

Auf dem Weg zum Digitalen Knoten Stuttgart: ein Überblick

Im Pilotknoten der Digitalen Schiene Deutschland wird „digitale“ Leit- und Sicherungstechnik für maximale Leistungsfähigkeit, Betriebsqualität und Resilienz geplant.

MARC BEHRENS | ENRICO ECKARDT |
MICHAEL KÜMLING | MARKUS LOEF |
PETER OTRZONSEK | MARTIN SCHLEEDE |
MAX-LEONHARD VON SCHAPER |
SVEN WANSTRATH

Die Digitalisierung der Eisenbahn ist in aller Munde. Das Spektrum der Erwartungen reicht von bis zu 35 % mehr Kapazität ohne den Neubau von Gleisen bis hin zu Berichten zu Leistungseinschränkungen auf bereits „digitalisierten“ Strecken. Seit Jahren mischen sich Erfolgsmeldungen zu ETCS & Co. mit solchen über Rückschläge. Auf den ersten Blick scheint nicht immer ganz klar, ob der Weg in die „digitale“ Zukunft ein erfolgversprechender ist.

In diesem Spannungsfeld wird mit Stuttgart 21 (S21) der Knoten Stuttgart bis 2025 grundlegend neu geordnet und modernisiert. Elf neue Strecken (insgesamt 57 km) und fünf

neue Bahnhöfe/Stationen gehen einher mit erheblichen Anpassungen im Bestand.

Ausgangslage

Seitens der Leit- und Sicherungstechnik (LST) waren dafür drei neue ESTW-(Unter-)Zentralen und weitreichende Eingriffe in drei Altstellwerke vorgesehen. Im Feld waren Ks- und H/V-Signale mit punktförmiger Zugbeeinflussung (PZB) geplant, in weiten Teilen überlagert mit ETCS Level 1 und 2 (Abb. 1). Der Fokus von ETCS (European Train Control System) lag auf Interoperabilität und Hochgeschwindigkeitsverkehr – Leistungssteigerungen waren kaum Thema. Für die sicherungstechnisch konventionell bereits ausgereizte S-Bahn-Stammstrecke waren Ks-Signale als kapazitätserhaltender Ersatz der heutigen H/V-Signale geplant; von ETCS war keine Rede. Die auf die Brems-eigenschaften der S-Bahn zugeschnittenen Signalabstände hätten, ähnlich dem heutigen Bestand, nur mit zahlreichen PZB-Geschwin-

digkeitsprüfeinrichtungen realisiert werden können.

Auf dieser Grundlage wurde 2011 im sogenannten „Stresstest“ der detaillierte Nachweis erbracht, dass die neue Infrastruktur des Fern- und Regionalverkehrs die zuvor festgelegte Messlatte einer mehr als 30-prozentigen Leistungssteigerung gegenüber dem Bestand bei guter Betriebsqualität deutlich überspringen kann. [1]

Neukonzeption der LST

Die Verzögerungen bei den Rohbauarbeiten öffneten 2017 ein kurzes Zeitfenster, die LST des Projekts zu überdenken. Zündfunke war im Lichte rapide steigender Fahrgast- und Zugzahlen die sinkende S-Bahn-Betriebsqualität und die Aussicht auf einen bloßen Erhalt der aktuellen Leistungsfähigkeit beim anstehenden LST-Ersatz mit dem notwendigen neuen Stellwerk. Nachdem die Meinungen über Eignung und Nutzen von ETCS für S-Bahnen zunächst weit auseinandergingen, wurden in der S-Bahn-ETCS-Untersuchung von 2017 und 2018 [2] die technische Machbarkeit und der betriebliche Nutzen von ETCS für die Stammstrecke und daran anschließende Strecken detailliert aufgezeigt [3]. Bereits unter konservativen Annahmen kann die Mindestzugfolgezeit mit ETCS Level 2 (L2) und teilautomatisiertem Fahrbetrieb (ATO GoA 2) auf der Stammstrecke um rund 20 % gesenkt werden – fast eine halbe Minute Pufferzeit im „150-Sekunden-Takt“. Bei gleichbleibender Verkehrsbelastung gelingt damit ein deutlicher Verspätungsabbau.

Diese Ergebnisse führten letztlich zur Entscheidung, bis 2025 nicht nur den S21-Neubaubereich, sondern auch die Stellbereiche vier umliegender Altstellwerke (weitere rund 60 Strecken-km) in ein Digitales Stellwerk (DSTW) des Knotens einzubeziehen und mit ETCS L2 und ATO GoA 2 auszurüsten (Abb. 2). Rund 400 Triebzüge des Fern- und Regionalverkehrs sind dazu entsprechend nachzurüsten. Ohne die ebenso enge wie intensive und vertrauensvolle Zusammenarbeit aller Beteiligten – aus verschiedensten DB-Unternehmen, aber auch des Verkehrsministeriums Baden-Württemberg und des Verbands Region Stuttgart – wäre dieser weitreichende Kurswechsel binnen weniger Jahre nicht vorstellbar gewesen.

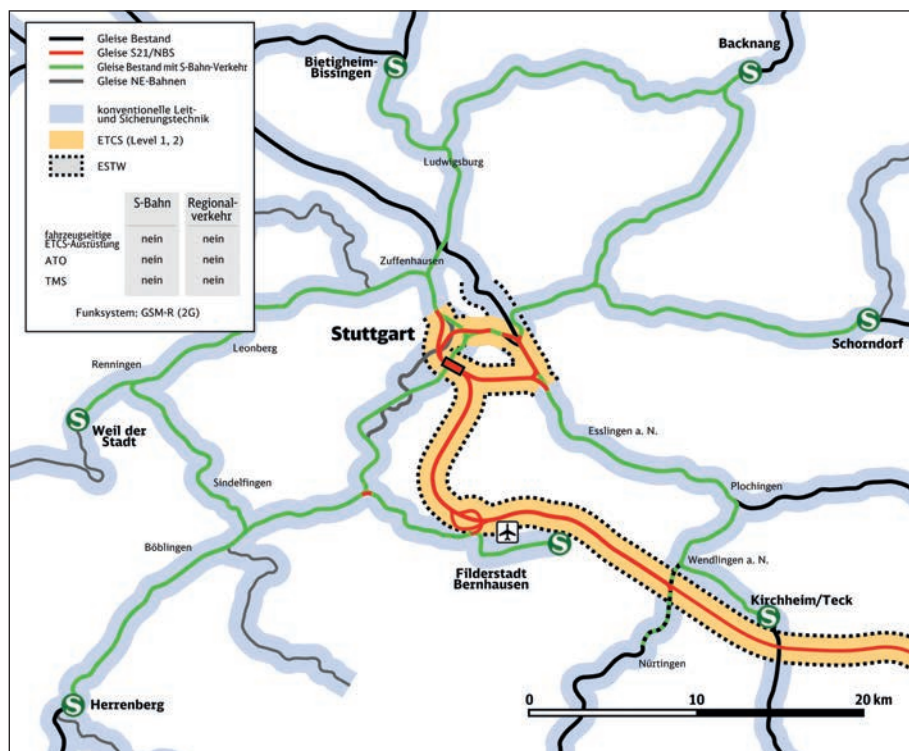


Abb. 1: Mit Stuttgart 21 sind ohnehin wesentliche Teile des Knotens mit neuen Stellwerken sowie ETCS auszurüsten (Nullfall). ETCS für Regional- und S-Bahn-Verkehr sowie weiterführende Techniken waren dabei zunächst kein Thema.

Quelle: DB AG

Der daraus hervorgegangene Digitale Knoten Stuttgart (DKS) ist im Starterpaket der Digitalen Schiene Deutschland enthalten und finanziert. Bis 2030 ist dabei die Digitalisierung der übrigen Region vorgesehen (Abb. 3). In diesem Horizont soll die Leistungsfähigkeit weiter gesteigert werden, u. a. durch Verkehrsleitsysteme (Traffic Management System, TMS) und Echtzeitkommunikation mit dem GSM-R-Nachfolger FRMCS.

Der Knoten ist damit Vorreiter für die Digitalisierung anderer großer Knoten in Deutschland. Die – positiven wie negativen – Erfahrungen aus dem Südwesten werden maßgeblich in die bis 2040 avisierte Digitalisierung des übrigen Netzes einfließen.

Umsetzung

Diese Mammutaufgabe umfasst bis 2025 zunächst rund 125 km Strecke, ein neues Stellwerk mit derzeit 19 Gleisfeldkonzentratoren und über 2000 Stelleinheiten, davon mehr als 400 überwiegend neue Weichen und etwa 5000 Eurobalisen. Die Bedingungen reichen vom oberirdischen Neubau bis zur Ausrüstung der unterirdischen und dicht befahrenen S-Bahn-Stammstrecke in Stuttgart. Darüber hinaus werden ein Technik- und Bedienstandort als Betriebssteuerzentrale

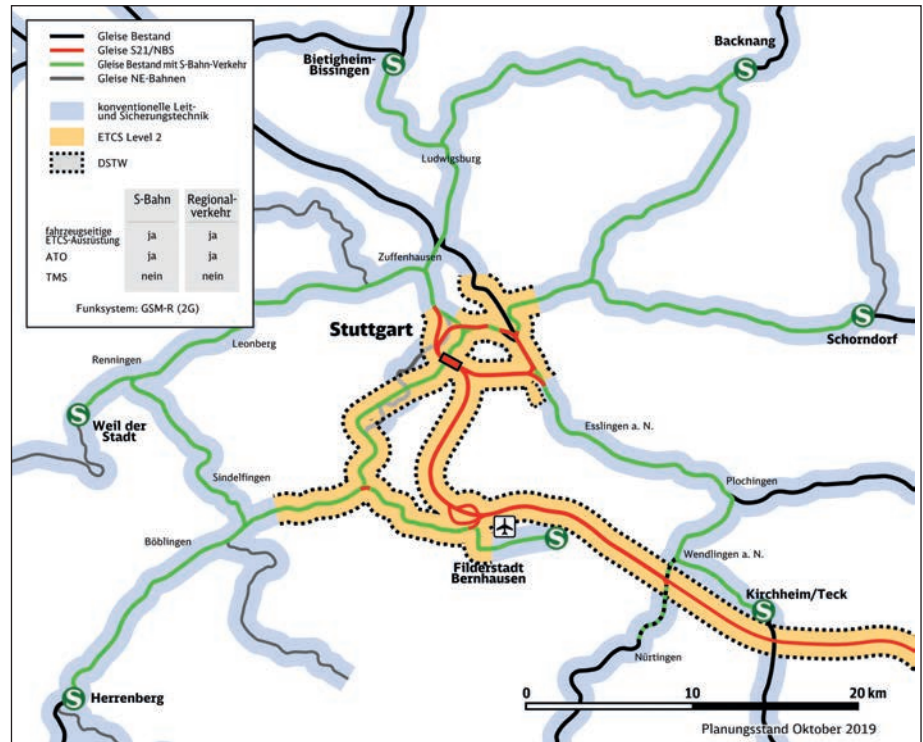


Abb. 2: Bis 2025 werden rund 125 Strecken-km mit einem Digitalen Stellwerk und ETCS L2 ausgerüstet sowie für ATO GoA 2 vorbereitet.

Quelle: DB AG



SmartRail
EUROPE

Produced by



Railway Gazette
INTERNATIONAL

18-20 May 2020, Rome, Italy

BUILDING THE DIGITAL RAILWAY OF THE FUTURE

60+ HIGH-LEVEL SPEAKERS INCLUDE:



Claudia Cattani
President
RFI



Per Leander
CTO
Transrail
Sweden



Carlo Bourghini
Executive Director
Shift2Rail



Jack Schneider
ATO Program Director
SBB

SmartRail provided a valuable perspective of the technology, investment, commitment and concerns across international rail systems.

Anthony Hollinshead, Engineering Director, Railsys Ltd

Supported by:



REGISTER YOUR PASS AT:
WWW.SMARTRAILEUROPE.COM

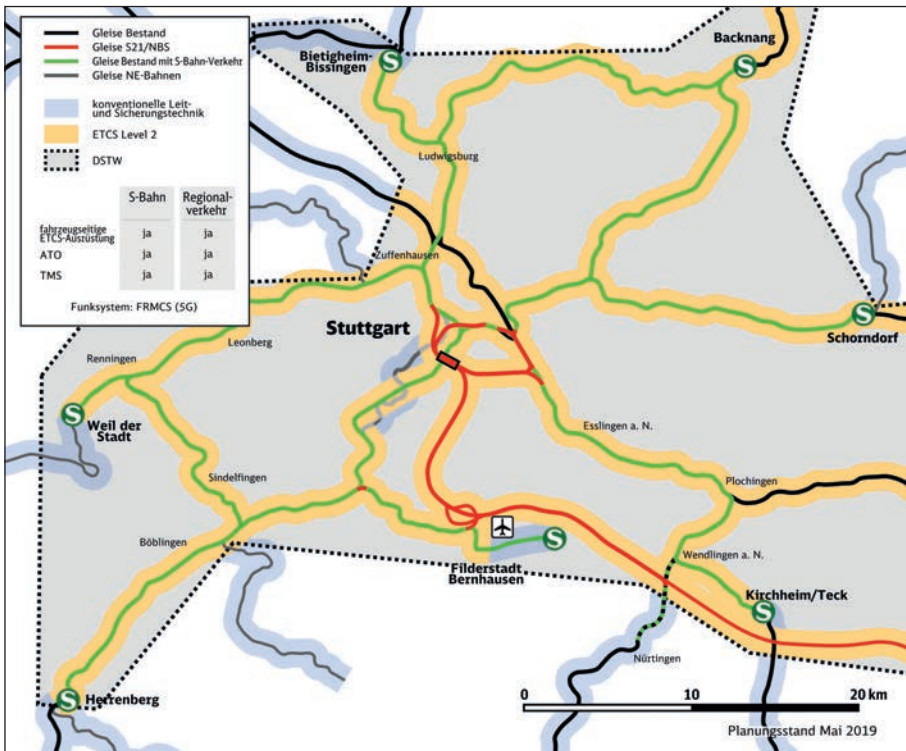


Abb. 3: Bis 2030 steht die „Digitalisierung“ der übrigen Region (Netzbezirke Stuttgart und Plochingen) an, einschließlich des gesamten S-Bahn-Netzes. Quelle: DB AG

neu errichtet sowie die Blockschnittstellen angrenzender Stellwerke angepasst. Im Auftrag von DB Netz obliegt der DB Projekt Stuttgart-Ulm (DB PSU) die Konzeption und Steuerung. Die Planung und Vergabebegleitung erfolgt maßgeblich durch die DB Engineering & Consulting GmbH (DB E&C). Zahlreiche weitere Einheiten der Deutschen Bahn AG sind in das Projekt einbezogen, darunter unzählige Fachleute zur Technik, zum Betrieb,

zu Fahrzeugen, zur Beschaffung, Organisation und Finanzierung. Das Vergabeverfahren wurde im Oktober 2019 mit einem EU-weiten Teilnahmewettbewerb gestartet, die Ausschreibung im Januar 2020 an qualifizierte Bieter verschickt. Das Verhandlungsverfahren soll mit der Vergabe im Herbst 2020 abgeschlossen werden. Die abschnittsweise Inbetriebnahme des neuen Stellwerks ist bereits ab Ende 2023 vorgesehen. Darauf auf-

bauend soll ETCS in ersten Abschnitten ab Anfang 2024 auf Herz und Nieren getestet, sollen Kinderkrankheiten beseitigt und etwa 18 Monate Erfahrungen mit tausenden beteiligten Mitarbeitern gesammelt werden, um in der zweiten Jahreshälfte 2025 den Kernbereich des Knotens – mit der S-Bahn-Stammstrecke und dem neuen Hauptbahnhof – schrittweise kommerziell in Betrieb zu nehmen. Die Inbetriebnahme von Automatic Train Operation (ATO) ist darauf aufbauend etwa ein Jahr später vorgesehen.

Projektstruktur und Planungsablauf

Seit Februar 2019 haben mehr als 60 Mitarbeiter an den Standorten Berlin, Braunschweig, Dresden, Hannover und Stuttgart der DB E&C die Teilnahme- und DKS-Ausschreibungsunterlagen aus einem Guss erarbeitet, die LST-Planung für einige Projektabschnitte erfolgte durch Signon und ISB Rhein-Main. Die Grundlage dafür war die von der DB PSU erarbeitete Strategie und Konzeption. Im ersten Schritt wurden Unterlagen für den Teilnahmewettbewerb erstellt. Die Zusammenfassung vorheriger Grundlagenplanungen, deren Umarbeitung auf die DSTW-Technik und die Abgabe der Teilnahmeunterlage erfolgte Ende Juni 2019. Im Anschluss folgte die Zusammenstellung der Ausschreibungsunterlage mit dem vertraglichen Rahmenwerk bis Ende Dezember 2019. Darin floss auch eine veränderte ETCS-Konzeption mit ein, darunter eine teilweise Ausführung „ohne Signale“, Abstimmungen zur Fahrzeug-Strecken-Integration, zur Risikominimierung sowie zu technischen Inbetriebnahmeszenarien.

Maximale Leistungsfähigkeit „ohne Signale“

In enger Zusammenarbeit mit ihren Partnern verfolgt die DB in Stuttgart das Ziel maximaler betrieblich-verkehrlicher Leistungsfähigkeit. Auf der besonders hochbelasteten S-Bahn-Stammstrecke werden dafür alle Register gezogen – u.a. mit bis zu 30 m kurzen Blockabschnitten, um ein dichtes Nachfahren am Bahnsteig zu ermöglichen. Der neue Hauptbahnhof wird ausgelegt, um bei Bedarf (im S-Bahn-ähnlichen Hochleistungsbetrieb) auf jedem der acht Bahnsteiggleise stabil alle fünf Minuten einen Zug fahren zu können; die anschließenden Streckenabschnitte werden auf mittlere Zugfolgezeiten von zwei Minuten ausgelegt (Abb. 4). Die Blockteilung wird dabei mit neuen Methoden und Werkzeugen anhand der jeweiligen Randbedingungen (z.B. Längsneigungen, Geschwindigkeiten, Zugfolgefälle) optimiert, um möglichst kurze Zugfolgen über alle erwarteten Züge hinweg zu erreichen. Für maximale Leistungsfähigkeit ist es dabei unabdingbar, ETCS L2 „ohne Signale“ (L2oS) zu planen, um verschiedene leistungshemmende Rückwirkungen der konventionellen Signalisierung auf die sicherungstechnische Ausstattung zu vermeiden. Da Lichtsignale als mögliche Rückfallebene nur von überschaubarem Nut-

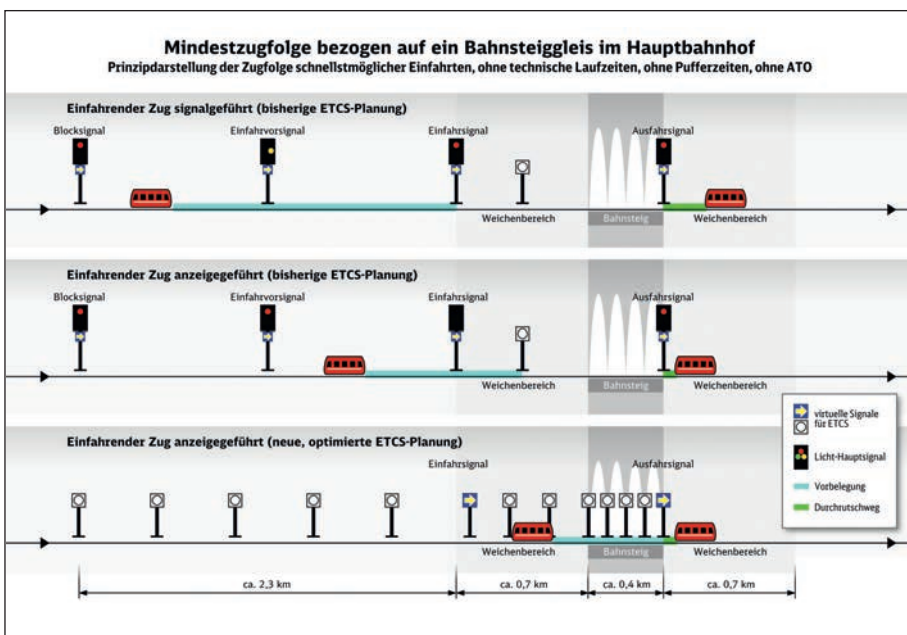


Abb. 4: Gegenüber der bislang mit S21 verfolgten Planung kann mit einer mit L2oS optimierten LST die Mindestzugfolgezeit am Hauptbahnhof nochmals deutlich reduziert werden. Quelle: DB AG

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsche Bahn AG /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten
 genehmigt von DW Media Group GmbH 2020

zen sind – u.a. sind stets schriftliche Befehle erforderlich – rückt ein besonders robustes Gesamtsystem umso mehr in den Fokus. Im DKS ist daher beispielsweise ein völlig redundantes GSM-R-Netz, eine frühzeitige Erkennung von Zügen mit gestörtem ETCS sowie getrennte ETCS-Streckenzentralen (Radio Block Centre, RBC) für die Kernbereiche von Fern- und S-Bahn geplant. Im engen Austausch mit zahlreichen Kollegen flossen und fließen alle greifbaren Erfahrungen aus dem In- und Ausland in die Planung mit ein.

Während der Kern des Knotens in L2oS geplant wird, ist eine reduzierte Lichtsignalisierung in umliegenden Bereichen mit geringeren Leistungsanforderungen vorgesehen, in denen teils noch signalgeführter Güterverkehr bzw. Vorlaufbetrieb zu erwarten ist (Abb. 5).

Einige für die L2oS-Umsetzung in einem großen Knoten noch notwendige Weiterentwicklungen der Lastenhefte sind ferner Teil einer in der Ausschreibung berücksichtigten Innovationskooperation zwischen dem zukünftigen Lieferanten und der DB.

Im Rahmen der Vergabematrix werden dabei auch technische Laufzeiten bewertet. In sechs infrastrukturell definierten Orten haben Bieter die Laufzeiten der Teilsysteme von Stellwerk und ETCS zu benennen. Damit soll der oft beobachteten Laufzeitverlängerung neuer

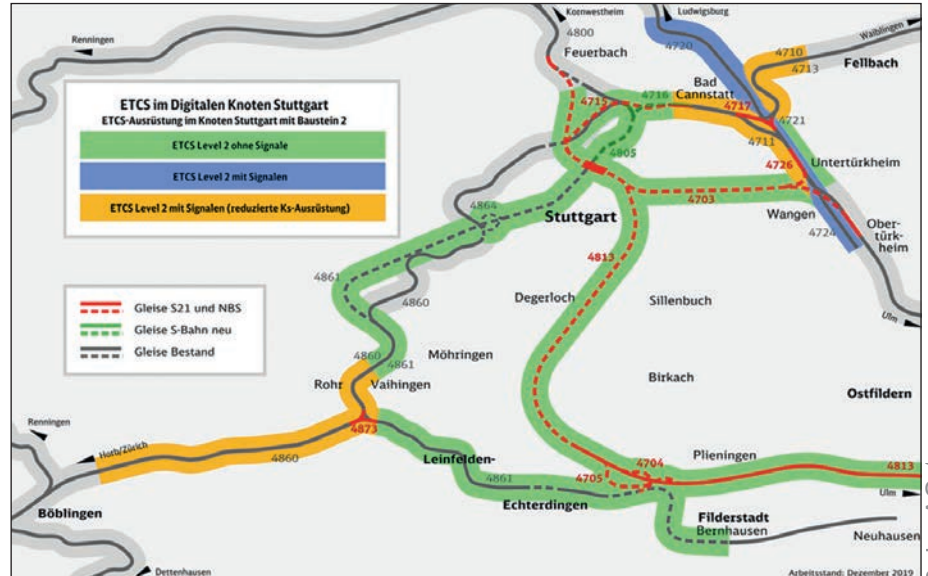


Abb. 5: Im besonders leistungskritischen Kernbereich des Knotens, in dem nur Personenzüge verkehren, wird L2oS geplant, in umliegenden Bereichen aufgrund von Güterverkehr oder frühen DSTW-Inbetriebnahmen teils auch L2mS.

Quelle: DB AG

Stellwerke gegenüber der Alttechnik entgegenwirken werden.

Um die Leistungsfähigkeit weiter zu erhöhen, ist der Blick über Stellwerk und Hochleistungsblock zu weiten: ETCS fungiert als Trägersys-

tem für weitere Techniken, insbesondere ATO und TMS, deren spätere Einbindung bereits mit vorbereitet wird. Darüber hinaus werden zahlreiche kleine, aber für die Leistungsfähigkeit entscheidende Details verfolgt, bei-

SCHAUEN SIE UM DIE ECKE!

Besuchen Sie unsere starken Marken auf der InnoTrans 2020



NEU: Halle 6.2. – Stand 350

Eurailpress – offizieller Medienpartner der InnoTrans

JETZT IHREN ANZEIGENPLATZ BUCHEN:
SILKE HÄRTEL | TEL.: 040/237 14-227
EMAIL: SILKE.HAERTEL@DVVMEDIA.COM



spielsweise die Auflösung der starren Mindestabstände von „Signalen“ zu elektrischen Schaltabschnittsgrenzen oder den mit ETCS möglichen dichten Geschwindigkeitsschwellen in 5-km/h-Schritten.

Fahrzeugeitig bestehen erhebliche Potenziale in der Optimierung der Bremskurven, die dann durchaus steiler als jene der Linienzugbeeinflussung (LZB) sein können. Bei Neufahrzeugen können auch Bremssysteme mit besonders großen Verzögerungen und optimierter Verfügbarkeit wesentlich zu kürzeren ETCS-Bremswegen und damit kürzeren Zugfolgezeiten beitragen.

Digitale Stellwerkstechnik

Im Gleisfeld werden Weichen und Signale von Feldelementanschlusskästen (FeAk) angesteuert, die über Gleisfeldkonzentratoren (GFK) an das Stellwerk angeschlossen werden.

GFK sind am ehesten mit den bisherigen ESTW-A vergleichbar, werden aber in die drei Module LST, Telekommunikation (TK) und Energie (50 Hz) untergliedert, die in der Regel als Betonschalhäuser ausgeführt werden. Die FeAk der Weichen und Signale werden per Lichtwellenleiter (LWL) an das TK-Modul angebunden, das auch die Kommunikation zum übergeordneten Technik- und Bedienstandort (TSO/BSO) sicherstellt. Die Energieversorgung der FeAk wird über das Energiemodul gewährleistet, die in Stuttgart jeweils redundant an einen Mittelspannungsring angeschlossen werden wird. Im LST-Modul werden insbesondere Daten für die Gleisfreimeldung lokal ausgewertet und Achszähler direkt angeschlossen. Die Ergebnisse der Auswertung werden über das bahnbetriebliche IP-Netz (bbIP) an den TSO/BSO weitergeleitet. Mit moderneren Achszählern im FeAk und eine zentrale Auswertung am TSO/BSO denkbar.

Bei der Verortung der Module sind grundsätzlich die Planungsvorgaben an GFK zu berücksichtigen. Diese werden als technische Mitteilungen herausgegeben und beschreiben die Einbindung der FeAk, GFK und Feldelemente in das Gesamtsystem DSTW.

Im Detail müssen dennoch für das Vergabeverfahren einige Annahmen getroffen werden, da die letztendlich eingesetzte Technik zum Teil herstellerabhängig ist und somit zur Wahrung der Neutralität ein Worst-Case-Ansatz gewählt werden muss, wie beispielsweise Kabelquerschnitte bei bestehenden, nicht mehr erweiterbaren Kabelführungssystemen. Eine Herausforderung besteht auch darin, die Kabelführung von einem zentralen ESTW-Standort auf zwei räumlich getrennte GFK-Standorte umzuplanen. Im bestehenden S-Bahn-Tunnel lässt der Tunnelquerschnitt dabei keine zusätzlichen Kabeltröge zu, die neuen Kabel müssen zusammen mit bereits vorhandenen Kabeln verlegt werden. Die Bestandskabel können aber erst in Teilen entfernt werden, wenn die alten technischen Anlagen

außer Betrieb gegangen sind und alle neuen Kabel und Anlagen bereitstehen.

Grundsätzlich sind die FeAk sternförmig anzuschließen. Es können hierbei bis zu fünf FeAk über die gleichen LWL-Fasern im gleichen LWL-Kabel in Reihe angeschlossen werden. Eine Ringredundanz ist aufgrund der hohen Anforderung an die Fehlererkennungszeit ausgeschlossen und wird durch eine beidseitige Faserredundanz (graues und blaues Netz) ersetzt. In Bereichen hoher Verfügbarkeitsanforderungen kann der Zulauf des grauen im Vergleich zum blauen Netz über unterschiedliche Wege erfolgen, sodass bei einem lokalen Kabelschaden maximal ein FeAk betroffen ist. An den GFK werden räumlich getrennte Gebäudeeinführungen realisiert. Aufgrund der nicht veränderbaren Trassenverläufe und Kapazitäten in den Tunnelbauwerken sind zwischen GFK und FeAk nicht überall Trassenredundanzen möglich.

Abweichungen gibt es auch bei den Flächenannahmen der GFK, diese werden teilweise auf das absolut notwendige Minimum reduziert, um begrenzte Räume im Bestand optimal auszunutzen. Hier können die für das „Bauen

auf der grünen Wiese“ entwickelten Vorgaben nicht immer umgesetzt werden.

Zusammenfassung

Fünf Jahre nach den ersten Überlegungen zum Einsatz von digitaler LST zur Leistungssteigerung wird der Digitale Knoten Stuttgart mit dem laufenden Vergabeverfahren zunehmend greifbar. Mehr als 1500 Züge pro Tag werden zur Inbetriebnahme im Knoten erwartet – mit rasch weiter steigender Tendenz. Angesichts der hohen Leistungs- und Stabilitätsanforderungen ist eine ganzheitliche Planung und eine enge Zusammenarbeit zwischen den Gewerken, zahlreichen Fachstellen und Projektpartnern mehr denn je unabdingbar, um die Schiene mit Mitteln der Digitalisierung spürbar zu stärken. ■

QUELLEN

[1] DB Netz AG: Stresstest Stuttgart 21 – Finaler Abschlussbericht zur Fahrplanrobustheitsprüfung, 15.09.2011

[2] Beyer, M.; Jurtz, S.; Langhof, M.; Reinhart, P.; Vogel, T.: ETCS als Trägersystem zur Leistungssteigerung bei der S-Bahn Stuttgart, SIGNAL+DRAHT, 6/2019, S. 6–16

[3] Ingenieurgesellschaft „Machbarkeitsstudie ETCS S-Bahn Stuttgart“: Untersuchung zur Einführung von ETCS im Kernnetz der S-Bahn Stuttgart, Abschlussbericht, Version 2.0 vom 31.01.2019



Marc Behrens

Teamleiter Grundsätze DSTW/ETCS
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
marc.behrens@deutschebahn.com



Peter Otrzonsek

Planung Leit- und Sicherungstechnik
DB Engineering & Consulting GmbH,
Braunschweig
peter.otrzonsek@deutschebahn.com



Enrico Eckardt

Portfoliomanagement und Projektsteuerung
DB Engineering & Consulting GmbH,
Hannover
enrico.eckardt@deutschebahn.com



Martin Schleede

Projektingenieur LST
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
martin.schleede@deutschebahn.com



Michael Kümmling

Team Verkehr, Betrieb & Digitalisierung
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
michael.kuemmling@deutschebahn.com



Max-Leonhard von Schaper

Projektleiter Portfoliomanagement
und Projektsteuerung
DB Engineering & Consulting GmbH,
Stuttgart
max-leonhard.von-schaper@deutschebahn.com



Markus Loef

Teamleiter LST/TK/DSTW/ETCS
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
markus.loef@deutschebahn.com



Sven Wanstrath

Team Verkehr, Betrieb & Digitalisierung
DB Projekt Stuttgart-Ulm GmbH,
Stuttgart
sven.wanstrath@deutschebahn.com