

Digitale S-Bahn Hamburg – Erstmalige Realisierung von „ATO over ETCS“ in Deutschland

Digital S-Bahn Hamburg – Germany's first implementation of ATO over ETCS

Jan Schröder | Christoph Gonçalves Alpoim | Boris Dickgießer | Volker Knollmann

Im Jahr 2017 hat die Freie und Hansestadt Hamburg den Zuschlag für die Ausrichtung des ITS-Weltkongresses 2021 (ITS – Intelligent Transport Systems) erhalten. Vom 11. bis 15. Oktober treffen sich die Fachexperten und Interessierte in Hamburg. Im Rahmen des Kongresses gibt es eine Reihe an technischen Demonstrationen, wie z. B. das gemeinsame F&E-Projekt der Deutschen Bahn AG (DB) und Siemens Mobility, in dem das System „ATO over ETCS“ erstmalig bei einem Vollbahnsystem in Deutschland realisiert wurde und der Fachwelt präsentiert wird. Auf der 23 km langen Strecke vom Berliner Tor über Bergedorf nach Aumühle wird ETCS (ETCS – European Train Control System) und ATO (ATO – Automatic Train Operation) ausgerollt, dazu werden vier Fahrzeuge der S-Bahn Hamburg mit ETCS- und ATO-Komponenten ausgerüstet. Das Projekt firmiert unter dem Namen „Digitale S-Bahn Hamburg“ – kurz DSH – und hat zum Ziel, die Anwendung von „ATO over ETCS“ nicht nur technisch und betrieblich umzusetzen, sondern auch zur Zulassung zu bringen und somit das System erstmalig in Deutschland im regulären Fahrgastbetrieb einzusetzen. Für die S-Bahn Hamburg, für die Projektpartner Siemens und DB sowie auch für den gesamten Bahnsektor ist dies ein Meilenstein auf dem Weg zur Digitalen Schiene in Deutschland. Mit „ATO over ETCS“ wird es gelingen, einen wesentlichen Teil zur erforderlichen Kapazitätssteigerung beizutragen und eine verbesserte Stabilität und Qualität bei zugleich optimaler, energieeffizienter Fahrweise zu erreichen. Die Digitale S-Bahn Hamburg kann daher als Blaupause für weitere Projekte in Deutschland angesehen werden.

1 Anspruchsvolle Zielstellung

Die neue Technologie „ATO over ETCS“ soll im Rahmen des Pilotprojekts für zwei Hauptanwendungsfälle – dem hoch- und vollautomatisierten Bahnbetrieb – umgesetzt werden. Beim hochautomatisierten Betrieb übernimmt das ATO-System die Fahr- und Bremssteuerung der Züge. Der Triebfahrzeugführer (Tf) überwacht das System und greift bei Störungen ein. Darüber hinaus aktiviert bzw. deaktiviert er das ATO-System an der Systemgrenze zwischen digitalisiertem und konventionellem Betrieb. Zusätzlich zum hochautomatisierten Betrieb wird an der Station Bergedorf eine vollautomatisierte Rangierfahrt realisiert. Dabei verkehrt das Fahrzeug vollautomatisch ohne Tf und ohne Fahrgäste vom Bahnsteig in das Kehrgleis und wird anschließend auch wieder vollautomatisch am Bahnsteig bereitgestellt (Erläuterung im Film [1]). Ziel des Pilotprojekts ist es, wertvolle Erfahrungen für eine zukunftsweisende Ausrichtung für das komplexe Hamburger S-Bahn-System zu gewinnen und auch die europäischen Spezifi-

In 2017, the Free and Hanseatic City of Hamburg successfully outbid the competition to host the 2021 ITS World Congress (ITS – Intelligent Transport Systems). Industry experts and other interested parties from around the world will gather together in Hamburg from 11 to 15 October for this year's event, which will feature a series of technical demonstrations. The innovations set to be unveiled to the railway community include a joint R&D project by Deutsche Bahn AG (DB) and Siemens Mobility, which has seen the ATO over ETCS system implemented on a German mainline railway for the first time. ETCS (the European Train Control System) and ATO (Automatic Train Operation) will be rolled out on the 23 km long stretch from Berliner Tor to Aumühle via Bergedorf. To this end, four of Hamburg's S-Bahn (suburban rapid transit) vehicles will be fitted with ETCS and ATO components. The project goes by the name of "Digital S-Bahn Hamburg", or DSH for short, and aims not only to establish the technical and operating prerequisites for the use of ATO over ETCS, but also to secure approval for the new technology so that it can be deployed in regular passenger services in Germany for the first time. This represents a major milestone in the Digital Rail for Germany program for S-Bahn Hamburg, for the project partners Siemens and DB and indeed for the railway sector as a whole. ATO over ETCS will be instrumental in driving the necessary capacity expansion, while achieving enhanced stability and quality combined with optimum, energy-efficient driving. Digital S-Bahn Hamburg can therefore be seen as a blueprint for further projects in Germany.

1 An ambitious goal

The pilot project will implement the new ATO over ETCS technology for two main use cases: highly automated and fully automated railway operations. In highly automated operations, the ATO system controls the driving and braking of the trains. The train driver monitors the system and intervenes in the event of any disruptions or irregularities, as well as activating or deactivating the ATO system at the system boundary between the digitised and conventional operations. In addition to the highly automated operations, fully automated shunting will also be implemented at the Bergedorf station. There, the vehicles will move fully automatically from the platform onto the reversal track and back to the platform again without a train driver or any passengers (watch the DSH project's explanatory video [1]). The aim of the pilot project is to gather valuable experience to inform the future development of Hamburg's complex S-Bahn

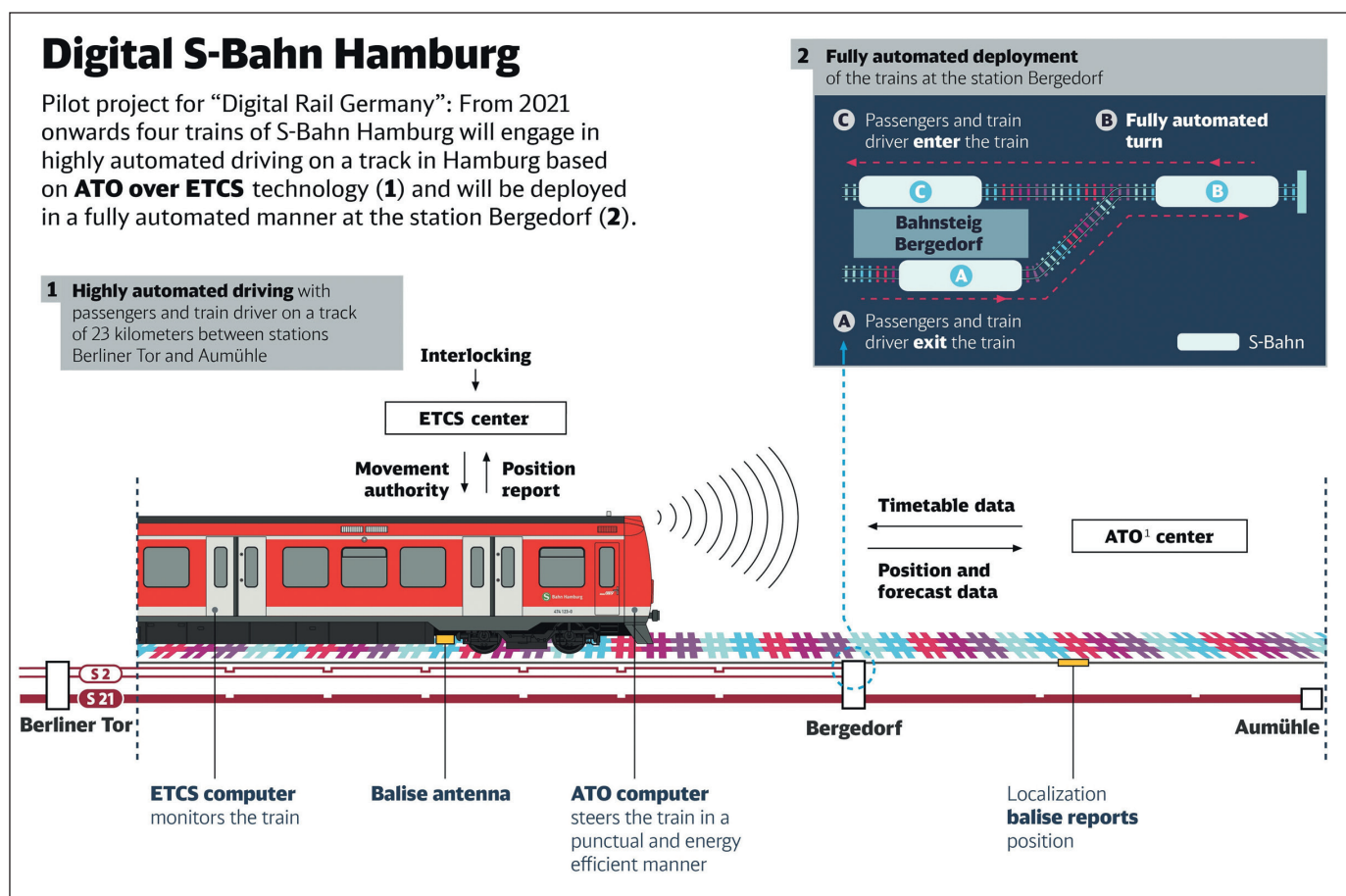


Bild 1: Infografik Projekt Digitale S-Bahn Hamburg

Fig. 1: Infographics of the Digital S-Bahn Hamburg project

Quelle / Source: Deutsche Bahn AG

kationen auf Anwendbarkeit im realen Betrieb zu validieren. Die gewonnenen Erkenntnisse werden bei der Modernisierung des Gesamtnetzes der Hamburger S-Bahn eingesetzt und tragen wesentlich dazu bei, die Leistungs- und Funktionsfähigkeit der eingesetzten Technologien sicherzustellen. Damit bildet das Pilotprojekt einen zentralen Wegweiser für den Einsatz dieser digitalen Technologien im Hamburger Nahverkehr.

Darüber hinaus werden in dem Projekt nicht nur der digitalisierte Bahnbetrieb für die S-Bahn Hamburg oder andere S-Bahnen pilotiert, sondern es wird auch die betriebliche, planerische und technische Basis für die Einführung von „ATO over ETCS“ im deutschen Schienennetz gelegt (Bild 1).

2 Gemeinsame Forschungs- und Entwicklungskooperation als Basis für den Projekterfolg

Ein innovativer Ansatz wurde auch bei der Zusammenarbeit zwischen den Projektpartnern gewählt. Das Projekt DSH ist eine Entwicklungskooperation zwischen der DB und Siemens Mobility. Das bedeutet, beide Projektpartner arbeiten in einer gemeinsamen Projektorganisation sehr eng miteinander zusammen. Projektinhalte sind die Systementwicklung und Ausrüstung der Pilotstrecke und der Fahrzeuge mit den ETCS- und ATO-Systemkomponenten, die Anpassung der Fahrzeuge in Zusammenarbeit mit dem Fahrzeughersteller Bombardier, das Erstellen der Systemanforderungen wie Lasten- und Pflichtenhefte sowie die entsprechend anzupassenden betrieblichen Regelwerke für den Betrieb im deutschen Schienennetz.

system and also to validate the European specification in terms of its applicability to real-world operations. The findings will be used to modernise Hamburg’s entire S-Bahn network and will make a major contribution to ensuring the performance and operability of the deployed technologies. The pilot project is therefore paving the way for the use of these digital technologies in Hamburg’s regional transportation services.

As well as piloting digitised railway operations for the Hamburg S-Bahn or other S-Bahn networks, the pilot project is also laying the operating, planning and technical foundations for the roll-out of ATO over ETCS in the German railway network (fig. 1).

2 Research and development cooperation as the springboard for project success

Another innovative aspect of the project involves the nature of the collaboration between the project partners. The DSH project is based on development cooperation between DB and Siemens Mobility, which entails the project partners working hand in glove within a joint project organisation.

The project scope encompasses the development of the system and the fitting of the pilot track and the vehicles with the ETCS and ATO system components, the adaptation of the vehicles in conjunction with the vehicle manufacturer Bombardier, the compilation of the system requirements such as performance specifications and system design specifications and the adaptation of the operating rules and regulations for deploying the technology within the German railway network.

Die Zusammenarbeit in einer Entwicklungskooperation hat dabei viele Vorteile. So konnten die notwendigen technischen Spezifikationen in gemeinsamen Teams sehr effizient und trotz der äußerst anspruchsvollen Terminvorgaben termingerecht abgestimmt und erstellt werden. Beide Unternehmen können dabei ihre jeweiligen Kompetenzen optimal einbringen.

Agile Methodik und ein gemeinsames Projektbüro waren wichtige Faktoren, um 2018 ein hochmotiviertes gemeinsames Expertenteam in kürzester Zeit zu formen. Das Projektteam besteht heute aus ca. 200 Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern aus beiden Unternehmen und konnte sich dank der guten Zusammenarbeit auch relativ leicht an die ab 2020 pandemiebedingt geänderten Bedingungen anpassen.

Aktuell konzentrieren sich die Aktivitäten auf die Zulassungs- und Genehmigungsaktivitäten sowie die umfassenden Feldtests vor Ort bei der S-Bahn Hamburg.

3 Hochautomatische Fahrt und vollautomatische Rangierfahrt mit ETCS, ATO und AVVO

Die technische Basis des hoch- und vollautomatisierten Bahnbetriebs bildet der von Shift2Rail entwickelte, kommende europäische Standard „ATO over ETCS“. Statt einer Neuentwicklung und konzeptionellen Neugestaltung der Systemarchitektur für einen automatisierten Bahnbetrieb haben sich DB und Siemens bewusst dazu entschieden, den kommenden europäischen Standard „ATO over ETCS“ als technische Systemarchitektur zugrunde zu legen, samt aller dazugehörigen funktionalen Beschreibungen und Schnittstellenspezifikationen. Die Vorteile liegen klar auf der Hand: Ein europäischer Standard ETCS lässt nicht nur einen interoperablen und transeuropäischen Eisenbahnverkehr zu, sondern ermöglicht anhand der standardisierten Schnittstellen auch einen offenen Komponentenwettbewerb.

3.1 ATO over ETCS

Die Grundidee von „ATO over ETCS“ besteht darin, eine konventionelle ETCS-Ausrüstung um Komponenten zur automatischen Steuerung des Zuges zu ergänzen. Diese Steuerungsaufgabe fällt primär dem ATO-Fahrzeuggerät zu, das basierend auf der gegenwärtigen Fahrplanlage und der Kenntnis des vorausliegenden Streckenabschnitts ein optimales Fahrprofil für den Zug errechnet und durch entsprechende Traktions- und Bremskommandos den Zug dann entlang des berechneten Fahrprofils führt. Die Informationen zum Fahrplan und zur Infrastruktur bekommt das ATO-Fahrzeuggerät über eine Funkschnittstelle vom ATO-Streckenserver, der die entsprechenden Daten vorhält und an alle ATO-Fahrzeuge in seinem Bereich verteilt.

Für einen derartig automatisierten Betrieb stellt ETCS die optimale Grundlage dar, denn im Gegensatz zu vielen nationalen Bestandsystemen (sogenannte Class-B-Systeme) basiert ETCS auf einer lückenlosen Überwachung der Fahrzeugbewegung mittels einer dynamisch berechneten und fortlaufend aktualisierten Bremskurve. Diese ETCS-Eigenschaft ist das sicherheitstechnische Grundgerüst von „ATO over ETCS“: Solange die Geschwindigkeitsregelung der ATO die ETCS-Bremskurve nicht verletzt, ist die Sicherheit der Zugfahrt gewährleistet. Diese funktionale Aufteilung in „ATO regelt“ und „ETCS überwacht“ bietet zwei entscheidende Vorteile:

1. Zum einen basiert die Überwachung auf einem etablierten, vertrauenswürdigen System, das außerdem noch europaweit einheitlich spezifiziert ist.
2. Zum anderen kann das ATO-System dank der ETCS-Überwachung als eine nicht-sicherheitsrelevante Komponente reali-

There are many advantages to working together in development cooperation. For example, the joint teams were able to agree and compile the necessary technical specifications in a highly efficient manner according to an extremely tight schedule. Both companies were able to combine their respective competencies to maximum effect.

The agile methodology and joint project office were key factors in enabling the establishment of a highly motivated joint team of experts within a very short timeframe in 2018. Today, the project team comprises around 200 employees from both companies. The fact that they work together so well means that they have been able to adjust relatively easily to the changed conditions that have been brought about by the pandemic since 2020.

Currently, the main focus is on approval and authorisation activities, as well as the comprehensive field tests at the Hamburg S-Bahn site.

3 Highly automated driving and fully automated shunting with ETCS, ATO and AVVO

The upcoming European ATO over ETCS standard being developed by Shift2Rail forms the technical basis for highly automated and fully automated railway operations. Instead of developing a new system architecture concept for automated railway operations, DB and Siemens have made a conscious decision to adopt the upcoming European ATO over ETCS standard as the technical system architecture, including all the associated functional descriptions and interface specifications. The advantages of this approach are obvious: as well as permitting an interoperable and trans-European rail transport system, the European ETCS standard opens the components business up to competition on account of the standardised interfaces.

3.1 ATO over ETCS

The basic idea of ATO over ETCS is to supplement conventional ETCS equipment with components for automatic train control. This control task falls primarily to the on-board ATO unit, which calculates the optimum driving profile for the train based on the current timetable situation and knowledge of the route section ahead and then uses corresponding traction and braking commands to guide the train along the calculated driving profile. The on-board ATO unit receives information about the timetable and the infrastructure via a radio interface connected to the ATO trackside server, which stores the corresponding data and distributes it to all the ATO vehicles within its range.

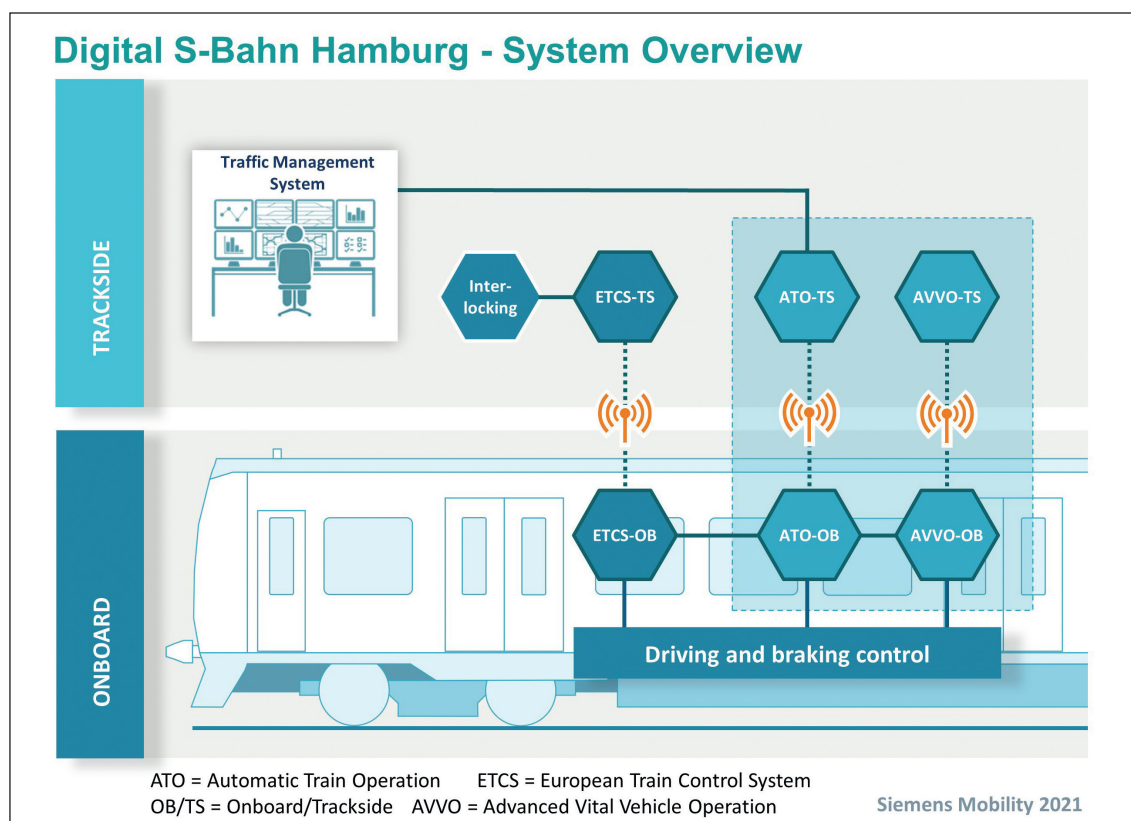
ETCS represents the optimum basis for automated operations of this kind since, in contrast to many existing national systems (known as class B systems), ETCS is based on the continuous monitoring of the vehicle's movements by means of a dynamically calculated braking curve which is regularly updated. This ETCS feature forms the basic safety framework for ATO over ETCS: as long as the ATO speed control does not violate the ETCS braking curve, the journey safety is ensured. This functional subdivision into "ATO controls" and "ETCS monitors" offers two decisive advantages:

1. On the one hand, the monitoring is based on an established, trustworthy system which moreover has uniform specifications throughout Europe.
2. On the other hand, the ETCS monitoring enables the ATO system to be implemented as a non-safety-related compo-

Bild 2: Systemarchitekturskizze

Fig. 2: The system architecture outline

Quelle / Source: Siemens Mobility GmbH



siert werden, was erhebliche Vorteile insbesondere in der Systemrealisierung und Inbetriebsetzung mit sich bringt.

Neben der Übernahme der Geschwindigkeitsregelung bietet das ATO-System noch weitere Unterstützung zur Verbesserung des Betriebs. So verbessert sie beispielsweise zusammen mit ETCS und der Fahrzeugsteuerung die Abfertigung durch automatische Türfreigaben/Türöffnungen und die Abfertigung durch deren Rücknahme am Ende der Fahrgastwechselzeit. Sie ermöglicht der Betriebsleittechnik einen sekunden- und metergenaue Einblick in die derzeitige Position und Geschwindigkeit des Zuges, wodurch die Betriebsleittechnik einen sehr viel genaueren Überblick in die Verkehrslage bekommt. Das ATO-System kann außerdem auf dynamische Fahrplanänderungen reagieren und beispielsweise einen Verkehrshalt überspringen, auch an einem vom Fahrplan abweichenden Zielgleis punktgenau anhalten, bei Fahrzeitreserven entsprechend verhaltener fahren oder bei Bedarf das Fahrzeug eng entlang der ETCS-Bremskurve führen, um die maximale Leistungsfähigkeit von Fahrzeug und Strecke auszuschöpfen. Der Bahnbetrieb wird dadurch insgesamt stabiler und zuverlässiger. Trotz der weitreichenden Automatisierungsfunktionen bleibt bei jeder Aktivität der Tf an Bord. Dieser überwacht den Betrieb und greift bei fahrzeug- oder streckenseitigen Störungen im System ein. Auch bei sonstigen Einflüssen im offenen Bahnsystem (z.B. Hindernisse im Gleis) übernimmt der Tf weiterhin die konventionelle Steuerung. Aus Sicherheitsgründen ist dieses Übersteuern der ATO auf mehreren Wegen, sehr einfach und intuitiv möglich. Beispielsweise reicht das Auslenken des Fahr- und Bremshebels in die Bremsstellung (eine trainierte und reflexartige Reaktion bei Gefährdungen), um das ATO-System sofort zu deaktivieren und die manuelle Steuerung zu übernehmen.

Die Realisierung im Projekt DSH basiert auf der bewährten ATO-Plattform von Siemens Mobility. Diese Plattform wird nicht nur in mehr als 100 Metro- und Nahverkehrslinien weltweit eingesetzt,

which is particularly beneficial when it comes to system implementation and commissioning.

As well as being responsible for the speed control, the ATO system also provides even further scope for improvements in operations. For example, it interacts with ETCS and the vehicle control system to improve passenger boarding and alighting by enabling automatic door release/opening and disabling it when the train is ready to depart. It enables the operations control system to pinpoint the train's current position and speed to the exact second or metre, thus providing a much more accurate overview of the prevailing traffic situation. Furthermore, the ATO system can respond to dynamic timetable changes, for example by bypassing a station stop, stopping precisely at a target platform that deviates from the timetable, slowing down to accommodate travel time reserves or, if necessary, guiding the vehicle closely along the ETCS braking curve in order to utilise the maximum performance capability of the vehicle and the track. Overall, this enhances the stability and reliability of railway operation.

Despite the extensive automation functions, the train driver still remains on board for all activities, monitors operations and can intervene in the event of any on-board or trackside system malfunctions. The train driver also retains conventional control so as to be able to respond to any other influencing factors in the public railway system (such as obstacles on the track). For safety reasons, this ability to override the ATO is provided via several channels and in a very simple and intuitive manner. For example, all the train driver has to do in order to deactivate the system immediately and assume manual control is to shift the master controller into the braking position (a trained, reflexive response to hazards).

The implementation used in the DSH project is based on the proven ATO platform from Siemens Mobility. This platform

sondern ist inzwischen auch in Verbindung mit Siemens Trainguard ETCS z. B. im Programm Thameslink in Großbritannien sowie in zahlreichen Pilotprojekten sehr erfolgreich im Einsatz (Bild 2).

3.2 Advanced Vital Vehicle Operation (AVVO)

Die vollautomatische, fahrerlose Kehre folgt dem Ansatz, möglichst viele Bedienhandlungen des Tf durch technische Systeme zu automatisieren. Das Projektziel geht also deutlich über eine reine Fernbedienung des Fahrzeugs mittels eines abgesetzten Führerpults hinaus. Entsprechend zeigte sich schon früh das Erfordernis, eine neue, sicherheitsrelevante Komponente in das Fahrzeug zu integrieren, die kritische Schritte wie das Aufschließen eines Führerstands, das Lösen der Federspeicherbremse oder das zyklische Bedienen der Sifa (Sicherheitsfahrerschaltung) eigenständig ausführen kann. Letztlich stellt diese Komponente also einen Fahrzeugzustand her, der geeignet ist, um ETCS und ATO nach standardisierten Abläufen eine automatische Zugbewegung durchführen zu lassen. Diese besagte Komponente wurde im Projekt unter dem Namen „Advanced Vital Vehicle Operation“ (AVVO) neu entwickelt.

Dieser architekturelle Ansatz profitiert von einer klaren funktionalen Trennung zwischen Überwachung (ETCS), Automatisierung der Zugbewegung (ATO) und Automatisierung der Fahrzeugbedienung (AVVO). Außerdem bleibt der standardisierte Funktionsumfang von ETCS und ATO unberührt und die Basisfunktionalitäten einer automatischen Rangierfahrt müssen nicht neu entwickelt werden, sondern können auf die vorhandenen Funktionen der hochautomatisierten Fahrt von ETCS und ATO abgebildet werden. Analog zu ETCS und ATO besteht auch das AVVO-System aus einer Fahrzeug- und einer Streckenausrüstung. Der Streckenanteil verwaltet alle AVVO-ausgerüsteten Fahrzeuge und fordert nach Anstoß durch den Bediener ein einzelnes Fahrzeug auf, sich zu aktivieren und nach Erfüllung aller Vorbedingungen die Kehrfahrt durchzuführen. Der Fahrzeuganteil des AVVO-Systems ist für die tatsächliche Ausführung der erforderlichen Bedienhandlungen an der Fahrzeugsteuerung und am ETCS-Fahrzeuggerät zuständig. Fahrzeug- und Streckenausrüstung der AVVO kommunizieren untereinander über den neuen Mobilfunkstandard 5G, dessen Anwendung im Bahnbereich einen weiteren Innovationsteil dieses Projekts darstellt.

Für den Bediener des streckenseitigen AVVO-Bedienplatzes wurde die neue Rolle des „Fern-Tf“ geschaffen. Der Fern-Tf ist die personalbezogene Rolle für die Überwachung der Rangierfahrt gemäß der betrieblichen Regelwerke. In dieser Funktion kann er unter an-

is already being used very successfully on more than 100 metro and regional transport lines worldwide and more recently in conjunction with Siemens Trainguard ETCS in the UK's Thameslink program, for example, as well as in numerous pilot projects (fig. 2).

3.2 Advanced Vital Vehicle Operation (AVVO)

Fully automatic, driverless reversing follows the approach of using technical systems to automate as many of the train driver's operator actions as possible. The project's goal therefore extends significantly beyond just controlling the vehicle remotely from a driver's desk in another location. Accordingly, it became clear at an early stage that it would be necessary to integrate a new, safety-related component into the vehicle capable of performing critical steps such as unlocking the driver's cab, releasing the spring-loaded brake or cyclically operating the driver vigilance device. This component ultimately produces a vehicle state which enables ETCS and ATO to carry out an automatic train movement according to standardised sequences. Just such a component has been newly developed in the project under the name Advanced Vital Vehicle Operation (AVVO).

This architectural approach benefits from the clear functional separation between the monitoring (ETCS) and automation of the train movement (ATO) and automation of the vehicle operations (AVVO). Furthermore, the standardised functional scope of ETCS and ATO remains unaffected and the basic automatic shunting functionalities do not need to be developed from scratch, but can be mapped to the existing highly automated driving functions of ETCS and ATO.

Like ETCS and ATO, the AVVO system comprises on-board and trackside equipment. The trackside portion manages all the vehicles equipped with AVVO and, when triggered by the user, prompts an individual vehicle to activate itself and carry out the reversal movement once all the preconditions have been met. The on-board portion of the AVVO system is responsible for actually carrying out the required operator actions in relation to the vehicle control system and the ETCS on-board unit. The on-board and trackside AVVO units communicate with one another via the new 5G mobile radio standard, the use of which in the railway sector is a further innovative aspect of this project.

The new role of "remote train driver" has been created for the operator of the trackside AVVO operator console. The remote



Bild 3: Abnahme-fahrten mit dem Desiro

Fig. 3: The acceptance runs with the Desiro vehicle

Quelle / Source:
Deutsche Bahn AG

Bild 4: Umgebautes Fahrzeug BR474

Fig. 4: The converted BR474 vehicle

Quelle / Source:
Deutsche Bahn AG



derem die fahrerlose Kehre starten, beenden oder eine Schnellbremsung auslösen. Über den aktuellen Zustand des fahrerlosen Fahrzeugs (z. B. Position oder Geschwindigkeit) informiert ihn eine grafische Benutzeroberfläche der AVVO Streckenausrüstung. Obwohl der Bedien- und Arbeitsplatz des Fern-Tf im Fahrdienstleiterbedienraum des Stellwerks Bergedorf untergebracht ist, nimmt er fachlich eine Rolle des EVU wahr. Diese Konstellation ist eine weitere Besonderheit des Projekts DSH.

Das sicherheitsrelevante Teilsystem AVVO ist eine Neuentwicklung auf Basis der Trainguard-Plattform von Siemens Mobility. Mithilfe dieses Systems wird zum ersten Mal eine vollautomatisierte Funktion im S-Bahn-Betrieb unter „ATO over ETCS“ realisiert und praktisch nachgewiesen.

4 Strecke und Fahrzeuge ausgerüstet – Feldtests auf der Zielgeraden

Im Projekt DSH wurden bereits wichtige Meilensteine erreicht. Auf Basis der sehr engen Entwicklungskooperation und der agilen, firmenübergreifenden Zusammenarbeit konnte die Spezifikationsphase mit Lasten- und Pflichtenheften in kürzester Zeit abgeschlossen werden. Bereits im Dezember 2019 lagen alle für das Gesamtsystem erforderlichen Spezifikationen vor.

Im Juni 2020 wurden die erforderlichen streckenseitigen Anpassungen im Stellwerk in Bergedorf in Betrieb genommen. Die Abnahmefahrten für ETCS wurden im August 2020 mit dem Siemens-Desiro-ETCS-Testfahrzeug erfolgreich durchgeführt, und die finale Inbetriebnahme der Strecke erfolgte im Februar 2021 (Bild 3). Mittlerweile sind alle vier Fahrzeuge umgebaut und mit ETCS, ATO und AVVO in Betrieb gesetzt worden (Bild 4).

Die Validierungstests im Feld konnten Ende März 2021 erfolgreich abgeschlossen werden. Aktuell finden die betrieblichen Gesamtsystemtests mit anschließendem Vorlaufbetrieb statt (Bilder 5 und 6).

train driver is the employee role responsible for monitoring the shunting movement in accordance with the operating rules and regulations. The remote train driver can, for example, start or end the driverless reversal or trigger emergency braking. The AVVO trackside equipment's graphical user interface informs the remote train driver about the current state of the driverless vehicle (such as its position or speed). Despite the remote train driver's operator console and workstation being accommodated in the train dispatch operations room at the Bergedorf interlocking, the remote train driver's role assumes a functional role of the railway company. This constellation is a further special feature of the DSH project.

The safety-related subsystem AVVO is a new development based on the Trainguard platform from Siemens Mobility. A fully automated function based on ATO over ETCS will be implemented and proven in practice with the help of this system for the first time in S-Bahn operations.

4 Track and vehicles equipped – field tests on the home straight

Key milestones have already been reached in the DSH project. The very close development cooperation and agile, cross-company collaborative approach enabled the specification phase with the performance and system design specifications to be completed within a very short timeframe. All of the specifications required for the overall system were ready as early as in December 2019.

The necessary trackside adaptations at the Bergedorf interlocking were commissioned in June 2020. The acceptance runs for ETCS were carried out successfully in August 2020 with the Siemens Desiro ETCS test vehicle and the final commissioning of the route took place in February 2021 (fig. 3).



Bild 5: Testfahrten mit BR474

Fig. 5: The test runs with the BR474

Quelle / Source: Siemens Mobility GmbH

Derzeit wird das Genehmigungsverfahren der Fahrzeugumrüstung für den Fahrgastbetrieb vorbereitet. Zum ITS-Weltkongress im Oktober 2021 werden DB und Siemens Mobility das Projekt auf der Pilotstrecke präsentieren.

5 Grundstein für Roll-out in Deutschland

Mit der Digitalen S-Bahn Hamburg wird ein weiterer, wichtiger Baustein der Digitalisierung des deutschen Schienennetzes Realität. Hochautomatisiertes Fahren mit „ATO und ETCS“ steht für effiziente sowie nachhaltige Mobilität. Die erhöhte Leistungsfähigkeit des Schienennetzes durch dichtere Zugfolgen, die kontinuierliche Übertragung der Informationen zur aktuellen Verkehrslage



Bild 6: Testfahrten mit BR474

Fig. 6: The test runs with the BR474

Quelle / Source: Siemens Mobility GmbH

All four vehicles have now been converted and commissioned with ETCS, ATO and AVVO (fig. 4).

The validation tests in the field were completed successfully at the end of March 2021. Operational testing of the overall system is currently underway and will be followed by the transitional operating phase (figs. 5 and 6).

Preparations are currently under way for the approval of the vehicle conversion for passenger service. DB and Siemens Mobility will present the project on the pilot track during the ITS World Congress in October 2021.

5 The cornerstone for the rollout in Germany

The Digital S-Bahn Hamburg project has seen a further key building block in the digital transformation of the German railway network become a reality. Highly automated driving with ATO and ETCS stands for efficient, sustainable mobility. The increased performance capability of the railway network through shorter headways, the continuous transmission of information on the prevailing traffic situation to the vehicles by radio and the optimum speed profile with fewer braking operations and thus lower energy consumption will result in a more stable timetable, make the trains run more punctually and significantly enhance the travel comfort for passengers.

Implementing this technology on the Hamburg S-Bahn using the European ATO over ETCS standard as part of a joint pilot project in Germany has been an important step that could not have been achieved without the initiative of the City of Hamburg, DB and Siemens Mobility.

Excellent progress has been made to date: an existing track and existing vehicles in the DB network have already been successfully upgraded to the new ETCS Level 2 and ATO technology within a very short space of time. As well as equipping the pilot track and the vehicles, the project has also completed essential groundwork for the rollout of ATO over ETCS, including,

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Deutsche Bahn AG und Siemens Mobility GmbH /
 Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten
 genehmigt / © DVV Media Group GmbH

an die Fahrzeuge per Funk, ein optimales Geschwindigkeitsprofil mit weniger Bremsvorgängen und dadurch ein sinkender Energieverbrauch führen zu einem stabileren Fahrplan mit pünktlicheren Zügen und zu einem deutlich höheren Reisekomfort für die Fahrgäste.

Diese Technologie auf Basis des Europäischen Standards „ATO over ETCS“ im Rahmen eines gemeinsamen Pilotprojekts in Deutschland bei der S-Bahn Hamburg einzuführen, war ein wichtiger Schritt, der nur dank der Initiative der Stadt Hamburg, DB und Siemens Mobility erst ermöglicht wurde.

Bereits heute kann man sagen, dass es gelungen ist, eine Bestandsstrecke und Bestandsfahrzeuge im Netz der DB in kürzester Zeit auf die neue Technologie ETCS Level 2 und ATO hochzurüsten. Neben der eigentlichen Ausrüstung der Pilotstrecke und der Fahrzeuge wurden auch wichtige Grundlagen für die Einführung von „ATO over ETCS“ geschaffen, wie z.B. das betrieblich-technische Lastenheft für ETCS mit ATO, die Regelwerke der DB sowie der Genehmigungsprozess für Strecke und Fahrzeug.

Zudem wird mit der Realisierung einer vollautomatischen Kehrfahrt ein weiterer wichtiger Automatisierungsschritt geschaffen. Mit der besonderen Form der Zusammenarbeit im Rahmen einer Entwicklungskooperation wurden zweifellos Maßstäbe gesetzt. Die überaus positiven Erfahrungen fanden vielseitig höchste Anerkennung. Dieses Zusammenarbeitsmodell hat sich somit bestens für kommende Vorhaben empfohlen. Zurzeit wird an den Plänen gearbeitet, um diese Technik über die Pilotstrecke hinaus im Hamburger S-Bahn-Netz einzusetzen. ■

for example, the operating and technical performance specifications for ETCS with ATO, the DB rules and regulations and the approval process for track and vehicle.

In addition, the implementation of a fully automatic reversal movement represents a further key automation step.

The special form of collaboration within the framework of the development cooperation has set clear benchmarks. The overwhelmingly positive experience gained has met with widespread recognition. This collaboration model has therefore proven itself to be ideal for upcoming projects and plans are already being drawn up to deploy this technology beyond the pilot track in Hamburg's S-Bahn network. ■

AUTOREN | AUTHORS

Dipl.-Ing. (FH) Jan Schröder

Projektleiter Digitale S-Bahn Hamburg /
Project Manager Digitale S-Bahn Hamburg
Deutsche Bahn AG
Anschrift/Address: Stresemannstraße 123, D-10963 Berlin
E-Mail: jan.schroeder@deutschebahn.com

M. Sc. Christoph Gonçalves Alpoim

Stellv. Projektleiter Digitale S-Bahn Hamburg /
Deputy Project Manager Digitale S-Bahn Hamburg
Deutsche Bahn AG
Anschrift/Address: Hammerbrookstraße 44, D-20097 Hamburg
E-Mail: christoph.goncalves-alpoim@deutschebahn.com

Dipl.-Inform. Boris Dickgießer

Projektleiter Digitale S-Bahn Hamburg /
Project Manager Digitale S-Bahn Hamburg
Siemens Mobility GmbH
Anschrift/Address: Ackerstraße 22, D-38126 Braunschweig
E-Mail: boris.dickgiesser@siemens.com

Dr.-Ing. Volker Knollmann

Chefarchitekt Siemens im Projekt Digitale S-Bahn Hamburg /
Chief Architect Digitale S-Bahn Hamburg
Siemens Mobility GmbH
Anschrift/Address: Ackerstraße 22, D-38126 Braunschweig
E-Mail: volker.knollmann@siemens.com

LITERATUR | LITERATURE

[1] Erläuterungen im Film über die Digitale S Bahn Hamburg unter <https://bit.ly/35ar8nv>