

Automatisiertes Fahren in Niedersachsen – ARTE

Automated driving in Lower Saxony – ARTE

Felix Specht | Alexander Michels | Frederik-Alexander Adebahr | Christian Meirich | Raphael Hofstädter | Birgit Milius | Anja Naumann

In der Geschichte der Eisenbahn steht ein neues Zeitalter bevor, das dem Sektor viele Vorteile bringt: die Automatisierung des Schienenverkehrs. Alstom bringt dieses Ziel nun gemeinsam mit den wissenschaftlichen Partnern Technische Universität Berlin (TU Berlin) und dem Deutschen Zentrum für Luft und Raumfahrt e.V. (DLR) ein Stück näher. Mit dem Vorhaben „Automatisiert fahrende Regionalzüge in Niedersachsen“, kurz ARTE, beginnt in Niedersachsen ein Forschungsvorhaben, das das automatisierte Fahren auf Basis von optischer Signal- und Hinderniserkennung in den Fokus stellt. Damit verbundene Ziele, wie die drastische Reduzierung der Emissionen des Verkehrssektors oder die Steigerung der Effizienz und Zuverlässigkeit, werden greifbar.

1 Ausgangslage

In dem Pilotprojekt „Train Fret Autonome“ von der SNCF sammelte Alstom bereits wichtige Erfahrung. Das Projekt widmet sich dem fahrerlosen Güterverkehr. Außerdem leitete Alstom die entsprechende ATO-Initiative (Automatic Train Operation) von Shift2Rail. Das Projekt ARTE baut zum Teil auf den gesammelten Erkenntnissen auf und wird diese weiter vertiefen.

1.1 Umrüstung mit ETCS am Lint41 der LNVG

Für das ARTE-Vorhaben werden zwei Lint41 der Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen (LNVG) mit ETCS (European Train Control System) ausgerüstet, als technische Basis für die ATO-Anwendung. Die Nachrüstung wird von Alstoms Berliner Standort aus koordiniert und entspricht weitgehend einem üblichen Retrofit. Die physische Nachrüstung soll im Frühjahr 2024 bei Alstom in Salzgitter durchgeführt werden. Die ETCS-Lösung von Alstom wird nach Abschluss des ARTE-Projekts im Fahrzeug verbleiben. Es ist vorgesehen, dass sie nach der streckenseitigen ETCS-Ausrüstung regulär im Lint41 zum Fahren unter ETCS eingesetzt

In the evolution of railway, a new era is about to start that will provide many benefits: the automation of rail transport. Alstom is bringing this goal a step closer, together with its scientific partners Technical University of Berlin (TU Berlin) and the German Aerospace Center e.V. (DLR). The research project “Automated driven Regional Trains in Lower Saxony”, ARTE, takes place in Lower Saxony and focuses on automated driving based on optical signal and obstacle detection. Related goals, such as the drastic reduction of emissions or the increase in efficiency and reliability in the transport sector, are becoming tangible.

1 Current situation

Alstom has already gained important experience in the SNCF’s “Train Fret Autonome” pilot project. The project is dedicated to driverless freight transport. Alstom also led the corresponding ATO initiative of Shift2Rail. The ARTE project builds on the knowledge gained and will further deepen it.

1.1 Retrofitting with ETCS on LNVG’s Lint41

For the ARTE project, two Lint41 of Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen (LNVG) will be equipped with ETCS (European Train Control System) as a technical basis for the ATO application. The retrofit will be coordinated from Alstom’s Berlin site and largely corresponds to a standard retrofit. The physical retrofit is to be carried out at Alstom in Salzgitter in spring 2024. Alstom’s ETCS solution will remain in the vehicle after completion of the ARTE project. It is planned that it will be used regularly in the Lint41 for driving under ETCS after the trackside ETCS installation is completed. The experience gained in the project will be useful for the retrofit of all Lint41 as part of the German Rollout with ETCS.



Bild 1: Zwei Lint41-Fahrzeuge der LNVG werden im ARTE-Projekt mit ETCS und ATO ausgerüstet.

Fig. 1: Two Lint41 vehicles of LNVG are equipped with ETCS and ATO in the ARTE project.

wird. Die Erfahrung in der Nachrüstung des Lint41 wird im Rahmen des German Roll-out mit ETCS für sämtliche Lint41 nutzbar sein.

1.2 Verwendete ETCS-On-Bordtechnik EVC3

Im Versuchsfahrzeug wird Alstoms neuester ETCS-Rechner zum Einsatz kommen: der European Vital Computer 3 (EVC3). Die für das Forschungsvorhaben benötigte ATO-Lösung ist modular in den EVC3 integriert. Der EVC bietet eine ideale technische Grundlage für das Projekt. In der über 20-jährigen Evolution des EVC konnte eine extrem hohe Zuverlässigkeit erreicht werden. Alstom setzt beim EVC auf seine hochreduzante „Two out of Three 2oo3“-Architektur. Neue Funktionen, wie das kommende europäische Funksystem FRMCS (Future Rail Mobile Communication System) sind im EVC3 skalierbar vorbereitet. Außerdem konnte mit der neuesten EVC-Generation eine äußerst kompakte Einbaugröße erreicht werden, für die sich leicht ein geeigneter Einbauplatz in allen denkbaren Fahrzeugen finden lässt.

2 Die Zielsetzung

Die Emissionen im Verkehrssektor sollen drastisch reduziert werden. Zu diesem Ziel trägt die voranschreitende Digitalisierung der Leit- und Sicherheitstechnik bei. Flächendeckend soll Deutschland mit ETCS ausgestattet werden. Das energiesparende und vorausschauende Fahren wird dadurch enorm erleichtert. Auch ATO wird durch die Ausstattung mit ETCS in der Breite Einzug erhalten, wie es bereits im Leuchtturmprojekt Digitaler Knoten Stuttgart (DKS) der Fall ist. Hier wird das sogenannte „ATO über ETCS“ angewendet, welches im Automatisierungsgrad (Grade of Automation) GoA 2 die benötigten Signalinformationen über ETCS erhält. Das ATO-Modul ist bei der Lösung von Alstom stets im ETCS-Zentralrechner funktional integriert. Eine erhebliche Energieeinsparung ist beim Fahren unter ATO möglich [1]. Eine Ersparnis, die sich auch für die Betreiber bemerkbar machen wird. Doch bis zu einem flächendeckenden Roll-out mit ETCS, nach dem Vorbild des (DKS), wird es noch viele Jahre dauern. Alstom möchte die Vorteile des automatisierten Fahrens schon vor dem vollständigen Roll-out greifbar machen. Dies wird durch den bei ARTE gewählten Ansatz zur optischen Signal- und Hinderniserkennung ermöglicht. Hierbei kann auf bereits bestehende streckenseitige Signale zurückgegriffen werden, die durch optische Systeme erfasst und mithilfe der ATO-Technik von Alstom ausgewertet werden. Ebenso werden mögliche Hindernisse durch Sensorik erkannt. Da die weniger stark frequentierten Nebenstrecken erst später mit ETCS ausgestattet werden sollen, ist der gewählte Ansatz insbesondere für den hier verkehrenden Regionalverkehr interessant.

Ein weiterer wichtiger Aspekt von ARTE widmet sich der Abnahme und Zertifizierung von automatisiert verkehrenden Fahrzeugen. Zusammen mit den Forschungspartnern wird untersucht, welche Schritte zu einer Abnahme durch die Zertifizierungsstellen notwendig sind. Im Vorhaben sollen Bereitstellungsfahrten mit dem höchsten Automatisierungsgrad GoA 4 ermöglicht werden. Auf der freien Strecke wird GoA 3 angestrebt. In dem verfolgten Ansatz wird weiterhin fest auf Personal im Fahrzeug gesetzt, das eventuelle Störungen beheben kann. Der für den Sektor bedenklichen Entwicklung des Personalmangels im Fahrdienst kann durch eine flexiblere Einsatzbarkeit entgegengewirkt werden. Der Serviceaspekt wird eine zentralere Rolle einnehmen.

Durch die Umsetzungsziele im Projekt ARTE wird, wie bis hierhin beschrieben, mittelfristig ein klimafreundliches, zuverlässiges, hochfrequentes und komfortables Bahnangebot ermöglicht.

Das Projekt wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Klimaschutz (BMWK) im Programm „Neue Fahrzeug- und Systemtechnologien“ gefördert und ist für einen Zeitraum von drei Jahren geplant. In einem ersten Schritt werden Anforderungen definiert, bevor im zweiten Jahr die Teilsysteme für die Erprobung entwickelt werden. Nach der

1.2 ETCS On-board technology EVC3 used

Alstom's latest ETCS computer will be used in the test vehicle: The European Vital Computer 3 (EVC3). The ATO solution required for the research project is modularly integrated into the EVC3. The EVC provides an ideal technical basis for the project. In the more than 20-year evolution of the EVC, an extremely high level of reliability has been achieved. Alstom relies on its “Two out of Three 2oo3” architecture for the EVC, which is highly redundant. New functions, such as the upcoming European radio system “Future Rail Mobile Communication System” (FRMCS) are scalable prepared in the EVC3. In addition, the latest EVC generation has achieved a highly compact size, for which a suitable installation location can easily be found in all conceivable vehicles.

2 The objective

Emissions in the transport sector are to be drastically reduced. The advancing digitalisation of control and safety technology contributes to this goal. Germany is to be equipped with ETCS nationwide. This will make energy-saving and anticipatory driving much easier. ATO will also be introduced across the board by equipping with ETCS, as is already the case in the project Digitaler Knoten Stuttgart (DKS, digital node in Stuttgart). Here, the so-called “ATO via ETCS” is used, which receives the required signal information via ETCS at the Grade of Automation (GoA) 2 level of automation. In Alstom's solution, the ATO module is functionally integrated in the ETCS central computer. Considerable energy savings are possible when driving under ATO [1]. A saving that will also be noticeable for the operators. But it will still take many years until completion of a nationwide rollout with ETCS, following the example of the DKS. Alstom wants to make the advantages of automated driving tangible even before the full rollout. This is made possible by the approach chosen in ARTE for optical signal and obstacle detection. Here, existing signals on the trackside can be used, which are detected by optical systems and evaluated with the help of Alstom's ATO technology. Obstacles on track are also detected by sensors. Since the less heavily frequented branch lines will only be equipped with ETCS at a later date, the chosen approach is particularly interesting for the regional service operating here.

Another important aspect of ARTE is dedicated to the certification of automated vehicles. Together with the research partners, it is being investigated which steps are necessary for acceptance by the certification authorities. In the project, provisioning journeys with the highest degree of automation GoA 4 are to be made possible. On the service operation itself, the aim is GoA 3. The approach pursued continues to rely firmly on staff in the vehicle who can rectify any malfunctions. The increasing lack of personnel in the driving service, which is a cause for concern for the rail sector, can be counteracted by more flexible deployment. The implementation goals in the ARTE project, as described up to this point, will enable a climate-friendly, reliable, high-frequency and comfortable rail service in the medium term.

The project is funded by the Federal Ministry of Economics and Climate Protection (BMWK) in the programme “New Vehicle and System Technologies” and is planned for a period of three years. In a first step, requirements will be defined before the subsystems for testing are developed in the second year. After vehicle integration, test operation is planned for 2024 in Lower Saxony. Finally, the results will be evaluated by the research partners.

Fahrzeugintegration ist der Testbetrieb für das Jahr 2024 in Niedersachsen geplant. Abschließend erfolgt die Ergebnisauswertung durch die Forschungspartner.

3 Das Projektkonsortium

Mehr als 70 % der in Deutschland verkehrenden Hochgeschwindigkeitszüge sind mit ETCS-Signaltechniklösungen von Alstom ausgestattet. Als Ausrüster der ETCS-Systeme, Entwickler vom ATO und Hersteller der Schienenfahrzeuge ist das Unternehmen Konsortialführer des Forschungsprojektes. Alstom übernimmt die Integration und Anpassung der Systemkomponenten, den Entwurf und die Umsetzung einer Lösung für den Fernsteuerbetrieb, die technische Versuchsleitung des ATO-Testbetriebs als auch, in Zusammenarbeit mit der TU Berlin, die technische Spezifikation.

Die wissenschaftliche Begleitung und die Auswertung des Projekts durch das DLR und die TU Berlin sind ein wichtiger Bestandteil des Vorhabens. Sowohl die Lehre an der TU Berlin als auch die Labore und Teststände beider Einrichtungen sollen von dem neu gewonnenen Wissensstand profitieren.

Das Institut für Verkehrssystemtechnik des DLR analysiert gemeinsam mit der TU Berlin das Betriebskonzept auf der Teststrecke und leitet notwendige Voraussetzungen an die betriebliche und technische Umsetzung ab.

Das Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur (BBI) der TU Berlin leistet einen wichtigen Beitrag für die Umsetzung von Testbetrieb und Zulassungsvorbereitung, indem es neben der Erstellung der Spezifikationen die Themenfelder der Risiko- und Sicherheitsanalyse im Projekt leitet und durchführt.

Die LNVG unterstützt das Projekt als assoziierter Partner und stellt die beiden Fahrzeuge zur Verfügung, die mit dem ATO-System ausgerüstet werden.

4 Forschungs- und Projektfelder

4.1 Hindernis- und Signalerkennung

Im ARTE-Projekt soll nicht nur der Regionalverkehrsbetrieb mit ATO getestet werden, sondern auch der Einsatz von Sensorik, welche Hindernisse und Signale erkennt. Dabei sind die Teilsysteme der Hinderniserkennung, der Re-Lokalisierung und der Signalerkennung im Besonderen zu untersuchen. Es gibt derzeit einige Herausforderungen, die das System in Zukunft selbstständig lösen soll. Diese reichen von schlechten Sichtverhältnissen (Nebel, Regen, Nacht) bis hin zur korrekten Fahrwegserkennung in Bahnhofsvorfeldern und möglichen Hindernissen.

Ab der Automatisierungsstufe GoA 3 muss das ATO-System in der Lage sein, Hindernisse vor dem Zug und im Lichttraumprofil des Zuges zu erkennen. Das Hinderniserkennungssystem ist dafür verantwortlich, diese Hindernisse wahrzunehmen und das ATO-System mit den Daten zu versorgen. Es wird in der Lage sein, Hindernisse mit einer Fläche von 0.25 m² in einer Entfernung von 300 m sicher zu erkennen. Mit größer werdender Entfernung steigt die Schwierigkeit, ein Objekt und dessen genaue Position richtig zu erfassen.

Im automatisierten Bahnbetrieb wird die Signalerkennung vom System übernommen. Die Besonderheit im ARTE-Projekt ist die Zielsetzung, den GoA 3-Verkehr auf einer Strecke durchzuführen, die nicht über die benötigte Streckeninfrastruktur verfügt, sondern nur mit Lichtsignalanlagen ausgestattet ist. Es wird also ein System benötigt, das diese Signale erkennen und interpretieren kann. Ähnlich der Hinderniserkennung liegen Herausforderungen in schlechten Wetterbedingungen oder bei der richtigen Erkennung an unüber-

3 The project consortium

More than 70 % of the high-speed trains running in Germany are equipped with ETCS signalling solutions from Alstom. As the supplier of the ETCS systems, developer of the ATO and manufacturer of the rolling stock, the company is the consortium leader of the research project. Alstom is responsible for the integration and adaptation of the system components, the design and implementation of a solution for remote control operation, the technical test management of the ATO test operation and, in cooperation with the TU Berlin, the technical specification.

The scientific monitoring and evaluation of the project by DLR and TU Berlin are an important part of the project. Both the teaching at the TU Berlin and the laboratories and test stands of both institutions should benefit from the newly acquired knowledge.

Together with the TU Berlin, DLR's Institute of Transport Systems is analysing the operating concept on the test track and deriving the necessary requirements for operational and technical implementation.

The Department of Railway Operation and Infrastructure (Bahnbetrieb und Infrastruktur, BBI) at the TU Berlin is making an important contribution to the implementation of test operation and preparation for approval by leading and carrying out the risk and safety analysis in the project, in addition to drawing up the specifications.

The LNVG supports the project as an associated partner and provides the two vehicles that will be equipped with the ATO system.

4 Research and project fields

4.1 Obstacle and signal detection

The ARTE project will not only test regional transport operations with ATO, but also the use of sensors that detect obstacles and signals. The subsystems of obstacle detection, re-localisation and signal detection in particular are to be investigated. There are currently a number of challenges that the system is expected to solve autonomously in the future. These range from poor visibility conditions (fog, rain, night) to correct route recognition at track junctions and possible obstacles. From automation level GoA 3, the ATO system must be able to detect obstacles in front of the train and in the train's clearance gauge. The obstacle detection system is responsible for perceiving these obstacles and providing the ATO system with the data. It will be able to safely detect obstacles with an area of 0.25 m² at a distance of 300 metres. As the distance increases, the difficulty of correctly detecting an object and its exact position increases.

In automated railway operation, signal detection is taken over by the system. The special feature of the ARTE project is the objective of carrying out GoA 3 traffic on a line that does not have the required signaling infrastructure, but is only equipped with traffic lights. A system is therefore needed that can recognise and interpret these signals. Similar to obstacle detection, challenges lie in bad weather conditions or in the correct detection at blind spots, e.g. on sections of track with a dense signal sequence of parallel tracks.

4.2 Re-localisation

Another open question, which is dealt with in the project, is how the re-localisation of the vehicle on a conventional line can be technically solved without the installation of additional



GROSSER BAHNHOF FÜR DIE ZUKUNFT DER MOBILITÄT

Eisenbahnen schonen das Klima. Seit 80 Jahren baut Stadler deswegen Bahnfahrzeuge, welche den Schienenverkehr attraktiver, wettbewerbsfähiger und nachhaltiger machen. Damit sich noch mehr Fahrgäste für die Bahn entscheiden. Damit noch mehr Güter auf die Bahn gelangen. Damit die Verkehrswende gelingt.

Auf der InnoTrans 2022 zeigen wir Ihnen die Technologien, die schon heute massgeblich dazu beitragen: Digitale Vernetzung von Zügen und Strecken, nachhaltige Elektro-, Batterie- oder Wasserstoffantriebe. Kurz gesagt: Fahrzeuge mit maximalen Komfort. Wir bereiten der Zukunft der Mobilität einen grossen Bahnhof. Besuchen Sie uns und erfahren Sie mehr auf der InnoTrans 2022.

www.stadlerrail.com

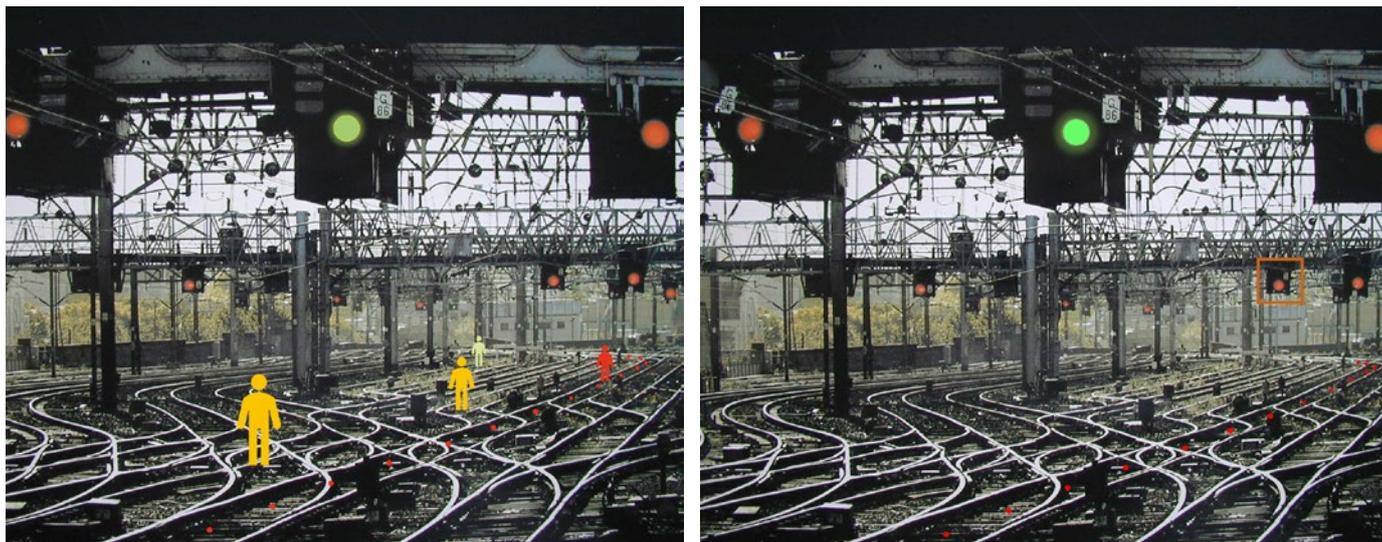


Bild 2: Die zu lösenden Probleme des automatischen Systems: Erkennung von Hindernissen im Fahrweg (links) und Lesen des relevanten Signals (rechts) – auch an unübersichtlichen Stellen

Fig. 2: The problems to be solved by the automatic system: detection of obstacles in the track (left) and reading the relevant signal (right) – even in unclear places

sichtlichen Stellen, z.B. an Streckenabschnitten mit dichter Signalabfolge parallel verlaufender Gleise.

4.2 Re-Lokalisierung

Eine weitere offene Fragestellung, die im Projekt behandelt wird, ist, wie die Re-Lokalisierung des Fahrzeugs auf einer konventionellen Strecke technisch gelöst werden kann, ohne den Einbau zusätzlicher streckenseitiger Infrastruktur. Während des Projektes werden Lösungen erarbeitet, die eine Re-Lokalisierung des Zuges sicherstellen. Im Rahmen des Projektes soll auch geprüft werden, ob es alternative Lösungen gibt, die genaue Positionsbestimmung zu erreichen, etwa durch Hilfe der Sensorik für die Signalerkennung.

4.3 Differenzanalyse und Betrieb

Neben der Systemdefinition setzt das BBI der TU Berlin das betriebliche Lastenheft um. Hierbei werden Fragestellungen bei der Umsetzung von ATO im Regelbetrieb und in der Rückfallebene beachtet. Gemeinsam mit den Partnern wird eine detaillierte Differenzanalyse zu Betrieb, Technik und Rollen im Vergleich zu dem heutigen Betrieb erarbeitet und auf Anforderungen für Mensch und für Technik aufgeteilt. Es werden Berufsbilder und Qualifizierungsansätze für das Betriebspersonal definiert und die entsprechenden Schulungen für den fahrerlosen Betrieb begleitet.

4.4 Fernsteuerbetrieb

Ein besonderer Schwerpunkt des BBI ist der Fernsteuerbetrieb, dessen technische Umsetzung im Vergleich zu der heutigen Ausrüstung eines Triebfahrzeugführers (Tf) deutlich vereinfacht ausgeführt wird. Geplant ist, die Aufgaben mittels eines Tablets oder vereinfachten Führerstandes ausführen zu lassen. Auch eine Übernahme der Betriebsverantwortung des Zugbegleiters wird im Projekt untersucht und praktisch erprobt. Bei Nutzung abgewandelter Ein- und Ausgabegeräte werden diverse Fragestellungen zu Betriebsablauf, Sicherheit und Übersichtlichkeit der dargestellten Informationen gemeinsam mit den Partnern erörtert und erprobt. Geplant ist eine intensive Diskussion mit beteiligten Aufsichtsbehörden, um deren Sichtweise in Bezug auf den Genehmigungsprozess zu berücksichtigen und um gemeinsam eine Zulassungs-

trackside infrastructure. During the project, solutions will be developed to ensure the re-localisation of the train. The project will also examine whether there are alternative solutions to achieve accurate positioning, for example by using sensor technology for signal detection.

4.3 Difference analysis and operation

In addition to the system definition, the BBI at the TU Berlin is implementing the operational specifications. In this process, questions concerning the implementation of ATO in the control operation and in the fallback level are taken into account. Together with the partners, a detailed analysis of the differences in operation, technology and roles compared to today's operation service is developed and divided into requirements for people and technology. Job descriptions and qualification approaches for the operating personnel will be defined and the corresponding training for driverless operation will be accompanied.

4.4 Remote control operation

A special focus of the BBI is remote control operation, the technical implementation of which will be significantly simplified compared to the current equipment of a train driver. It is planned to have the tasks carried out by means of a tablet or simplified driver's cab. Taking over the operational responsibility of the train attendant is also being investigated and tested in practice in the project. With the use of modified input and output devices, various questions concerning the operational procedure, safety and clarity of the information displayed will be discussed and tested together with the partners. An intensive discussion with the supervisory authorities involved is planned in order to take into account their point of view with regard to the approval process and to jointly work out an approval strategy. At the end of the development of the specifications and prior to the test runs, safety assessment reports will be prepared by the independent body ERC Rail. For this purpose, safety considerations are carried out and all work steps, from design and installation to test runs, are accompanied. A roadmap for subsequent generic approval of the

strategie zu erarbeiten. Hierbei werden am Ende der Erarbeitung der Lastenhefte und vor den Testfahrten Sicherheitsbewertungsberichte durch die unabhängige Stelle ERC Rail erstellt. Hierfür werden sicherheitstechnische Betrachtungen durchgeführt und alle Arbeitsschritte, vom Design über den Einbau bis hin zu den Testfahrten begleitet. Eine Roadmap für eine spätere generische Zulassung der neu entwickelten Komponenten wird nach Abschluss der Testfahrten erarbeitet und unabhängig geprüft.

4.5 Systemdefinition

Das Institut für Verkehrssystemtechnik des DLR erarbeitet gemeinsam mit den Projektpartnern das notwendige Zielbild hinsichtlich des automatisierten Fahrens für einen Regionalverkehr in Niedersachsen. Dabei liegt der Fokus zu Beginn des Projektes auf der betrieblichen Analyse der heutigen (manuellen) Aufgaben innerhalb des Bahnbetriebs, wie die Bereitstellung des Fahrzeugs und der damit verbundenen Tätigkeiten des Tf. In einem nächsten Schritt können so, mittels einer entsprechenden Systemdefinition, die Voraussetzungen für das automatisierte Fahren nach GoA 3 bzw. GoA 4 erstellt werden. Es wird also mittels Differentialanalysen untersucht, welche Aufgaben zukünftig durch die Automation übernommen werden und wie diese im Projekt ARTE umgesetzt und erprobt werden können.

Weiter sind auf Basis der theoretischen Grundlagen und der Ergebnisse der Versuchsfahrten Betriebskonzepte für die Automatisierung und die entsprechenden Rückfallebenen, insbesondere für die definierte Versuchsstrecke, zu erarbeiten. Dabei werden auch die vor- und nachgelagerten Prozesse berücksichtigt. Es wird eine gesamtheitliche Bewertungsmethodik erarbeitet, mit der sowohl die Auswirkungen auf den Betrieb, die Wirtschaftlichkeit als auch auf das Personal analysiert werden kann.

4.6 Human Factors

Parallel zu den technischen und betrieblichen Versuchen sollen die Auswirkungen der Automatisierung auf die Mitarbeitenden untersucht werden. Das DLR analysiert dabei, wie sich die Aufgaben des Betriebspersonals verändern und welche neuen Rollen gegebenenfalls entstehen. Dabei wird insbesondere betrachtet und beschrieben

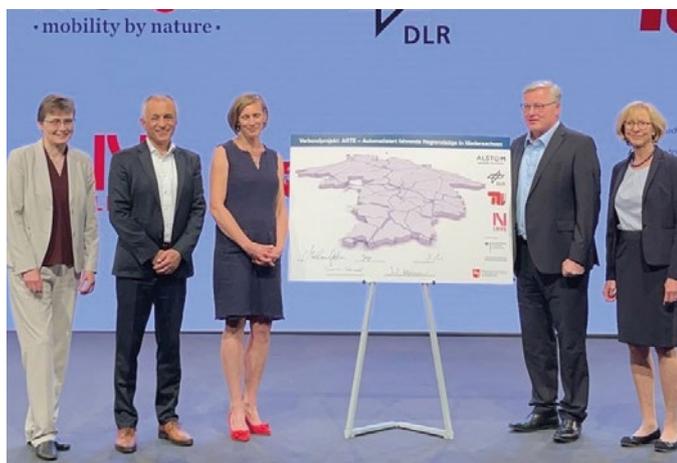


Bild 3 : Vorstellung des Projektes in Hannover mit Vertretern der Projektpartner

Fig. 3 : Presentation of the project in Hanover with representatives of the project partners

von links nach rechts / from left to right: Carmen Schwabl (LNVG), Müslüm Yakisan (Alstom), Prof. Dr Birgit Milius (TU Berlin), Dr Bernd Althausmann (Minister of Transport of Lower Saxony), Dr Bärbel Jäger (DLR)

newly developed components will be drawn up and independently verified after the test runs have been completed.

4.5 System definition

Together with the project partners, the Institute of Transport Systems at DLR is developing the necessary target with regard to automated driving for a regional transport system in Lower Saxony. At the beginning of the project, the focus is on the operational analysis of the current (manual) tasks within railway operations, such as the provision of the vehicle and the associated activities of the driver. In a next step, the prerequisites for automated driving according to GoA 3 or GoA 4 can be created by means of a corresponding system definition. Thus, differential analyses are used to investigate which tasks will be taken over by automation in the future and how these can be implemented and tested in the ARTE project.

Furthermore, operating concepts for the automation and the corresponding fallback levels, in particular for the defined test section, are to be developed on the basis of the theoretical principles and the results of the test runs. The upstream and downstream processes are also taken into account. A holistic evaluation methodology will be developed to analyse the effects on operation, economic efficiency and personnel.

4.6 Human Factors

Parallel to the technical and operational tests, the effects of automation on employees will be investigated. The DLR will analyse how the tasks of the operating personnel will change and what new roles may arise. In particular, it will be considered and described which remaining, non-automated tasks of the train driver can potentially be taken over by a remote controller, a train attendant and the preparatory and follow-up staff. From this description of roles and tasks, recommendations for the design of workplaces can be derived. With its expertise from many years of research work in the field of rail human factors, DLR supports the research partners in developing and testing the requirements for user-friendly simplified remote control in the event of disruptions.

Finally, recommendations for action are formulated which apply the knowledge gained from the ARTE project and the evaluation methodology developed from an operational, economic and human factors perspective to other lines (segments), degrees of automation or applications from an operational, economic and human factors perspective.

5 Outlook

In the coming years, ETCS will be installed nationwide in Germany, both on the lineside and in the vehicles. The goal is to replace the national safety technology with ETCS by 2035. This results in a great need to equip both new and existing vehicles. The European programmes for this have been running since 2015, such as Shift2Rail.

The approach pursued in this research project is to make ATO applicable earlier in regional transport. The developments of the ARTE research project are in line with the developments at European level. The research results should be integrated into the European railway system, interoperable and applicable throughout Europe.

The use of ATO has numerous advantages for the operator, since in addition to significant energy savings, a more stable operation can be guaranteed and up to 30 % more capacity can

ben, welche verbleibenden, nicht automatisierten Aufgaben des Tf jeweils potenziell ein Fernsteuerer, ein Zugbegleiter und das vor- und nachbereitende Personal übernehmen kann. Aus dieser Rollen- und Aufgabenbeschreibung können wiederum Empfehlungen für die Gestaltung der Arbeitsplätze abgeleitet werden. Mit der Expertise aus langjährigen Forschungsarbeiten im Bereich Rail Human Factors unterstützt das DLR die Forschungspartner dabei, die Anforderungen an eine nutzergerechte vereinfachte Fernsteuerung für den Störfall zu erarbeiten und zu erproben.

Abschließend werden Handlungsempfehlungen formuliert, welche die gewonnenen Erkenntnisse aus dem Projekt ARTE und die entwickelte Bewertungsmethodik aus betrieblicher, wirtschaftlicher und Human-Factors-Sicht auf andere Strecken(-segmente), Automatisierungsgrade oder Anwendungsgebiete übertragbar machen.

5 Ausblick

In den kommenden Jahren wird ETCS in Deutschland, sowohl streckenseitig als auch in den Fahrzeugen, flächendeckend eingerichtet. Das Ziel ist, bis zum Jahr 2035 die nationale Sicherungstechnik abzulösen und durch ETCS zu ersetzen. Daraus resultiert ein großer Ausrüstungsbedarf sowohl von Neu- als auch von Bestandsfahrzeugen. Die europäischen Programme dazu laufen seit 2015, wie Shift2Rail.

Der in diesem Forschungsprojekt verfolgte Ansatz ist es, ATO schon früher im Regionalverkehr anwendbar zu machen. Die Entwicklungen des ARTE-Forschungsprojektes stehen in Einklang mit den Entwicklungen auf europäischer Ebene. Die Forschungsergebnisse sollen im europäischen Bahnsystem aufgehen, interoperabel und europaweit einsetzbar sein.

Der Einsatz von ATO hat zahlreiche Vorteile für den Betreiber, da neben einer signifikanten Energieeinsparung, ein stabilerer Betrieb gewährleistet werden kann und bis zu 30 % mehr Kapazität erreicht wird [2]. Der im ARTE-Projekt geplante vollautomatische Betrieb mit Bordpersonal (GoA 3) erlaubt eine erhöhte Flexibilität, da Züge variabel eingesetzt werden können. Der Kunde profitiert in Zukunft von einem verbesserten Angebot und einem guten Service durch das Bordpersonal.

Das Projektkonsortium betritt im ARTE-Projekt Neuland für automatisierten Betrieb im Regionalverkehr, mit dem übergeordnetem Ziel, den Bahnverkehr sowohl technisch als auch betrieblich zukunftsreif zu machen. ■

LITERATUR | LITERATURE

[1] <https://www.allianz-pro-schiene.de/themen/aktuell/autonomes-fahren-auf-der-schiene/>

[2] Autonomous mobility: The future of rail is automated | Alstom

be achieved [2]. The fully automated operation with on-board personnel (GoA 3) planned in the ARTE project allows for increased flexibility, as trains can be deployed variably. In the future, the customer will benefit from an improved offer and a good service by the on-board staff.

In the ARTE project, the project consortium is breaking new ground for automated operation in regional transport, with the overarching goal of making rail transport technically and operationally ready for the future. ■

AUTOREN | AUTHORS

Felix Specht, M. Sc.

Business Development Manager
Alstom
Anschrift / Address: Joachimsthaler Straße 12, D-10719 Berlin
E-Mail: felix.specht@alstomgroup.com

Alexander Michels

ADM Engineering
Alstom
Anschrift / Address: Joachimsthaler Straße 12, D-10719 Berlin
E-Mail: alexander.michels@alstomgroup.com

Frederik-Alexander Adebahr, M. Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachgebiet Bahnbetrieb und Infrastruktur /
Research Assistant of Chair for Railway Operations and Infrastructure
TU Berlin
Anschrift / Address: Salzufer 17-19, D-10587 Berlin
E-Mail: f.adebahr@tu-berlin.de

Dr. Christian Meirich

Gruppenleiter: Bahnbetrieb /
Research Associate and Team Leader: Rail Operation
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institution of Transport Systems*
Anschrift / Address: Lilienthalplatz 7, D-38108 Braunschweig
E-Mail: christian.meirich@dlr.de

Dr. Raphael Hofstädter

Patentmanager und Innovation Champion /
Patent Manager and Innovation Champion
Alstom
Anschrift / Address: Linke-Hofmann-Busch-Straße 1, D-38239 Salzgitter
E-Mail: Raphael.Hofstaedter@alstomgroup.com

Prof. Dr. Birgit Milius

Leiterin des Fachgebietes Bahnbetrieb und Infrastruktur /
Head of Chair for Railway Operations and Infrastructure
TU Berlin
Anschrift / Address: Salzufer 17-19, D-10587 Berlin
E-Mail: birgit.milius@tu-berlin.de

Dr. Anja Naumann

Wissenschaftliche Mitarbeiterin: Mensch-Technik-Organisation /
Research Associate: Human-Technology-Organisation
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V.
Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institution of Transport Systems*
Anschrift / Address: Rutherfordstraße 2, D-12489 Berlin
E-Mail: anja.naumann@dlr.de

