

DIE BAHNINDUSTRIE.

VDB VERBAND DER BAHNINDUSTRIE IN DEUTSCHLAND E.V.



DIE ZUKUNFT DER SCHIENE SOLL RASCH BEGINNEN

Umfassender Konzeptvorschlag:

**AUS- UND UMRÜSTUNG VON
SCHIENENFAHRZEUGEN MIT ETCS-BORDGERÄTEN**

Verband der Bahnindustrie in Deutschland e. V.




Axel Schuppe
Geschäftsführer

Sehr geehrte Leserinnen und Leser,

der Eisenbahn in Deutschland steht nicht weniger als eine Renaissance bevor. Was der großflächige Ausbau der Eisenbahninfrastruktur bis in das 20. Jahrhundert hinein war, bedeutet der Rollout digitaler Stellwerke und ETCS für das kommende Jahrzehnt: eine grundlegende Digitalisierung des gesamten Schienensystems. Mit der Digitalisierung der Nervenstränge der Eisenbahn, der Leit- und Sicherungstechnik, legt die Bahnindustrie in Deutschland die Basis für innovative, neue Verkehrslösungen. Nachhaltige Mobilität kann angesichts gesellschaftlicher Herausforderungen wie dem demografischen Wandel, dem Wirtschaftshochlauf aus der COVID-19-Krise und dem Klimawandel eine Schlüsselrolle für angebotsorientierten und wachstumsfreundlichen Klimaschutz einnehmen. Dafür muss die Digitalisierung der Schiene 4.0 jetzt deutlich an Geschwindigkeit gewinnen.

Die Digitalisierung des Schienensystems ist eine faszinierende Zukunftsaufgabe, deren Erfolg rasches Handeln erfordert – miteinander, mit Mut und mit Tempo. Der Rollout digitaler Stellwerke und ETCS bis 2035 erfordert einen ganzheitlichen Ansatz und enge Kooperation innerhalb des Eisenbahnsektors. Dabei ist die koordinierte und organisierte Ausstattung von Strecken und Schienenfahrzeugen erfolgskritisch. Denn intelligente Strecken entfalten ihr volles Potenzial erst, wenn auch digital ertüchtigte Fahrzeuge sie befahren. Ohne eine entsprechende Ausstattung von Schienenfahrzeugen mit ETCS-Bordausrüstung wird ETCS nicht funktionieren.

Schienenfahrzeuge müssen mit On-Board-Units (OBUs) entsprechend digital nachgerüstet werden. Das können Betreiber und Industrie nicht in alleiniger Verantwortung schultern. Mit dem vorliegenden Konzeptvorschlag möchte der VDB eine fundierte Entscheidungshilfe, quasi eine „Landkarte“, zur Orientierung für das komplexe Thema der Ausrüstung von Bestandsfahrzeugen mit ETCS zur Verfügung stellen. Die Bahnindustrie in Deutschland steht als exzellenter Technologiepartner für die Umsetzung bereit.

Mit dem Anspruch zu zeigen, wie flächendeckende ETCS-Bordausrüstung bis 2030 gelingen kann, hat sich der VDB im Herbst 2020 für die Erarbeitung eines detaillierten Konzeptvorschlags für die Um- und Ausrüstung von Eisenbahnfahrzeugen mit ETCS entschlossen. Zur Realisierung bedurfte es eines leidenschaftlichen Engagements von hochkarätigen Expert*innen und Entscheider*innen einer repräsentativen Gruppe von VDB-Mitgliedsunternehmen. Mitgewirkt haben Unternehmen aus den Bereichen Schienenfahrzeugbau und -integration, ETCS-Bordausrüstung, Modernisierung und Service sowie Ingenieurbüros. An dieser Stelle möchten wir all jenen danken, die hierzu beigetragen haben.

Der VDB ist sicher: Flächendeckende ETCS-Ausrüstung von Schienenfahrzeugen wird gelingen. Dafür steht die industrielle Leistungsfähigkeit der Bahnindustrie. Die vorlaufenden Weichen – einschließlich der Finanzierung – müssen jetzt richtig gestellt werden.

Inhaltsverzeichnis

0.	Zusammenfassung	7
1.	Einleitung	11
2.	IST-Analyse	13
2.1.	Aktuelle Rahmenbedingen	13
2.1.1.	Geplanter Infrastruktur-Rollout	13
2.1.2.	Relevante Stakeholder	15
2.2.	Analyse der Bestandsflotte	16
2.2.1.	Struktur der Bestandsflotte	16
2.2.2.	Klassifizierung der relevanten Fahrzeuge	19
2.2.2.1.	Ausrüstungs-Cluster	19
2.2.2.2.	First of Class-Cluster	21
2.2.2.3.	Anzahl der FoC-Cluster der Bestandsflotte	23
2.3.	Technologisches Umfeld	23
2.3.1.	Stand der technischen Spezifikation für die Interoperabilität der TSI-ZZS	25
2.3.2.	Europäische Initiativen im Technologieumfeld	27
2.4.	Regulatorisches Umfeld	28
2.5.	Wertschöpfungsstrukturen	33
2.5.1.	Aktuelle FoC-Prozesse und Durchlaufzeiten	34
2.5.2.	Aktuelle Prozesse bei der Serienumrüstung von Fahrzeugen	40
2.5.3.	Aufwandsfaktoren bei Fahrzeugumrüstung	42
3.	Vorschlag für ein optimiertes Vorgehensmodell	43
3.1.	Technologische Basis für die ETCS-Fahrzeugeinrichtung	43
3.2.	Regulatorische Optimierung	45
3.3.	Optimierte Wertschöpfungsstrukturen	47
3.3.1.	Optimierungspotenziale	47
3.3.2.	Möglicher Rolloutplan	50
3.4.	Umsetzungskonzept	52
4.	Kosten und Finanzierung	54
4.1.	Implementierungskosten	54
4.2.	Finanzierungskonzepte	55

O. ZUSAMMENFASSUNG

Die geplante Verdoppelung der Fahrgastzahlen im Schienenverkehr bis 2030 erfordert eine höhere Attraktivität des Systems Bahn und trägt zu mehr Klimaschutz bei. In ihrem Programm „Digitale Schiene Deutschland“ hat die DB AG als größter Eisenbahninfrastrukturbetreiber die Digitalisierung ihrer Produktion bis zum Jahr 2035 als entscheidenden Hebel für das Erreichen dieser Ziele definiert.

Der Rollout digitaler Bahnsysteme stellt den gesamten Sektor vor große Herausforderungen. Die Kapazitäten müssen gebündelt, neue Prozesse eingeführt und gleichzeitig muss die Systemlandschaft für die Zukunft vorbereitet werden. Die zukünftigen Anforderungen an den Sektor umfassen u. a.:

- Die demographische Entwicklung erfordert eine Ablösung der Altsysteme und eine weitere Automatisierung.
- Der prognostizierte Anstieg der Transportbedarfe erfordert eine Erhöhung der Streckenkapazität.
- Die Entwicklung zum autonomen Fahren mit klimaneutralen Antrieben auf der Straße wird den Wettbewerbsdruck auf den Sektor erhöhen.

Innovative Systemkonzepte wie die für neue Traffic Management Systems (TMS), automatisches Fahren (ATO), digitale Leit- und Sicherungstechnik inklusive ERTMS/ETCS und 5G-basierte Kommunikation bilden die Basis, die genannten Anforderungen intelligent zu lösen.

Die Einführung dieser Systemkonzepte funktioniert nur in einem synchronisierten Ansatz zwischen Infrastruktur und Fahrzeugen.

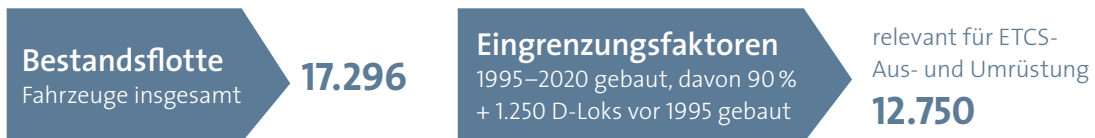
Um die Digitalisierung bis zum Jahr 2035 umzusetzen, ist der industrielle Rollout der digitalen Leit- und Sicherungstechnik (DSTW) inklusive ERTMS/ETCS auf der Infrastrukturseite bereits ab 2022 unverzichtbar. Gleiches gilt für die Aus- und Umrüstung der Fahrzeuge der Bestandsflotte mit ETCS und, wo notwendig, mit ATO-Fahrzeugeinrichtungen und ggf. weitere Systeme (wie z. B. Train Integrity Monitoring System, TIMS). Um die kostenintensive und ineffiziente Doppelausrüstung der Infrastruktur mit ETCS und Altsystemen (Außensignalen mit PZB) zu vermeiden, muss die Aus- und Umrüstung der Bestandsflotte bis zum Jahr 2030 weitestgehend abgeschlossen sein.

Die Industrie hat dazu in dem Strategiepapier zur Aus- und Umrüstung der Bestandsflotte ein Konzept skizziert, mit dem dies gemeinsam mit allen Akteuren des Sektors gelingen kann.

In der Analyse der bestehenden Rahmenbedingungen haben sich u. a. folgende Herausforderungen für die Aus- und Umrüstung der Bestandsflotte gezeigt.

1. Heterogenität der Bestandsflotte

Die detaillierte Analyse der Bestandsflotte zeigt, dass ca. 12.750 Fahrzeuge mit ETCS bis 2030 nachzurüsten sind, um einen flächendeckenden Betrieb zu gewährleisten. Fahrzeuge, die mit ETCS um- bzw. nachgerüstet werden, müssen alle einen Zulassungsprozess entsprechend dem 4. Eisenbahnpaket durchlaufen.



In dem Strategiepapier wird die Vielfalt der Baureihen und Varianten aufgezeigt. Es gibt unter Berücksichtigung von Eingrenzungsfaktoren 111 Baureihen mit mindestens 257 Varianten, die in drei Ausrüstungs-Cluster eingeteilt werden können.

Abhängig von ggf. vorgenommenen Modifikationen über die Einsatzdauer hinweg und möglicherweise Umrüstung gleicher Varianten mit unterschiedlichen Lieferanten von ETCS-OBUs-Ausrüstungen kann die Variantenzahl auf 350–400 anwachsen. Dies bedeutet, dass mit großer Wahrscheinlichkeit ca. 350 Fahrzeuge, sogenannte First-of-Class (FoC)-Fahrzeuge prototypisch projiziert, umgebaut, getestet und zugelassen werden müssen.

2. Knappe Ressourcen

Die Integration einer ETCS/ATO-Fahrzeugeinrichtung (oder On-Board-Unit, OBU) bedingt eine Anpassung an das jeweilige Fahrzeug. Die relevante Bestandsflotte wurde über mehr als 25 Jahre mit unterschiedlichsten Generationen von Fahrzeugsteuerungen in den Verkehr gebracht. Die Know-how-Träger im Sektor für die älteren Generationen von Fahrzeugsteuerungen sind noch verfügbar. Ein Aufbau von Ressourcen mit einem entsprechenden Wissenstransfer ist für das Rolloutprogramm unabdingbar.

3. Prozessvorgaben

Die Nachrüstung von ETCS eines bestehenden Fahrzeugtyps bzw. bestehender Fahrzeuge stellt eine Änderung dar, für die grundsätzlich eine neue Genehmigung erforderlich ist. Der personelle und zeitliche Aufwand ist ein erheblicher Faktor bei der Nachrüstung von Fahrzeugen.

Eine neue Typgenehmigung hat einen verwaltungstechnischen Durchlauf bei der ERA von bis zu sieben Monaten.

Für den Serienumbau beträgt der administrative Durchlauf (Conformity to Type) einen Monat. Hochgerechnet auf die gesamte Anzahl der umzurüstenden Fahrzeuge ergibt sich eine operative Ausfallzeit der Fahrzeuge von ca. 380.000 Tagen bzw. Ausfallkosten von ca. 400 bis 600 Mio. EURO.

Aus Sicht des VDB sind u. a. folgende Aspekte für ein effizientes Umrüstungsprogramm der Bestandsflotte mit ETCS von Bedeutung:

- Synchronisierung der Fahrzeugumrüstung mit dem Rollout der Infrastruktur
- Abstimmung von verschiedenen Kooperationsmodellen
- Sektorübergreifende Vorbereitung des Rollouts durch Gründung einer Programmorganisation
- Bündelung von Fahrzeugumrüstungen der Baureihen, die bei unterschiedlichen Haltern im Einsatz sind (Pooling von Fahrzeugen)
- Nutzung der Umrüstungsdokumentation gleicher Fahrzeugvarianten für unterschiedliche Halter
- Organisation von Reservefahrzeugkonzepten

Ausgehend von der Anzahl der umzurüstenden Bestandsfahrzeuge und der Zahl der FoC-Fahrzeuge ergibt sich ein Rolloutszenario, wie es in der folgenden Abbildung dargestellt ist. Die Erfüllung der im Weiteren beschriebenen Prämissen stellt eine notwendige Voraussetzung für das Gelingen des Rollouts dar. Nur mit einer grundlegenden Veränderung der heutigen Vorgehensweisen ist die weitestgehende Aus- und Umrüstung der Bestandsflotte bis zum Jahr 2030 aus derzeitiger Sicht des VDB realisierbar.

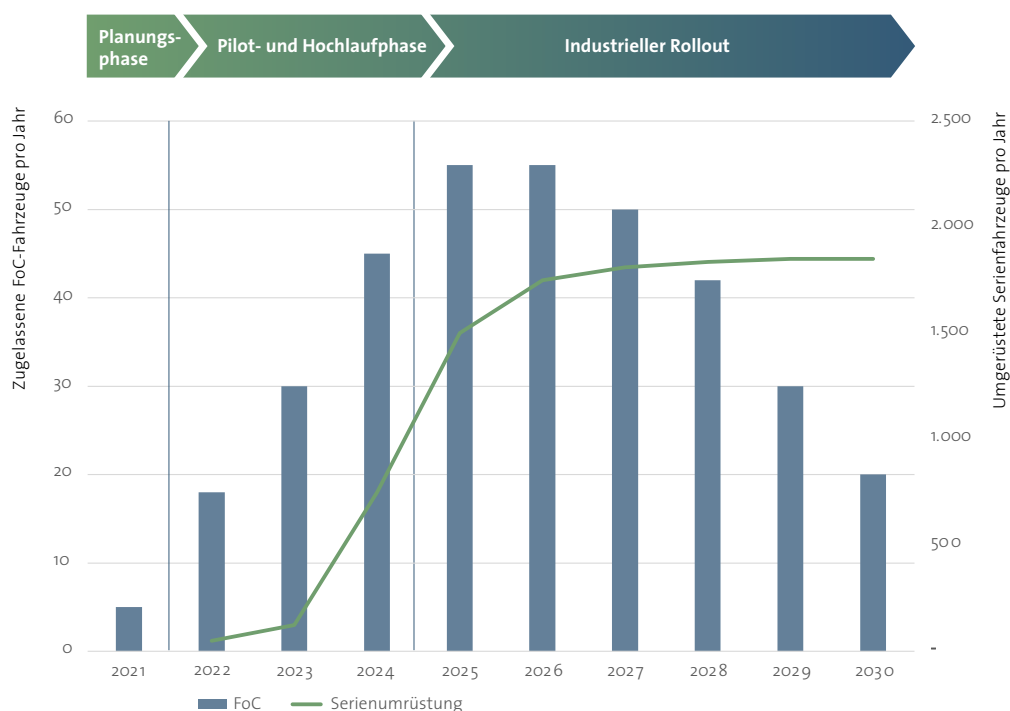


Abbildung 1:

ETCS-Rolloutplanung – Jährlich zuzulassende FoC-Fahrzeuge und umzurüstende Serienfahrzeuge

Dieser abgeschätzte zeitliche Verlauf und die Machbarkeit des ETCS-Rollouts basieren auf folgenden Prämissen:

- Es wird für alle Projektbeteiligten **Planungssicherheit** geschaffen, inklusive der Finanzierung. Dies ist die Voraussetzung für den Aufbau der benötigten Ressourcen besonders in den Bereichen Engineering, Test und Zulassung.
- Aufsetzen einer gemeinsamen **Rollout-Organisation** (EBA, DB AG, VDV, VDB und ggf. weitere) analog zum Infrastruktur-Rolloutprogramm.
- **Neufahrzeuge** werden ab 2021 **nur noch mit ETCS-Fahrzeugeinrichtungen** ausgeschrieben. In Netzen mit zukünftig erhöhten Kapazitätsanforderungen wird die ATO-OBU (entsprechend dem technischen Zielbild der Infrastruktur) mit ausgeschrieben. Damit werden die Ressourcen, die für die Umrüstung notwendig sind, nicht zusätzlich beansprucht.
- Für eine effiziente Serienumrüstung und um die Transportkapazitäten vorzuhalten, ist die Schaffung eines **Reservefahrzeugpools** wichtig. Bei einer Umrüstungsdauer und verwaltungstechnischen Durchlaufzeit von einem Monat pro Fahrzeug, bei der das Fahrzeug operativ nicht genutzt werden kann, entspricht dies gemittelt über alle Betreiber 1–2 % der gesamten Transportkapazität an Fahrzeugen.
- Die in dem Konzept aufgezeigten **Optimierungspotenziale** werden maximal ausgeschöpft. Insbesondere sind dies:
 - **Reduzierung der Anzahl von FoC-Fahrzeugen** durch z. B. betreiberübergreifende FoC-Definition, TSI-konforme und einheitliche Anforderungen an die ETCS-OBU
 - Verkürzung der **Zulassungszeiten**
 - Bündelung/**Pooling** von Serienumrüstungen
 - Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten
- **Trennung** des ETCS-Rolloutprogramms von Innovationsprojekten
- Eine **enge Abstimmung des Fahrzeug- mit dem Infrastruktur-Rollout** ist wichtig, jedoch nicht hinreichend. Der Fahrzeug-Rollout muss eine autarke Planung entwickeln, da der Vorlauf im Sinne des VDB-Vorschlags (u. a. Pooling, betreiberübergreifende FoC-Cluster etc.) nicht allein von der Infrastruktur-Planung abhängig gemacht werden sollte.

Industrielle Installationskapazitäten werden genügend vorhanden sein, sei es bei den Kunden in den Fahrzeugwerkstätten oder bei qualifizierten Servicewerkstätten.

Der VDB geht davon aus, dass die überwiegende Zahl von Fahrzeughaltern keine proaktive Umrüstung ihrer bestehenden Fahrzeugflotten betreiben wird, weil es aus ihrer Perspektive dafür keinen wirtschaftlichen Vorteil gibt. Da ohne eine ausreichende Menge von ETCS-ausgerüsteten Fahrzeugen das technische Zielbild – ETCS L2 ohne Signale – für die Infrastrukturausrüstung nicht funktioniert, ist eine Kostenübernahme der Fahrzeugumrüstung durch den Bund eine notwendige Voraussetzung.

Die dafür notwendige Finanzierung beträgt mindestens 4 Mrd. EURO. Eine Differenzierung der Förderung für FoC-Aktivitäten und Serienumbau sollte vorgenommen werden. Dabei sind auch Förderungen auf europäischer Ebene einzubeziehen.

1. EINLEITUNG

Der Koalitionsvertrag sieht vor, die **Fahrgastzahlen im Schienenverkehr bis 2030 zu verdoppeln** und den Marktanteil des Schienengüterverkehrs deutlich (laut Masterplan Schiene auf mindestens 25 %) zu steigern. Dieses Ziel bekräftigten die Regierungsparteien CDU, CSU und SPD im Deutsche Bundestag am 27.06.2019 in einem gemeinsamen Antrag (Drucksache 19/9918 vom 07.05.2019) der Fraktionen der CDU/CSU und SPD unter dem Titel „Der Schiene höchste Priorität einräumen“. Erreicht werden soll diese **Kapazitätssteigerung insbesondere durch „die Digitalisierung der Schiene.“** Auch im „Masterplan Schiene“, der gemeinsam von Bund und Branche entwickelt wurde, nimmt die Digitalisierung der Schiene einen bedeutenden Platz ein.

Die zügige Digitalisierung der Schiene auf der Grundlage der Europäischen Zugsicherungs- und Leittechnik (ETCS) und Digitalen Stellwerken (DSTW) ist entscheidend, um die politischen Ziele der Koalition umzusetzen. Sie ermöglicht die Gewinnung zusätzlicher Kapazitäten und steigert die Zuverlässigkeit auf bestehenden Strecken ohne langwierige Bauplanungsprozesse. Je langsamer die Umstellung erfolgt, desto teurer wird sie für den Steuerzahler. Daher ist eine beschleunigte Modernisierung der Steuerungstechnik bis 2035 anzustreben, so wie es das Eisenbahn-Bundesamt, der Verband der Bahnindustrie und die Deutsche Bahn AG in ihrem Memorandum of Understanding (MoU) „Beschleunigter Start der DSD-Infrastrukturausrüstung“ am 2. September 2020 vereinbarten.

Eine Digitalisierungsstrategie für das System Schiene erfordert einen ganzheitlichen Ansatz, bei dem alle Bereiche, Infrastruktur und Fahrzeuge, miteinander verzahnt und synchronisiert werden:

- Infrastruktur – Netz, Signaltechnik, Kommunikationstechnik
- Fahrzeuge – Triebzüge, Lokomotiven, Steuerwagen, Bau- und Sonderfahrzeuge

Im Rahmen der Digitalisierungsstrategie hat sich die DB AG 2015 entschlossen, die Zugsicherung des von ihr betriebenen Eisenbahnnetzes vollständig auf ETCS umzurüsten. Damit verbunden ist die vollständige Ablösung aller älteren Stellwerksgenerationen und der veralteten gleisseitigen Ausrüstung durch eine neue elektronische Stellwerksbauform DSTW. Der Rollout für den Wechsel auf DSTW/ETCS sollte bis zum Jahr 2035 umgesetzt werden.¹

Damit ist die vollständige Umrüstung der Infrastruktur auf den Weg gebracht. **Für die Um- und Ausrüstung von bereits im Betrieb befindlichen Fahrzeugen, also der Bestandsflotte, fehlt bisher ein entsprechendes Roll-Out-Konzept. Dieses Strategiepapier für die ETCS-Fahrzeugumrüstung der sehr heterogenen Bestandsflotte soll für alle Beteiligten eine Handreichung darstellen, um dieses Programm organisatorisch, logistisch, technologisch und finanziell umzusetzen.**

¹ Die Zukunft der Schiene soll rasch beginnen – Umfassender Konzeptvorschlag: Industriebeitrag für industrielles Rollout DSTW/ETCS, VDB 2019.

Auch auf europäischer Ebene werden Programme zur Aus- und Umrüstung von Fahrzeugen mit ETCS vorangetrieben.²

Die Bahnindustrie hat sich 2020 entschlossen, mit dem gemeinsam erarbeiteten Vorschlag für ein Um- und Ausrüstungskonzept für Eisenbahnfahrzeuge mit ETCS einen detaillierten Beitrag für die rasche programmatische Umsetzung vorzulegen und damit auch zu deren Lösung aktiv beizutragen. Die nachstehend vorgeschlagenen und ausführlich begründeten Programme, die angestellten Prozessüberlegungen sowie die ausgearbeiteten Organisationsvorschläge sollten kurzfristig in einer konzertierten Aktion von Eigentümern, Betreibern und Industrie detailliert bzw. die durchzuführenden Einzelprojekte schnellstmöglich in geeigneten Fachgremien gestartet und zentral koordiniert werden.

Schwerpunkt dieses Strategiepapiers ist die Analyse und das Vorgehensmodell für die umzurüstende Bestandsflotte. **Das Um- und Ausrüstungsprogramm mit ETCS für die Bestandsflotte sollte sofort beginnen und dieses sollte durch ein sofortiges Förderprogramm unterstützt werden.** Insbesondere ist erkennbar, dass durch den Umsetzungsplan bei der Infrastruktur ein treibender Faktor implementiert wird, der es zwingend erforderlich macht, dass fahrzeugseitig ebenfalls ein Umsetzungsprogramm gestartet werden muss, um im System Schiene die Fahrzeuge im besten Sinne des Wortes „am Rollen zu halten“.

² ETCS Retrofit Projects UNIFE Action Plan, issue 1.3, 2020-03-20.

2. IST-ANALYSE

2.1 Aktuelle Rahmenbedingungen

Die Eisenbahn in Deutschland erlebt eine Renaissance und die Verkehrsleistungen sind seit der Bahnreform deutlich gestiegen und es soll eine weitere Kapazitätserhöhung erreicht werden. Damit der Verkehrsträger Schiene den zukünftigen Anforderungen gerecht werden kann, sind deutliche Leistungssteigerungen erforderlich, Verfügbarkeit und Zuverlässigkeit müssen erhöht und die Wirtschaftlichkeit und Interoperabilität des Systems muss weiter verbessert werden. Die Modernisierung der Leit-, Sicherungs- und Stellwerkstechnik und die damit einhergehende Notwendigkeit, den Fahrzeugbestand an die neue Technologie anzupassen, wird dazu einen maßgeblichen Beitrag leisten.

Eine flächendeckende Erneuerung der gesamten Leit- und Sicherungstechnik ist auf den Weg gebracht.

Damit der Verkehrsträger Schiene funktioniert, bedarf es einer Synchronisierung des Rollouts der Infrastruktur mit ETCS und einer Um- und Ausrüstung der Bestandsflotte und eines abgestimmten Beschaffungsprogramms für Neufahrzeuge.

Um 2030 einen flächendeckenden Eisenbahnbetrieb zu gewährleisten, sind bis dahin ca. 90 % der Bestandsfahrzeuge mit ETCS auszurüsten.

2.1.1 Geplanter Infrastruktur-Rollout

Der Rolloutplan der Infrastruktur ist mit dem Schnellläuferprogramm des Programms DSD-Flächenrollout gestartet. Der prognostizierte Hochlauf bis 2035 ist in der nachfolgenden Übersicht dargestellt und stellt den heutigen Arbeitsstand dar. Strategischer Ansatz ist, **Doppelausrüstung auf Seite der Infrastruktur zu vermeiden** und **gleichzeitig** einen **Hochlauf bei der Umrüstung der Bestandsflotte zu forcieren**. Treibender Faktor dabei sind die wesentlich höheren Kosten bei der Infrastruktur im Vergleich zu Umrüstungskosten bei Fahrzeugen. Beide Programme sind nur mit Hilfe von Finanzierung durch den Bund zu stemmen.

Fertigstellung laufender Projekte

- Keine kurzfristige Änderung der Planung
- In der Regel ETCS nur auf Strecken mit Doppelausrüstung in der Infrastruktur

Starterpaket

- Umrüstung von mit DB Netz abgestimmten Pilotstrecken und den betroffenen Netzbezirken bis 2030
- keine Doppelausrüstung (Alt- und Neutechnik) der Infrastruktur
- Umrüstung betroffener Triebfahrzeuge

Industrieller Rollout

- Ausrüstung kompletter Netzbezirke bis Ende 2035
- keine Doppelausrüstung (Alt- und Neutechnik) der Infrastruktur
- Umrüstung aller verbleibenden Triebfahrzeuge

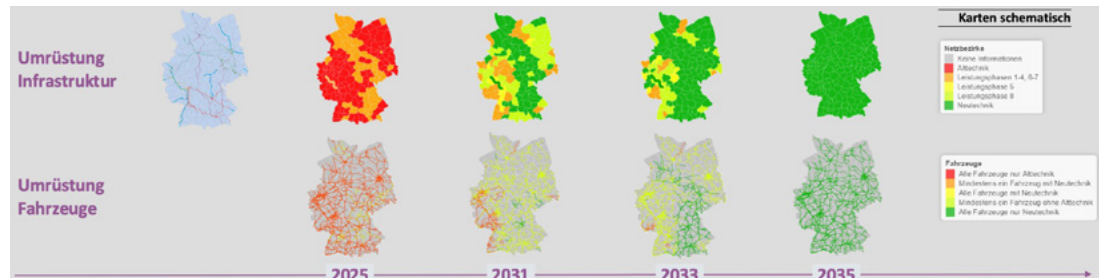


Abbildung 2: Szenario für einen nochmals beschleunigten Flächenrollout für ETCS/ DSTW bis 2035, Arbeitsstand 12/2020³, Quelle: BMVI + DB AG

Ziel des erwähnten Schnellläuferprogramms ist es, den industrialisierten ETCS-Rollout zu beschleunigen. Mit sieben Ausführungsprojekten, die ab Anfang 2021 in die Umsetzung gehen, sollen Aspekte wie

- Optimierung von Prozessen und Regelwerken
- Vereinbaren von stabilen System-Releases
- Schnellere Ablösung von abgängigen und personalintensiven Stellwerken

gemeinsam optimiert und verifiziert werden. Ab 2022 soll dann der ETCS-Rollout industrialisiert beginnen und in das von DB AG aufgesetzte „ETCS-Starterpaket“ übergehen. Dabei wird die Rolloutplanung auf Infrastrukturseite noch einmal diskutiert.

Neben dieser Zusammenarbeit von DB AG und VDB im Schnellläuferprogramm sind im Fern- und Güterverkehrsnetz weitere Neu- und Ausbauprojekte geplant bzw. in der Realisierung, auf denen ETCS signalgeführt (ESG) oder ETCS Level 2 mit Signalen zur Anwendung kommen. Exemplarisch seien hier der Corridor Rhine-Alpine und der Ausbau Uelzen–Stelle genannt. Diese Projekte sind aus Sicht der Fahrzeugausrüstung nicht kritisch, da hier eine Doppelausrüstung der LST-Infrastruktur erfolgt. Dies entspricht jedoch nicht dem Zielbild des ETCS-Rollouts.

Im Hinblick auf die Fahrzeugumrüstung sind einige der geplanten Umrüstungen von Nahverkehrsnetzen in Ballungsräumen relevant, da die EIU bei der Modernisierung auch aus Kapazitätsgründen eine Doppelausrüstung ihrer Infrastruktur vermeiden wollen. Die Projekte orientieren sich an dem Pilotprojekt Digitaler Knoten Stuttgart (DKS). Die geplanten Fahrzeugumrüstungen starten in einigen Fällen bereits 2023. In Abbildung 3 sind beispielhaft einige geplante Projekte dargestellt.

3 Quelle: mit freundlicher Genehmigung von DB AG/BMVI, „Begleitkreis Verbände“, 12/2020.

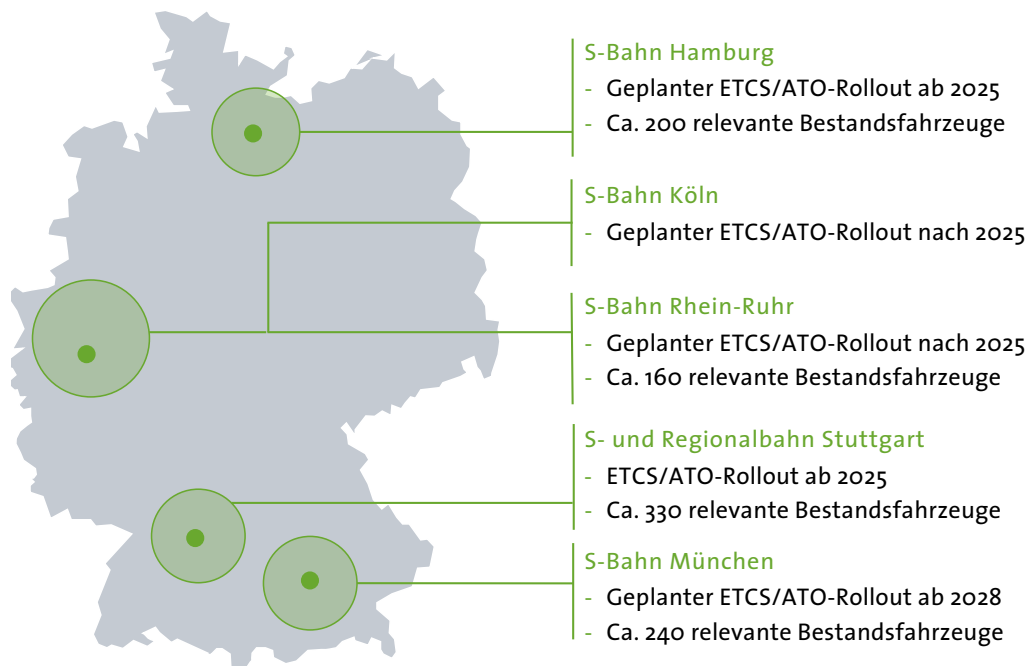


Abbildung 3: Geplante ETCS/ATO-Projekte im Nahverkehr

2.1.2 Relevante Stakeholder

Um das Ziel, den Eisenbahnbetrieb mit ETCS zum Jahre 2035 flächendeckend bedienen zu können, bedarf es bereits bis 2030 einer Um- und Ausrüstung mit ETCS von ca. 90 % der Schienenfahrzeuge. An diesem Programm müssen **alle Akteure des Sektors** beteiligt sein:

- Politik (BMVI, BMF, BMU)
- Betreiber (große, mittlere und kleine EVUs – es gibt mehr als 400 in Deutschland registrierte EVUs)
- Halter von Schienenfahrzeugen
- Bahnindustrie (OEMs, ETCS-Systemlieferanten, KMUs, qualifizierte Servicebetriebe)
- Aufgabenträger
- Bewertungsstellen (DeBo, AsBo, NoBo)
- Genehmigungs- und Sicherheitsbehörden (national und international)

Das Migrationsprogramm muss mit den Umrüstprogrammen auf der Infrastrukturseite terminlich und organisatorisch synchronisiert werden und in einem geordneten Rollout stattfinden.

Die Migrationsstrategie muss drei Aspekte berücksichtigen:

- Um- und Ausrüstung der vielfältigen und variantenreichen Bestandsflotte
- Neubeschaffungen von Fahrzeugen nur noch mit ETCS-OBUs (wo betrieblich notwendig, zusätzlich mit ATO-OBUs), um Migration innerhalb des Zeithorizonts zu bewältigen
- Ausmusterung von Fahrzeugen, deren Lebenszyklus ein wirtschaftliches Nachrüsten mit ETCS nicht mehr rechtfertigt

2.2 Analyse der Bestandsflotte

2.2.1 Struktur der Bestandsflotte

Eine wichtige Eingangsgröße für ein Um- und Ausrüstungsprogramm mit ETCS für Fahrzeuge ist die **Kenntnis der Bestandsflotte bei allen Haltern und Betreibern**.

In diesem Strategiepapier wird auf Daten des Statistischen Bundesamtes, der Bundesnetzagentur zurückgegriffen; diese wurden durch eine detaillierte Datenabfrage des Expertenteams des VDB e. V. im November 2020 ergänzt.

Die absolute Anzahl der Fahrzeuge ist in der folgenden Tabelle nach Fahrzeugarten dargestellt.

Fahrzeugbestand	Anzahl in Stück
Lokomotiven und Triebfahrzeuge ⁴	15.146
Reisezugwagen ⁵	7.861
Güterwagen ⁵	141.143
Gleis- und Sonderfahrzeuge ⁵	ca. 2.150

Tabelle 1: Fahrzeugbestand in Deutschland

Weiterhin wird eine detaillierte Bewertung der **Fahrzeuge** vorgenommen, die im Zeitraum 1995–2020 gebaut wurden und mindestens für eine ETCS-Umrüstung in Betracht zu ziehen sind. Aufgrund der langen Lebensdauer von Fahrzeugen wird der Betrachtungszeitraum ab 1995 vorgenommen. Bei Lokomotiven wird der Betrachtungszeitraum aufgrund von Remotorisierungen erweitert.

Fahrzeugart	Anzahl Fahrzeuge im Zeitraum 1995 – 2020 gebaut	Anmerkungen
ICE	209	225 Fzge bereits mit ETCS ausgerüstet / in Umrüstung ICE 2 (44 Züge) nicht für ETCS-Umrüstung geplant
Lokomotiven (E)	3.974	beinhaltet auch Lokomotiven für den Mehrländerbetrieb
Lokomotiven (D)	935	ca. 270 Loks 26–40 Jahre alt ca. 1.900 Loks 41–60 Jahre alt ca. 250 Loks älter als 60 Jahre
Triebzüge (EMUs)	3.367	Analyse VDB e. V., Nov. 2020
Triebzüge (DMUs, H2, Bat)	2.143	Analyse VDB e. V., Nov. 2020
Gleisbau- & Sonderfahrzeuge	2.150	lt. Erhebung Bundesnetzagentur, Okt. 2019

Tabelle 2: Im Zeitraum 1995–2020 gebaute Fahrzeuge (Gleisbau- und Sonderfahrzeuge sind auch vor 1995 gebaut)
Quelle: Analyse PPC4 Trains

⁴ Quelle: Statistisches Bundesamt, Stand 10/2020.

⁵ Quelle: Bundesnetzagentur, Stand 10/2019.

Ergänzend zur dargestellten Auswertung der Baureihen und deren Variantenvielfalt ist der hohe Bestand an Lokomotiven für fahrdradtlose Netze (i. d. R. Dieselloks) hervorzuheben. 65 % Fahrzeuge sind älter als 40 Jahre, davon sind jedoch ca. 80–90 % der Lokomotiven remotorisiert worden und demzufolge noch etliche Jahre im Betrieb einsetzbar.

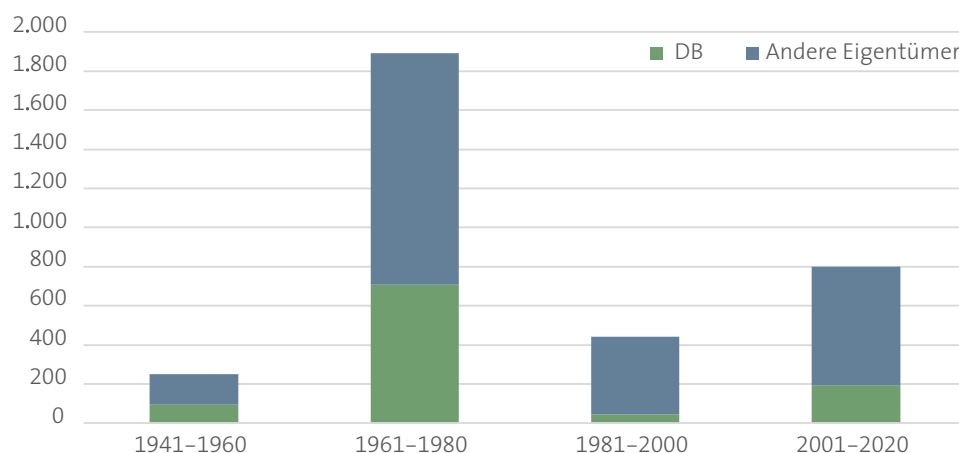


Abbildung 4: Anzahl Lokomotiven nach Bauzeitraum und Eigentümer

Die Bestandsflotte gliedert sich in folgende Fahrzeugarten inklusive einer Aufteilung in **Baureihen und existierende Varianten**.

Sowohl der Umbau von Baureihen als auch deren Varianten müssen als „First-of-Class“-Fahrzeuge bewertet werden, was den Umrüstungsaufwand mit ETCS und die dazugehörigen erforderlichen Zulassungsaktivitäten betrifft. Aufgrund der Engineering- und Zulassungsaufwände ist die Klassifizierung in FoC-Fahrzeuge sinnvoll und erforderlich. Weitere Erläuterungen werden in den nachfolgenden Kapiteln detailliert gegeben.

Fahrzeugart	Anzahl Baureihen	Anzahl Variantenvielfalt gering 1–2, mittel 3–5, hoch 6–10, sehr hoch > 10
ICE	gering	gering
Lokomotiven (E)	mittel	sehr hoch
Lokomotiven (D)	mittel	hoch
Triebzüge (EMUs)	hoch	sehr hoch
Triebzüge (DMUs, H2, Bat)	mittel	mittel
Gleisbau- & Sonderfahrzeuge	mittel	hoch

Tabelle 3: Anzahl Baureihen und deren Variantenvielfalt; Quelle: Analyse PPC4 Trains

Die Variantenanzahl – und hiermit sind Varianten gemeint, die für eine Umrüstung mit ETCS einen neuen Zulassungsprozess durchlaufen müssen, also „First of Class“ (FoC), – variiert sehr stark abhängig von der jeweiligen Fahrzeugart. Die Überleitung der Baureihen in die daraus existierenden Varianten ist insofern wichtig, da zu jeder Variante ein neuer Zulassungsprozess initiiert wird und entsprechende Aufwände für die FoC-Cluster entstehen. Was der Zulassungsprozess nach dem 4. Eisenbahnpaket bedeutet und wie er abzulaufen hat, wird im Kapitel 2.4 und 3.2 ausführlich beschrieben.

Fahrzeugart	Anzahl Baureihen im Zeitraum 1995–2020	Anzahl Varianten im Zeitraum 1995–2020 bei identischer Fahr- zeugdokumentation	Anzahl Varianten im Zeitraum 1995–2020 bei zu erwartender unter- schiedlicher Fahrzeu- gdocumentation innerhalb einer Variante aufgrund vorgenommener Modifika- tionen seit Auslieferung des Fzgs. oder bei unterschied- lichen OBU-Lieferanten
ICE Lokomotiven E + D Triebzüge (EMU, DMUs, H2, Bat) ohne Gleisbau- & Sonderfahrzeuge	111	257	350–400

Tabelle 4: Quantitative Auswertung der Baureihen und deren Variantenvielfalt

Die o. a. Tabelle zeigt, dass **die überwiegende Anzahl der Fahrzeuge eine hohe bzw. sehr hohe Variantenanzahl** aufweist. Das bedeutet, dass es beim Umrüstungsaufwand zu hohen Kostenanteilen bei den Einmalkosten (Engineering und Zulassungskosten) kommt. Ebenso bedeutet dies einen zeitlichen Mehraufwand.

Für die weitergehenden Betrachtungen in diesem Strategiepapier wird von ca. 350 Varianten (FoC-Fahrzeugen) ausgegangen. Dies entspricht knapp 3 % der umzurüstenden Fahrzeuge. In Umrüstungsprogrammen anderer Länder mit deutlich kleineren Bestandsfahrzeugflotten liegt der Prozentsatz bei ca. 10 %. Da in Deutschland einzelne Baureihen mit einer hohen Stückzahl und wenigen Varianten im Verkehr sind, geht der VDB davon aus, dass die Zahl von 350 Varianten/FoC-Fahrzeuge eine belastbare Prämisse darstellen. Die im Kapitel 3.3.1 beschriebenen Optimierungspotenziale zeigen, dass die Reduzierung der Variantenanzahl u. a. durch kundenübergreifende Clusterung oder vereinheitliche Systemanforderungen einen entscheidenden Einfluss auf die Aufwendungen des ETCS-Rollouts besitzen.

Ergänzend zu dieser grob zusammengefassten Darstellung ist zu beachten, dass es bei allen Baureihen eine Vielzahl von Varianten gibt, die mit unterschiedlichen Konfigurationsständen ausgestattet sind. Weiterhin haben sich im Laufe der Zeit, in denen die Fahrzeuge produziert und in den Verkehr gebracht wurden, die Normenlage und Zulassungskriterien geändert und möglicherweise sind Fahrzeuge durch Betreiber modifiziert worden, die nun bei Umrüstung auf ETCS einen genehmigungspflichtigen Zulassungsprozess durchlaufen müssen.

Gleisbau- und Sonderfahrzeuge sind i. d. R. viele Einzelfahrzeuge. Daher kommen sie noch zusätzlich zur oben genannten Variantenvielfalt hinzu.

Die **Gesamtsumme der umzurüstenden Fahrzeuge beträgt 11.500 Fzge.** (90 % der zwischen 1995 und 2020 hergestellten Fzge.) **zuzüglich 1.250 Lokomotiven vor 1995 gebaut** (60 % der Altfahrzeuge von 1961–1995).⁶

⁶ Herleitung: 90 % von 10.628 Fzge (1995–2020 gebaut) + 90 % von 2.150 Gleis- und Sonderfzge + 1.250 Loks (ca. 2100 Loks 1961o–1995 gebaut, davon 60 %).

2.2.2 Klassifizierung der relevanten Fahrzeuge

Die Anzahl und Vielfalt der umzurüstenden Fahrzeuge erfordert für eine effiziente Rollout-Steuerung eine Klassifizierung/Clusterung der Bestandsflotte. Aus Sicht des VDB ist eine Definition von zwei Arten von Clustern – Ausrüstungs- und First-of-Class (FoC)-Cluster – zielführend.

2.2.2.1. Ausrüstungs-Cluster

Die Art und Weise (der Grad) der Integration der ETCS/ATO-OBUs in das Fahrzeug bestimmt die Klassifizierung/Clusterung der umzurüstenden Bestandsfahrzeuge. Folgende Aspekte definieren maßgeblich den Grad der Integration:

- **Funktionale Anforderung an die Schnittstelle zwischen Fahrzeug und ETCS/ATO-OBUs**
Die Anforderungen hängen stark von den betrieblich-technischen Randbedingungen ab. So ist zum Beispiel bei dem Einsatz von ATO im Grad of Automation 2 (GoA 2) die Interaktion zwischen ATO-OBUs und Fahrzeugsteuerung in Bezug auf den Zugriff auf die Fahr-/Brems- und eventuelle Türsteuerung essenziell.
Wenn eine Anpassung des TCMS (Hard- und Software) notwendig ist, muss diese durch den OEM des Fahrzeuges angepasst werden.
- **Anforderung an den Grad der Integration des DMI im Führerstandspult**
Die TSI schreibt die Positionierung des ZZS-DMI in einem definierten Sichtfeld vor. Dies hat zur Folge, dass i. d. R. vorhandene Displays und Bedienelemente verschoben werden müssen. Der daraus resultierende mechanische und elektrische Umbau des Führerstandspultes ist mit erheblichen Aufwendungen verbunden.
- **Funktionsspektrum**
Der Grad der Implementierung optionaler TSI-konformer Funktionen wie z. B. Ansteuerung der Betriebsbremse, Displayredundanz (TCMS/ZZS), Komfortfunktionen (wie z. B. Diagnoseanbindung, spezielle Anzeigen auf dem ZZS DMI, Verarbeitung der Track Conditions) ist für die Aufwände ein wichtiger Faktor.

Die Analyse der Bestandsflotte unter den genannten Aspekten führt zur Einteilung in die drei folgenden Ausrüstungs-Cluster, die in Abbildung 5 dargestellt sind.

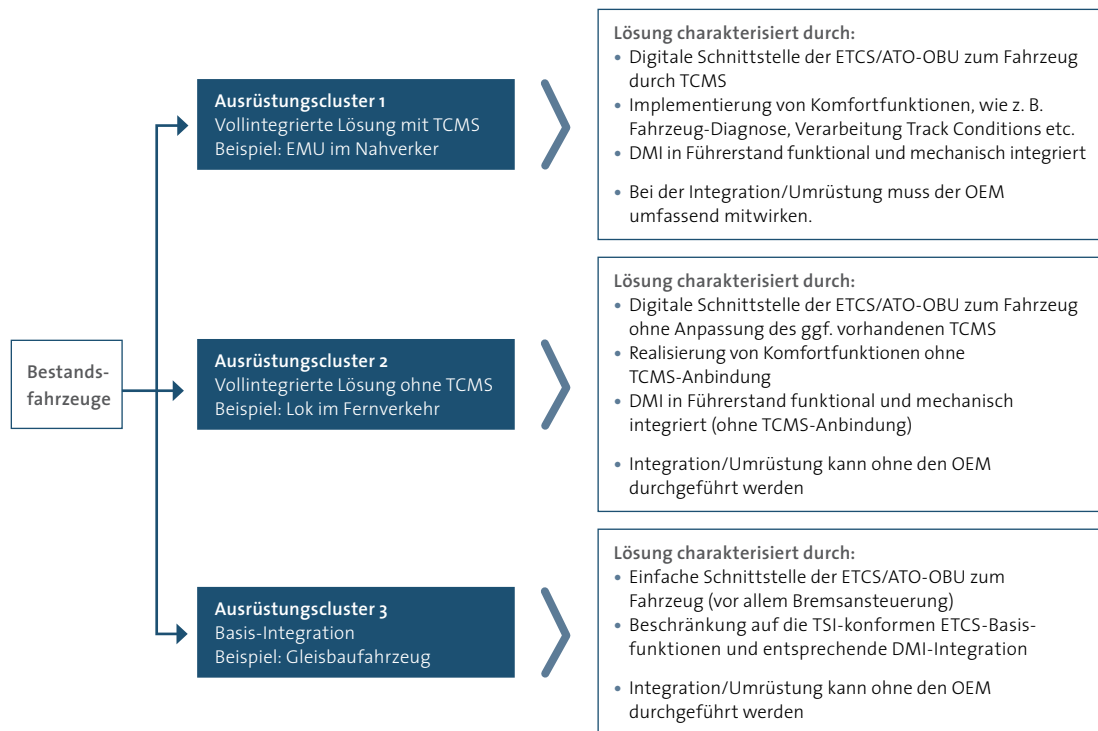


Abbildung 5: Ausrüstungs-Cluster und deren Charakteristik

Im Ausrüstungscluster 1 ist die digitale Schnittstelle zum TCMS aus Architektursicht das entscheidende Kriterium. Zum Beispiel sind moderne Lokomotiven und Triebzüge, die zukünftig teilautomatisiert betrieben werden, mit einer digitalen Schnittstelle zwischen ZSS-System (ETCS/ATO/NTC) und TCMS auszurüsten.

Bei der Aus- und Umrüstung ist die umfassende Mitwirkung des Fz-OEM erforderlich. Die softwareseitige TCMS-Anpassung kann nur durch den OEM erfolgen. Dabei gibt der ETCS-Systemlieferant die Anforderungen an die TCMS-Anpassung vor. Dieser Umstand ist bei der Rollout-Planung zu berücksichtigen.

Im Ausrüstungscluster 2 sind die ETCS/ATO-OBu ohne eine Anpassung an das ggf. vorhandene TCMS in das Fahrzeug integriert. Die Anbindung an die Fahrzeugsysteme, wie z. B. Bremssteuerung und NTC, erfolgt fahrzeugspezifisch. Das DMI wird aus ergonomischer Sicht TSI-konform in das Führerstandspult integriert.

Eine Mitwirkung bei der Aus- und Umrüstung durch den OEM ist bei Vorhandensein der aktuellen Bestandsdokumentation nicht erforderlich.

Im Ausrüstungscluster 3 wird die ETCS-OBu nur mit den ETCS-Basisfunktionen integriert. Wie im Cluster 2 wird das ggf. vorhandene TCMS nicht angepasst. Das Fahrzeug wird TSI-konform ausgerüstet und erfüllt die Netzzugangskriterien für die Befahrung von ETCS-Strecken. Das DMI wird in der Regel nicht in das Führerstandspult integriert und zeigt nur ETCS-Informationen an.

Eine Mitwirkung bei der Aus- und Umrüstung durch den OEM ist bei Vorhandensein der aktuellen Bestandsdokumentation nicht erforderlich.

Abbildung 6 zeigt die ungefähre Anzahl der umzurüstenden Fahrzeuge je Ausrüstungscluster (unterteilt nach Herstellern, anonymisiert). Dabei wird die Komplexität auch in Be-

zug auf die Anzahl der verschiedenen Hersteller sichtbar. Während im Ausrüstungscluster 1 nur vier Fahrzeug-OEMs (zu über 99 %) vertreten sind, haben in den Clustern 2 und 3 acht bzw. neun OEMs Fahrzeuge ausgeliefert.

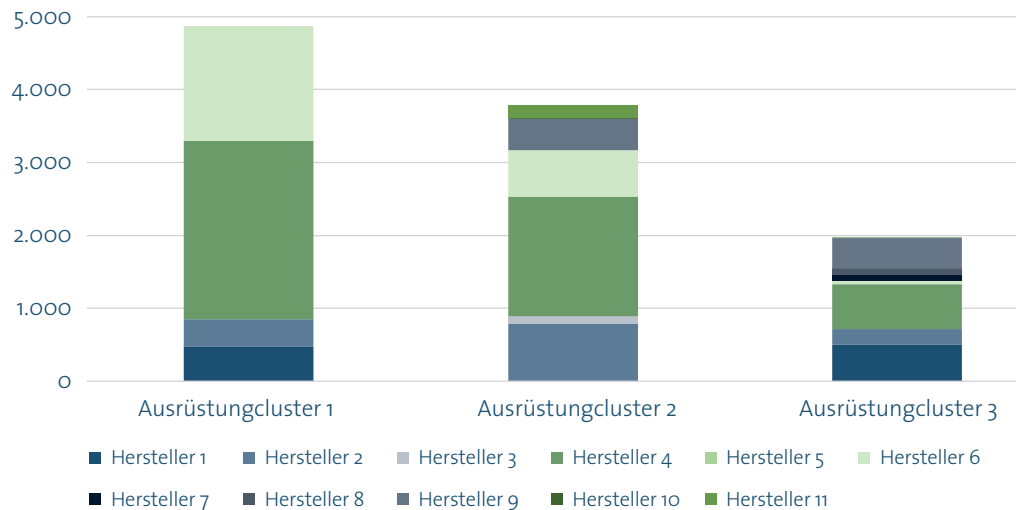


Abbildung 6: Anzahl umzurüstender Fahrzeuge je Ausrüstungscluster (ohne Gleis- und Sonderfahrzeuge)

2.2.2.2. First-of-Class-Cluster

Die Ausrüstung der einzelnen Baureihen der Bestandsflotte folgt dem Prinzip der First-of-Class(FoC)-Ausrüstung und Typgenehmigung. Das heißt, dass für das erste Referenzfahrzeug einer Baureihe bzw. einer Variante exemplarisch das Engineering, die Installation, die Tests und die Zulassung durchgeführt werden. Die Dokumentation des FoC-Fahrzeuges dient als Grundlage für die Serienumrüstung der jeweiligen Baureihe/Variante.

Die FoC-Umrüstung ist mindestens um den Faktor 20 in Bezug auf die Durchlaufzeit aufwendiger als die Serienumrüstung. Die entstehenden Einmalkosten (Fix-Kosten oder one-off costs) sind um diesen Faktor entsprechend höher und können von Eigentümern/Haltern kleiner und mittlerer Fahrzeugflotten wirtschaftlich kaum abgebildet werden.

Die FoC-Umrüstung aller Fahrzeuge der Bestandsflotte bildet in Summe den kritischen Pfad des ETCS-Rollouts (siehe Kapitel 2.5.1 ff.).

Entsprechend ihrer Fahrzeugcharakteristik und der geeigneten Integrationslösung lassen sich die Fz-Baureihen in die FoC-Cluster einteilen. Innerhalb der Ausrüstungscluster ergibt sich je Baureihe mindestens ein FoC-Cluster (Abbildung 7). Die Komplexität wird durch die Anzahl der Varianten innerhalb einer Baureihe erhöht (siehe Kapitel 2.2.1).

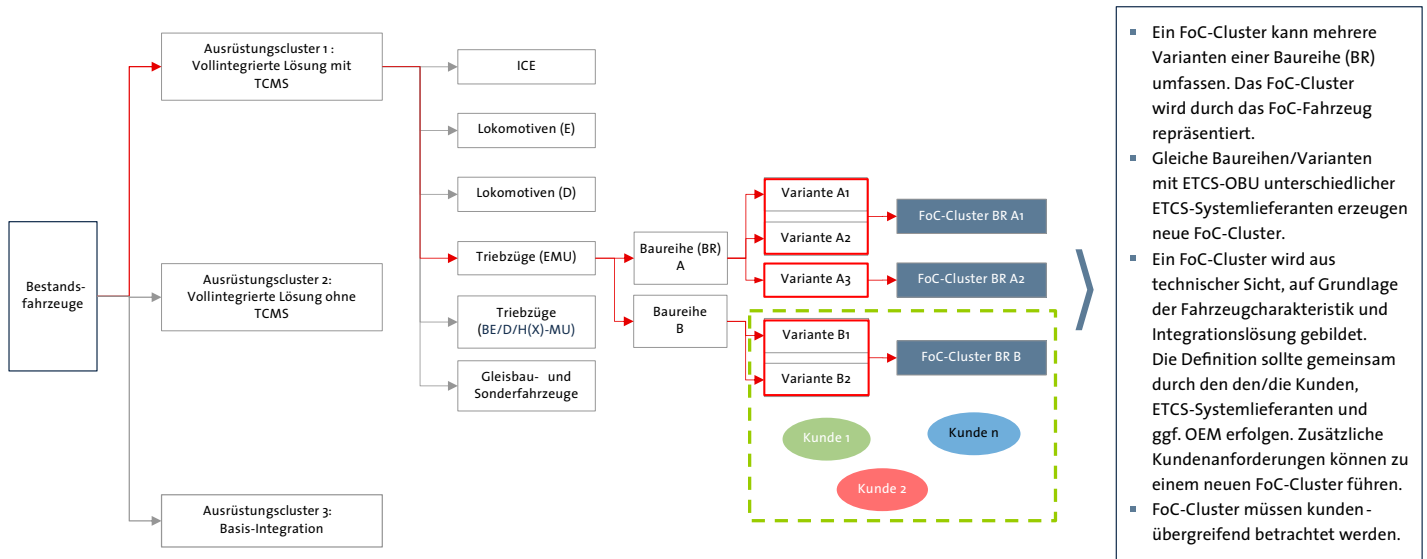


Abbildung 7: Prinzip der Bildung eines FoC-Clusters innerhalb der Ausrüstungscluster (am Beispiel Ausrüstungscluster 1); (1) FoC - First of Class. In einigen Dokumenten auch als FiC –First in Class bezeichnet

Ein FoC-Cluster ist wie folgt charakterisiert:

- Ein FoC-Cluster kann mehrere Varianten einer Baureihe (BR) umfassen. Das FoC-Cluster wird durch das FoC-Fahrzeug repräsentiert.
- Gleiche Baureihen/Varianten mit ETCS-OBUs unterschiedlicher ETCS-Systemlieferanten erzeugen neue FoC-Cluster.
- Ein FoC-Cluster wird aus technischer Sicht auf Grundlage der Fahrzeugcharakteristik und Integrationslösung gebildet. Die Definition sollte gemeinsam durch den/die Kunden, ETCS-Systemlieferanten und ggf. OEM erfolgen. Zusätzliche Kundenanforderungen können zu einem neuen FoC-Cluster führen.
- **FoC-Cluster können und sollten kunden-/fahrzeughalterübergreifend betrachtet werden (siehe vorigen Punkt). Für die Effizienz des Rollouts stellt dieser Punkt ein großes Optimierungspotenzial dar.**

Aus Sicht der Zulassung bzw. Typgenehmigung kann es notwendig sein, dass in einem FoC-Cluster halterspezifische (vereinfachte) Zulassungsprozesse durchlaufen werden müssen. Dies ist vor der Definition des Clusters abzustimmen. Dieser Aspekt konterkariert den Cluster-Gedanken mit seinen Synergien nicht. Die maßgebenden Aufwendungen entstehen, wie bereits beschrieben, in den Bereichen Engineering, Installation, Test und Nachweissführung des eigentlichen FoC-Fahrzeuges.

2.2.2.3. Anzahl der FoC-Cluster der Bestandsflotte

Die ca. 350 FoC-Cluster (siehe Kapitel 2.2.1) sind derzeit den Ausrüstungs-Clustern wie folgt zugeordnet:

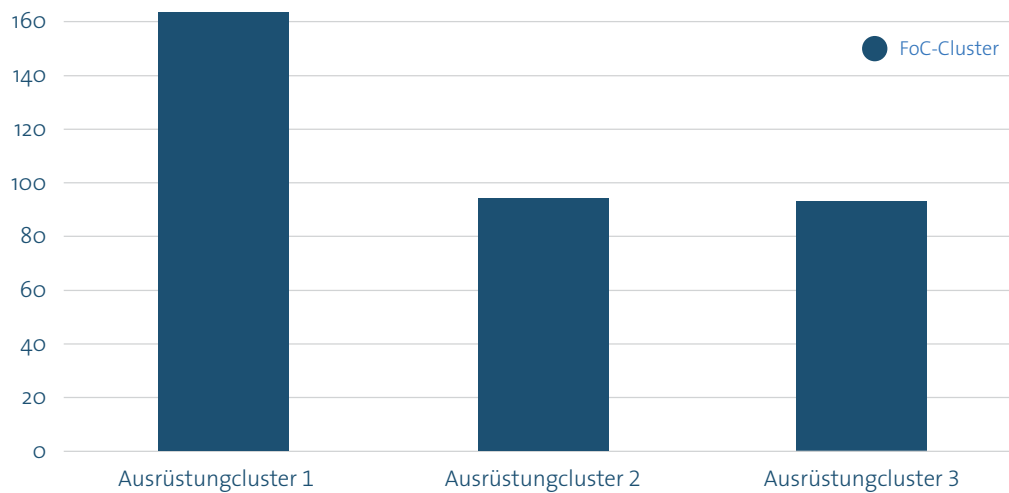


Abbildung 8: Quantitative Zuordnung der FoC-Cluster zu den drei Ausrüstungsclustern

Auf Grund von laufenden Ausschreibungen, Aus- und Umrüstungsprojekten sowie aktuellen Auslieferungen von Fahrzeugen können die Zahlen geringfügig abweichen.

2.3 Technologisches Umfeld

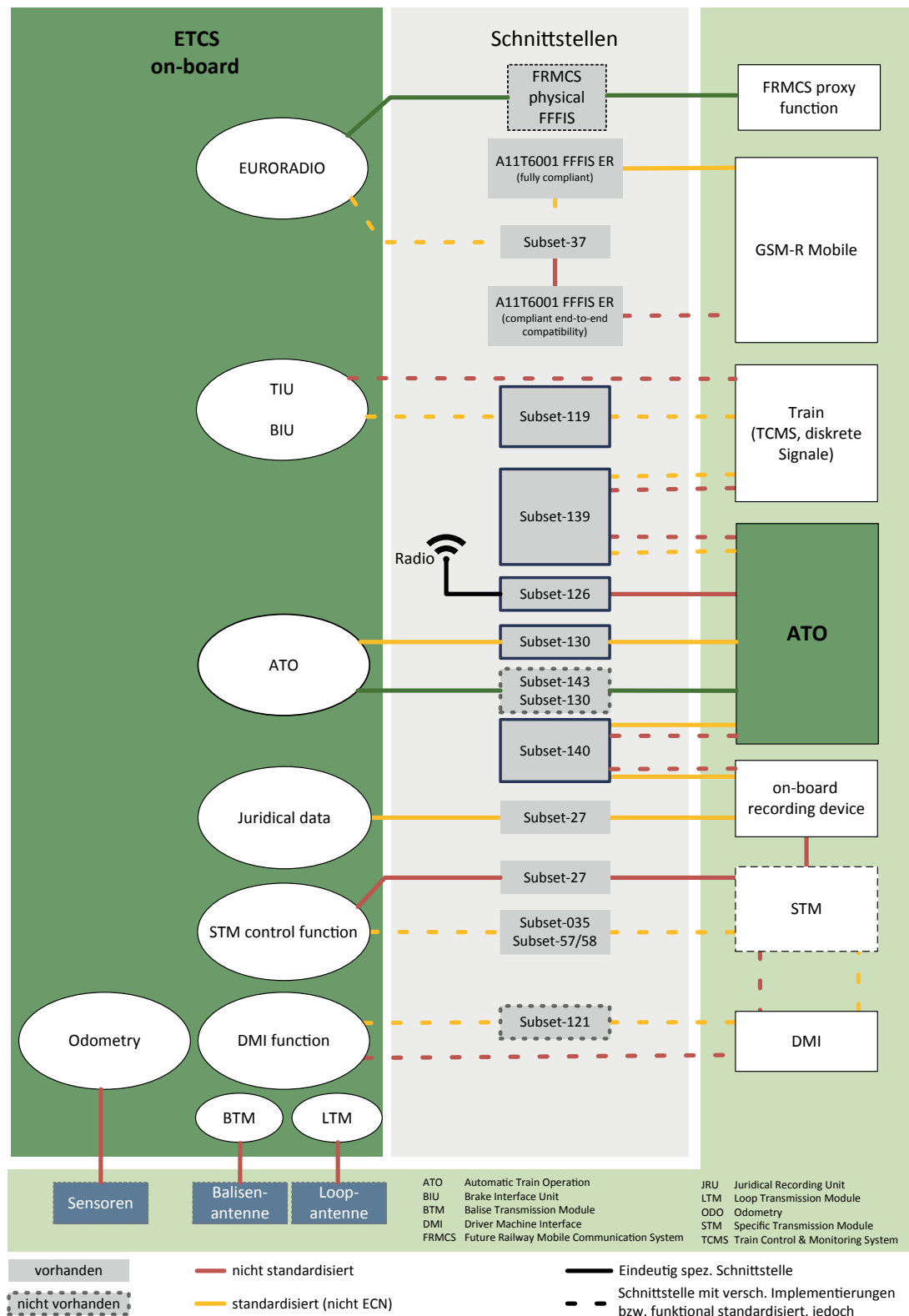
Für die Analyse der Rahmenbedingungen zum Start des ETCS-Rollouts für Bestandsfahrzeuge ist der zu erwartende Stand der technischen Spezifikation für die Interoperabilität (TSI) Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung (ZZS) und damit die Basis für die Zulassung des Fahrzeugs von Bedeutung. In diesem Kapitel sind der Betrachtungsgegenstand für dieses Dokument und die derzeitige Sicht des VDB auf den Stand der TSI (insbesondere der zukünftigen TSI 2022) beschrieben.

Der in Abbildung 9 dargestellte Gegenstand der Systembetrachtung umfasst die Fahrzeugeinrichtungen für ETCS und ATO inklusive des Funks sowie der relevanten Schnittstellen.

Diese Darstellung basiert auf der Referenzarchitektur des Subset-026.

Die unterschiedliche Darstellung der Schnittstellen gibt die VDB-Einschätzung des Entwicklungsstandes auf Basis der aktuell gültigen TSI mit Blick auf die Weiterentwicklung zur TSI 2022 wieder.

Auf der linken Seite ist das ETCS on-board dargestellt, das über die Schnittstellen (in der Mitte dargestellt) mit den Umsystemen (rechts dargestellt) auf dem Fahrzeug verbunden ist. Im ETCS on-board wiederum sind die wesentlichen Funktionalitäten dargestellt.



⁷ Darstellung in Anlehnung an das Subset-026

2.3.1 Stand der technischen Spezifikation für die Interoperabilität der TSI-ZZS

Derzeitig gültig ist die TSI-ZZS 2016/919 mit den entsprechenden Berichtigungen und Änderungen.

Es ist geplant, im Jahr 2022 eine neue Version der TSI zu veröffentlichen.

Dieser Stand geht einen weiteren Schritt in Richtung Interoperabilität und Hersteller-Unabhängigkeit sowie Vereinheitlichung der zulassungsrelevanten Anforderungen in Europa. Auf Bestandsfahrzeugen kann jedoch auch bei einer Nachrüstung nicht jede dieser Schnittstellen durch standardisierte Schnittstellen ersetzt werden, da die Fahrzeuge bereits eine gewisse Ausrüstung aufweisen.

Die wesentliche Änderung ist die offizielle Aufnahme der ATO-Funktionalität für GoA2 und der entsprechenden standardisierten Schnittstellen in die TSI-ZZS. Die Referenzarchitektur für ATO über ETCS (AoE) hierfür wurde in den letzten im Rahmen der europäischen Shift2Rail(S2R)-Initiative im hersteller- und betreiberübergreifenden Gremium entwickelt. Gegenwärtige Realisierungen im Erprobungsbetrieb und aber auch operationellen Betrieb tragen zu einer weiteren Verfeinerung bzw. Verbesserung des zukünftigen Standards bei.

Für ETCS ist geplant, den Level 3 und optimierte Bremskurvenmodelle einzubringen. Aspekte der Cyber-Security und weitere Standardisierungen der Fahrzeugschnittstellen sollen mit der TSI 2022 vorangetrieben werden, sind aber mit diesem Stand absehbar nicht umfassend oder abschließend definiert.

Die nachfolgende Tabelle 5 beschreibt den Stand der Schnittstellenspezifikationen in Anlehnung an Abbildung 9.

Schnittstelle	enthalten/ erwartet für TSI	Dokument	Bemerkung
EVC zu ODR	2016/919	Subset-027	„ FFIS Juridical Recorder-Downloading tool “ Die Schnittstelle ist definiert, veröffentlicht und anwendbar.
EVC zu STM	2016/919	Subset-035,- 57/58	„ Specific Transmission Module FFFIS “ – „ STM FFFIS Safe Link Layer “/„ FFIS STM Application Layer “ Schnittstelle ist definiert, veröffentlicht und anwendbar.
EVC zu DMI	offen	Subset-121	„ DMI-EVC Interface FFFIS “ Es gibt derzeit weder eine verbindliche noch eine als „informativ“ gekennzeichnete Spezifikation, die veröffentlicht wurde. Es ist kein Plan bekannt, wann dies in die TSI eingehen soll.
EVC zu ATO ATO zu DMI ATO zu Radio	2022	Subset-130	„ AUTO-OB/ETCS-OB FFFIS Application Layer “ Es existiert eine unveröffentlichte, recht stabile Version. Das Dokument ist für die Veröffentlichung in der TSI 2022 vorgesehen. Hinweis: zusammen mit Subset-143 wird die Schnittstelle als FFFIS realisiert.

Schnittstelle	enthalten/ erwartet für TSI	Dokument	Bemerkung
EVC zu TCMS	offen	Subset-119	„Train Interface FFI“ Das Dokument ist veröffentlicht. Zurzeit laufen Abstimmungen, in welcher Form das Subset in die TSI 2022 übernommen wird.
EVC zu FRMCS Proxy Function	offen	FRMCS physical FFI	Noch nicht existent. Derzeitig besteht das Ziel, die TSI 2022 als „FRMCS-Ready“ zu definieren.
EVC zu Modem	2016/919	Subset-037	„EuroRadio FIS“ Die Schnittstelle ist definiert, veröffentlicht und anwendbar für GSM-R und GPRS.
ATO zu TCMS	2022	Subset-139	„ATO-OB/Vehicle Interface Specification FIS“ Es existiert eine Version von 2018. Für den Retrofit wird das Subset-139 nicht vollständig anwendbar sein, es sollte aber als Grundlage für die Realisierung herangezogen werden. Das Dokument ist für die Veröffentlichung in der TSI 2022 vorgesehen.
ATO zu ODR	2022	Subset-140	„ATO-OB/ORD FFI Application Layer“ Das Dokument liegt in einem ersten Arbeitsstand vor, es ist jedoch nicht stabil. Das Dokument ist für die Veröffentlichung in der TSI 2022 vorgesehen.
ATO zu Radio	2022	Subset-126	„ATO-OB/ATO-TS FFI Application Layer“ Es existiert eine unveröffentlichte, recht stabile Version. Diese ist jedoch noch nicht fertig. Das Dokument ist für die Veröffentlichung in der TSI 2022 vorgesehen.
ATO-OB zu ETCS-OB	offen	Subset-143	„Interface Specification Communication Layers for On-board Communication“ Das entsprechende Dokument liegt in einem Arbeitsstand vor. Subset-143 beschreibt die Low-Level-Kommunikationsebene zw. ATO-OB und seinen Kommunikationspartnern. Es ist eine Verschlüsselung der Kommunikationswege vorgesehen. Eine vollständige Anwendung des Standards kann erst erfolgen, wenn die Kommunikationspartner entsprechend angepasst sind (vrsI. Version der TSI nach 2022).

Tabelle 5: Einschätzung zum Stand der TSI 2022 mit der Veröffentlichung Mitte 2022

Mit der TSI 2022 wird ein weiterer wichtiger Schritt der Standardisierung getan, der für die Ausrüstung der Bestandsfahrzeuge genutzt werden sollte, soweit dies für Bestandsfahrzeuge möglich ist.

Aus Sicht des VDB ist die Erweiterung der TSI um die Funktion ATO GoA2 wesentlich.

Die Erweiterungen zu FRMCS wären ebenfalls notwendig, diese werden aber erst in einer späteren Version der TSI (nach 2022) vollständig enthalten sein. Daher müssen für die Übertragung ATO-OB zu ATO-TS andere Lösungen gefunden werden.

Da Bestandsfahrzeuge eine bestimmte Ausrüstung besitzen, müssen bereits bestehende, ggf. nicht standardisierte Schnittstellen genutzt werden oder auch andere nicht standardisierte Lösungen gefunden werden. Ein Beispiel dafür ist die Kopplung der ATO an das TCMS bzw., wenn kein TCMS vorhanden ist, wird die ATO mittels diskreter Signale an das Fahrzeug gekoppelt.

Weitere Anpassungen und Erweiterungen der TSI sind absehbar. So werden zukünftig Fahrzeugfunktionen, neue Kommunikationsschnittstellen und Erweiterungen bzgl. IT-Security erfolgen. Maßgeblich wird eine Upgrade-Fähigkeit der Komponenten sein und somit ist ein solcher Upgrade-Prozess ebenfalls zu standardisieren.

2.3.2 Europäische Initiativen im Technologieumfeld

Parallel zu den ETCS-Rolloutprogrammen, wie sie z. B. in Dänemark, Norwegen und Deutschland umgesetzt werden, laufen zurzeit Initiativen großer Bahnbetreiber, die Architektur der ETCS-Fahrzeugeinrichtung neu zu definieren und damit auch die Prozesse (auch die Geschäftsprozesse) zu ändern. Teilweise finden sich die Stichworte dieser Initiativen in Ausschreibung zur ETCS-Fahrzeugumrüstungen bereits wieder.

Vor diesem Hintergrund wird der VDB seine Sicht auf diese laufenden Initiativen in einem parallel zu veröffentlichenden Dokument darstellen, um einen konstruktiven Diskurs zwischen den Bahnbetreibern (in diesem Fall allen EVU), den Fahrzeug-OEMs, den relevanten Mittelstandsbetrieben und den ETCS-Systemlieferanten über ein gemeinsames Vorgehen anzuregen.

2.4 Regulatorisches Umfeld

Bei der Um- und Ausrüstung von Fahrzeugen mit ETCS sind sowohl internationale als auch nationale Regelwerke zu beachten.

Die wesentlichen Anforderungen sind in den zwei nachfolgenden Darstellungen zusammengefasst:

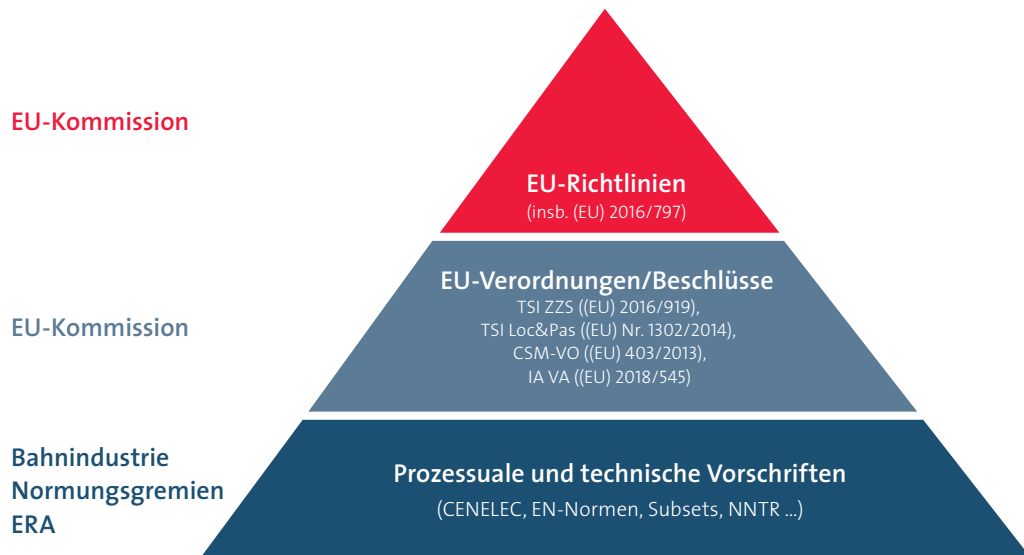


Abbildung 10: Gesetzliche und normative Grundlagen (europäisch), harmonisierte Anforderungen

Auf europäischer Ebene sind

EU-Richtlinien

- definieren das europäische Eisenbahnsystem, Verantwortlichkeiten und generelle Prozesse
- müssen durch EU-Mitgliedstaaten in nationales Recht übertragen werden

EU-Verordnungen/Beschlüsse

- definieren verschiedene Teile des Eisenbahnsystems (strukturelle Teilsysteme, Safety ...)
- sind in den EU-Mitgliedsstaaten direkt anwendbar
- verweisen auf Normen

Prozessuale und technische Vorschriften

- enthalten detaillierte (technische) Anforderungen für Bereiche, die durch EU-Richtlinien vorgegeben sind
- NNTR enthalten spezifische nationale Anforderungen, die nicht (vollständig) europäisch geregelt sind

zu beachten und einzuhalten.

Neben einer Vielzahl von europäischen Regelwerken soll hier nur die TSI ZZS (Technische Spezifikation Interoperabilität – Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung) erwähnt werden, die im Jahr 2022 überarbeitet in Kraft gesetzt werden soll.

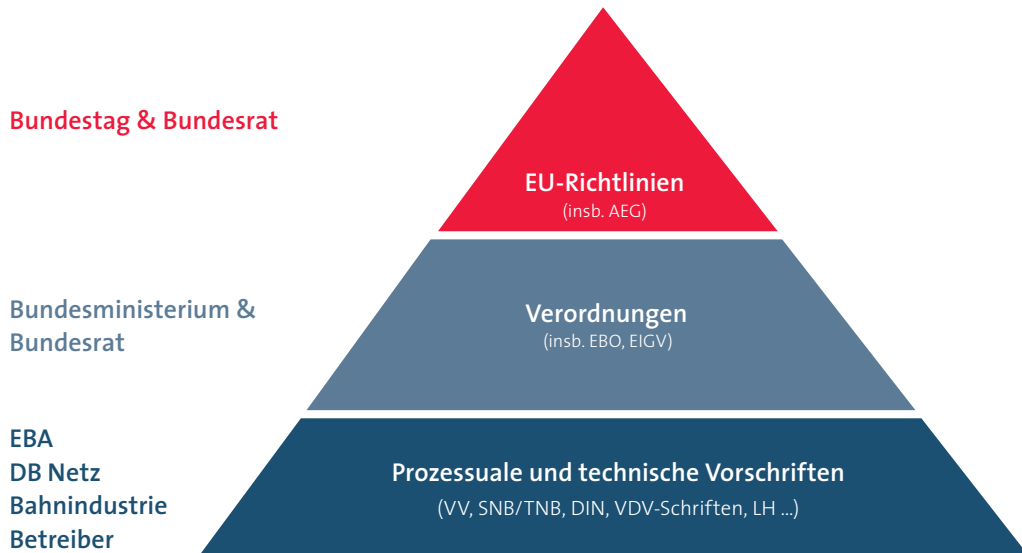


Abbildung 11: Gesetzliche und normative Grundlagen (national), nicht harmonisierte Anforderungen und weitere Regelungen

Auf nationaler Ebene sind

Gesetze

- definieren den allgemeinen Rahmen, z. B. AEG:
- Verpflichtung, Eisenbahnen sicher zu führen
- Ermächtigungsgrundlage für nachgelagerte Verordnungen

Verordnungen

- definieren technische Mindestanforderungen zur Gewährleistung des sicheren Eisenbahnbetriebes, z. B. EBO
- setzen EU-Richtlinien in nationales Recht um, z. B. EIGV

Prozessuale und technische Vorschriften

- enthalten weitere Detailfestlegungen, Kundenanforderungen

zu beachten und einzuhalten.

In der nachfolgenden Tabelle 6 sind wesentliche Referenzen aufgelistet:

2011/665/EU	DURCHFÜHRUNGSBESCHLUSS DER KOMMISSION vom 4. Oktober 2011 über das Europäische Register genehmigter Schienenfahrzeugtypen Zuletzt geändert durch: (EU) 2019/776 vom 16. Mai 2019
CSM-VO	DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) Nr. 402/2013 DER KOMMISSION vom 30. April 2013 über die gemeinsame Sicherheitsmethode für die Evaluierung und Bewertung von Risiken und zur Aufhebung der Verordnung (EG) Nr. 352/2009 Zuletzt geändert durch: (EU) 2015/1136 vom 13. Juli 2015
(EU) 2016/797	RICHTLINIE (EU) 2016/797 DES EUROPÄISCHEN PARLAMENTS UND DES RATES vom 11. Mai 2016 über die Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union Zuletzt geändert durch: (EU) 2020/700 vom 25. Mai 2020
(EU) 2018/545	DURCHFÜHRUNGSVERORDNUNG (EU) 2018/545 DER KOMMISSION vom 4. April 2018 über die praktischen Modalitäten für die Genehmigung für das Inverkehrbringen von Schienenfahrzeugen und die Genehmigung von Schienenfahrzeugtypen gemäß der Richtlinie (EU) 2016/797 des Europäischen Parlaments und des Rates Zuletzt geändert durch: (EU) 2020/781 vom 12. Juni 2020
TSI Loc&Pas	VERORDNUNG (EU) Nr. 1302/2014 DER KOMMISSION vom 18. November 2014 über eine technische Spezifikation für die Interoperabilität des Teilsystems „Fahrzeuge – Lokomotiven und Personenzüge“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union Zuletzt geändert durch: (EU) 2020/387 vom 9. März 2020
TSI ZZS	VERORDNUNG (EU) 2016/919 DER KOMMISSION vom 27. Mai 2016 über die technische Spezifikation für die Interoperabilität der Teilsysteme „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union Zuletzt geändert durch: (EU) 2020/420 vom 16. März 2020
TSI ZZS_2022	Erwartete überarbeitete TSI ZZS mit Ausgabestand 2022, deren genauer Inhalt noch in Abstimmung ist

Tabelle 6: Referenzen der wichtigsten europäischen Verordnungen

In Abbildung 12 ist der Prozess einer Genehmigung für das Inverkehrbringen von Fahrzeugen im Rahmen einer ETCS-Nachrüstung dargestellt.

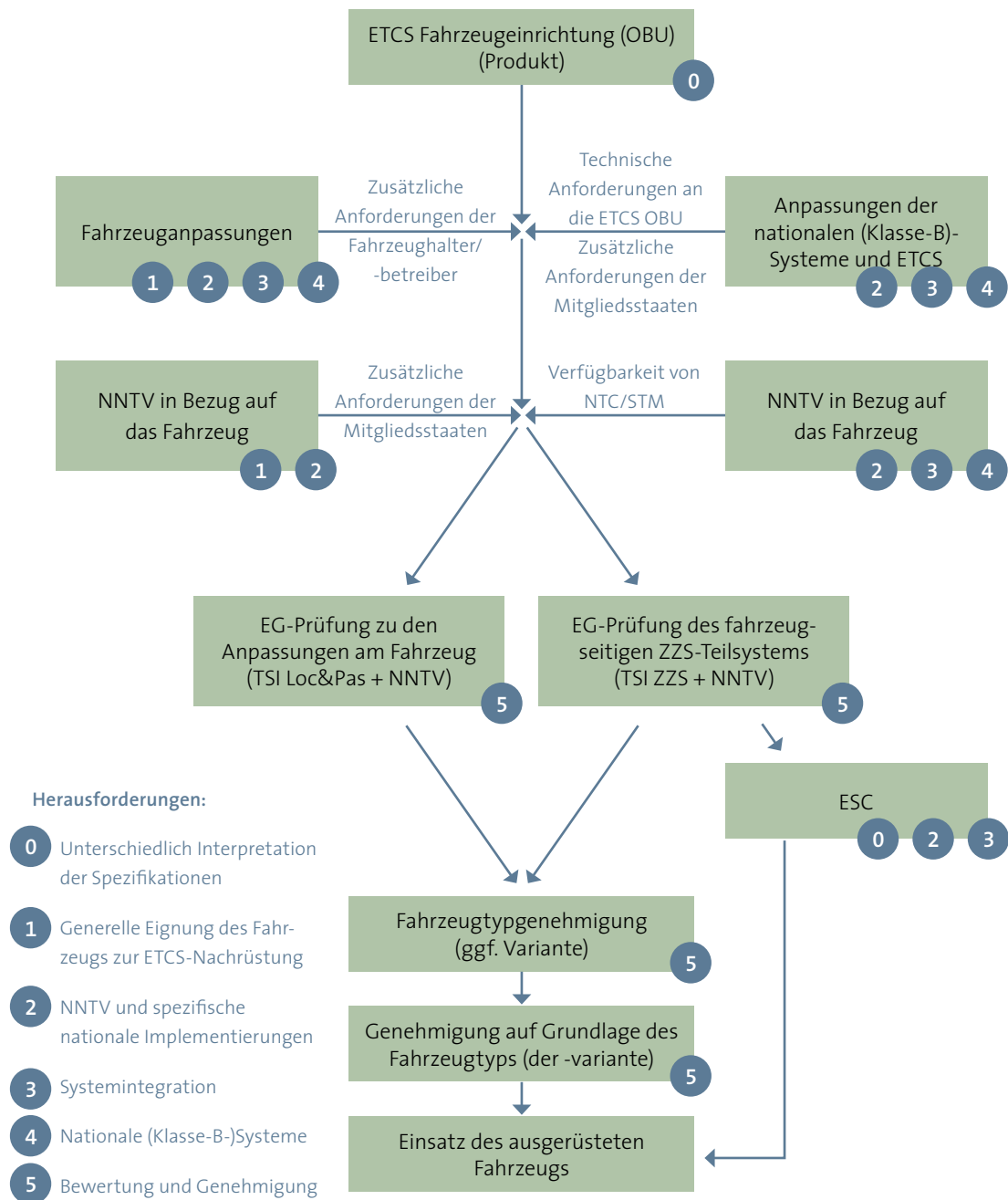


Abbildung 12: Genehmigungsprozess für das Inverkehrbringen von umzurüstenden Fahrzeugen

Die Nachrüstung von ETCS auf einem bestehenden Fahrzeugtyp bzw. bestehenden Fahrzeugen stellt eine Änderung dar, für die grundsätzlich eine neue Genehmigung erforderlich ist. Dies ergibt sich aus (EU) 2018/545, Artikel 15, Absatz 1, Buchstabe d) in Zusammenhang mit den Kriterien gemäß (EU) 2016/797, Artikel 21 Absatz 12 und den Vorschriften des Abschnitts 7.1.2.2 der TSI Loc&Pas bzw. des Abschnitts 7.2.1a.1 der TSI ZZS.

Wenn der aktuelle Inhaber der Fahrzeugtypgenehmigung (i. d. R. der ursprüngliche Hersteller oder der aktuelle Betreiber/Halter) nicht als Änderungsverwaltungsstelle für die Ausrüstung mit ETCS bzw. Antragssteller im Sinne der (EU) 2018/545 für den durch die ETCS-Ausrüstung veränderten Fahrzeugtyp auftreten möchte, ist gemäß (EU) 2018/545, Artikel 15, Absatz 2, letzter Satz jeweils ein neuer Fahrzeugtyp zu schaffen.

Für jedes einzelne mit ETCS ausgerüstete Fahrzeug einer Serie ist nach Abschluss der Umrüstung eines Fahrzeuges die Konformität zum oben genannten neuen Fahrzeugtyp zu erklären und darauf basierend eine Genehmigung für das Inverkehrbringen auf der Grundlage der jeweiligen Fahrzeugtypgenehmigung zu beantragen.

Für Fahrzeuge, die ausschließlich in Deutschland verkehren, kann in Übereinstimmung mit (EU) 2016/797, Artikel 21, Absatz 8 das Eisenbahn-Bundesamt als Genehmigungsstelle fungieren.

Im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die aufgrund der ETCS-Ausrüstung veränderten Schienenfahrzeuge sind folgende Bewertungsstellen einzubinden:

- Unabhängige Bewertungsstelle gemäß CSM-VO zur Bewertung des Prozesses zur Erfassung der Anforderungen in Bezug auf die Sicherheit des Fahrzeugs und der Teilsysteme sowie die sichere Integration der Teilsysteme gem. (EU) 2018/545, Artikel 13, Absatz 3 (AsBo Requirements Capture)
- Benannte Stelle zur Durchführung des EG-Prüfverfahrens für das fahrzeugseitige ZZS-Teilsystem gem. TSI ZZS bzw. TSI ZZS_2022 (NoBo ZZS)
- Bestimmte Stelle zur Durchführung des Prüfverfahrens im Hinblick auf die Konformität zu den anwendbaren notifizierten nationalen Vorschriften für das fahrzeugseitige ZZS-Teilsystem (DeBo ZZS)
- Unabhängige Bewertungsstelle gemäß CSM-VO zur Bewertung des Aspektes Sicherheit gemäß TSI ZZS, Abschnitt 3.2.1 (AsBo ZZS)
- Benannte Stelle zur Durchführung des EG-Prüfverfahrens für die Änderungen am Teilsystem Fahrzeuge aufgrund der Ausrüstung mit ETCS gem. TSI Loc&Pas (NoBo Loc&Pas)
- Bestimmte Stelle zur Durchführung des Prüfverfahrens im Hinblick auf die Konformität zu den anwendbaren notifizierten nationalen Vorschriften für die Änderungen am Teilsystem Fahrzeuge aufgrund der Ausrüstung mit ETCS (DeBo Loc&Pas)
- Unabhängige Bewertungsstelle gemäß CSM-VO zur Bewertung des Nachweises der Sicherheitsanforderungen für das Teilsystem Fahrzeuge gem. TSI Loc&Pas, Abschnitt 6.2.3.5 (AsBo Loc&Pas)

Gemäß TSI ZZS, Abschnitt 4.2.17 sind aufgrund der verschiedenen möglichen Umsetzungen und des Stands der Migration auf vollständig konforme ZZS-Teilsysteme für den Nachweis der technischen Kompatibilität zwischen fahrzeugseitigen und streckenseitigen ZZS-Teilsystemen Überprüfungen im Hinblick auf die ETCS- bzw. (Daten-)Funk-Systemkompatibilität durchzuführen. In Übereinstimmung mit den Ausführungen und Vorgaben in TSI ZZS, Abschnitt 6.3.3.1 sind diese Prüfungen unabhängig vom EG-Prüfverfahren für das fahrzeugseitige ZZS-Teilsystem. Allerdings wird zur Erlangung der Typgenehmigung eines Fahrzeugs aktuell mindestens ein ESC und RSC-Statement als Nachweis der technischen Kompatibilität von ETCS verlangt. In Deutschland sind nach aktuellem Kenntnisstand keine eigenständigen Überprüfungen hinsichtlich der Datenfunk-Kompatibilität vorgesehen. Diese wird vielmehr implizit im Zuge der Prüfungen zur ETCS-Systemkompatibilität mit überprüft.

Nach Abschluss der Nachweisführung für die ETCS-Nachrüstung eines FoC kann **die administrative Durchlaufzeit bei den Genehmigungsstellen** gemäß den aktuellen gesetzlichen Regelungen bis zu sieben Monate in Anspruch nehmen. Diese setzen sich wie folgt zusammen (vgl. (EU) 2018/545, Artikel 34, bzw. 2011/665/EU, Anhang 1):

- 1 Monat Vollständigkeitsprüfung durch die Genehmigungsstelle,
- 4 Monate Bearbeitungszeit durch die Genehmigungsstelle zur Erteilung der neuen Typgenehmigung,
- 1 Monat (20 Arbeitstage) Bearbeitungszeit durch die ERA für die Registrierung und Aktivierung des neuen Typs in ERATV,
- 1 Monat Bearbeitungszeit durch die Genehmigungsstelle zur Erteilung der GIF auf Basis der Konformitätserklärung des Einzelfahrzeugs zum Typ (C2T – Conformity to Type).

In Kapitel 3.2 sind die Themen „Verantwortlichkeiten“ und „Optimierungspotenzial“ detailliert erläutert.

2.5 Wertschöpfungsstrukturen

Die aktuell realisierten bzw. derzeitig beauftragten ETCS-Fahrzeugumrüstungen in Deutschland wurden im Wesentlichen von folgenden Faktoren getrieben:

- Ausrüstung von Infrastrukturprojekten mit reiner ETCS-Ausrüstung (wie die Strecke Halle/Leipzig-Nürnberg, VDE8.1/2)
- Notwendigkeit von grenzüberschreitendem Verkehr (Verkehr von/nach z. B. Österreich, Schweiz, Dänemark, Niederlande)

Die Vergaben und Projekte waren geprägt durch:

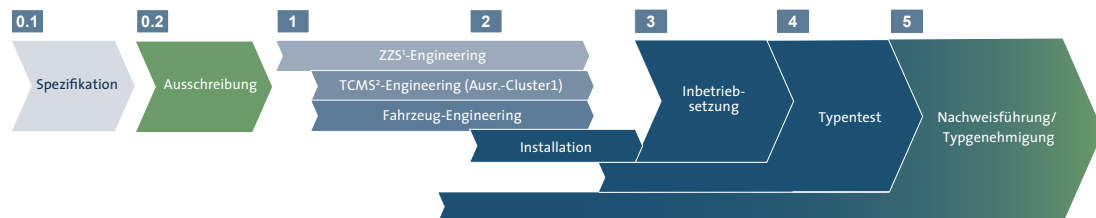
- Umzurüstende Baureihen und Anzahl innerhalb der Baureihen wurden aus Sicht der Infrastruktur ausgewählt
- Strategische Entscheidungen einzelner Fahrzeugeigentümer/-halter
- Betrieb auf ausgewählten Korridoren

Diese Aspekte führen zu kleinteiligen Vergaben mit kundenspezifischen Anforderungen. Synergiepotenziale werden dadurch nicht gehoben. Im Ergebnis gibt es individuelle Lösungen und Zulassungen bei geringen Stückzahlen auf der Fahrzeugseite.

Ideen, wie aus Sicht des VDB der zukünftige ETCS-Rollout auch prozessual gestaltet werden kann, ist im Kapitel 3 „Vorschlag für ein optimiertes Vorgehensmodell“ beschrieben.

2.5.1 Aktuelle FoC-Prozesse und Durchlaufzeiten

Wie im Kapitel 2.2.2.2 beschrieben, unterscheiden sich die Prozesse der First-of-Class-Umrüstung erheblich von denen der Serienumrüstung. Die Engineering-, Test- und Zulassungsaktivitäten sind die Aufwandstreiber und beeinflussen maßgeblich die Durchlaufzeiten. Abbildung 13 stellt den heutigen IST-Prozess dar.



(1) ZZS – Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung (ETCS, ATO, NTC) (2) TCMS – Train Control & Management System

Abbildung 13: IST-Prozess einer FoC-Umrüstung

Die **Phase 0** liegt in der Verantwortung des Auftraggebers bzw. der ausschreibenden Stelle. Hier werden auf Basis der TSI ZZS die Anforderungen an die spezifische Anwendung – das Projekt – definiert und kommerziell-technische Bedingungen in den Ausschreibungsunterlagen formuliert.

In der **Phase 1**, dem Engineering, wirken drei Engineering-Teams mit unterschiedlichen Rollen und Kompetenzen mit, wobei die Engineering-Teams parallel und interaktiv arbeiten. Basis für diese Phase ist das Vorhandensein der aktuellen Bestandsdokumentation der Fahrzeuge. Alle Anpassungen im Engineering sollten unter dem Aspekt des Erhalts des Bestandsschutzes möglichst gering ausfallen.

Die ZZS-Projektierung (Adaptierung des Produktes an die spezifische Anwendung) wird durch den ETCS-Systemlieferanten durchgeführt.

Bei Fahrzeugen, die dem Ausrüstungscluster 1 zugeordnet sind, wird im TCMS-Engineering die Hard- und Software des TCMS angepasst. Diesen Schritt verantwortet der OEM des Fahrzeugs.

Die Projektierung der elektrischen und mechanischen Integration der ETCS/ATO-OBUErfolgt im Fahrzeug-Engineering (Integrations-Engineering). Dieses kann durch den OEM oder Dritte (wie mittelständische Firmen/qualifizierte Servicewerkstätten) bzw. durch den Kunden erfolgen. Das Fahrzeug-Engineering ist nach der Konzeption der Integration ein iterativer Prozess mit den Technikern der Werkstatt, die die Installation der FoC-Umrüstung durchführen.

Die **Phase 2**, die Installation, kann in der Verantwortung und den Werkstätten des ETCS-Systemlieferanten oder von Dritten (wie mittelständische Firmen/qualifizierte Servicewerkstätten) bzw. des Kunden erfolgen.

Die Inbetriebsetzung des umgerüsteten FoC-Fahrzeuges findet in der **Phase 3** statt. Die Verantwortung trägt der ETCS-Systemlieferant in der Rolle des Systemintegrators. Mit dem Herstellen der Funktionsfähigkeit (HdF) des Gesamtsystems endet die Phase 3.

Die ersten Typtests der **Phase 4** werden bereits während der Installation durchgeführt. Die überwiegenden Typtests erfolgen jedoch auf einer definierten, mit ETCS-ausgerüsteten Teststrecke. Dabei werden die sogenannten Track/Train-Integrationstests in der Verantwortung des ETCS-Systemlieferanten (Systemintegrator) durchgeführt.

Die **Phase 5** umfasst die Nachweisführung und Typengenehmigung gemäß 4. Eisenbahnpaket und nationaler Regelungen. Diese Phase startet bereits im Engineering und endet mit der Typgenehmigung.

Die Inhalte der jeweiligen Prozessschritte und die möglichen Projektbeteiligten sind in der folgenden Tabelle 7 beschrieben.

Prozessschritt	Bezeichnung	Inhalt	Mögliche Beteiligte
0.1	Spezifikation	Die TSI bilden die Grundlagen für die nationalen Lastenhefte. Die erforderlichen Spezifikationen werden bis CENELEC Phase 4 erstellt.	Europäische Gremien DB AG Betreiber
0.2	Ausschreibung	Auf Grundlage der europäischen und nationalen Spezifikationen schreiben Kunden/Fahrzeughalter die Aus- und Umrüstung ihrer relevanten Bau-reihen aus. Dabei werden im Grunde genommen die Architekturentscheidungen wie z. B. der Grad der Integration und damit die Zuordnung zu den im Kapitel 2.2.2.1 beschriebenen Ausrüstungsclustern getroffen. Mit der Ausschreibung wird auch der Leistungsumfang des späteren Auftragnehmers definiert. Der Prozessschritt endet mit der Auftragsvergabe.	Kunde/Fahrzeughalter Dritte

Prozessschritt	Bezeichnung	Inhalt	Mögliche Beteiligte
1	Engineering	<p>Das Engineering umfasst die folgenden drei Themenschwerpunkte, die unterschiedliches Know-how erfordern und prinzipiell durch verschiedene Projektbeteiligte erbracht werden können:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ZKS-Projektierung • TCMS-Schnittstellenanpassung (nur für Fahrzeuge des Ausrüstungsclusters 1) • Fahrzeug-Engineering (Integrations-Engineering für Fahrzeuge aller Ausrüstungscluster notwendig) <p>Zwischen diesen Aktivitäten ist eine enge Interaktion essenziell. In der frühen Phase der ZKS-Projektierung werden die Grundlagen für die anschließenden beiden Engineeringschritte gelegt. Im Vorfeld der FoC-Fahrzeuginstallationstätigkeiten sind entsprechende Ergebnisse des Engineerings (bspw. Umbaudokumentation) notwendig. Einige Engineeringaktivitäten überschneiden sich mit der FoC-Installation, da gerade das Integrations-Engineering in Zusammenarbeit von Konstrukteuren und Installateuren erfolgt und als iterativer Prozess abläuft.</p>	
1.1	ZKS-Projektierung	<p>Die ZKS-Projektierung umfasst folgende Schritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definition der Systemlösung unter Berücksichtigung europäischer & nationaler Spezifikationen sowie vertraglich relevanter Kundenanforderungen • Fahrzeugspezifische Konfiguration des ETCS/ATO/NTC-Systems • Erstellen der Einbau- und Testdokumentation • Beschaffung der Systemkomponenten für Tests sowie für das FoC-Fahrzeug • Test der fahrzeugspezifischen ETCS-OBUs in Prüfständen des ETCS-Systemlieferanten • Erstellung Dokumentation zur Nachweisführung 	<p>Verantwortlich (V): ETCS-Systemlieferant</p> <p>Mitwirkende (M): Kunde/Fahrzeughalter</p>

Prozessschritt	Bezeichnung	Inhalt	Mögliche Beteiligte
1.2.	TCMS-Schnittstellenadaptierung (nur für Fahrzeug des Ausrüstungsclusters 1)	<p>Folgende Leistungen umfasst die TCMS-Schnittstellenadaptierung:</p> <p>Definition der erforderlichen Fahrzeugschnittstellenanpassungen unter Berücksichtigung der Schnittstellenanforderungen der ZZS-Integration</p> <p>Anpassung des Bestands-TCMS (SW ggf. auch HW) und betroffener Sub-Systeme zur Integration der ZZS-Systeme (ETCS/ATO/NTC)</p> <p>Test und Nachweis der Rückwirkungsfreiheit der realisierten Anpassungen</p> <p>Erstellen der Test- und Nachweisdokumentation für die realisierten Anpassungen</p>	<p>V: OEM</p> <p>M: ETCS-Systemlieferant</p> <p>Kunde/Fahrzeughalter</p>
1.3	Fahrzeug-Engineering	<p>Im Rahmen des Fahrzeug-Engineerings werden die notwendigen Anpassungen am Fahrzeug unter Berücksichtigung des Bestandsschutzes umgesetzt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschaffung und Bewertung Bestandsdokumentation der Fahrzeuge als Basis für das Engineering • Planung der funktionalen, mechanischen und elektrischen Um- und Einbauten am Fahrzeug • Erstellung der Umbaudokumentation (z. B. Stromlaufpläne, Verdrahtungslisten, Zeichnungen, Stücklisten etc.) • Erstellung der Dokumentation zur Nachweiserführung bzgl. der Fahrzeuganpassungen • Aktualisierung der Bestandsdokumentation (Zeichnungen, Handbücher etc.) 	<p>V: Können sein:</p> <p>ETCS-Systemlieferant</p> <p>OEM</p> <p>Dritte/Mittelstand/Engineering-Dienstleister</p> <p>M: Kunde/Fahrzeughalter</p>
2	Installation – FoC	<p>Die FoC-Installation umfasst folgende Schritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschaffung/Fertigung und Logistik von Installationsmaterialien • Vorbereitende Umbautätigkeiten (ggf. Rückbau, Verlegung von Bestandssystemen, Umbauten am Fahrzeug) • Montage Einbauvorrichtungen, Kabelverlegung etc. • Einbau und Verschaltung der Systemkomponenten <p>Wie oben beschrieben, ist die FoC-Installation in großen Teilen ein iterativer Prozess mit den Engineering-Teams.</p>	<p>V: ETCS-Systemlieferant als Systemintegrator</p> <p>M: Können sein:</p> <p>OEM</p> <p>Dritte/Mittelstand/qualifizierte Servicewerkstätten</p> <p>Kunde/Fahrzeughalter</p>

Prozessschritt	Bezeichnung	Inhalt	Mögliche Beteiligte
3	Inbetriebsetzung	<p>Im Rahmen der FoC-Inbetriebsetzung werden folgende Schritte (statisch = stehendes Fahrzeug und dynamisch = Fahrzeug unter Traktion) ausgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inbetriebsetzung und Funktionstest der Anpassungen am Fahrzeug/Fahrzeuginrichtungen (inkl. Regressionstest) • Inbetriebsetzung und Funktionstest der ETCS-OBUS-Integrationslösung • Herstellung der Funktionsfähigkeit (HdF) des Gesamtsystems • Sofern erforderlich Fehlerbehebung 	<p>V: ETCS-Systemlieferant als Systemintegrator</p> <p>M: OEM</p> <p>Dritte/Mittelstand/qualifizierte Servicewerkstätten</p> <p>Kunde/Fahrzeughalter</p>
4	Typtests	<p>Im Rahmen des Typtests wird die Funktionalität der projektspezifischen ETCS/ATO/NTC-Systemlösung anhand der folgenden Tests nachgewiesen:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Integrationstests, Transitionstests, Systemtests auf Prüfständen des ETCS-Systemlieferanten • Integrationstests, Transitionstests, Systemtests auf dem Fahrzeug <p>Ergänzend, sofern erforderlich:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ETCS System Compatibility Test (ESC-Test) • Radio System Compatibility Test (RSC-Test) <p>Einige Typtests werden in Prüfständen des ETCS-Systemlieferanten außerhalb des Fahrzeugs vor oder überlappend zur FoC-Installation und Inbetriebsetzung durchgeführt.</p>	<p>V: ETCS-Systemlieferant als Systemintegrator</p> <p>M: OEM</p> <p>Fahrzeughalter</p>
5	Nachweisführung/Typengenehmigung (Zulassung)	<p>Begleitend zu allen zuvor dargestellten Phasen werden Nachweise, Prüfungen, Gutachten, Genehmigungen etc. gemäß 4. Eisenbahngesetz und nationalen Regelungen erstellt, um die Fahrzeugtypgenehmigung zu erlangen.</p>	<p>ETCS-Systemlieferant</p> <p>OEM</p> <p>ERA</p> <p>EBA, Nobo, DeBo, AsBo Prüfzentren</p> <p>Ingenieurdienstleister</p> <p>Fahrzeughalter</p>

Tabelle 7: Prozessinhalte einer FoC-Umrüstung

Mit den oben beschriebenen projektbezogenen Einzelvergaben ergeben sich für die Ausrüstungscluster 1 und 2 die folgenden in Abbildung 14 und Abbildung 15 dargestellten Durchlaufzeiten. Dabei beeinflussen die betrieblichen Anforderungen, Integrationsanforderungen und eine funktionierende Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten die Durchlaufzeiten gerade bei der Umrüstung des FoC-Fahrzeuges.

Die grau-gefüllten Zeitbalken stellen den optimalen Fall dar. Der optimale Fall kann erreicht werden, wenn zum Beispiel die folgenden Aspekte (Aufzählung nicht vollständig) erfüllt sind:

- die Bestandsunterlagen für das FoC-Fahrzeug aktuell und verfügbar sind,
- festgeschriebene Anforderungslage und damit die Möglichkeit, Produktlösungen zu nutzen,
- die kundenseitigen Anforderungen sich sehr nah an der gültigen TSI ZZS orientieren,
- Einbauräume für die OBU vorhanden sind,
- es eine konstruktive Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten gibt.

Die gestrichelten Zeitbalken stellen die im aufwendigsten Fall zusätzlich benötigten Durchlaufzeiten dar, wenn die genannten Aspekte nicht erfüllt werden können.

Für das Ausrüstungscluster 1 ergeben sich Durchlaufzeiten i. d. R. zwischen 24 und 38 Monaten. Die im Kapitel 3.3.1 dargestellten Optimierungspotenziale sind geeignet, die im aufwendigsten Fall zusätzlich benötigten Durchlaufzeiten zu reduzieren.

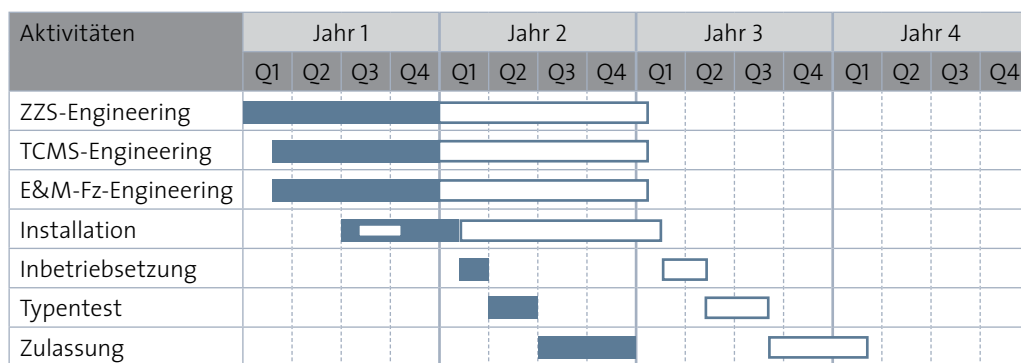


Abbildung 14: Durchlaufzeit einer FoC-Umrüstung im Cluster 1 (mit TCMS-Anpassung)

Für das Ausrüstungscluster 2 ergeben sich Durchlaufzeiten i. d. R. zwischen 20 und 30 Monaten. Wie im Ausrüstungscluster 1 können die zusätzlich benötigten Durchlaufzeiten optimiert werden.

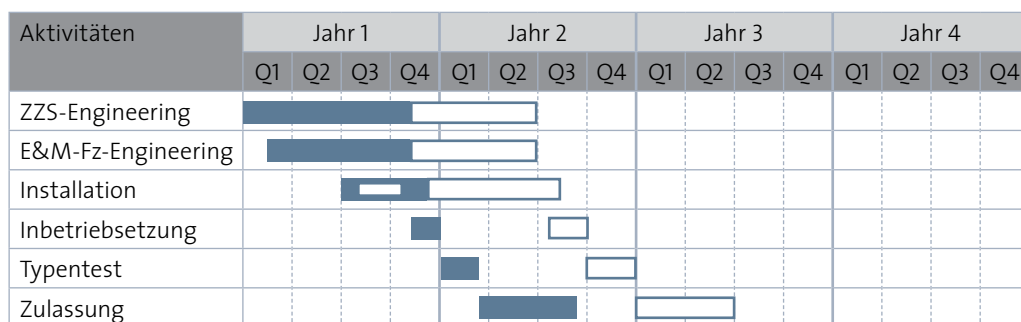


Abbildung 15: Durchlaufzeit einer FoC-Umrüstung im Cluster 2 (ohne TCMS-Anpassung)

Für das Ausrüstungscluster 3 (Basis-Integration) liegen die Durchlaufzeiten geringfügig unter denen des Clusters 2.

2.5.2 Aktuelle Prozesse bei der Serienumrüstung von Fahrzeugen

Die Serienumrüstung unterscheidet sich, wie bereits erwähnt, inhaltlich und aufwandsmäßig von der FoC-Umrüstung. Wie in Abbildung 16 dargestellt, existieren grundsätzlich zwei Vertrags- bzw. Geschäftsmodelle für die Serienumrüstungen.

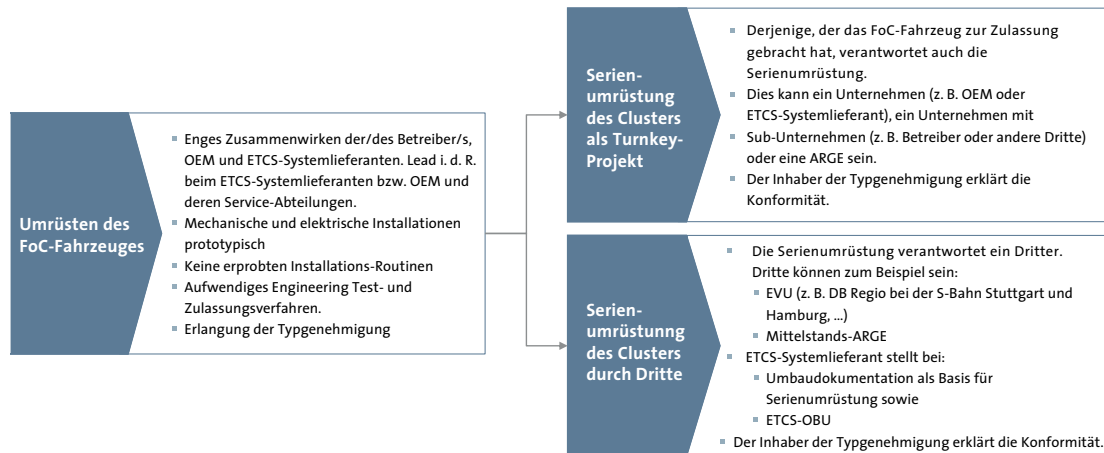


Abbildung 16: Vertrags- und Geschäftsmodelle für die Serienumrüstung

Der Kunde/Fahrzeughalter definiert das Vorgehensmodell vor der FoC-Umrüstung mit der Ausschreibung.

Die Abbildung 17 zeigt den IST-Prozess der Serienumrüstung. Die Einbaudokumentation der FoC-Umrüstung bildet die Basis für die Serienumrüstung. Der ETCS-Systemlieferant stellt die Dokumentation bei, wenn er nicht mit der Serienumrüstung beauftragt ist.

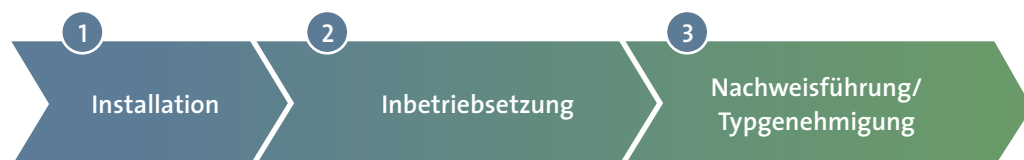


Abbildung 17: IST-Prozess der Serienumrüstung

Zwischen den drei Ausrüstungsklustern gibt es kaum inhaltlichen Unterschiede. Die Durchlaufzeiten werden eher durch die Fahrzeugart (Lok, Triebzug) bestimmt. Die Inhalte in den jeweiligen Prozessschritten und die möglichen Projektbeteiligten sind in der Tabelle 8 beschrieben.

Prozessschritt	Bezeichnung	Inhalt	Mögliche Beteiligte
1	Installation – Serie	<p>Die Serien-Installation umfasst folgende Schritte:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Beschaffung/Fertigung und Logistik von Installationsmaterialien • Bereitstellung und Logistik des ETCS/ATO/NTC-Systems • Fahrzeugdisposition • Vorbereitende Umbautätigkeiten (ggf. Rückbau, Verlegung von Bestandssystemen, Umbauten am Fahrzeug) • Montage Einbauvorrichtungen, Kabelverlegung etc. • Einbau und Verschaltung der Systemkomponenten 	<p>ETCS-Systemlieferant</p> <p>OEM</p> <p>Dritte/Mittelstand/qualifizierte Servicewerkstätten</p> <p>Kunde/Fahrzeughalter</p>
2	Inbetriebsetzung	<p>Im Rahmen der Serien-Inbetriebsetzung werden folgende Schritte (statisch = stehendes Fahrzeug und dynamisch = Fahrzeug unter Traktion) ausgeführt:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Inbetriebsetzung und Funktionstest der Anpassungen am Fahrzeug/Fahrzeugeinrichtungen (inkl. Regressionstest) • Inbetriebsetzung und Funktionstest der ETCS-OBUE-Integrationslösung • Herstellung der Funktionsfähigkeit (HdF) des Gesamtsystems • Sofern erforderlich Fehlerbehebung 	<p>ETCS-Systemlieferant</p> <p>OEM</p> <p>Dritte/Mittelstand/qualifizierte Servicewerkstätten</p> <p>Kunde/Fahrzeughalter</p>
3	Nachweisführung/ Typengenehmigung (Zulassung)	<p>Gemäß 4. Eisenbahngesetz und nationalen Regelungen erfolgt die Erlangung der Genehmigung für das Inverkehrbringen des Einzelfahrzeugs auf der Grundlage des Fahrzeugtyps.</p>	<p>ETCS-Systemlieferant</p> <p>OEM</p> <p>ERA</p> <p>EBA, Nobo, DeBo, AsBo</p> <p>Fahrzeughalter</p>

Tabelle 8: Prozessinhalte einer Serienumrüstung

Für die Serienumrüstung ergibt sich eine Durchlaufzeit pro Fahrzeug von ca. vier bis acht Wochen (siehe Abbildung 18).

Aktivitäten	Monat 1				Monat 2			
	1. KW	2. KW	3. KW	4. KW	5. KW	6. KW	7. KW	8. KW
Installation								
Inbetriebsetzung								
Zulassung								

Abbildung 18: Durchlaufzeit bei der Serienumrüstung eines Fahrzeuges

2.5.3 Aufwandsfaktoren bei Fahrzeugumrüstung

Die Analyse der Bestandsflotte mit ihrer Vielzahl an Baureihen und deren Varianten sowie IST-Prozessen zeigt, dass der Aufwand und die Durchlaufzeiten für die Umrüstung in den FoC-Clustern und die Serienumrüstung eines Fahrzeuges von zahlreichen Kriterien abhängen.

Nicht alle Kriterien haben das gleiche Optimierungspotenzial oder den gleichen Einfluss auf die Aufwände in der Integration. Im Folgenden sind die 10 identifizierten Kriterien genannt.

- Art der Umrüstung (First of Class vs. Serienumbau)
- Anzahl First-of-Class-Fahrzeuge (FoC) einer Baureihe
- Art des Fahrzeuges (Lok, E/DMU)
- Alter/Umbauzustand des Fahrzeuges/der Baureihe und deren Varianten (Dokumentationsstand/Zulassungsstand hinsichtlich umgesetzter Änderungen)
- Grad der Integration an vorhandene Fahrzeugschnittstellen (Anpassung mit/ohne TCMS Anpassung, Basis-Integration)
- Verfügbarkeit/Mitwirkung des OEM für die Fahrzeugschnittstellenanpassungen
- Vorbereitende Integrationsmaßnahmen (Grad der Vorrüstung)
- Anzahl und Komplexität der zusätzlich zur TSI geltenden Systemanforderungen des Kunden
- Verfügbarkeit der Ressourcen für die Integration (Umrüstungsprozess)
- Test- und Zulassungsprozess

Die Beschreibung der Kriterien und deren Optimierungspotenziale sind in Kapitel 3.3.1 erläutert.

3. VORSCHLAG FÜR EIN OPTIMIERTES VORGEHENSMODELL

Die zügige Digitalisierung der Schiene (DSD) auf der Grundlage der Europäischen Zug-sicherungs- und Leittechnik (ETCS) und Digitaler Stellwerke (DSTW) ist entscheidend, um die politischen Ziele und einen effizienteren europäischen Eisenbahnverkehr umzusetzen. Sie ermöglicht die Gewinnung zusätzlicher Kapazitäten und steigert die Zuverlässigkeit auf bestehenden Strecken ohne langwierige Bauplanungsprozesse.

Ohne eine Bundesförderung der ETCS/ERTMS-Fahrzeugausrüstung wäre der Schieneninfrastruktureigentümer gezwungen, eine Doppel- und Dreifachausrüstung der Infrastruktur über Jahre hinweg vorzuhalten. Damit würde der Business Case auf Seite der Infrastruktur sich nicht positiv darstellen. Denn die Abschaltung der Altsysteme wäre erst nach Ausrüstung aller Fahrzeuge möglich. Hinzu kommt noch das Obsoleszenz-Thema der LZB-Technik.

Um das Umrüstungsprogramm der Bestandsflotte mit ETCS effizient zu gestalten, sind folgende Aspekte zu beachten:

- Synchronisierung der Fahrzeugumrüstung mit dem Rollout der Infrastruktur
- Bündelung von Fahrzeugumrüstungen von Baureihen, die bei unterschiedlichen Haltern im Einsatz sind (Pooling von Fahrzeugen)
- Nutzung von Umrüstungsdokumentation gleicher Fahrzeugvarianten für unterschiedliche Halter
- Vorbereitung von verschiedenen Kooperationsmodellen
- Organisation von Reservefahrzeugkonzepten

3.1 Technologische Basis für die ETCS-Fahrzeugeinrichtung

Der ETCS-Rollout stellt den gesamten Sektor vor große Herausforderungen. Die Kapazitäten müssen gebündelt, neue Prozesse eingeführt und gleichzeitig muss die Systemlandschaft für die Zukunft vorbereitet werden. Die zukünftigen Anforderungen an den Sektor umfassen u. a.:

- a) Die demographische Entwicklung erfordert eine Ablösung der Altsysteme und eine weitere Automatisierung.
- b) Der prognostizierte Anstieg der Transportbedarfe erfordert eine Erhöhung der Streckenkapazität.
- c) Die Entwicklung zum autonomen Fahren mit klimaneutralen Antrieben auf der Straße wird den Wettbewerbsdruck auf den Sektor erhöhen.

Innovative Systemkonzepte wie die für neue Traffic Management Systems (TMS), automatisches Fahren (ATO), digitale Leit- und Sicherungstechnik inklusive ERTMS/ETCS und 5G-basierte Kommunikation bilden die Basis, die genannten Anforderungen intelligent zu lösen.

Auf der Infrastrukturseite werden Systemschnittstellen und eine Releaseplanung, die sich am betrieblich-technischen Zielbild der DB Netz orientiert, gemeinsam definiert. Auf dieser Basis kann gemeinsam eine Migration auf die zukünftige LST-Systemarchitektur beschrieben werden.

Der Rollout der neuesten Generation von zugelassenen digitalen Stellwerken beginnt in den nächsten Monaten. Hier wird maßgeblich die demographische Herausforderung adressiert. Für die nächsten Schritte werden Releases für das Gesamtsystem vereinbart, die für den Rollout eine stabile technische Basis bilden.

Parallel soll die Weiterentwicklung der Systeme gemeinsam mit der DB Netz AG (als EIU) und den Systemlieferanten vorangetrieben werden. Wann diese weiterentwickelten Systeme die Serienreife und damit den Technology Readiness Level 8/9 (TRL8/9 – fertig für Serien-Rollout) erreicht haben und die Lebenszyklusprozesse stabil sind, soll gemeinsam entschieden werden. Erst danach beginnt der Serien-Rollout. Diese Vorgehensweise ist aus den Erfahrungen der gemeinsamen Standardisierungsbemühung entstanden.

Auf diesen Erfahrungen sollte der Fahrzeugsektor aufsetzen, obwohl die prozessuale Komplexität auf Grund der Anzahl von Stakeholdern und die europäische Relevanz höher sind.

Aus Sicht des VDB ist ein vorwettbewerblicher Dialog in Anlehnung an das Vorgehen in der Infrastruktur sinnvoll. Ziel dieses Dialogs sollte es sein, auf Basis der jeweils gültigen bzw. im Betrachtungszeitraum zu erwartenden TSI ZZS ein Release für die ETCS-/ATO-Fahrzeuginrichtungen zu vereinbaren. Auf diesem Release könnten dann die spezifischen Projektierungen für die jeweiligen Baureihen/Varianten aufsetzen. Die Abbildung 19 skizziert diesen Ansatz.

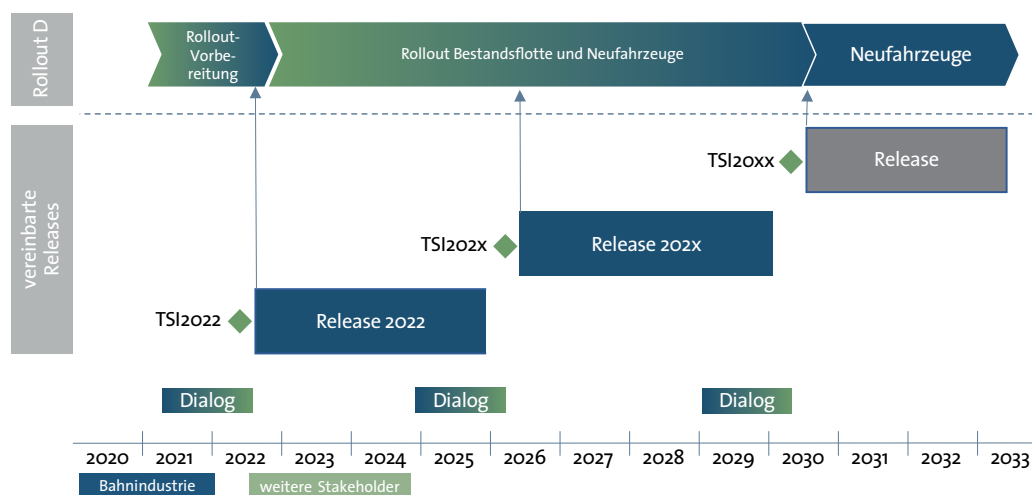


Abbildung 19: Mögliche Vorgehensweise zur Schaffung von abgestimmten Releases während des ETCS-Rollouts

Dieses Vorgehen würde für die Beteiligten Planungssicherheit in Hinblick auf die grundsätzlichen Systemanforderungen schaffen. Eine Voraussetzung für schnellere Ausschreibungsverfahren mit einem fairen Wettbewerb wäre gegeben.

3.2 Regulatorische Optimierung

Bezüglich der Verantwortlichkeiten (Antragsteller bei Fahrzeugtypgenehmigung und Änderung – hier Umrüstung mit ETCS) bei der Um- oder Aufrüstung von Fahrzeugen (nicht nur in Bezug auf ETCS) ist entsprechend dem 4. Eisenbahnpaket zu beachten:

Nur der Antragsteller einer Genehmigung im OSS (One-Stop-Shop) wird auch Inhaber der Genehmigung/Typengenehmigung werden und somit im weiteren Fortgang darüber entscheiden können, ob und wie (ohne zusätzlichen umfangreichen Mehraufwand) im Falle von Änderungen und Umrüstungen des Fahrzeugtyps damit umgegangen werden kann. Umgekehrt fallen für den Inhaber einer Genehmigung zusätzliche weitreichende Aufgaben wie zum Beispiel das sog. Konfigurationsmanagement an. Auch ist es möglich, dass der neue Inhaber der Fahrzeuggenehmigung nach Änderung oder Umrüstung nicht mehr deckungsgleich mit dem Inhaber der ursprünglichen Fahrzeuggenehmigung ist. Daher ist es zwingend erforderlich, vorab festzustellen und festzulegen, wer Antragsteller einer Genehmigung sein soll und wie im Falle von Änderungen bzw. Umrüstungen am Fahrzeug und an Fahrzeugtypen vorzugehen ist.

In diesem Zusammenhang ist insbesondere zu klären, ob die Änderungsverwaltungsstelle auch Inhaber der GIF ist. Sollte sie es nicht sein, so erfordert bereits eine Umrüstung, die unter Artikel 15 (1) b) der (EU) 2018/545 fällt, eine neue Genehmigung und nicht erst ab Artikel 15 (1) d).

Wichtig für die Genehmigung ist zu wissen, dass nicht nur First-of-Class-Fahrzeuge den Prozess nach den Vorgaben des 4. Eisenbahnpaketes durchlaufen müssen, sondern ebenso Typvarianten von Fahrzeugen einer Baureihe bzw. eines Typs. Dies ist insofern wichtig, als die Anzahl der mit ETCS nachzurüstenden (Typ)-Varianten um ein Vielfaches höher ist als die Anzahl der jeweiligen Baureihen bzw. Baureihenbezeichnungen bei den einzelnen Betreibern (siehe Kap. 2.1).

Sollte der jeweilige aktuelle Inhaber der Fahrzeugtypgenehmigung nicht bereit sein, als Änderungsverwaltungsstelle bzw. Antragssteller für die durch die ETCS -Ausrüstung veränderten Fahrzeuge aufzutreten, wird vorgeschlagen, dass der Antrag auf neue Fahrzeugtypgenehmigungen durch den Betreiber/Halter der Fahrzeuge gestellt wird und dieser damit auch Inhaber der neuen Fahrzeugtypgenehmigung wird. Nichtsdestotrotz könnte vertraglich geregelt werden, dass der ETCS-Systemlieferant dem Betreiber/Halter in eigener Verantwortung sämtliche Nachweise zuliefern muss, die ihm eine Antragstellung bei der Genehmigungsstelle ermöglichen, um die entsprechende Genehmigung zu erlangen.

Durch diese Konstellation wird es dem Betreiber/Halter ermöglicht, notwendige Änderungen im weiteren Lebenszyklus der Fahrzeuge, die nicht im Zusammenhang mit der ETCS-Ausrüstung stehen, in eigener Verantwortung als genehmigungsfreie Änderungen⁸ umzusetzen. Sollte hingegen der ETCS-Systemlieferant der neue Inhaber der Fahrzeugtypgenehmigung werden, würde die erste der zuvor genannten genehmigungsfreien Änderungen⁹ außerhalb der ETCS-Ausrüstung aufgrund der Bestimmungen aus (EU) 2018/545, Artikel 15,

⁸ Genehmigungsfreie Änderungen meinen hier Änderungen im Sinne von (EU) 2018/545, Artikel 15, Absatz 1, Buchstaben b) oder c).

⁹ Genehmigungsfreie Änderungen meinen hier Änderungen im Sinne von (EU) 2018/545, Artikel 15, Absatz 1, Buchstaben b) oder c).

Absatz 2, letzter Satz dazu führen, dass wiederum ein neuer Fahrzeugtyp zu schaffen ist, einschließlich der daraus resultierenden (zeitlichen) Konsequenzen für den Genehmigungsprozess.¹⁰

Die folgenden vier Optimierungspotenziale sind identifiziert und tragen zu einer erheblichen Durchlaufzeitverkürzung bei:

- ERA-Durchlaufzeit reduzieren
- Implementierung eines schnellen Verfahrens für Serienzulassungen auf Basis „Conformity to type“ (C2T)
- Geeignete Test-Labs zur Bestätigung der ETCS-Systemkompatibilität
- Reduzierung der ESC-Typen

Da die administrative Durchlaufzeit des C2T-Verfahrens nach Fertigstellung der Umrüstung und Erklärung der Konformität zum Typ des einzelnen Fahrzeuges bis zu 4 Wochen dauern kann, ist hier Potenzial identifiziert. Kein Eigentümer oder Halter oder Betreiber von Fahrzeugen wird es sich leisten wollen, bei einer rein industriellen Umrüstungsdauer von weniger als 3 bis 4 Wochen nochmals weitere 4 Wochen auf die Genehmigung für das Inverkehrbringen des Fahrzeuges (GIF) warten zu müssen und eine Vielzahl von Ersatzfahrzeugen zu mieten. So viele Ersatzfahrzeuge werden schlichtweg nicht zur Verfügung stehen.

Die Genehmigungsverfahren und die dahinter liegende Gesetzgebung verbieten z. Zt. „generelle Lösungen“ bei der Umrüstung, da diese sich immer auf den Fahrzeugzustand im Einzelnen beziehen müssen.

Eine **Optimierung des Zulassungsprozesses** und dabei insbesondere eine deutliche Reduzierung der administrativen Durchlaufzeit ist unter folgenden **Prämissen** vorstellbar:

- Falls der Wille im Eisenbahnsektor vorhanden ist, ETCS zügig und „effizient“ auszurollen, ist ein Gedanke aus dem ehemaligen Arbeitskreis „4+4+4“ zwischen EBA und VDB aufzugreifen. Die Rolle des Fahrzeughalters ist zu stärken und die **ETCS-Aus- bzw. Nachrüstung „grundsätzlich“ als Änderung gemäß EU 2018/545 Art 15 (1b)** (ehemals „nicht umfangreich“) **einzustufen**, wenn eine nach TSI ZZS zertifizierte ETCS-OBV verbaut wird und die „Einbauanleitung“ dazu beachtet wurde.
- Ein weiteres Optimierungspotenzial, um die ETCS-Systemkompatibilität (ESC) zu bestätigen, liegt in der **Nutzung eines zu erstellenden Test-Labs**, in dem die OBVs getestet und validiert werden können. Sehr gute Erfahrungen hierzu gibt es bereits in vielen anderen Ländern (z. B. in CH, DK, NL und FR).
- Weiterhin muss die DB Netz AG als Infrastrukturbetreiber seine ESC und RSC definieren. Ziel muss sein, die **ESC-Typen zu minimieren**, eine Zielgröße von zwei bis drei ESC-Typen ist anzustreben.

¹⁰ Vgl. (EU) 2018/545, Artikel 34 und 2011/665/EU.

3.3 Optimierte Wertschöpfungsstrukturen

3.3.1 Optimierungspotenziale

Die im Kapitel 2.5.3 genannten 10 Kriterien beeinflussen maßgeblich die Aufwände und Durchlaufzeiten, die sich unmittelbar auf die Umrüstkosten niederschlagen. Dies trifft insbesondere auf die FoC-Umrüstung zu.

In der Matrix (siehe Abbildung 20) sind diese Kriterien in Bezug auf ihren Einfluss auf die Umrüstung/Integration sowie deren Optimierungspotenzial abgeschätzt worden. Dabei beschreibt das Optimierungspotenzial, inwieweit ein Kriterium durch die Projektbeteiligten im Vorfeld der Umrüstung beeinflusst werden kann. **Im Vorfeld des Rollouts und in der Ausschreibungsphase sollte der Fokus auf dem Heben der Optimierungspotenziale der sechs hervorgehobenen Kriterien liegen. Diese Kriterien beeinflussen in Summe maßgeblich Zeit und Kosten des ETCS-Fahrzeug-Rollouts.**

1. Art der Umrüstung (First of Class vs. Serienumbau)
2. Anzahl First-of-Class-Fahrzeuge (FoC) einer Baureihe
3. Art des Fahrzeuges (Lok, E/DMU, ...)
4. Alter/Umbauzustand des Fahrzeuges/der Baureihe und deren Varianten(Dokumentationsstand/Zulassungsstand hinsichtlich umgesetzter Änderungen)
5. Grad der Integration an vorhandene Fahrzeugschnittstellen (Anpassung mit/ohne TCMS Anpassung, Basis-Integration)
6. Verfügbarkeit/Mitwirkung des OEM für die Fahrzeugschnittstellenanpassungen
7. Vorbereitende Integrationsmaßnahmen (Grad der Vorrüstung)
8. Anzahl und Komplexität der zusätzlich zur TSI geltenden Systemanforderungen des Kunden
9. Verfügbarkeit der Ressourcen für die Integration (Umrüstungsprozess)
10. Test- und Zulassungsprozess

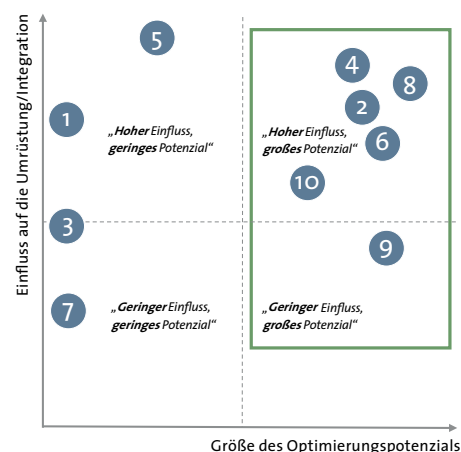


Abbildung 20: Kriterien, die den Aufwand und/oder die Durchlaufzeit der Umrüstung beeinflussen, und deren Optimierungspotenzial

In der folgenden Tabelle 9 sind die 10 identifizierten Kriterien mit ihren Optimierungspotenzialen beschrieben.

Lfd. Nr.	Kriterienbeschreibung	Optimierungspotenzial
1	<p><u>Art der Umrüstung (First of Class vs. Serienumbau)</u></p> <p>Vor der Serienumrüstung einer Baureihe bzw. einer Variante muss initial ein First-of-Class-Fahrzeug umgerüstet und zugelassen werden. Die Aufwände und vor allem die Durchlaufzeiten unterscheiden sich erheblich.</p>	Keine wesentlichen Potenziale identifizierbar.
2	<p><u>Anzahl First-of-Class-Fahrzeuge (FoC) einer Baureihe</u></p> <p>Die Anzahl der FoC-Fahrzeuge ist für den Rollout von entscheidender Bedeutung. Die durch ein FoC-Fahrzeug gebundenen Ressourcen (z. B. im System- und Integrations-Engineering, Test- und Zulassung) sind der limitierende Faktor für einen zeitgerechten Rollout.</p> <p>Ziel: Reduzierung der Anzahl von FoC-Fahrzeugen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Zur Reduzierung FoC-Fz bilden von FoC-Clustern durch das Zusammenfassen von Varianten einer BR. • FoC-Cluster betreiberübergreifend betrachten • Das Zusammenfassen von Antriebs-Varianten einer Fz-Art (z. B. BE/E/D/H(X)-MU). Synergien zwischen verschiedenen FoC-Clustern einer Fz-Art nutzen. Diese sollten, wenn möglich, betriebsbewährt sein. Die Synergien können nur herstellerspezifisch genutzt werden. • Generische, herstellerspezifische Zulassung von ETCS-OBUs je Cluster.
3	<p><u>Art des Fahrzeuges (Lok, E/DMU, ...)</u></p> <p>Die verschiedenen Fahrzeugarten mit ihren Eigenschaften (wie Länge, Anzahl der auszurüstenden Führerstände, Verkabelungsanforderungen etc.) erfordern spezifische Werkstattkapazitäten, Integrationsaufwände etc.</p>	Keine wesentlichen Potenziale identifizierbar.
4	<p><u>Alter/Umbauzustand des Fahrzeuges/der Bauserie (Verfügbarkeit und Qualität der Bestandsunterlagen/Zulassungsstand hinsichtlich umgesetzter Änderungen)</u></p> <p>Nach der Auslieferung werden Fahrzeuge von den ggf. verschiedenen Haltern teilweise umgebaut. Die Software auf den Fahrzeugen wird in unterschiedlichen Zyklen aktualisiert. Aus einer Baureihe entstehen zum Teil verschiedene Fz-Serien.</p> <p><u>Ziele:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Fahrzeugdokumentation aktualisieren • wenn möglich, Serien so angleichen, dass ein FoC-Cluster gebildet werden kann 	<p>Im Vorfeld des Rollouts:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bestand/Zustand der Serie erfassen und dokumentieren (Anm.: ggf. digitale Bestandsaufnahme – digital twin – erstellen) • Im Rahmen von geplanten Wartungs-/Instandsetzungsmaßnahmen: <ul style="list-style-type: none"> • Bekannte Einbauräume vorhalten (z. B. Lufttanks verlegen) • Bei Führerpultaktualisierung Räume berücksichtigen <p>Wenn ETCS-Projekt gestartet (herstellerspezifisch):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spezifische Einbauräume vorhalten • Konsolen für Balisenantennen einbauen.

Lfd. Nr.	Kriterienbeschreibung	Optimierungspotenzial
5	Grad der Integration an vorhandene Fahrzeugschnittstellen (Anpassung mit/ohne TCMS-Anpassung, Basis-Integration)	Betriebliche Notwendigkeit und Ergonomie-Anforderungen prüfen. Dies führt zur Einordnung in die Cluster.
6	<p><u>Verfügbarkeit/Mitwirkung des OEM für die Fahrzeugschnittstellenanpassungen</u></p> <p>In einem Großteil der Fahrzeugflotte muss das TCMS angepasst werden. Dies kann nur in Zusammenarbeit mit dem OEM erfolgen.</p> <p><u>Ziel:</u> Engineering-Ressourcen beim OEM zeitgerecht verfügbar machen</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Regelung zur Zusammenarbeit abstimmen • Verfügbarkeit im Vorfeld erhöhen • ARGE bilden
7	<p><u>Vorbereitende Integrationsmaßnahmen (Grad der Vorrüstung)</u></p> <p>Die Bestandsflotte verfügt über keine wesentlichen Vorrüstungen für den Einbau der ETCS-OBUs. Wenn vorhanden, sind diese teilweise nutzbar.</p>	Keine wesentlichen Potenziale identifizierbar.
8	<p><u>Anzahl und Komplexität der zusätzlich zur TSI geltenden Systemanforderungen des Kunden</u></p> <p>Im Zuge der Umrüstung eines FoC-Fahrzeuges muss der ETCS-Systemlieferant die OBU auf die Fahrzeugschnittstellen anpassen. Die generische Anwendung umfasst dabei die Anforderungen der geltenden TSI. So können FoC-Cluster für eine Baureihe (BR) bzw. Varianten der BR gebildet werden. Jede zusätzliche Systemanforderung an die ETCS-OBUs (z. B. zusätzliche Anzeige oder Bedienungen) zieht ein neues FoC nach sich.</p> <p><u>Ziel:</u> Vermeidung von zusätzlichen ETCS-OBUs-Systemanforderungen (implizit: Reduzierung der Anzahl von FoC)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Betriebliche Notwendigkeit prüfen • TSI-Fokus beibehalten
9	<p><u>Verfügbarkeit der Ressourcen für die Integration (Umrüstungsprozess)</u></p> <p>Das Ziel, die Bestandflotte bis 2030 umzurüsten, ist erreichbar. Die Voraussetzungen für den Aufbau der notwendigen Ressourcen sind gegeben, wenn kurzfristig der Rollout gestartet wird und damit Planungssicherheit für alle Beteiligten geschaffen wird.</p> <p><u>Ziel:</u> Ressourcen zeitgerecht verfügbar machen</p>	<p>Planungssicherheit und optimierte Rollout-Planung als Voraussetzung für:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Know-how aufbauen (auch bei Dritten) durch den OEM und/oder den ETCS-Systemlieferanten • „Umbacluster“ bilden • Kooperationsmodell vereinbaren
10	<p><u>Test- und Zulassungsprozess</u></p> <p>Für die Aufwände und Durchlaufzeiten bei FoC-Cluster und Serienumrüstungen spielen die Test- und Zulassungsprozeduren eine wesentliche, wenn auch unterschiedliche Rolle.</p> <p><u>Ziele:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • Ressourcen schonen • Bei Serienumrüstungen Zeitraum von Ende der Umrüstung bis Wiederinbetriebnahme verkürzen 	<ul style="list-style-type: none"> • ERA-Durchlaufzeit reduzieren • Implementierung des Verfahrens „Conformity to type“ für Serienzulassungen • Test-Labs zur Bestätigung der ETCS-Systemkompatibilität • Reduzierung der ESC-Typen

Tabelle 9: Aufwandskriterien und deren Optimierungspotenziale

Die Optimierungspotenziale wirken auf die in Kapitel 2.5.1 dargestellten zusätzlichen Durchlaufzeiten (aufwendigster Fall) bei der Umrüstung von FoC-Fahrzeugen. Da die Prozesse nicht grundsätzlich geändert werden können, bedeutet dies, dass für ETCS-Rolloutplanung von folgenden Regel-Durchlaufzeiten ausgegangen werden kann, siehe Tabelle 10:

	Durchlaufzeit in Monaten
FoC-Umrüstung im Ausrüstungscluster 1	24–28
FoC-Umrüstung im Ausrüstungscluster 2	20–24
FoC-Umrüstung im Ausrüstungscluster 3	18–20
Serienumrüstung	1 (3–4 Wochen)

Tabelle 10: Erreichbare Regel-Durchlaufzeiten bei der Umrüstung unter Nutzung der Optimierungspotenziale

3.3.2 Möglicher Rolloutplan

Wie im Kapitel 2.2.1 „Struktur der Bestandsflotte“ beschrieben, umfasst die Fahrzeugflotte in Deutschland inkl. Fahrzeuge im Cross-Border-Betrieb einen Fahrzeugbestand von ca. 17.000 Fahrzeugen.

Von denen müssen nach heutiger Analyse ca. 12.750 Fahrzeuge mit ETCS bis 2030 aus- und umgerüstet werden. Diese Fahrzeuge setzen sich im Wesentlichen aus Baureihen zusammen, die nach 1995 ausgeliefert wurden. Der überwiegende Anteil der restlichen Fahrzeuge muss in den nächsten Jahren ersetzt werden.

Aus diesen Bestandszahlen und den in Kapitel 3.3.1 genannten Regel-Durchlaufzeiten könnte der ETCS-Fahrzeug-Rollout wie in Abbildung 21 umsetzbar sein. Damit kann ein nahezu flächendeckender Betrieb mit ETCS stattfinden.

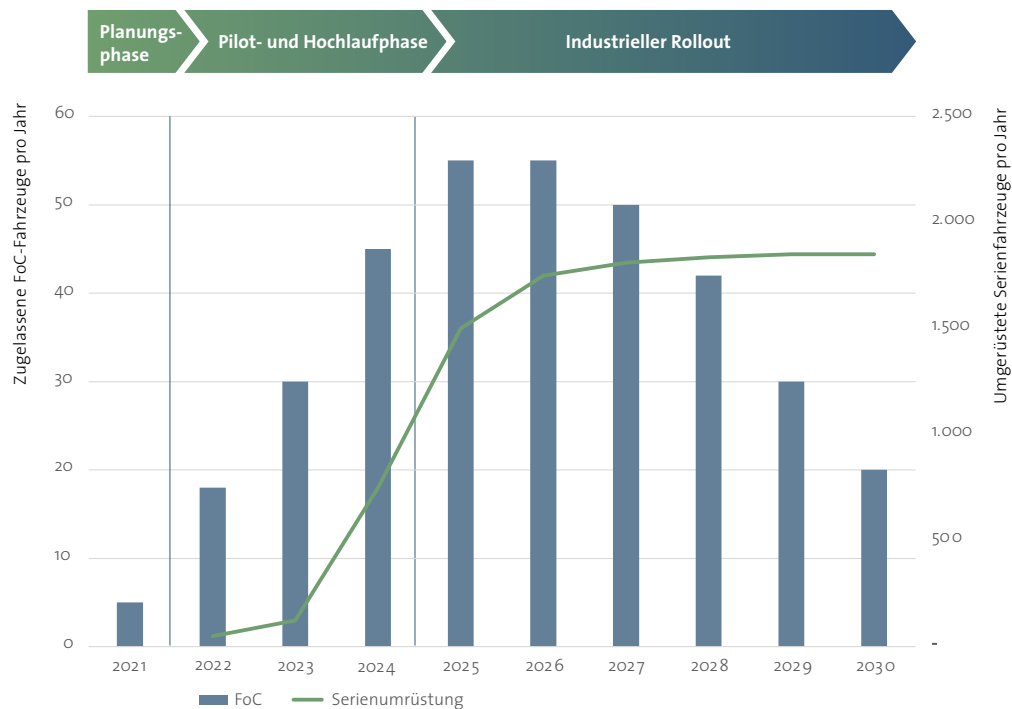


Abbildung 21: ETCS-Rolloutplanung – Jährlich zuzulassende FoC-Fahrzeuge und umzurüstende Serienfahrzeuge

Dieser abgeschätzte zeitliche Verlauf und die Machbarkeit des ETCS-Rollouts basieren auf folgenden Prämissen:

- Es wird für alle Projektbeteiligten **Planungssicherheit** geschaffen, inklusive der Finanzierung. Dies ist die Voraussetzung für den Aufbau der benötigten Ressourcen besonders in den Bereichen Engineering, Test und Zulassung.
- Aufsetzen einer gemeinsamen **Rollout-Organisation** (EBA, DB AG, VDV, VDB und ggf. weitere) analog zum Infrastruktur-Rolloutprogramm.
- **Neufahrzeuge** werden ab 2021 **nur noch mit ETCS-Fahrzeugeinrichtungen** ausgeschrieben. In Netzen mit zukünftig erhöhten Kapazitätsanforderungen wird die ATO-OBUE mit ausgeschrieben. **Damit werden die Ressourcen, die für die Umrüstung notwendig sind, nicht zusätzlich beansprucht.** Sinnvoll ist in diesem Zusammenhang, die Ausnahmeregelung des Bundes gemäß Kapitel 7.4.3 der TSI¹¹, dass Fahrzeuge, die weniger als 150 km einer potenziellen ETCS-Strecke befahren, von der ETCS-Ausrüstung von Neufahrzeugen befreit sind, zurückzunehmen. Aus Sicht des VDB erschwert diese Ausnahmeregelung den Flächenrollout.
- Für eine effiziente Serienumrüstung und um die Transportkapazitäten vorzuhalten, ist die Schaffung eines **Reservefahrzeugpools** wichtig. Bei einer Umrüstungsdauer und verwaltungstechnischen Durchlaufzeit von einem Monat pro Fahrzeug, bei der das Fahrzeug operativ nicht genutzt werden kann, entspricht dies gemittelt über alle Betreiber 1–2 % der gesamten Transportkapazität an Fahrzeugen. Für einzelne Betreiber wird dieser Wert deutlich höher liegen und kann zu erheblichen Umsatzverlusten führen, die ohne Unterstützungsleistungen nicht zu stemmen sind.

¹¹ Fachmitteilung 17/2016 des EBA vom: 03.08.2016, Thema: Fahrzeuge, Anwendung der Ausnahmeregelung zur generellen Ausrüstungsverpflichtung von Neufahrzeugen mit dem Zusicherungssystem ETCS gemäß Kapitel 7.4.3 der TSI Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung.

- Die in Kapitel 3.3.1 aufgezeigten **Optimierungspotenziale** werden maximal ausgeschöpft. Insbesondere sind dies:
 - **Reduzierung der FoC-Cluster** durch z. B. betreiberübergreifende FoC-Definition, TSI-konforme, einheitliche Anforderungen an die ETCS-OBUs (siehe Releaseplanung)
 - Verkürzung der **Zulassungszeiten**
 - Bündelung/**Pooling** von Serienumrüstungen
 - Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten
- **Trennung** des ETCS-Rolloutprogramms von Innovationsprojekten. Der ETCS-Rollout muss mit vereinbarten, **zugelassenen System-Releases** erfolgen.
- Eine **enge Abstimmung des Fahrzeug- mit dem Infrastruktur-Rollout** ist wichtig, jedoch nicht hinreichend. Der Fahrzeug-Rollout muss eine autarke Planung entwickeln, da der Vorlauf im Sinne des VDB-Vorschlags (u. a. Pooling, betreiberübergreifende FoC-Cluster etc.) nicht allein von der Infrastruktur-Planung abhängig gemacht werden sollte.

Industrielle Kapazitäten werden genügend vorhanden sein, sei es bei den Kunden in den Fahrzeugwerkstätten oder bei qualifizierten Servicewerkstätten.

3.4 Umsetzungskonzept

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, wird von einer umzurüstenden Bestandsflotte von 90 % ausgegangen. Mit einem Hochlauf von zwei bis drei Jahren müssen somit ab dem vierten Jahr jährlich mindestens 1500 Fahrzeuge umgerüstet werden.

Was bedeutet dies für umrüstende Firmen, Komponentenlieferanten und Betreiber?

Die hohe Anzahl von Fahrzeugbaureihen und Fahrzeugvarianten (First of class) funktioniert nur mit einem organisierten Vorgehen. Ein Pooling von Fahrzeugen gleicher Baureihe oder gleicher Variante, die bei unterschiedlichen Betreibern im Einsatz sind, reduziert erheblich die Kosten und ermöglicht eine logistisch notwendige und erforderliche Umsetzungsplanung. Dies setzt eine Koordinierung in der Umrüstungsplanung zwischen Fahrzeughaltern, Betreibern und Umrüstungsfirmen voraus. Könnte es nicht sinnvoll sein, dass für bestimmte Baureihen Umrüstungszeitfenster definiert werden, die von unterschiedlichen Fahrzeughaltern und -betreibern „gebucht“ werden können? Also in gewisser Weise eine Umkehr der Geschäftsbeziehungen von einem bisherigen Projektgeschäft zu einem Angebotsprogramm der Industrie an die Fahrzeughalter.

Bisherige Um- und Ausrüstungsprogramme erfolgen zurzeit nach dem Modell der klassischen Ausschreibungen (z. B. Stuttgart). Die Prozesse sind bei allen Beteiligten eingespielt. Die Anzahl der umzurüstenden Fahrzeuge ist im Vergleich zu bisherigen ETCS-Fahrzeugausschreibungen relativ hoch und somit auch das Interesse. Bei Ausschreibungen für große Flotten wird dieses „klassische“ Verfahren sicher weiterhin zur Anwendung kommen.

Aber wie funktioniert eine flächendeckende Um- und Ausrüstung mit ETCS bei der hohen Anzahl von Fahrzeugbaureihen und Fahrzeugvarianten für mehr als 400 EVUs und mehr als 120 Fahrzeughalter in Deutschland?

Eine Bündelung von Aktivitäten und Bildung von Partnerschaften erscheint hier sinnvoll und notwendig:

- Pooling von Fahrzeugbaureihen und Fahrzeugvarianten, die bei mehreren Fahrzeughaltern und -betreibern im Einsatz sind.
- Festlegung einheitlicher und gleicher technischer Anforderungen, um die knappen Engineeringkapazitäten optimal ausnutzen zu können
- Gleichmäßige Umlage von Fördergeldern (FoC) auf jeweilige Anzahl der umzurüstenden Fahrzeuge bei unterschiedlichen Fahrzeughaltern und -betreibern
- Zulassungsprozess nur 1-mal pro FoC-Variante durchführen
- Nutzung von erstellter Zulassungs-Dokumentation für gleiche Variante durch unterschiedliche Halter

In Analogie zum Rollout der Infrastruktur sollte ein Rollout-Programm „Fahrzeugumrüstung“ geschaffen werden. Damit werden technische, organisatorische und administrative Voraussetzungen geschaffen.

Im Sinne einer effizienten Abwicklung dieses Programms sind die Mitgliedsunternehmen des VDB e. V. zu einer partnerschaftlichen Zusammenarbeit mit den jeweiligen Industriepartnern bereit. Bereits in der Ausschreibungsphase oder in vorgelagerten Industriedialogen können aufgrund dieses Strategiepapiers Optimierungspotenziale berücksichtigt werden. Insbesondere die Bündelung von Aktivitäten auf Basis der identifizierten Ausrüstungscluster geben Handlungsempfehlungen für Fahrzeughalter, Fahrzeughersteller und Umrüstungsbetriebe.

Dabei kann es zu den unterschiedlichsten Kooperationsmodellen kommen, die sich an der Komplexität der entsprechenden FoC-Cluster orientieren sollte:

Folgende Kooperationsmodelle sind z. B. vorstellbar:

- Fahrzeughalter + Fahrzeughersteller + ETCS-OBULieferant
- Fahrzeughalter + Fahrzeughersteller + Servicewerkstatt und/oder mittelständischer Partner + ETCS-OBULieferant
- Fahrzeughalter + Servicewerkstatt und/oder mittelständischer Partner + ETCS-OBULieferant
- Fahrzeughalter + ETCS-OBULieferant

Hervorzuheben ist, dass die Komplexität der Integration bei Fahrzeugen des Clusters 1 die Beteiligung des Ursprungsfahrzeugherstellers erforderlich macht – zumindest die Bereitschaft, dass die notwendigen TCMS-Daten für die ETCS-Integration offengelegt werden.

Eine generelle Offenlegung seitens der Ursprungsfahrzeughersteller von TCMS-Daten kann nicht gegeben werden, jedoch ist eine Bereitschaft zur Mitwirkung im Einzelfall gegeben.

Forschungsaktivitäten neuer Fahrzeugarchitekturen sind im Sektor zu behandeln und Programme wie Shift2Rail 2 sind dafür das richtige Forum.

4. KOSTEN UND FINANZIERUNG

4.1 Implementierungskosten

Laut der bereits erwähnten McKinsey-Studie zum Rollout von ETCS/DSTW aus dem Jahr 2018 wird mit einem Gesamtfinanzierungsbedarf bis 2040 von ca. 32 Mrd € gerechnet, wobei ca. 28 Mrd € für Infrastrukturmaßnahmen und weitere ca. 4 Mrd € für die Fahrzeugumrüstung zum Ansatz gebracht werden.

Prämisse für diese Abschätzung war eine Größenordnung von ca. 10.000 umzurüstenden Fahrzeugen.

Die detaillierte Analyse dieses Strategiepapiers zeigt, dass die Anzahl der umzurüstenden Fahrzeuge mehr als 25 % höher ist und eine Bewertung der Komplexität (FoC-Cluster) erforderlich ist.

- Ca. 25 % mehr umzurüstende Fahrzeuge gegenüber der McKinsey-Studie
- 111 Fahrzeugbaureihen weisen eine signifikant höhere Variantenanzahl (257 Minimum, Bandbreite 350–400) auf, die in drei Ausrüstungs-Clustern klassifiziert werden.

Aufgrund der oben genannten Analyse ist von einem Finanzierungsbedarf von mindestens 4 Mrd. € auszugehen. Die aus den Zahlen der Bestandsflottenanalyse abgeschätzte Kostenaufteilung auf die Ausrüstungscluster ist in Abbildung 22 dargestellt.

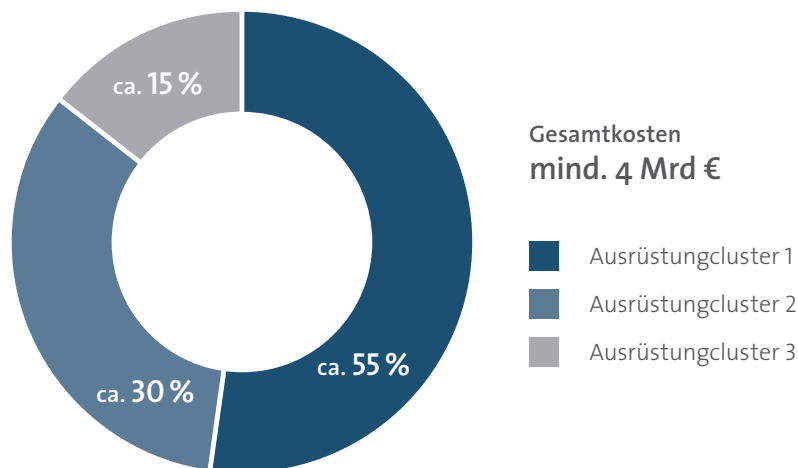


Abbildung 22: Aufteilung der geschätzten Gesamtkosten auf die Ausrüstungscluster

In der Kostenabschätzung sind folgende Aspekte nicht enthalten:

- Reservefahrzeugpool schaffen
- Programmorganisation und -management
- Erhöhung der FoC-Cluster durch unterschiedliche ETCS-Systemlieferanten bei gleicher Variante
- Upgrade von Class-B-Systemen

4.2 Finanzierungskonzepte

Wirtschaftliche Erwägungen des EVU bzw. Fahrzeughalters sind ein wesentlicher Aspekt bei der Aus- bzw. Umrüstung der Fahrzeuge auf ETCS. Für den überwiegenden Teil der Halter und EVUs entsteht durch die Doppelausrüstung der Fahrzeuge infolge des Rollouts DSTW/ETCS kein **unmittelbarer wirtschaftlicher Nutzen, was eine Umrüstung aus eigenen Mitteln betriebswirtschaftlich erschwert.**

Der gesamtgesellschaftliche Nutzen der Umrüstung kann aber nur zum Tragen kommen, wenn Fahrzeuge und Infrastruktur gleichermaßen kompatibel mit den auszurollenden Technologien sind. Daher empfiehlt die Bahnindustrie, wie in der McKinsey-Studie angenommen, ebenso eine Förderung der Fahrzeugausrüstung als wesentlichen Erfolgsfaktor.

Die Finanzierung für die Umrüstung der Fahrzeuge wird aus Bundesmitteln vorgeschlagen, so wie bereits in der McKinsey-Studie angeregt wurde. Dabei sollte eine Unterscheidung zwischen FoC-Förderung und Serienumrüstung vorgenommen werden.

First-of-Class(FoC)-Förderung

Zur **Überwindung der Initialkosten/Fixkosten der „First Mover“** ist es erforderlich, **eine First-of-Class-Förderung zu etablieren, innerhalb welcher die Zulassung des ersten Fahrzeugs einer Baureihe und/oder Variante** durch Fördermittel finanziert wird. Dadurch können eventuelle Wettbewerbsverzerrungen vermieden werden. Zudem würde eine derartige Förderung sowohl für die Industrie als auch für die Fahrzeughalter Planungssicherheit schaffen.

Grundlage der Förderung ist eine zu erstellende Positivliste, die alle Baureihen und deren Varianten enthält, von denen es mindestens 10 Fahrzeuge im Sektor gibt, die mindestens eine Restnutzungsdauer von fünf Jahren haben. Darüber hinaus kann basierend auf einem Wirtschaftlichkeitsnachweis die First-of-Class-Förderung zusätzlicher Baureihen beantragt werden. Die Baureihenzulassungen und die entsprechende Förderung sollten durch den zentralen Rolloutkoordinator gesteuert werden.

Förderung von > 50 % der Fahrzeugumrüstung

Zweites vorgeschlagenes Instrument ist eine **Förderung von 50 % oder mehr der tatsächlichen Umrüstkosten für die Fahrzeuge**. Wir schlagen eine kilometerbezogene Bezuschussung der Fahrzeugumrüstung vor, deren Mittel unmittelbar an die Fahrzeughalter/Aufgabenträger fließen. Diese Bezuschussung dient neben dem Ausgleich der Investitionskosten auch dazu, einer Konzentration der Umrüstung aller Fahrzeughalter vorzubeugen, und gewährleistet somit eine gleichmäßige Umrüstung bei effizientem Ressourceneinsatz über den gesamten Umrüstzeitraum hinweg.

Es wird vorgeschlagen, den kilometerbezogenen Fördersatz derart auszugestalten, dass ein Fahrzeug, welches eine Laufleistung von z. B. 50.000 km auf dem deutschen Schienennetz in maximal fünf Jahren erbringt, den maximalen Förderbetrag erhält.

Weiterhin ist eine Förderung für Fahrzeuge mit noch geringerer Laufleistung (wie z. B. Rangierloks, Gleis- und Sonderfahrzeuge) im Sinne der Gleichbehandlung ebenfalls zu erarbeiten.

Auch der europäische Vergleich zeigt, dass die Fahrzeugumrüstung in den meisten Ländern staatlich gefördert wurde oder wird. Zudem empfiehlt sich eine zentrale Koordination der Infrastruktur- und Fahrzeugumrüstung sowie der entsprechenden Förderung.

Ob aus europäischen Förderquellen die Umrüstung der Fahrzeuge mit ETCS ergänzend gefördert werden kann, bedarf einer weiteren Prüfung. EU-Mittel für den Deutschen Aufbau- und Resilienzplans (DARP) für die Aus- und Umrüstung von Schienenfahrzeugen mit ETCS bieten sich dafür an.

Glossar

Baureihe (BR)	bezeichnet eine Fahrzeuggattung gleicher Bauweise – z. B. BR 101, BR 261, BR 401, BR 648
Schieneninfrastruktureigentümer	DB Netz AG = Bund
Class-B-System	bezeichnet ein vorhandenes nationales Zugsicherungssystem (z. B. PZB in Deutschland, ATB in Niederlanden etc.)
Fahrzeugplattform	bezeichnet eine Fahrzeugfamilie – z. B. Flirt, Lint, Vectron, Traxx
First of class (FoC)	Erstes umzurüstendes Fahrzeug einer Baureihe (BR) oder Variante (im Englischen oft als first-in-class bezeichnet)
Halter von Schienenfahrzeugen	Verpflichtung, Betrieb sicher zu führen (§ 4 Abs. 3 AEG) Inbetriebnahmegenehmigung von Fahrzeugen beantragen (§ 4 Abs. 2 AEG); zuständig für Instandhaltung jedes ihrer Fahrzeuge als ECM ¹² (§ 4a Abs. 1 AEG); Übertragung der Zuständigkeit für die Instandhaltung möglich (§ 4a Abs. 1 AEG)
Kunde	In diesem Dokument wird der Begriff Kunde stellvertretend für die Betreiber und/oder Halter und/oder Eigentümer der jeweiligen Bestandsfahrzeuge verwendet.
Variante	hier gemeint als Fahrzeuge mit identischen zulassungsrelevanten Eigenschaften aus Sicht des fahrzeugseitigen ZZS-Teilsystems innerhalb einer BR bei Nachrüstung von ETCS. Eine Variante ist als ein „First-of-Class“-Fahrzeug anzusehen.
4. Eisenbahnpaket	Am 30. Januar 2013 legte die Europäische Kommission das vierte Eisenbahnpaket vor, bestehend aus Vorschlägen für drei Richtlinien und drei Verordnungen zur Weiterentwicklung des europäischen Eisenbahnrechts.

¹² Entity in Charge of Maintenance (kurz: **ECM**, die für die Instandhaltung zuständige Stelle).

Abkürzungsverzeichnis

ASTW	Stellwerk der Bauformen vor der Spurplantechnik (Vorkriegstechnologie)
AEG	Allgemeines Eisenbahngesetz
AsBo	Assessment Body
ATO	Automatic Train Operation, Automatisierter Fahrbetrieb
ATO-OB	ATO-On-Board
ATO-TS	ATO-Trackside
AV	ATO Vehicle
BMF	Bundesfinanzministerium
BMU	Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit
BMVI	Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur
BTM	Balise Transmission Module
C2T	Conformity to Type, Genehmigung auf der Grundlage eines Fahrzeugtyps
CCS	Control Command and Signalling
CCU	Communication Control Unit
CENELEC	Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung
COTS	Commercial off-the- shelf
CSM-VO	Common Safety Method-Verordnung
DAV	Driver Advisory Vehicle
DeBo	Designated Body
DKS	Pilotprojekt „Digitaler Knoten Stuttgart“
DIN	Deutsches Institut für Normung
DMI	Driver Machine Interface
DMU	Diesel Multiple Unit
DSD	Digitale Schiene Deutschland
DSTW	Digitales Stellwerk
EBA	Eisenbahn-Bundesamt
ECM	Entity in Charge of Maintenance, Für die Instandhaltung zuständige Stelle
EIG	Eisenbahn Ingenieur Gesellschaft
EIGV	Eisenbahn-Inbetriebnahmegenehmigungsverordnung
EMU	Electric Multiple Unit
EN	Europäische Norm
ERA	European Union Agency for Railways
ERATV	European Register of Authorised Types of Vehicles

ESC	ETCS System Compatibility
ESG	ETCS signalgeführt, entspricht ETCS L1LS
ETCS	European Train Control System
ETCS-OB	ETCS-On-Board
EVC	European Vital Computer
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen
FFFS	Form Fit Functional Interface Specification
FIS	Functional Interface Specification
FoC	First of Class
FRMCS	Future Railway Mobile Communication System
GIF	Genehmigung für das Inverkehrbringen von Fahrzeugen
GoA	Grade of Automation
HW	Hardware
ICE	Intercity Express
JRU	Juridical Recording Unit
KMU	Klein- und mittelständische Unternehmen
LH	Lastenheft
LST	Leit- und Sicherungstechnik
LTM	Loop Transmission Module
MCG	Mobile Communication System
MT	Maintenance Terminal
MVB	Multifunction Vehicle Bus
NNTR	Notifizierte Nationale Technische Regeln
NNTV	Notified National Technical Rules, notifizierte nationale technische Vorschriften
Nobo	Notified Body
NSA	National Safety Authorisation
NTC	National Train Control
NTC-APP	National Train Control Applications
OBU	On-Board-Unit
ODO	Odometer
OEM	Original Equipment Manufacturer, Originalausrüstungshersteller
OSS	One-Stop-Shop
PBR	Projekt zur Beschleunigung des Rollouts
PN	ProfiNet
PS	Perception System

RAMS	Raliability-Availability-Maintainability-Safety
RSC	Radio System Compatibility
S2R	Shift2Rail
SNB	Schienennetz-Benutzungsbedingungen
STM	Specific Transmission Module
TCMS	Train Control and Monitoring System
TIMS	Train Integrity Monitoring System
TNB	Technische Netzzugangsbedingungen
TRDP	Train Real Time Data Protocol
TRL	Technology Readiness Level
TRU	Train Recording Unit
TSI	Technische Spezifikationen für die Interoperabilität
TSI Loc&Pas	TSI Fahrzeuge-Lokomotiven und Personenwagen
TSN	Time Sensitive Networking
UIDR	User Identification Reader
VDB	Verband der Bahnindustrie in Deutschland
VDCM	Vehicle Device and Configuration Management
VDE	Verkehrsprojekt Deutsche Einheit
VDM	Vehicle Diagnostic and Monitoring
VDV	Verband Deutscher Verkehrsunternehmen
VIAM	Vehicle Identity and Access Management
VLS	Vehicle Localisation System
VV	Verwaltungsvorschrift
ZZS	Zugsteuerung Zugsicherung und Signalgebung

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	ETCS-Rolloutplanung – Jährlich zuzulassende FoC-Fahrzeuge und umzurüstende Serienfahrzeuge	9
Abbildung 2:	Szenario für einen nochmals beschleunigten Flächenrollout für ETCS/ DSTW bis 2035, Arbeitsstand 12/2020	14
Abbildung 3:	Geplante ETCS/ATO-Projekte im Nahverkehr	15
Abbildung 4:	Anzahl Lokomotiven (in Stück) nach Bauzeitraum und Eigentümer	17
Abbildung 5:	Ausrüstungscluster und deren Charakteristik	20
Abbildung 6:	Anzahl umzurüstende Fahrzeuge je Ausrüstungscluster (ohne Gleis- und Sonderfahrzeuge)	21
Abbildung 7:	Prinzip der Bildung eines FoC-Clusters innerhalb der Ausrüstungscluster (am Beispiel Ausrüstungscluster 1)	22
Abbildung 8:	Quantitative Zuordnung der FoC-Cluster zu den drei Ausrüstungscluster	23
Abbildung 9:	Gegenstand der Systembetrachtung mit Schnittstellen (Einschätzung des Standes nach Veröffentlichung der TSI 2022)	24
Abbildung 10:	Gesetzliche und normative Grundlagen (europäisch), harmonisierte Anforderungen	28
Abbildung 11:	Gesetzliche und normative Grundlagen (national), Nicht harmonisierte Anforderungen und weitere Regelungen	29
Abbildung 12:	Genehmigungsprozess für das Inverkehrbringen von umzurüstenden Fahrzeugen	31
Abbildung 13:	IST-Prozess einer FoC-Umrüstung	34
Abbildung 14:	Durchlaufzeit einer FoC-Umrüstung im Cluster 1 (mit TCMS-Anpassung)	39
Abbildung 15:	Durchlaufzeit einer FoC-Umrüstung im Cluster 2 (ohne TCMS-Anpassung)	39
Abbildung 16:	Vertrags- und Geschäftsmodelle für die Serienumrüstung	40
Abbildung 17:	IST-Prozess der Serienumrüstung	40
Abbildung 18:	Durchlaufzeit bei der Serienumrüstung eines Fahrzeuges	42
Abbildung 19:	Mögliche Vorgehensweise zur Schaffung von abgestimmten Releases während des ETCS-Rollouts	44
Abbildung 20:	Kriterien, die den Aufwand und/oder die Durchlaufzeit der Umrüstung beeinflussen und deren Optimierungspotenzial	47
Abbildung 21:	ETCS-Rolloutplanung – Jährlich zuzulassende FoC-Fahrzeuge und umzurüstende Serienfahrzeuge	51
Abbildung 22:	Aufteilung der geschätzten Gesamtkosten auf die Ausrüstungscluster	54

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1:	Fahrzeugbestand in Deutschland	16
Tabelle 2:	Im Zeitraum 1995–2020 gebaute Fahrzeuge (Gleisbau- und Sonderfahrzeuge sind auch vor 1995 gebaut)	16
Tabelle 3:	Anzahl Baureihen und deren Variantenvielfalt	17
Tabelle 4:	Quantitative Auswertung der Baureihen und deren Variantenvielfalt	18
Tabelle 5:	Einschätzung zum Stand der TSI 2022 mit der Veröffentlichung Mitte 2022	26
Tabelle 6:	Referenzen der wichtigsten europäischen Verordnungen	30
Tabelle 7:	Prozessinhalte einer FoC-Umrüstung	38
Tabelle 8:	Prozessinhalte einer Serienumrüstung	41
Tabelle 9:	Aufwandskriterien und deren Optimierungspotenziale	49
Tabelle 10:	Erreichbare Regel-Durchlaufzeiten bei der Umrüstung unter Nutzung der Optimierungspotenziale	50

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

- Alstom Transport Deutschland GmbH
- Siemens Mobility GmbH
- Stadler Rail Service GmbH und Stadler Signalling AG
- Schaltbau Refurbishment GmbH (vertritt hier auch den Mittelstand des VDB e. V.)
- Hitachi Rail STS Deutschland GmbH
- Thales Deutschland GmbH

Mit Unterstützung von Nextrail und PPC4Trains.

Die Aufgabenstellung für dieses Strategiepapier wurde durch das Präsidium des VDB erteilt.

