

Smartrail 4.0: Sanft auf dem Weg zur Automation im Führerstand

Smartrail 4.0: our steps towards automation

Ivo N. Abrach | Kurt Metz | Hans Jakob Schneider

Die Eisenbahn steht vor großen Herausforderungen. Die Nachfrage steigt und Ansprüche an Zuverlässigkeit und Pünktlichkeit nehmen zu. Die Infrastruktur erreicht ihre Grenzen. Die zur Verfügung stehenden Mittel genügen kaum, um die Bedürfnisse zu decken. Autonome Straßenfahrzeuge rollen an und werden den Schienenverkehr ergänzen oder ersetzen. Kürzere Reisezeiten, individualisierte Routen und der Kostendruck zwingen die Bahnen, ihre Prozesse zu hinterfragen. Die Digitalisierung ermöglicht dazu neue Lösungen. Diese gilt es rasch und innovativ umzusetzen. Mit smartrail 4.0 stellen sich Schweizer Bahnen neu auf.

1 Die Ausgangslage

Die Prognose des Schweizer Bundesamts für Raumentwicklung für den öffentlichen Verkehr rechnet mit einer Nachfragesteigerung von rund 50 % innerhalb der nächsten 30 Jahre [1]. Um mit dieser Entwicklung Schritt zu halten, hat das Schweizer Stimmvolk 2014 dem Programm FABI (Finanzierung und Ausbau der Bahninfrastruktur) zugestimmt und das Parlament für den ersten Ausbauschritt bis 2025 6,4 Mrd. CHF bewilligt. Für die folgende Periode bis 2035 stehen aktuell 11,5 Mrd. CHF zur Debatte [2]. Diese positive Grundhaltung gegenüber dem öffentlichen Verkehrssystem darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass sich mit dem vermehrten Aufkommen von Elektrofahrzeugen und der Einführung autonomer Straßenfahrzeuge im Individualverkehr eine völlig neue Situation ergibt. Dabei wird das finanzielle Einsparpotenzial auf der Straße groß und dadurch der Druck auf die Wettbewerbsfähigkeit der Schiene massiv erhöht. Will die Bahnbranche ihre heutige Bedeutung erhalten oder gar ausbauen, so ist sie gefordert, ihre Produktionsprozesse grundlegend zu überdenken und voraussehbare Gegebenheiten anzupassen (Bild 1). In der Schweiz sind die Stärken des Hochgeschwindigkeitsschienenverkehrs angesichts der kurzen Distanzen und der Topografie nur unbedeutend. Hingegen bilden die Überlastsituationen in den Ballungsräumen Möglichkeiten für frequenz- und kapazitätsstarke S-Bahnnetze.

2 Die Lösungsansätze

Mit dem Programm smartrail 4.0 entwirft die Schweizer Bahnbranche eine Gesamtarchitektur für die Erschließung des Automatisierungs- und Optimierungspotenzials in den Bereichen Stellwerke, Leittechnik, Außenanlagen, Datenfunk und Traffic Management System (TMS). Zusätzlich werden neue technologische Entwicklungen integriert (Lokalisierung und Automatic Train Operation, ATO). In der bis Ende 2019 laufenden Projektierungsphase prüft das smartrail 4.0-Team die Systeme und neuen Technologiemög-

The railways are facing major challenges. Demand is rising and expectations are increasing in terms of reliability and punctuality. The infrastructure is fast reaching its limits. The available resources are barely sufficient to meet these needs. Autonomous road vehicles are being rolled out and will eventually supplement or replace rail transport, while shorter travel times, individualised routes and cost pressures are forcing railways to question their processes. Digitisation enables new solutions for this purpose. This must be implemented quickly and innovatively. Swiss railway companies are repositioning themselves with smartrail 4.0.

1 The starting position

The Swiss Federal Office for Spatial Development forecasts an increase in demand for public transport of around 50 % within the next 30 years [1]. In order to keep pace with this development, the Swiss electorate approved the FERI program (a project to fund and expand the rail infrastructure) in 2014 and parliament has approved 6.4 billion CHF for the first stage of expansion by 2025. A total of 11.5 billion CHF is currently up for debate for the subsequent period up to 2035 [2]. However, this positive attitude towards the public transport system must not obscure the fact that the increased use of electric vehicles and the introduction of autonomous road vehicles in private transport is creating a completely new situation. The potential financial savings on the roads are huge and the pressure on the competitiveness of the railways has increased massively. If the rail industry wants to maintain or even expand its current significance, it must fundamentally rethink its production processes and adapt them to the foreseeable circumstances (fig. 1). The strengths of high-speed rail transport in Switzerland are insignificant due to the short travel distances and the topography. On the other hand, congestion situations in urban areas have created opportunities for S-Bahn networks with high frequencies and high capacity.

2 The solutions

With the smartrail 4.0 program, the Swiss railway industry is designing an overall architecture to enable it to tap into the automation and optimisation potential of interlocking systems, control technology, external installations, telecommunications and traffic management systems. In addition, new technological developments will also be integrated (localisation and automatic train operation). The smartrail 4.0 team is reviewing the systems and new technology options in terms of their functionality and approval capability as part of the ongoing project planning

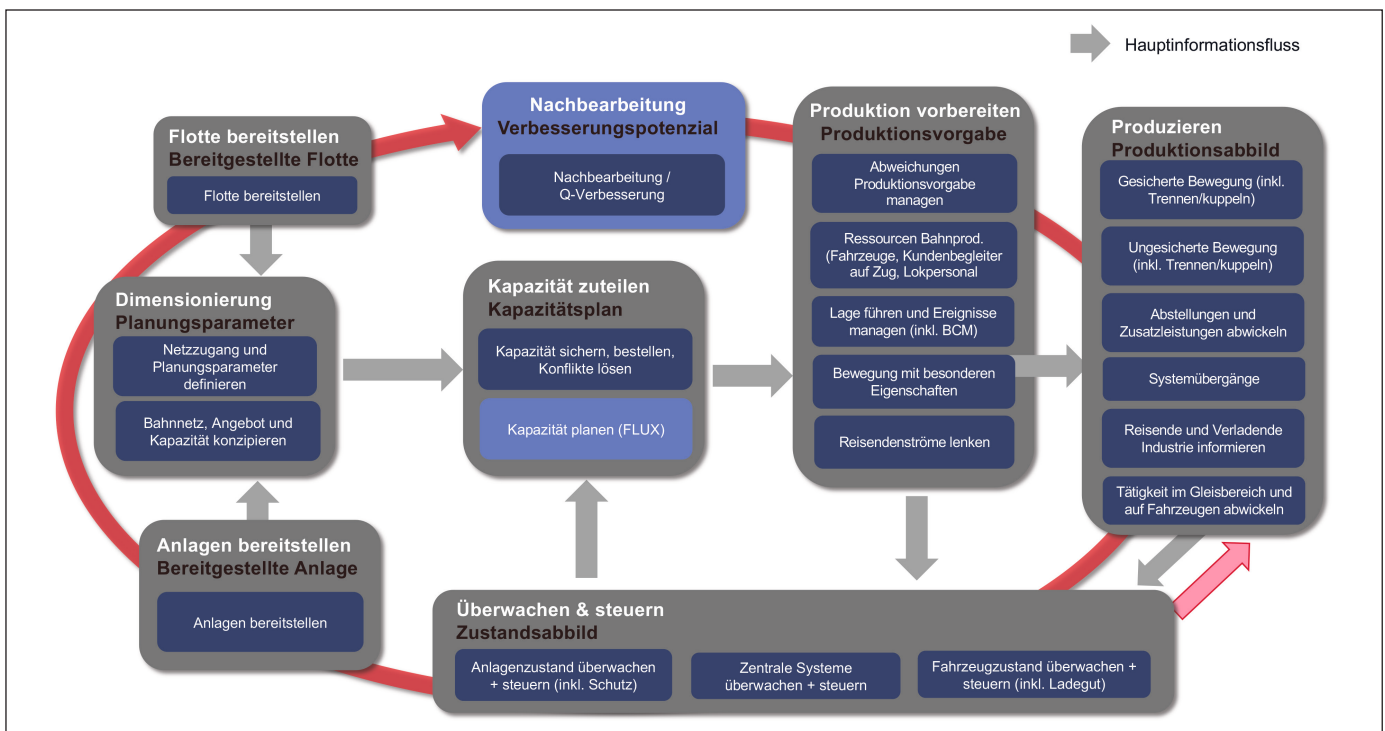


Bild 1: Funktionalitäten nach Bahnprozessen („Cluster“)

Fig. 1: Functionalities according to the railway processes ("cluster")

lichkeiten hinsichtlich ihrer Funktions- und Zulassungsfähigkeit. Auf Pilotanlagen werden diese anschließend in Feldtests erprobt, damit ab 2027 der industrielle Rollout erfolgen kann [3].

Smartrail 4.0 ist das gemeinsame Programm der drei größten Normalspurbahnen SBB, BLS und SOB, der RhB und dem Verband öffentlicher Verkehr. Weitere Bahnunternehmen sind über die VöV-Gremien in die Arbeiten integriert [4].

Zudem ist die internationale Zusammenarbeit wichtig, damit keine Schweizer Insellösung entsteht. Eine gemeinsame Architektur großer europäischer Bahnen wird angestrebt, um einen kompetitiven Markt für innovative Komponenten und Systeme zu schaffen und europäische Normen gemeinsam weiterzuentwickeln. Kooperationen zu spezifischen smartrail 4.0-Themen wie Gesamtarchitektur, Traffic Management System und Lokalisierung bestehen oder sind in Erarbeitung. Partnerbahnen wie die DB, SNCF und ÖBB haben ebenfalls vergleichbare Programme gestartet.

3 Die Ziele

Smartrail 4.0 versteht sich sowohl als Effizienzsteigerungs- wie als Innovationsprogramm: Durch eine weitgehende Digitalisierung und Automatisierung im Kern der Bahnproduktion – und den damit verbundenen Möglichkeiten der Kostenreduzierung – sollen die Leistungsfähigkeit des Bahnsystems und damit insbesondere die Wettbewerbsfähigkeit gegenüber der Straße gesteigert werden. Dabei sollen Qualität und Sicherheit des Bahnsystems sehr hoch bleiben respektive noch erhöht werden.

Stark belastete (Einspur-) Strecken mit S-Bahnbetrieb, überlagerter Regional- und Interregioverkehr sind bereits an ihre Kapazitätsgrenzen gelangt. Um den Bau von teuren und aufwendigen Ausbauten zur Steigerung der Kapazitäten (z.B. Doppelspurabschnitte) zu vermeiden, sollen Fahrzeitverkürzungen und die Optimierung von Zugkreuzungen mittels Automatisierung des Fahrens und besserer disponierbarer Einsatz der Fahrzeuge zu wesentlichen Leistungs-

phase, which will run until the end of 2019. These will then be tested in pilot projects in field tests so that the industrial rollout can begin in 2027 [3].

Smartrail 4.0 is a joint program of the three largest standard gauge railways, SBB, BLS and SOB, the RhB and the Association of Public Transport (VöV). Other railway companies are also involved in the work via the VöV committees [4].

In addition, international cooperation is also important to ensure that no stand-alone Swiss solution is created. The aim is to create a common architecture for major European railways so as to create a competitive market for innovative components and systems and to further jointly develop European standards. Cooperation on specific smartrail 4.0 topics such as the overall architecture, the traffic management systems and localisation has been put in place or is currently under development. Comparable programs with partner railways such as DB, SNCF and ÖBB have also been launched.

3 The goals

Smartrail 4.0 sees itself as an efficiency-enhancing, innovative program: the performance of the railway system and, in particular, its competitiveness against road transportation should be increased by means of extensive digitisation and automation at the core of railway production (along with the associated opportunities for cost reductions). At the same time, the quality and safety of the railway system should remain very high or even be boosted.

Heavily loaded (single-track) routes with S-Bahn operations and superimposed regional and interregional traffic have already reached their capacity limits. In order to avoid the construction of expensive and complex extensions to increase capacities (i.e. double-track sections), travel time reductions and the optimisation of train crossings achieved through the automation of travel

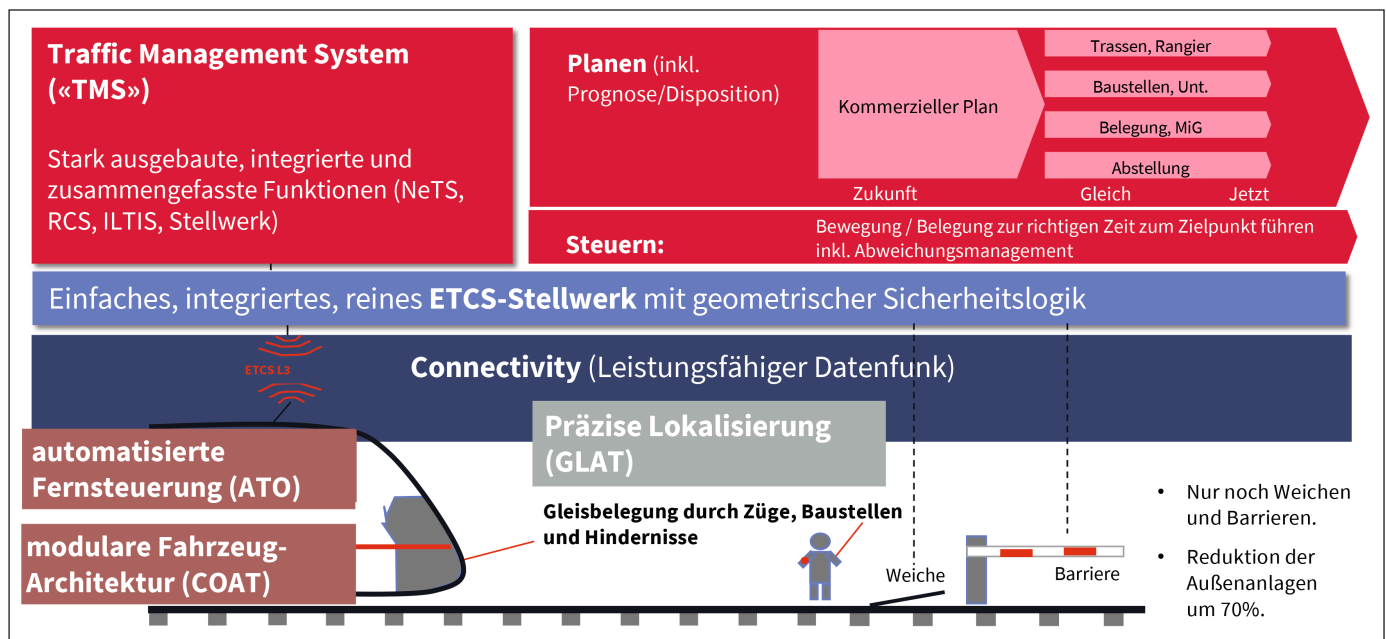


Bild 2: Smartrail 4.0-Systemarchitektur

Fig. 2: Smartrail 4.0 system architecture

und Produktionsgewinnen führen. Das Angebot soll so durch den Einsatz smarter Digitalisierung statt durch teure Infrastrukturbauten erweitert werden. Dazu gehören beispielsweise Kurzwenden und Reduktion der Fahrzeitreserven, ohne dass dabei die Pünktlichkeit und Verfügbarkeit leiden. So sollen Fahrvarianzen von Lokomotivführern vermindert und zusammen mit einer automatisierten, präzise prognosegesteuerten Disposition systemübergreifend ein kapazitätsorientiertes Trassenmanagement ermöglichen.

Die formulierten strategischen Ziele von smartrail 4.0 sind:

- Reduktion der jährlichen Gesamtsystemkosten in der Bahnproduktion (allein bei SBB für Infrastruktur und Fahrzeuge werden mit rund 450 Mio. CHF gerechnet)
- Erhöhung der Trassenkapazität um 15 % bis 30 %
- Erhöhung der Verfügbarkeit der Infrastruktur
- Erhöhung der Sicherheit insbesondere beim Rangieren und auf Baustellen

Smartrail 4.0 hat die Ambition, eine substanzielle Verbesserung im Kern der Bahnproduktion zu erreichen. Zur Bahnproduktion zählen alle Ressourcen, Systeme und Abläufe für die Planung und sichere Ausführung von Bewegungen auf der Bahninfrastruktur. Auf der vorhandenen Gleisinfrastruktur soll mehr Kapazität bereitgestellt werden. Das schließt die Vorbereitung / Bereitstellung der Züge ein. Im Weiteren sind Bewegungen und Belegungen im Gleis (Züge, Menschen, Baustellen etc.) zu planen (Fahrplan, Produktionspläne, Arbeitsvorbereitung etc.) und sicher zu steuern (BZ, Disposition, Zuglenkung, Stellwerke, Störungen etc.).

4 Intelligenz aufs Fahrzeug

Spurgeführte Transportsysteme sind prädestiniert für automatisiertes Fahren. Grundvoraussetzung dazu sind schnelle und leistungsfähige Kommunikationskanäle zwischen den festen „Stellwerken“ und den sich bewegenden Fahrzeugen sowie unter diesen selbst.

Smartrail 4.0 entwickelt die Fähigkeit, entsprechend ausgerüstete Züge im Automatisierungsgrad 2 (GoA2) steuern zu können. Dies ist nebst den beweglichen Blockabschnitten (ETCS Level 3) eine Voraussetzung zur Erhöhung der Streckenkapazität dank dichter

and improved vehicle scheduling should lead to significant performance and production gains. The service is therefore to be extended through the use of smart digitisation instead of expensive infrastructure construction. This means, for example, short turnarounds and a reduction in travel time reserves without compromising punctuality and availability. The aim is to reduce the number of locomotive driver variants and to enable capacity-oriented route management across all the systems with the help of automated and precise forecast-controlled dispatching. The strategic goals for smartrail 4.0 are:

- to reduce the overall annual system costs in rail production (SBB alone expects to spend around 450 million CHF on infrastructure and rolling stock)
- to increase the route capacity by 15 % to 30 %
- to increase the availability of the infrastructure
- to enhance safety, especially during shunting and on construction sites

Smartrail 4.0 has the ambition of achieving a substantial improvement at the core of railway production. Railway production includes all resources, systems and processes for planning and safely executing the railway infrastructure operations. More capacity is to be provided on the existing track infrastructure. This includes the preparation/provision of trains. Furthermore, movements and allocations on the tracks (trains, people, construction sites, etc.) are to be planned (the timetable, production plans, work preparation, etc.) and safely controlled (FC, dispatching, train control, signal boxes, incidents, etc.).

4 Vehicle intelligence

Track-guided transport systems are ideal for automated driving. The basic precondition for this is the fast and efficient communication channels between the fixed “interlocking” and the moving vehicles as well as between the vehicles themselves. Smartrail 4.0 develops the ability to control appropriately equipped trains in automation grade 2 (GoA2). In addition to

terer Zugfolge. Die Züge können so feiner und flexibler gelenkt werden, wodurch unplanmäßige Halte im Normalfall vermieden werden. Die Berechnungslogik im TMS-ATO kann bereits vor dem Rollout der Fahrzeugausrüstung für GoA2 einen Teil ihrer Wirkung entfalten. Im GoA1 wird der Lokführer mit dem Fahrassistenzsystem ADL 4.0 zusätzliche Informationen zur Umsetzung der optimalen Fahrstrategie auf seinem Endgerät (z.B. Tablet) angezeigt erhalten. Mit der Vorstufe von ADL 4.0, ADL eco 2.0, wurden im Herbst 2018 bereits erfolgreich erste Betriebstests durchgeführt. Dabei erhält der Lokführer eine statische Geschwindigkeitsempfehlung, welche tiefer ist als die Streckenhöchstgeschwindigkeit. Bei pünktlichem Verkehr kann so der Energieverbrauch beachtlich reduziert werden.

Bei smartrail 4.0 steht im Bereich der Fahrzeugausrüstung neben der Entwicklung der Fähigkeiten auch die Koordination der strecken- und fahrzeugseitigen Migration im Vordergrund. Dabei ist die durchgehende Kompatibilität der benötigten Technologien und Ausrüstungen von zentraler Bedeutung. Durch die neuen Fähigkeiten der Fahrzeuge, die künftig eingesetzten Technologien sowie auch die geänderten Zulassungsprozesse ergeben sich Veränderungen im Arbeitsalltag. Beispielsweise steigt durch die Integration verschiedener Fähigkeiten mittels Applikationen (Apps) die Menge an Software, was bei den Eisenbahnverkehrsunternehmen (EVU) und ihren Mitarbeitenden entsprechende Fähigkeiten beim Umgang mit diesen Systemen voraussetzt.

5 Die Automatic Train Operation (ATO)

Basierend auf einem integrierten System von Zugbeeinflussung und automatischem Fahrsystem bewährt sich ein (voll)automatisierter Betrieb in U-Bahnen und abgeschlossenen Bahnsystemen seit Jahrzehnten. Diese Systeme lassen sich jedoch nicht uneingeschränkt für die heutigen Normal- und Schmalspurbahnen mit unterschiedlichen Zugbeeinflussungssystemen wie ZBMS, ZUB und ETCS (L1LS, L1FS, L2...) und dem diskriminierungsfreien Zugang von Eisenbahnunternehmen auf den verschiedenen Infrastrukturen anwenden. Um dennoch ein je nach Bedarf zeit- und/oder energieoptimiertes Fahrprofil zu berechnen, umzusetzen und länderübergreifend (interoperabel) anzuwenden, wird derzeit auf europäischer Ebene angestrebt, alle Schnittstellen eines ATO-Systems zu standardisieren.

Der Automatisierungsgrad bei ATO wird durch den «Grade of Automation» (GoA) definiert:

- GoA0: Die gesamte Verantwortung liegt in den Händen des Lokführers; es ist keine Zugsicherung vorhanden.
- GoA1: Der Lokführer wird an unsicheren Handlungen gehindert (z.B. das Überfahren eines Signals wird durch eine Zugsicherung geschützt); gleichzeitig werden ihm Geschwindigkeitsempfehlungen für das optimale Führen des Zuges übermittelt und angezeigt.
- GoA2: Der Lokführer bleibt verantwortlich; während der Fahrt übernimmt aber ein System die Geschwindigkeitssteuerung und optional im Bahnhof die Türsteuerung.
- GoA3: Es ist keine Person mehr im Führerstand; die Passagiere werden durch den Zugbegleiter betreut. Die meisten Prozesse sind automatisiert. In schwierig zu automatisierenden Situationen (z.B. Fahrt auf Sicht bei Störungen) erfolgt eine manuelle Steuerung durch entsprechend ausgebildetes Personal auf dem Zug.
- GoA4: Alle Prozesse der Zugsteuerung sind automatisiert. Nur noch bei Triebfahrzeugstörungen oder Evakuierungen greifen Interventionsgruppen vor Ort ein.

the moving block sections (ETCS Level 3), this is also a prerequisite for boosting line capacity thanks to a denser train sequence. The trains can therefore be steered more finely and flexibly, which normally avoids unscheduled stops. The calculation logic in the TMS-ATO (Traffic Management System – Automatic Train Operation) can have an effect on GoA2 even before the rollout of the vehicle equipment. In GoA1, the locomotive driver with the ADL 4.0 driving assistance system receives additional information on the implementation of the optimum driving strategy on a terminal (i.e. a tablet). The first operational tests of the preliminary stage of ADL 4.0, ADL eco 2.0, were successfully carried out in autumn 2018. The train driver receives a static speed recommendation which is lower than the maximum line speed. This means that energy consumption can be considerably reduced while maintaining punctual traffic.

In the area of vehicle equipment, smartrail 4.0 has not only focussed on the development of capabilities, but also on the coordination of track-side and vehicle-side migration. The end-to-end compatibility of the required technologies and equipment is extremely important. The new capabilities of the vehicles, the technologies used in the future and the changed approval processes will result in changes in everyday working life. For example, the integration of different skills using applications (apps) increases the amount of software which requires the railway companies and their employees to have the appropriate skills in handling these systems.

5 Automatic Train Operation (ATO)

(Fully) automated operations in underground railways and enclosed railway systems have proven themselves for decades on the basis of an integrated system of train control and automatic travel. However, these systems cannot be fully applied to today's standard and narrow-gauge railways with different train control systems such as ZBMS, ZUB and ETCS (L1LS, L1FS, L2...) and non-discriminatory access for railway companies to the various infrastructures. However, the current aim is to standardise all the interfaces of the ATO system at a European level in order to calculate and implement a time and/or energy-optimised driving profile as required and to apply it on a transnational (interoperable) basis.

The degree of automation for ATO is defined by the «Grade of Automation» (GoA):

- GoA0: The entire responsibility lies in the hands of the locomotive driver; there is no train protection available.
- GoA1: The train driver is prevented from undertaking any unsafe actions (i.e. overrunning a signal is prevented by a train protection system); at the same time, speed recommendations for the optimal driving of the train are also transmitted and displayed.
- GoA2: The locomotive driver remains responsible; however, a speed control system takes over during the journey and the doors can be controlled at the station.
- GoA3: There is no longer anybody in the driver's cab; the passengers are looked after by the train attendant. Most processes are automated. In situations which are difficult to automate (i.e. driving on sight in the case of incidents), manual control is undertaken by appropriately trained personnel on the train.
- GoA4: All train control processes are automated. Intervention groups only intervene on site in the event of locomotive malfunctions or evacuations.

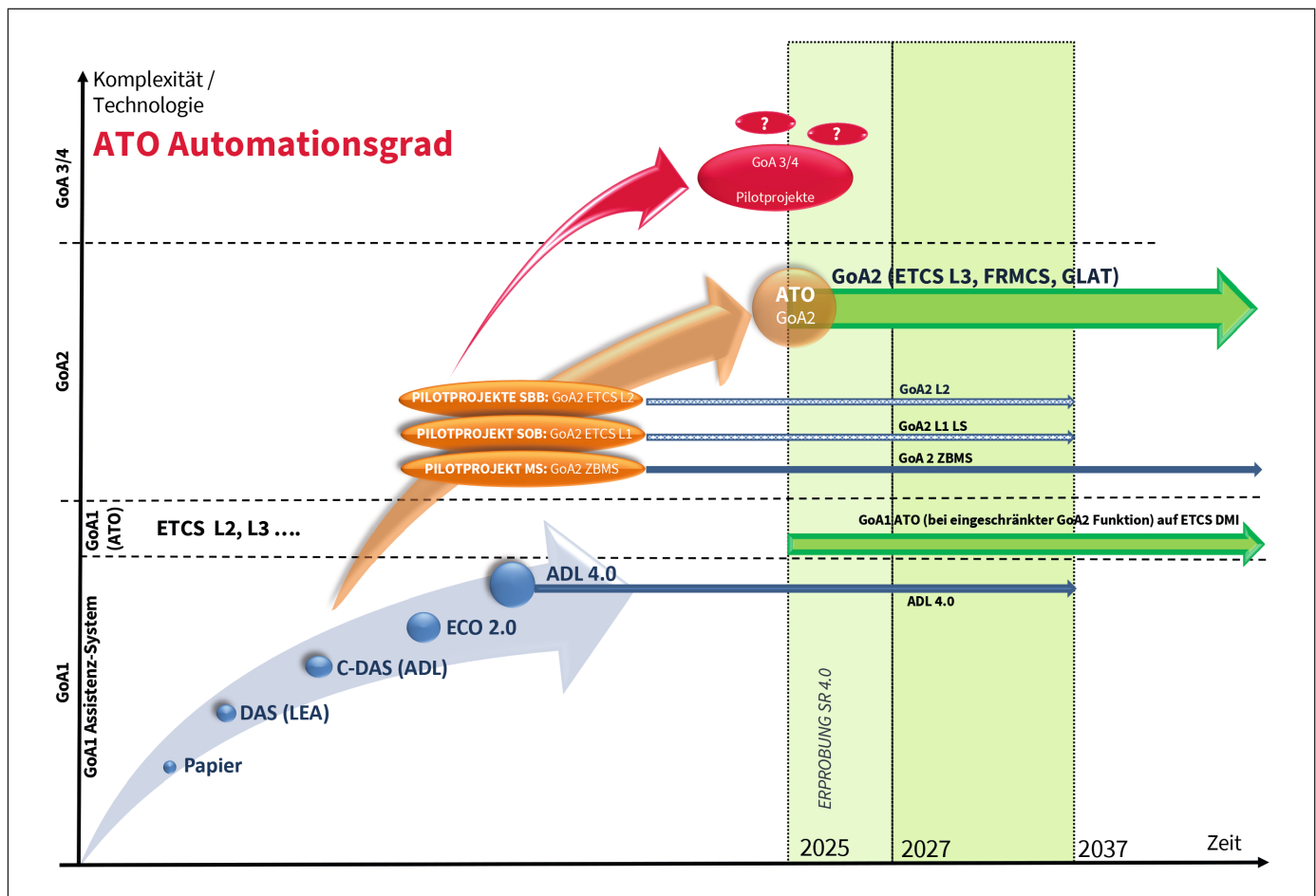


Bild 3: ATO-Automationsgrad auf Komplexitäts- und geplanten Zeitachsen

Fig. 3: The degree of ATO automation on complexity and planned time scales

Smartrail 4.0 plant derzeit mit dem Automationsgrad 2 (GoA2), bei dem der Triebfahrzeugführer in der Verantwortung für die sichere Führung des Zuges bleibt.

Durch das Mitgestalten der Spezifikationen (Funktionen und Schnittstellen) im Bereich «Automatic Train Operation» und der Einbringung wie Umsetzung von smartrail 4.0-Interessen und -Zielen (Kapazität/Pünktlichkeit) wird eine für den schweizerischen Bahnbetrieb anwendbare und tragbare Norm erwirkt. Dabei soll sichergestellt werden, dass sowohl System- und TSI-Konformität eingehalten sind und keine Mehrfachentwicklungen resultieren. Gleichzeitig wird Know-how aufgebaut und «lessons learned» aus den verschiedenen Programmen berücksichtigt.

Diese Norm soll den Einsatz der Fahrzeuge über die Landesgrenzen hinaus ermöglichen. Hierzu sind die SBB im Expertenstatus in die Shift2Rail-ATO-Aktivitäten eingebunden und können die Anliegen und Randbedingungen des schweizerischen Bahnbetriebs einbringen. Die «ATO over ETCS GoA2»-Norm ist allerdings derzeit noch nicht fertig spezifiziert, da die erarbeiteten Dokumente teilweise noch nicht abgeglichen und vor allem nicht durch entsprechende Pilotenversuche geprüft sind.

Die Arbeiten für eine Norm zu GoA3/4 wurden ebenfalls begonnen. Bereits 2022 soll eine erste Version für entsprechende Piloten bei SNCF und DB vorhanden sein. Es ist geplant, diese TSI-Norm anschließend mit Horizont 2024 zu finalisieren und zu veröffentlichen. Die anstehende europäische GoA2-Norm ist für einen automatisierten Betrieb unter einer vollüberwachten Zugsicherung (ETCS) ausgelegt. Derzeit sind im schweizerischen Normalspurnetz fast

Smartrail 4.0 is currently reckoning with automation level 2 (GoA2), in which the driver remains responsible for the safe operation of the train.

A portable standard which is applicable to Swiss railway operations will be achieved by co-designing the specifications (functions and interfaces) in the area of “Automatic Train Operation” and introducing and implementing smartrail 4.0 interests and objectives (capacity/punctuality). The aim is to ensure that both the system and the TSI standards (Technical Specifications for Interoperability) are maintained and that there are no multiple developments, whilst also building up expertise and taking the lessons learned from the various programs into account.

The aim of this standard is to enable the use of vehicles beyond national borders. This is why SBB are involved in the Shift2Rail ATO activities as an expert and can embed the concerns and constraints of Swiss railway operations in it. However, the “ATO over ETCS GoA2” standard has not yet been fully specified, as some of the produced documents have not yet been compared and, above all, have not been tested in the appropriate pilot projects.

Work has also begun on a standard for GoA3/4. The first version for corresponding pilot projects at SNCF and DB should be available as early as in 2022. The plan is to finalise and publish this TSI standard by 2024.

The forthcoming European GoA2 standard has been designed for automated operations under a fully monitored train pro-

90% mit einer «Limited Supervision» (Bsp. ETCS L1LS) Zugsicherung ausgerüstet, für welche die anstehende internationale Norm nicht explizit vorgesehen ist. Bei L1LS werden die Funktionalitäten des schweizerischen Zugbeeinflussungssystems ZUB übernommen, womit eine Zugbeeinflussung mit konventionellen Außensignalen realisiert ist. Die Übertragung der notwendigen Daten erfolgt über Eurobalisen und Euroloops, wobei die ETCS-Onboard-Ausrüstung die Zugbeeinflussung ohne weitere Komponenten sicherstellt. Somit ist auch ein L1LS ATO-Betrieb (GoA2) unter dem Einsatz der ATO-Onboard-Unit und der Schnittstellen gemäß der neuen anstehenden Norm theoretisch möglich, muss aber in einem Piloten noch verifiziert werden.

6 Piloten und Erkenntnisse

Die Machbarkeitsstudie für GoA2 unter L1LS wurde im Januar 2018 durch die SOB erstellt. Sie bestätigt grundsätzlich die Machbarkeit bezüglich Technik, Risiken, Organisation und Recht. Einschränkungen wurden identifiziert und ausgewiesen.

In einem Wettbewerbsverfahren unter verschiedenen möglichen Lieferanten wurden Angebote geprüft. Ein Preisgericht hat die erfolgversprechendsten Konzepte für das ATO-L1LS-Pilotprojekt der SOB ausgewählt und es empfiehlt davon zwei Angebote zur Weiterbearbeitung. Beim Pilotbetrieb wird die SOB den automatisierten Fahrbetrieb auf der bestehenden Infrastruktur der SOB entwickeln und erproben.

Folgende Piloten fanden bis Ende 2018 statt:

- Die BLS testete 2017 in Zusammenarbeit mit SBB Infrastruktur erfolgreich drei Fahrempfehlungssysteme für den Lokführer im S-Bahnbetrieb. Der Pilot zeigte, dass der Energieverbrauch mithilfe von optimierten Fahrprofilen (d.h. Fahrplanoptimierung und Assistenzsystem) im GoA1 um 10-15% gesenkt werden kann. Fahrempfehlungen tragen ebenfalls zu besserer Pünktlichkeit und reduzierter Streuung der Fahrweise bei. Die Wirkung der Fahrempfehlungen hängt jedoch wesentlich davon ab, wie sie das Lokpersonal akzeptiert und umsetzt.
- Die ersten Testfahrten mit ATO unter ETCS L2 verliefen im Dezember 2017 auf der Neubaustrecke Mattstetten – Rothrist erfolgreich. Um eventuelle zukünftige Einschränkungen der ATO-Norm auf den Bahnbetrieb in der Schweiz auszuschließen, überprüfen die SBB mit einem mehrphasigen Piloten die Anwendbarkeit der geplanten GoA2-TSI-Normenentwürfe unter ETCS L2 (Full supervision). Dabei stehen eine kommerzielle Zulassung und Betriebserprobung nicht im Vordergrund. Die funktionellen Prüfungen sollen nachweisen, ob die Anforderungen der einzelnen Bahnunternehmen (z.B. Energiesparen, kurzfristige Änderungen von Produktionsvorgaben etc.) erfüllt werden können. Um die Anwendbarkeit der geplanten interoperablen Normenentwürfe in der Schweiz unter realen Bedingungen schnellstmöglich zu prüfen, wurde ein Flirt des Regionalverkehrs der SBB auf einfache Weise mit Fokus auf die Datenschnittstelle TMS zu Fahrzeug (Subset 125 und Subset 126) funktionell nachgerüstet. Die ersten Versuchsfahrten fanden Ende August 2018 auf der Strecke Lausanne – Villeneuve statt. Es bestätigte sich, dass die erfolgreiche standardgemäße Übermittlung der Segment- und Journey-Profile vom ATO-TS zur ATO-OBU möglich ist und sich daraus mit einer fahrzeugspezifisch angepassten Regelung der OBU das gewünschte Fahrverhalten erreichen lässt. Ebenso wurde verifiziert, dass bei einer (zu Testzwecken) absichtlichen Verletzung der ETCS-Bremskurve das ETCS eine Bremsung durchführt, sodass die Sicherheitsfunktionalität nach wie vor durch das ETCS übernommen wird.

tection system (ETCS). At present, almost 90 % of the Swiss standard gauge network is equipped with “limited supervision” (i.e. ETCS L1LS) train protection, for which the forthcoming international standard is not explicitly intended. The functionalities of the Swiss ZUB train control system, which enables train control with conventional external signals, have been taken over by L1LS. The necessary data is transmitted via Eurobalises and Euroloops, whereby the ETCS onboard equipment ensures train control without any additional components. This means that L1LS ATO operation (GoA2) using the ATO onboard unit and the interfaces according to the new upcoming standard is theoretically possible, but it still has to be verified in a pilot project.

6 Pilot projects and findings

The feasibility study for GoA2 under L1LS was prepared by SOB in January 2018. It has fundamentally confirmed the feasibility regarding the technology, risks, organisation and law. Restrictions have been identified and reported.

The bids from various potential suppliers were reviewed as part of a competition procedure. A jury selected the most promising concepts for SOB's ATO-L1LS pilot project and recommended two of them for further processing. SOB will develop and test the automated operations on the existing SOB infrastructure during the pilot operations.

The following pilot projects were carried out up until the end of 2018:

- In 2017, BLS successfully tested three train driver recommendation systems for S-Bahn operation in cooperation with SBB Infrastructure. The pilot project showed that energy consumption in GoA1 can be reduced by 10-15 % with the help of optimised train driving profiles (i.e. the timetable optimisation and assistance system). Driving recommendations also lead to better punctuality and reduced variation in the driving style. However, the effect of the driving recommendations greatly depends on how the locomotive crew accepts and implements them.
- The first test runs with ATO under ETCS L2 were successfully undertaken on the new Mattstetten – Rothrist line in December 2017. In order to rule out any future restrictions of the ATO standard on rail operations in Switzerland, SBB are using a multi-phase pilot project to review the applicability of the planned GoA2 TSI draft standards under ETCS L2 (full supervision). Commercial certification and operational testing are not the main focus. The functional tests should prove whether the requirements of the individual railway companies (i.e. energy savings, short-term changes to production specifications, etc.) can be met. A Flirt from SBB's regional traffic underwent a simple functional retrofit with a focus on the TMS data interface to the vehicle (Subset 125 and Subset 126) in order to test the applicability of the planned interoperable draft standards in Switzerland under real conditions as quickly as possible. The first test runs took place at the end of August 2018 on the Lausanne – Villeneuve line. It was confirmed that successful standard transmission of the segment profile and the journey profile from the ATO-TS to the ATO-OBU is possible and that the desired driving behaviour can be achieved with a vehicle-specific OBU control system. It was also verified that the ETCS will brake, if the ETCS braking curve is intentionally violated (for test purposes), so that the safety function is still assumed by the ETCS.

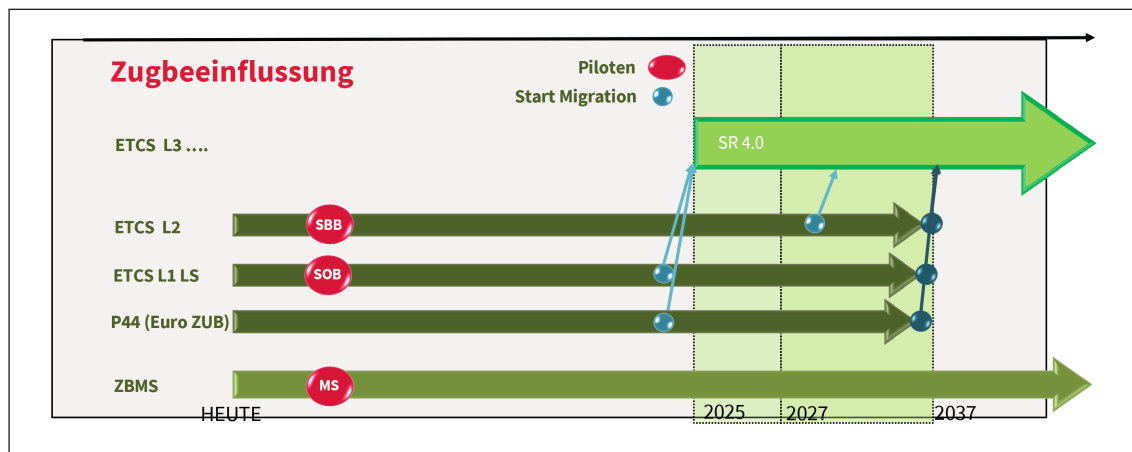


Bild 4: Pilote zur Zugbeeinflussung

Fig. 4: Pilot projects for train control

Folgende Piloten sind geplant:

- Beim L1LS-Pilotbetrieb wird die SOB ab 2019 den automatisierten Fahrbetrieb auf der bestehenden L1LS-Infrastruktur der SOB entwickeln und mit den ersten Fahrten erproben.
- In weiteren Fahrversuchen mit GoA2 unter ETCS L2, die bis Ende 2019 geplant sind, soll ein Versuchsprogramm abgefahren werden, das verschiedene betriebliche Situationen simuliert. Hier wird geprüft, inwiefern diese betrieblichen Situationen mit dem jetzigen Stand der Normenentwürfe der Subsets 125, 126, 130 und 139 abgebildet werden können. Der Iststand des derzeitigen Funktionsmusters wird beobachtet, um Auffälligkeiten im Fahrverhalten analysieren zu können. Des Weiteren sind umfangreiche Versuchsreihen zur Überprüfung der Annahmen über die möglichen Effizienzgewinne geplant.

Für Meterspurbahnen wurde bereits im Frühling 2018 eine erste Version des ATO-Standards definiert, der nun mittels der geplanten Piloten vor der Prüfung steht. Folgende Meterspurbahn-Strecken sind für den Pilotbetrieb vorgesehen:

- RBS: Worblaufen – Bern
- RhB: Klosters – Malans
- zb: Luzern – Horw

7 Die Gewinne

Grundsätzlich erkennt das smartrail 4.0-Team die Möglichkeit zur Reduktion der Fahrvarianz, eine bessere Ausnutzung der bestehenden Netzkapazität sowie die situationsoptimierte Fahrweise. Damit ermöglicht ATO die Erhöhung der Pünktlichkeit und Netzstabilität. Positive Effekte der Automatisierung werden bereits heute bei verschiedenen Bahnen durch den Einsatz eines Fahrassistenzsystems (ADL) angewendet und durch smartrail 4.0 kontinuierlich verbessert. Dazu gehören die Schonung der Ressourcen und dies sowohl für die Fahrzeuge wie für die Infrastruktur durch eine optimale Fahrweise und Energieeinsparungen.

8 Mit und für die Lokführer

Seit Beginn des Programms smartrail 4.0 wird bei allen Betroffenen die Einsicht gefördert, dass sich mit ihm die Rollen verändern. Bei Mitarbeiter- und Kaderanlässen, Führungsteam- und Personalkommissionsmeetings sowie Treffen mit den Sozialpartnern der beteiligten Bahnen wurde das Programm vorgestellt und mögliche Auswirkungen auf die Mitarbeitenden skizziert. Die Erkenntnis aus diesen Veranstaltungen ist, dass die Sinnhaftigkeit und Stoßrichtung von smartrail 4.0 breite Zustimmung erhält, aber

The following pilot projects are in the pipeline:

- In the L1LS pilot operation, SOB will develop the automated operation on SOB's existing L1LS infrastructure from 2019 and test it with the first runs.
- In further driving tests with GoA2 under ETCS L2, which are planned up to the end of 2019, a test program will be run to simulate various operating situations. It will be examined to determine the extent to which these operating situations can be mapped with the current status of the draft standards of Subsets 125, 126, 130 and 139. The actual state of the current functional model will be observed in order to analyse any abnormal driving behaviour. In addition, an extensive series of tests has been planned to verify the assumptions about possible efficiency gains.

The first version of the ATO standard for metre-gauge railways was defined in spring 2018 and is now being tested in the planned pilot projects. Pilot operations are planned for the following meter-gauge railway lines:

- RBS: Worblaufen – Bern
- RhB: Klosters – Malans
- zb: Lucerne – Horw

7 The benefits

In principle, the smartrail 4.0 team has recognised the possibility of reducing driving variance, making better use of the existing network capacity and driving in a situationally optimised manner. ATO thus makes it possible to increase punctuality and network stability.

The positive effects of automation are already being applied today in various railway companies via a driver assistance system (ADL) and they are being continuously improved by smartrail 4.0. This includes the conservation of resources, both for vehicles and infrastructure, through an optimal driving style and energy saving.

8 With and for the train drivers

Since the start of the smartrail 4.0 program, everyone involved has been encouraged to recognise that it will change their roles. The program has been presented at employee and management events, management team and staff representative committee meetings and meetings with the social partners of the participating railway companies and its potential effects on employees have been outlined. The conclusion to be drawn from these events is that smartrail 4.0's sense of purpose and impact have

Funktionalität	Scope	Piloten			
		C-DAS	GoA2 L1/LS	GoA2 L2	ZBMS
Energieoptimierte Fahrplanplanung	Infrastruktur	X	-	-	-
Automatische Generierung von Produktionsvorgaben bei Abweichungen	Infrastruktur	-	X	-	-
Automatisierte Abwicklung der Betriebsführung	Infrastruktur	-	X	-	X
Systemgestützte, präzise Fahrweise	Infrastruktur	-	X	X	X
Kurze Zugfolgezeiten	Infrastruktur	-	-	X	X
Upgradefähige Fahrzeuge	Infrastruktur	-	-	-	-
Durchgängige Daten für automatisierte Auswertungen und Analyse	Infrastruktur	-	-	-	-
Optimierung der Fahrzeugumläufe	EVU	-	X	-	X
Unterstützung des Lokführers für streckenspezifisches Wissen	EVU	-	X	-	-

Bild 5: Funktionale Prüfung der ATO-Piloten

Fig. 5: Functional testing of ATO pilot projects

dass vor allem das mittlere und Basiskader verunsichert ist, da noch keine fertigen Entwicklungen vorliegen.

Die Transformation smartrail 4.0 plant übergreifend und erarbeitet zusammen mit den betroffenen Linien die neuen / veränderten Rollen und Berufsbilder.

Schwerpunkte der Transformation sind:

- Optimale Automatisierung: Entwickeln von Aufgaben und Rollen, die aus arbeitspsychologischer Sicht verhindern sollen, dass die Mitarbeitenden den Risiken der Automatisierung ausgesetzt sind. Einbezug in der Gestaltung der Anwendungen, um Fehlentwicklung zu verhindern und eine hohe Akzeptanz zu erreichen. Konkret: mit soziotechnischen Experimenten die Systeme in der Arbeitsumgebung ausprobieren und den Change erleben.
- Befähigung für die Zukunft: Erarbeiten der neuen Fähigkeiten mit Berufsfeld- und Kerntätigkeitsanalyse für die Rollen in der Branche. Anstöße für individuelle Entwicklungspläne der Mitarbeitenden unter dem Lead der betroffenen Linien / Unternehmen.
- Change Management: Offene Kommunikation und Anstöße zur persönlichen Entwicklung mit dem Ziel, den Mitarbeitenden eine Perspektive zu zeigen und sie während des Veränderungsprozesses für das Unternehmen zu begeistern. Den Umgang mit Unsicherheiten erlernen und erkennen, dass sich Berufsbilder laufend verändern.

Die Herausforderungen des zukünftigen Arbeitsmarktes sind:

- Geeignetes Personal suchen und finden
- Steigende Fluktuation: Junge Mitarbeitende wechseln schneller die Berufe.
- Wissen und Fertigkeiten erhalten in der langen Übergangszeit von parallel «alter» und «neuer» Technologie
- Trainingsmöglichkeiten schaffen, um neue Systeme auszuprobieren und zu schulen
- Durch optimale statt maximale Automatisierung attraktive Arbeitsplätze gestalten.

Erfahrene Lokführer haben die Rahmenbedingungen aus den Fahrdienstvorschriften respektive ihre Abweichungen für GoA2 ermittelt und sind für die Betriebstests wichtige Gesprächspartner bei der Ausarbeitung der entsprechenden Testfälle. Der Einbezug der Lokführer und Zugverkehrsleiter ist von entscheidender Bedeutung. Im Betrieb auf GoA2 trägt der Lokführer nach wie vor die Verantwortung für den Fahrprozess, steuert ihn aber nicht mehr vollumfänglich, sondern überwacht ihn und die dazugehörigen Systeme.

been widely accepted, but that especially the middle and lower cadres are insecure, because no developments are ready yet.

The smartrail 4.0 transformation involves comprehensive plans and develops new / changed roles and job descriptions together with the affected lines.

The focal points of the transformation are:

- optimal automation: developing tasks and roles which, from the point of view of occupational psychology, are intended to prevent employees from being exposed to the risks of automation. Inclusion in application design in order to prevent any undesirable developments and to achieve a high level of acceptance. Specifically, testing out the systems in the working environment with socio-technical experiments and experiencing the changes.
- future skills: developing new professional field and core activity analysis skills for the roles in the industry. The initiation of individual development plans for employees under the guidance of the lines/ companies concerned.
- change management: open communication and personal development initiatives with the aim of giving employees perspective and making them enthusiastic about the company during the change process. Learning how to deal with uncertainties and recognising that job profiles are constantly changing.

The challenges of the future job market include:

- searching for and finding suitable staff
- increased fluctuation: young employees change professions more quickly.
- maintaining knowledge and skills during the long transition period between “old” and “new” technology
- creating training opportunities to try out and train in new systems
- creating attractive workplaces through optimal instead of maximum automation

Experienced locomotive drivers have determined the framework conditions from the driving service regulations or their deviations for GoA2 and as such they are important discussion partners for the operational tests in the preparation of the corresponding test cases. The inclusion of locomotive drivers and train traffic managers is crucial. The locomotive driver is still responsible for the driving process in operations using GoA2, but no longer controls the train completely and merely monitors the train and its associated systems.

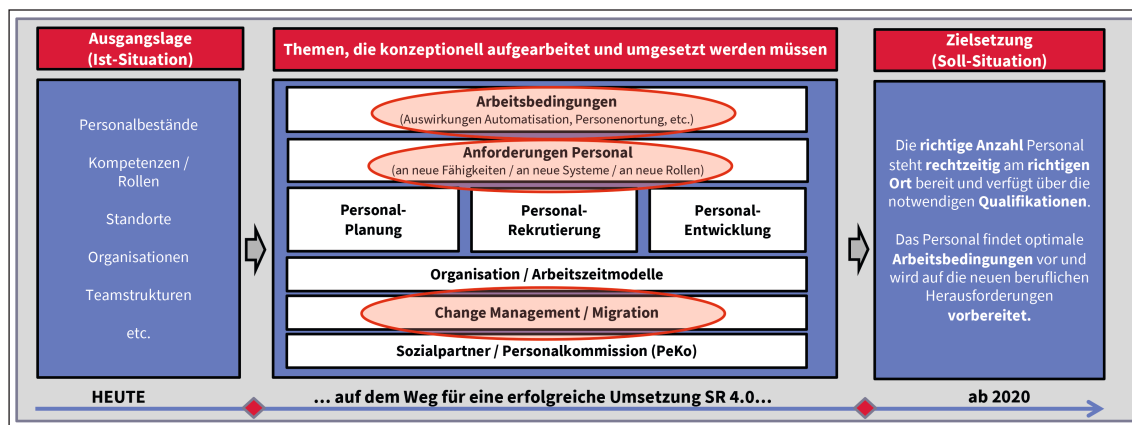


Bild 6: Personelle Herausforderungen
Fig. 6: Personnel challenges

9 Das Fazit

Leistungsfähigkeit, Verfügbarkeit, Qualität und Produktivität sind die Kernthemen für die Eisenbahn von heute und morgen. Das ist sie einerseits den Steuerzahlern und Bahnbenutzern schuldig, andererseits bedrohen neue Mobilitätsformen auf der Straße ihre Daseinsberechtigung vorab im Regionalverkehr. Das System Bahn muss sich in absehbarer Zeit und kostengünstig die Digitalisierung zunutze machen. Die schrittweise Einführung höherer Automatisierungsgrade in verschiedenen Anwendungsszenarien des Bahnbetriebs werden Wirtschaftlichkeit und Wettbewerbsfähigkeit unterstützen. Damit es dazu kommt, sind historische Denkmuster und traditionelle Verhaltensweisen durch innovative, kostengünstige und interoperable Ideen und Lösungen zu ersetzen. ■

9 Conclusion

Performance, availability, quality and productivity are the core issues for the railways of today and tomorrow. On the one hand, they owe this to the taxpayers and railway users and, on the other hand, new forms of mobility on the roads are threatening their right to exist, especially when it comes to regional transport. The railway system will have to make use of digitisation in a cost-effective way in the foreseeable future. The gradual introduction of higher levels of automation in various application scenarios for railway operations will support economic efficiency and competitiveness. In order to achieve this, historical patterns of thought and traditional behaviour will have to be replaced with innovative, cost-effective and interoperable ideas and solutions. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] Bundesamt für Raumentwicklung (ARE): <https://www.are.admin.ch/are/de/home/verkehr-und-infrastruktur/grundlagen-und-daten/verkehrsperspektiven.html>, abgerufen 13.02.2019
- [2] <https://www.uvek.admin.ch/uvek/de/home/verkehr/investitionen/fabi.html>, abgerufen 13.02.2019
- [3] smartrail 4.0: Expertenbericht 2018 zu Händen des Bundesamts für Verkehr (BAV), 12.12.2018
- [4] <https://www.smartrail40.ch/index.asp?inc=partner.asp#zusammenarbeit>, abgerufen 13.02.2019

AUTOREN | AUTHORS

Ivo N. Abrach

Leiter ATO / Programmleiter ATO smartrail 4.0
Schweizerische Südostbahn AG
Geschäftsbereich Infrastruktur
Anschrift/Address: Schützengasse 3, CH-8001 Zürich
E-Mail: Ivo.abrach@sob.ch

Kurt Metz

Diplom-Politologe (Université de Genève)
Anschrift/Address: Kirchrain 8, CH-6016 Hellbühl/Luzern
E-Mail: mail@kurtmetz.ch

Hans Jakob Schneider

ATO Architekt / Programmleiter SBB
Schweizerische Bundesbahnen, SBB AG
Infrastruktur smartrail 4.0
Anschrift/Address: Hilfikerstrasse 3, CH-3000 Bern
E-Mail: hansjakob.schneider@sbb.ch

GLOSSAR | GLOSSARY

ADL	Adaptive Lenkung / Adaptive Steering
ATO	Automatic Train Operation / Automatic Train Operation
ATO-TS	Automatic Train Operation – Trackside
ATO-OB	Automatic Train Operation – Onboard Unit
BLS	Lötschbergbahn mit Sitz in Bern / Lötschbergbahn
ETCS	European Train Control System / European Train Control System
EVU	Eisenbahnverkehrsunternehmen / Railway company
GoA	Grade of Automation / Grade of Automation
L1	Level One / Level One
L1LS	Level One Limited Supervision (ETCS) / Level One Limited Supervision (ETCS)
L2	Level Two / Level Two
OB	On Board Unit / On Board Unit
RBS	Regionalverkehr Bern Solothurn / Regionalverkehr Bern Solothurn
RhB	Rhätische Bahn mit Sitz in Chur / Rhätische Bahn
SBB	Schweizerische Bundesbahnen mit Sitz in Bern / Schweizerische Bundesbahnen
SOB	Südostbahn mit Sitz in St. Gallen / Südostbahn
VöV	Verband öffentlicher Verkehr mit Sitz in Bern / Association of Public Transport
TMS	Train Management System / Traffic Management System
TSI	Technical Specification Interoperability / Technical Specification Interoperability
zb	Zentralbahn mit Sitz in Stansstad / Zentralbahn