

Fahrzeugnachrüstung für den Digitalen Knoten Stuttgart

Um 333 S-Bahn- und Regionaltriebzüge mit ETCS und weiteren Techniken auszurüsten, gehen Bund, Land, Region, Industrie und DB in vielfacher Hinsicht neue Wege.

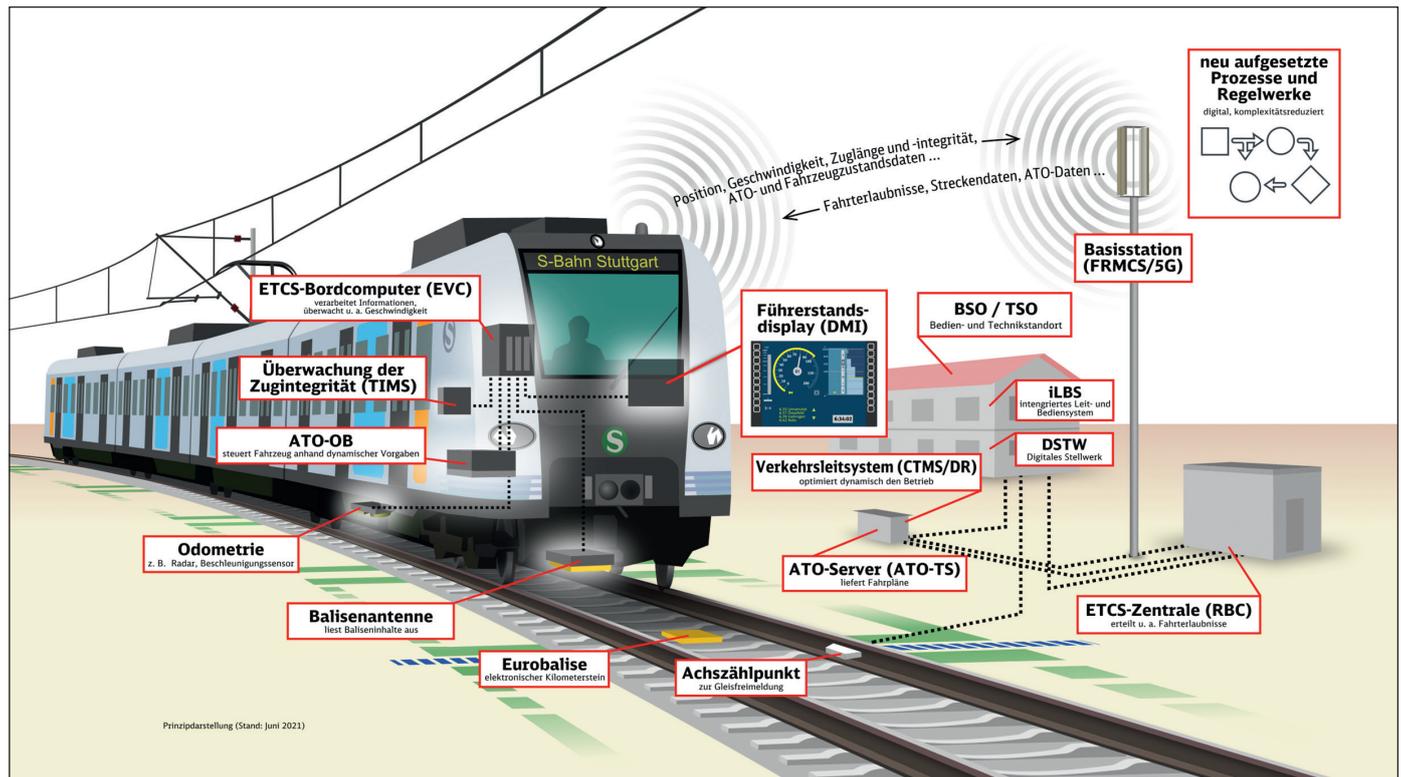


Abb. 1: Mit der im DKS pilotierten DLST wird ein wesentlicher Teil der LST auf das Fahrzeug verlagert. Dargestellt ist der Endzustand im Horizont 2030 (mit Baustein 3 des DKS), exemplarisch am Beispiel einer S-Bahn. Die Ausrüstung erfolgt entsprechend dem Betrieblich-Technischen Zielbild der Digitalen Schiene Deutschland.

Quelle aller Abb.: Deutsche Bahn

FRANK DIETRICH | MARCO MEYER |
RENE NEUHÄUSER | FLORIAN ROHR |
THOMAS VOGEL | NORMAN WENKEL

Um ab 2025 im Digitalen Knoten Stuttgart (DKS) „ohne Signale“ mit maximierter Leistungsfähigkeit zu fahren, sind die gesamte S-Bahn- sowie die betroffene Regionalverkehrsflotte mit European Train Control System (ETCS) nachzurüsten. Nach dreijähriger Vorbereitung verbleiben nach der Vergabe an Alstom nun noch dreieinhalb Jahre für Engineering, First-in-Class- und Serienrüstung. Erstmals in Deutschland werden dabei ganze Vollbahnflotten mit ATO GoA 2 und ETCS Level 3 ausgerüstet. Auch finanziell und organisatorisch werden im Zuge einer gemeinsamen Kraftanstrengung neue Wege beschritten. Ein erster Einblick in ein bislang einzigartiges Großprojekt.

Motivation

Im Rahmen des DKS wird die Eisenbahn-Infrastruktur in der Region Stuttgart bis 2030 schrittweise mit Digitaler Leit- und Sicherungstechnik (DLST) ausgerüstet. Bis 2025 werden zunächst im Kern des Knotens – darunter die S-Bahn-Stammstrecke und der im Rahmen von Stuttgart 21 (S21) entstehende neue Hauptbahnhof mit seinen Zulaufstrecken – ein Digitales Stellwerk (DSTW) und ETCS Level 2 „ohne Signale“ (oS) in Betrieb genommen [1]. Bis 2030 folgt schrittweise die übrige Region, dazu werden technische Weiterentwicklungen entsprechend dem Betrieblich-Technischen Zielbild (BTZ) der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) verfolgt [2]. Dazu zählen unter anderem „hochautomatisierter Fahrbetrieb mit Triebfahrzeugführer“ (ATO GoA 2, Automatic Train Operation Grade of Automation 2), ein Kapazitäts- und Verkehrsmanagementsystem (Capacity and Traffic Management System, CTMS), ETCS

Level 3 (Hybrid) sowie das GSM-R-Nachfolgesystem FRMCS (Future Railway Mobile Communication System). Das Vorhaben umfasst mehr als 500 Netzkilometer und ist Teil des DSD-Starterpakets, in dessen Rahmen bis 2030 die Grundlagen für den bundesweiten DSTW/ETCS-Roll-out gelegt und pilotiert werden. Erstmals in Deutschland wird dabei nicht nur ein Knoten mit DLST ausgerüstet, sondern die Technik auch für maximale Leistungsfähigkeit und erhöhte Resilienz geplant. Einer wesentlich vereinfachten Infrastruktur steht dabei im DKS eine deutlich aufwendigere Fahrzeugausrüstung gegenüber. Während viele Feldelemente wie Signale, PZB-Magneten und Achszählpunkte nicht mehr erforderlich sind, müssen dafür insbesondere für ETCS eine Reihe von Komponenten an Fahrzeugen nachgerüstet werden, darunter das ETCS-Bordgerät, komplexe Odometrie und Funk. Nur im engen, in Abb. 1 verdeutlichten Zusammenspiel von Fahrzeug, Infrastruktur und Betrieb

	Typ	Anzahl	Hersteller	Inbetriebsetzung	Konfiguration	Eigentümer	Betreiber	Zugbeeinflussung
	Baureihe 423	60	Bombardier / Alstom	1999–2005	4-teilig	DB Regio	DB Regio	PZB
	Baureihe 430	97	Bombardier	2011–2016	4-teilig	DB Regio	DB Regio	PZB
		58 (2. Serie)	Bombardier	ab 2022				PZB
	Flirt 3	13	Stadler	seit 2018	3-teilig	SFBW	Go-Ahead	PZB
		9		seit 2018	4-teilig			PZB, LZB
		19		seit 2018	5-teilig			PZB
		14		seit 2018	6-teilig			PZB, LZB
		11		seit 2019	„XL“, 3-teilig			PZB
	Talent 3	26	Bombardier	seit 2019 (Vorserie ab 2017)	3-teilig	SFBW	Abellio	PZB
		26			5-teilig			PZB

Tab. 1: Überblick über die insgesamt 333 zur Nachrüstung ausgewählten Triebzüge, deren Nachrüstung in vier Losen ausgeschrieben wurde. Die vier Typen bildeten jeweils ein Los.

Quelle: Deutsche Bahn, Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

Typ	Anzahl	Inbetriebsetzung	Hersteller	Eigentümer	ETCS-Ausrüstung
Talent 2 (4-Teiler)	16	2017	Bombardier	SFBW	vorbereitet
Baureihe 146.2	10	2005	Bombardier	DB Regio	nicht vorbereitet
Baureihe 147	20	2016	Bombardier	DB Regio	teilausgerüstet (Baseline 2)
Doppelstock-Steuerwagen	12	2003-2009	Bombardier	DB Regio	nicht vorbereitet

Tab. 2: Im Knoten Stuttgart geplante Fahrzeuge, die nicht mehr im Auftrag des Landes Baden-Württemberg mit ETCS ausgerüstet und spätestens ab 2025 in anderen Regionen zum Einsatz kommen werden.

Quelle: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg

kann es gelingen, die mit dem DLST-Roll-out verfolgten Kapazitätsziele auch zu erfüllen [3].

Konzeption

Angangspunkt der Überlegungen waren die Ergebnisse der S-Bahn-ETCS-Untersuchung von 2018 [4], die eine schnelle und mit der Infrastruktur koordinierte Ausrüstung der insgesamt 157 Triebzüge der Baureihen 423 und 430 mit ETCS Level 2 und ATO GoA 2 empfahl [5]. Im Januar 2019 entschied die Region, als Aufgabenträger der S-Bahn, auf dieser Grundlage mit breiter Mehrheit, die S-Bahn-Flotte um 58 Triebzüge der Baureihe 430 auszuweiten [6]. Die damals für 2025 im Knoten Stuttgart geplanten Regionalverkehrsflotten, die sich bereits damals weitgehend im Eigentum der Landesanstalt Schienenfahrzeuge Baden-Württemberg (SFBW) befanden, zeigten hingegen ein deutlich heterogeneres Bild: Das Spektrum umfasste 176 Triebzüge bzw. Fahrzeuge unterschiedlicher Typen aus sechs Baureihen, vom einzelnen bereits 2003 in Betrieb genommenen Steuerwagen bis hin zu modernen und für ETCS vorbereiteten „Flirt 3“- und „Talent 3“-Flotten mit jeweils mehr als 50 Triebzügen in verschiedenen Konfigurationen. Eine im Auftrag des Landes durchgeführte Studie empfahl 2019, kleine bzw. ältere Flotten nicht mehr nachzurüsten. Maßgeblich dafür waren die hohen Fixkosten, die für die Ausrüstung des ersten Triebfahrzeuges anfallen (First-in-

Class, FiC), aber auch die Vertragsdauer der zu Grunde liegenden Verkehrsverträge sowie die für Nachrüstungen bis zur Inbetriebnahme der Infrastruktur verbleibende Zeit.

Nachdem einige Verkehrsverträge ohnehin für den Zeitraum ab 2025 (mit Neufahrzeugen) neu zu vergeben sind, das Verkehrsangebot überdies deutlich über das bislang geplante Maß ausgeweitet werden sollte, entschied das Land, 66 „Flirt 3“- und 52 „Talent 3“-Triebzüge nachzurüsten (Tab. 1). Die übrigen 58 Triebfahrzeuge bzw. Steuerwagen werden nicht nachgerüstet und spätestens ab 2025 in anderen Regionen zum Einsatz kommen (Tab. 2). Stattdessen wird das Land zunächst 130 neue, vierteilige Doppelstock-Regionaltriebzüge beschaffen, die „ab Werk“ ausgerüstet und voraussichtlich im Oktober 2021 vergeben werden.

Notwendige und zielführende Förderung

Eine 2018 im Auftrag des Bundes vorgelegte Machbarkeitsstudie [7] zum flächendeckenden Roll-out von DSTW und ETCS empfiehlt, damit kurzfristig zu beginnen, hierzu bis 2030 alle in Deutschland verkehrenden Triebfahrzeuge mit ETCS (zusätzlich zur punktförmigen Zugbeeinflussung (PZB)) sowie bis 2040 die gesamte Infrastruktur netzbezirksweise mit DSTW und ETCS (Level 2/3, oS) auszurüsten. Dies ist nicht nur volkswirtschaftlich wesentlich sinnvoller als eine schleppende

Einführung, sondern bereitet zusätzlich den Weg, eine Reihe von Nutzen zu heben – beispielsweise zusätzliche Fahrwegkapazität, geringeren Instandhaltungsaufwand und weitergehende Digitalisierung, unter anderem mit ATO. Inzwischen streben Bund, Deutsche Bahn AG (DB) und Industrie an, den DSTW/ETCS-Roll-out bis 2035 abzuschließen [8]. Gleichwohl Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) langfristig von den Effizienzgewinnen der Infrastruktur (über geringere Trassenpreise) profitieren und dies inzwischen auch in das Eisenbahnregulierungsgesetz aufgenommen wurde [9], ist aufgrund der wesentlich früher anfallenden Nach- bzw. Ausrüstungskosten eine staatliche Förderung erforderlich [7]. Im Rahmen eines Modellvorhabens fördert der Bund im DKS erstmals die ERTMS- und ATO-Fahrzeugausrüstung mit bis zu 200 Mio. EUR [10, 11]. Weitere 65 Mio. EUR werden mit hoher Wahrscheinlichkeit im Rahmen des Klimaschutz-Sofortprogramms [12] 2022 bereitgestellt. Damit werden wesentliche Grundlagen für den Roll-out gelegt, Erfahrungen gesammelt und die Potenziale von Kapazitätssteigerungen einer zeitlich und räumlich koordinierten ERTMS-Einführung ermittelt [10]. Die EU steuert weitere bis zu 21 Mio. EUR aus der 2019 CEF Transport Blending Facility für die Regional- und S-Bahn-Flotten bei [13]. Beide Förderinstrumente standen bzw. stehen auch weiteren Fahrzeughaltern bzw. Verkehrsunternehmen offen.

Fahrzeugausrüstung (nach Anhang 2, Abschnitt A der Förderrichtlinie 10)	Nutzen im Gesamtsystem
ETCS-Ausrüstung (Anforderung 1)	Verzicht auf Doppelausrüstung der Infrastruktur => weniger Kosten, mehr Fahrwegkapazität
ETCS nach SRS 3.6.0 (1)	Spätere Bremsensatzpunkte => mehr Fahrwegkapazität Grundlage für GPRS und Online Key Management
Verkürzte ETCS-Verarbeitungszeiten (13)	Mehr Fahrwegkapazität, auch durch kürzere Blockteilung
Gamma-Bremssystem (12)	Spätere Bremsensatzpunkte => mehr Fahrwegkapazität, etwas kürzere Fahrzeiten
FRMCS (3, 4, 19)	Einsparungen durch beschleunigte Migration und potenziell weniger notwendige Maststandorte
GSM-R-Funkmodul mit Unterstützung erweiterter Frequenzen und (...) (5)	Weniger GSM-R-Infrastrukturaufwand aufgrund erweiterter Planungsspielräume
Online Key Management (5)	Automatisiertes und somit effizientes und weniger aufwendiges Schlüsselmanagement
Antennen und Verkabelungen für zukünftige Frequenzen (6, 22)	Einsparungen durch beschleunigte FRMCS-Migration
Standardisierte Schnittstellen (7, 18)	Einfachere spätere Hochrüstung und Austauschbarkeit Vermeidung Herstellerabhängigkeit => mehr Wettbewerb, zukünftige Kostensenkungen
Zugvollständigkeitsüberwachung / Level 3 (8)	Weniger Kosten und Störungen durch weniger ortsfeste Gleisfreimeldung
Cold Movement Detection (14)	Schnelleres Aufstarten nach „Kaltstart“ => schnellere Räumung von Gleisen => mehr Fahrwegkapazität Potenziell weniger Balisen
ATO GoA 2 (16, 17, 24)	Grundlage für vorausschauendes Fahren => mehr Qualität und zukünftig mehr Fahrwegkapazität Weniger Traktionsenergiebedarf
Übertragung von Fahrzeugzustandsinformationen (23)	Präzisere Regelung und bessere Vorausschau im Zusammenspiel von CTMS und ATO GoA 2 => mehr Qualität und zukünftig mehr Fahrwegkapazität

Tab. 3: Anforderungen nach Förderrichtlinie und damit erzielte Wirkungen im Gesamtsystem

Quelle: Deutsche Bahn

Durch die der Förderung zugrunde liegenden Bedingungen gelingt es, Fahrzeuge in einer für das Gesamtsystem (und somit gesamtwirtschaftlich) sinnhaften Weise, im Einklang mit dem BTZ für die infrastruktureitigen Systeme, auszurüsten – weit über bloße Netzzugangsbedingungen hinaus, die nur das Nötigste fordern. Tab. 3 fasst die Anforderungen der Förderrichtlinie des Bundes und die damit erzielten Wirkungen im Gesamtsystem zusammen. Abb. 2 verdeutlicht den Kapazitätsnutzen derart optimierter Fahrzeuge an einem Beispiel: Durch ETCS sind Position und Geschwindigkeit des vorausfahrenden Zuges bekannt und wird auch eine dichte Blockteilung ermöglicht. Koordiniert durch CTMS, das u. a. Traktions- und Bremszustand des Fahrzeugs kennt, kann mittels ATO GoA 2 der nachfolgende Zug, in Erwartung der Bewegung des vorausfahrenden Zuges, bis haarscharf unter die Zwangsbremseinsatzkurve geführt werden. Darüber hinaus tragen u. a. auch optimierte ETCS-Bremskurven, verkürzte Verarbeitungszeiten sowie schneller, robuster Bahnbetriebsfunk (mit FRMCS) dazu bei, dichtestmögliche Zugfolgen zu realisieren (Abb. 2). Im Übrigen werden die „Blaupausen“ – entsprechend einer weiteren Förderbedingung des Bundes – im Rahmen der Fördermittel-Dokumentation öffentlich zur Verfügung gestellt und stehen zur zügigen und vergleichsweise einfachen Nachrüstung baugleicher Fahrzeuge bundesweit bereit.

Der Weg zur Vergabe

Der Bereich Beschaffung der DB und die DB Systemtechnik verfügen über mehr als 15 Jah-

re Erfahrung mit ETCS-Fahrzeugausrüstung unter vielfach komplexen Randbedingungen [14]. Neben der S-Bahn Stuttgart greift auch das Land Baden-Württemberg auf diese in Deutschland einzigartige Expertise zurück, um das anspruchsvolle Ausrüstungsprojekt zum Erfolg zu führen. Die SFBW hat dazu nach einer Ausschreibung die DB Regio AG, S-Bahn Stuttgart mit dem Projektmanagement beauftragt, die DB Beschaffung fungiert für beide als (Unter-)Auftragnehmer. Durch diese gemeinsame Struktur werden nicht nur knappe Ressourcen und Erfahrungsträger bestmöglich genutzt, sondern – im Lichte sehr ähnlicher Herausforderungen – auch weitere Synergieeffekte in der Projektabwicklung gehoben.

Unmittelbar nach Bestätigung der Förderunschädlichkeit durch das Eisenbahn-Bundesamt (EBA) wurde im Januar 2020 mit der Konzeption der Vergabeverfahren begonnen. Ausgehend von bewährten Lastenheften – beispielsweise aus der ETCS-Nachrüstung von ICE-Triebzügen und der Digitalen S-Bahn Hamburg – galt es, neue und weiterentwickelte Anforderungen zu entwickeln. Die Ausrüstung, im Einklang mit dem BTZ der Infrastruktur, geht dabei weit über ein einfaches ETCS nach aktueller ETCS-Spezifikation (mit SRS 3.6.0) hinaus, beinhaltet beispielsweise ETCS Level 3 (einschließlich Zugintegritätsüberwachung (TIMS)) und Fahrzeugzustandsdaten (Train Capability) für CTMS (Tab. 3). In einer vorgelagerten Markt- und Produkterkundung sowie zahlreichen Runden wurde um gute Lösungen gerungen, besonders für Innovationselemente und Detailoptimierungen. Für einzelne,

nicht abschließend spezifizierte Themen, beispielsweise zu FRMCS und TIMS, wurde eine Innovationskooperation mit dem Lieferanten vorgesehen. Da im Übrigen nicht klar war, ob alle potenziellen Bieter alle Anforderungen tatsächlich erfüllen können, wurden bestimmte Anforderungen nicht als Muss- sondern optionale Anforderungen ausgewiesen, um den Wettbewerb möglichst wenig einzuschränken. Die Ausrüstung erfolgt im Übrigen vorausschauend in zwei Stufen: In einer ersten Stufe wird sichergestellt, dass alle Fahrzeuge 2025 mit ETCS im Knoten fahren können, in einer zweiten folgt ein Upgrade auf die nächste ETCS-Spezifikation, die Ende 2022 veröffentlicht wird. Dabei wird FRMCS in Stufe 1 zunächst soweit vorbereitet, dass hardwareseitig mit Stufe 2 lediglich das Funkmodul zu tauschen und das FRMCS-Gateway einzubauen sein wird. Weitere Elemente, wie Level 3, werden erst später vollumfänglich genutzt werden. Angesichts der tiefgreifenden Eingriffe, zu der bereits die bloße ETCS-Nachrüstung führt, war es geboten, diese Ausrüstungselemente bereits jetzt mit vorzusehen. So kann mit geringstmöglichem Aufwand ein erheblicher Nutzen entfaltet werden. Bestandteil der Vergaben ist im Übrigen auch ein langlaufender Softwarepflegevertrag. Die folgende Aufstellung zeigt schlaglichtartig einige der Anforderungen der Ausschreibungen:

- Die ETCS-Fahrzeugausrüstung sendet Position-Reports spätestens 1,0 Sekunden nach dem Lesen der zugehörigen Balise.
- Die ETCS-Fahrzeugausrüstung verwendet KDry_rst-Faktoren, die abhängig sind von der Zuglänge.

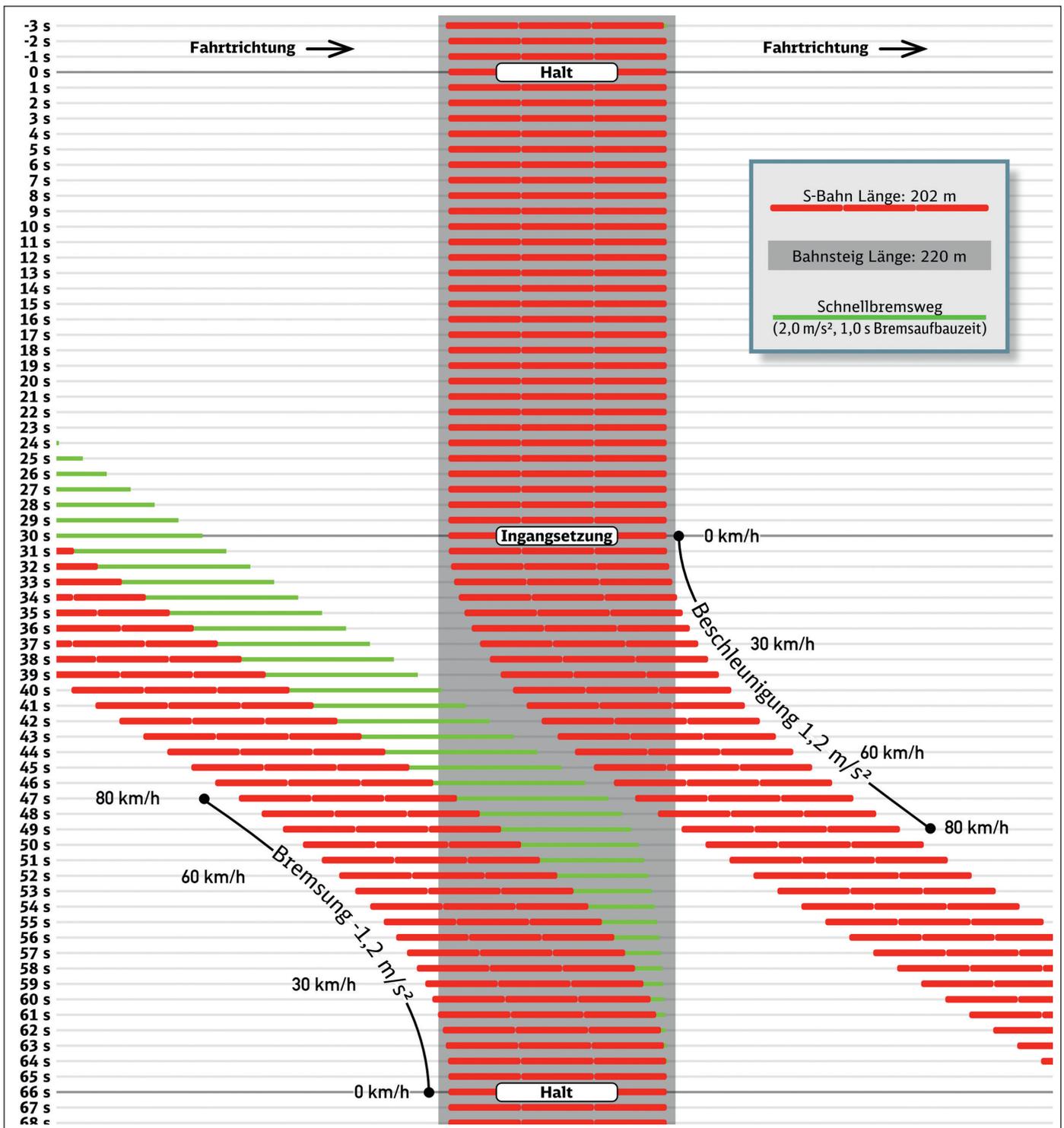


Abb. 2: Modellhafte Veranschaulichung des vorausschauenden Fahrens am Beispiel einer dichten Zugfolge am Bahnsteig

- EuroRadio ist so realisiert, dass eine Anbindung an ein FRMCS-Gateway über ein in der TSI ZSS 2022 definiertes Interface durch ein Software-Upgrade erreicht werden kann. Hierzu verfügt EuroRadio bereits physisch über diese Schnittstelle.
- Die ATO realisiert eine Haltegenauigkeit von ± 2 m mit einer Wahrscheinlichkeit von 99,99 %.
- Die Schnittstellen des Fahrzeugs mit der ETCS- und ATO-Fahrzeugausrüstung ent-

sprechen Subset 119 und 139 gemäß den auf der OCORA-Webseite [...] veröffentlichten Vorgaben.

- Das Fahrzeug überträgt die maximal verfügbare Traktionskraft (auch unter Berücksichtigung von Mehrfachtraktion und reduzierter Leistung) absolut in 1-kN-Schritten und normiert auf 100 % in 5 %-Schritten an die Strecke.
- Der Auftragnehmer (AN) erstellt ein Konzept zur Realisierung der Funktionen Zugvollständigkeit und Zuglängen.

- Der AN beauftragt den Fahrzeughersteller, ein Backoffice bereitzustellen, das die Daten des Fahrtenschreibers und alle relevanten Daten für Fehleranalysen der ETCS- und ATO-Fahrzeugausrüstung für mindestens ein Jahr empfängt und speichert.

Parallel zu den Lastenheften wurden weitere Grundlagen der Ausschreibung erarbeitet, darunter zahlreiche technische Dokumente und ein Entwurf für den zu verdingenden Vertrag. Um den Wettbewerb zu stärken,

wurden vier voneinander unabhängige Lose gebildet (Tab. 1). Im Juli 2020 wurde zum Teilnahmewettbewerb aufgerufen. Aufgrund der besonderen Anforderungen an die Technik, den straffen Zeitplan sowie die besonderen Qualitätsanforderungen für einen robusten Hochleistungsbetrieb, wurden bewusst hohe Hürden gesetzt, insbesondere in Bezug auf bisherige ETCS-, PZB-, LZB- und ATO-Projekte, Qualitätsmanagement und Zulassungserfahrungen. Anschließend folgten Aufklärungsgespräche, die Angebots- und Verhandlungsphasen mit unzähligen Bietergesprächen und zum Abschluss die Aufforderung zum Best and final offer (BAFO) mit anschließender Auswertung. Letztlich konnten alle qualifizierten Bieter die gestellten technischen Anforderungen erfüllen. Lediglich die geforderte Haltegenauigkeit von +/- 0,5 m wurde mit einer geringeren Zuverlässigkeit als gewünscht angeboten. Die für den DKS entwickelten Lastenhefte dienen dem flächenhaften Roll-out als eine Referenz.

Vergabe

Unmittelbar nachdem das EBA Ende Juni 2021 Unbedenklichkeitsbescheinigungen für den vorzeitigen Maßnahmenbeginn erteilte, wurden alle vier Lose an die Alstom Transport Deutschland GmbH vergeben. Der Auftragswert für die Nachrüstung der 215 bzw. 118 Triebzüge liegt bei jeweils rund 130 Mio. EUR [15, 16]. Darin enthalten ist die gesamte FiC sowie die Serienausrüstung der Regionaltriebzüge durch Alstom. Die Serienausrüstung der S-Bahn-Triebzüge erfolgt hingegen im Rahmen eines separaten, noch nicht vergebenen Auftrags durch die DB Fahrzeuginstandhaltung, mit der von Alstom gelieferten Hardware und mit Unterstützung des Lieferanten. Bei den Regionaltriebzügen entfallen dabei fast drei Viertel der Vergabesumme auf die FiC-Ausrüstung und Zulassung von sieben Prototyp-Fahrzeugen, die Serienausrüstung der übrigen 111 Triebzüge macht hingegen nur wenig mehr als ein Viertel der Gesamtkosten aus. Bei der FiC-Umrüstung entfallen wiederum auf die bloße ETCS-Ausrüstung annähernd drei Viertel der Kosten, auf die übrige Technik und weitere Nebenleistungen wie Softwarepflege und Schulungen etwas mehr als ein Viertel. In der Serienumrüstung ist der Anteil von ETCS an der technischen Ausrüstung noch größer. Abgesehen von ATO GoA 2, bleiben dabei alle leistungssteigernd wirkenden Funktionen jeweils im niedrigen vierstelligen Euro-Bereich und machen in Summe weniger als ein Sechstel der Kosten aus. Die erstmalige Fahrzeugausrüstung im Einklang mit dem BTZ, einschließlich ETCS, kostet in der Serie rund 300 000 EUR je Triebzug.

Bei zukünftigen Neufahrzeugen ähnlicher Architektur dürfte der Aufwand erheblich geringer liegen. Dazu entfallen begleitende Kosten einer Nachrüstung, beispielsweise die für ein gesondertes Projektmanagement oder nachträgliche zusätzliche Bremsversuche. Vor



Abb. 3: Die Umrüstung der Triebzüge erfolgt an fünf Standorten von Alstom und der DB Fahrzeuginstandhaltung.

allen Dingen ist eine zur Aufrechterhaltung des Fahrgastbetriebs während der Umrüstung notwendige Ersatzfahrzeugflotte, deren Kosten für die Regionalverkehrsflotten im DKS eine mittlere zweistellige Millionenhöhe erreichen, unnötig.

Wegweisende Erfahrungen

Über die reinen Kosten hinaus führt bereits die bloße Nachrüstung von Bestandsfahrzeugen mit ETCS, während laufender Verkehrsverträge, zu einem weitreichenden Abstimmungsaufwand, insbesondere zwischen Aufgabenträgern, EVU, Fahrzeughaltern und -herstellern, Fördergebern und Lieferanten. Eine große technische Hürde liegt in bislang proprietären Fahrzeugbus-Systemen und Schnittstellen zum ETCS- und ATO-Bordgerät. Verschärft wird dies, wenn der Fahrzeuglieferant selbst als Bieter auftritt und gleichzeitig einem anderen Bieter für ein Angebot notwendige Informationen bereitstellen soll. Teils waren benötigte Unterlagen auch schlicht damals nicht erstellt worden oder aber auch nicht nach intensiver Recherche und/oder Nachdruck durch die Industrie freigegeben. Auch mussten umfangreiche Freigaben und Vertraulichkeitserklärungen durch die Systemher-

steller der Fahrzeuge eingeholt werden. Nicht zuletzt erwies sich teilweise auch die Besichtigung von Triebzügen durch potenzielle Bieter in den Werken als schwierig, teils mussten sie dafür zunächst in fremde Werke überführt werden. Wie sich bei diesen Besichtigungen im Übrigen zeigte, war die bei den meisten Triebfahrzeugen vorhandene ETCS-Vorrüstung – im Wesentlichen nur Leerräume und Kabelkanäle – nicht geeignet, um den Umrüstungsaufwand nennenswert zu senken.

Die Nachrüstung führt auch unweigerlich zu massiven Eingriffen in Verkehrsverträge. Beispielsweise müssen EVU teilweise den AN für Ersatzfahrzeugflotten als Subunternehmer einsetzen. Gleichzeitig sind damit einhergehende Remanenzkosten, die durch verminderte Werkstattauslastung entstehen, zu verhandeln und auszugleichen. Ähnliches gilt für die Fahrzeugpacht während der Umrüstung im Pachtmodell der SFBW. Zu regeln sind schließlich auch die Einmal- und laufenden Kosten von Schulungen sowie der späteren Instandhaltung, aber auch der Umgang mit diversen Projektaufwendungen und -risiken.

Nach diesen und weiteren Erfahrungen wird das Land Baden-Württemberg Neufahrzeuge soweit wie möglich nur noch mit einer Ausrüstung im Einklang mit dem BTZ beschaffen.

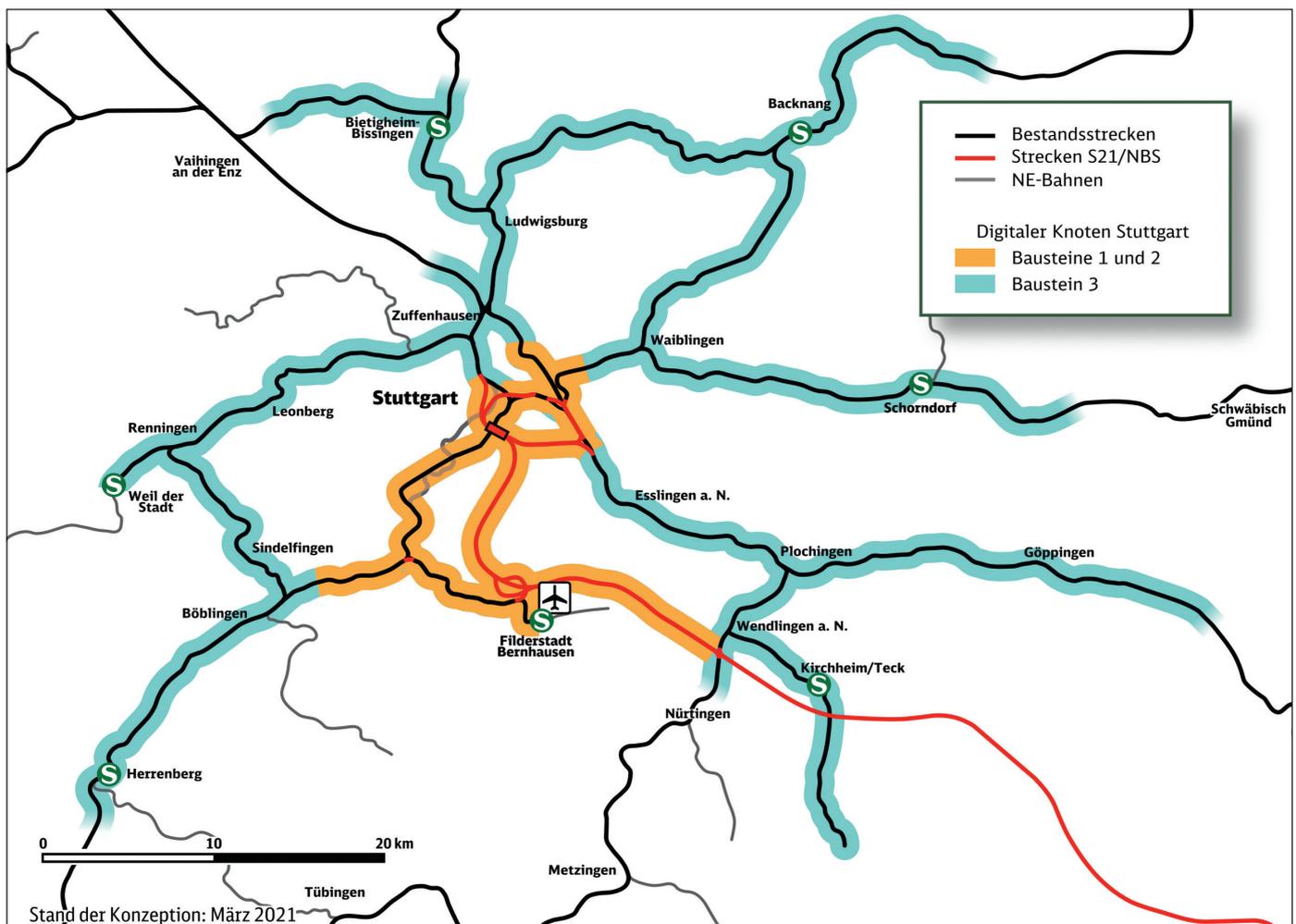


Abb. 4: Aufbauend auf die bis 2025 zur Umsetzung anstehenden Bausteine 1 und 2 folgt bis 2030 – mit dem Baustein 3 – die DLST-Ausrüstung „ohne Signale“ der übrigen Region. Damit einher gehen technische Weiterentwicklungen wie Level 3 (Hybrid), CTMS sowie der GSM-R-Nachfolger FRMCS.

Da der Großteil der Verkehrsverträge in Baden-Württemberg ohnehin im Laufe der 2020er Jahre auslaufen wird, können somit hunderte Triebfahrzeuge für den DSD-Roll-out passend beschafft und weitere Nachrüstungen weitestgehend vermieden werden. Da dies wesentlich wirtschaftlicher ist, erhofft sich die Landesregierung hierbei finanzielle Unterstützung des Bundes und der EU.

Ausblick

Für die Ausrüstung der 333 Triebzüge für den DKS verbleiben nach der Vergabe nun gerade einmal dreieinhalb Jahre, bevor ab Anfang 2025 ETCS „ohne Signale“ schrittweise in Betrieb geht. Das Engineering der FiC-Umrüstungen ist bereits im vollen Gange. Ab dem 1. Halbjahr 2022 werden dazu schrittweise je zwei Triebzüge beider S-Bahn-Baureihen sowie drei Talent- und bis zu sieben Flirt-Triebzüge aus dem Regelbetrieb genommen und umgerüstet. Die Installation, Inbetriebnahme, Tests und Zulassung (für Einfach- und Mehrfachtraktion) werden weitgehend bis Ende 2023 erfolgen.

Während der anschließenden Serienumrüstung für die Stufe 1, für die nur noch das Jahr

2024 verbleibt, werden zeitgleich bis zu 30 S-Bahn- und 18 Regionaltriebzüge „aus dem Verkehr gezogen“ und an fünf Standorten parallel umgerüstet (Abb. 3). Obwohl die reine Installation im eingeschwungenen Zustand dabei nur zwei Wochen in Anspruch nehmen wird, sind einschließlich der Neuzulassung jedes einzelnen Triebzugs durch die European Railway Agency (ERA) (Typkonformität, C2T) bis zu vier Wochen anzusetzen.

Eines weiteren Kraftakts bedarf die stabile Inbetriebnahme unter den besonderen Bedingungen eines hochbelasteten Knotens: Nach Labortests steht ab Anfang 2024 ein Versuchs- und Vorlaufbetrieb mit ETCS an (in peripheren Abschnitten mit „Signalen“ und ohne Fahrgäste), auch um Erfahrungen zu gewinnen, Kinderkrankheiten zu beseitigen und weit über 1000 Mitarbeiter frühzeitig einzubinden und zu schulen. Auch erste Teile der neuen S21-Infrastruktur werden schrittweise für Testfahrten zur Verfügung stehen und auch Instandhaltungsfahrzeuge und Fahrzeuge Dritter mit einbezogen.

Ab Januar 2025 beginnt schließlich der kommerzielle Regelverkehr „ohne Signale“, zunächst u. a. auf dem wenig belasteten S-Bahn-

Ast zum Flughafen, ab Sommer 2025 auf der hochbelasteten S-Bahn-Stammstrecke sowie ab Dezember 2025 auf der neuen S21-Infrastruktur. Zusätzlich erfolgt parallel, von Anfang 2025 bis Mitte 2026, die FiC-Umrüstung für die Stufe 2, gefolgt von der Serie bis Mitte 2027. Dafür müssen nochmals etwa ein Dutzend Triebzüge zeitgleich aus dem Regelbetrieb genommen werden, um die Ausrüstung der 333 Triebzüge zu vollenden. Damit einher wird bis 2030 schrittweise die übrige Region mit DLST ausgerüstet und die Technik weiterentwickelt (Abb. 4) – insbesondere noch nicht ausgerüstete Triebfahrzeuge des Güterverkehrs werden bis dahin ebenfalls auszurüsten sein.

Unter dem Strich zeigt die Nachrüstung von 333 Triebzügen für den DKS binnen gerade einmal dreieinhalb Jahren, was in enger Zusammenarbeit der Beteiligten innerhalb und außerhalb der DB möglich ist. Die Kosten der FiC-Umrüstung sind gleichwohl immens und gefährden, mit Blick auf den flächenhaften Roll-out, für den voraussichtlich rund 13000 Triebfahrzeuge aus rund 350 Baureihen nachzurüsten sind, die Wirtschaftlichkeit der DSD. Neue Formen der Zusammenarbeit der Schienenfahrzeug- und Signaltechnikindustrie,

besonders zum Austausch von Schnittstelleninformationen zwischen Fahrzeug, Zugbeeinflussung und ATO, sind geboten. Während die Nachrüstung einen gewaltigen finanziellen, organisatorischen und technischen Kraftakt erfordert, scheint hingegen der Aufwand, Neufahrzeuge „ab Werk“ und in großer Stückzahl auszurüsten, vergleichsweise überschaubar. Um den DLST-Roll-out tatsächlich zum Erfolg zu führen, ist es daher zwingend geboten, Neufahrzeuge bereits ab **sofort** entsprechend dem BTZ mit ETCS und weiteren Techniken auszurüsten. ■

QUELLEN

- [1] Behrens, M.; Eckardt, E.; Kümmling, M.; Loeff, M.; Otrzonsek, P.; Schleede, M.; von Schaper, M.-L.; Wanstrath, S.: Auf dem Weg zum Digitalen Knoten Stuttgart: ein Überblick, DER EISENBAHNINGENIEUR, 4/2020, <https://bit.ly/3pyuXfg>
- [2] Fries, N.: Betrieblich-Technisches Zielbild für die „Digitale Schiene“, Deine Bahn, 3/2021, <https://bit.ly/3ATOzT5>
- [3] Kümmling, M.; Wanstrath, S.: Maximierung der Fahrwegkapazität mit Digitaler Leit- und Sicherungstechnik, Eisenbahntechnische Rundschau, 7+8/2021, <https://bit.ly/2S1QvY>
- [4] Beyer, M.; Jurtz, S.; Langhof, M.; Reinhart, P.; Vogel, T.: ETCS als Trägersystem zur Leistungssteigerung bei der S-Bahn Stuttgart, SIGNAL+DRAHT, 6/2019, <https://bit.ly/2MJ4zAY>
- [5] Ingenieurgesellschaft Machbarkeitsstudie ETCS S-Bahn Stuttgart (Hrsg.): Untersuchung zur Einführung von ETCS im Kernnetz der S-Bahn Stuttgart. Abschlussbericht, insbesondere S. 265, <https://bit.ly/2Yaw6h>
- [6] Verband Region Stuttgart (Hrsg.): Großer Wurf für Schienenknoten Stuttgart. Presseinformation, 30. Januar 2019, <https://bit.ly/3yNG88i>
- [7] McKinsey&Company (Hrsg.): Machbarkeitsstudie zum Roll-out von ETCS/DSTW. Zusammenfassung der Ergebnisse. Dezember 2018, <https://bit.ly/3r2qral>, insb. Abschnitte 2 und 4
- [8] Memorandum of Understanding (MoU): Beschleunigter Start der DSD-Infrastrukturausrüstung zwischen der Deutschen Bahn AG, des Verbands der Bahnindustrie in Deutschland sowie dem Eisenbahn-Bundesamt vom 2. September 2020
- [9] § 36 (5) ERegG in der Fassung vom 9. Juni 2021
- [10] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.): 200 Millionen Euro für digitale Sicherungstechnik in Zügen. Presseinformation vom 15. Januar 2021, <https://bit.ly/3e9eny1>
- [11] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (Hrsg.): Bekanntmachung der Richtlinie zur Förderung der Ausrüstung von Schienenfahrzeugen mit Komponenten des Europäischen Zug Sicherungssystems ERTMS (European Rail Traffic Management System) und des

automatisierten Bahnbetriebs (ATO) im Rahmen der infrastrukturseitigen Einführung von ERTMS im „Digitalen Knoten Stuttgart“. Bundesanzeiger, BANz AT 05.02.2021 B2, <https://bit.ly/3hX5CJx>

[12] Bundesministerium der Finanzen (Hrsg.): Klimaschutz Sofortprogramm, <https://bit.ly/3wxInZ5>, Abschnitt IV/5

[13] Zu den Regionaltriebzügen: Ministerium für Verkehr Baden-Württemberg (Hrsg.): Nächster Meilenstein für den „Digitalen Knoten Stuttgart“. Presseinformation vom 13. Januar 2021, <https://bit.ly/3AQrXkl>

[14] Böhm, J.-P.; Geier, W.; Lankes, P.; Memke, J.: Die Ausrüstung der deutschen ICE-Hochgeschwindigkeitszüge mit ETCS, Eisenbahntechnische Rundschau, Mai 2014

[15] Alstom: Alstom digitalisiert Stuttgart 21. Presseinformation, 24. Juni 2021, <https://bit.ly/2TR7eMZ>

[16] Alstom: Digitaler Knoten Stuttgart: Alstom ebnet den Weg für hochautomatisierten Zugbetrieb im stark frequentierten Stuttgarter Netz. Presseinformation, 2. Juli 2021, <https://bit.ly/3r5SalaQ>



Frank Dietrich

Programm S-Bahn 2025
DB Regio AG, Plochingen
frank.f.dietrich@deutschebahn.com



Florian Rohr

Fahrzeug-Strecke-Integrator
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
florian.rohr@deutschebahn.com



Marco Meyer

Einkauf Triebzüge Nah- und
Fernverkehr
Deutsche Bahn AG, München
marco.meyer@deutschebahn.com



Thomas Vogel

Projektgruppe „Digitale Schiene“
Ministerium für Verkehr
Baden-Württemberg, Stuttgart
thomas.vogel@vm.bwl.de



Rene Neuhäuser

Betrieb / Produktion
DB Regio AG, Plochingen
rene.neuhaeuser@deutschebahn.com



Norman Wenkel

Programmsteuerung
Digitale Schiene Deutschland
DB Netz AG, Frankfurt a.M.
norman.wenkel@deutschebahn.com

EFFIZIENT UND LANGLEBIG



Elastische Zwischenlagen und Zwischenplatten optimieren die Elastizität im Gleisoberbau und sorgen für mehr Fahrkomfort und Sicherheit.





- Minimierung von Schwingungen und Körperschall
- Verbesserte Radlastverteilung
- Geringerer Verschleiß der Oberbaukomponenten
- Lange Lebensdauer und wartungsarm
- Geeignet für unterschiedliche Schienenprofile und -befestigungen
- Zugelassen nach DBS 918235 / EN13481
- Mikrozelluläres EPDM, hohe UV- und Ozonbeständigkeit

www.calenberg-ingenieure.de