

Forschungsprojekt ARTE

# Hochautomatisierte Zugsteuerung für Bahnstrecken ohne ETCS



Ein Regionalzug der LNVG unterwegs in Niedersachsen

Foto: ALSTOM

**Justin Adam**, Wissenschaftlicher Mitarbeiter, TU Berlin, **Dr. Raphael Hofstädter**, Innovation Champion, ALSTOM Transport Deutschland GmbH, Salzgitter, **Bettina Kapp**, Projektmanagerin, ALSTOM Signal GmbH, Mannheim, und **Dr. Anja Naumann**, Wissenschaftliche Mitarbeiterin, DLR, Berlin

Im Forschungsprojekt ARTE haben die Projektpartner Alstom, DLR und TU Berlin gemeinsam eine hochautomatisierte Zugsteuerung für Bestandsfahrzeuge mit Signal- und Hinderniserkennung und eine Zugfernsteuerung entwickelt und erprobt. Zudem wurden diese Systeme aus technischer, betrieblicher, Sicherheits- sowie Nutzungsperspektive untersucht. Die hochautomatisierte Fahrzeugnachrüstung ist eine attraktive Möglichkeit, um trotz Personalmangel auf Nebenstrecken ohne das europäische Zugbeeinflussungssystem ETCS das Verkehrsangebot aufrecht zu erhalten oder auszuweiten.



Die Bahnbranche wächst kontinuierlich. Das Bundesministerium für Verkehr (BMV) schätzt, dass es 2030 50 Prozent mehr Arbeitsplätze als 2020 gibt. Von 2013 bis 2023 stieg die Anzahl der Triebfahrzeugführer (Tf) um 45 Prozent. Dieser Anstieg reicht nicht, um den Bedarf zu decken. Der Personalmangel wirkt sich schon heute auf den Zugverkehr aus, 2023 fielen deshalb knapp zwei Prozent aller Züge aus und in Zukunft ist nicht mit einer Entspannung der Personalsituation zu rechnen. Wie kann also der Bahnbetrieb der Zukunft aussehen?

Das Projekt „Automatisiert fahrende Regionaltriebzüge in Niedersachsen“ (ARTE) erforschte von 2022 bis 2025 die technischen und betrieblichen Anforderungen an einen automatisiert fahrenden Zug. Die vier Partner Alstom Transport Deutschland GmbH, das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR), die Technische Universität Berlin (TU Berlin) und die Alstom Signal GmbH erhielten dafür eine Förderung des Bundesministeriums für Wirtschaft und Klimaschutz.

### Von Technik bis Betrieb – ARTE betrachtet alle Facetten

Die Landesnahverkehrsgesellschaft Niedersachsen (LNVG) stellte als Testfahrzeug einen Alstom Coradia LINT41 bereit. Alstom entwickelte, basierend auf der Erfahrung aus vorherigen Projekten, die Teilsysteme für den automatisierten Fahrbetrieb und integrierte diese. Dazu gehören beispielsweise die Signal- und Hinderniserkennung und die Positionsbestimmung des Zuges.

Parallel dazu entwickelten Alstom und die TU Berlin gemeinsam eine Lösung für die Zugfernsteuerung (Remote Train Operation, RTO). Alstom entwickelte die Schnittstelle zum Fahrzeug und die TU Berlin die nutzerseitige Lösung auf einem Tablet.

Gemeinsam erforschten DLR und TU Berlin mit Mitarbeitenden der Regionalverkehre Start Deutschland, wie sich Aufgaben und Tätigkeitsabläufe des Betriebspersonals verändern und welche neuen Rollen und Berufsbilder entstehen. Sicherheits- und Zulassungsbetrachtungen bereiteten mit einer Prüfungsstelle die folgenden Tests vor. Betriebs- und Prozessanalysen untersuchten weiter, wie ein hochautomatisiertes Fahrzeug ohne Veränderungen an der Infrastruktur in den Betrieb eingebettet werden kann.

### Signalerkennung statt ETCS: schneller Einsatz im Bestandsnetz

Das Signalerkennungssystem ist ein essenzieller Bestandteil der hochautomatisierten Zugsteuerung (Automated Train Operation, ATO), um Lichtsignale sicher auszuwerten und eine Fahrerlaubnis an das System zu geben. Das System muss dabei vielfältige Herausforderungen bewältigen, um bei verschiedensten Umweltbedingungen das Signal zu erkennen.

Aber auch die Identifikation des richtigen Signals (man denke an komplexe Gleisanlagen in Bahnhöfen) ist eine Herausforderung. Genauso müssen auch unterschiedlichste Signalbilder oder Signalsysteme (bspw. Ks, H/V) erkannt werden. Für die ausgewählte Teststrecke Northeim-Bodenfelde wurde dafür eine digitale Karte erstellt, welche detaillierte Informationen zur Strecke enthält, wie Signalstandorte, Fahrwege oder Streckenneigung. Dies ist für die Automation eine ähnliche Voraussetzung wie heute die Streckenkunde für einen Tf, um sicher und souverän einen Zug zu führen.

### Fernsteuerung als sichere Rückfallebene

Wie alle sicheren technischen Systeme braucht auch ATO eine Rückfallebene, damit geeignetes Personal im Störfall die Steuerung übernehmen und den Betrieb fortsetzen kann. Im Fahrgastbetrieb soll ein zusätzlich qualifizierter Zugbegleiter Plus an Bord sein (Grade of Automation, GoA3). Kommt es hierbei zu einer Störung an der automatischen Zugsteuerung, übernimmt nach dem Stillstand der Zugbegleiter Plus an Bord des Zuges die Steuerung zur Weiterfahrt. Über Kamerabilder, die auf dem RTO-Tablet angezeigt werden, kann dieser aus jeder Position im Zug heraus die Betriebssituation erfassen und danach die Fahrt fortsetzen. Ziel dabei ist, die Gleise zu räumen und den nächsten Bahnhof zu erreichen.

Ohne Fahrgäste sollen beispielsweise Rangierfahrten zum Bahnsteig fahrerlos und ohne Personal an Bord erfolgen (GoA4). Kommt es hier zu einer Störung, übernimmt ein Remote Operator aus der Ferne die Steuerung.

*In der Frontschürze des LINT41 wurde die Sensorik verbaut*



Foto: ALSTOM





Damit die Signalerkennung ein Signal sicher erkennen und lesen kann, müssen Umriss und Lichtpunkte genau vermessen und die möglichen Zustände (Signalbilder) hinterlegt werden



Die mobile Tablet-Fernsteuerung mit Kamerabildern kann an verschiedensten Arbeitspositionen im Fahrzeug und außerhalb eingesetzt werden



Foto: ALSTOM

*Große Tiere auf dem Gleis sind eine Gefahr für Schienenfahrzeuge: die Hinderniserkennung bringt den Zug sicher zum Halten*

## Erfolgreiche Testfahrten – von der Simulation bis auf die Strecke

Die Entwicklung einzelner Komponenten erfolgte zuerst in Labortests. Dafür wurden simulierte oder aufgezeichnete Daten in die Systeme eingespielt, um so beispielsweise die Signalerkennung zu testen. Auch Schnittstellen wie zwischen Fahrzeug und Fernsteuerung (Tablet) wurden im Probeaufbau getestet. Parallel bildete das DLR die Teststrecke als Simulation nach, um Sensorik vorab zu erproben und Betriebsszenarien simulativ zu erforschen.

Mit dem LINT 41 testeten die Partner erst einige technische und betriebliche Funktionen auf dem Alstom Testgleis in Salzgitter. Das Hinderniserkennungssysteme im Zug erkannte beispielsweise einen lebensgroßen Stier erfolgreich als Hindernis und bremste sicher bis zum Stillstand ab.

Das DLR und die TU Berlin untersuchten in einem ersten Schritt mit Fahrten auf dem Alstom Testgleis, ob und unter welchen Bedingungen Personen mit der Tablet-Fernsteuerung und Kamerabildern einen Zug fahren können. Zur InnoTrans 2024 konnte das Projektteam bereits die Presse zu einer Testfahrt mit Fernsteuerung und hochautomatisierter Zugsteuerung einladen.

Anschließend erprobten die Partner den Zug auf öffentlicher Infrastruktur, der Strecke Northeim-Bodenfelde. Das Fahrzeug und alle technischen Systeme wurden permanent von einem Versuchsleiter sowie Sicherheits-Tf und Technikern überwacht. So konnten die Fahrten sicher in Lücken zwischen den regulären Zügen ohne Sperrung der Strecke durchgeführt werden.

Die entwickelten Systeme für den automatisierten Fahrbetrieb wurden zuerst einzeln getestet – Signalerkennung, Fernsteuerung, automatisiertes Fahren. Als krönender Abschluss der Versuche absolvierte der Zug auf der Strecke Northeim-Bodenfelde erfolgreich einen gesamten Zugumlauf in der Automatisierungsstufe GoA3 mit Signalerkennung. Auch die Rückfallebene Zugfernsteuerung wurde ausgiebig und erfolgreich mit Probanden auf der öffentlichen Strecke getestet. Sie fuhren den Zug mit 40 km/h über mehrere Kilometer und hielten zielgenau am Bahnsteig der nächsten Station.

## Von der Machbarkeit zum Einsatz im Betrieb

Im Rahmen von ARTE wurden auch Betrachtungen zur Sicherheit des zukünftigen Systems erarbeitet. Die erstellte Roadmap für die Zulassung zeigt, wie die Ergebnisse aus den durchgeführten Fahrten auf den zukünftigen Fahrgasteinsatz übertragen werden könnten. Eine Zielkostenbetrachtung beschreibt, welcher Preis für die Lösung voraussichtlich angesetzt werden kann, damit die Nachrüstung für Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) oder Fahrzeughalter attraktiv ist.

Anders als die Beschaffung neuer Fahrzeuge heute stellt die Umstellung auf hochautomatisierten Betrieb ein EVU vor große Veränderungen. Eine Change Management-Analyse beschreibt, welche Schritte ausgehend vom ARTE-Projekt Fahrzeughersteller und EVU mit welchen Partnern zusammen durchlaufen müssen. Diese Schritte sind ein wesentlicher Faktor, um die erforschte Technologie erfolgreich in Produktion zu bringen, in Betrieb zu nehmen und im Fahrgastverkehr einzusetzen.







## Fazit

Alstom ist aktuell in Gesprächen mit Kunden, um Strategien zu entwickeln, wie Zugfernsteuerung und automatisiertes Fahren die Effizienz des Betriebs steigern und die Lokführer entlasten kann. Die ARTE-Ergebnisse und -Erkenntnisse fließen in diese Kundenprojekte ein.

In kommenden Forschungsprojekten sollen auch neue Aufgaben und Rollen von Betriebspersonal weiterführend untersucht werden. Das DLR erforscht dazu in weiteren Projekten die zukünftigen Aufgaben und Arbeitsumgebungen für Remote Operator. Das Testen von Sensorik in simulierter Umgebung soll außerdem soweit entwickelt werden, um darin zukünftig Sensoren sogar bis zur Zulassung zu prüfen.

Die TU Berlin hat die Forschungsmethoden aus ARTE bereits in die Lehre integriert und untersucht weiterhin Betriebsverfahren und Steuerungen für Remote Train Operation. ■

Die Projektpartner freuen sich Ihnen als Leser\*in von Deine Bahn das ARTE Forschungsprojekt vorzustellen. Da eine umfangreiche Beschreibung aller technischen und betrieblichen Details an dieser Stelle nicht möglich ist, möchten wir gerne auf weitere Veröffentlichungen verweisen:

Thema	Titel	Quelle	Link
Betrieb	Betriebliche Differentialanalyse für den automatisierten Regionalbahnbetrieb	Eisenbahntechnische Rundschau (ETR)	<a href="https://elib.dlr.de/195397/">https://elib.dlr.de/195397/</a> 
Technik	ARTE – a technical solution for train automation on non-ETCS lines	Signal + Draht	<a href="https://elib.dlr.de/200941/">https://elib.dlr.de/200941/</a> 
Video	ARTE - Pioneering automated regional trains	Alstom – YouTube Kanal	<a href="https://www.youtube.com/watch?v=CJQuC66zSKc">https://www.youtube.com/watch?v=CJQuC66zSKc</a> 
Technik	Fahrzeugausrüstung für GoA3/4 und RTO auf Nicht-ETCS-Strecken im Projekt ARTE	7th Scientific Railway Signalling Symposium (SRSS Konferenz)	<a href="https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/id/eprint/29395">https://tuprints.ulb.tu-darmstadt.de/id/eprint/29395</a> 
Betrieb	Entwicklung und Realerprobung einer Steuerung über Tablet für Remote Train Control		
Betrieb	Performance and usability testing of a tablet based train remote control	6th German Conference on Rail Human Factors (GRHF Konferenz)	<a href="https://elib.dlr.de/213190/">https://elib.dlr.de/213190/</a> 