ATO over ETCS als Schlüssel für mehr Effizienz, Kapazität und Nachhaltigkeit – Erfahrungen und Strategien aus der Praxis

ATO over ETCS as the key to greater efficiency, capacity and sustainability – practical experience and strategies

Ireneus Suwalski | Henry Wünsche

Die Schiene ist das Rückgrat unserer Wirtschaft und Gesellschaft. Wachsendes Verkehrsaufkommen stellt viele Verkehrsträger, sowohl im Personen- als auch Güterverkehr, vor eine große Herausforderung. Die UNIFE prognostiziert in ihrem Strategiepapier „Sustainable and Smart Mobility Strategy" vom Dezember 2020 die Verdopplung des Passagierverkehrs im High Speed Bereich und ein Wachstum des Schienengüterverkehrs von 50 % bis zum Jahr 2030 [1]. Gleichzeitig ist eine deutliche Reduzierung der Treibhausgasemissionen notwendig. Der Schienenverkehr ist der einzige Verkehrsträger, bei dem der Begriff „klimaneutraler Verkehr" in den nächsten Jahren Realität werden kann. Bereits heute trägt der Schienenverkehr zu weniger als 1 % der gesamten Treibhausgasemissionen des Verkehrssektors bei. Laut dem „Masterplan für Schienenverkehr" des Bundesministeriums für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) vom Juni 2020 soll in Deutschland mehr Güterverkehr auf die umweltfreundliche Schiene verlagert und dessen Anteil am Modal Split auf mindestens 25 % bis 2030 gesteigert werden [2]. Ein automatisierter Bahnbetrieb (Automatic Train Operation – ATO) ist die Antwort auf die heutigen Herausforderungen – höhere Kapazität und Verfügbarkeit, Nachhaltigkeit in der Bahninfrastruktur bei gleichzeitiger Senkung des Energieverbrauchs können mit dieser Schlüsseltechnologie erreicht werden.

1 ATO als Schlüsseltechnologie der Bahndigitalisierung

Die Innovationen der vergangenen Jahre haben die Verbreitung digitaler Technologien in unserer Gesellschaft in ungeahntem Ausmaß vorangetrieben. Die Pandemie hat diesen Trend noch beschleunigt. Digitalisierung bedeutet heutzutage auch, den Schienenverkehr zu transformieren. Technologien des hoch- und vollautomatisierten Fahrens prägen entscheidend diesen Wandel. Sie bieten eine Chance auf mehr Effizienz und hohe Wertschöpfung bei vergleichsweise geringeren Investitionen.
Auch Siemens Mobility entwickelt in enger Zusammenarbeit mit seinen Kunden und Partnern die dafür notwendigen Produkte und digitalen Lösungen, um den Bahnverkehr flexibel und anpassungsfähig zu gestalten. ATO bietet die Möglichkeit einer flexiblen Kapazitätsoptimierung und einer Engpassbeseitigung in den Verkehrsknoten oder auf stark belasteten Strecken. So können erforderliche Kapazitätserhöhungen und ein reibungsloserer Betrieb ohne kostenintensiven Infrastrukturausbau durch Verkürzung der

Railways are the backbone of our economy and society. Increasing traffic volumes in both passenger and freight transport are presenting a huge challenge to many carriers. In its "Sustainable and Smart Mobility Strategy" strategy paper of December 2020, UNIFE forecast that passenger traffic in the high-speed segment will double by 2030 and rail freight traffic will grow by 50 % [1]. At the same time, a significant reduction in greenhouse gas emissions is also necessary. Rail transport is the only mode of transport in which it is possible for the term "climate-neutral transport" to become a reality in the next few years. Rail transport already accounts for less than 1 % of the transport sector's total greenhouse gas emissions. According to the "Master Plan for Rail Transport" issued by the German Federal Ministry of Transport and Digital Infrastructure in June 2020, more freight traffic in Germany is to be switched to environmentally-friendly rail and railway's share of the modal split is to be increased to at least 25 % by 2030 [2]. Automatic train operation (ATO) is the answer to today's challenges; the use of this key technology makes it possible to achieve a higher level of capacity and availability, as well as sustainability in rail infrastructure, while at the same time reducing energy consumption.

1 ATO as the key technology in the digitalisation of the railways

The innovations of recent years have driven the spread of digital technologies in our society to an unprecedented scale. The pandemic has accelerated this trend even further. Nowadays, digitalisation also means transforming rail transport. Highly and fully automated driving technologies are the key elements shaping this transformation. They offer an opportunity for greater efficiency and high added value in return for comparatively low levels of investment.
In close cooperation with its customers and partners Siemens Mobility is developing the products and digital solutions required to make rail transport more flexible and adaptable. ATO offers the option of flexible capacity optimisation and bottleneck elimination at traffic nodes or on heavily used routes. This will make it possible to achieve the necessary capacity increases and more trouble-free operations without any costly infrastructure upgrades by shortening the headway times and to achieve greater reliability by reducing any variance in running behaviour. It

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Zugfolgezeiten und größere Zuverlässigkeit durch Reduktion der Varianz im Fahrverhalten erreicht werden. Im Zusammenspiel mit einem TMS (Traffic Management System, Verkehrsmanagementsystem) wird zusätzlich eine effiziente Konfliktlösung ermöglicht. Ein weiterer Nutzen ergibt sich durch die verbesserte Pünktlichkeit, erhöhte Haltegenauigkeit, den reduzierten Verschleiß des rollenden Materials und effizientere Energienutzung, die zur Reduzierung des CO_2-Fußabdrucks bei gleichzeitiger Kostensenkung führt.
Für die Anwendung eines automatisierten Bahnbetriebs wurden insgesamt vier unterschiedliche Automatisierungsgrade definiert, sogenannte Grades of Automation (GoA). Dabei unterscheiden sich die einzelnen Abstufungen in der Übernahme von Funktionen, die entweder manuell durch den Menschen oder automatisiert durch das technische System durchgeführt werden.
GoA 1 ist definiert als Betrieb unter ATP (Automatic Train Protection)- Überwachung zum Sichern der Zugbewegung. Das Fahren erfolgt manuell durch den Triebfahrzeugführer. Beim GoA 2 erfolgt die Zugsteuerung, also das Beschleunigen und das Ansteuern der Bremsen, automatisiert. Die Hauptaufgaben des Triebfahrzeugführers beschränken sich in dieser Stufe vorrangig auf die Gefahrenraumüberwachung, die Zugabfertigung sowie auf das Starten des ATO-Betriebs.
Im GoA 3-Betrieb („begleiteter fahrerloser Betrieb") ist kein Triebfahrzeugführer mehr an Bord, aber ein Zugbegleiter, der in Notfällen oder bei Abweichungen eingreifen kann. Der gesamte Regelbetrieb ist jedoch automatisiert. Die höchste Ausprägungsstufe wird im GoA 4, dem „unbegleiteten fahrerlosen Betrieb", erreicht. Im Zug befindet sich hierbei kein Bahnpersonal, und alle Funktionen werden von technischen Systemen übernommen oder betrieblich geregelt.
Den wesentlichen Nutzen unter den besonderen Bedingungen im Fernverkehr bietet bereits das hochautomatisierte Fahren (GoA 2). Die Referenzarchitektur für den GoA 2-Betrieb ist im Bild 1 dargestellt. Die notwendige technische Ausrüstung auf den Fahrzeugen (ATO-OB) und die streckenseitige Infrastruktur (ATO-TS) müssen als Gesamtsystem verstanden werden. Mit der Online-Anbindung an das streckenseitige Dispositionssystem TMS steht die aktuelle Fahrplanlage kontinuierlich zur Verfügung [3].
Zusammen mit den Streckendaten (Segment Profiles) werden auf den Fahrzeugen optimale dynamische Fahrvorgaben (Journey Profiles) auf Basis aktueller Fahrplan- und Fahrweginformationen berechnet und an die fahrzeugseitige Komponente ATO-OB über das öffentliche Mobilfunknetz übermittelt. Die ATO-OB berechnet aus diesen Informationen sowie der Zugcharakteristik das optimale Fahrprofil und die zur Ausführung notwendigen Beschleunigungs- respektive Bremswerte.
Da es sich bei einem ATO-System grundsätzlich um ein nicht-sicherheitsrelevantes System handelt, wird über die Schnittstelle zwischen ATO-OB und ETCS-OB (European Train Control System – ETCS) gemäß Subset 130 sichergestellt, dass ATO den Zug immer innerhalb der ETCS Movement Authority und so nah wie möglich entlang der sicherungstechnisch vorgegebenen Bremskurve steuert. Auf diese Weise hat die Einführung eines ATO-Systems keinen negativen Einfluss auf die Sicherheit des Bahnbetriebs.
So wie das Ziel der Einführung und Verbreitung von ETCS als europäisches Zugsicherungssystem definiert ist, Züge im europäischen Fernverkehrsnetz flexibel einsetzen zu können, sollen auch die mit ATO ausgerüsteten Fahrzeuge im interoperablen Umfeld verwendbar sein. Im Rahmen der europäischen, öffentlich-privaten Partnerschaft „Shift2Rail" (S2R) sind die notwendigen Schnittstellen und Funktionen für einen interoperablen Einsatz von ATO GoA 2 mit ETCS (AoE – ATO over ETCS) spezifiziert.

also facilitates efficient conflict resolution in conjunction with the TMS (Traffic Management System). Additional benefits include improved punctuality, increased stopping accuracy, reduced wear and tear on rolling stock and more efficient energy use leading to a reduction in the carbon footprint, while at the same time cutting costs.
A total of four different levels of automation, referred to as Grades of Automation (GoA), have been defined for the application of automated train operations. The individual grades differ in the degree of automation of the functions that are performed either manually by humans or automatically by the technical system.
GoA 1 is defined as operations monitored by ATP (Automatic Train Protection) to safeguard the train movements. The train driver drives the train manually. At GoA 2, the train control, i.e. acceleration and braking control, is automated. At this grade, the train driver's main tasks are principally limited to obstruction detection, train dispatching and initiating ATO operations. In GoA 3 operations ("accompanied driverless operation"), there is no longer a train driver on board, but there is a train attendant, who can intervene in cases of emergency or non-conformance. However, the normal operations are all automated. The highest level of automation is GoA 4, "Unaccompanied driverless operations". In this case, there is no railway personnel on the train and all the functions are handled by the technical systems or are operationally controlled.
The main benefits with regard to the particular conditions of long-distance rail transport are currently offered by highly automated driving (GoA 2). The reference architecture in GoA 2 is shown in fig. 1. The necessary on-board technical equipment (ATO-OB) and trackside infrastructure (ATO-TS) must be seen as an integrated system. The online connection to the trackside dispatching system (TMS = Traffic Management System) means that the current timetable situation is continuously available [3]. Optimal dynamic driving specifications (journey profiles) are calculated along with the track data (segment profiles) onboard the vehicles based on the current timetable and route information and they are then transmitted to the ATO-OB unit via a public mobile radio network. The ATO-OB uses this information and the train's characteristics to calculate the optimum driving profile and the acceleration/braking values required for its execution.
As an ATO system is fundamentally a non-safety-related system, the interface between the ATO-OB and ETCS-OB (European Train Control System – ETCS) according to Subset 130 ensures that the ATO always controls the train within the ETCS movement authority and does so as closely as possible in line with the braking curve specified for the safety requirements. As such, the introduction of an ATO system has no negative impact on the safety of railway operations.
Just as the goal for introducing and disseminating ETCS as the European train control and protection system has been defined as being able to deploy trains flexibly within the European long-distance network, vehicles equipped with ATO should also be usable within the interoperable environment. The interfaces and functions necessary for the interoperable use of an ATO GoA 2 with ETCS ("AoE" – ATO over ETCS) have been specified under the European "Shift2Rail" (S2R) public-private partnership.
The practical applicability of this concept has already been demonstrated in pilot applications and the result will be included in TSI 2022 in the form of standardised subsets.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

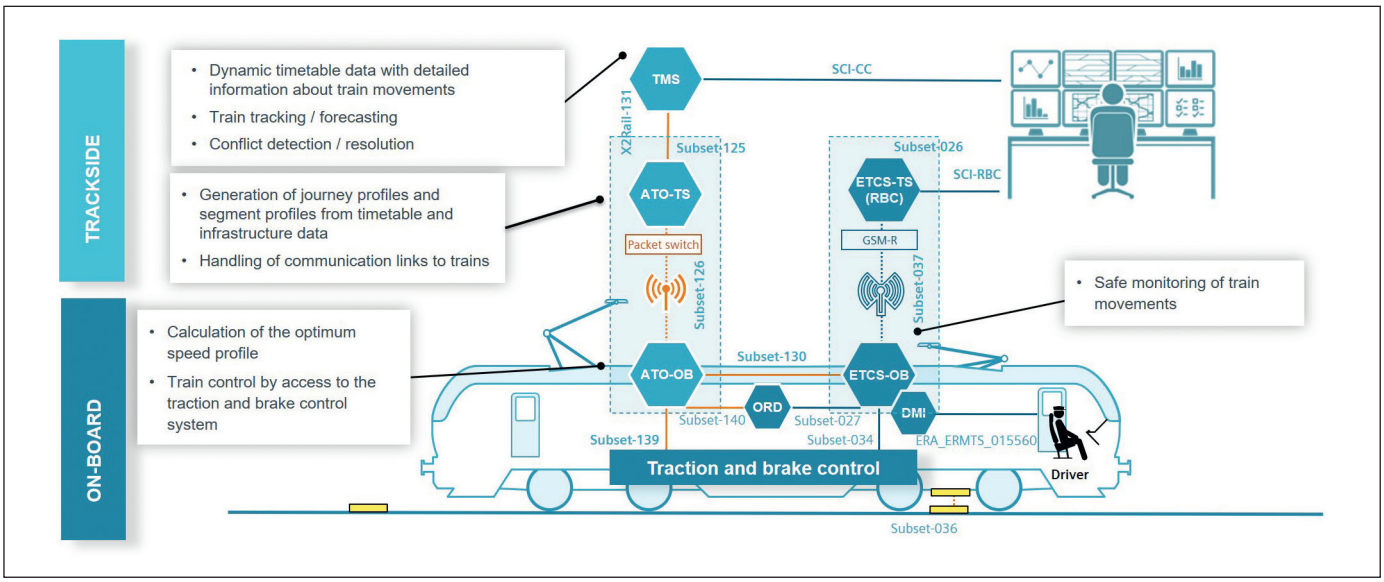

Bild 1: Referenzarchitektur ATO over ETCS
Fig. 1 The ATO over ETCS reference architecture

Die praktische Anwendbarkeit dieses Konzepts wurde bereits im Rahmen von Pilotanwendungen nachgewiesen. Das Ergebnis wird in Form der standardisierten Subsets ein Teil der TSI 2022 sein.
AoE ist bereits in die Roll-out-Strategie vieler Länder integriert, das DSD-Programm (DSD – Digitale Schiene Deutschland) inklusive des VDB-Konzepts zur Aus- und Umrüstung von Schienenfahrzeugen oder das High Speed Programm in Großbritannien (HS2) gelten als zwei europäische Vorzeigeprojekte von AoE.
Ein wichtiger Schritt in eine vollautomatisierte Bahninfrastruktur ist die Einführung eines fahrerlosen und unbegleiteten Fahrens (GoA 3 / GoA 4) im Fernverkehr. Aufgrund hoher technischer Herausforderungen (Hinderniserkennung, Bahnsteigsicherung, betriebliche Rückfallszenarien) und der hierfür notwendigen Anpassungen der normativen, rechtlichen sowie betrieblichen Rahmenbedingungen [4] ist dieser Schritt unter den Aufwand- / Nutzen-Kriterien zu bewerten. Dem hohen Aufwand stehen folgende Vorteile gegenüber:

- Erhöhung der Flexibilität für einen bedarfsorientierten Zugverkehr
- Verbesserung der Betriebskosten durch Effektivitätssteigerung des Personals und
- Reduzierung von Ressourcenengpässen (demografische Entwicklung in der nächsten Dekade).

2 Wegweisende Projekte auf Basis von ATO over ETCS

Die Einführung des hochautomatisierten Fahrens (GoA 2) ist ein schnell erreichbarer Schritt zur Reduzierung der Betriebskosten (OPEX – Operational Expenditure).
Bereits im Jahr 2018 wurde die weltweit erste kommerzielle AoE-Anwendung im Fernverkehr in Betrieb genommen. Im Thameslink-Programm wurde die Kapazität für die Londoner Nord-Süd-Verbindung im Dezember 2020 von 18 auf 22 Züge pro Stunde erhöht, als Fahrplanänderungen in Kraft traten. Letztendlich sind bis zu 24 Züge pro Stunde in der finalen Ausbaustufe möglich. In diesem Projekt wurden bereits 115 Siemens Fahrzeuge der Class 700 mit dem eigens entwickelten, voll integrierten ETCS und ATO ausgerüstet und in Betrieb genommen [5].

AoE has already been integrated into many countries' roll-out strategies: the DSD program (DSD – Digitale Schiene Deutschland [Digital Rail for Germany]), including the VDB's plan for equipping and refitting rail vehicles, and the high-speed rail program in Great Britain (HS2) are seen as two European showcase projects with AoE.
An important step towards a fully automated rail infrastructure involves the introduction of driverless and unaccompanied driving (GoA 3 / GoA 4) in long-distance services. Due to the significant technical challenges (obstacle detection, platform safety, operational fallback scenarios) and the necessary adjustments to the normative, legal and operational framework conditions, [4] this step must be evaluated against the cost / benefit criteria. The high costs are offset by the following further advantages:

- increased flexibility for demand-oriented train services
- improved operating costs through increased effectiveness of personnel and
- reduced resource bottlenecks (the demographic trend in the next decade).

2 Ground-breaking projects based on ATO over ETCS

The introduction of highly automated driving (GoA 2) represents a quickly achievable step towards OPEX (operational expenditure) reduction.
The world's first commercial AoE application was commissioned in a long-distance service as far back as 2018. The capacity for London's north-south link in the Thameslink program was increased from 18 to 22 trains per hour when the timetable changes came into effect in December 2020 and up to 24 trains per hour will ultimately be possible in the final stage of the upgrade. 115 Siemens Class 700 vehicles have already been equipped with fully integrated ETCS and ATO (developed in-house) and commissioned in this project [5].
A further example involves the "Digital S-Bahn Hamburg" partnership established in July 2018 by the City of Hamburg, Deutsche Bahn AG and Siemens Mobility. The aim of the pilot project under the rail sector's "Digital Rail for Germany" initiative is to introduce highly automated driving in German rail

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Bild 2: Thameslink
Fig. 2: Thameslink
Quelle / *Source*: Siemens Mobility GmbH

Ein weiteres Beispiel ist die im Juli 2018 mit der Hansestadt Hamburg, der Deutschen Bahn AG (DB) und Siemens Mobility eingegangene Partnerschaft „Digitale S-Bahn Hamburg". Ziel des Pilotprojekts aus der Bahnsektorinitiative DSD ist die erstmalige Einführung des hochautomatisierten Fahrens im deutschen Schienenverkehr auf Basis des neuen europäischen Standards AoE sowie einer vollautomatisierten, fahrerlosen Rangierfahrt. Dazu werden ein 23 km langer Streckenabschnitt der S-Bahn Hamburg sowie vier Fahrzeuge mit der erforderlichen Technik ausgerüstet. Ein innovativer Ansatz, der als Entwicklungskooperation zwischen den Projektpartnern gewählt wurde. Die Projektpartner arbeiten in einer gemeinsamen Projektorganisation sehr eng miteinander zusammen und werden zum ITS-Weltkongress im Oktober 2021 das Projekt auf der Pilotstrecke demonstrieren [6]. Bereits im Juni 2021 wurde dieses Projekt als herausragendes Beispiel für effiziente und nachhaltige Mobilitätslösungen mit dem Deutschen Mobilitätspreis in der Kategorie „Best Practice" ausgezeichnet.

In der Schweiz wurde bereits im September 2019 ATO im Fernverkehr gemäß S2R/UNISIG Standards (SS126, SS130, SS139) in einem Innovationsprojekt zusammen mit den SBB (SBB – Schweizerische Bundesbahnen AG) erfolgreich umgesetzt. Als technische Grundtransport based on the new European AoE standard, as well as fully automated, driverless shunting, for the first time. A 23-kilometer-long section of Hamburg's suburban train line, including four vehicles, is being fitted with the necessary technology for this purpose. This is an innovative initiative that has been selected as a development cooperation project between the project partners. The project partners are working very closely together in the joint project organisation and will demonstrate the project on the pilot track at the ITS World Congress in October 2021 [6]. In June 2021, this project won the German Mobility Award in the "Best Practice" category as an outstanding example of an efficient and sustainable mobility solution.

In September 2019, ATO was successfully implemented in long-distance services in Switzerland to S2R/UNISIG standards (SS126, SS130, SS139) in an innovative project conducted jointly with SBB (Swiss Federal Railways). The AoE for GoA 2 reference architecture (fig. 1) was used as the technical basis for implementation of the pilot.

All the prerequisites for the successful implementation of ATO are in place in Switzerland, as there is already a high-performance dispatching system and large numbers of vehicles have been equipped with ETCS. A large part of the vehicle fleet has been fitted with ETCS Baseline 2.3.0.d as part of the Bahn 2000 project and the new Lötschberg and Gotthard transalpine routes. The UNISIG standards for ATO require an ETCS version with Baseline 3.6.0. In order for this Subset 130-compliant interface to function with an ETCS on-board unit (OBU) with version 2.3.0.d, an ATO gate has been developed which converts the existing information from the ETCS-OBU into the information expected by the ATO-OB. This ATO gate enables the lean migration of existing vehicles with Siemens ETCS 2.3.0.d to ATO operations.

The SBB dispatching system (RCS – Rail Control System), which has been enhanced with an ATO-TS component, knows the operating situation in the controlled area, as well as the exact position of the vehicles. A conflict-free travel order is generated based on the timetable and the current operating situation and is then passed on to the ATO-TS.

SBB selected the ETCS-equipped suburban train line between Lausanne and Villeneuve and a standard suburban train configuration for the GoA 2 test runs. The pilot tests took place on a 30-km-long section with 13 stops. The test vehicle was from the Flirt RABe 523 Vaudois series, and the trackside ETCS infrastructure was provided by the RBC (Radio Block Centre) installed by Thales. Since the primary aim was to dem-

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Bild 3: Digitale S-Bahn Hamburg
Fig. 3: Digital S-Bahn Hamburg

lage für die Umsetzung des Piloten wurde die Referenzarchitektur AoE für GoA 2 angewandt (Bild 1).

In der Schweiz sind alle Voraussetzungen für eine erfolgreiche Realisierung von ATO gegeben, da bereits eine leistungsfähige Dispositionsebene zur Verfügung steht und zahlreiche Fahrzeuge mit ETCS ausgerüstet sind. Im Rahmen des Projekts Bahn 2000 und der neuen Alpentransversalen Lötschberg und Gotthard wurde ein großer Teil des Fahrzeugparks mit ETCS Baseline 2.3.0.d ausgerüstet. Die UNISIG Standards für ATO setzen eine ETCS-Version mit Baseline 3.6.0 voraus. Damit diese Schnittstelle nach Subset 130 mit einer ETCS-Onboard Unit (OBU) mit Version 2.3.0.d funktionieren kann, wurde ein ATO-Gate entwickelt, das die vorhandenen Informationen der ETCS-OBU in die von der ATO-OB erwarteten Informationen umwandelt. Dieses ATO-Gate ermöglicht die schlanke Migration von bestehenden Fahrzeugen mit Siemens ETCS 2.3.0.d bis zu einem ATO-Betrieb.

Das Dispositionssystem der SBB (RCS – Rail Control System), das um eine ATO-TS Komponente erweitert wurde, kennt die Betriebslage im kontrollierten Bereich sowie die genaue Position der Fahrzeuge. Aufgrund des Fahrplans und der aktuellen Betriebslage wird ein konfliktfreier Fahrauftrag generiert, der an die ATO-TS weitergeben wird.

Für die GoA 2-Testfahrten wurden von den SBB die mit ETCS ausgerüstete S-Bahn-Strecke Lausanne – Villeneuve sowie eine Standard S-Bahn-Komposition ausgewählt. Die Pilotversuche fanden auf einem 30 km langen Abschnitt mit 13 Haltestellen statt. Das Testfahrzeug stammte aus der Reihe Flirt RABe 523 Vaudois, und die streckenseitige ETCS-Infrastruktur war durch das von Thales installierte RBC (Radio Block Centre) gegeben. Da in erster Linie die Konformität und Machbarkeit zu den Entwürfen der TSI 2022 gezeigt werden sollte, wurden alle Schnittstellen gemäß den zu diesem Zeitpunkt bekannten UNISIG-Entwürfen realisiert. Neben der ATO-OB mussten für dieses Pilotprojekt das ATO-Gate, eine Bedienmöglichkeit und eine angepasste ETCS-Projektierung erstellt werden.

Da das eingesetzte Fahrzeug für die Tests jeweils aus dem operativen Betrieb ausgeliehen wurde, kam eine mobile ATO-OB zum Einsatz, die nur während der Testfahrten auf dem Testzug eingesetzt wurde. Die Bedienung des ATO-Systems erfolgte über ein provisorisches DMI (DMI – Driver Machine Interface) mit Tasten. Ein standardisiertes Umbauverfahren ermöglichte eine schnelle Montage / Demontage und die notwendigen Prüfungen auf dem Fahrzeug.

Es wurden keine Anpassungen der ETCS-Streckenausrüstung vorgenommen. Auf Optimierungen der Ortungsgenauigkeit durch zusätzliche Balisen wurde verzichtet. Die ETCS-Streckenparameter mussten sehr präzise mit den ATO-Streckenparametern abgeglichen werden, um Unstimmigkeit zwischen ETCS-OBU und ATO-OBU und damit betriebliche Beeinträchtigungen zu vermeiden.

Für die notwendige Test-Zulassung beim Bundesamt für Verkehr (BAV) wurden neben dem Systemänderungsbericht für die ETCS-Software auch ein Bedienkonzept, ein Umrüstungs- und ein Testkonzept für das Fahrzeug erstellt.

Bei den Tests wurde auf die Regelung der ATO-OB fokussiert. Es wurde untersucht, wie präzise dem vorgegebenen Fahrprofil und den Zeitvorgaben gefolgt werden kann. Neben dem Fahrverhalten und der Pünktlichkeit wurden die Haltegenauigkeit, das Potenzial für Energieeinsparungen, der Fahrkomfort und der Nutzen für den Betrieb untersucht.

Besonderes Interesse galt auch dem Verhalten der automatischen Türsteuerung mittels der ATO-OB, da bei Türöffnungs- und -schließvorgängen im S-Bahn-Betrieb viel Zeit verloren gehen kann. Ebenfalls erfolgreich erprobt wurden die temporären Ein-

Bild 4: SBB-Pilotprojekt
Fig. 4: The SBB pilot project

onstrate conformity and feasibility in relation to the drafts of TSI 2022, all the interfaces were implemented in compliance with the UNISIG drafts that were known at that time. In Addition to the ATO-OB, the ATO gate, an operating option and an adapted ETCS configuration also had to be created for this pilot project.

As the vehicle used for the tests was borrowed from standard operations in each case, a mobile ATO-OB was used and only deployed on the test train during the test runs. The ATO system was operated via a provisional DMI (DMI – driver machine interface) with buttons. A standardised conversion procedure enabled rapid installation / uninstallation and the necessary tests on the vehicle.

No adjustments were made to the ETCS trackside equipment. A decision was made not to use any additional balises to optimise the vehicle locating accuracy. The ETCS track parameters had to be aligned with the ATO track parameters very precisely in order to avoid any inconsistencies between ETCS OBU and ATO OBU and thus any malfunctions.

An operating concept, a conversion concept and a test concept for the vehicle were prepared for the necessary test approval from the Federal Office of Transport (FOT), in addition to the system change report for the ETCS software.

During the tests, attention was focused on controlling the ATO OB. An examination was carried out into how precisely the specified driving profile and time specifications could be followed. Stopping accuracy, potential energy savings, ride comfort and operating benefits were also investigated in addition to the driving behaviour and punctuality.

There was particular interest in the behaviour of the automatic door control via ATO, as a lot of time can be lost during door opening and closing operations in suburban train operations. Temporary restrictions based on speed restriction sections and the handling of request stops, a function that enables the train driver to deliberately skip a specified stop (Skip stopping point), were also successfully tested. It was possible to meet customer expectations in terms of punctual driving, precise stopping and energy savings without making any changes to the ETCS infrastructure [7].

The introduction of ATO at traffic nodes is just as important in rail freight transport as in passenger transport. Policymak-

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

21. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress

21th International SIGNAL+DRAHT Congress

KONGRESS

Foto: Deutsche Bahn AG/Wolfgang Klee

GOES HYBRID

11. – 12. November 2021, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center

11h – 12th November 2021, Maritim Hotel, Fulda / DVV Webinar-Center

SIGNAL+DRAHT-Kongress 2021

Die Digitalisierung der Leit- und Sicherungstechnik in Europa schreitet voran, immer mehr Projekte gelangen zur Umsetzung. Damit rückt die Frage der Cyber Security zunehmend in den Fokus: Wie lässt sich eine digitalisierte Infrastruktur gegen Angriffe schützen? Der 21. Internationale Signal+Draht-Kongress nimmt diese Frage als Schwerpunktthema auf und beleuchtet unterschiedliche Perspektiven auf Cyber Security im Kontext der LST.

Darüber hinaus werden am ersten Kongresstag die Ziele und Erfahrungen des sogenannten Schnellläuferprogramms im Rahmen von „Digitale Schiene Deutschland" thematisiert. Am zweiten Tag richtet sich der Blick auf ausgewählte Elemente einer digitalen Infrastruktur wie bbIP und den integrierten Bedienplatz, bevor aktuelle Themen zum ETCS-Rollout den Kongress abrunden.

Auf dem Programm steht zudem einmal mehr die Verleihung des Signal+Draht-Lebenswerkpreises. Die aktuellen Planungen sehen eine Hybridveranstaltung vor: Neben der Präsenzteilnahme vor Ort in Fulda ist auch die digitale Teilnahme am Livestream möglich. In beiden Fällen werden Gelegenheiten zum Austausch der Teilnehmer untereinander und mit den Referenten geschaffen.

Weitere Informationen und die Anmeldung finden Sie unter:
www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2021

SIGNAL+DRAHT Congress 2021

The digitization of command and control technology in Europe is making progress and ever more projects are being implemented. This is increasing the focus on cybersecurity: How can a digitized infrastructure be protected against attacks? The 21st International Signal+Draht Congress will focus on this topic and highlight different cybersecurity perspectives in the context of command and control technology.

The first day of the congress will also focus on the goals of and experiences gained in the so-called fast-track program within the framework of "Digitale Schiene Deutschland" (Digital Rail Germany). The second day will focus on selected elements of a digital infrastructure such as bbIP and the integrated control station, after which current topics regarding the ETCS rollout will round out the congress program.

The program also once again includes the presentation of the Signal+Draht Lifetime Achievement Award. Plans currently envisage a hybrid event, with on-site participation in Fulda as well as digital participation via livestream. In both cases, participants will have opportunities to interact with each other as well as the speakers.

➥ **The congress will be held in German**

Further information and the registration at
www.dvvmedia-webinar.com/signaldraht2021

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Organisation | Organisation
Daniela Hennig
Tel.: +49/(0)40/237 14 -355
E-Mail: daniela.hennig@dvvmedia.com

Ausstellung | Sponsoring
Silke Härtel
Tel: +49/(0)40/237 14-227
E-Mail: silke.haertel@dvvmedia.com

Veranstalter | Organizer
Eurailpress

21. Internationaler SIGNAL+DRAHT-Kongress
21th International SIGNAL+DRAHT Congress

Die digitale LST – und wie wir sie sicher gestalten Donnerstag, 11. November 2021		**Digital command and control technology – and how we plan to make it secure** *Thursday, 11th November 2021*	**Referent / Speaker**
10:30	Begrüßung	*Welcome*	Manuel Bosch, DVV Media Group GmbH
10:35	Einleitung	*Introduction*	Reinhold Hundt / August Zierl, SIGNAL+DRAHT
10:45	Cyber Security: Anfälligkeit digitaler Infrastrukturen	*Cybersecurity: vulnerability of digital infrastructure*	Erik Tews, Chaos Computer Club e.V
11:15	KRITIS – Ausblick auf die Bedeutung für die Bahn	*KRITIS – Perspective on the significance for the railway system*	Tim Trussat, BSI
11:35	Anforderungen und Regularien für Cyber Security im Schienenverkehr	*Requirements and regulations for cybersecurity in rail transport*	Max Schubert, INCYDE
11:55	Aufbau und Implementierung von IT-Security bei DB Netz	*Development and implementation of IT security at DB Netz*	N.N., DB Netz (angefragt)
12:25	Konzeption eines Cyber Defence Center bei der ÖBB	*Plans for a Cyber Defense Center at Austrian Federal Railways (ÖBB)*	Marcus Frantz, ÖBB-Holding
12:45	Mittagessen	*Lunch*	
14:15	Aktuelle Zielvorstellungen des Programms Digitale Schiene Deutschland	*Current program objectives – Digitale Schiene Deutschland (Digital Rail Germany)*	Kristian Weiland, DB Netz / Philipp Bührsch, DB Netz
14:35	Schlankere Prozesse für das Schnellläuferprogramm: Änderungen bei Genehmigungs- und Bauprozessen	*Leaner processes for the fast-track program: changes to approval and construction processes*	Dr. Rolf-Dieter Krächter, VDB
15:05	Erfahrungen in den Schnellläuferprogrammen: Stellwerke	*Experience in the fast-track programs: signal towers*	Dirk Ladewig, Siemens
15:25	Erfahrungen in den Schnellläuferprogrammen: Bahnübergänge	*Experience in the fast-track programs: railroad crossings*	Heinz Laumen, Scheidt & Bachmann
15:45	Kaffeepause	*Coffee Break*	
16:25	Impuls zur Podiumsdiskussion	*Idea for the panel discussion*	Jan Holle, Escrypt
16:35	Podiumsdikussion: Digitalisierung der Bahn und die Cyber Security	*Panel discussion: Digitalization of the railway system and cybersecurity*	Jan Holle, Escrypt Wischy Hernandez, Siemens Marcus Frantz, ÖBB-Holding
17:20	SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2021	*SIGNAL+DRAHT-Lifetime Achievement Award 2021*	Bosch / Hundt / Zierl, SIGNAL+DRAHT
18:05	Abend der Kommunikation	*Evening of communication*	

Freitag, 12. November 2021		*Friday, 12th November 2021*	**Referent / Speaker**
9:00	End-to-end-Digitalisierung der Planungs- und Dispositions-Prozesse	*End-to-end digitization of planning and scheduling processes*	Hermann Schuh-Säbelkampf, ÖBB-Infra
9:20	Das bahnbetriebliche IT-Netz (bbIP)	*The operational railway IT network (bbIP)*	Dr. Björn Blohsfeld, DB Netz / Eike Seidler, DB Netz
9:40	Digitaler integrierter Bedienplatz aus Sicht der Betriebsführung	*Digital integrated control station from the point of view of operations management*	Ina Bleicher, DB Netz
10:00	Digitaler integrierter Bedienplatz aus Sicht des Lieferanten	*Digital integrated control station from the supplier's point of view*	Steffen Henning, Scheidt & Bachmann
10:20	Kaffeepause	*Coffee Break*	
10:50	Shift2Rail 2 – Stand des Programms aus Sicht der Betreiber und der Industrie	*Shift2Rail 2 – Program status from the point of view of operators and industry*	Michel Ruesen, EUG Nicolas Furio, UNIFE
11:10	Innovationsstufen künftiger Leit- und Sicherungstechnik im Kapazitätsvergleich	*Future command and control technology innovation levels (comparing capacities)*	Eike Hennig, VIA Consulting & Development Jerg Martin Molis, SBB AG
11:30	Vergabe und Rolloutplan für das ETCS-Projekt in Österreich	*Tendering and rollout plan for the ETCS project in Austria*	Stefan Gaider, ÖBB-Infra
11:50	Digitaler Knoten Stuttgart - Stand der Konzeption und Umsetzung	*Digital Node Stuttgart – Planning and implementation status*	N.N., PSU (angefragt)
12:10	Abschluss	*Conclusion*	
12:15	Ende der Veranstaltung	*End of the event*	

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Offizielle Kongresspublikation
Official congress-publication

Unterstützt von
Supported by

Medienpartner
Media partner

Bild 5: Erprobung des automatisierten Fahrbetriebs im Schienengüterverkehr
Fig. 5: Testing automated driving operations in rail freight transport

schränkungen mittels Langsamfahrstellen und der Umgang mit Bedarfshalten, einer Funktion, die es dem Lokführer ermöglicht, einen vorgegebenen Haltepunkt bewusst auszulassen (skip stopping point). Die Erwartungen des Kunden bezüglich des pünktlichen Fahrens, präzisen Haltens und der Energieeinsparung konnten ohne Änderungen an der ETCS-Infrastruktur erreicht werden [7].

Die Einführung von ATO im Schienengüterverkehr ist genauso wichtig wie für den Personenverkehr in den Verkehrsknoten. Politische Entscheidungsträger drängen insbesondere auf den Einsatz von ATO im Güterverkehr, um ihn zukunftsfähiger zu gestalten. Die neu geschaffene Flexibilität und die Verkürzung der Transitzeiten sollen Kunden überzeugen, ihre Transporte auf die Schiene zu verlagern. Die Herausforderungen, wie unterschiedliche Zuglängen oder Beladungszustände sowie große Entfernungen über Grenzen hinweg, fördern gemeinsame Standards und Interoperabilität von ATO. Um den innovativen interoperablen Betrieb mittels ATO voranzutreiben, ist eine intensive Erprobung dieser Technologie notwendig. Unter der Leitung von DB Cargo konnte mit dem „Automated Rail Cargo Consortium" sowie einem S2R-Arbeitspaket des X2Rail-3 Konsortiums ein wichtiger Meilenstein in der Erprobung des automatisierten Fahrbetriebs (ATO) im Schienengüterverkehr erreicht werden.

Zum ersten Mal in der Geschichte der europäischen Schiene wurden die Feldversuche eines automatisierten Güterzuges unter europäischer Zugsicherung (ETCS) im offenen Netz in der Schweiz erfolgreich durchgeführt. Dabei wurde das Architekturprinzip aus dem SBB-Projekt mit dem ATO-Gate verwendet.

In Zusammenarbeit mit DB Cargo gelang es nach zweijähriger Projektlaufzeit, vier verschiedene ATO-Systeme auf der Streckenlok BR 185 mit Siemens ETCS erfolgreich zu integrieren und zu testen. Dabei ist es gelungen, die Testfälle mit einem komplett beladenden Güterzug mit 14 Wagen zu erfüllen. Neben dem sicheren automatisierten Zugbetrieb (ATO) auf einer Fernverkehrsstrecke war die dynamische Steuerung des kompletten Güterzugs bei sehr niedriger Geschwindigkeit, zur Simulation des Zugladebetriebs, ein funktionales Highlight. Durch die Optimierung der innovativen Algorithmen während der laufenden Feldphase und eine enge sowie vertrauensvolle Kommunikation über die Un-

ers are especially pushing for the deployment of ATO in freight transport in order to make it more sustainable. The newly created flexibility and reduced transit times should persuade customers to shift their transport to rail. The challenges, such as differing train lengths or loading conditions, as well as long distances across borders, call for common standards and ATO interoperability. Intensive testing of the technology is necessary to enable the rollout of the innovative interoperable use of ATO in operations. Under the direction of DB Cargo, the "Automated Rail Cargo Consortium" and an S2R work package from the X2Rail-3 consortium have made it possible to achieve an important milestone in the testing of ATO in rail freight transport. For the first time in the history of European railways, field trials of an automated freight train under the European train control and protection system (ETCS) have been successfully carried out on a public network in Switzerland. The architectural principle from the SBB project with the ATO gate was used for this.

After two years of project work, in close cooperation with DB Cargo, four different ATO systems have been successfully integrated and tested with Siemens ETCS on a BR 185 open-line locomotive. The project team has succeeded in fulfilling the test cases with a fully laden freight train of 14 cars. In addition to safe automated train operation (ATO) on a long-distance line, dynamic control of the complete freight train at very low speeds, in order to simulate train loading operations, was a functional highlight. By optimising innovative algorithms during the ongoing field phase and through close and reliable communication across company boundaries, it has been possible to develop and implement the project in coordination with DB Cargo Switzerland as the implementing RU in conjunction with SBB Infrastructure. The aim of the testing, i.e. to demonstrate the operational functionality of automated driving under real-life conditions at full loads and lengths, has been achieved. Automatic starting, accelerating and braking, as well as the support function of the ATO system, were tested in changing teams.

3 Trailblazing migration strategies for GoA 2 operations – simple and customised solution approaches

When introducing highly automated driving, each rail operator must take the general operating conditions and the existing technical equipment on the vehicle and the track (traffic management system) into account, as well as the communication infrastructure.

Although the AoE specifications for mainline transport will not be published until TSI CCS 2022, several adapted migration strategies can already be offered which describe a path toward standardised and automated train operation.

Customers who want to be prepared for a rapid and efficient ATO rollout may implement "ATO ready" solutions. ATO-OB ready contains multiple options for preparing or pre-installing ATO hardware in new or retrofitted rolling stock. Driver assistance systems such as DAS (Driver Advisory System) or C-DAS (Connected-DAS) can be implemented in order to enable the customer to benefit from some of the advantages immediately. The introduction of ATO by infrastructure customers can be taken into account during the ETCS rollout by means of the configuration and installation of the positioning balises.

"ATO Basic" is a technical solution for vehicle customers who wish to benefit from further operating advantages and at the same time run on routes without any trackside ATO or TMS equipment. At this level, an ATO-OB unit is installed on the ve-

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

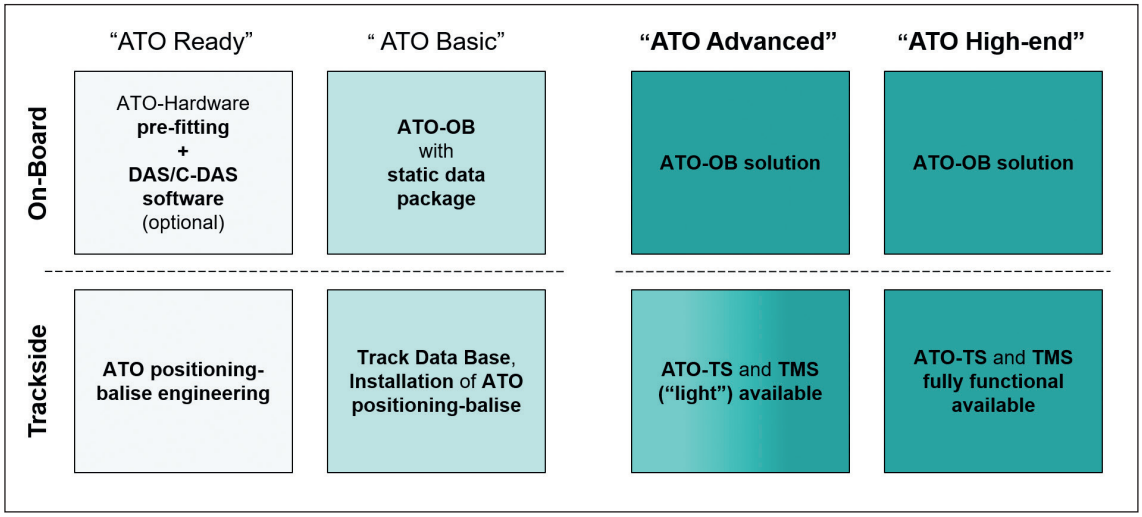

Bild 6: ATO-Migrationsstrategien von Siemens Mobility
Fig. 6: Siemens Mobility's ATO migration strategies

ternehmensgrenzen hinweg konnte das Projekt in Abstimmung mit der DB Cargo Schweiz als durchführendem Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) sowie der SBB-Infrastruktur entwickelt und umgesetzt werden. Das Ziel der Erprobung, die betriebliche Funktionalität des automatisierten Fahrens unter realen Bedingungen bei voller Last und Länge unter Beweis zu stellen, wurde erreicht. Automatisches Anfahren, Beschleunigen und Bremsen sowie die Unterstützungsfunktion des ATO-Systems wurden in wechselnden Teams getestet.

3 Zukunftsweisende Migrationsstrategien für den GoA 2-Betrieb – einfache und kundenspezifische Lösungswege

Bei der Einführung des hochautomatisierten Fahrens muss jeder Bahnbetreiber auf die betrieblichen Rahmenbedingungen und die vorhandene technische Ausrüstung auf dem Fahrzeug und auf der Strecke aufsetzen sowie die Kommunikationsinfrastruktur berücksichtigen.
Obwohl die AoE-Spezifikationen für den Fernverkehr erst in TSI CCS 2022 veröffentlicht werden, können bereits jetzt mehrere angepasste Migrationsstrategien angeboten werden, die einen Weg hin zu einem standardisierten und automatisierten Zugbetrieb beschreiben.
Kunden, die für den schnellen und effizienten ATO-Roll-out vorbereitet sein wollen, können „ATO ready" Lösungen implementieren. ATO ready enthält mehrere Optionen für die Vorbereitung oder die Vormontage von ATO-Hardware in neuen oder nachgerüsteten Schienenfahrzeugen. Um von einigen Vorteilen sofort zu profitieren, können Fahrerassistenzsysteme wie DAS (Driver Advisory System) oder C-DAS (Connected-DAS) implementiert werden. Die ATO-Einführung bei den Infrastrukturkunden kann durch die Projektierung und Montage von Positionierungsbalisen schon beim ETCS-Roll-out berücksichtigt werden.
„ATO Basic" ist eine technische Lösung für Fahrzeugkunden, die weitere betriebliche Vorteile nutzen möchten und gleichzeitig Trassen ohne streckenseitige ATO-Ausrüstung oder TMS befahren. In diesem Schritt ist eine ATO-OB-Einheit zusammen mit einem statischen Datenpaket bestehend aus der Track Datenbank (TDB) und den relevanten Fahrplandaten auf dem Fahrzeug installiert. Auf der Strecke können die Positionierungsbalisen installiert werden, um eine erhöhte Haltegenauigkeit zu erreichen.
Existiert auf der Strecke ein TMS, das nur über die dynamischen Fahrplandaten und keine Streckendaten verfügt, kann das „ATO hicle together with a static data package consisting of the track database (TDB) and the relevant timetable data. Positioning balises can be installed on the track in order to achieve increased stopping accuracy.
"ATO Advanced" can be implemented, if the track has a TMS that only has dynamic timetable data and no track data. At this level, a fully functional ATO-OB unit is installed on the vehicle. ATO-TS linked to an existing TMS is used trackside. In this case, the customer benefits from automated conflict detection and manual conflict resolution.
All the achievable benefits can be combined when the full range of functions defined in S2R is used, such as a dynamic timetable and route data, as well as a TMS with automatic conflict detection and resolution.
The engineering solution (TMS gateway) means that the ATO-TS can be connected to any existing TMS structure so that any missing TMS information can be provided. This has been successfully implemented in the "Digital S-Bahn Hamburg" project.
If a large number of vehicles has already been fitted with ETCS Baseline 2 and the operator wishes to integrate the benefits of ATO into its operations, the system architecture from the SBB pilot project coupled with the retrofit of the ATO gate between ETCS-OB and ATO-OB offers an option for the required upgrade to ETCS Baseline 3.

4 The outlook for GoA 3/4

The initial extensive experience with ATO GoA 2 has confirmed the maturity of this technology for commercial use. However, the journey is far from over; in order to be able to run driverless (GoA 3) or unaccompanied (GoA 4) in open railway systems, further technical solutions, such as sensor- and AI-based (Artificial Intelligence – AI) route monitoring / obstruction detection and novel solutions for fault handling in vehicles, are needed. These have to be designed, developed, tested and above all approved. We are still in the early stages, especially as far as the standardised requirements for an overall GoA 3/4 system and its approval or proof of safety are concerned [8].
Significant milestones along this path have already been achieved. In cooperation with DB Cargo a pilot study was launched to test the suitability of ATO for freight transport as early as 2016. A range of innovations, including the automation

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Benefits \ ATO-solution	ATO Ready* with DAS/C-DAS solution	ATO Basic	ATO Advanced	ATO High-end
Improved network operation performance	●	●	●●	●●●●
Enhanced infrastructure and transport capacity	●	●●	●●●	●●●●
Increased stopping accuracy	-	●●●●	●●●●	●●●●
Improved timetable stability & punctuality	●	●●	●●●	●●●●
Energy savings	●	●●	●●●	●●●●
Reduced mechanical wear & tear	●	●●	●●●	●●●●
Interoperability	●	●	●●●	●●●

*Only pre-fitting of ATO-hardware/balises in combination of ETCS roll-out leads to a significant reduction of ATO roll-out costs.

Bild 7: ATO Migrationsstrategien von Siemens Mobility - Vorteile
Fig. 7: Siemens Mobility's ATO migration strategies - benefits

Advanced" implementiert werden. In diesem Schritt wird auf dem Fahrzeug eine vollständig funktionale ATO-OB-Einheit installiert. Streckenseitig wird ATO-TS verwendet, das mit einem bestehenden TMS verbunden ist. In diesem Fall profitiert der Kunde von einer automatisierten Konflikterkennung und manueller Konfliktauflösung.
Mit dem vollen, in S2R definierten Funktionsumfang, wie einem dynamischen Fahrplan und Streckendaten und ergänzend einem TMS mit automatischer Konflikterkennung und -auflösung, lassen sich alle erreichbaren Vorteile kombinieren.
Durch die Engineering-Lösung (TMS Gateway) kann die Anbindung von ATO-TS an bestehende TMS-Strukturen erfolgen und gegebenenfalls fehlende Informationen des TMS bereitgestellt werden. Dies wurde im Projekt „Digitale S-Bahn Hamburg" erfolgreich umgesetzt.
Wenn bereits ein großer Teil der Fahrzeuge mit ETCS Baseline 2 ausgerüstet ist und der Betreiber die Vorteile von ATO in seinem Betrieb integrieren möchte, bietet die Systemarchitektur aus dem SBB-Pilotprojekt mit der Nachrüstung des ATO-Gates zwischen ETCS-OB und ATO-OB eine Option zum vorausgesetzten Upgrade auf ETCS Baseline 3.

4 Ausblick GoA 3/4

Die ersten umfangreichen Erfahrungen mit der ATO GoA 2 bestätigen den Reifegrad dieser Technologie für den kommerziellen Einsatz. Die Reise geht jedoch weiter – um fahrerlos (GoA 3) oder unbegleitet (GoA 4) in offenen Eisenbahnsystemen fahren zu können, sind weitere technische Lösungen wie eine sensor- und KI (Künstliche Intelligenz)- basierte Fahrwegüberwachung/Hinderniserkennung und neuartige Lösungen zu Fehlerbehandlungen in Fahrzeugen notwendig. Diese müssen konzipiert, entwickelt, getestet und vor allem zugelassen werden. Gerade im Bereich standardisierter Anforderungen an ein GoA 3/4-Gesamtsystem und dessen Zulassung bzw. den Nachweis der Sicherheit stehen wir noch am Anfang [8].
Wichtige Meilensteine auf diesem Weg wurden aber bereits erreicht. Im Jahr 2016 wurde in Zusammenarbeit mit DB Cargo eine Pilotstudie gestartet, um die Eignung von ATO für den Güterverkehr zu testen. Eine Reihe von Innovationen, von der Automatisierung der Fahrzeugkopplung über die automatische Abfahrt und das Anhalten von Zügen bis hin zum automatisierten Zugbetrieb eines Güterzuges auf der Strecke mit einer Geschwindigkeit von bis zu 100 km/h, wurden erprobt. Die Studie untersuchte auch die Rolle von Sensoren bei der Erkennung von Hindernissen.

of vehicle couplings, automatic train departure and stopping and automated train operations on a freight train were tested on a track at speeds of up to 100 km/h. The study also examined the role of sensors in detecting obstructions.
The "Digital S-Bahn Hamburg" project has already implemented fully automated driverless train reversal operations as well as highly automated train movements. The solution has adopted the approach of using technical systems to automate as many of the train driver's operating actions as possible. It soon became apparent that it was necessary to integrate a new safety-related component into the vehicle which independently performs critical steps such as unlocking the driver's cab, releasing the parking brake or periodically operating the vigilance device. As a result, the safe execution of driverless train movements has been made possible based on ETCS and ATO in accordance with standardised procedures.
A further element for GoA 3/4 involves precise vehicle location and environment sensing. In the Sensors4Rail project in conjunction with its partners, Deutsche Bahn is testing precise localisation based on landmarks in the Sensors4Rail project. The partners will present the results at the 2021 ITS Congress. Siemens Mobility is responsible for the system integration in this project and has contributed a cutting-edge odometry unit for locating the position of the front of the train that integrates the global navigation satellite system (GNSS), vehicle odometry and landmark positions.
In the important area of regulatory requirements the criteria for the approval of fully automated railways for regional and long-distance transport are currently defined.
Siemens Mobility and its prestigious partners have won two ground-breaking research projects for the safety of automatic train operations from the German Centre for Rail Traffic Research (DZSF). The ATO Risk project is answering the question of how safe automatic train operation functions need to be. Risk acceptance criteria have been defined at the functional level as part of this. The ATO Sense project focuses on analysing the train driver's performance in order to form a possible reference for an automated system [9].
The results of these two projects have suggested approaches for the approval of automated systems on standard-gauge main-line railways. This is a further step in the direction of fully automatic train operations which goes above and beyond mere technical testing.

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

Bild 8: Vectron in Wildenrath
Fig. 8: Vectron in Wildenrath Quelle (Bilder 1-8) / *Source (fig. 1-8)*: Siemens Mobility GmbH

Im Projekt „Digitale S-Bahn Hamburg" wurde bereits eine vollautomatische, fahrerlose Kehrfahrt neben der hochautomatischen Fahrt realisiert. Die Lösung folgt dem Ansatz, möglichst viele Bedienhandlungen des Triebfahrzeugführers durch technische Systeme zu automatisieren. 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 (Sicherheitsfahrschaltung) eigenständig ausführt. Im Ergebnis wird auf Basis von ETCS und ATO nach standardisierten Abläufen die sichere Durchführung von fahrerlosen Zugbewegungen ermöglicht.
Ein weiterer Baustein für GoA 3/4 ist die exakte Ortung und Umfeldwahrnehmung. Im Projekt Sensors4Rail testet die DB gemeinsam mit Partnern die exakte Lokalisierung auf Basis von Landmarken. Zum ITS-Kongress 2021 werden die Partner die Ergebnisse präsentieren. Siemens Mobility verantwortet in diesem Projekt die Systemintegration und steuert eine moderne Odometrie-Einheit zur Lokalisierung der Zugfrontposition unter Einbindung des Globalen Navigationssatellitensystem (GNSS) sowie von Fahrzeugodometrie und Landmarkenpositionen bei.
Im wichtigen Bereich der regulatorischen Anforderungen werden zzt. die Kriterien für die Zulassung von vollautomatisierten Bahnen im Regional- und Fernverkehr definiert.
Siemens Mobility hat mit renommierten Partnern zwei wegweisende Forschungsprojekte des Deutschen Zentrums für Schienenverkehrsforschung (DZSF) zur Sicherheit des automatisierten Bahnbetriebs gewonnen. Das Projekt ATO Risk beantwortet die Frage, wie sicher automatisierte Funktionen des Bahnbetriebs sein müssen. Dabei werden Risikoakzeptanzkriterien auf funktionaler Ebene definiert. Beim Projekt ATO Sense steht die Analyse der Leistungsfähigkeit eines Triebfahrzeugführers im Fokus, um eine mögliche Referenz für ein automatisches System zu bilden [9].
Die Ergebnisse dieser beiden Projekte bieten Ansätze für die Zulassung automatischer Systeme im Vollbahnbereich. Dies ist ein weiterer Schritt in Richtung vollautomatischer Bahnbetrieb, der über die rein technische Erprobung hinausgeht.

5 Conclusion

Siemens Mobility has demonstrated that ATO GoA 2 technology is ready for global deployment, particularly in suburban and regional services, on the basis of the projects described here.
We have already achieved a frequency of 24 trains an hour in the Thameslink reference project. It was demonstrated that ATO is interoperably functional and operational in accordance with current UNISIG standards by combining SBB's RCS dispatching system with the existing infrastructure and vehicle fleet. Thanks to the ATO gate, ATO-GoA 2 operations are now also possible with ETCS Baseline 2.3.0.d.
The ATO gate allows the cost-effective and rapid migration of vehicles in existing ETCS fleets and can thus make a major contribution to the achievement of customer targets.
The "Digital S-Bahn Hamburg" project, which won the 2021 German Mobility Award, is a further reference project that involves upgrading an existing line and vehicles in Deutsche Bahn's network to the latest ETCS Level 2 and ATO technology in the shortest possible time, including the implementation of the necessary "adapters" for the connection to the existing operations control technology, and as such is a further demonstration of the functioning migration strategy.
While further field trials are required for the use of this technology in freight transport, its basic suitability and advantages have already been verified.
A number of adapted migration strategies along with their implementation are already available. The principal aim here is to find the most suitable interoperable AoE solutions based on TSI 2022 in order to reduce the customer's OPEX.
Widespread operational use of GoA 3 and 4 does not yet seem to be a reality. However, trials with sensors for environment sensing, localisation and obstruction detection have indicated the enormous potential of this technology. The applications tested in the operating environment, such as fully automatic train reversal operations in Hamburg and the Mainline Assistant [10], are paving the way for a radical transformation of the rail industry. ■

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

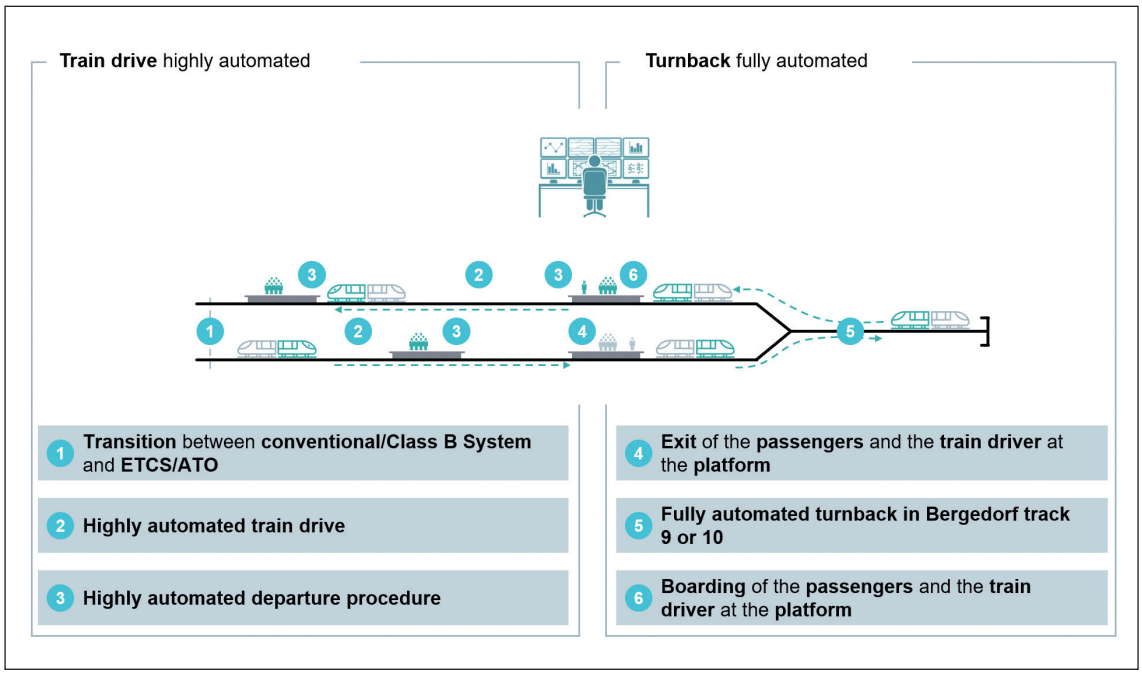

Bild 9: DSH: Automatische Kehre
Fig. 9: DSH: automatic train reversal
Quelle / *Source*: DB AG

5 Fazit

Anhand der dargelegten Projekte hat Siemens Mobility demonstriert, dass die ATO GoA 2-Technologie für den weltweiten Einsatz bereit ist, vor allem im S-Bahn- und Regionalverkehr.
Im Referenzprojekt Thameslink wurde bereits eine Taktung von 24 Zügen pro Stunde erzielt. Im Zusammenspiel mit dem Dispositionssystem RCS der SBB sowie vorhandener Infrastruktur und vorhandenem Fahrzeugpark wurde bewiesen, dass ATO entsprechend der aktuellen UNISIG-Standards interoperabel funktions- und einsatzfähig ist. Ein ATO-GoA 2-Betrieb ist dank des ATO-Gates auch mit ETCS Baseline 2.3.0.d möglich.
Das ATO-Gate erlaubt damit eine kostengünstige und schnelle Migration der Fahrzeuge bei vorhandenen ETCS-Flotten und kann damit einen wichtigen Beitrag zur Erreichung der Kundenziele leisten.
Das mit dem Deutschen Mobilitätspreis 2021 ausgezeichnete Projekt „Digitale S-Bahn Hamburg" stellt eine weitere Referenz dar, eine Bestandsstrecke und Bestandsfahrzeuge im Netz der DB in kürzester Zeit auf die neueste ETCS Level 2- und ATO-Technologie hochzurüsten, inklusive der Realisierung notwendiger „Adapter" zur Anbindung an die bestehende Betriebsleittechnik als weiteren Nachweis der funktionierenden Migrationsstrategie.
Für den Einsatz im Güterverkehr sind weitere Felderfahrungen notwendig, wobei die grundsätzliche Eignung und die Vorteile dieser Technologie bereits bestätigt sind.
Mehrere angepasste Migrationsstrategien sowie deren Implementierung stehen heute bereits zur Verfügung. Dabei steht die am besten geeignete und interoperable AoE-Lösung, basierend auf der TSI 2022 zur Reduzierung von OPEX, beim Kunden im Vordergrund.
Der breite betriebliche Einsatz von GoA 3 und 4 scheint noch nicht die Realität zu sein. Die Erfahrungen mit Sensoren für die Umfeldwahrnehmung, Lokalisierung sowie Hinderniserkennung zeigen aber ein enormes Potenzial dieser Technologie auf. Die im betrieblichen Umfeld erprobten Anwendungen, wie die vollautomatische Kehrfahrt in Hamburg oder der Mainline Assistent [10], ebnen den Weg für zukunftsweisende Transformationen in der Bahnindustrie. ■

LITERATUR | LITERATURE

[1] UNIFE, The European Railway Industry, „Sustainable and Smart Mobility Strategy: Putting European transport on track for the future",12/2020
[2] Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Masterplan für Schienenverkehr" vom Juni 2020
[3] Knollmann, V.; Tasler, G.: Einführung des hochautomatisierten Fahrens – auf dem Weg zum vollautomatischen Bahnbetrieb, SIGNAL+DRAHT, 6/2018
[4] Meyer zu Hörste, M.: Aspekte der Migration zur Voll-Automatisierung des Bahnbetriebs, SIGNAL+DRAHT, 7+8/2017
[5] https://press.siemens.com/global/de/feature/grossprojekt-thameslink-zuege-von-siemens-nehmen-london-den-betrieb-auf
[6] Schröder, J.; Alpoim, Ch.; Dickgießer, B.; Knollmann, V: Digitale S-Bahn Hamburg - Erstmalige Realisierung von „ATO over ETCS" in Deutschland, SIGNAL+DRAHT, 7/2021
[7] https://www.smartrail40.ch/index.asp?inc=downloads_search.asp, Stichwort „ATO2Basic"
[8] Stellungnahme „Automatisiertes Fahren auf der Schiene", Bitcom, August 2019
[9] Siemens Mobility GmbH Presseinformation, 19. November 2020 „Siemens Mobility betreibt wegweisende Forschung zur Sicherheit automatisierter Bahnen"
[10] Krutz, A.; Last, H.: Siemens entwickelt Kollisionswarnassistenten für Mainline, ZEVrail 06-07/2021

AUTOREN | AUTHORS

Dr.-Ing. Ireneus Suwalski
Programme Manager ATO for Mainline
Siemens Mobility GmbH
Anschrift /*Address*: Kiefholzstraße 44, D-12435 Berlin
E-Mail: ireneus.suwalski@siemens.com

Dipl.-Ing. Henry Wünsche
System Manager Traffic Management Systems
Project Manager SMO for ATO@SBB II Project
Siemens Mobility Schweiz GmbH
Anschrift /*Address*: Hammerweg 1, CH-8304 Wallisellen
E-Mail: henry.wuensche@siemens.com

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für Siemens Mobility GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrucke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH