

# Zukunft Bahn: ETCS und digitale Stellwerke

*Philipp Bührsch und Jörn Schlichting*

## 1 ETCS als europäisches Zugsicherungssystem

### 1.1 ETCS – Standard für Europa

Die Migration der länderspezifischen Zugbeeinflussungssysteme zu ETCS (European Train Control System – Europäisches Zugbeeinflussungssystem) geschieht europaweit mit dem Ziel, die große Zahl unterschiedlicher Zugbeeinflussungssysteme in Europa abzulösen und durch einen einheitlichen und interoperablen europäischen Standard zu ersetzen. Diese Harmonisierung der Systeme und Prozesse soll einen zunehmend durchgehenden grenzüberschreitenden Verkehr durch Reduzierung der technischen Barrieren ermöglichen sowie die Zuverlässigkeit im grenzüberschreitenden Bahnbetrieb steigern.

ETCS ist ein computergestütztes System zur Unterstützung des Triebfahrzeugführers, welches kontinuierlich sicherstellt, dass ein Zug seine zulässige Geschwindigkeit nicht überschreitet [1]. Die Ausprägungen von ETCS werden in verschiedenen Levels und Betriebsarten beschrieben und umgesetzt. In Deutschland werden die ETCS-Ausprägungen Level 1 LS (Limited Supervision) und Level 2 mit und ohne Signale angewendet. ETCS Level 1 LS ist ein signalgeführtes System und in Deutschland für Geschwindigkeiten bis 160 km/h nutzbar. In diesem Level erfolgt die Zugüberwachung unter Beachtung der streckenseitigen Signalisierung durch den Triebfahrzeugführer.

Im Falle von ETCS Level 2 findet eine kontinuierliche Kommunikation zwischen Fahrzeug und Strecke mittels GSM-R (Global System for Mobile Communications – Rail) statt und ist in Deutschland auf allen Strecken anzuwenden, auf denen Geschwindigkeiten größer als 160 km/h gefahren werden. Mit dem Einsatz von Level 2 besteht die Möglichkeit, die bisherigen Systeme abzulösen.

ETCS Level 3 befindet sich derzeit in der Entwicklung und soll zusätzliche Optimierungen zur Verfügung stellen. Ziel muss ein weitgehender Verzicht auf die streckenseitige Gleisfreimeldung sein, um damit die Einführung des „Moving Block“ zu ermöglichen. Voraussetzungen für Level 3 werden eine kontinuierliche und hochgenaue Positionsüberwachung der Züge sowie die fahrzeugseitige Zugintegritätsprüfung sein.

Die Implementierung von ETCS in Deutschland folgt einer übergreifenden Gesamtstra-

terie, die die Ausrüstungsvorgaben der EU, die Ablösung des bestehenden Zugsicherungssystems LZB (Linienförmige Zugbeeinflussung) sowie laufende Projekte unter Beachtung der Belange der Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) berücksichtigt.

## 1.2 Ausrüstungsvorgaben der EU

Die europaweite Einführung von ETCS beruht auf Richtlinien und Vorgaben der EU, die teilweise unmittelbar gelten und teilweise durch die Mitgliedstaaten in die nationale Gesetzgebung übernommen werden. Die EU hat die Vorgaben zum Einsatz von ETCS auf dem transeuropäischen Eisenbahnnetz in der Interoperabilitätsrichtlinie „2016/797“ zusammengefasst. Die Richtlinie legt die Bedingungen fest, die für die Realisierung der Interoperabilität des Eisenbahnsystems in der Europäischen Union erfüllt sein müssen. Ziel der Richtlinie ist die technische Harmonisierung sowie die Verbesserung und Entwicklung von Eisenbahnverkehrsdiensten in der EU und mit Drittländern. Damit soll die Etablierung eines einheitlichen europäischen Eisenbahnraums erfolgen. Die nachgeordnete TSI (Technische Spezifikation für die Interoperabilität) Teilsystem ZZS „Zugsteuerung, Zugsicherung und Signalgebung“ beschreibt das Zugbeeinflussungssystem ETCS und macht Angaben zu der Systemspezifikation SRS (System Requirement Specification), den Schnittstellen zur strecken- und fahrzeugseitigen Technik und zu allen wesentlichen Informationen für die EVU.

Die TSI differenziert zwei Klassen von Zugsicherungssystemen. Zum einen ETCS als einheitliches Klasse-A-System und zum anderen die nationalen Klasse-B-Systeme, die bereits vor Inkrafttreten der Interoperabilitätsrichtlinie bestanden beziehungsweise in Verwendung waren.

Ein Hindernis zur Steigerung der Interoperabilität im europäischen Eisenbahnverkehr besteht in den jeweiligen nationalen Klasse-B-Systemen. Zur Vermeidung zusätzlicher Interoperabilitätsbarrieren dürfen diese zukünftig nicht mehr grundlegend verändert werden. Funktionen, Leistungen und Schnittstellen müssen ihrer derzeitigen Spezifikation entsprechend beibehalten werden.

Als Klasse-A-System ist nur ETCS zulässig, andere neue Systeme dürfen nicht eingeführt werden und besitzen daher auch keine Förderfähigkeit mehr durch den Bund oder die EU. Für Neu- und große Umbaumaßnahmen auf dem transeuropäischen Streckennetz ist gemäß TSI ZZS verpflichtend ETCS einzusetzen.

Bei der Umsetzung der zukünftigen ETCS-Ausrüstungsvorgaben stehen verkehrliche Aspekte im Mittelpunkt der strategischen Überlegungen von EU, Bund und Bahn. Der Anspruch an die Eisenbahninfrastrukturunternehmen (EIU) ist es, eine möglichst lückenlose Durchfahrbarkeit herzustellen. Gleichzeitig soll für die langfristige Planungssicherheit eine wirtschaftliche Vorgehensweise bei der Einführung von ETCS sichergestellt werden – für Transporteure und Infrastrukturbetreiber.

Diese Ausrichtung wird durch europäische Verordnungen gestützt. Die Verordnungen zu den TEN V-Leitlinien (Leitlinien für die Transeuropäischen Verkehrsnetze) und die Verordnung CEF (Connecting Europe Facility), welche die Regelungen für die Finanzierungsbeiträge für TEN-Verkehrsprojekte festlegt, wurden 2013 mit dem Ziel erlassen, ein marktgerechtes, transeuropäisches Schienenverkehrsnetz innerhalb der EU aufzubauen. Auf den sechs in Deutschland – Nordsee – Ostsee, Orient/Östliches Mittelmeer, Skandinavien – Mittelmeer, Rhein – Alpen, Atlantik und Rhein – Donau – von insgesamt neun in Europa verlaufenden TEN-Kernnetzkorridoren (ca. 7200 km) soll der ETCS-Ausbau bis 2030 und im TEN-Gesamtnetz (ca. 16 000 km) bis 2050 erfolgen. Zur Ko-Finanzierung dieser Verkehrsprojekte stellt die EU den Mitgliedsstaaten CEF-Fördermittel zur Verfügung.

### **1.3 Ablösung Klasse-B-Systeme in Deutschland**

Das Klasse-B-System LZB ist bei der Deutschen Bahn seit 1975 im Einsatz und ermöglicht Geschwindigkeiten größer als 160 km/h im Personen- und Güterverkehr sowie höhere Kapazitäten auf Strecken und Bahnhöfen. Streckenseitig ist die LZB ein System mit zwei wesentlichen Entwicklungsstufen: LZB L72 und LZB L72 CE (CIR-ELKE – Computer Integrated Railroadng – Erhöhung der Leistungsfähigkeit im Kernnetz). CIR-ELKE ist eine Weiterentwicklung der LZB L72 zur effizienteren Betriebssteuerung unter Anwendung von Hochleistungsblöcken. Aus Gründen der Obsoleszenz werden die bestehenden LZB L72-Anlagen in den kommenden Jahren auf die LZB L72 CE migriert. Es ist keine Weiterentwicklung der LZB-Technologie geplant. Das System ist seitens der Industrie abgekündigt und wird daher als eines der beiden nationalen Klasse-B-Systeme voraussichtlich bis 2030 durch ETCS Level 2 abgelöst. Das Klasse-B-System PZB 90 (Punktförmige Zugbeeinflussung) bleibt nach derzeitiger Planung technisch unbefristet bestehen.

### **1.4 Laufende Projekte mit ETCS-Ausrüstung**

Bislang wurde in Deutschland die Ausrüstung von Strecken mit ETCS im Wesentlichen mittels Projekten des Bedarfsplans durchgeführt. Gemäß Bedarfsplan, der auf dem Bundesschienenwegeausbaugesetz basiert, baut die Deutsche Bahn ihre Schienenwege aus [2]. Diese Infrastrukturinvestitionen werden durch den Bund finanziert.

Die EU unterstützt die Bedarfsplanprojekte bisher mit EFRE-Mitteln (Europäischer Fonds für regionale Entwicklung) und begünstigt so die ETCS-Ausrüstung in Deutschland. Ziel der EFRE-Förderung zwischen 2014 und 2020 ist u. a. die Förderung der Beseitigung von Engpässen in wichtigen Netzinfrastrukturen [3]. Die streckenseitige ETCS-Ausrüstung über Bedarfsplan- und EFRE-geförderte Projekte führte jedoch dazu, dass die vorrangigen TEN-Kernnetzkorridore nicht

ausreichend bedient wurden. Hintergrund dafür ist, dass Maßnahmen zur Engpassbeseitigung und das transeuropäische Verkehrsnetz im Einzelfall nicht deckungsgleich sind.

## 2 ETCS-Ausrüstung im Rahmen des European Deployment Plan

Maßgebend für die Ausrüstung deutscher Strecken mit ETCS entlang der TEN-Kernnetzkorridore sind seit dem 5. Januar 2017 die Vorgaben des European Deployment Plan (EDP – Europäischer Bereitstellungsplan) der Europäischen Kommission. Mit dem EDP verfolgt die EU-Kommission das Ziel einer europaweiten koordinierten ETCS-Ausrüstung entlang der TEN-Kernnetzkorridore [4]. Im Mittelpunkt stehen u. a. das Users-first-Prinzip sowie die durchgängige Durchfahrbarkeit der TEN-Kernnetzkorridore bis 2030.

### 2.1 Ursprünglicher European Deployment Plan

Der ursprüngliche, 2009 in Kraft getretene EDP beinhaltete einen geografischen Umfang von sechs Korridoren (A bis F) – davon vier in Deutschland (A, B, E und F) mit einer Länge von ca. 3800 km. Die Ausrüstung der sechs Korridore mit ETCS sollte spätestens im Jahr 2020 abgeschlossen sein. Diese Frist basierte auf damaligen nationalen Bereitstellungsplänen, die die EU-Mitgliedstaaten 2007 an die Europäische Kommission übermittelt hatten.

Zur streckenseitigen Ausrüstung von ETCS beschloss die Europäische Kommission legislative Schritte sowie die Bereitstellung von Fördermitteln. Einige EU-Länder konnten dadurch bei der Ausrüstung mit ETCS deutliche Fortschritte verzeichnen. Dennoch war der zeitliche Rahmen zur Umsetzung dieses ursprünglichen EDP insbesondere für Länder mit großen Streckennetzen herausfordernd, sodass sich die in 2009 gesetzten Fristen insgesamt als zu optimistisch erwiesen. Eine der wesentlichen Herausforderungen für eine Ausrüstungsstrategie waren zu diesem Zeitpunkt die häufigen und inkompatiblen Änderungen an der damaligen ETCS-Spezifikation. Hieraus wuchs der Druck, den ursprünglichen EDP zu überdenken und einen neuen EDP mit einem aktualisierten Zeitplan zu erstellen, der für alle Mitgliedstaaten verbindlich umzusetzen und realisierbar ist.

### 2.2 Neuer European Deployment Plan

Aufgrund der unterschiedlich weit fortgeschrittenen Implementierung in den einzelnen EU-Mitgliedstaaten hat sich die EU-Kommission auf einen neuen angepassten EDP verständigt, der auf den vier Prinzipien Kundenfokus, Standardisierung der Fahrzeug-ausrüstung, ETCS-Bereitstellung und Kostenreduktion basiert [5].

Im Januar 2017 wurde nach zweijähriger Vorbereitung die Neufassung des EDP einstimmig verabschiedet und von der EU-Kommission veröffentlicht. Sie beinhaltet

den Ansatz zur ETCS-Ausrüstung der TEN-Kernnetzkorridore und ersetzt die Ausrüstungsverpflichtung der ursprünglichen ETCS-Korridore. Im neuen EDP wurden angemessene Projektumfänge für die Ausrüstungsverpflichtung vereinbart.

Für die ETCS-Ausrüstungsstrategie im Rahmen des EDP hat Deutschland mit der EU drei Grundsätze vereinbart:

- Ausrüstung beginnend mit den verkehrlich relevanten Grenzübergängen,
- TEN-Kernnetzkorridore anschließend an die jeweiligen Grenzübergänge und
- Ermöglichen von Verbindungen zwischen TEN-Kernnetzkorridoren.

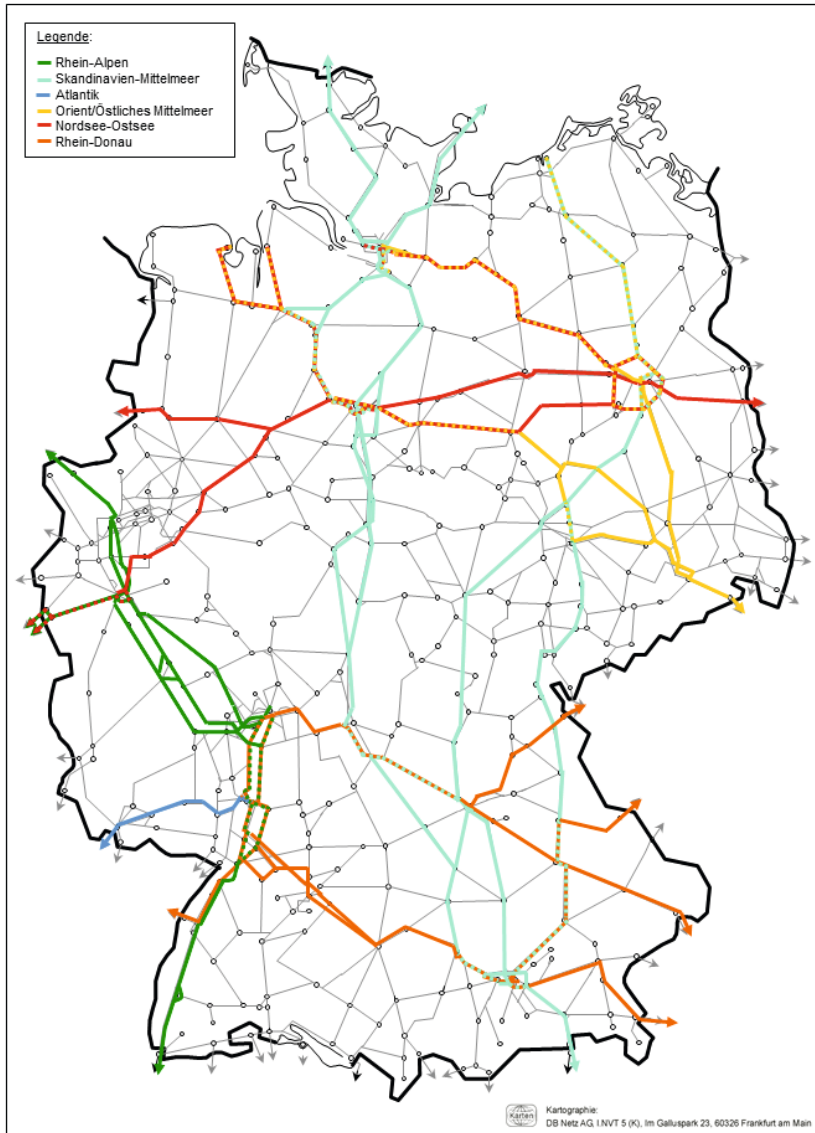
Die Vorgaben im neuen EDP sind zunächst bis zum Jahr 2023 vereinbart. Das TEN-Kernnetz erfährt gleichzeitig mit Revision der TEN-T-Richtlinie bis 2023 eine Überprüfung des ETCS-Ausrüstungsumfangs durch die EU-Kommission; im Nachgang werden die weiteren Ausrüstungsabschnitte bis 2030 definiert und der EDP erneut aktualisiert (Abb. 1).

Auf den sechs durch Deutschland verlaufenden Kernnetzkorridoren ergeben sich gemäß neuem EDP folgende bis 2023 auszurüstende Projekte (Abb. 2):

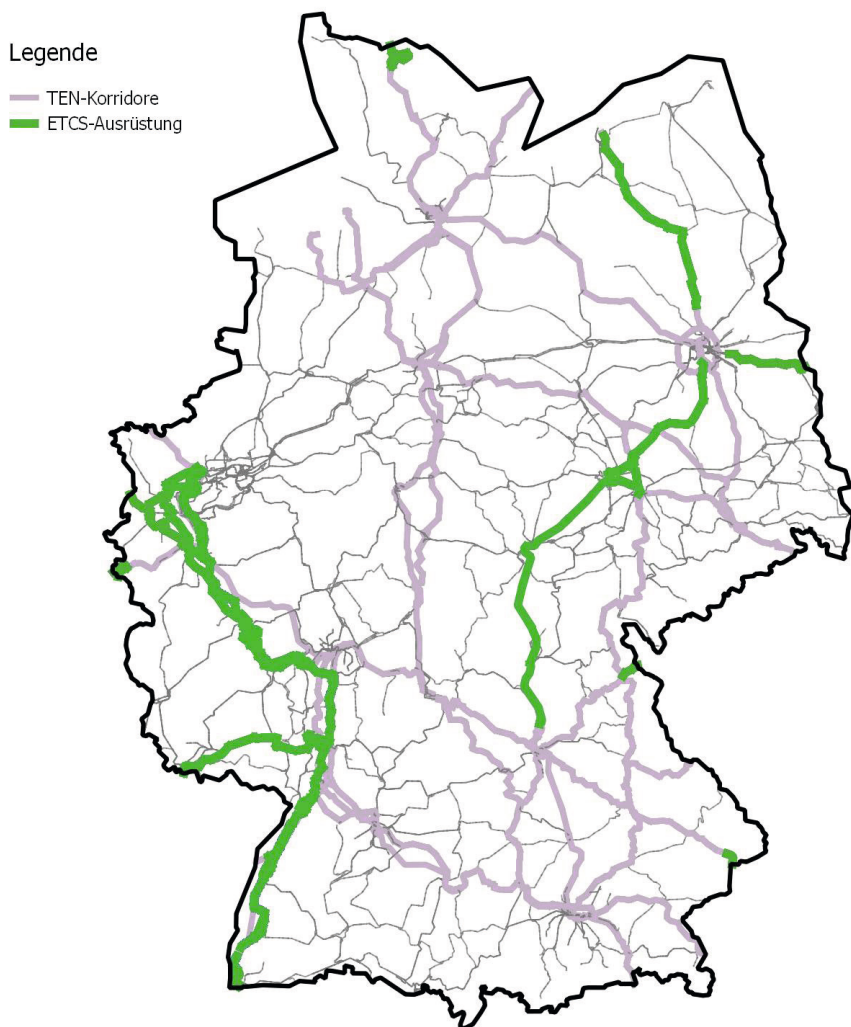
- ETCS-Ausrüstung der Grenzanschlussstrecken:
  - Belgien – Aachen
  - Dänemark – Flensburg
  - Frankreich – Saarbrücken
  - Niederlande – Viersen – Krefeld/Köln
  - Österreich – Passau
  - Polen – Frankfurt (Oder) – Erkner
  - Tschechien – Schirnding
- ETCS-Ausrüstung in den Projekten:
  - Knoten Basel
  - POS Nord
  - Korridor A
  - Rostock – Berlin
  - VDE 8.1 Ebensfeld – Erfurt (VDE – Verkehrsprojekte Deutsche Einheit)
  - VDE 8.2 Erfurt – Leipzig/Halle
  - VDE 8.3 Leipzig/Halle – Berlin
- ETCS-Ausrüstung der Lückenschlüsse:
  - Anbindung des Projekts Rostock – Berlin an den Hafen Rostock
  - Verbindung zwischen den Projekten POS Nord und Korridor A

### **3 ETCS-Ausrüstung im Rahmen von „Zukunft Bahn“**

Mit dem Programm „Zukunft Bahn“ hat die Deutsche Bahn langfristige Ziele definiert, die den nachhaltigen Erfolg der Schiene innerhalb eines wachsenden und innovati-



**Abb. 1:** Verlauf der Kernnetzkorridore in Deutschland



**Abb. 2:** ETCS-Ausrüstung in Deutschland nach neuem EDP bis 2023 (Stand 23. August 2017)

Grafik: DB Netz AG

von Mobilitätsmärkten sichern sollen. Hierbei ist insbesondere die Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik ein wesentliches Element zur Schaffung einer der fortschrittlichsten und umweltfreundlichsten Infrastrukturen in Europa.

### 3.1 ETCS als richtungsweisende Zugsicherungstechnik

Mit voranschreitender Umsetzung des EDP und der Bedarfsplanprojekte mit ETCS auf dem Schienennetz der Deutschen Bahn steigt der Anteil des modernen europäischen Zugsicherungssystems ETCS an der bisherigen Leit- und Sicherungstechnik in Deutschland.

Die Implementierung und Anwendung von ETCS auf den europäischen Kernnetzkorridoren bewirkt eine mittel- und langfristig zunehmende strecken- und fahrzeugseitige Anwendung der neuen Zugsicherungstechnologie. Heute notwendige Mehrfachausrüstungen verursachen zusätzliche Kosten und sollen zukünftig reduziert werden. Die zunehmende Ausbreitung von ETCS im europäischen Schienennetz sowie die angestrebte Vermeidung von Doppelausrüstungen führen dazu, dass die heutigen Klasse-B-Systeme PZB und LZB mittel- bis langfristig an Relevanz verlieren. Ziel ist, dass ETCS nicht nur auf den Kernnetzkorridoren, sondern auch im übrigen Netz ausgerollt wird. Da Doppelausrüstungen auf beiden Seiten zusätzliche Kosten erzeugen, soll die Dauer der Doppelausrüstung im Migrationszeitraum möglichst kurz gehalten werden. Diese Migration kann nur in Verbindung mit einer entsprechenden Stellwerksarchitektur einhergehen. Die Grundidee ist, ohne die heutigen Signale auszukommen, indem auf ETCS Level 2 umgestellt wird. Neben dem laufenden Aufwand soll der damit verbundene Instandhaltungsaufwand reduziert werden. Die Neubaustrecke VDE 8, die Ende 2017 ohne klassische Signale in Betrieb genommen wurde, ist ein gelungenes Beispiel für diese Form der Digitalisierung.

Mit dem stark wachsenden Einsatz von ETCS Level 2 und damit einem zunehmend digitalem System kommt dem funkbasierten Übertragungsweg zukünftig eine vitale Bedeutung zu. Die langfristige Sicherung von ausreichenden Frequenzen für den zukünftigen Eisenbahnverkehr ist eine der akuten, neuen und großen Aufgaben für alle Beteiligten – EU-Kommission, Mitgliedstaaten und Eisenbahninfrastrukturunternehmen. So muss es gelingen, die heute schon im deutschen Eisenbahnsektor verwendeten Frequenzen (873-880 MHz/918-925 MHz) zu erhalten und europaweit zu harmonisieren. Dies ist ein wichtiger Baustein zur Einführung von ETCS und für die zukünftige Anwendung zur Automatisierung der Schiene, wie z. B. ETCS Level 3 und der Ansteuerung von Fahrwegelementen.



### **3.2 Digitale Stellwerke**

Die im Bestand der Deutschen Bahn befindlichen Stellwerke sind geprägt von ansteigenden notwendigen Investitionen und durch zunehmend aufwendigeres Obsoleszenz-Management. Eine wesentliche Maßnahme zur Gegensteuerung ist die Entwicklung und Umsetzung von digitalen Stellwerken. Mit digitalen Stellwerken schafft die Deutsche Bahn eine neue, IP-basierte Stellwerksgeneration und stellt sich damit für die digitale Zukunft im Schienenverkehr auf.

Die Deutsche Bahn arbeitet mit Vertretern der Signalbauindustrie und Forschungsinstituten zusammen, um die Lebenszykluskosten der elektronischen Stellwerke mittels Modularisierung der Leit- und Sicherungstechnik, Standardisierung der Stellwerke sowie der Schnittstellen signifikant zu reduzieren. Für die Deutsche Bahn bedeutet dies, dass ein gesamtes Stellwerk nicht mehr nur von einem einzigen Hersteller produziert und installiert werden muss, sondern Komponenten unterschiedlicher Hersteller miteinander kombiniert werden können. Darüber hinaus wird modulare Reinvestition entsprechend des Lebenszyklus einzelner Teilsysteme möglich.

Die derzeitige Ausgangssituation ist durch eine heterogene Bestandstechnik in den Netzbezirken gekennzeichnet. So können in einem Netzbezirk mehrere Stellwerksgenerationen, vom mechanischen Stellwerk Baujahr 1936 über Relaisstellwerke Baujahr 1976 bis hin zu elektronischen Stellwerken Baujahr 1993, in Betrieb sein. Durch einen flächendeckenden Rollout digitaler Stellwerke werden die technische Variantenvielfalt reduziert und zukünftig eine einheitliche Technik je Netzbezirk sichergestellt. Das digitale Stellwerk garantiert standardisierte und offene Schnittstellen, einen einheitlichen und flexiblen Bedienplatz, eine herstellernunabhängige Planung und ermöglicht durch die Trennung von Energie und Daten den Aufbau eines zentralen Technikstandorts.

Des Weiteren sieht das Konzept der digitalen Stellwerke eine signifikante Reduktion der Technikstandorte vor. Derzeit existieren rund 4000 Standorte in den unterschiedlichsten Bauformen. In der Regel ist der Betrieb der Stellwerke ortsgebunden und lediglich für einen limitierten Streckenabschnitt verfügbar. Geplant ist der Aufbau eines einzigen Technikstandorts je Netzbezirk; dies entspricht rund 160 bis 200 Technikstandorten bzw. 5 % der Standorte der Bestandstechnik. Die standardisierten Schnittstellen der digitalen Stellwerke können auch zu einer weiteren Markttöffnung für Hersteller von Stellwerken führen. Aufgrund der Stellwerksarchitektur und damit verbundener Effekte ist das Ziel eine flächenbezogene Umrüstung der digitalen Stellwerke, die netzbezirksweise geschieht.

### **4 Strategische Verknüpfung zur modernen Leit- und Sicherungstechnik**

Eine Strategie zur Bündelung von ETCS mit digitalen Stellwerken ist folgerichtig. Ausschlaggebend ist dabei einerseits die Modernisierung der Leit- und Sicherungstechnik

mittels ETCS und andererseits die flächendeckende Umrüstung auf digitale Stellwerke (DSTW). Der volle Nutzen von ETCS ergibt sich aus der Kombination mit der digitalen Stellwerkstechnik.

Die Kombination beider Technologien bietet positive Effekte für den Bahnbetrieb, in der Instandhaltung sowie der Pünktlichkeit. Des Weiteren werden die zukünftig zu erwartenden Auswirkungen des demografischen Wandels auf die Personalstruktur im Sektor gemindert.

Ein erster Schritt zur Validierung der Wirtschaftlichkeit dieser Strategie ist die vom Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) in Auftrag gegebene Machbarkeitsstudie zur netzweiten Einführung der beiden Technologien. Bis Ende 2018 soll in der Studie analysiert werden, wie der sogenannte Flächen-Rollout für EVU und EIU erfolgen kann, welche volkswirtschaftlichen Potenziale damit zu heben sind und wie die Finanzierung erfolgen kann. Wie hoch der Mittelbedarf für Fahrzeuge und Infrastruktur sein wird, wird das Gutachten des BMVI zeigen und hängt unter anderem davon ab, wie teuer die Technik in Serienproduktion wird. Die Analyse soll dabei auch zukünftige Technologieentwicklungen wie z. B. 5G, ETCS Level 3 u. v. m. berücksichtigen.

Diese Entwicklungen hin zur Digitalisierung bieten viele Chancen zur weiteren Automatisierung des Verkehrs auf der Schiene, z. B. als Basis für vielfältige Assistenz- und Automatisierungspotenziale, und zeichnen damit den Weg auf für zukünftige Technologie- und Digitalisierungsschübe im Sektor Schiene.

## Quellen

- [1] Europäische Kommission, Rail-Commission sets date to put standardised European railway signalling system in place, URL: <https://ec.europa.eu/transport/node/4872>, 21.06.2017 um 13:30 Uhr
- [2] BMJV, Gesetz über den Ausbau der Schienenwege des Bundes (Bundesschienenwegeausbaugesetz), URL: <https://www.gesetze-im-internet.de/bswag/BJNR187400993.html>, 21.06.2017 um 10:27 Uhr
- [3] BMWI, Europäischer Fonds für regionale Entwicklung (EFRE) (2014-2020), URL: <http://www.foerderdatenbank.de/Foerder-DB/Navigation/Foerderrecherche/suche.html?get=views;document&doc=2650&typ=KU>, 17.05.2017 um 15:43 Uhr
- [4] Europäische Kommission, Rail – ERTMS – European Deployment Plan and National Deployment Plans, URL: [https://ec.europa.eu/transport/modes/rail/ertms/edp\\_map\\_en](https://ec.europa.eu/transport/modes/rail/ertms/edp_map_en), 21.06.2017 um 14:11 Uhr
- [5] Europäische Kommission, ERTMS – Work Plan of the European Coordinator, Mai 2015



**Philipp Bührsch**  
Leiter ETCS-Programm –  
Strategie und Technologie  
[philipp.buehrsch@deutschebahn.com](mailto:philipp.buehrsch@deutschebahn.com)



**Jörn Schlichting**  
Leiter ETCS-Programm –  
Planung und Umsetzung  
[joern.schlichting@deutschebahn.com](mailto:joern.schlichting@deutschebahn.com)

beide Autoren: DB Netz AG, Berlin