



Universität St.Gallen

Institut für Systemisches Management
und Public Governance



Schweizer Jahrbuch für Verkehr 2023

Herausgeber:

Prof. Dr. Christian Laesser

Prof. Dr. Thomas Bieger

Prof. Dr. Kay W. Axhausen

Schweizer Jahrbuch für Verkehr 2023

Herausgeber:

Prof. Dr. Christian Laesser

Prof. Dr. Thomas Bieger

Prof. Dr. Kay W. Axhausen

ISBN-Nummer
3906532-35-6
ISSN 1423-4459

Alle Rechte vorbehalten
Copyright © 2023
Institut für Systemisches Management
und Public Governance
der Universität St.Gallen

SVWG Schweizerische Verkehrs-
wissenschaftliche Gesellschaft
IMP-HSG Institut für Systemisches
Management und Public Governance
der Universität St.Gallen

ATO für Normal- und Schmalspur

Viele Wege führen zur Bahnautomation in der Schweiz

Kurt Metz

Abstract

Nachdem das Branchenprogramm «Smartrail 4.0» zur schrittweisen Weiterentwicklung des Schweizer Bahnsystem im Juli 2020 durch das Bundesamt für Verkehr BAV aus Komplexitäts- und Kostengründen gestoppt wurde, haben Schweizer Privatbahnen begonnen, auf ihre Bedürfnisse angepasste Lösungen zur Automatisierung der Betriebsabläufe zu entwickeln. Der Beitrag präsentiert einen Tour d'Horizon laufender Projekte und ihrer Perspektiven bei den Appenzeller Bahnen, Basler Verkehrs-Betrieben, dem Regionalverkehr Bern Solothurn, der Schweizerischen Südostbahn und der Rhätischen Bahn. Ergänzt wird der Artikel durch kurze Exkurse zum Stand der Dinge bei der SBB, der Haltung der Lokführergewerkschaft VSLF und den Nutzen, der Siemens für die S-Bahn Hamburg aus den Smartrail 4.0-Erfahrungen und den Tests in der Romandie ziehen konnte.

Keywords: Automatic Train Operation (ATO), Grade of Automation (GoA), Fahrassistenz, Hinderniserkennung, Raumüberwachung, Radar, Einzäunung, Sicherheitsnachweis, Gefährdungen, Arbeitsplatz, Wirtschaftlichkeit, Test- und Schattenfahrten, Fahrplanstabilität, Umsteigezeiten, Pünktlichkeit, Frequenzen, Fahrgastkomfort, Automation Infrastruktur – Rollmaterial, Tempomat, adaptive Lenkung, optimiertes Fahrprofil autonomes Garagieren, Zugwenden, Standards Meterspurbahnen, gesellschaftliche Akzeptanz

Abbildung 1: Keywords und Glossar

Glossar Bahnautomation ATO - wie weiter?

| Abkürzung | Beschreibung | Abkürzung | Beschreibung |
|-----------|---|------------|--|
| ADL | Adaptive Zuglenkung | GSM-R | Global System for Mobile Communications - Rail (2G) |
| Agf | Arbeitsgruppe | LCC | Life Cycle Costing - Lebenszyklus-Kostenrechnung |
| AI | Artificial Intelligence | LEU | Lineside Electronic Unit (Signaladapter) |
| ATB | niederländische Zugbeeinflussungssystem | LF-Betrieb | Lokführer Betrieb |
| ATC | Automatic Train Control - Autom. Zugbeeinflussung | LP | Lokpersonal |
| ATO | Automated Train Operation | LTE | Long Term Evolution radio (5G) |
| ATO OBU | ATO on board unit - ATO Einheit zugseitig | LZB | Linienförmige Zugbeeinflussung |
| ATO TS | ATO trackside - ATO trassenseitig | MNR | Monetarisiertes kollektives Risiko |
| ATP | Automatic Train Protection, Zugüberwachung | NTO | Non automated train operation - Fahrt mit Zugbeeinflussung (GoA 1) |
| AVVO | Advanced vital vehicle operation - Autom. Zugbedienung | OB | On Board (Fahrzeugseitig) |
| AZS | Automatische Zugsicherung | OCC | Operation Control Centre - Betriebsleitzentrale |
| BAV | Bundesamt für Verkehr | OD | Odometrie (Weg- und Geschwindigkeitsmessung) |
| BZ | Betriebsleitzentrale | ODAS | Obstacle Detection Assistance System - Hinderniserkennung |
| CBTC | Communications-Based Train Control | OS | On sight - Fahren auf Sicht (GoA 0) |
| CTCS | Chinese Train Control System | PoC | Proof of Concept |
| DMI | Driver Maschine Interface - Mensch-Maschine-Schnittstelle | PSD | (integrated) Platform Screen Door |
| DSTW | Digitale Stellwerke | RFID | Radio-Frequency Identification |
| DTO | Driverless train operation - Fahrerloser Zugbetrieb (GoA 3) | RTE | Regelwerk Technik Eisenbahn |
| eCAB | Projekttitel RBS für ATO-Leerfahrten | SFERA | Smart communications For Efficient Rail Activities |
| EL | Euroloop | SIL | Sicherheitslevel |
| EN | Europäischen Normen | S5130 | Schnittstellennorm 130 |
| ERJU | Europe's Rail Joint Undertaking | TCMS | Train Control & Management System (Fahrzeugleittechnik) |
| ERTMS | European Rail Traffic Management System | TMS | Traffic Management System (Verkehrsmanagementsystem) |
| ETCS | European Train Control System | TOPO | Betriebstopologie |
| ETCS L1LS | ETCS Level 1 Limited Supervision | TS | Trackside (Steckenseitig) |
| Euroloop | Standardisierte Datenübertragung am Fuss der Schiene | TSI | Spezifikation für die Interoperabilität |
| FB | Festdaten Balise | UITP | International Association for Public transport |
| FRMCS | Future Railway Mobile Communication System (5G) | UTO | Unattended operation - unbegleiteter Betrieb (GoA 4) |
| GFM | Gleisfreimeldeanlagen | VöV | Verband öffentlicher Verkehr |
| GNSS | Global Navigation Satellite System | ZSL | Zugsicherung mit Linienleiter |
| GoA | Grade of Automation | ZSL90 | ZSL 1990 (Herstellerbezeichnung) |

Quelle: Peider Trippi

Abbildung 2: Die Automatisierungsgrade steigen in fünf Stufen an.

ATO – Automatisierungsgrade

| | Grad Automatisierung | Zugsteuerung | Freigabe Abfahrt | Zug fahren/stoppen | Türbedienung | Steuerung bei Störung von ATO |
|-----------------------|---|-----------------------------|----------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Manuell | GoA* 0 on sight (OS) | Fahrer ohne ATP** | Fahrer | Fahrer | Fahrer | Fahrer |
| | GoA 1 Non-automated Train ops (NTO) | Lokpersonal mit ATP** | Lokpersonal | Lokpersonal | Lokpersonal | Lokpersonal |
| Auto-matisiert | GoA 2 Semi-automatic Train ops (STO) | ATO und Lokpersonal mit ATP | Lokpersonal oder ATO | ATO | Lokpersonal Optional: ATO | Lokpersonal |
| Autonom | GoA 3 Driverless Train ops (DTO) | Fahrerlos | ATO | ATO | ATO Optional: Begleiter | Begleiter |
| | GoA 4 Unattended train ops (UTO) | Unbegleitet | ATO | ATO | ATO | Fernbedient durch Leitzentrale |

Gemäss UITP / IEC 62267 *GoA = Grade of Automation **ATP = Automatic Train Protection, Zugbeeinflussung

Quelle: SOB Schweizerische Südostbahn

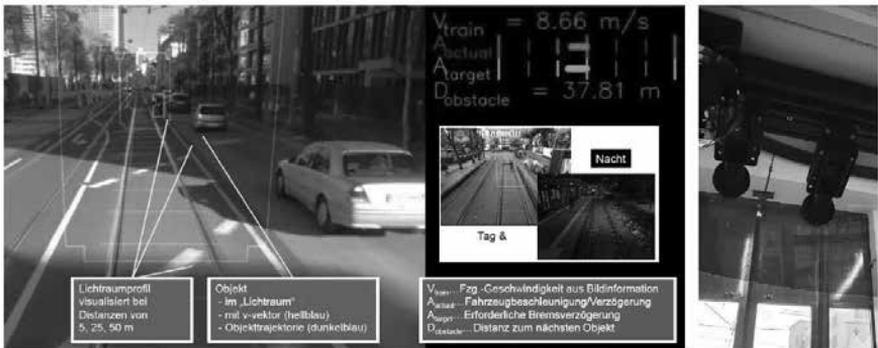
1 Strassenbahnen und Meterspurbahnen

1.1 Fahrerassistenzsysteme der Basler Verkehrs-Betriebe BVB

Die Basler Verkehrs-Betriebe BVB verfolgen mit dem Einsatz von ODAS (Obstacle Detection Assistance System - Hinderniserkennung) den Schutz von Personen im Gleisbereich durch die Erhöhung der aktiven Sicherheit. ODAS liefert eine präzise Berechnung von Position, Geschwindigkeit und Bewegungsablauf von Hindernissen und dem eigenen Streckenverlauf des Trams durch permanente Bildanalysen. Das System gibt erst eine akustische Warnung aus. Wird nicht reagiert, bremst das Fahrzeug mit einer maximalen Verzögerung. Die Verzögerung ist so gewählt, dass die Fahrgäste nicht gefährdet werden. Daraus ergeben sich weniger Unfälle und folglich eine höhere Verfügbarkeit der Strassenbahnen mit geringeren Instandsetzungskosten. Ein Pilot fand bereits statt zum Testen der Tauglichkeit des Systems und den Zulassungen in der Schweiz, Deutschland und Frankreich, da die neuen Trams auf Strecken im Dreiländereck verkehren sollen. Wichtiges Ziel ist sowohl eine geordnete Kommunikation intern wie extern und die Akzeptanz im Unternehmen: Fahrpersonal, Werkstätte und Leitung. ODAS ist im Pilotfahrzeug installiert und erste Test sind erfolgreich verlaufen.

Abbildung 3: ODAS liefert eine präzise Berechnung von Position, Geschwindigkeit und Bewegungsablauf von Hindernissen und eigenem Streckenverlauf durch permanente Bildanalyse.

Arbeitsweise der Objekterkennung



ODAS liefert eine präzise Berechnung von Position, Geschwindigkeit und Bewegungsablauf von Hindernissen und eigenem Streckenverlauf durch permanente Bildanalyse

Quelle: BVB

Die Zulassung in der Schweiz und Deutschland ist abgeschlossen, in Frankreich bestehen noch Hindernisse. Anlass zur Umsetzung von ODAS war die geplante Neubeschaffung von 23 Flexity Trams mit Kosten von 91,3 Mio. CHF, wovon knapp zwei Millionen Franken auf das ODAS-System inklusive Ausrüstung für ein

Messtram entfallen wären. Die Umwelt-, Verkehrs- und Energiekommission (UVEK) des Kantons Basel Stadt hat dem Grossen am 29. Juni 2022 jedoch einstimmig beantragt, das vom Regierungsrat gewünschte Darlehen an die BVB zur Beschaffung von 23 Flexity-Trams nicht zu gewähren. Dies, weil die Herstellerfirma Alstom einen massiv höheren Preis fordert als ursprünglich vereinbart (125.4 Mio. Franken statt 91.3 Mio.) und eine von 26 auf 33 Monate verlängerte Lieferfrist in Aussicht stellte. Die UVEK beauftragte den Regierungsrat und die BVB eine Neuausschreibung vorzubereiten.

Vorgesehen war ODAS auf zehn der 23 ursprünglich bestellten Flexity-Trams einzubauen mit den Zielen:

- Schaffen einer breiteren Datenbasis für weitere Entscheidungsgrundlagen
- Erhöhung der Akzeptanz beim Fahrpersonal und im Betrieb
- Beurteilung von Instandsetzung und Instandhaltung

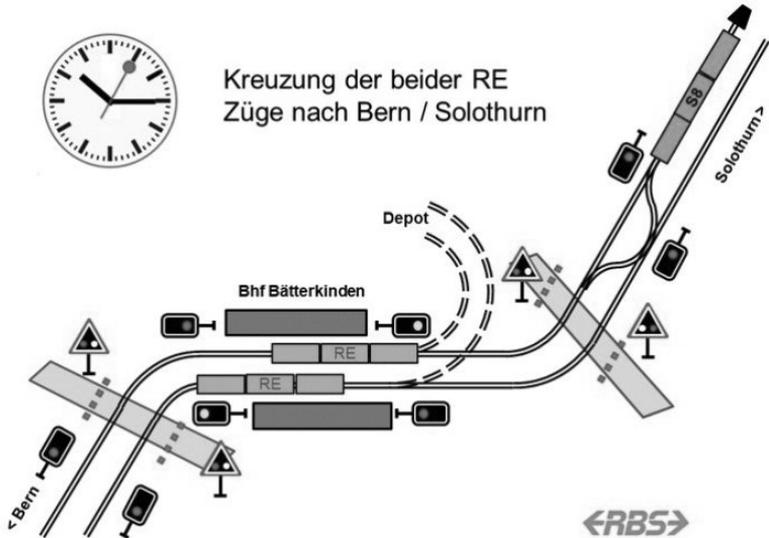
Das System wird individuell auf das Netz des jeweiligen Betriebes justiert. Ziel ist, die Anzahl der False/Positiv Meldungen zu reduzieren. True Positiv bedeutet, dass der Vorfall vom System korrekt bearbeitet wurde; False Positiv steht für eine Warnung des Systems, dem kein Vorfall zugrunde liegt. Zudem müssen die Rückmeldungen der Testfahrer ausgewertet und übertragen werden. So ist ODAS nicht geeignet für knappe Fahrten vorbei an parkenden Strassenfahrzeugen und es ist erst ab einer Fahrgeschwindigkeit von 3,6 km/h aktiv. Die Einbindung des Fahrpersonal bildet ein grundlegender Erfolgsfaktor für das Projekt – ein entsprechendes Kommunikationskonzept ist zwingend. Zudem entbindet der Einsatz von ODAS die Fahrer nicht von ihrer Verantwortung - es dient zu deren Unterstützung.

1.2 eCAB beim Regionalverkehr Bern Solothurn RBS

Die pünktlichste Bahn der Schweiz (99 Prozent der Züge kamen im Jahr 2021 fahrplangemäss an) will durch Vollautomatisierung unproduktiver Fahrten mit dem gleichen Lokomotivführerbestand mehr Verkehrsleistung erbringen. Mit der Umsetzung des Forschungsprojekts « eCAB» sollen auf dem neuen Wendegleis in Bätterkinden Züge führerlos nach GoA Level 4 ab 2025 gewendet werden.

Abbildung 4: Schematische Darstellung des ATO-Wendevorgangs in der Station Bätterkinden: Die S 6 (oben rechts) verschiebt sich nach Ankunft aus Bern führerlos ins Auszugsgleis, um die Kreuzung der beiden RE-Züge zu ermöglichen. Nach deren Abfahrt fährt sie selbständig für die Rückfahrt nach Bern ans Perron (unten).

ATO Wendegleis Bätterkinden



Quelle: RBS

Im März 2023 reichte der RBS die Unterlagen für das Plangenehmigungsverfahren für das neue Depot in Bätterkinden beim Bundesamt für Verkehr BAV respektive bei der Gemeinde Bätterkinden ein.

Abbildung 5: Zwei bis drei Jahre später steht die Vollautomatisierung von Leerfahrten in das neue Depot-5 am gleichen Standort an.



Quelle: RBS

Weitere Anwendungsfälle sind in Diskussion. Aktuell beschäftigt sich die RBS mit den Themenkreisen:

- Sicherheit / Bewilligungsfähigkeit
- Gefährdungen und Massnahmen
- Akzeptanz und gesellschaftliche Aspekte

Durch die Abwesenheit des Lokführers fehlen zwei wichtigen Funktionen auf dem Zug. Einerseits ist dies die fehlende Streckenbeobachtung und die Reaktionsfähigkeit auf unerwartete Profilverletzungen beispielsweise durch Tiere auf der Trasse. Andererseits liegt die Kontrolle über die Zugbewegungen (Fahren – Bremsen) beim ATO und diese kann fehlerhaft sein. Um Gefährdungen von Personen oder Objekten auf den Gleisen zu begegnen, sind geeignete Massnahmen zu ergreifen: reduzierte Geschwindigkeit der Kompositionen und spezifische Hinweise für die Fahrgäste auf dem Bahnsteig, Raumüberwachung bei Bahnübergängen durch Radar und Einzäunung der Gleisanlagen. Sollten Fahrgäste bei der Wendefahrt irrtümlicherweise im Zug verbleiben und im Wendegleis aussteigen wollen, ist dies durch selektive Türfreigabe zu verhindern.

Schliesslich wecken führerlose Züge negative Assoziationen, die es zu entkräften gilt:

- Sicherheit: Diese muss durch das Projekt erbracht werden
- Arbeitsplatzkiller: Der Fokus liegt auf unproduktiven Fahrten; ATO kommt dann zum Einsatz, wenn Lokpersonal entlastet, also nicht ersetzt, werden kann
- Wirtschaftlichkeit: Diese muss das Projekt aufzeigen. Erste Berechnungen zeigen, dass für den Pilot Wendegleis Bätterkinden etwa ein halbes Mannjahr eingespart wird. Das ist ein bescheidener Betrag, der keine riesigen Investitionen rechtfertigt.

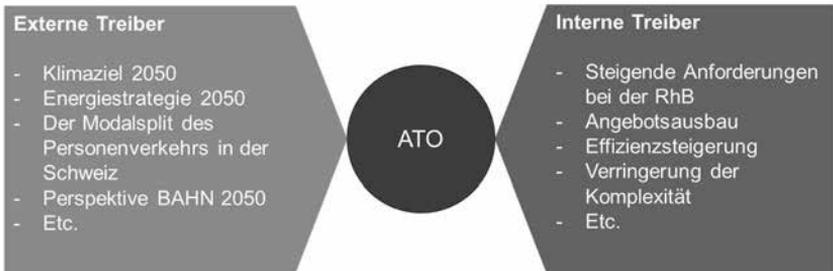
Im laufenden Jahr finden ATO Test- und Schattenfahrten im Wendegleis Bätterkinden mit Datenaufzeichnung im Hintergrund statt. Anschliessend sind vollautomatische Fahrten mit Begleitung durch Lokführer zuerst nachts und dann auch tagsüber geplant. Schliesslich stehen vollautomatische Fahrten rund um die Uhr auf dem Programm.

Aufgrund eines tragischen Unfallereignisses am 31. März 2023, bei welchem ein RBS Zug durch ein Unwetter erfasst und stark beschädigt wurde, musste wegen des daraus resultierenden Fahrzeugmangels die geplante Ausrüstung des vorgesehenen Pilotfahrzeuges mit eCAB in den Herbst 2023 verschoben werden. Dadurch verschiebt sich der eCAB Projektplan um drei bis vier Monate. Trotzdem hält der RBS am Ziel fest, noch vor Ende 2023 erste begleitete Fahrten mit einer eCAB Prototypeinrichtung durchzuführen. Parallel zur Ausrüstung des Pilotfahrzeuges wird die Sicherheitsnachweisführung vorangetrieben, welche eine Voraussetzung für eine spätere Zulassung darstellt.

1.3 ATO bei der Rhätischen Bahn RhB

Abbildung 6: Die Rhätische Bahn (RhB) hat externe und interne Treiber für den Einsatz von ATO identifiziert.

Warum brauchen wir ATO?



Quelle: RhB

Die Rhätische Bahn RhB betreibt ein Meterspur-Netz von knapp 400 Kilometer Länge, das sowohl einen S-Bahn ähnlichen Betrieb mit dem Zentrum Chur von Thusis über Landquart nach Schiers umfasst wie die Gebirgsstrecken ins Unter- und Oberengadin (Scuol und St. Moritz), über den Berninapass (2253 Meter über Meer) ins Puschlav nach Tirano, in die Surselva (Disentis) und nach Davos. Die Anforderung an das Bahnunternehmen mit einem überdurchschnittlichen Anteil von Ferienreisenden steigen laufend und stark an:

- Kürzere Umsteigezeiten
- Höhere Frequenzen und damit mehr Fahrgäste auf den Bahnsteigen
- Immer mehr Gepäck (Koffer, Wintersportgerät, Fahrräder usw.)

Zum Einhalten der Fahrpläne, sollen Zuginformationen rechtzeitig und präzise an die Fahrgäste übermittelt werden, um so die Einsteigezeiten zu verkürzen. Dazu müssen die Züge punktgenau anhalten. Automatisiertes Anhalten und Abfahren können den Lokführer dabei unterstützen. Mit dem Ausbau des netzweiten Halbstundentaktes auf den vorwiegend einspurigen Strecken wird die Fahrplangestaltung immer schwieriger. Ein gleichzeitiges Einfahren in den Bahnhöfen und Kreuzungsstellen ist heute nicht überall möglich. Daher braucht es für den effizienten Bahnbetrieb künftig mehr Automation zwischen Infrastruktur und Rollmaterial. Mit einem Tempomaten können die Fahrzeiten auf der Strecke optimiert und damit stabilisiert werden.

Die RhB erhält aktuell jeden Monat einen neuen vierteiligen Triebzug. Für diese müssen Abstellflächen bereitstehen. Diese sind mangels Platz in den Bahnhöfen

dezentral angeordnet, was Auswirkungen auf das Verstärken und Schwächen sowie das Aufrüsten der Fahrzeuge mit sich bringt. Durch automatischen Garagieren können bei diesen Prozessen personelle Ressourcen geschont werden. Die RhB sieht daher – auch angesichts des Fachkräftemangels – in ATO eine Chance, ihre Mitarbeitenden massiv zu unterstützen und die Arbeitsplätze attraktiv zu gestalten.

1.4 CBTC Projekt bei den Appenzeller Bahnen

Bereits heute existieren vollautomatisierte Bahnen in Tunnels oder auf abgeschlossenen Gleissystemen, in der Schweiz etwa die Metro Lausanne oder auf der ganzen Welt bei Dutzenden von U-Bahnsystemen. In Europa werden 15 vollautomatische Metrosysteme betrieben. Die neue Bahn auf der Linie Rheineck-Walzenhausen wird jedoch die erste «GoA4-betriebene Bahn auf offenem Feld» sein. Das neue Fahrzeug verkehrt somit als erste vollautomatisierte Überland-Adhäsions- und Zahnradbahn der Welt.

Abbildung 7: Die Eckdaten der weltweit ersten GoA4-Überlandbahn



Quelle: Appenzellerbahnen

Die Rheineck Walzenhausen Bahn (RhW) in der Ostschweiz als Teil der Appenzeller Bahnen (AB) ist die zweitkürzeste (1,96 km) und steilste Zahnradbahn (253 Promille) mit Vertikaleingriff der Schweiz mit einer aussergewöhnlichen Spurweite von 1200 mm. Auf der kurzen Strecke fährt sie ab Rheineck zuerst als Adhäsionsbahn mit 30 km/h, um dann auf dem Zahnradabschnitt bergwärts mit 20 km/h und talwärts mit 12-13 km/h zu verkehren. Sie weist zwei Tunnels und vier Brücken auf. Ziele der angestrebten Vollautomatisierung nach GoA4 sind die Verbesserung des Kostendeckungs-

grades durch Mehreinnahmen aufgrund gesteigerter Passagierzahlen bei gleichzeitiger Senkung der Betriebskosten. Weiter gehören dazu die Ausdehnung der Betriebszeiten zur Steigerung der Attraktivität und das Streichen der Taktlücken am Morgen. Eingesetzt werden soll aus Kosten- und Zulassungsgründen ein bestehendes System. Die AB betrachten die RhW als ideales Pilotprojekt für einen GoA4-Betrieb. Die Infrastruktur ist überschaubar und die tiefen Fahrgeschwindigkeiten minimieren die Risiken. Dennoch sind anspruchsvolle Herausforderungen vorhanden wie Bahnübergänge, offene Streckenabschnitte mit Wildwechsel, Brücken und Tunnels sowie die Ein- und Ausfahrt in den Zahnstangenabschnitt. Weil der Betrieb ausschliesslich unter GoA4 erfolgt, müssen keine aufwändigen und Platz beanspruchenden Führerstände eingebaut werden. Für Notfälle steht ein mobiles Fahrerpult zur Verfügung.

Das System wird durch die AB-Betriebsleitzentrale in St. Gallen überwacht. Diese kann betriebliche Massnahmen vornehmen wie beispielsweise die Kommunikation mit den Fahrgästen.

Die wichtigsten Anpassungen für den automatischen Betrieb sind:

- Ausrüstung der Strecke mit einem Zugsicherungssystem CBTC
- Einbau von Sicherheitseinrichtungen in den Stationen, an den Bahnübergängen und auf der Strecke
- Videoüberwachung von Fahrzeug, Stationen und Strecke
- Kommunikationsmöglichkeit mit Bild und Ton zwischen Fahrzeug und Leitstelle
- Bau von Abschränkungen entlang der Strecke

Es wird ein neues Zahnradfahrzeug eingesetzt mit folgenden Eckwerten:

- Fahrgeschwindigkeit in der Zahnradstrecke nach Geschwindigkeitsreihe 2 (bergwärts maximal 40 km/h, talwärts maximal 12 km/h)
- Notausstiegstüre für Evakuierung im Tunnel auf der talseitigen Stirnwand
- Hilfsführerstände für manuelle Fahrten bei Störungen, Überfahren, Testfahrten etc.

Abbildung 8: Entwurf des neuen, vollautomatisch verkehrenden Fahrzeugs der Zahnradbahn Rheineck-Walzenhausen



Quelle: Appenzellerbahnen

1.5 ATO bei weiteren Meterspurbahnen

Unter dem Dach des Verbands öffentlicher Verkehr VöV haben sich zehn Tram-, Meterspur- und Spezialbahnen zu einer Arbeitsgruppe zusammengeschlossen, um einen ATO-Branchenstandard zu schaffen. Dabei gilt der Fokus vorerst GoA 2. Als Ziel hat sich die Gruppe die Erarbeitung eines Entwurfs des Regelwerks Technik Eisenbahn RTE bis Ende 2023 gesetzt. Darin enthalten sind die Schnittstellenspezifikationen, der generische Zulassungsprozess sowie Instrumente zur Definition von Business Cases und der Risikoanalyse. Von Juli bis September 2023 finden Testfahrten auf der Strecke der Rhätischen Bahn im Prättigau (zwischen Landquart und Klosters) statt zur Verifizierung der Standards. Aufschlussreich war im Jahre 2021 eine Umfrage bei den teilnehmenden Bahnen bezüglich der Priorisierung des Nutzens. Höchste Priorität erhielten die Parameter Stabilerer Fahrplan und verbesserte Pünktlichkeit, Sicherheit im Manöverbereich und Eliminierung «menschlichen Versagens».

Abbildung 9: Motivation, Ziele, Vorgehen und Ablaufplan der Meterspur-Arbeitsgruppe VöV ATO

Die Meterspurbahnen organisieren sich.



Quelle: VöV

2 Normalspur

2.1 Schweizerische Südostbahn (SOB)

Die Bodensee-Toggenburg-Bahn – eine der Vorläuferinnen der heutigen Schweizerischen Südostbahn (SOB) – setzte bereits 1965 pionierhaft einem Vororts-Pendelzug eine Fahr-Bremsautomatik im fahrplanmässigen Betrieb ein. Dabei wurde eine punktförmige Informationsübertragung Gleis/Triebfahrzeug durch Dauermagnete im Gleis eingesetzt. Die SOB selbst war eine bedeutende Treiberin im Branchenprogramm smartrail 4.0 zur Automatisierung des Bahnbetriebs in der Schweiz. Seit dem Abbruch vor drei Jahren nützen sie Knowhow und Fachkräfte weiter, um das Thema ATO im Perimeter ihres Streckennetzes voranzubringen. Ihr geht es aktuell um halbautomatisiertes Fahren auf der Stufe GoA 2, wo nach wie vor Lokpersonal die sichere Führung des Zuges verantwortet, aber eine Reihe von Aufgaben vom System teilweise oder ganz ausgeführt werden: Zugsteuerung, Zug fahren/anhalten. Beim aktuellen SOB-Piloten geschieht die Freigabe der Abfahrt noch durch den Lokführer und dieser bedient ebenfalls die Türen. Bei Störungen übernimmt nach wie vor das Lokpersonal die Fahrzeugsteuerung. Die weitere Umsetzung erfolgt in drei Schritten:

- A: Test der Grundfunktionen nachts
- B: Nichtkommerzieller Mischverkehr
- C: Kommerzielle Betriebserprobung mit ATO auf einer S-Bahn-Linie

Abbildung 11: Zehn RABe 526 «Flirt» der SOB sind bereits mit ATO-Rechnern ausgerüstet.



Quelle: SOB

2.2 SBB: ADL für Lokführer, FAST und ferngesteuerter Rangierbetrieb

Selbstfahrende Fahrzeuge haben bei der SBB gemäss Anfrage beim Leiter Kommunikation und Chefredaktor Newsroom der SBB AG, Jürg Grob, aktuell keine Priorität. «Die SBB fokussiert sich auf das Kerngeschäft, d.h. auf ein sicheres, pünktliches und sauberes Angebot.

Die SBB ist über die vom Bundesamt für Verkehr (BAV) beauftragte Begleitung der internationalen Standardisierungen mit den europäischen Bahnen zu den verschiedenen Fahrassistenz- und ATO-Projekten in Kontakt und wird über entsprechende Vorhaben periodisch informiert.

Für die Standardisierung werden detaillierte, belastbare Informationen über Grundlagen von der Industrie benötigt. Diese Informationen werden diskriminierungsfrei und Unternehmensneutral mittels RFI (Request for Information) «Informationsanfrage an die Industrie» beschafft.»

2.2.1 Adaptive Lenkung

Den grössten Kundennutzen sieht die SBB derzeit in der Weiterentwicklung des bestehenden Fahrassistenzsystems (ADL). ADL ermöglicht die «grüne Welle» für Züge: Das System errechnet für jeden Zug ein energieoptimiertes Fahrprofil und empfiehlt dem Lokpersonal die optimale Geschwindigkeit, damit dieses ungeplante Stopps vor Haltesignalen und energieintensives Wiederauffahren möglichst vermeiden kann. Die Züge fahren so flüssiger, energieeffizienter und materialschonender. So sollen dem Lokführer noch präzisere Angaben für eine zeitlich optimale Fahrt bei gleichzeitig minimalem Energiebedarf zu Verfügung stehen.

2.2.2 Optimiertes Fahrprofil vPRO

Für eine weitere Verbesserung von ADL mussten zuerst die Informationen zwischen Lokpersonal, Betrieb und Fahrplan harmonisiert werden. Dies bringt seit 2020 das optimierte Fahrprofil vPRO. Kurz vor der Abfahrt wird für jeden Personenzug mit den aktuell verfügbaren Daten ein energieoptimiertes und fahrdynamisch korrektes Fahrprofil gerechnet. Erstmals verwenden Lokpersonal, Fahrplan und Betrieb die gleichen Informationen.

2.2.3 Einführung Pünktlichkeitsanzeige

Die Pünktlichkeitsanzeige ist eine Erweiterung zu vPRO und wurde im April 2023 ausgerollt. Mit der Pünktlichkeitsanzeige erhält das Lokpersonal auf einen Blick eine Übersicht über die Pünktlichkeit gegenüber den vPRO-Zeiten. Dabei wird die sekundengenaue Anzeige bei der Befahrung eines Hauptsignals aktualisiert. (Quelle: SBB Medienmeldung vom 29.06.2023)

2.2.4 FAST als europäisches Testprogramm

Mit dem Projekt FAST (Full Automation Specification Testing) verifiziert die SBB Infrastruktur die entstehenden europäischen Spezifikationen für einen vollautomatischen Zugbetrieb. Mit der frühzeitigen Spezifikations- und Technologieerprobung in Abstellanlagen und bei Fahrten ohne Passagiere sind die Auswirkungen auf den CH spezifischen Bahnbetrieb sowie der Einfluss auf die Organisation und das Personal zu untersuchen. Anschliessend werden die Befunde in die anstehenden Spezifikationen bzw. Normierungen eingebracht werden. Damit schafft die SBB, gemeinsam mit den Europäischen Bahnen, validierte Grundlagen für eine wirtschaftliche Umsetzung sowie eine moderne und attraktive Arbeitsumgebung für die Bahn der Zukunft geschaffen werden.

Die Schweizer Bahnen resp. die entsprechenden Eisenbahn Verkehrsunternehmungen (Personenverkehr, Cargo, Infrastruktur) definieren für sich, ob, wann und mit welchem Funktionsumfang eine Umsetzung in ihren jeweiligen Geschäftsbereich wirtschaftlich und sinnvoll ist. Gleichzeitig wird mit der Verifikation sichergestellt, dass auch die weiteren Entwicklungen wie TMS Traffic

Management System etc. nachhaltig und zukunftsweisend vorgenommen werden.» (Auskunft der Medienstelle SBB AG vom 13. Juni 2023).

2.2.5 Ferngesteuerter Rangierbetrieb

Die SBB suchen aktuell ein Testfahrzeug, das sich fernsteuern und zwischen November 2023 und Februar 2024 mietweise testen lässt. In der im Frühjahr 2022 publizierten Ausschreibung geht es um die Demonstration eines ferngesteuerten Rangierbetriebs durch Lokpersonal. Dieses soll Rangierfahrten aus einer Zentrale über das öffentliche 4G- oder 5G-Netz während dreissig Tagen fernsteuern. (Inside-IT.ch, 1.4.2022, 11:15 Uhr)

3 ATO aus Sicht der Lokomotivführer

Von Seiten des Verbands Schweizer Lokomotivführer und Anwärter VSLF mit über 2600 Mitgliedern besteht eine grosse Skepsis bezüglich des Nutzens und der Wirtschaftlichkeit von ATO. Er sieht bei GoA2 kein Potenzial für Personaleinsparungen und fragt sich, mit welchem Berufsbild in Zukunft Lokpersonal rekrutiert werden soll. Ohne konkrete Zukunftsoptionen und einer umfassenden Wirtschaftlichkeitsbetrachtung sind digitale Automationen ohne direkte Einsparungen nicht zu rechtfertigen.

Der VSLF steht für eine Integrale Bahnproduktion mit synchroner Information zwischen Fahrplan, Lokpersonal und Betriebsleitzentrale ein, dem optimierten Fahrprofil vPRO. Dieses seit 2020 angewendete Tool habe die Ziele von ERTMS bereits erreicht: Interoperabilität, tiefere Kosten, höhere Sicherheit, höhere Verfügbarkeit, höhere Kapazität und beherrschbare Technik. Für den Regelbetrieb ist eine Pünktlichkeitsanzeige im laufenden Jahr vorgesehen; für kurzfristige Konfliktlösungen ist eine optimierte Adaptive Lenkung ab 2025 geplant.

4 Fazit

Aus der Fülle der Referate des Informationsanlasses der «Bahnjournalisten Schweiz – Medienschaffende des öffentlichen Verkehrs» vom 7. November 2022 in St. Gallen und den Inputs der «Marktplätze» zog Co-Organisator Peider Trippi folgende Schlüsse:

- ATO GoA 2 (mit Lokführer) wird eingeführt zur Entlastung im dichten Verkehr. In den Randstunden bleibt es beim konventionellen Fahren. Damit bleiben die Lokführer-Befähigungen erhalten und die menschliche Aktivierung bewegt sich im optimalen Bereich.
- ATO GoA 2 (mit Lokführer) zeigt mehr qualitativen Nutzen (Fahrplanstabilität u.a.), der quantitative Nutzen (Wirtschaftlichkeit) ist und bleibt vorerst offen. Der heute hohe Sicherheitsstandard wird jedoch nur bedingt verbessert.
- Eine optische Hinderniserkennung ist komplex und nicht die perfekte Lösung Sie kann und wird aber die Aufprallgeschwindigkeiten vermindern und dadurch die Schwere der Unfälle reduzieren.
- ATO GoA 4 für «unproduktive» Wendegleisfahrten, Leerfahrten sowie Depot-Ein-und-Ausfahrten sind die zukunftsträchtigsten Anwendungen: Der Lokführer kann so anderweitig und für anspruchsvolle Aufgaben eingesetzt werden.

Abbildung 12: Zusammenfassendes Fazit aus Sicht des RBS zu ATO

| | Technisch betriebliche Machbarkeit | Sicherheit / Bewilligungsfähigkeit | Akzeptanz (Personal, Gesellschaft) | Wirtschaftlichkeit |
|---------------------|---|---|---|---|
| GoA2 mit Fahrgästen |  |  Konflikte ATO-Lf im Führerstand |  Lf als Sklave ATO |  hoher Aufwand kleiner Nutzen |
| GoA4 ohne Fahrgäste |  |  Dank ZSL 90 |  Entlastung Lf Kein Angriff auf Job |  kleiner bis mittlerer Aufwand und Nutzen |
| GoA4 mit Fahrgästen |  |  Heikle Themen, z.B. Evakuierung in Tunnels Bahnsteigtüren |  Personal: Jobkiller Gesellschaft: Sicherheitsgefühl |  Hoher Aufwand Hoher Nutzen |

Quelle: RBS Regionalverkehr Bern Solothurn

«Wann fährt der erste Zug auf einer Vollbahn in Europa ganz autonom?» wollte das Fachmagazin Rail Business in seiner Ausgabe vom 3. April 2023 von Karsten Lemmer, Vorstand «Innovation, Transfer und wissenschaftliche Infrastrukturen» des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt (DLR) über Zulassung und Sicherheit bei autonom fahrenden Zügen wissen: «In 10, 20 vielleicht aber auch 30 Jahren. Eine konkrete Prognose ist schwierig, selbst das Thema ECTS gibt es schon seit deutlich über 20 Jahren. Neben der technologischen Entwicklung sind schliesslich auch Fragen der Zulassung und konkrete Umsetzungsprojekte zu klären. Es wird in jedem Fall ein Annäherungsprozess sein, und wir werden

vermutlich Zwischenpremierer feiern: hoch automatisierte Wendemanöver, voll automatisierte Rangierlokomotiven, Remote Steuerung, die erste vollautomatisierte Regionallinie etc. Von Reallaboren über seriennahe Demonstrationen werden wir uns kontinuierlich in die Richtung hoch automatisierter Züge bewegen.»

Anhang I

Erfahrungen aus smartrail 4.0 im Einsatz bei der S-Bahn Hamburg

Im Jahr 2020 wurden im Rahmen von smartrail 4.0 (ATO2Basic Phase2 GoA2) am Genfersee Tests mit einem Flirt und der Software von Siemens durchgeführt. Sie betrafen die erreichbare Haltegenauigkeit, potenzielle Energieeinsparungen und den realisierbaren Fahrzeitgewinn. Dabei wurde erstmals die Standardarchitektur von ATO GoA2 in der Realität umgesetzt. Die Tests haben eindrücklich gezeigt, was mit dieser Standartarchitektur erreichbar ist. Zusammengefasst ergaben sich folgende Ergebnisse:

- Das von der Industrie prognostizierte Energiesparpotenzial wurde in Einzelmessungen bestätigt
- ATO kann im Bedarfsfall eng an den definierten Systemgrenzen fahren

Mit ATO GoA2 kann ein Beitrag zur präzisen Fahrzeugsteuerung und damit zur Optimierung des Bahnbetriebs auf Pünktlichkeit und Knotenkapazität erzielt werden.

Erkenntnisse aus den Tests konnte Siemens unter anderen auch auf den Testbetrieb der Hamburger S-Bahn übertragen. (Quelle: Siemens Mobility). Die Digitale S-Bahn Hamburg verkehrt seit September 2022 täglich im automatischen Regelbetrieb mit vier Zügen auf der Linie S21. Vollautomatisch, also führerlos, bewegt sich eine Komposition am Ende der Strecke in Bergedorf nach Ausstieg der Fahrgäste in das Kehrgleis, wendet und wird am gegenüberliegenden Bahnsteig zum Einstieg der Passagiere bereitgestellt. (Quelle: bahn manager 2/23)

Abbildung 13: Auf der S-Bahn Hamburg verkehren vier Züge unter ATO GoA2



Foto: DB

Abbildung 14: Die Teststrecke im Raum Hamburg



Quelle: Siemens Mobility

Abbildung 15: Mit der Einführung des hochautomatisierten Fahrens wird eine deutliche Leistungssteigerung erreicht.



Quelle: Siemens Mobility

Projekt «UBahn100»

Im gleitenden Raumabstand per GoA2 und im 100-Sekunden-Takt zu fahren, ist das Ziel eines weiteren Projekts der Hamburger Hochbahn. „UBahn100“ ist damit eine Premiere in Deutschland. Auf einer Teststrecke zwischen Farmsen und Berne demonstrierte die Hochbahn am 09.06.2023 gemeinsam mit Vertretern von Siemens Mobility und Alstom, dass die CBTC-Lösung («Moving Block») funktioniert. Die Hochbahn will ihre Kapazität auf den Abschnitten um 50 Prozent steigern und parallel den Energieverbrauch um mindestens 20 Prozent senken. Die Fahrten auf der Teststrecke zeigen, dass diese Ziele zu erreichen sind. Das Verkehrsunternehmen plant, die Lösung auf die U4 und Teile der U2 auszurollen – und zwar bis Ende 2026. Geliefert wird die CBTC-Lösung von Siemens Mobility. Verbaut wird sie in die DT5-Züge der Hochbahn von Alstom. Darüber hinaus läuft in der Hansestadt das Projekt U5, wo U-Bahnen per GoA4 verkehren sollen. (Quelle: Rail Business, 9.6.2023 und 26.6.2023)

Anhang II

Blick über die Grenzen

Dänemark: Den grundsätzlichen Beschluss für einen ATO-Betrieb hat die dänische Regierung 2017 gefasst. Nun hat das Parlament im Mai 2023 der DSB die Genehmigung erteilt, neue Fahrzeuge für die S-Bahn Kopenhagen zu bestellen und ab 2028 erste Prototypen für einen Testbetrieb nach GoA4 – also ohne Fahrer – einzuführen. Dies wird auf der einzigen S-Bahnlinie geschehen, die nicht durch die stark frequentierte Kernstrecke Kopenhagens führt (Rail Business, 5.5.2023)

Frankreich: Die SNCF verfolgt ein Projekt zur Erschließung von ländlichen Gebieten durch häufig verkehrende, kleine fahrerlose Fahrzeuge für bis zu 80 Personen unter dem Begriff «Draisy». Das besonders leichte, batteriebetriebene Fahrzeug soll mit Technologien aus der Automobilindustrie ausgerüstet sein und 2015 in den Testbetrieb gehen.

Abbildung 16: Draisy von Lohr Industries soll den ruralen Raum auf der Schiene erschliessen.



Quelle: Lohr Industries

Ein Projekt der SNCF heisst Flexy, das nur über 14 Sitze verfügt und sowohl auf der Schiene wie der Strasse verkehren kann. Als Lösung für die «letzte Meile» sollen mit Flexy Reisende an der Haustür abgeholt und bis zum nächsten Bahnknoten befördert werden. Der Testbetrieb ist für 2024 geplant. (Quelle: bahnmagazin 2/23, S. 58 ff)

Literatur und Links

Dällenbach R., Metz K., Nolte J., Züger G., Schweizer Projekte und Piloten zur Automation im Führerstand, El Der Eisenbahn Ingenieur, Hamburg, Nr. 8/19, August 2019

Metz K., Modernisierung des Bahnsystems durch neue Technologien – Die Bahn der Zukunft im Griff mit «smartrail 4.0», Schweizer Jahrbuch für Verkehr 2020, S. 103-118, Universität St. Gallen, September 2020

Nolte J. und Team ATO, ATO2Basic Phase 2 Abschlussbericht, 1.12. 2020

Pannecoucke L., Dällenbach R., Effects of automatic train operation on regional train drivers, IRSE News, March 2021

Referate und Marktinputs des Informationstags der «Bahnjournalisten Schweiz - Medienschaffende des öffentlichen Verkehrs» in St. Gallen, 7. November 2022, «Die Zukunft der Bahnautomation ATO – wie und wann?», <https://bit.ly/3WLdeBj>

Optimiertes Fahrprofil bei SBB und BLS:

<https://bahninfrastruktur.sbb.ch/de/digitale-bahn/optimiertes-fahrprofil-vpro.html>

Draisy by Lohr Industries: <https://www.lohr.fr/catalogue/draisy/>

Flexy von SNCF: <https://www.sncf.com/fr/innovation-developpement/innovation-recherche/mobilite-pour-tous-dans-les-territoires>