

Quo vadis Digitale Leit- und Sicherungstechnik?

Während der Digitale Knoten Stuttgart zunehmend Konturen annimmt, offenbaren sich immer mehr Chancen, aber auch Herausforderungen für den flächenhaften Roll-out.

FLORIAN BITZER | VINCENT BLATEAU |
CHRISTIAN LAMMERSKITTEN | BERND
LÜCK | RENE NEUHÄUSER | THOMAS
VOGEL | JÜRGEN WURMTHALER

Nachdem im Digitalen Knoten Stuttgart (DKS) Aufträge für Fahrzeug- und Infrastrukturausrüstung über rund eine halbe Mrd. EUR ergangen sind, arbeiten inzwischen hunderte Mitarbeiter vieler Organisationen unter Hochdruck gemeinsam daran, die Technik ab Ende 2023 schrittweise in Betrieb zu setzen. Parallel läuft die Planung für die bis 2030 terminierte Ausrüstung des Umlandes an. Während das Projekt auf Kurs ist, die Technik in vielfacher Hinsicht über sich hinauswächst und sogar substantielle Mehrverkehre in den Fokus rücken, ergeben sich neue Herausforderungen bei der Anwendung bisheriger Finanzierungsinstrumente auf die verkehrlichen Potenziale der Digitalen Leit- und Sicherungstechnik (DLST). Zeit für eine Zwischenbilanz.

Motivation

Im Rahmen des DKS wird die Region Stuttgart bis 2030 schrittweise mit DLST ausgerüstet [1]. In dem Pilotprojekt des Starterpakets (Abb. 1) der Digitalen Schiene Deutschland (DSD) wird nicht nur erstmals ein großer deutscher Knoten vollumfänglich mit Digitalen Stellwerken (DSTW), European Train Control System (ETCS) und teilautomatisiertem Fahrbetrieb (Automatic Train Operation Grade of Operation 2, ATO GoA 2) ausgerüstet, sondern sollen auch weitere Techniken pilotiert werden – beispielsweise ETCS (Hybrid) Level 3 (L3) mit Zugintegritätsüberwachung (TIMS), das Kapazitäts- und Verkehrsmanagementsystem CTMS (Capacity & Traffic Management System) oder der GSM-R-Nachfolger FRMCS [2]. Im Rahmen eines Modellvorhabens fördert der Bund erstmals die DLST-Ausrüstung von Fahrzeugen, insbesondere, um Erfahrungen mit einer koordinierten Fahrzeug- und Infrastrukturausrüstung zu sammeln und mögliche Kapazitätssteigerungen zu ermitteln [3]. Der bewusste Verzicht auf konventionelle Signale (oS – ohne Signale) und Punktförmiger Zugbeeinflussung (PZB) stärkt dabei nicht nur die Wirtschaftlichkeit,

sondern steigert auch die Leistungsfähigkeit der Infrastruktur, die im Übrigen schneller und einfacher geplant und gebaut werden kann [3, 15, 22]. Geplant wird entsprechend des Betrieblichen Zielbildes (BTZ) [siehe auch 4] der DSD sowie nach einschlägigen europäischen Standards, im stetigen Austausch auch mit anderen Projekten und Bahnen. Damit wird dem bis 2040 [5] geplanten und inzwischen bis 2035 [6] angestrebten flächenhaften Roll-out der Weg bereitet.

Sechs Jahre nach ersten Überlegungen [7] und drei Jahre, nachdem die Ergebnisse der S-Bahn-ETCS-Untersuchung den Grundstein für den DKS legten [8, 9], hat das Projekt inzwischen weiter kräftig Fahrt aufgenommen.

Stand der Umsetzung

Thales Deutschland gewann Ende 2020 die Ausschreibung für die DLST-Infrastruktur im DKS-Kernbereich (Bausteine 1 und 2) [10]. Unmittelbar nach Vergabe wurde mit der Feinplanung zur Realisierung begonnen. Deren Spektrum reicht von der „klassischen“ LST-Planung über die Verzahnung der Bauabläufe mit dem

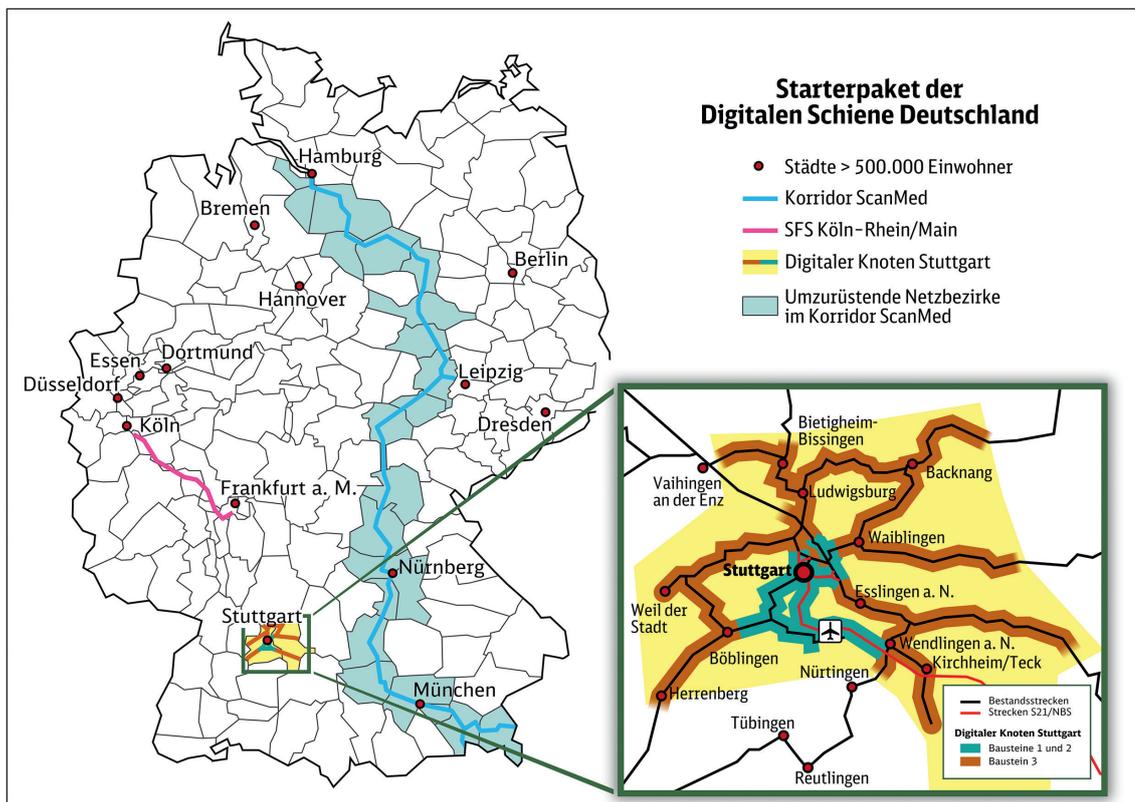


Abb. 1: Der DKS ist eines von drei Pilotprojekten im Starterpaket der DSD, das bis 2030 vollumfänglich umgesetzt werden soll.

Quelle aller Abb.: Deutsche Bahn

Rohbau von Stuttgart 21 bis hin zu notwendigen Weiterentwicklungen, beispielsweise an NeuPro-Teilsystemen oder im Leit- und Bediensystem. In die Planung fließen vielfältige Erfahrungen bzw. Optimierungen mit ein, z. B. aus den laufenden DSTW-Vorserienprojekten in Deutschland oder dem voranschreitenden ETCS-Roll-out in Dänemark. Im Sommer 2022 beginnt die Materialisierung im Feld, bevor ab Ende 2023 DSTW und ETCS schrittweise in Betrieb genommen werden.

Alstom erhielt Mitte 2021 die Aufträge zur Nachrüstung von insgesamt 333 S-Bahn- und Regionaltriebzügen [11, 12]. Die angebotene, neue EVC3-Plattform wurde für den Hochleistungsbetrieb „ohne Signale“ besonders optimiert. Dazu tragen beispielsweise eine konsequente 2-von-3-Architektur, neue Diagnosemethoden und ein vielschichtiger Systemeinführungsplan wesentlich bei. Das Engineering für die First-in-Class-Umrüstung ist im Gang, in den Jahren 2022 und 2023 wird der Großteil der 14 Prototyp-Triebzüge umgerüstet und die Änderungen gemäß 4. Eisenbahnpaket neu genehmigt, bevor 2024 die übrigen Triebzüge in Serie umgerüstet werden. Dazu werden bis zu 48 Triebzüge dem Betrieb parallel entzogen und Ersatzfahrzeuge bereitgestellt. Von 2025 bis 2027 folgt die Hoch-

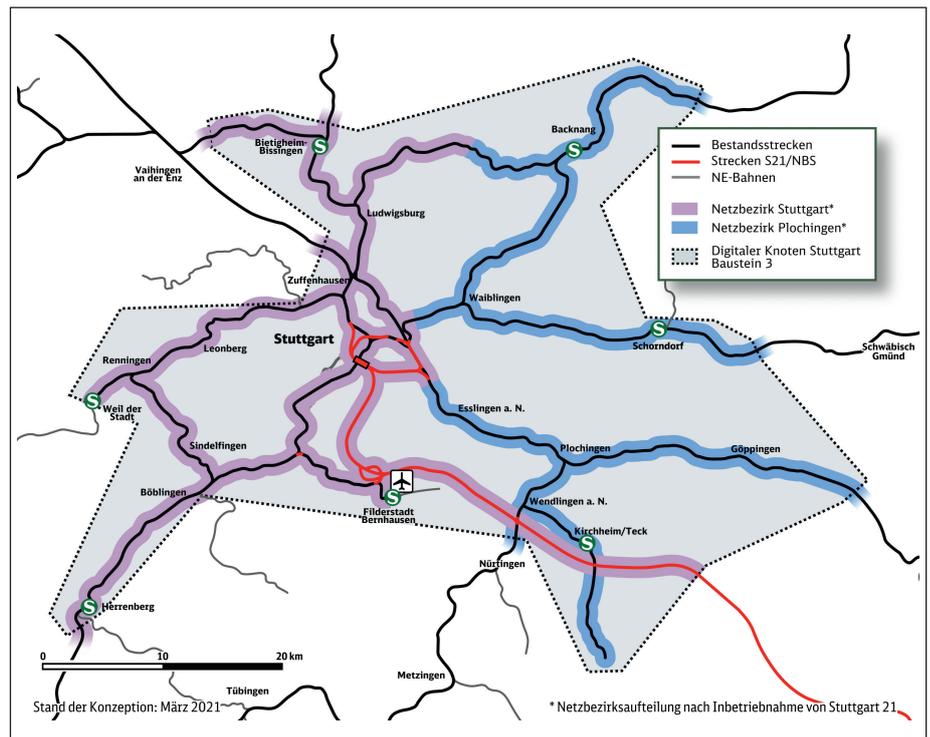
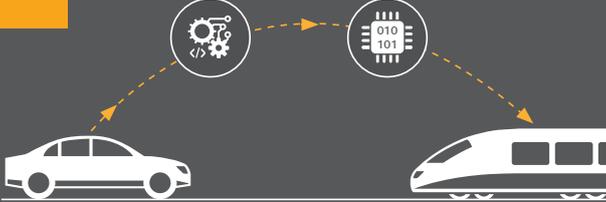


Abb. 2: Im Endzustand (Horizont 2030, mit Baustein 3) wird der DKS die Netzbezirke Stuttgart und Plochingen umfassen.



The Future in Motion



Railtech

Als Entwicklungs- und Fertigungspartner transferieren wir bewährte Automotive-Technologien in Schienenfahrzeuge. Dort sorgen innovative Produkte und Funktionen wie zum Beispiel unsere Kollisionswarnung, unser Abbiegeassistent oder die Fahreraufmerksamkeitsüberwachung für mehr Fahrsicherheit und Komfort. Und mit unseren Head-up-Displays behalten Fahrzeugführer zukünftig alle wichtigen Informationen im eigenen Blickfeld.

Mit einem starken Partner in die mobile Zukunft.

www.conti-engineering.com/railway



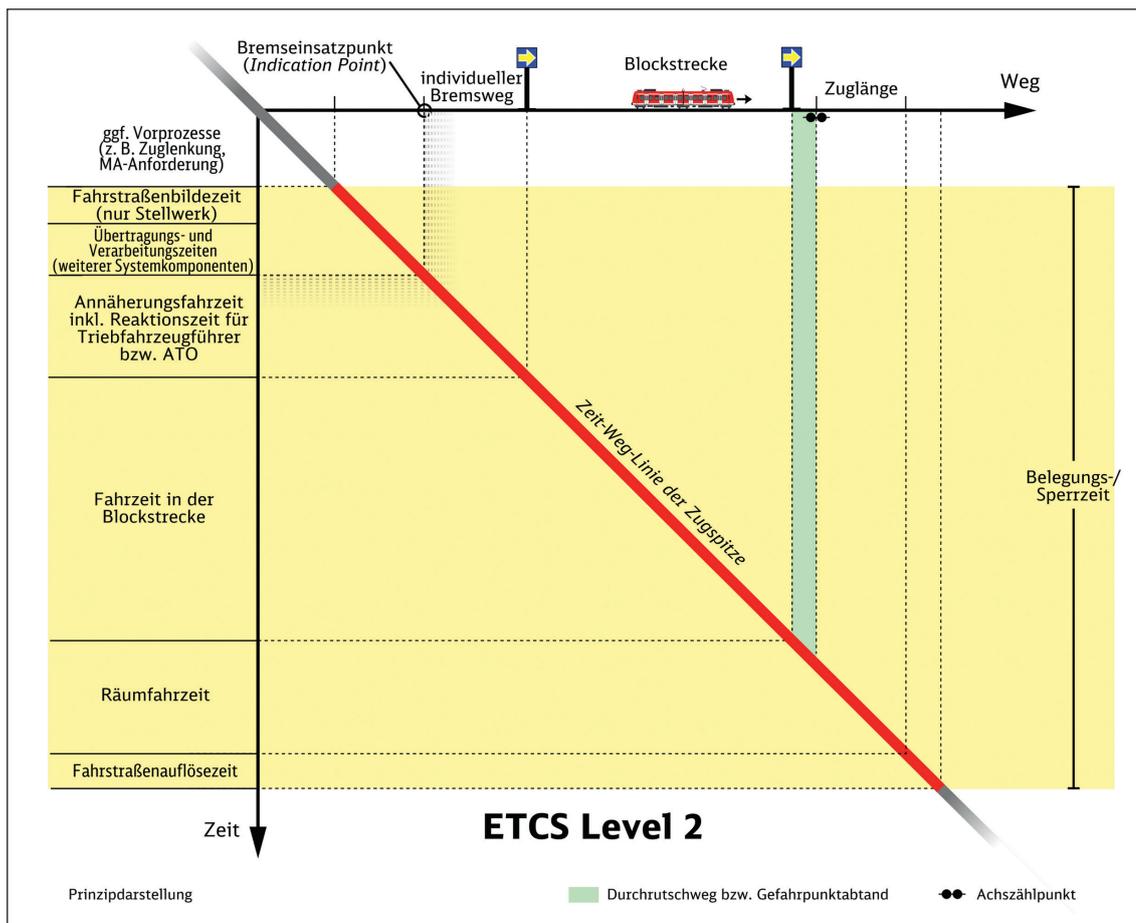


Abb. 3: Elemente der Sperrzeit mit DLST

rüstung zur nächsten ETCS-Spezifikation (im Rahmen der TSI ZZS 2022), einschließlich des GSM-R-Nachfolgesystems FRMCS [13].

Beide Unternehmen hatten sich in hart umkämpften Vergabeverfahren im Wettbewerb durchgesetzt. Dabei galt es nicht nur, hohe Einstiegshürden zu überspringen und vielfältige Anforderungen zu erfüllen, sondern neben dem Preis auch mit eigenen Ideen und überzeugenden Lösungen zu punkten. Ein weiteres Vergabeverfahren zur Beschaffung für zunächst 130 Doppelstock-Regionaltriebzüge durch das Land Baden-Württemberg steht vor dem Abschluss. Daneben laufen zahlreiche weitere untergeordnete Beauftragungen, beispielsweise für Funk- und Netzwerktechnik, Bremsversuche, Projektmanagement oder Anpassungen an Nachbarstellwerken. Nicht zuletzt wurden weitere betriebliche Entwicklungen wie die grundlegend neu gefasste Fahrdienstvorschrift für den digitalen Bahnbetrieb sowie der Digitale Befehl, die ebenfalls im DKS pilotiert werden sollen, auf den Weg gebracht.

All dies ist fokussiert auf das Ziel, im 2. Halbjahr 2025 den Kern des Knotens – darunter die S-Bahn-Stammstrecke und die neue Infrastruktur von Stuttgart 21 – „ohne Signale“ unter sehr hohen Leistungsanforderungen stabil in Betrieb zu nehmen. Nach eingehenden (Labor-)Tests werden Fahrzeuge und Infrastruktur dazu bereits ab Ende 2023 sukzes-

sive im Feld in Betrieb gesetzt und in einem anderthalbjährigen Versuchs- und Vorlaufbetrieb auf Herz und Nieren getestet – auch um weit über 1000 Mitarbeiter mit der Technik vertraut zu machen und Kinderkrankheiten zu beseitigen. Um den parallellaufenden kommerziellen Regelbetrieb nicht zu beeinträchtigen, werden dazu einzelne, bereits 2024 mit ETCS befahrene Bestandsabschnitte vorübergehend „mit Signalen“ ausgerüstet und auch manche Neubauabschnitte von Stuttgart 21 genutzt. Mit diesem Vorlauf werden dann 2025 erstmals Bestandsstrecken in Deutschland auf ETCS L2 oS umgestellt. Die bei alledem gesammelten Erfahrungen werden auch dazu beitragen, dass DLST zukünftig ähnlich zügig und routiniert wie ein ESTW oder ein Neufahrzeug mit PZB in Betrieb gesetzt werden kann.

Parallel hat die konkrete Planung für den Baustein 3 (Abb. 2) begonnen, unmittelbar nachdem der Bund dazu am 26. August 2021 dem zuwendungsunschädlichen Beginn der Planungsleistungen zugestimmt hatte. Die rund 400 weiteren Netzkilometer – darunter das gesamte übrige S-Bahn-Netz, Teile europäischer Korridore und der Rangierbahnhof Kornwestheim – werden in der 2. Hälfte der 2020er Jahre schrittweise in Betrieb gehen. Auch die weitere und bei der laufenden Fahrzeugausrüstung vorausschauend mitberücksichtigte Technik – ATO GoA 2, ein

Einstieg in CTMS [14], ETCS (Hybrid) L3 und FRMCS – werden dann sukzessive erprobt und in Betrieb genommen.

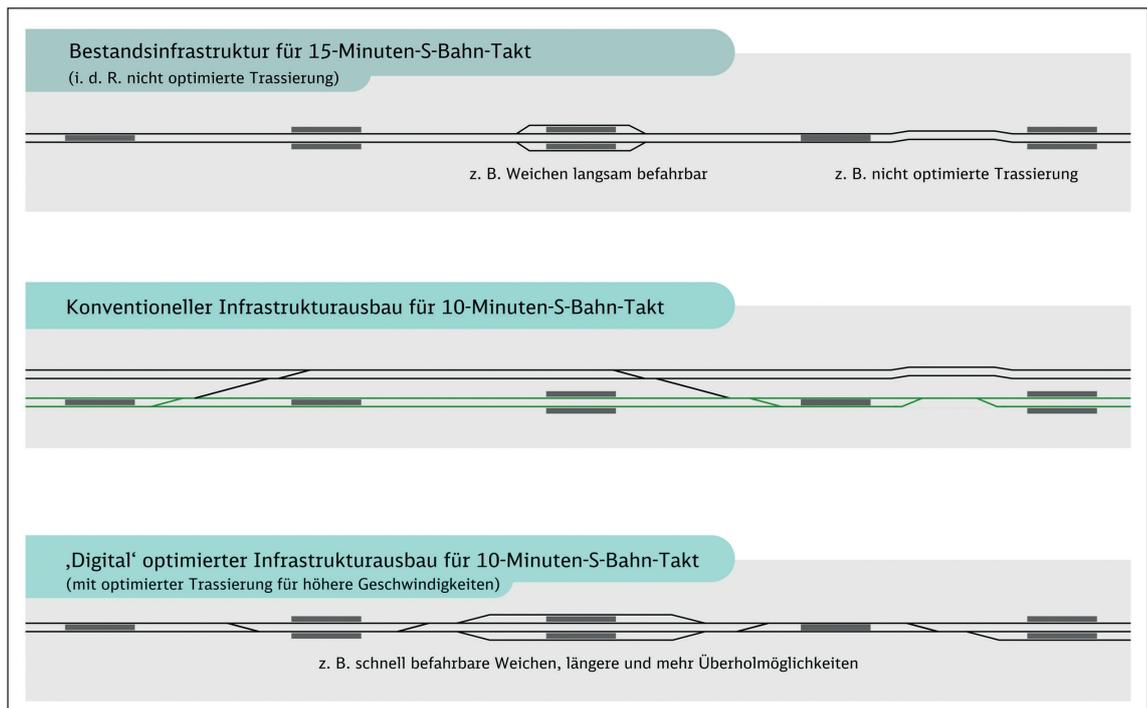
Neue Wege der Zusammenarbeit

Der DLST im Allgemeinen wie auch dem DKS als Projekt im Besonderen wurde und wird landläufig mit einer gewissen Skepsis begegnet. Angesichts bislang eher gemischter Erfahrungen mit ETCS [15] oder üblichen ESTW-Projektlaufzeiten von zehn Jahren mag dies auch nicht verwundern. In diesem Tempo wäre gleichwohl weder der DKS noch der flächenhafte DSD-Roll-out umsetzbar.

Obwohl zwischen den Grundsatzbeschlüssen für den DKS (2020) und ersten Inbetriebnahmen gerade einmal gut vier Jahre liegen und vielfältiges Neuland betreten wird, ist das Projekt weiter auf Kurs. In manchen Bereichen sind noch Verzögerungen aufzuholen, in anderen liegt die Bearbeitung vor Plan. Gleichzeitig mehren sich die Beispiele, in denen mit viel Skepsis beäugte Herausforderungen langsam Kontur annehmen: Das Spektrum reicht von der klar nachgewiesenen Machbarkeit von ETCS für S-Bahnen über die rechtzeitige und per se auskömmliche Finanzierung bis hin zu sehr kurzen Systemlaufzeiten und der Realisierung von Zugintegritätsüberwachung/L3 und FRMCS.

Ohne die enge, vertrauensvolle und nicht zuletzt sehr sachorientierte Zusammen-

Abb. 4: Frühe Überlegungen für einen schlanken Infrastrukturausbau im Kontext DLST im Mischverkehr befahrener S-Bahn-Strecken



arbeit vieler Beteiligten wäre all dies nicht denkbar. Im Sinne der gemeinsamen Sache wird um gute Lösungen gerungen, stehen Lösungen im Fokus der Zusammenarbeit. Betrieb, Fahrzeuge und Infrastruktur werden dabei im Gesamtsystem gedacht und, wo möglich, optimiert. Technische Optimierungen wie eine teilautomatisierte LST-Planung, aber auch eine breite, frühzeitige und offene Kommunikation nach innen und außen tragen ein Übriges bei.

In diesem Klima gelingt es auch, manche noch fehlende Grundlagen während der laufenden

Ausführung zu erarbeiten – nicht nur, aber gerade auch durch die in den Verträgen zwischen Auftraggebern und -nehmern verankerten Innovationskooperationen. Dazu zählen beispielsweise eine Machbarkeitsstudie zur Umsetzung von L2 oS in Knoten, möglichst standardisierte Fahrzeugschnittstellen (OCORA), die Finalisierung und herstellereigenspezifische Optimierung der PT-1-Planung oder die Ausgestaltung der Zugintegrität. Dabei mehren sich auch die Beispiele, in denen im Detail bessere (und oftmals einfachere und auch robustere) Lösungen gefunden werden, z. B. durchdach-

te Kabel- und Netzwerkkonzepte, die Vermeidung allzu dichter „Balisenteppiche“ oder die Reduzierung von Antennenstandorten auf den Fahrzeugdächern.

Die notwendige zügige Realisierung des DKS bedingt auch eine teilweise Parallelisierung von Entwicklung, Planung und Umsetzung, wobei jeder Partner auch ein Stück weit ein Risiko schultert, zwischen den Planungsphasen zu springen. Die Herausforderungen, um in vier Jahren mehr als 1500 Züge pro Tag „ohne Signale“ zuverlässig zu fahren, bleiben ebenso vielschichtig wie immens.

Mobilität der Zukunft

IHR PARTNER FÜR EFFEKTIVE LÄRMSCHUTZSYSTEME

Wir bieten Ihnen innovative Schallschutz-Lösungen. Schienenstegdämpfer dämpfen die Schienenstegschwingungen und mindern die Lärmabstrahlung um mehrere dB(A).

Unser Leistungsspektrum umfasst folgende Schienenstegdämpfer-Systeme:

- > SMTMD
 - Höhere Schallreduktion als in der Schall 03 gefordert
 - Erfüllt DBS der DB AG + Zulassung des EBA
 - höhere Lagesicherheit durch 4 Klammern
 - passend für 60E2, 54E2 und 49E5
 - Weisung der DB AG
- > LABTMD
 - System gegen Kurvenquietschen

infra-tec GmbH

Adolph-Kolping-Str. 9, 57627 Hachenburg
P +49 2662 94309-0, info@infra-tec.de

infra-tec GmbH
steel for mobility



	Minimallösung	Ergänzende Elemente für Optimierungen
Infrastruktur (DKS-Bausteine 1 und 2)	<ul style="list-style-type: none"> • Stellwerke (mit Zentraleinheiten, Gleisfeldkonzentratoren, Bediensystem, Netzwerk, Feldelementen) • ETCS (Zentralen, rund 6000 Balisen, Projektierung) • GSM-R • Anpassung von Nachbarstellwerken • Planung, Projektierung, Abnahme • Notwendige Grundlagen für L2 oS in Knoten 	<ul style="list-style-type: none"> • ATO GoA 2 (Streckenzentrale, Schnittstellen, wenige zusätzliche Balisen) • Bis zu 10 Sekunden verkürzte technische Laufzeiten • Optimierte Blockteilung • Vorrüstung von Schnittstellen für CTMS • Topographische Redundanzen • GSM-R-Redundanz in L2 oS-Bereichen • Früherkennung gestörter Fahrzeuge
Fahrzeuge (Erfahrungen aus dem Retrofit)	<ul style="list-style-type: none"> • ETCS-Ausrüstung (Engineering, Integration, Hardware) • Projektmanagement • Softwarepflege 	<ul style="list-style-type: none"> • ATO GoA 2 • Zugintegritätsüberwachung/ETCS (Hybrid) L3 • Fahrzeugzustandsdaten (für CTMS) • optimierte Bremskurven • FRMCS

Tab. 1: Wesentliche Elemente einer Minimal- und einer optimierten DLST

Quelle: Deutsche Bahn

Leistungsfähigkeit

Die Erwartungen an Leistungssteigerungen mit DLST sind gewaltig. Doch um damit tatsächlich substanziell mehr Züge zu fahren, reicht es nicht aus, mit DLST die Alttechnik abzulösen und dabei, nach dem Vorbild der Linienförmigen Zugbeeinflussung (LZB), allenfalls Blöcke zu verdichten [15]. Es ist insbesondere unabdingbar, alle Anteile der Sperrzeit (Abb. 3) auf den Prüfstand zu stellen: Im DKS wurden und werden beispielsweise die Blockteilung über alle Zugfolgefälle hinweg optimiert [16], Bremskurven verbessert [17], Fahrzeug- und Infrastrukturlaufzeiten verkürzt [18], die präzise Geschwindigkeitssignalisierung von ETCS ausgereizt [19] und Nutzlängen optimiert [20].

Im besonderen Fokus steht dabei die S-Bahn, als Rückgrat des öffentlichen Verkehrs in der Region und Zündfunke des DKS. Bereits im Januar 2019 – auf Grundlage der vielversprechenden Ergebnisse der S-Bahn-ETCS-Untersuchung – beschloss der Verband Region Stuttgart (VRS) als S-Bahn-Aufgabenträger eine Verkehrsvertragsverlängerung samt Angebots-, Flotten- und Infrastrukturausweitung im Umfang von fast 1 Mrd. EUR [21]. Die seither gehobenen und weiteren absehbaren Potenziale geben inzwischen auch Anlass, noch weiter reichende Angebotsausweitungen in den Blick zu nehmen. Der VRS hat daher beschlossen, bei DB Netz eine Untersuchung über eine Angebotsausweitung mit mittelfristig 30 Zügen pro Stunde und Richtung über die Stammstrecke zu beauftragen, langfristig bis zu 36 [22, 23]. Mit 36 Zügen im Kern würde grundsätzlich der Weg geebnet, das S-Bahn-System mit seinen sechs Linien von einem 15- auf einen durchgehenden 10-Minuten-Takt umzustellen.

Es reicht dabei freilich nicht, nur die DLST der Stammstrecke im Blick zu haben. Ganz wesentlich ist auch der Zulauf mit seinen Mischverkehrsstrecken, die im Rahmen des Bausteins 3 „digitalisiert“ werden. Nicht zuletzt werden auch auf der Stammstrecke weitere Aspekte und Gewerke zu betrachten sein, darunter Energieversorgung, Personen-

ströme, Fahrplangestaltung oder auch Störfallkonzepte. Über dichte Zugfolgen (u. a. mit Hochleistungsblock) stellt die DLST gleichwohl auch hierfür einige Lösungsbeiträge bereit, beispielsweise mit einer vorausschauenden Zuglaufregelung (mit CTMS) und Präzisionshalten (mit ATO). In Verbindung mit einer maßvoll ausgebauten konventionellen Infrastruktur – z. B. mit neuen und verlängerten Überholgleisen sowie zusätzlichen und schneller befahrbaren Weichen (Abb. 4) – könnte es dabei letztlich auch gelingen, S-Bahnen während eines 30-sekündigen Haltes von Nahverkehrszügen überholen zu lassen [10]. In einer optimierten Bestandstrassierung, einer bei Bedarf mit ATO straff ausgereizten Fahrdynamik sowie (langfristig) mehr besonders spurt- und bremsstarken Neufahrzeugen liegen dabei wesentliche Potenzialansätze für einen unter Praxisbedingungen stabilen Betrieb bei gleichzeitig gegenüber heute unveränderten Fahrzeiten. Um den Regionalverkehr weiter zügig auszubauen, verfolgt auch das Land Baden-Württemberg eine konsequente Umsetzungsstrategie und richtet, entsprechend des Koalitionsvertrags [24], Fahrzeugbeschaffungen und Infrastrukturmaßnahmen auf die DSD aus. Deren Umsetzung ist – neben dem zeitaufwendigen konventionellen Infrastrukturausbau – für das Land ein unabdingbarer Beitrag, um seine verkehrs- und klimapolitischen Ziele erreichen zu können, darunter die Verdoppelung der Fahrgastzahlen bis zum Jahr 2030 und die Klimaneutralität bis zum Jahr 2040 [24].

Finanzierung

Während die Umsetzung des DKS voranschreitet, rückten in den vergangenen Monaten die Finanzierungsinstrumente in den Fokus vieler Projektbeteiligter.

Die Infrastruktur des DKS wird überwiegend durch den Bund finanziert, der die Mittel entsprechend der Grundsätze der Sparsamkeit und Wirtschaftlichkeit bereitstellt. Dazu kommen Beiträge der Deutschen Bahn AG und weiterer Projektpartner von Stuttgart 21. Für

das DSD-Starterpaket, einschließlich des DKS, sind Mittel im Bundeshaushalt hinterlegt, wurden erste Finanzierungsvereinbarungen abgeschlossen und Unbedenklichkeitsbescheinigungen erteilt. Die Fahrzeugeigentümer, darunter das Land Baden-Württemberg und die DB, stemmen die Kosten der Fahrzeug-ausrüstung, gefördert durch den Bund und kofinanziert durch die EU. Der VRS finanziert ferner die oben genannten umfassenden Begleitmaßnahmen.

Wie sich inzwischen zeigte, fallen im DKS rund 90 % der geplanten Kosten bereits für eine Lösung an, die eng auf den derzeit absehbaren verkehrlichen Bedarf ausgerichtet ist. Mit weiteren ca. 10 % der Gesamtkosten gelingt es darauf aufbauend, eine leistungs- und verfügbarkeitsoptimierte Lösung zu schaffen, die geeignet ist, die hohen landläufigen Erwartungen an DLST zu erfüllen (Tab. 1). Daneben entstehen im Zuge des flächenhaften DSD-Roll-outs Einmalkosten, beispielsweise für CTMS, ATO und weitere Umsysteme, die weitgehend unabhängig von den einzelnen Projekten sind.

Im Gegensatz zu konventioneller Infrastruktur, bei der schon geringe Leistungssteigerungen schnell zu erheblichen Sprungkosten führen, entscheiden jene rund 10 % auch darüber, ob mit der DLST tatsächlich weitreichende Kapazitätspotenziale gehoben werden können. Gleichzeitig sind nachträgliche grundlegende Änderungen in der DLST um ein Vielfaches aufwendiger, als wenn von vornherein eine optimierte Lösung „aus einem Guss“ geplant, im Wettbewerb vergeben und umgesetzt wird.

Um im Zuge des DLST-Roll-outs die Kapazitätsreserven der Infrastruktur heben zu können, sollte die passgenaue Weiterentwicklung der Finanzierungsinstrumente erfolgen. Jener 10 %-Anteil der Kosten wird zukünftig weiter schrumpfen, beispielsweise durch Moving Block (mit ETCS [Hybrid] L3) mit wenigen Feldelementen oder auch Skaleneffekten bei der Ausrüstung vieler tausend Fahrzeuge gemäß BTZ. Dort wo die damit entstehende zusätzliche Kapazität

nicht unmittelbar benötigt wird, werden zunächst mit wenig Mehraufwand erhebliche Reserven geschaffen, die unmittelbar der Betriebsqualität zugute kommen. Die bisherigen Erfahrungen mit DLST im DKS zeigen, dass es damit tatsächlich gelingen kann, der Eisenbahn in Deutschland binnen rund 15 Jahren einen Kapazitätsschub zu verleihen und die weitreichenden Erwartungen von Politik und Öffentlichkeit zu erfüllen. ■

Stand aller Angaben: September 2021

QUELLEN

- [1] Behrens, M.; Eckardt, E.; Kümmling, M.; Loef, M.; Otrzonek, 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] Bergmann, J.: Digitaler Knoten Stuttgart: Erklärung der DB Netz AG zu Inhalt und Zielen, 21. April 2020 (<https://bit.ly/3ESxJ7g>)
- [3] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur: Bekanntmachung der Richtlinie zur Förderung der Ausrüstung von Schienenfahrzeugen mit Komponenten des Europäischen Zugsicherungssystems 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/3hXSCJx>)
- [4] Fries, N.: Betrieblich-Technisches Zielbild für die „Digitale Schiene“, Deine Bahn, 3/2021 (<https://bit.ly/3huwsZ0>)
- [5] McKinsey & Company: Machbarkeitsstudie zum Roll-out von ETCS/DSTW, Zusammenfassung der Ergebnisse, Dezember 2018 (<https://bit.ly/3r2qral>)
- [6] Memorandum of Understanding (MoU): Beschleunigter Start der DSD-Infrastrukturausrüstung zwischen der Deutschen Bahn AG, des Verbands der Bahnindustrie in Deutschland sowie dem Eisenbahn-Bundesamt, 2. September 2020
- [7] Martin, U.: ETCS Level 2 im Schienenpersonenverkehr am Beispiel der Stammstrecke S-Bahn Stuttgart, Foliensatz, 2. März 2015
- [8] 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/2M4zAY>)
- [9] Ingenieurgesellschaft Machbarkeitsstudie ETCS S-Bahn Stuttgart: Untersuchung zur Einführung von ETCS im Kernnetz der S-Bahn Stuttgart, Abschlussbericht (<https://bit.ly/2Yyav6h>)
- [10] Thales Group: Thales wird die Signaltechnik der Deutschen Bahn in Stuttgart digitalisieren, um Kapazität, Pünktlichkeit und Komfort zu verbessern, Presseinformation, 16. Februar 2021 (<https://bit.ly/2VMmX0c>)
- [11] Alstom: Alstom digitalisiert Stuttgart 21, Presseinformation, 24. Juni 2021 (<https://bit.ly/21R7eMZ>)
- [12] Alstom: Digitaler Knoten Stuttgart: Alstom ebnet den Weg für hochautomatisierten Zugbetrieb im stark frequentierten Stuttgarter Netz, Presseinformation, 2. Juli 2021 (<https://bit.ly/3r5alaQ>)
- [13] Dietrich, F.; Meyer, M.; Neuhäuser, R.; Rohr, F.; Vogel, T.; Wenkel, N.: Fahrzeugnausrüstung für den Digitalen Knoten Stuttgart, DER EISENBAHNINGENIEUR, 9/2021 (<https://bit.ly/3tFQWUB>)
- [14] Weiland, K.; Hundertmark, A.: Mit dem digitalen Bahnbetrieb in die Zukunft der Eisenbahn, Deine Bahn, 9/2020 (<https://bit.ly/3tILtME>)
- [15] Kümmling, M.; Wanstrath, S.: Maximierung der Fahrwegkapazität mit Digitaler Leit- und Sicherungstechnik, Eisenbahntechnische Rundschau 7+8/2021 (<https://bit.ly/2SiQvY>)
- [16] Denißen, J.; Flieger, M.; Kümmling, M.; Küpper, M.; Wanstrath, S.: Optimierung der Blockteilung mit ETCS Level 2 im Digitalen Knoten Stuttgart, SIGNAL+DRAHT, 7+8/2021 (<https://bit.ly/3Ai0gQR>)
- [17] Neuhäuser, R.; Reinhart, P.; Richter, R.; Vogel, T.: Digitale Leit- und Sicherungstechnik ist kein Selbstzweck, Deine Bahn, 3/2021 (<https://bit.ly/2Xu7P8P>)
- [18] Behrens, M.; Caspar, M.; Distler, A.; Fries, N.; Hardel, S.; Kreßner, J.; Lau, K.; Pensold, R.: Schnelle Leit- und Sicherungstechnik für mehr Fahrwegkapazität, DER EISENBAHNINGENIEUR, 6/2021 (<https://bit.ly/2SiQvY>)
- [19] Enzmann, A.; Falk, M.; Kreher, K.; Lay, E.; Reinhart, P.; Walz, F.: Trassierungsfeinschliff: Millimeterarbeit mit großem Nutzen, DER EISENBAHNINGENIEUR, 4/2021 (<http://www.bsu.jink/task-force-trassierung>)
- [20] Bojic, M.; El-Hajj-Sleiman, H.; Flieger, M.; Lies, R.; Osburg, J.; Retzmann, M.; Vogel, T.: ETCS in großen Bahnhöfen am Beispiel des Stuttgarter Hauptbahnhofs, SIGNAL+DRAHT, 4/2021 (<https://bit.ly/3fiozoJ>)
- [21] Verband Region Stuttgart: Großer Wurf für Schienenknoten Stuttgart, Presseinformation, 30. Januar 2019 (<https://bit.ly/3yNG88i>)
- [22] Verband Region Stuttgart: Region beschließt Untersuchungen für Ausweitung des ÖPNV-Angebots, Presseinformation, 22. Juli 2021 (<https://bit.ly/2WVVKsD>)
- [23] Verband Region Stuttgart: Ergebnisse der Klausursitzung des Verkehrsausschusses vom 23.06.2021 (...), Sitzungsvorlage Nr. VA-150/2021, 1. Juli 2021 (<https://bit.ly/3yShe76>), Ziffer 4
- [24] BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN Baden-Württemberg, CDU Baden-Württemberg: Jetzt für Morgen, Der Erneuerungsvertrag für Baden-Württemberg, 2021, S. 25, 124



Dr. Florian Bitzer

Bereichsleiter Technik, Sicherheit, Umwelt und Qualität
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
florian.bitzer@deutschebahn.com



Vincent Bateau

Leiter DACH ETCS
On-Board Engineering
Alstom Transport Deutschland GmbH,
Berlin
vincent.bateau@alstomgroup.com



Christian Lammerskitten

Leiter Technisches Projektmanagement Eisenbahntechnische Ausrüstung / Digitaler Knoten Stuttgart
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
christian.lammerskitten@deutschebahn.com



Bernd Lück

Leiter Ausrüstung Digitale Schiene
Gesamtprojektleiter
Digitaler Knoten Stuttgart
Thales Deutschland GmbH, Ditzingen
bernd.lueck@thalgroup.com



Rene Neuhäuser

ehem. Leiter Produktion
S-Bahn Stuttgart
Leiter Produktion S-Bahn München
DB Regio AG, Plochingen
rene.neuhaeuser@deutschebahn.com



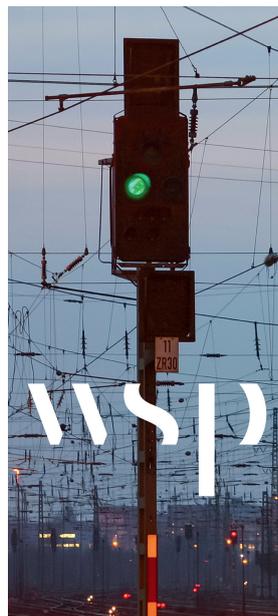
Thomas Vogel

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



Dr. Jürgen Wurmthaler

Leitender Direktor für Wirtschaft und Infrastruktur
Verband Region Stuttgart, Stuttgart
wurmthaler@region-stuttgart.org



Bahninfrastrukturplanung aus einer Hand - von WSP

Werden Sie Teil unseres interdisziplinären Expertenteams und wirken Sie in den bedeutenden und komplexen Eisenbahninfrastrukturprojekten Deutschlands mit.

WSP bietet Ihnen hervorragende Perspektiven als Planungsingenieure und Projektleiter der Gewerke Leit- und Sicherungstechnik, Oberleitungsanlagen, Elektrotechnik, Telekommunikation, Verkehrsanlagen und Ingenieurbauwerke.

40

JAHRE
BAHNEXPERTISE IM
DEUTSCHEN MARKT

150

MITARBEITENDE
IM BAHNSEKTOR
IN DEUTSCHLAND

55.000

MITARBEITENDE
WELTWEIT

beruf.wsp.com

WSP Infrastructure Engineering GmbH

Frankfurt/Main | Berlin Braunschweig Dresden Hannover Leipzig

wsp-ie@wsp.com | wsp.com