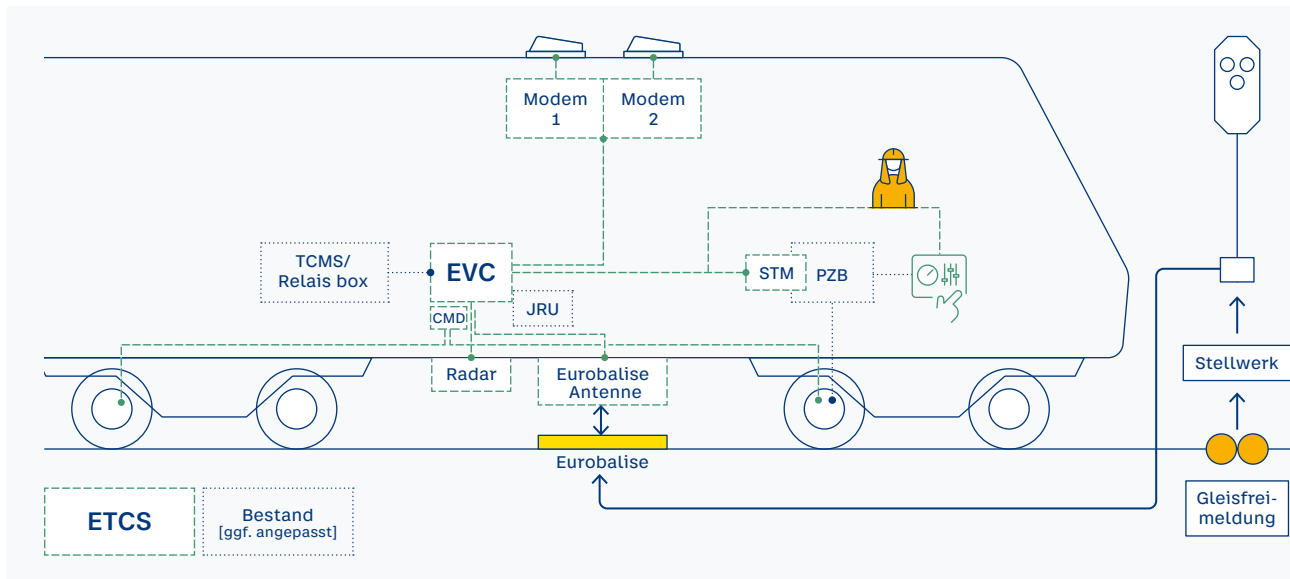


Abbildung 2: Systemarchitektur ETCS Level 1 (Beispiel)

In **Level 1** werden Streckeninformationen und Signaldaten über schaltbare Balisen in den Gleisen punktförmig an den Zug übertragen. Eine Rückkommunikation des Zuges an das Stellwerk findet nicht statt. Signale werden in der Regel installiert. Kein Datenfunksystem wird benötigt, allerdings ist das System weniger leistungsfähig (keine dynamische Aktualisierung der Movement Authority), und erfordert mehr streckenseitige Komponenten (schaltbare Balisen, die mit dem Schaltkasten am Signal verbunden sind).

Hinweis: Level 1 existiert in den Ausführungen (Modes) „Limited Supervision“ und „Full Supervision“. Fahrzeuge ab der Systemversion 2.0 können beide Modi des Level 1.

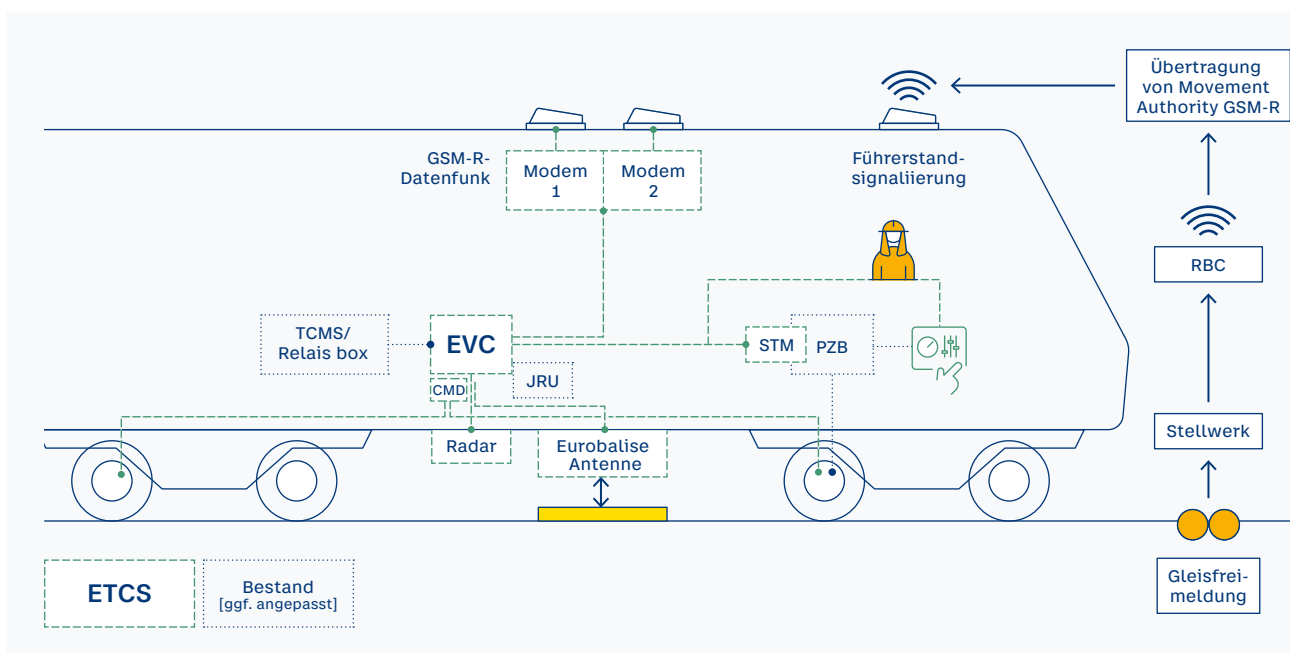


Abbildung 3: Systemarchitektur ETCS Level 2 (Beispiel)

In **Level 2** werden grundsätzlich passive (fest programmierte) Balisen für die Ortung verwendet. Der Zug kommuniziert über Funk mit dem sogenannten RBC (Radio Block Center oder auch ETCS-Zentraleinheit (ZE)), das auf Basis der Stellwerksinformationen, Weichenlageinformationen und Gleisfreimeldeinformationen die Fahrterlaubnis (Fachbegriff: Movement Authority, MA) für alle ETCS-geführten Züge in seinem Bereich erzeugt und verwaltet. Der Zug misst und übermittelt kontinuierlich seine Position und Geschwindigkeit, und das System kann bei Geschwindigkeitsübertretungen oder Überfahren der Fahrterlaubnis sofort eingreifen, daher entfällt die Notwendigkeit für Signale. Dem Triebfahrzeugführer stehen diese Informationen über das Display jederzeit zur Verfügung.

In einer perspektivischen Erweiterung (vormals als Level 3 bekannt, jetzt **Level 2 mit Zugintegrität**) werden die Gleisfreimeldeanlagen durch eine zugbasierte Integritätsprüfung ersetzt. Ein Rollout dieser Technik ist in Deutschland in Diskussion. Die Förderrichtlinie fördert die Zugintegritätsfunktion, falls sie vom Antragsteller gewählt wird, mehr Informationen zu dieser optionalen Funktionalität in → Kapitel 3.9.

Nachfolgende → Tabelle 1 fasst die verschiedenen ETCS-Levels zusammen.

Tabelle 1: Vergleich der ETCS-Levels

	Anforderungen Fahrzeuge		Anforderungen Strecke				Wesentliche Merkmale
	ETCS On-Board	Zugintegrität	Schaltbare Balisen	Passive Balisen	Datenfunk	Gleisfreimelder	
							
Level 1	✗		✗	✗		✗	punktförmige Kommunikation
Level 2	✗			✗	✗	✗	kontinuierliche Kommunikation
Level 2 mit Zugintegrität	✗	✗		✗	✗	reduziert	kontinuierliche Kommunikation weniger Komponenten „Moving Block“



Ein ETCS-Fahrzeug, das gemäß der Anforderungen der Förderrichtlinie umgebaut wird, kann sowohl auf Level 1- als auch auf Level 2-Strecken eingesetzt werden.

3.4 ETCS-Systemversionen

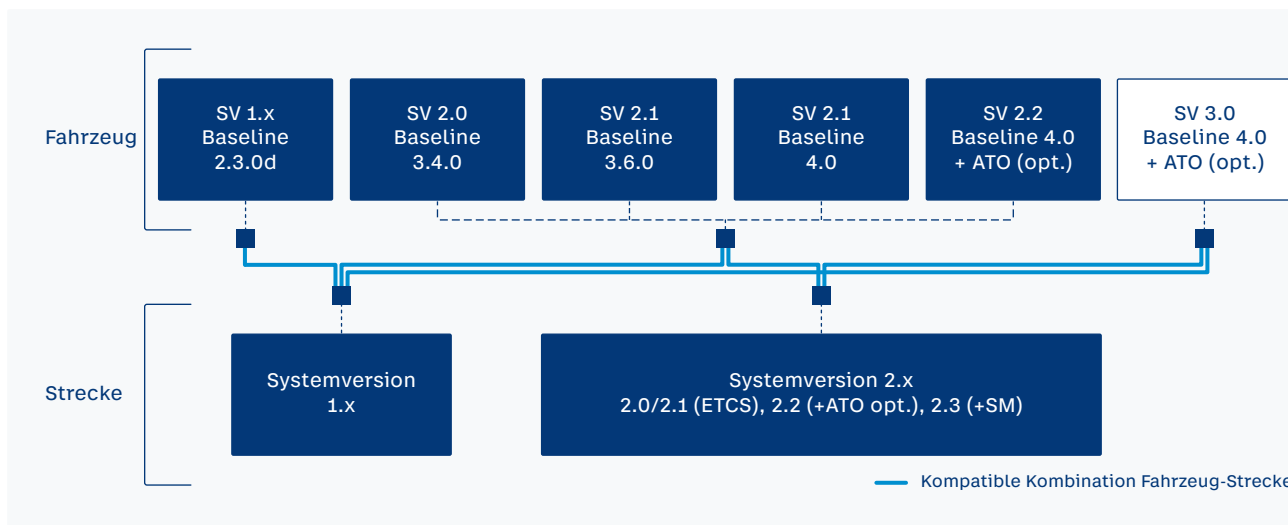


Abbildung 4: ETCS-Systemversionen, Kompatibilität Fahrzeug <-> Strecke (vereinfachte Sicht)

Die ETCS-Spezifikation aller ETCS-Level wurde in den letzten Jahren weiterentwickelt und in sogenannten Baselines veröffentlicht (aktuell Baseline 4.0).

Um die Kompatibilität verschiedener Implementierungen sicherzustellen, wurden sogenannte **Systemversionen** definiert. Für die Ausrüstung sowohl in Fahrzeug als auch Infrastruktur entscheidend ist somit die Systemversion der verbauten ETCS-Hardware und Software.

- Systemversion 2.0 und 2.1: Aktueller Standard bei der DB InfraGo
- Systemversion 2.2: Zusätzlich Kompatibilität mit dem automatisierten Fahrbetrieb (→ Kapitel 3.7), sie wird beispielsweise im Digitalen Knoten Stuttgart und bei der S-Bahn Hamburg eingesetzt.
- Systemversion 3.0: erste Version als Vorbereitung für das Funksystem FRMCS. (→ Kapitel 3.8).

Hinweis zu den Systemversionen 2.1 und 2.2: Die Möglichkeit einer Hochrüstung dieser Systemversionen auf FRMCS wird mit der ERA angestrebt (→ Kapitel 3.8).

Alle Fahrzeuge mit höheren Systemversionen sind abwärtskompatibel, können also auch Strecken mit älterem Ausbau befahren. Außerdem sind die Systemversionen 2.x untereinander kompatibel, ein Fahrzeug mit Version 2.0 kann auch auf Strecken mit Version 2.1 fahren.

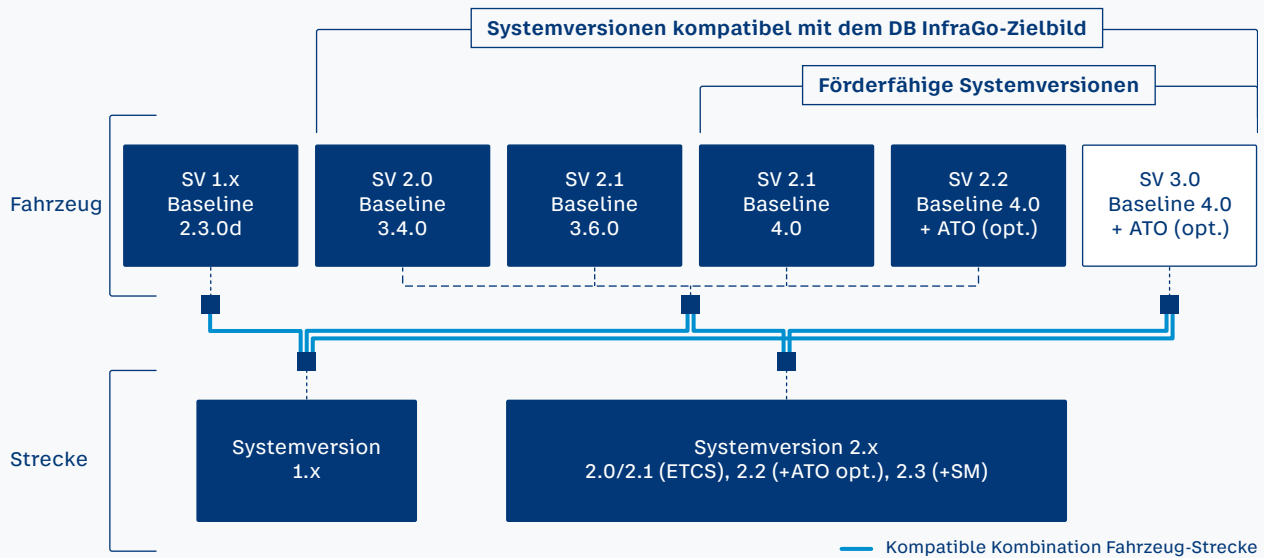


Abbildung 5: Fahrzeugstrategie für den ETCS-Rollout in Deutschland

Eine Stabilität der umgesetzten Systemversion auf Infrastruktur-Seite ist kritisch für die Fahrzeugflotten, da ein Fahrzeug in der Regel für 30 Jahre beschafft wird. Das hat zwei direkte Konsequenzen:

- Für die Fahrzeuge: ein ERTMS-Nachrüstungsprojekt (oder Neubauprojekt) muss den Zukunft-fähigen Standard umsetzen,
- Für die Infrastruktur: die Infrastruktur muss durch Stabilität die Realität der Flotten berücksichtigen, und früh ihre Roadmap für die Fahrzeug-Systemversionen ankündigen.

Die aktuelle minimale (aus Sicht der Infrastruktur) und förderfähige Systemversionen sind in → [Abbildung 5](#) zu finden.



Die Systemversion 2.1 und 2.2 (mit ATO) bilden den ERTMS-Standard für die Fahrzeuge.

3.5 ETCS-Fahrzeugarchitektur

3.5.1 ETCS-Grundfunktionen

Die ETCS-On-Board-Ausrüstung umfasst folgende Grundfunktionen:

- Lokalisierung und Geschwindigkeitsermittlung
- Kommunikation mit Eurobalisen und RBC
- Verarbeitung der Fahrterlaubnis (Movement Authority)
- Ermittlung der max. erlaubten Geschwindigkeit und Bremskurve
- Ansteuerung der Bremsen

- Anzeige der aktuellen Fahrterlaubnis (Distanz, Geschwindigkeit) und Dateneingabe
- Steuerung der Bestandszugsicherung (bspw. PZB) für Transitionen
- Datenaufzeichnung für juristische Zwecke

Im Vergleich dazu begrenzt sich ein PZB-Fahrzeuggerät auf eine Geschwindigkeitsermittlung, und das Auslösen der Notbremse nach Prüfung der Fahrzeug-Reaktion, falls ein aktiver Magnet (500 Hz, 1000 Hz oder 2000 Hz) detektiert wird. Aufgrund der vergrößerten Funktionsliste und der höheren Safety Integrity Level (SIL) ist die ETCS-Technik deutlich umfangreicher als die der PZB-Ausrüstung. Dadurch wird eine Systemarchitektur ohne Signale möglich.

Abhängig von Fahrzeug und Einsatz ist auch die Integration von Zusatzfunktionen möglich, wie eine vereinfachte Zugdateneingabe, Stromabnehmermanagement, eine AFB-Schnittstelle oder integrierte Diagnosefunktionen.



Die leistungsfähigen ETCS-On-Board-Geräte machen eine streckenseitige Architektur ohne Signale möglich.

3.5.2 ETCS-Fahrzeugarchitektur

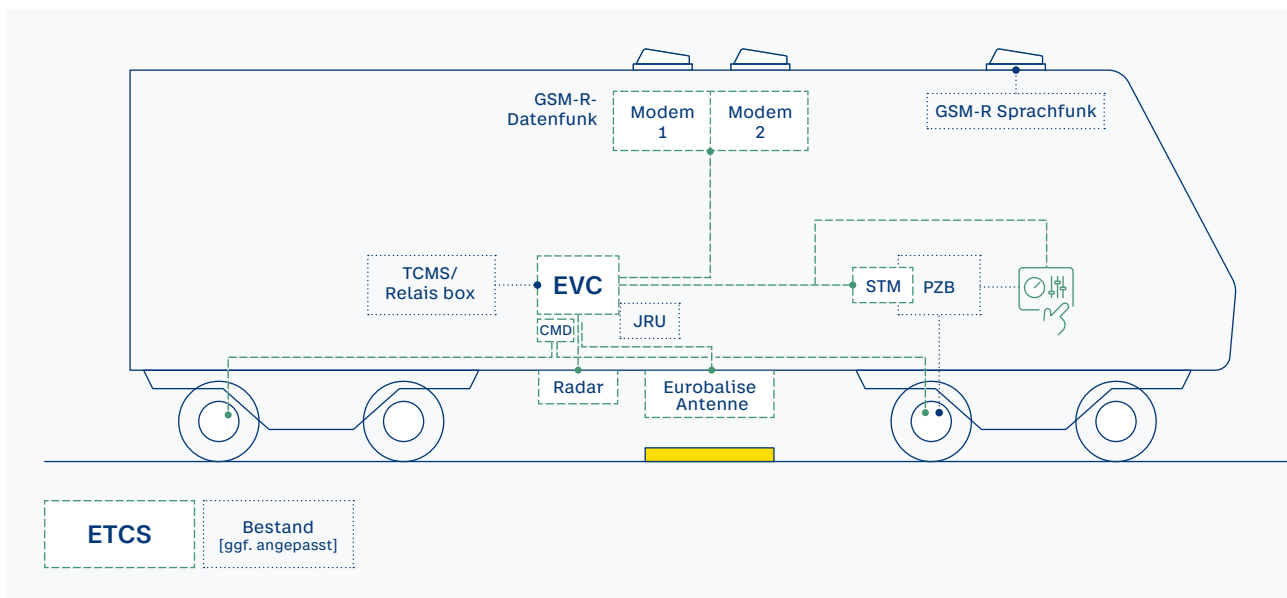


Abbildung 6: Beispiel einer ETCS-Fahrzeugausrüstung

Das Herzstück bildet der European Vital Computer (EVC). Auf dem Fahrzeugdach sind redundante Funkantennen für Daten (GSM-R) und Sprachübertragung (GSM-R Voice) verbaut. Die Lokalisierung erfolgt zum einen über das Odometriesystem mit herstellerspezifische Sensorarchitektur (typischerweise Wegimpulsgeber, Radar und/oder Beschleunigungssensoren), zum anderen über Balisenantennen unter dem Fahrzeugboden. Diese werden durch das Balise Transmission Module (BTM) gelesen, und können neben ortsrelevanten Daten auch Strecken-Informationen, wie z. B. Levelwechsel oder Nationale Werte übertragen. Zur Anzeige und Interaktion mit dem Triebfahrzeugführer steht das Driver Machine Interface (DMI) zur Verfügung. Über die Train Interface Unit (TIU) wird das ETCS-System in die Steuerungssysteme des Fahr-

zeugs eingebunden und steuert unter anderem die Bremsen an. Eine Fahrdatenschreiber – Juridical Recording Unit (JRU) -, gehört zur weiteren Grundausstattung.

3.5.3 Doppelausrüstung der Fahrzeuge mit PZB und ETCS

Im Zuge des fortschreitenden Ausbaus von ETCS in Deutschland wird für viele Fahrzeuge eine Doppelausrüstung mit ETCS und bereits bestehenden nationalen Zugsicherungssystemen (genannt STM – Specific Transmission Module) notwendig sein, siehe auch → Kapitel 2.1. Dieser Migrationsansatz ist effizienter als eine streckenseitige Redundanz – so kann die optimierte Infrastruktur ohne Signale bereits frühzeitig ausgerollt werden. Fahrzeuge können dann je nach befahrener Strecke das benötigte System aktivieren.

Bei einer Nachrüstung sind Anpassungen der vorhandenen Systeme erforderlich. In der Doppelausrüstung nimmt das ETCS die Master-Rolle der On-board-Zugsicherung ein, und aktiviert nach Bedarf die nationalen Zugsicherungssysteme. Die Kommunikation zwischen ETCS-EVC und einem vorhandenen nationalen System erfolgt über eine an das System angepasste Schnittstelle, dem sogenannten Specific Transmission Module (STM). Die STM-Schnittstellen sind systemspezifisch und können von der Industrie für eine Vielzahl von nationalen Zugsicherungssystemen, wie PZB 90 oder PZB/LZB, geliefert werden.



Die Umstellung eines rund 35.000 km umfassenden Netzes kann nur schrittweise über viele Jahre erfolgen und erfordert, dass die Fahrzeuge während einer Übergangszeit mit PZB (bzw. PZB/LZB) und ETCS ausgestattet sind.

3.6 IT- und OT-Security

Heutzutage sind digitale Systeme ohne hinreichende Security-Architektur aus vielerlei Gründen undenkbar. Für Railway-Anforderungen sind besonders zwei Vorgaben maßgeblich: Der Cyber Resilience Act (CRA), und die EU-Richtlinie zur Netzwerk- und Informationssicherheit (NIS 2).

- **Cyber Resilience Act:** Der CRA vom 10.12.24 betrifft alle Produkte mit „digitalen Elementen“ und wird von der Industrie berücksichtigt. Die Verordnung gilt ab dem 11.12.2027, ab dann werden CRA-konforme Produkte mit EG-Zertifikat geliefert. Der ETCS-Lieferant ist verantwortlich für Schwachstellen-Monitoring im Unterstützungszeitraum, meldet Security-Vorfälle und liefert Sicherheits-Updates.
- **EU-Richtlinie zur Netzwerk- und Informationssicherheit:** Die Bundesregierung hat der Richtlinie NIS 2 am 13.11.25 zugestimmt, diese betrifft Betreiber und Hersteller im Sektor. Die Nachrüstungsprojekte setzen Cyber-Security auf Produkt- und Fahrzeugintegrations-ebene gemäß IEC 62443-3 und -4 um.

Hinweise

- Die Anforderungen der CRA betreffen bei Nachrüstungsprojekte nur die neuen Komponenten und ihre Schnittstellen. Bestandschutz gilt für bestehende Systeme wie TCMS.

- Konforme Produkte werden von der Industrie geliefert. Darüber hinaus erfordern die neuen Regelwerke zur IT- und OT-Security eine Anpassung der Prozesse beim Fahrzeughalter und Fahrzeugbetreiber.



Cybersecurity Anforderungen sind im ERTMS-Nachrüstungsprojekt zu berücksichtigen. Sie betreffen auch die Prozesse des Betreibers.

3.7 Automatic Train Operation (Option)

Ab Systemversion 2.2 bietet die Baseline 4.0 der TSI ZZS zusätzlich die Möglichkeit, die sicherheitsrelevante Zugsicherung durch ETCS um eine Automatisierungsebene (ATO – Automatic Train Operation) zu ergänzen. ATO als nicht sicherheitsrelevantes System wird dabei jederzeit durch ETCS (und betrieblich durch den Triebfahrzeugführer) abgesichert.

Diese Funktion ist in der Förderrichtlinie als „Optional“ gekennzeichnet, so dass der Antragsteller entscheidet, ob er sie berücksichtigen möchte.

3.7.1 Grundlage zu ATO

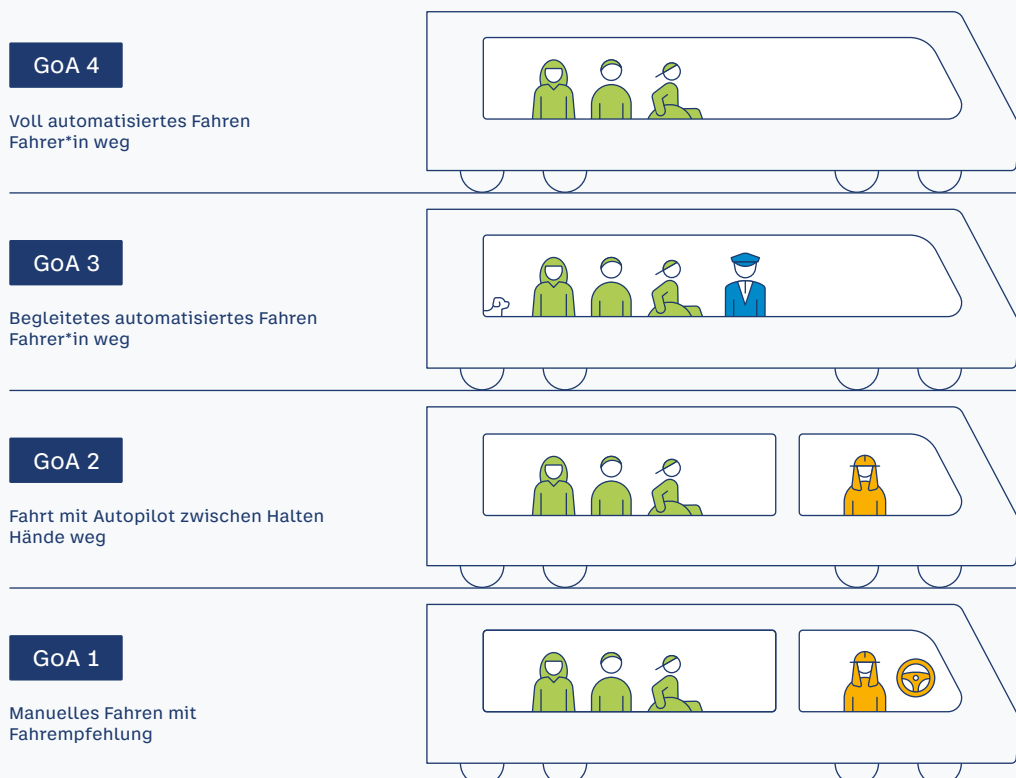


Abbildung 7: Übersicht ATO Grades of Automation (GoA)

Die verschiedenen ‚Grades of Automation‘, von GoA1 bis GoA4, beschreiben die beim Personal verbleibende Verantwortung:

- GoA1: Keine Automatisierung, nur Überwachung und Sicherung durch ETCS. Der Triebfahrzeugführer wird ggf. durch ein Driver Advisory System (DAS) unterstützt, beschleunigt und bremst aber selbsttätig.
- GoA2: Der Zug fährt selbstständig, gemäß dynamischer Fahrplaninformationen, die von der Strecke digital empfangen werden. Der Triebfahrzeugführer löst die Abfahrt aus und überwacht die Zugfahrt permanent. Türen können unter Umständen automatisiert öffnen und schließen.
- GoA3: Fahrerlos: Der Triebfahrzeugführer wird aus der Verantwortung entbunden. Es ist aber immer mindestens ein Zugbegleiter an Bord, der betriebliche Aufgaben sowie im Notfall die Steuerung übernehmen kann.
- GoA4: Volle Automatisierung ohne Personal im Zug. Im Störfall muss das Fehlen von Personal im Zug abgedeckt werden, was z. B. durch zusätzliche Remote Train Operation (Fern-Operation) Lösungen erfolgen kann.

Grundlage für die weitere Diskussion ist ATO in GoA2. Dies ist in der TSI ZZS 2023/1695 als ERTMS-Subsystem spezifiziert. Fahrerlose Lösungen auf GoA3 oder GoA4 befinden sich noch in der Innovationsphase und sind nicht Teil der Rollout Roadmap des BMV und der DB InfraGo.

3.7.2 Mehrwert von ATO GoA2

Die Plattform ERTMS als ganzheitliches Konzept der Zugleittechnik beabsichtigt auch die Standardisierung des automatisierten Zugbetriebs. Während ETCS die Grundlage der Zugsicherung bildet, ermöglicht das darauf aufsetzende ATO GoA2 die Ergänzung und den teilweisen Ersatz von Triebfahrzeugführer-Aktivitäten, indem basierend auf Echtzeit-Fahrplan-Informationen ein optimales, energiesparendes Fahrprofil berechnet und automatisch umgesetzt wird.

ATO GoA2 kann vereinfacht als fahrplangesteuerter, optimierter Tempomat verstanden werden. Nachdem der Triebfahrzeugführer die ATO-Start-Taste gedrückt hat, übernimmt das System das automatisierte Anfahren, Fahren und Bremsen bis zum Stillstand. Dabei fährt es ein optimiertes ATO-Fahrprofil ab, das sich an den Strecken-, Fahrplan- und ETCS-Vorgaben orientiert. Die Optimierung des ATO-Fahrprofils kann dabei mit dem Fokus Kapazitätsoptimierung (Fahren entlang der maximal möglichen Geschwindigkeitskurve) oder mit dem Fokus Energieoptimierung (energiesparendes Fahren) erfolgen, immer unter der Maßgabe den vorgegebenen Fahrplan einzuhalten oder wieder zu erreichen.

ATO GoA2 kann außerdem optional weitere Funktion übernehmen, wie zum Beispiel die automatische Türsteuerung oder das Adhäsions- oder Reibwertmanagement. Darüber hinausgehende Funktionen, wie zum Beispiel Züge aufrüsten und bereitstellen, der Abfertigungsprozess, die Streckenbeobachtung oder das Störfallmanagement werden nicht automatisiert und werden im ATO GoA2-Betrieb weiterhin durch den Tf durchgeführt.

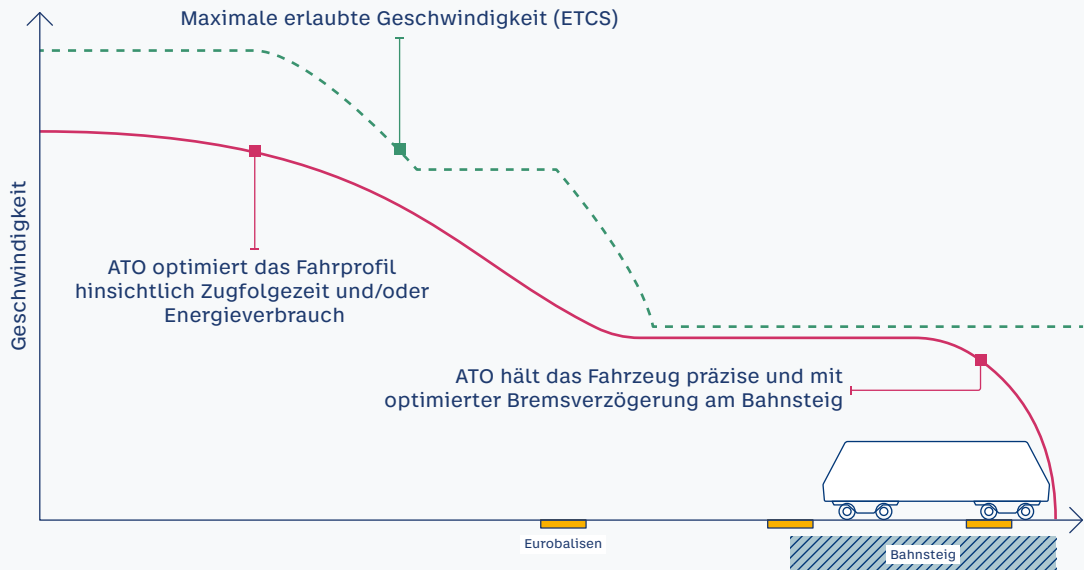


Abbildung 8: Schematische Darstellung der ATO GoA2 Vorteile

Aus dem Einsatz eines ATO-GoA2-geführten Betriebs ergeben sich deutliche Vorteile für die **Streckenkapazität**, die **Betriebsstabilität** und die **Energieeffizienz**. Besonders auf hochbelasteten Strecken kann die automatisiert optimierte Fahrweise die Leistungsfähigkeit des Gesamtsystems spürbar erhöhen. Gleichzeitig sorgt die durchgängig homogene Fahrweise über alle Zugfahrten hinweg für eine verbesserte Betriebsqualität.

Die wichtigsten Vorteile des ATO-GoA2-geführten Betriebs lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Erhöhte Fahrwegkapazitäten durch optimierte Geschwindigkeitsprofile und spätere, präzisere Bremseingriffe.
- Verbesserte Fahrplan- und Betriebsstabilität, da der Zug den Fahrplan direkt und ohne Verzögerung umsetzt („steuernder Durchgriff auf das Fahrzeug“).
- Energie- und Kosteneinsparungen sowie geringere CO₂-Emissionen durch eine gleichmäßigere und vorausschauende Fahrweise.
- Zentrale Grundlage für die digitale Leit- und Sicherungstechnik, da ATO GoA2 die Anschlussfähigkeit an heutige und zukünftige ATO-optimierte Leitsysteme sicherstellt.

ETCS als sicherheitsrelevantes Zugsicherungssystem überwacht weiterhin die zulässige Geschwindigkeit und führt im Gefahrenfall Bremseingriffe durch.



ATO GoA2 optimiert das Fahrprofil des Fahrzeuges, ersetzt aber nicht alle Aktivitäten des Triebfahrzeugführers.

3.7.3 Fahrzeugarchitektur mit ATO GoA2

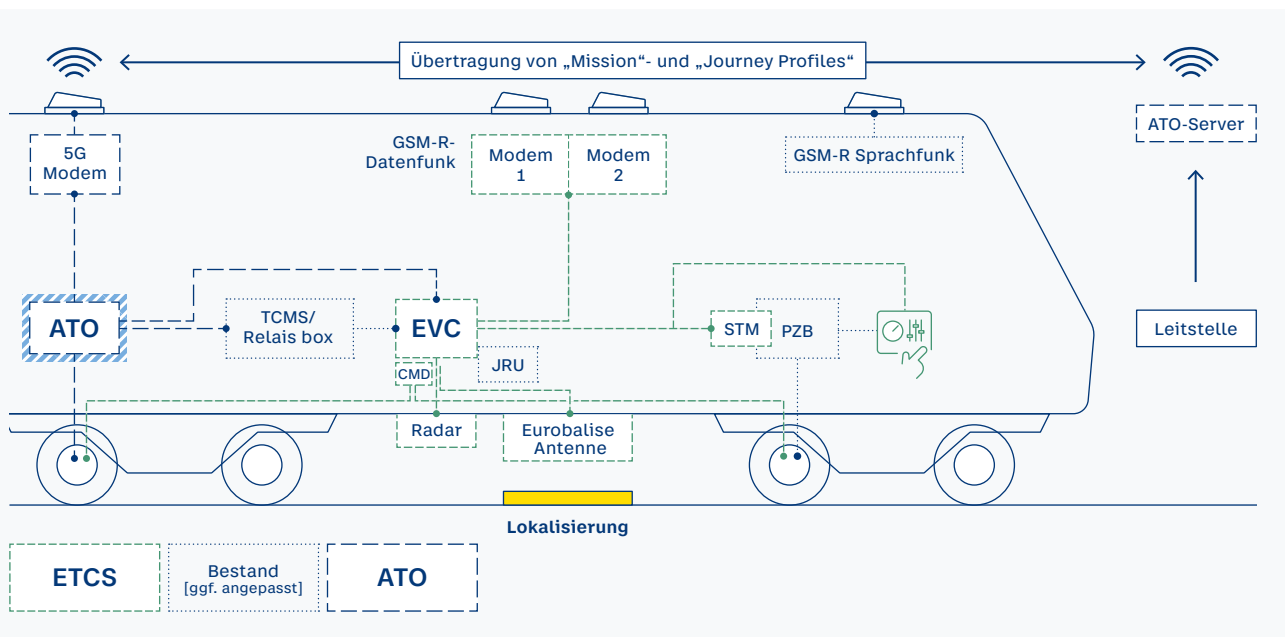


Abbildung 9: Erweiterte Fahrzeugausrüstung mit ETCS und ATO GoA2

Die ATO On-board Unit (ATO-OB) stellt diesbezüglich die Hauptkomponente dar. Über Schnittstellen ist die ATO-OB mit den Systemen EVC (für Zugriff auf Odometrie, DMI, JRU) und TIU (für Traktion und Bremse, ggf. auch automatische Türsteuerung) verbunden.

ATO-OB ist in den aktuellen Projekten in Deutschland über ein weiteres (public) Funkmodul mit einem streckenseitigen Server ATO-TS verbunden, der die Fahrplandaten und Streckendaten zur Verfügung stellt. Die übliche GSM-R-Verbindung (circuit switching) kann in dem Fall nicht parallel für ETCS und ATO genutzt werden. → [Abbildung 9](#) entspricht dieser Architektur. Zukünftig wird FRMCS es ermöglichen, dass für ETCS und ATO eine gemeinsame Funklösung verwendet wird (siehe → [Kapitel 3.8](#)).

ETCS ist mit der Systemversion 2.2 für ATO angepasst, wobei ETCS dem ATO System u. a. die relevante Fahrterlaubnis und Fahrtinformation zur Verfügung stellt. Die Schnittstelle mit dem Tf. wird über das ETCS-Display (DMI) realisiert, das sowohl ETCS als auch ATO Informationen anzeigt.

Fahrzeuge müssen für die Nutzung von ATO vorbereitet werden. Die nötigen Systeme gehen über ETCS hinaus und erfordern die Integration mit Brems-, Traktions- und gegebenenfalls Türsteuerungssysteme. Eine solche Nachrüstung ist in der Regel nur mit OEM-Beteiligung realisierbar.



ATO GoA2 erfordert zusätzliche Schnittstellen zum Fahrzeug. Bei modernen Baureihen ist deren Umsetzung in der Regel nur durch Anpassungen am TCMS möglich.

3.7.4 ATO-Rollout Strategie und Inhalt der Förderrichtlinie

ATO GoA2 ist Teil des Zielbilds und wird vom BMV in seiner 2024 erschienenen Studie [5] empfohlen. Für hochbelastete S-Bahn-Stammstrecken wie Stuttgart, Hamburg oder München wird ATO bereits geplant oder umgesetzt.

Die Förderrichtlinie fördert die ATO-Ausrüstung für Triebzüge mit den gleichen Beteiligungsätze wie für die ETCS-Ausrüstung. Die Funktion ist optional, so dass der Förderantragsteller entscheidet, ob er die Funktion aktivieren möchte.

Für Lokbespannte Züge sieht die Förderrichtlinie das optionale Unterstützungssystem Driver Assistance System (DAS) vor, das keine zusätzliche Integration mit der Fahrzeugleittechnik erfordert.

Die Abwägung von Kosten und Nutzen einer Nachrüstung mit ATO ist maßgeblich vom Einsatzprofil der Fahrzeuge abhängig, ebenso von der Fahrzeugart und der verbleibenden Restlebensdauer.



ATO GoA2 wird für Triebzüge gefördert und kommt in Deutschland bereits auf ersten Strecken zum Einsatz. Die weitere Einführung von ATO ist derzeit nicht bekannt. Die größten Potenziale für Kapazitätssteigerung und Betriebsstabilität liegen in Knotenbereichen und stark belasteten Stammstrecken.

3.8 FRMCS (Aus-/Vorrüstung)

3.8.1 Hauptmotivation: Obsoleszenz der GSM-R Lösung

Die bahnspezifische Sprach- und Datenfunklösung GSM-R ist Teil des ERTMS und in der TSI ZZS spezifiziert. Die Lösung basiert auf Mobilfunktechnologie zweiten „2G“ 3GPP Generationen. Ihre Obsoleszenz wurde für ca. 2035 angekündigt.

Darüber hinaus wächst der Bedarf (Anzahl, Bandbreite) an Kommunikation zwischen Fahrzeug und Strecke. Moderne Kommunikationstechnik erlaubt es, mit einem System alle betrieblichen Kommunikationsbedarfe der Fahrzeugsysteme abzudecken.

Die nächste Generation heißt „Future Railway Mobile Communication System“ (FRMCS). Sie wurde teilweise in der aktuellen TSI ZZS (zusätzlich zu GSM-R) definiert. Die vollständige Version ist für die nächste TSI ZZS (ca. 2028) geplant. Die Hoheit der Spezifikationserstellung für FRMCS obliegt der UIC [6], die notwendigen Änderungen an den ERTMS-Subsystemen werden mit der ERA und mit der UNISIG abgestimmt.

- Dachantennen: zusätzliche FRMCS Antennen,
- FRMCS Gateway (On-Board-FRMCS) mit integrierten FRMCS-Funkmodulen
- IP-Verbindung auf Basis OBAPP zwischen FRMCS Gateway und Anwendungen
- FRMCS-Sprachfunkfunktion (Voice Application Subsystem) im Cab Radio
- neue „OBApp“ Schnittstelle im EVC und im ATO, zusätzlich zu GSM-R (gegebenenfalls 5G ATO)
- neue EVC-Systemversion zur Steuerung der Verbindungsauswahl zwischen GSM-R und FRMCS

Eine neue Fahrzeugtypgenehmigung und Conformity to Type der einzelnen Serienfahrzeugen mit den zusätzlichen Komponenten (EMV, Brandschutz, Gewichtsbilanz, Energiebilanz) lassen sich nach dem derzeitigen Genehmigungsprozess nicht vermeiden. Optimierungen des Prozesses werden mit der Beteiligung der Industrie auf ERA-Ebene diskutiert.

Hinweis zu → [Abbildung 10](#): Der Bedarf an Doppelausrüstung (bspw. ATO-5G-Modem) oder die Anzahl der FRMCS-Antennen hängt von der Migrationsstrategie ab (siehe → [Kapitel 3.8.3](#)).

3.8.3 Entwicklungsstand und Migrationsstrategie in Deutschland

Die Prinzipien der FRMCS-Technik stehen fest. Die detaillierte Umsetzung und Freigabe der Standards (TSI), die Migrationsstrategie in Deutschland sind nicht finalisiert. Eine Vor- bzw. Ausrüstung von Komponenten ist jedoch bereits möglich. Der aktuelle Status (Q2 2026) wird im Folgenden zusammengefasst:

Standards

Die FRMCS Spezifikation liegen in der Version 2 zum Redaktionsschluss vor, Produkte wurden von der Industrie entwickelt. Für 2026 sind Labor- und Feldtests mit der realen FRMCS-Hardware auf fünf Teststrecken vorgesehen; sie erfolgen mit Unterstützung der Industrie im Rahmen des MORANE-2-Testprogramms.

Um eine zügige Umsetzung der Ergebnisse in Serienprodukte zu ermöglichen, hat die Bahnindustrie durch UNISIG mit der UIC (Hauptakteur der FRMCS-Entwicklung) vereinbart, dass die Teilergebnisse regelmäßig geteilt werden, damit sie in der parallel laufende Software-Entwicklung berücksichtigt werden.

Darüber hinaus setzt sich die Industrie dafür ein, dass unter definierten Bedingungen (z. B. Aufrechterhaltung der Interoperabilität im Verwendungsgebiet) herstellerspezifische Upgrade-Lösungen möglich sind, um bestehende ETCS-Fahrzeugausrüstung (ab ETCS-Systemversion 2.0) für FRMCS zu ertüchtigen. Damit könnten Upgrades auf ETCS-Baseline 4, Systemversion 3.0, vermieden werden. Der spätere Aufwand für die FRMCS-Hochrüstung vieler Fahrzeuge würde sich entsprechend reduzieren, unter anderem für die, die der Bund mit der Förderrichtlinie finanziert.

Die Veröffentlichung der Standards ist mit der nächsten TSI ZZS (ca. 2028) geplant.

Nationale Umsetzungsstrategie

Die Einführung der FRMCS in Deutschland erfordert eine klare Migrationsstrategie, die sowohl die Strecke als auch die Fahrzeuge berücksichtigt.

Wichtige Handlungsfelder für eine optimierte FRMCS-Einführung bei Bestandsflotten sind:

- Generische, europaweite Empfehlung zu notwendigen funktechnischen Isolationswerten, die bei der Antenneninstallation zu beachten sind
- Keine gleichzeitige Nutzung des 900-MHz-Bereichs von GSM-R und FRMCS

- Möglichkeit von projektspezifischen Ausnahmeregelungen für einzelne Anforderungen, sofern deren Umsetzung nicht wirtschaftlich umsetzbar sind.²
- Minimierung nationaler Besonderheiten wie (N)NTRs, SNBs
- Vermeiden von projektspezifischen RSC-Tests
- Frühe Ankündigung der erwarteten NNTRs/SNBs zu FRMCS
- Frühe Ankündigung einer strecken-scharfe Roadmap für FRMCS pro Anwendung (Sprachfunk, ETCS, ATO, ...)

3.8.4 Inhalt der Förderrichtlinie

Die FRMCS Aus- und Vorrüstung ist Bestandteil der Förderung. Die Förderrichtlinie verlangt zudem explizit ein Hochrüstungskonzept. Darüber hinaus ist gemäß Anhang 1 der Förderrichtlinie auch eine vollständige Umsetzung förderfähig. Eine Ausrüstung der Fahrzeuge mit FRMCS-Hardware kann beispielsweise bereits im Rahmen der ERTMS-Ausrüstung erfolgen, um die spätere Hochrüstung gemäß der kommenden TSI ZZS möglichst weitgehend auf Software-Anpassungen zu begrenzen.

Je nach Fahrzeugart, Lebensdauer kann der Antragsteller mit Unterstützung der Industrie entscheiden, wie umfangreich die Vorrüstung sein soll.



Durch die auf mittlere Sicht absehbare Obsoleszenz von GSM-R ist FRMCS unvermeidbar. FRMCS wird als Teil des ERTMS-Nachrüstungsprojektes antizipiert bzw. teilweise vorinstalliert.

3.9 Weitere optionale Funktionen der Förderrichtlinie

Der Anhang 1 der Förderrichtlinie bietet einige Funktionen als Option an. Jeder Antragsteller entscheidet, ob er die Option auswählen möchte.

Die Entscheidung für die Auswahl der Funktionen hängt von verschiedenen Parametern ab:

- Einsatzgebiet des Fahrzeugs und Pläne der Infrastruktur für dieses Einsatzgebiet.
- Fahrzeugart
- Restlebensdauer
- Umsetzungskosten

Diese werden hier unten aufgelistet und ihre Vorteile bzw. Auswirkung auf die Fahrzeugausrüstung zusammenfasst.

² Dies kann etwa die zusätzliche Kompatibilität mit öffentlichen Funkbetreiber „Public Mobile Network Operators“ betreffen, die bei bestimmten Fahrzeugtypen aufgrund von Antennen-Isolierungsabständen und begrenzten Fahrzeugdachfläche mit akzeptablem Aufwand nicht umsetzbar sein könnten.

Tabelle 2: Optionale Funktionen der Förderrichtlinie

Funktion	Vorteile	Aufwand		Kommentar
		FoC	Serie	
Zugvollständigkeit	Reduzierte Infrastruktur im Gleis (Gleisfreimelder); Effizienzsteigerung durch kleinere virtuelle Blöcke/Moving Blocks.	klein bis hoch*	klein bis hoch*	■ gefördert nur für Triebzüge. ■ Infrastrukturplanung mit Zugintegrität in Arbeit.
Gamma Bremsmodell	Höhere Betriebsstabilität durch schnellere Reaktionszeiten	mittel bis hoch	keine	■ Fahrzeug-Inputs für die Berechnung müssen verfügbar sein
Automatic Train Operation (ATO) → Kapitel 3.7	Erhöhte Betriebsstabilität, kürzere Zugfolgezeit, potenzielle Reduzierung des Energieverbrauchs/Verschleißreduktion durch bremsoptimiertes Fahren	hoch	mittel	■ gefördert nur für Triebzüge
Driver Assistance System (DAS)	Energieeinsparung durch fahrplanoptimierte Fahrhinweise. Schonender Fahrzeugeinsatz durch weniger Vollbremsungen.	mittel	mittel	■ gefördert nur für Lokomotiven und Steuerwagen ■ Schulungsarm – hohe Akzeptanz beim Fahrpersonal
Türsteuerung	Optimierung der Türfreigabe	mittel bis hoch*	mittel bis hoch*	■ Abhängigkeit von Fahrzeug-Türsystem und Schnittstellen
Non Leading	Betrieb in Mehrfachtraktion mit besetzten Führerstand	mittel	mittel	
Passive Shunting	Schnellere Führerstandaktivierung für Rangierfahrten	mittel	mittel	
Service Brake	Potenzielle Reduzierung des Energieverbrauch und höherer Komfort durch Vermeidung von Zwangsbremung	mittel	mittel	■ in Deutschland ist die Funktion nur im Höchstgeschwindigkeit „Ceiling Speed“-Monitoring aktiv.
Übergabe Zugnummer (in der Förderrichtlinie unter „Bedienung Dateneingabe“)	Erhöhte Ergonomie für Tf. durch Entfall der Zugnummer-Eingabe im Funkgerät	klein	klein	■ geringer Aufwand, sofern vom Funkgerät unterstützt.
*der Aufwand weicht von Baureihe zu Baureihe stark ab.				

4 Prozesse

In diesem Kapitel werden die administrativen und technischen Prozesse beschrieben, die für einen Antragsteller/Zuwendungsempfänger relevant sind. Dabei ist zu erwähnen, dass einige Aspekte wie z. B. die Vergabeprozesse durch das BMV noch präzisiert werden.

Im Rahmen der Förderrichtlinie werden zwei Hauptprozesse unterschieden (siehe → [Abbildung 1](#)). Die Verantwortung für die jeweiligen Teilprozesse liegt stets beim Antragsteller.

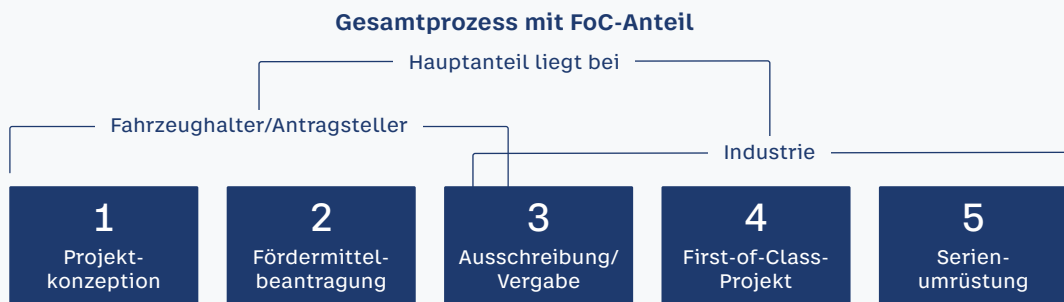


Abbildung 11: Hauptprozesse

In den folgenden Unterkapiteln werden die Teilprozesse beschrieben. Die Teilprozesse gelten in vereinfachter Form auch für Projekte ohne FoC-Anteil, Schritt 4 entfällt hierbei.

Die wesentlichen Stakeholder in dem Gesamtprozess sind die

- **Bewilligungsbehörde:** Die Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen ist die vom BMV benannte Stelle, die für die Prüfung und Bewilligung der Fördermittelanträge verantwortlich ist
- **Koordinierungsstelle:** Die für die inhaltliche Koordinierung, Mitwirkung bei der Antragsprüfung und Priorisierung der Anträge verantwortlich ist
- **Antragsteller bzw. späteren Zuwendungsempfänger** der Fördermittel: Fahrzeughalter und -eigentümer und deren Bevollmächtigte
- **Industrie:** OEMs, Lieferanten von ZFS-Systemen, Mittelständler für Fahrzeugumrüstung oder spezialisierte Dienstleister liefern spezifisches Produkt- und Systemwissen und verantworten die Umrüstung.

Die in der Grafik grün dargestellten Teilprozesse sind maßgeblich vom Zusammenwirken der Stakeholder Bewilligungsbehörde/Antragsteller/Koordinierungsstelle abhängig. Hier ist nach einer Einschwingphase ein größeres Optimierungspotenzial in Bezug auf die Durchlaufzeit zu erwarten.

4.1 Teilprozess Projektkonzeption



Die Projektkonzeption ist der erste Teilprozess im ETCS-Umrüstungsprojekt und legt die Grundlagen für die Antragstellung der Fördermittel und die dann folgenden Umsetzungsprozesse. Sie liefert den Nachweis der Umrüstbarkeit gemäß § 4 Abs. 5 der Förderrichtlinie. Die [Abbildung 12](#) zeigt etwas detaillierter die Inhalte des Teilprozesses „Projektkonzeption“.

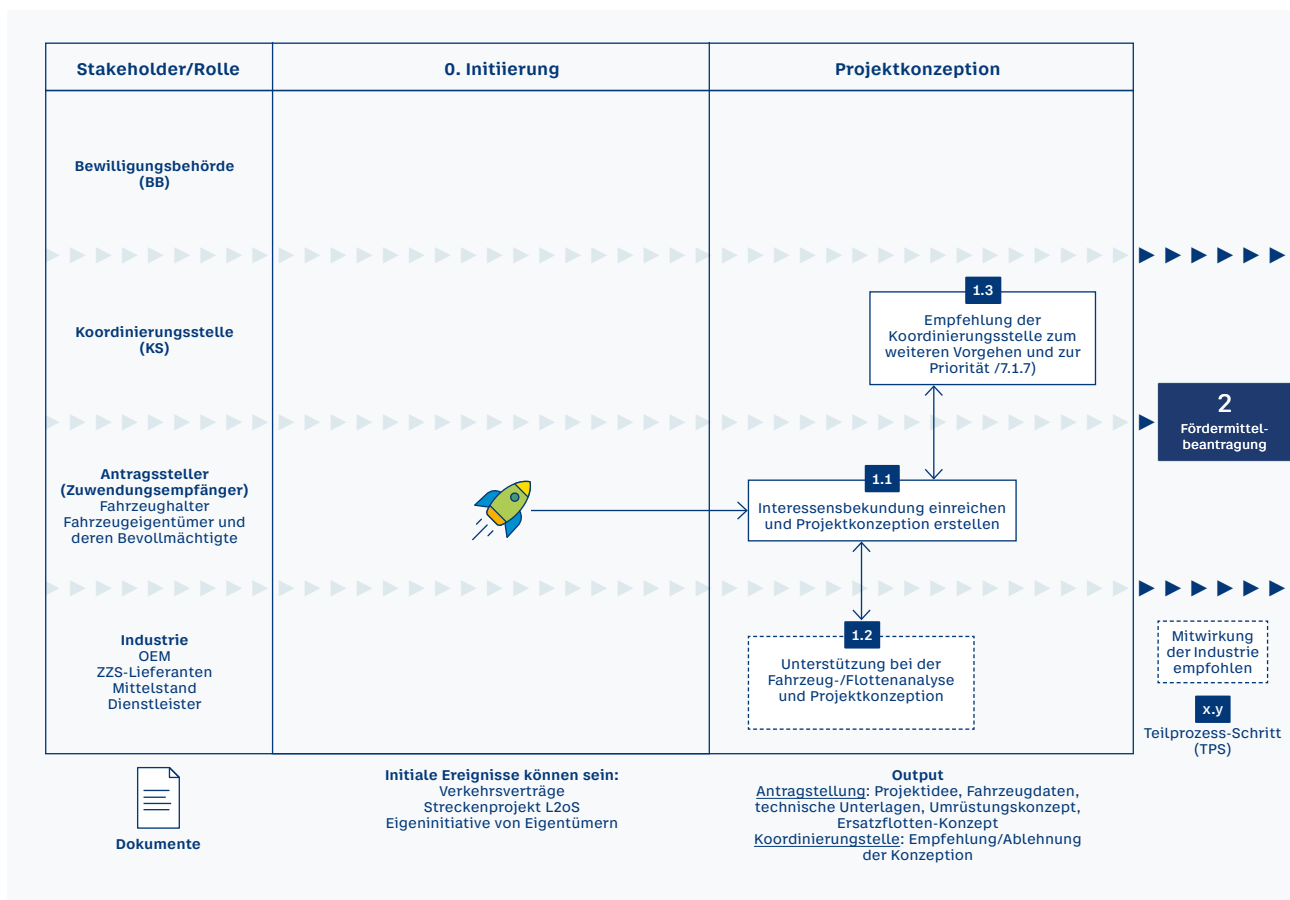


Abbildung 12: Teilprozess Projektkonzeption

Initiierung – Die Notwendigkeit einer Fahrzeugumrüstung kann im Wesentlichen aus drei Beweggründen initiiert werden:

- Die Umrüstung wird erforderlich, wenn die Infrastruktur, wie beispielsweise eine bestimmte Strecke, ausschließlich mit ETCS ausgerüstet wird und auf klassische Signale sowie PZB verzichtet wird. In diesem Fall wird ETCS zum Netzzugangskriterium, und die Einführung wird mindestens fünf Jahre im Voraus angekündigt [4].
- Im Schienenpersonennahverkehr (SPNV) kann die Umrüstung notwendig werden, weil ein Verkehrsvertrag ausgeschrieben wird, der den Einsatz von ETCS-ausgerüsteten Fahrzeugen voraussetzt.

- Ein Fahrzeugeigentümer kann aus eigenem Interesse eine Umrüstung veranlassen, etwa um grenzüberschreitende Verkehre zu ermöglichen oder weil ein anderer Eigentümer bereits ein Umrüstprojekt derselben Baureihe gestartet hat und so ein Pooling der Fahrzeuge möglich wird.

Projektkonzeption

Sie verbindet technische Machbarkeit, förderrechtliche Zulässigkeit und wirtschaftliche Optimierung zu einem Zeitpunkt, an dem die Gestaltungsspielräume noch am größten und Korrekturen noch am kostengünstigsten sind. Interessierte sind aufgefordert, eine Interessensbekundung an die Koordinierungsstelle zu senden.

TPS 1.1

TPS 1.2

Der zukünftige Antragsteller kann mit der Konzeption die Grundlagen für eine effiziente Abwicklung seines Umrüstungsprojektes legen. Die Projektkonzeption des zukünftigen Antragstellers sollte folgende Informationen beinhalten:

Projektidee und strategische Ausgangslage

- Auslöser der Umrüstung (Verkehrsvertrag, Streckenprojekt L2oS, Eigeninitiative)
- Betroffene Fahrzeugflotte (Anzahl, Baureihen, Restlaufzeiten)
- Einsatzprofil und Streckennetz der Fahrzeuge

Projektkategorisierung gemäß Förderrichtlinie (FoC-Projekte)

Die Analyse- und Optimierungsarbeit in der Projektkonzeptionsphase führt zu Projekten, die gemäß Förderrichtlinie in vier Gruppen eingeteilt werden können. Zu Beginn der Konzeptionsphase sollte der Antragsteller – gegebenenfalls gemeinsam mit Industriepartnern – festlegen, in welche dieser Kategorien sein Projekt fällt. Die Kategorien sind in [Tabelle 3](#) zusammengefasst.

Tabelle 3: Kategorien der FoC-Projekte

Kategorie	Kapitel der Förderrichtlinie	Kriterium zur Auswahl des Verfahrens		
		ETCS (aktuell)	Referenz-FoC	Besonderheiten des Verfahrens
Nachrüstung	2. (1)	nein	Keine Referenz-Typgenehmigung verfügbar	First-of-Class Projekt
Delta-Verfahren	2. (1) a)	nein	Referenz-Typgenehmigung verfügbar, keine wirtschaftlich sinnvolle Angleichung der Flotte möglich	Ein Teil der Ergebnisse des Referenz-Projektes kann wiederverwendet werden (Design, aber auch Nachweisführung). Die Wiederverwendungsstrategie ist in der Projektkonzeption zu definieren.
Anpassungsverfahren	2. (6)	nein	Referenz-Typgenehmigung verfügbar, Anpassung der Flotte auf die Referenz günstiger als ein neues Delta-FoC	Eine neue Typgenehmigung ist hierfür nicht notwendig. Das Verfahren, wie die Flotte auf den ERTMS-FoC Stand gebracht ist, braucht in der Regel ein Prototyp, Einbaueinleitung, Stückliste, und eine Testphase.
ETCS-SV-Upgrade	2. (1)	ja, unter Baseline 4 SV 2.1	Das Fahrzeug verfügt über eine ETCS-Ausrüstung bis zu SV 2.0	Die ETCS-generische Software und ihre Projektierung werden angepasst. Gegebenenfalls muss auch ein Teil der Hardware ausgetauscht werden.

Umrüstungskonzept (erste Überlegungen)

- Gewünschte ETCS-Systemversion (2.1 oder 2.2 mit ATO) und Auswahl der Optionen gemäß Förderrichtlinie Anhang 1
- ggf. Abweichungen zum Standard definiert in der Förderrichtlinie mit wirtschaftlicher Begründung
- Umfang der Doppelausrüstung (PZB, LZB, STM-Konfiguration)
- Gewünschte FRMCS-Vorrüstung und weitere Zukunftsfähigkeit

Ersatzflotten-Konzept

- Verfügbarkeit von Ersatzfahrzeugen während FoC und Serienumrüstung
- Grobe Ersatzfahrzeugbedarf in Betriebstagen unter Berücksichtigung der verfügbaren Werkstattkapazität insbesondere für die Serienumrüstung
- Zeitplanung und Ersatzfahrzeugkonzept

FoC-Fahrzeuge stehen für die Projektlaufzeit nicht für den Regelbetrieb zur Verfügung. Die Serienumrüstung erfordert pro Fahrzeug ca. 4 Wochen Werkstattaufenthalt. Die Förderrichtlinie finanziert – gemäß ihrem Anhang 2 – gleichwertige Ersatzfahrzeuge.



Die Werkstattkapazitäten werden nach Anlauf des bundesweiten ETCS-Umrüstungsprogramms einen Kapazitätsengpass darstellen. Vor diesem Hintergrund ist eine frühzeitige Abstimmung notwendig.

Klärung der OEM-Beteiligung und TCMS-Änderungen

- ob die Signaltechnik bereits in die Fahrzeug-Leittechnik integriert ist, oder
- ob Funktionen mit Auswirkung auf das TCMS gefordert sind (z. B. bei ATO)

Für die Entscheidungsfindung ist zudem relevant, ob für die betreffende Baureihe bereits TCMS-Versionen mit ETCS-Schnittstelle verfügbar sind (z. B. im Ausland).



Eine ATO-Integration ist in der Regel nur mit OEM-Beteiligung realisierbar, da tiefgreifende Eingriffe in Traktions-, Brems- und ggf. Türsteuersysteme notwendig sind. Diese Klärungen bestimmen den Kreis der in Frage kommenden Auftragnehmer und damit die spätere Ausschreibungsstrategie.

TPS 1.3

Gemäß Förderrichtlinie §7 (4) ist die Koordinierungsstelle vor der Beantragung einer Förderung für eine FoC-Ausrüstung einzubeziehen. Sie prüft, ob die Voraussetzungen für eine Antragstellung im Sinne der Förderrichtlinie erfüllt sind. Dabei wird insbesondere abgeglichen, ob für die betreffende Fahrzeugvariante bereits ein FoC existiert oder ein entsprechender Antrag gestellt bzw. bewilligt wurde. Die hierfür definierten Kategorien (siehe → Tabelle 3) dienen der Einordnung des zu erwartenden Projektumfangs. Die Koordinierungsstelle gibt ihre Empfehlung zum weiteren Vorgehen ab. Diese Empfehlung ist zwingender Bestandteil des Förderantrags gemäß § 7.1.7 der Förderrichtlinie.

Bei einem Umrüstungsprojekt ohne FoC-Anteil muss die Koordinierungsstelle in der Projekt-konzeptionsphase nicht zwingend eingebunden werden.



Eine fehlerhafte Projektkonzeption kann entweder zu unnötigen parallelen FoC-Verfahren mit jeweils eigenem Engineering-, Test- und Genehmigungsaufwand – oder umgekehrt zu einem Cluster, das bei der Genehmigung scheitert, führen.



Die Projektkonzeption kann durch umfangreiches Produkt- und System-Know-how unterstützt werden, indem Industriepartner frühzeitig eingebunden werden (siehe → [TPS 1.2](#)). Dies können Fahrzeughersteller (OEMs), Hersteller von Zusatzsicherheitssystemen (ZSS), mittelständische Unternehmen aus dem Bereich der Fahrzeugumrüstung oder spezialisierte Dienstleister sein.

4.2 Teilprozess Antragstellung und -prüfung



Nach Abschluss der Projektkonzeptionsphase beginnt der in der → [Abbildung 13](#) dargestellte Prozess zur Beantragung und Prüfung der Fördermittel für die ETCS-Nachrüstung. Der Antrag ist online über → foerderzentrale.gov.de/foerderung-finden/ERTMS_Foerderung einzureichen.

TPS 2.1

Der Antragsteller erstellt und finalisiert den Förderantrag gemäß § 7.1.7 der Förderrichtlinie. Die Bewilligungsbehörde wird geeignete Formulare zur Verfügung stellen. Eine Unterstützung durch Dritte ist möglich. Die Industrie sollte eine Preisindikation erstellen, um die Basis für eine realistische Kostenermittlung zu definieren. Die förderfähigen Kosten sind im Anhang 2 der Förderrichtlinie aufgeführt. Der Förderantrag umfasst folgende Dokumente:

- Förderantragsformular
- Kosten- und Finanzierungsplan
- Vollständige und aktuelle Fahrzeugdokumentation (Fahrzeugakte)
- Dokumentierte Änderungen seit der letzten Genehmigung
- Bestehende Typgenehmigungen und Zulassungsunterlagen
- Halterzustimmung
- Technische Beschreibung
- Koordinierungsstellen-Empfehlung

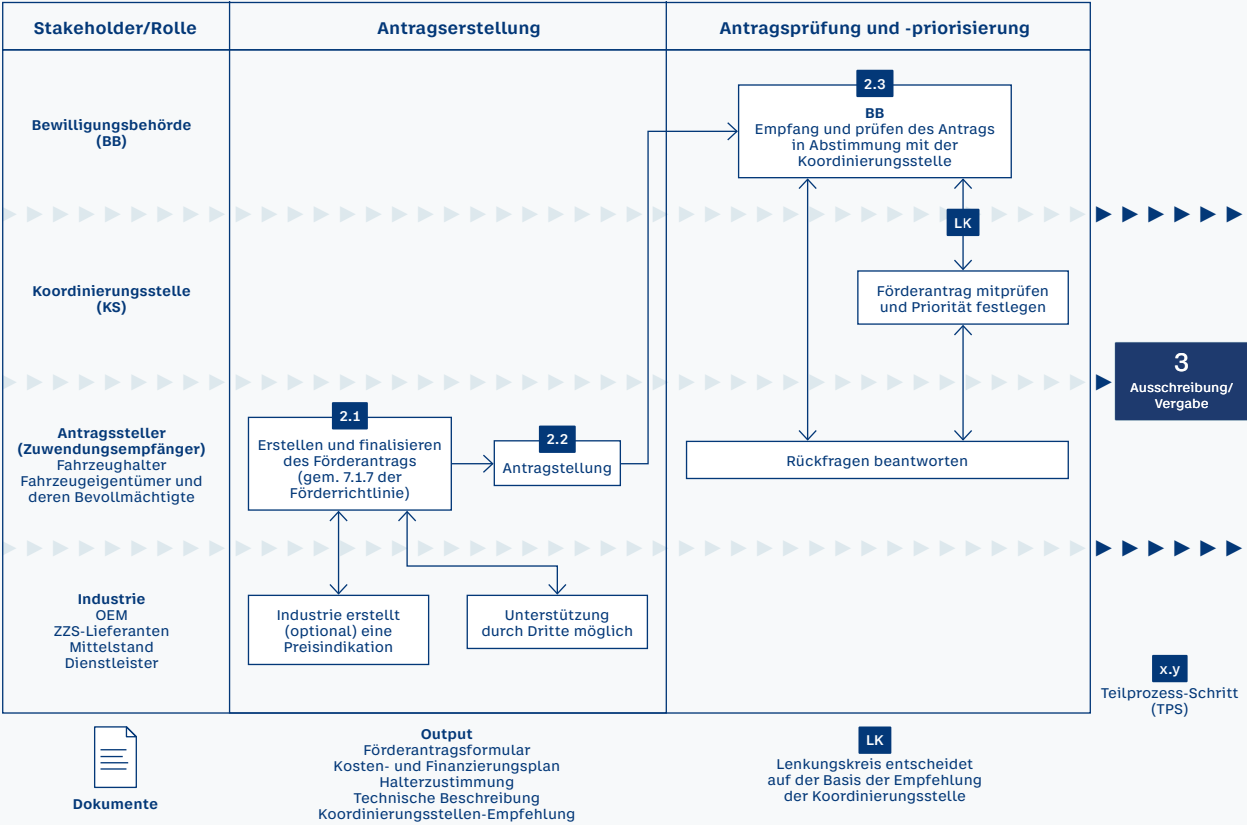


Abbildung 13: Teilprozess der Antragstellung und -prüfung

TPS 2.2

Die Bewilligungsbehörde ist Empfänger der Förderanträge und erstellt unter anderem auf dieser Basis eine Priorisierung der eingereichten Vorhaben. Die Bewilligungsbehörde stellt den Zuwendungsbescheid auf Basis der Entscheidung des Lenkungskreises aus.

TPS 2.3

Der Antragsteller muss auf Rückfragen zeitnah reagieren und gegebenenfalls zusätzliche Informationen nachreichen.

4.3 Teilprozess Vergabe



TPS 3.1

Nach positiver Prüfung des Fördermittelantrags erhält der Antragsteller (nunmehr Zuwendungsempfänger) den Zuwendungsbescheid inkl. der Allgemeine Nebenbestimmungen für Zuwendungen zur Projektförderung (ANBest-P) gemäß Anlage 2 zur VV Nr. 5.1 zu §44 BHO [7]. Auf dieser Grundlage darf der Zuwendungsempfänger die Nachrüstung seiner Fahrzeuge starten bzw. die Leistungen vergeben. Der Teilprozess ist in → Abbildung 14 dargestellt.

Der Antragsteller kann dabei mit der Ausschreibung vor dem Zuwendungsbescheid starten. Die Kosten dafür sind förderfähig. Bei einem genehmigten vorzeitigen Maßnahmenbeginn trägt der Antragsteller ein Kostenrisiko, da bei einem abgelehnten Förderantrag (trotz Empfehlung der Koordinierungsstelle) die angefallenen Kosten nicht erstattet werden.

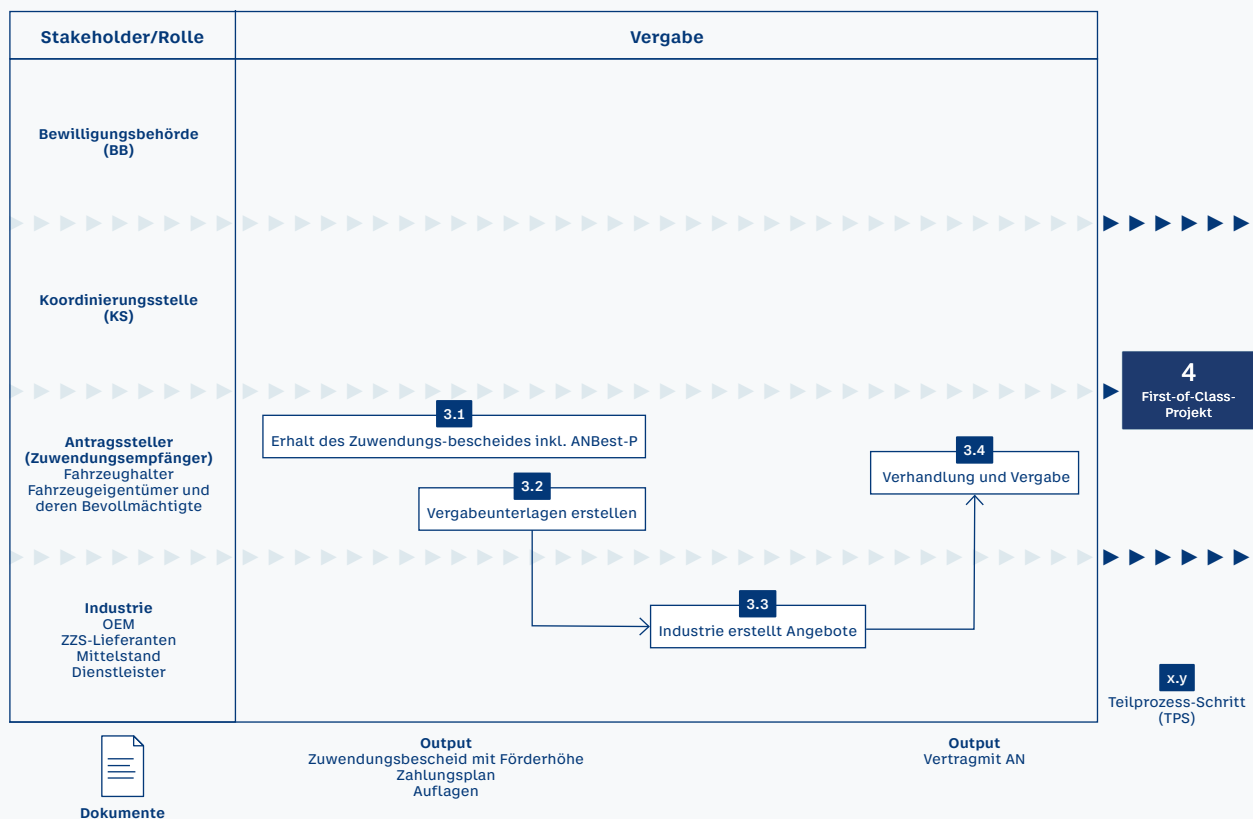


Abbildung 14: Teilprozess Vergabe

TPS 3.2

Da die Nachrüstungsprojekte in jedem Fall die Schwellenwerte für Auftragswerte der ANBest-P in Verbindung mit dem Gesetz gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB) überschreiten, müssen die Projekte als Liefer- und Dienstleistungen gemäß den gesetzlichen Vergaberegeln abgewickelt werden.

Die Grundlage für das Vergabeverfahren und die Projektrealisierung sollte eine für das Projekt angepasste Leistungsbeschreibung sein, die u. a. die folgenden technisch-vertraglichen Projektanforderungen umfasst:

Technische Spezifikation (Lastenheft)

Die europäischen Spezifikationen allein reichen für ein ETCS-Nachrüstungslastenheft eines FoC-Projektes nicht aus. Das Lastenheft baut auf der Flottenanalyse auf und muss fahrzeug-spezifisch angepasst werden sowie folgende Aspekte berücksichtigen:

- **Pflichtanforderungen (Mandatory Requirements)**
 - Anforderungen aus TSI (Technische Spezifikationen für Interoperabilität)
 - Nationale Regelungen (z. B. deutsche Netzzugangsbedingungen)
 - Anforderungen des Anhangs 1 der Förderrichtlinie inkl. Auswahl der Optionen.

- System-Spezifikation
 - ETCS-Systemversion (2.1 als Standard oder 2.2 mit ATO-Fähigkeit)
 - Doppelausrüstung mit nationalen Systemen (bspw. PZB, LZB) über STM
 - Cybersecurity-Konzept gemäß IEC 62443 und Cyber Resilience Act
 - Umsetzung der NIS2 auf Betrieb-Ebene und Auswirkung auf die ERTMS Nachrüstung.
 - FRMCS-Vorrüstung entsprechend dem aktuellen Stand der Technik
- Integrationsanforderungen
 - Schnittstellen zu Fahrzeugsystemen (Bremse, Traktion, TCMS)
 - Einbindung in Fahrzeug-Leittechnik Diagnose- und Servicefunktionen
 - Schlüsselmanagement und Cyber-Security-Tools
- Zusätzliche funktionale Anforderungen(siehe auch → Kapitel 3.9 → Tabelle 2), wie z. B.
 - ATO-Funktionalität mit definierten Leistungsparametern (z. B. Haltegenauigkeit)
 - Erweiterte Zugdateneingabe
 - Stromabnehmermanagement

Aktuelle Bestandsdaten (Absprungbasis)

Ein FoC-Projekt und die Serienumrüstung benötigen eine saubere Absprungbasis und vollständige Fahrzeugdokumentation. Die Förderrichtlinie verlangt explizit, dass die Fahrzeugdokumentation den aktuellen und genehmigten Zustand des jeweiligen Fahrzeugs abbilden muss.



Im Rahmen einer genehmigungspflichtigen ETCS-Nachrüstung kann sich ein zweites Projekt verbergen – nämlich die Analyse und Dokumentation zahlreicher Änderungen, die das Fahrzeug seit der letzten Genehmigung angesammelt hat. Wird dieses Risiko frühzeitig erkannt, lassen sich Monate an Zeit und erhebliche Kosten einsparen.



Falls die Fahrzeugakte unvollständig ist oder dokumentierte Änderungen fehlen, sollte ein Vorprojekt zur Vervollständigung der Dokumentation durchgeführt werden.

Terminplan

Anforderungen an den AN zur Verfügbarkeit von Prototypen, Genehmigung des FoCs, Anzahl der für den Umbau verfügbaren Fahrzeuge, spätester Zeitpunkt zur Lieferung des letzten Serien-Fahrzeuges.

Zu liefernde Dokumentation, Schulungen und Handbücher

Umfang der Leistung des AN zur Aktualisierung der Fahrzeug-Dokumentation (bspw. Schaltpläne), Schulungsmaterial, Handbücher.

Liste der Verantwortlichkeiten, wie z. B.

- Beistellungen/Leistungen durch Antragsteller oder Dritte
- Prototyp-Verantwortung in der Umbauphase für Instandhaltungsaktivitäten.
- OSS Antrag beim AG oder AN.

Weitere vertragliche Regelungen

- Erwartete Support-Leistung nach Inbetriebnahme
- Garantien, Anforderungen zu Ersatzteilen inkl. Obsoleszenzregelungen
- Zahlungsmeilensteine

TPS 3.4

Mit der Vertragsschließung kann die Nachrüstung der Fahrzeuge beginnen. Im Folgenden wird die Projektumsetzung in folgenden Aspekten beschrieben:

- Projektumsetzung im Rahmen des Förderprojektes
- First-of-Class-Projekt beim Auftragnehmer des Zuwendungsempfängers
- Serienumrüstung beim Auftragnehmer des Zuwendungsempfängers

4.4 Teilprozess Projektumsetzung



4.4.1 Projektumsetzungsprozesse gemäß Förderrichtlinie

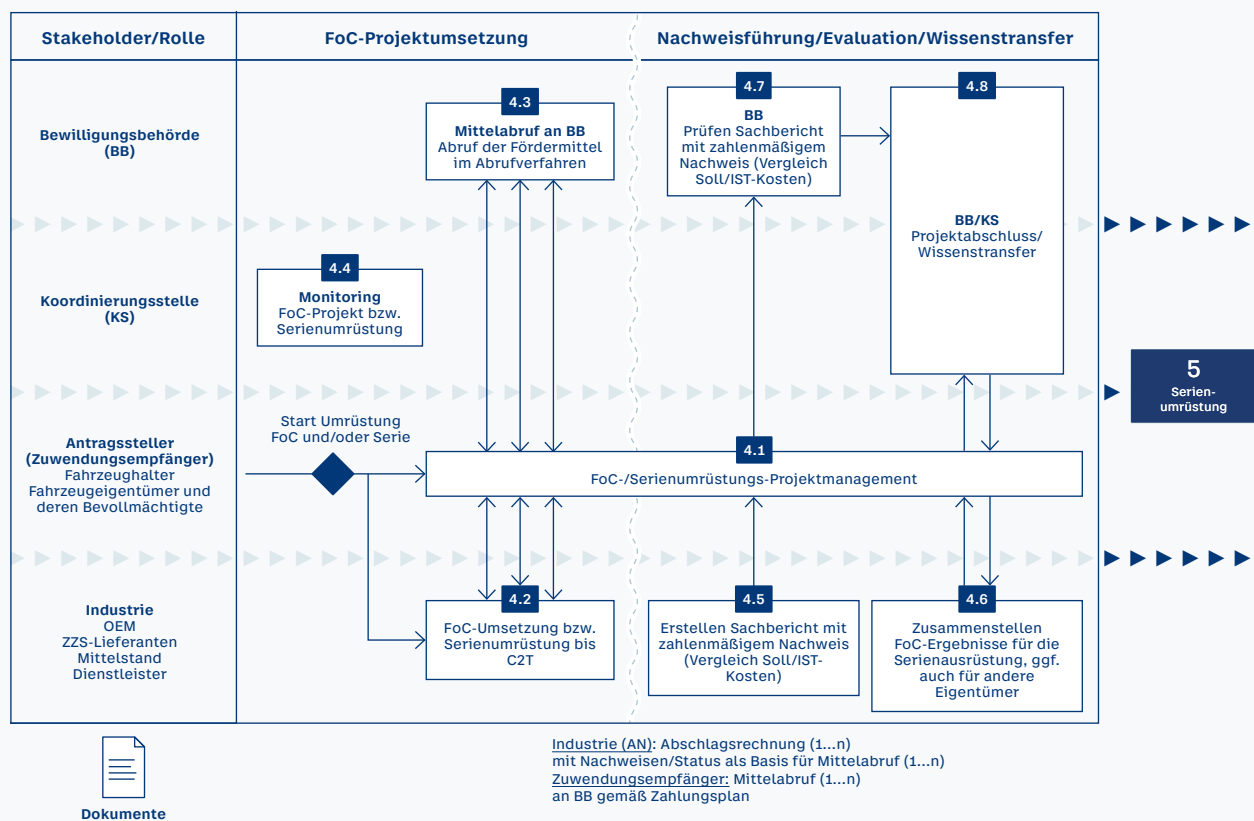


Abbildung 15: Teilprozess Projektumsetzung

Die → [Abbildung 15](#) zeigt den Prozess der FoC-Projektumsetzung (First of Class) bzw. der Serienumrüstung mit den nachfolgenden TPS 4.1 bis 5. Wobei die TPS 4.6 und 4.8 nur in dem jeweiligen FoC-Projekt durchlaufen werden, um die FoC-Dokumentation für die dann folgende Serienumrüstung (TPS 5) gemeinsam mit der Koordinierungsstelle aufzubereiten.

TPS 4.1

Nach erfolgter Vergabe beginnt die praktische Umsetzung der ETCS-Nachrüstung. Diese umfasst sowohl First-of-Class-Projekte (FoC) als auch geförderte Serienumrüstungen. Das Projektmanagement beim Zuwendungsempfänger koordiniert alle erforderlichen Aktivitäten, wie z. B. die Disposition der Werkstätten, die Bereitstellung von Ersatzfahrzeugen und die Mittelabrufe.

TPS 4.2

Die Industrie (Auftragnehmer) führt die technische Nachrüstung des Erstfahrzeugs (FoC) bzw. die Serienumrüstung durch, jeweils bis zur Erlangung der Genehmigung „Conformity to Type“ (C2T) (siehe hierzu im Detail → [Kapitel 4.4.2](#) und → [Kapitel 4.4.3](#)).

TPS 4.3

Die entsprechenden Nachweise und Statusberichte dienen als Grundlage für die Mittelabrufe, die der Zuwendungsempfänger gemäß einem vertraglich vereinbarten Zahlungsplan bei der Bewilligungsbehörde abrufen. Auf diese Weise wird ein optimaler Zahlungsfluss für alle Projektbeteiligten sichergestellt.

TPS 4.4

Die Koordinierungsstelle prüft den eingereichten Zwischenbericht mit kostenseitigem Nachweis. Dies dient der Qualitätssicherung und der Einhaltung der Förderbedingungen.

TPS 4.5

Die Industrie erstellt einen Sachbericht mit zahlenmäßigem Nachweis, der einen Vergleich der Soll- und Ist-Kosten enthält. Der Zuwendungsempfänger muss diesen Bericht vervollständigen und bei der Bewilligungsbehörde einreichen.

TPS 4.6

Parallel dazu werden die FoC-Ergebnisse systematisch zusammengestellt, um sie für die Serienumrüstung und gegebenenfalls auch für andere Eigentümer nutzbar zu machen.

TPS 4.7

Die Bewilligungsbehörde und die Koordinierungsstelle prüfen den eingereichten Sachbericht mit zahlenmäßigem Nachweis (Verwendungsnachweis) und führen einen Soll-Ist-Kostenvergleich durch.

4.4.2 First-of-Class-Projekt

Die Bestandsflotte wird nach dem First-of-Class-Prinzip (FoC) ausgerüstet: Für jede Variante wird ein Referenzfahrzeug komplett entwickelt, installiert, getestet und typgenehmigt. Diese Dokumentation bildet die Grundlage für die Serienumrüstung aller weiteren Fahrzeuge dieser Variante. Hinweis: die Flottendiversität innerhalb einer Variante kann dazu führen, dass mehrere Typgenehmigungen und Referenzfahrzeuge benötigt werden.

Die FoC-Nachrüstung ist deutlich aufwendiger als die Serienumrüstung. Die entsprechend höheren Einmalkosten, die nicht gefördert werden (10%), können kleine und mittlere Flottenbetreiber wirtschaftlich kaum tragen. Vor diesem Hintergrund ist die in → [Kapitel 4.1](#) beschriebene FoC-Clusterung wichtig. Die Erfassung der Flottendiversität ist ebenso kritisch als Teil der Projektkonzeption



Die FoC-Nachrüstungen sind der kritische Pfad für den gesamten ETCS-Rollout.

Im Folgenden wird der FoC-Prozess für eine Nachrüstung beschrieben, bei der das TCMS angepasst werden muss. Dadurch ist der Umfang des FoC-Prozesses entsprechend hoch. Erfolgt eine Nachrüstung ohne TCMS-Anpassung (wie im Ausland bei einer reinen ETCS-Integration häufig zu beobachten), ist der erforderliche Aufwand an Zeit und Ressourcen geringer.

FoC-Prozesse

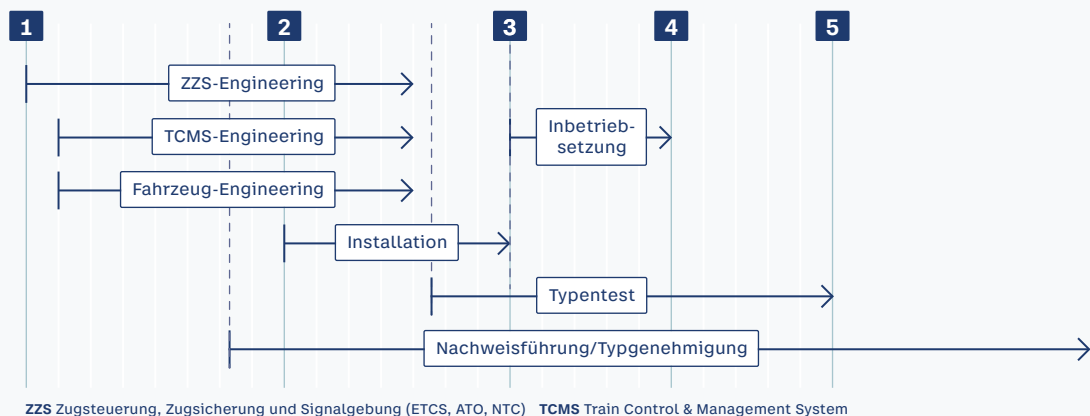


Abbildung 16: FoC-Projektprozesse (fünf Phasen) mit TCMS-Anpassung

Phase 1

Engineering

Drei Engineering-Teams mit unterschiedlichen Rollen arbeiten parallel und interaktiv auf Basis der aktuellen Bestandsdokumentation der Fahrzeuge. Anpassungen erfolgen möglichst minimal, um den Bestandsschutz zu wahren.

Die ZZS-Projektierung (Adaptierung des Produktes an die spezifische Anwendung) sowie der damit verbundenen Anpassung des Klasse B (NTC) wird durch den ETCS-Systemlieferanten durchgeführt.

Bei Fahrzeugen, bei denen die OBU eine digitale Schnittstelle zum TCMS hat ([→ Kapitel 4.1](#)), wird im TCMS-Engineering die Hard- und Software des TCMS angepasst. Diesen Schritt verantwortet in der Regel der OEM des Fahrzeugs.

Die Integration von OBU/RMR-Funksystemen (elektrisch und mechanisch) erfolgt im Fahrzeug-Engineering durch den OEM oder Dritte (z. B. Servicewerkstätten). Sobald das Engineering-konzept erstellt ist, läuft dieser Prozess iterativ weiter – in enger Abstimmung mit den Technikern der Werkstatt, die für den Einbau der FoC-Nachrüstung zuständig sind.

Eine wichtige Rolle spielt dabei der Systemintegrator. Er ist für die Arbeitsteilung zwischen den drei Teams zuständig und führt alle Nachweise zusammen, die in den Antrag auf eine neue Typgenehmigung fließen. In der Regel ist der Systemintegrator der ETCS-Systemlieferant oder der Verantwortliche für das Fahrzeug-Engineering

Phase 2

Installation

Die Umsetzung kann durch den ETCS-Systemlieferanten, Dritte (z. B. Servicewerkstätten) oder den Kunden erfolgen

Phase 3

Inbetriebsetzung

Der ETCS-Systemlieferant ist verantwortlich für den ZZS-Teil, der Systemintegrator für den Fahrzeug-Teil. Die Phase endet mit der Herstellung der Funktionsfähigkeit (HdF) des Gesamtsystems.

Phase 4

Die Typentests der Phase 4 bestehen aus

1. ETCS-Integrationstests: Überprüfung, ob OBU und Fahrzeuganpassungen korrekt projektiert und umgesetzt wurden, ohne Rückwirkungen auf Fahrzeugschnittstellen
Hinweis: Auf einer ETCS-Strecke fällt der Testumfang vergleichsweise gering aus, da die OBU standardisiert ist und ETCS-Funktionen grundsätzlich fahrzeugunabhängig sind.
2. Ergänzende Fahrzeug-Rückwirkungsfreiheitstests: Beispiel: Befahrungen von Strecken mit kleinem Bogenradius bei Änderungen an Wagenübergängen.
Hinweis: Bei TCMS-Änderungen ist diese Phase aufwändiger, da zahlreiche fahrzeugseitige Funktionen geprüft werden müssen; Nachweis und Dokumentation sind umfangreicher.
3. ggf. ETCS System Compatibility Tests gemäß TSI ZZS
Hinweis: jede ETCS-Strecke ist einem ESC-Typ zugeordnet; Fahrzeuge dürfen eine Strecke nur nach erfolgreichem Abschluss der relevanten ESC-Tests befahren. In Deutschland sind aktuell fünf ESC-Typen definiert. Optimierungen der ESC-Teststrategie sind mit Nachweisen auf Produktebene möglich.

Phase 5

Nachweisführung und Typengenehmigung

Start im Engineering, Abschluss mit der Typgenehmigung gemäß 4. Eisenbahnpaket inkl. nationaler Regelungen

Durchlaufzeiten

Die Projektlaufzeit für ein FoC-Projekt beträgt mindestens 20 Monate. Die tatsächliche Durchlaufzeit wird dabei von verschiedenen Faktoren beeinflusst:

- Art des Fahrzeugs (z. B. Lok, E/DMU)
- Alter und Umbauzustand der Fahrzeuge bzw. Baureihen und deren Varianten
- Notwendigkeit von Mehr-Ländergenehmigungen
- Vorhandensein von Einbauräumen und Reserven (z. B. Masse) für die OBU
- Grad der Integration in vorhandene Fahrzeugschnittstellen (mit/ohne TCMS-Anpassung, Basis-Integration)
- Verfügbarkeit und Mitwirkung des OEM bei den Fahrzeugschnittstellenanpassungen (wenn relevant)
- Umfang einer eventuellen Vorrüstung
- Anzahl und Komplexität der zusätzlich zur TSI geltenden Systemanforderungen des Fahrzeuges Eigentümers
- Verfügbarkeit der Ressourcen für die Integration (Nachrüstungsprozess)

Trotz dieser Komplexität kann die Durchlaufzeit eines FoC-Projekts positiv beeinflusst werden. Zentrale Hebel hierfür sind:

- Die Projektkonzeptionsphase aktiv nutzen, um Ressourcenverfügbarkeiten abzustimmen
- Vollständige und aktuelle Bestandsunterlagen für das FoC-Fahrzeug bereitstellen
- Eine klar festgeschriebene Anforderungslage, die den Einsatz vorhandener Produktlösungen ermöglicht
- Kundenseitige Anforderungen, die sich eng an der gültigen TSI ZZS orientieren

4.4.3 Prozess der Serienumrüstung



Die → Abbildung 17 zeigt den IST-Prozess der Serienumrüstung. Die Einbaudokumentation der FoC-Umrüstung bildet die Basis für die Serienumrüstung. Der Auftragnehmer, der das jeweilige FoC-Projekt umgesetzt hat, stellt in Abstimmung mit der Koordinierungsstelle die Dokumentation bei, wenn er nicht mit der Serienumrüstung beauftragt ist.



Die Heterogenität der Flotte kann dazu führen, dass ein Einbau gemäß FoC-Design nicht möglich ist oder dass die Conformity to Type gegenüber dem FoC nicht nachgewiesen werden kann.



Vor dem FoC-Projekt: durch eine sorgfältig durchgeführte Flottenanalyse kann das Projektdesign die Vielfältigkeit (ggf. durch mehrere Typgenehmigungen und Cluster-Bildung) abdecken.

Nach Abschluss des FoC-Projektes: dank einer Charakterisierung der Flotte vor dem Anfang der Serienumrüstung kann sichergestellt werden, dass der Einbau und der Conformity to type-Prozess möglich sind.

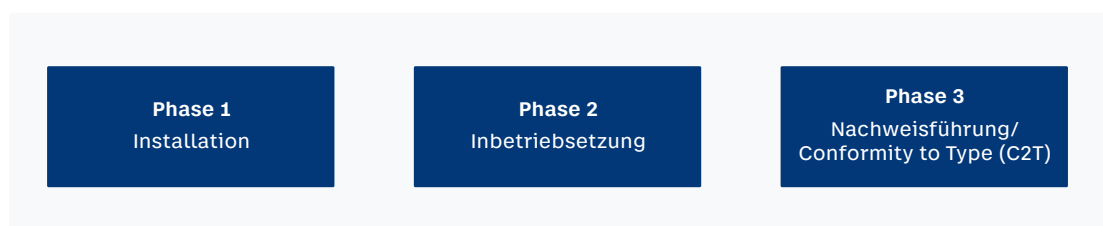


Abbildung 17: Prozess der Serienumrüstung

Der Gesamtprozess gliedert sich in drei Hauptphasen: Installation, Inbetriebsetzung und Typengenehmigung.

Phase 1

Installation

Diese Phase umfasst die Beschaffung und Bereitstellung aller Materialien sowie des ETCS/ATO/NTC-Systems. Nach der Fahrzeugdisposition erfolgen vorbereitende Umbauarbeiten, ggf. inklusive Rückbauten und Verlegung bestehender Systeme. Anschließend werden Einbauvorrichtungen montiert, Kabel verlegt und die Systemkomponenten eingebaut, sowie verschaltet. Die Software wird auf die neuen und bestehenden Komponenten aufgespielt.

Phase 2

Inbetriebsetzung

Die Inbetriebsetzung umfasst statische Tests (stehendes Fahrzeug) und dynamische Tests (unter Traktion), bei denen Fahrzeuganpassungen und die ETCS-OBU-Integration getestet werden.

Phase 3

Genehmigung

Das Inverkehrbringen des Einzelfahrzeugs erfolgt gemäß Eisenbahngesetz auf Grundlage des Fahrzeugtyps.



Durchlaufzeiten

Für die Serienumrüstung ergibt sich eine Durchlaufzeit pro Fahrzeug i. d.R. von ca. vier bis acht Wochen.

Der Zeitbedarf für die gesamte Flottenumrüstung hängt neben der Anzahl von umzurüstenden Fahrzeugen, den verfügbaren Ersatzfahrzeugen auch von den Werkstattkapazitäten ab. Die Ressourcenverfügbarkeit sollte bereits in der Phase der Projektkonzeption abgestimmt werden.

5 Handlungsempfehlung

Die ERTMS-Nachrüstung einer Fahrzeugflotte ist technisch, organisatorisch und regulatorisch anspruchsvoll. Sie ist nicht generisch „von der Stange“ planbar und hat erheblichen Einfluss auf die zukünftige Einsatzfähigkeit und den Marktwert einer Flotte.

Eine frühzeitige, strukturierte Projektkonzeption ermöglicht es Fahrzeughaltern bzw. Eigentümern, ihre ERTMS-Flottenstrategie aktiv zu steuern und erfolgreiche Nachrüstprojekte belastbar vorzubereiten. Hierfür werden insbesondere folgende Maßnahmen empfohlen:

1 Klärung der Absprungbasis, um Projektaufwände und Risiken zu reduzieren

ERTMS-Nachrüstprojekte sind genehmigungspflichtig. Voraussetzung für eine beherrschbare Projektabwicklung ist die eindeutige Definition einer klaren Absprungbasis. Diese beschreibt den genehmigten und dokumentierten technischen Ausgangszustand eines Fahrzeugs zum Projektstart. Hierzu gehören:

- die Dokumentation der letzten gültigen Fahrzeugzulassung,
- die vollständige Erfassung und Bewertung aller seitdem umgesetzten Änderungen,

Ohne diese Klärung besteht das Risiko, dass sich hinter der ERTMS-Nachrüstung faktisch ein zweites – bislang nicht adressiertes – Projekt verbirgt: die nachträgliche Nachweisführung nicht dokumentierter Änderungen, was zu erheblichen Kosten und Verzögerungen führen kann. Die Diversität innerhalb der Flotte ist insbesondere im Hinblick auf den späteren Conformity-to-Type-Prozess der ERTMS-Nachrüstung dabei auch systematisch zu analysieren, um eine effiziente Cluster-Bildung und Serienumrüstung zu ermöglichen.

2 Definition der Zielausrüstung, um den betrieblichen Nutzen zu maximieren

Der Zielumfang der Nachrüstung ist frühzeitig konsistent zu definieren. Dazu zählen:

- Auswahl der ETCS-Systemversion
- Umfang der FRMCS-Aus-/Vorrüstung, da GSM-R obsolet wird und FRMCS unvermeidbar ist.
- Auswahl nach wirtschaftlicher Bewertung (Kosten, Nutzen) optionaler Funktionen (z. B. ATO GoA2, Zugintegrität, Driver Advisory System)

→ Tabelle 2 in → Kapitel 2 beschreibt die optionale Funktionalitäten der Förderrichtlinie und ihre Mehrwerte. Das Einsatzgebiet, die Restlebensdauer der Fahrzeuge, die Planung der Infrastruktur, die Verfügbarkeit ähnlicher FoC mit den gleichen ausgewählten Funktionen sind zen-

trale Parameter für die Beurteilung. Zum Beispiel kann die Aktivierung der ATO-Option für einen modernen Nahverkehrs-Triebzug sinnvoll sein, der in hoch frequentierten Knoten eingesetzt wird.

Aus dem Zielumfang und Fahrzeugcharakteristika ergeben sich die notwendige Integrations-tiefe (insbesondere bei TCMS-Eingriffen oder ATO-Integration), der ggf. erforderliche Ein-bindungsgrad der OEM, sowie wesentliche Auswirkungen auf Zeitplanung, Vergabestrategie und Ressourcensteuerung.

Hinweis zu Cybersecurity-Anforderungen: Die Anforderungen der Förderrichtlinie betreffen nicht nur die Technik, sondern auch Prozesse des Betriebs und der Instandhaltung und sind daher auf Auftraggeber- bzw. Betreiberseite frühzeitig organisatorisch und prozessual zu ana-lysieren.

3 Bestimmung des Projekttyps, um Synergien zu erheben

Der Projekttyp der ERTMS-Nachrüstung ist frühzeitig festzulegen. Die Einordnung erfolgt gemäß → Tabelle 3. Parameter sind: der bestehende ETCS-Ausrüstungsstand, die Verfügbarkeit einer Referenz-FoC-Typgenehmigung sowie der wirtschaftlichen Machbarkeit einer Flotten-angleichung.

Die Auswahl des Verfahrens hat einen wesentlichen Einfluss auf Zulassungsstrategie, Engineering-Umfang, Zeitplanung und Projektrisiken, und ist mit der Koordinierungsstelle abzustimmen.

4 Einbindung der Koordinierungsstelle, um den Antragsprozess zu beschleunigen

Die Koordinierungsstelle übernimmt die Prüfung und Priorisierung der Förderanträge. Ein früh-zeitiger Austausch ist daher sinnvoll, um die geplante ERTMS-Nachrüststrategie sowie die Struktur und den zeitlichen Ablauf der Antragstellung abzustimmen und frühzeitig Förder- und Umsetzungsrisiken zu adressieren.

Zur Sicherstellung der Finanzierung vorbereitender Analysen und Beratungsleistungen kann bei der Bewilligungsbehörde ein Antrag auf vorzeitigen Maßnahmenbeginn gestellt werden. Dieses Vorgehen sollte frühzeitig im Rahmen des Austauschs mit der Koordinierungsstelle bzw. der Bewilligungsbehörde thematisiert und abgestimmt werden.

5 **Früher Austausch mit der Industrie, um Ressourcenengpässe zu vermeiden**

Angesichts der hohen Anzahl parallel geplanter Fahrzeug-Nachrüstungsprojekte ist mit erheblichen Ressourcenengpässen im Sektor zu rechnen. Insbesondere die Werkstattkapazitäten werden voraussichtlich auf dem kritischen Pfad liegen. Eine frühe, transparente und diskriminierungsfreie Markterkundung mit der Industrie ist daher dringend zu empfehlen, da diese bereits in frühen Projektphasen Beratungsleistungen zur technischen Machbarkeit, zu Integrations- und Umsetzungskonzepten sowie erste Preisindikationen und Terminabschätzungen liefern kann.

6 **Alle Aspekte des Nachrüstungsprojekts prüfen, um ein vollständiges Vergabeverfahren und eine erfolgreiche Projektrealisierung zu sichern**

In der Ausschreibungsvorbereitung sind alle relevanten Akteure einzubeziehen. Die Instandhaltungsdurchführung (ECM 4), die Schulung des Personals, den Umfang der Dokumentation sind mitzudenken. Die Definition des Ersatzfahrzeugkonzepts ist frühzeitig zu planen, damit der Umbau der Flotte (Prototyp, Serie) die betriebliche Verfügbarkeit nicht beeinträchtigt.

Eine besondere Bedeutung kommt den Zahlungsbedingungen zu. Zahlungsmodelle, die den realen Projektfortschritt und Kapitalbedarf nicht abbilden, führen regelmäßig zu erhöhten Finanzierungskosten für den Auftragnehmer – mit entsprechenden Auswirkungen auf Angebotspreise und Projektrisiken.

Referenzen

- 1 Bundesschienenwegeausbaugesetz (BSWAG); Bundesrepublik Deutschland; Zuletzt geändert durch Art. 1 G vom 03.07.2024 (BGBl. 2024 I Nr. 224)
- 2 Agenda für zufriedene Kunden auf der Schiene; Bundesministerium für Verkehr; 09.2025
- 3 Richtlinie (EU) 2024/1679 – TEN-T Guidelines; Europäische Union; Amtsblatt L, veröffentlicht am 28.06.2024; in Kraft seit 18.07.2024
- 4 TSI ZZS – Durchführungsverordnung (EU) 2023/1695; Europäische Union; zuletzt geändert durch DVO (EU) 2026/693
- 5 Neuausrichtung der Gesamtstrategie zur Digitalisierung der Schiene; Bundesministerium für digitales und Verkehr; 11.03.2025
- 6 UIC-Webseite zu FRMCS; <https://uic.org/rail-system/telecoms-signalling/frmcs>; Union Internationale des Chemins de fer
- 7 Bundeshaushaltsordnung (BHO); Bundesrepublik Deutschland; Zuletzt geändert durch Art. 2 G vom 30.09.2025 (BGBl. 2025 I Nr. 231)

Abkürzungen

Akronym	Erklärung
AFB	Automatische Fahr- und Bremssteuerung
ATO	Automatic Train Operation
ATO GoA	Automatic Train Operation – Grade of Automation
ATO-OB	ATO On-board
ATO-TS	ATO Trackside
BHO	Bundeshaushaltsordnung
BMDV	Bundesministerium für Digitales und Verkehr
BMV	Bundesministerium für Verkehr
BR	Baureihe
BSWAG	Bundesschienenwegeausbaugesetz
BTM	Balise Transmission Module
CMD	Cold Movement Detector (erkennt nicht ETCS-überwachter Bewegung)
CRA	Cyber Resilience Act
CSM-RA	Common Safety Method for Risk Evaluation & Assessment
CTT/C2T	Conformity to Type
DAS	Driver Advisory System
DMI	Driver Machine Interface (bspw. Display)
ECM	Entity in Charge of Maintenance (gemäß Richtlinie (EU) 2016/798)
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
EBULA	Elektronischer Buchfahrplan
EMV	Elektromagnetische Verträglichkeit
ERA	European Union Agency for Railways
ERTMS	European Rail Traffic Management System
ESC	ETCS System Compatibility Tests
ETCS	European Train Control System
ETCS L2oS	ETCS Level 2 ohne Signale (d. h. ohne PZB, ohne LZB)
EVC	European Vital Computer
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FoC	First of Class

Akronym	Erklärung
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System
GoA	Grade of Automation
GPRS	General Packet Radio Service, auch genannt "2G"
GSM-R	Global System for Mobile Communications – Railway
ISA	Independent Safety Assessor
IT/OT	Information Technology/Operational Technology
JRU	Juridical Recording Unit
L2oS	ETCS Level 2 ohne Signale (i. e. ohne PZB, ohne LZB)
LK	Lenkungskreis
LZB	Linienzugbeeinflussung
MA	Movement Authority (Fahrterlaubnis)
MTBF	Mean Time Between Failures
NID	National Identification
NIP	Nationaler Implementierungsplan der ERTMS Technik
NIS	Network and Information Security Directive (EU)
NNTR	Nationale Regeln, für Deutschland ZZS: Bekanntgabe 09
NTC	National Train Control
OBApp	On-Board Application (FRMCS „Nutzer“ im Fahrzeug in der FRMCS Architektur)
OBU	On-Board-Unit, damit sind im Dokument die ETCS und ATO Fahrzeugsysteme gemeint.
OEM	Original Equipment Manufacturer (Hersteller)
PZB	Punktförmige Zugbeeinflussung
PZB/LZB	Punktförmige/Linienförmige Zugbeeinflussung
RBC	Radio Block Centre
RINF	Infrastrukturregister (engl. Register of Infrastructure). Es handelt sich um eine Richtlinie bzw. ein standardisiertes Register, das technische Daten der Eisenbahninfrastruktur erfasst und harmonisiert.
RMR	Railway Mobile Radio (Bahnmobilfunk)
SIL	Safety Integrity Levelw
SM	Supervised Manoeuvre (neuer ETCS-Betriebsmodus in Systemversion 2.3)
SNB	Schienen Netz Bedingungen (Regeln des Infrastrukturmanager zum Zugang auf eine Strecke)
STM	Specific Transmission Module (Schnittstelle ETCS – nationale Zugsicherung)
SV	Systemversion
TCMS	Train Control & Management System
Tf	Triebfahrzeugführer
TIU	Train Interface Unit
TMS	Traffic Management System
TPS	Teilprozessschritt
TSI	Technische Spezifikationen für Interoperabilität
TSI ZZS	TSI der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“
UIC	Union Internationale des Chemins de fer
UNISIG	Union of Signalling Industry
VV	Verkehrsvertrag
ZZS	Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung

Begriffsdefinitionen

Absprungbasis

Genehmigter und dokumentierter technischer Ausgangszustand eines Fahrzeugs zum Projektstart der FoC- bzw. Serienumrüstung.

Antragsteller (auf Förderung) bzw. späteren Zuwendungsempfänger

Organisation, die einen Antrag auf Förderung gemäß der Fahrzeug-Förderrichtlinie stellt. Antragsteller sind Eigentümer oder Halter des Fahrzeugs oder müssen von denen bevollmächtigt sein. Der Antragsteller/Zuwendungsempfänger ist verantwortlich für die Einreichung aller erforderlichen Unterlagen, die Erfüllung der Fördervoraussetzungen und die ordnungsgemäße Durchführung der geförderten Maßnahme. Hinweis: der Antragsteller auf Förderung und der Antragsteller der Fahrzeuggenehmigung sind zwei getrennte Rollen.

Baureihe (BR)

bezeichnet eine Fahrzeuggattung gleicher Bauweise – z. B. BR 101, BR 261, BR 401, BR 648

Bewilligungsbehörde

Vom Bund benannte Stelle zur Prüfung und Bewilligung von Förderanträgen. Die Bundesanstalt für Verwaltungsdienstleistungen (BAV) ist hierfür vorgesehen.

Bundeshaushaltsordnung (BHO)

Bundesgesetz, das die Haushaltswirtschaft des Bundes einschließlich Rechnungslegung und Prüfung durch den Bundesrechnungshof regelt, wie zum Beispiel zu Zahlungsmeilensteine in dem jeweiligen Förderprojekt

Bundesschienenwegeausbaugesetz (BSWAG)

Grundlage zur Modernisierung und Aktualisierung des Schienennetzes, aktualisiert in 2024.

Bündeln/Pooling

Bündelung mehrerer ERTMS-Nachrüstprojekte ähnlicher Fahrzeuge zur Nutzung von Synergien. Der Schwerpunkt der Synergieeffekte liegt auf den First-of-Class-Projekten.

Klasse-B-System

Bezeichnet ein vorhandenes nationales Zugsicherungssystem (z. B. PZB in Deutschland, ATB in den Niederlanden etc.).

Delta-Verfahren

Projektverfahren, das nur Abweichungen zu einem bestehenden FoC betrachtet.

Einsatzgebiet

Strecken und betrieblicher Bereich, in dem das Fahrzeug eingesetzt wird. Das Einsatzgebiet ist für die Auswahl der relevanten ESC-Tests (bspw. L1LS Basel) und der technischen Optionen (Abgleich mit Forderung des Infrastrukturregisters RINF) entscheidend.

Ersatzfahrzeugkonzept

Planung der Ersatzfahrzeuge zur Sicherstellung des Betriebs während FoC und Serienumrüstung.

First of Class (FoC)

Projekt zur Erlangung einer Fahrzeugtypgenehmigung, die als Grundlage für die Umrüstung weiterer zulassungstechnisch baugleiche Fahrzeuge dient. Ein First-of-Class-Projekt kann in der Umsetzung mehrere physische Prototypen erfordern, z. B. bei Mehrfachtraktion. FoC-Projekte können kombiniert werden, um die Anzahl der Prototypen zu reduzieren – siehe auch „Delta-Verfahren“.

Halter von Schienenfahrzeugen

Der Halter eines Schienenfahrzeugs ist gemäß Richtlinie (EU) 2016/798 die natürliche oder juristische Person, die als Eigentümer des Fahrzeugs oder aufgrund eines Nutzungsrechts das Fahrzeug als Transportmittel wirtschaftlich nutzt und als solche im nationalen Fahrzeugeinstellungsregister eingetragen ist.

Infrastrukturregister (RINF)

Standardisiertes Register der ERA, das technische Daten der Eisenbahninfrastruktur erfasst. Über RINF werden bspw. „ETCS-only“-Strecken formell angekündigt.

Koordinierungsstelle

Zentrale Stelle zur fachlichen Koordination und Priorisierung von Fahrzeug-ERTMS-Projekten. Gemäß BSWAG § 11a wird diese „in Zusammenarbeit der betroffenen Eisenbahnverkehrsunternehmen, Eisenbahninfrastrukturunternehmen der Eisenbahnen des Bundes, Länder und Aufgabenträger errichtet und betrieben.“ Im Kontext der Förderrichtlinie ist die Koordinierungsstelle verantwortlich für die Koordinierung und Priorisierung der Anträge. Sie unterstützt die Bewilligungsstelle bei der Antragsprüfung.

Lenkungskreis

Entscheidungsgremium des Rollouts, legt Prioritäten fest, beschließt gemeinsame Positionen und steuert sektorweite Umsetzung unter Leitung des BMV.

Moving Block (wandernder Raumabstand)

Zugorientiertes Sicherungsprinzip, bei dem der Sicherheitsabstand zwischen Zügen dynamisch anhand von Zugposition, Zuglänge und Bremsvermögen bestimmt wird. Feste Blockabschnitte und Gleisfreimelder entfallen; der belegte Streckenabschnitt wird kontinuierlich angepasst und ermöglicht höhere Kapazitäten.

Projektkonzeption

Frühe Phase zur Bewertung von Machbarkeit, Förderfähigkeit und Wirtschaftlichkeit. Dabei werden wichtige Projektinputs vorbereitet und Entscheidungen getroffen wie z. B. zur Tiefe der Integration oder zur Verwendung eines Delta-Verfahrens.

Serienumrüstung

Umrüstung weiterer Fahrzeuge auf Basis eines genehmigten First-of-Class-Fahrzeugs (Typgenehmigung).

Variante (im Sinne der Förderrichtlinie)

Die Förderrichtlinie definiert als Variante eine zulässige Konfigurationsausprägung eines Fahrzeugtyps. Die Definition lehnt sich an die Begriffsbestimmung der Durchführungsverordnung (EU) 2018/545 an und wird auf Fahrzeuge ohne Fahrzeugtypgenehmigung gemäß dem vierten Eisenbahnpaket übertragen.

Zuwendungsbescheid

Formale Bewilligung der Fördermittel mit verbindlichen Auflagen.

Abbildungsverzeichnis

1. Rahmenbedingungen	8
2. Systemarchitektur ETCS Level 1 (Beispiel)	13
3. Systemarchitektur ETCS Level 2 (Beispiel)	13
4. ETCS-Systemversionen, Kompatibilität Fahrzeug <-> Strecke (vereinfachte Sicht)	15
5. Fahrzeugstrategie für den ETCS-Rollout in Deutschland	16
6. Beispiel einer ETCS-Fahrzeugausrüstung	17
7. Übersicht ATO Grades of Automation (GoA)	19
8. Schematische Darstellung der ATO GoA2 Vorteile	21
9. Erweiterte Fahrzeugausrüstung mit ETCS und ATO GoA2	22
10. Fahrzeug-Architektur mit FRMCS	24
11. Hauptprozesse	28
12. Teilprozess Projektkonzeption	29
13. Teilprozess der Antragstellung und -prüfung	33
14. Teilprozess Vergabe	34
15. Teilprozess Projektumsetzung	36
16. FoC-Projektprozesse (fünf Phasen) mit TCMS-Anpassung	38
17. Prozess der Serienumrüstung	40

Tabellenverzeichnis

1. Vergleich der ETCS-Levels	14
2. Optionale Funktionen der Förderrichtlinie	27
3. Kategorien der FoC-Projekte	30

Impressum

Herausgeber

© 08/2026

Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) e. V.
Universitätsstraße 2, 10117 Berlin
Lobbyregister Nr. R003287



+49 30 206289-0



info@bahnindustrie.info



bahnindustrie.info



[Verband der Bahnindustrie in Deutschland](https://www.bahnindustrie.info)

Erstellt durch den Verband der Bahnindustrie in Deutschland e. V.
unter Mitwirkung eines Expertenteams folgender Firmen:

- Alstom Transport Deutschland GmbH
- CAF Deutschland GmbH
- Hitachi Rail GTS Deutschland GmbH
- MERMEC Deutschland GmbH
- Siemens Mobility GmbH
- Stadler Deutschland GmbH (mit Stadler Signalling AG)

Mit Unterstützung der quattron GmbH (ehemalige NEXTRAIL GmbH).

Entwurf und Gestaltung

webersupiran.berlin

Umschlagfoto: Getty Images/iStockphoto

Der Verband der Bahnindustrie in Deutschland (VDB) e. V.

vertritt die Interessen von über 250 Unternehmen, von weltweit führenden Systemhäusern ebenso wie von spezialisierten mittelständischen „Hidden Champions“. Die Mitglieder des VDB entwickeln und fertigen Systeme und Komponenten für Schienenfahrzeuge und Infrastruktur mit rund 56.600 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern allein in Deutschland. Innovative Technologien „Made in Germany“ sorgen weltweit für exzellente Bahnsysteme, klimaschonende Mobilität und digitale Innovationen.

Die Bahnindustrie.

Verband der Bahnindustrie in Deutschland

bahnindustrie.info

