

# Leitstandsentwicklung für den automatisierten Bahnbetrieb

## Control centre development for Automatic Train Operations

David Käthner | Stefanie Schöne | Malte Petersen | Annika Dreßler | Jan Wegener | Niels Brandenburger

Der automatisierte Bahnbetrieb (Automatic Train Operation, ATO) gilt als wesentliche Voraussetzung zur Steigerung der Produktivität im Schienenverkehr. Zu den erhofften Vorteilen zählen eine effizientere Auslastung der Schieneninfrastruktur, Senkung von Energieverbrauch und Emissionen und, nicht zuletzt, eine Antwort auf den Fachkräftemangel. Im Projekt ATO-Cargo (Automatic Train Operation Technologies for Cargo) wird Automation im Güterverkehr anhand einer prototypischen Umsetzung erforscht [1]. Rückfallebene der Automation ist das „Remote Supervision and Control Center“ (RSC), ein neuartiger Leitstand zur Überwachung automatisierter Zugflotten und Steuerung einzelner Züge. In der Ausgestaltung eines solchen Leitstandes stoßen Entwickler allerdings auf viele offene Fragen. In diesem Beitrag stellen wir einen methodischen Ansatz zum Umgang mit diesen Fragen vor und illustrieren das Vorgehen anhand prototypischer Beispiele.

### 1 Eine Methodik zur Entwicklung neuartiger Leitstände

Der höchste Grad der vierstufigen „Grades of Automation“-Skala (GoA) definiert einen automatisierten Bahnbetrieb ohne Überwachung durch einen Menschen an Bord des Zuges [2]. Nach heutigem Verständnis müssen auf GoA 4-Niveau fahrende Züge allerdings weiterhin aus dem RSC heraus überwacht werden, was diesen Leitstand zu einem wesentlichen Baustein der GoA 4-Architektur macht. Bei Entwurf, Umsetzung und Evaluation des RSC müssen Entwickler Annahmen über das im Leitstand abgebildete Gesamtsystem machen, die in einem zukünftigen System womöglich nicht zutreffen. Auf heute entwickelten Prototypen basierende Erkenntnisse würden dann in Frage gestellt; bestehende Anlagen müssten aufwendig überarbeitet werden. Als Lösungsansatz schlagen wir eine prototypische RSC-Ausgestaltung auf unterschiedlichen Ebenen vor.

#### 1.1 Grenzen der Orientierung am heutigen System bei der RSC-Auslegung

Zweck und wesentliche Aufgaben des RSC können zunächst auf Basis von heutigen Leitständen und Betriebsverfahren hergeleitet werden [3]. Analog zur Betriebs-, Dispositions- oder Netzmanagementzentrale dient ein RSC der Überwachung von Infrastruktur, den darauf aufbauenden Prozessen und der Erkennung und Beseitigung von Störfällen. Anhand der verfügbaren Informationen müssen RSC-Operateure betriebliche und technische Störungen per Ferndiagnose verstehen, per Fernentstörung beheben und im Bedarfsfall per Fernsteuerung einzelne Züge bewegen. Die wesentlichen Aufgaben des RSC sind daher Fernüberwachung einer ganzen Zugflotte („remote supervision“) und direkter Durchgriff auf einzelne Züge („remote control“).

Automatic Train Operation (ATO) is considered an essential prerequisite for increasing productivity in rail transport. The proposed benefits include more efficient utilisation of the rail infrastructure, reduced energy consumption and emissions and, last but not least, a response to the shortage of skilled workers. Freight transport automation is being researched in the ATO-Cargo (Automatic Train Operation Technologies for Cargo) project using a prototype implementation [1]. The fall-back level of automation is the “Remote Supervision and Control Centre” (RSC), a new type of control centre used to monitor automated train fleets and control individual trains. However, the developers encountered many open questions when designing such a control centre. This article presents a systematic approach to dealing with these questions and illustrates the necessary procedure using prototypical examples.

### 1 A methodology for designing future control centres

The highest level of the four-level “Grades of Automation” scale (GoA) defines automated railway operations without any monitoring by a human on board the train [2]. According to the current understanding, however, trains travelling at the GoA 4 level must continue to be monitored by an RSC, which makes this control centre an essential component of the GoA 4 architecture. When designing, implementing and evaluating the RSC, developers must make assumptions about the overall system depicted in the control centre that may not apply to a future system. The findings based on any currently developed prototypes would then be called into question; the existing systems would have to be revised at great expense. The solution we propose involves a prototypical RSC design at different levels.

#### 1.1 The current system’s limited guidance for RSC design

The purpose and principal tasks of the RSC can initially be derived from current control centres and operating procedures [3]. Like an operations, scheduling or network management centre, an RSC is used to monitor the infrastructure and associated processes and to detect and eliminate incidents. The RSC operators must be able to use the available information to understand any operating and technical faults using remote diagnosis, rectify them with remote fault clearance and, if necessary, move any individual trains with remote control. The main tasks of the RSC are, therefore, remote monitoring of the entire train fleet (“remote supervision“) and direct access to the individual trains (“remote control“).

Eine detaillierte Spezifikation von RSC-Aufgaben und darauf basierenden Mensch-Maschine-Schnittstellen kann zunächst auf heutige Betriebsverfahren zurückgreifen, also „Systeme betrieblicher Regeln und technischer Mittel zur Durchführung von Fahrten mit Eisenbahnfahrzeugen auf einer Eisenbahninfrastruktur“ [4, S. 181]. Besonders bei Störfällen erfordern die fundamentalen Änderungen der technischen Mittel unter GoA 4 die Anpassung bestehender und Definition neuer Verfahren. Allerdings sind Betriebsverfahren keine bloße Zusammenstellung von Wenn-Dann-Regeln, sondern beruhen auf einem einheitlichen Verständnis von Rollen und Aufgaben im Eisenbahnsystem. Es muss also bekannt sein, (a) welche Informationen über Zustände und Prozesse verfügbar sind, (b) welche Kontrollbeziehungen im System vorliegen und (c) welche Kommunikation im System möglich ist.

Die genaue Umsetzung von Informationsverfügbarkeit, Kontrollbeziehungen und Kommunikationswegen unter GoA 4 ist heute jedoch noch nicht bekannt. Eine Leitstandsdefinition anhand von Betriebsverfahren muss daher auf hypothetische Verfahren mit zahlreichen Annahmen setzen. Ändern sich Verfahren, müsste auch die RSC-Gestaltung geändert werden. Mit steigender Komplexität sind jedoch Ressourcen und Motivation der Beteiligten schnell erschöpft, und geänderte Anforderungen aus den Betriebsverfahren werden womöglich nicht mehr nachvollzogen. Zu befürchten ist dann ein RSC mit ungenügender Unterstützung der Operateure bei wichtigen Aufgaben, einer als mangelhaft empfundenen Arbeitsplatzqualität und negativen Auswirkungen auf die funktionale Sicherheit.

### 1.2 Drei-Ebenen-Ansatz der Leitstandsentwicklung

Zur Lösung der beschriebenen Herausforderungen führen wir im Projekt ATO-Cargo die prototypische RSC-Gestaltung parallel auf einer strategischen, taktischen und operativen Ebene durch. Die Ebenen unterscheiden sich vor allem bei den Beschränkungen möglicher Lösungen, also der Größe des Lösungsraumes [5]. Ein zu kleiner Lösungsraum übersieht interessante Möglichkeiten, ein zu großer Lösungsraum führt zu nicht anwendbaren Vorschlägen. Auf jeder Ebene wird ein Demonstrator entwickelt und für die RSC-Gestaltung genutzt. An einem Demonstrator gewonnene Informationen können von den anderen Demonstratoren genutzt werden.

Ziel der strategischen Ebene ist ein besseres Verständnis für betriebliche, technische und regulative Aspekte des automatisierten Bahnbetriebs. Die Demonstrator-Gestaltung orientiert sich vor allem am Zweck eines RSC-Leitstands als Rückfallebene der Automation, der Einbindung des Leitstands in das übergeordnete System und den zu erwartenden Aufgaben des RSC-Operateurs. Diese Ebene adressiert möglichst viele Stakeholder einschließlich der interessierten Öffentlichkeit. Die Herausforderung liegt daher in einer verständlichen, aber nicht unterkomplexen Darstellung des RSC im künftigen automatisierten Bahnbetrieb.

Ziel der taktischen Ebene ist die Anpassung bestehender und Definition neuer Betriebsverfahren und deren Bewertung auf den Dimensionen Information, Kontrolle und Kommunikation. Der Lösungsraum dieser Ebene ist somit deutlich beschränkter als der Lösungsraum der strategischen Ebene, was auch durch die stärker beschränkte Gruppe der Stakeholder zum Ausdruck kommt. Im Fokus stehen Personen mit praktischer Kenntnis heutiger Betriebsverfahren. Diese Personen werden zu alternativen Gestaltungen von Betriebsabläufen befragt. Anhand der gewonnenen Informationen werden die Verfahren geändert und erneut Stakeholdern vorgelegt.

Ziel der operativen Ebene ist die Ausgestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion aufgrund des aktuellen Standes von Wissen-

Current operating procedures, i.e. “systems of operating rules and the technical means for carrying out journeys with railway vehicles on a railway infrastructure” [4, p. 181], can initially be used to acquire a detailed specification of the RSC tasks and the human-machine interfaces (HMI) based on them. The fundamental changes to the technical means under GoA 4 require the existing procedures to be adapted and new procedures to be defined, particularly with regard to incidents. However, operating procedures are not merely a set of if-then rules, but are based on a standardised understanding of the roles and tasks in the railway system. It is, therefore, necessary to know a) what information is available about the states and processes, b) what control relationships exist in the system and c) what communication is possible in the system.

However, the exact implementation of the information availability, control relationships and communication channels under GoA 4 is unknown. A control centre definition based on operating procedures must therefore rely on hypothetical procedures with numerous assumptions. If the procedures change, the RSC design will also have to be changed. However, as complexity increases, the resources and motivation of those involved are quickly exhausted and any changed requirements in relation to the operating procedures may no longer be followed. There is a risk of an RSC that provides inadequate support for operators in essential tasks, a perceived lack of job quality and adverse effects on functional safety.

### 1.2 A three-level approach for control centre design

In order to solve the challenges described above, we are simultaneously implementing the prototypical RSC design at the strategic, tactical, and operational levels in the ATO-Cargo project. The levels differ primarily in the limitations imposed by the possible solutions, i.e. the size of the solution space [5]. A solution space that is too small overlooks interesting possibilities, while a solution space that is too large leads to proposals that cannot be applied. A demonstrator is developed at each level and used for the RSC design. The information gained by one demonstrator can be used by all the others.

The strategic level aims to better understand the operations and technical and regulatory aspects of automated railway operations. The demonstrator design is primarily orientated towards the purpose of an RSC control centre as an automation fallback level, the integration of the control centre into the higher-level system and the expected tasks of the RSC operator. As many stakeholders as possible, including the interested public, are involved at this level. The challenge, therefore, lies in presenting the RSC in an understandable, but not unduly non-complex way within the context of any future automated railway operations.

The tactical level aims to define empirically based operating procedures. This demonstrator is, therefore, orientated towards the design and evaluation of specific operating processes in the dimensions of information, control and communication. Therefore, the solution space at this level is much more limited than the solution space at the strategic level, which is also reflected in the more restricted group of stakeholders. The focus here is on people with a practical knowledge of current operating procedures. These people are asked about alternative ways of designing the operating procedures. The procedures are modified and presented to the stakeholders again based on the obtained information.

The operating level aims to design the human-machine interaction based on the current state of science and technology and

schaft und Technik sowie der gegenwärtigen Ausbildung des Fachpersonals im Bahnbereich. Die Orientierung an den heutigen Arbeitsmitteln und Ausbildungsständen unterwirft diesen Demonstrator den stärksten Beschränkungen, verdeutlicht damit aber auch greifbar den aktuellen Stand der RSC-Umsetzung. Auf dieser Ebene adressierte Stakeholder sind Personen, die konkret für die Arbeit in einem RSC in Frage kommen.

## 2 Strategische Ebene: Exploration von Konzepten

Ziel der strategischen Ebene ist die konzeptionelle Erkundung und Vermittlung des RSC an möglichst viele Stakeholder. Dieser Ansatz wurde in einem interaktiven Virtual Reality (VR)-Demonstrator umgesetzt, mit dem am Konzept interessierte Personen leicht in die virtuelle RSC-Welt eintauchen und sich fokussiert mit dem Konzept auseinandersetzen können. Als ein virtueller Operateur erleben Interessierte in wenigen Minuten RSC-typische Rollen, Aufgaben und Abläufe. Die Demonstration führt in einem RSC potenziell verfügbare Informationen vor und veranschaulicht Kommunikation und Kontrollbeziehungen zwischen verschiedenen Rollen. Somit erleben Stakeholder den automatisierten Bahnbetrieb auch aus systemischer Perspektive.

Der virtuelle Operateur überwacht zunächst eine Zugflotte im Normalbetrieb. Ein Störfall erfordert anschließend eine Ferndiagnose und eine Fehlerbehebung. Grundlage dafür ist das heute bei der Deutschen Bahn AG (DB) vorgeschriebene Betriebsverfahren nach dem Auslösen einer Heißläuferortungsanlage (HOA; [6]). Diese im Gleis befindlichen Anlagen orten hohe Temperaturen an Schienenfahrzeugen, die auf Unregelmäßigkeiten wie blockierte Radsätze, glühende oder brennende Radsatzlager, Bremsen oder Radreifen hinweisen. Die Umweltkatastrophe in East Palestine, USA, führte die Wichtigkeit solcher Anlagen und deren Einbettung in ein System der Gefahrenabwehr deutlich vor Augen. Im Februar 2023 entgleiste ein mit Chemikalien beladener Zug aufgrund eines nicht rechtzeitig erkannten Heißläufers und verursachte große Schäden in mehreren US-Bundestaaten und Kanada [7].

Nach heutigem Stand werden dem zuständigen Fahrdienstleiter (Fdl) nach HOA-Detektion „Feste Bremse – warm“ bzw. „Feste Bremse – heiß“ gemeldet und Detailinformationen zum Zug übermittelt. Anschließend bringt der Fdl meist am nächsten Signal oder Bahnhof den Zug zum Stehen und verständigt den Triebfahrzeugführer (Tf), der den Zug dann manuell auf Unregelmäßigkeiten prüft. Unter GoA 4 ist der heutige Ablauf schon allein wegen der unbesetzten Zugspitze nicht anwendbar und erfordert eine Anpassung.

Der VR-Demonstrator setzt eine solche denkbare Anpassung um. Auch in diesem Ablauf weist der Fdl nach HOA-Meldung den Zughalt an, allerdings direkt per Zugkontrolle. Die Zugüberwachung im RSC wird über den Nothalt sowohl vom Fdl als auch durch eigene Sensorik informiert. Anhand ausgewählter Informationsquellen muss der virtuelle Operateur entscheiden, ob der Zug zu einem nahegelegenen Diagnosegleis gefahren werden kann. Dort kann der RSC-Operateur den Zug einer genaueren Prüfung unterziehen. Erhärtet sich der Verdacht auf einen Heißläufer, erfolgt eine Vor-Ort-Diagnose und Reparatur.

## 3 Taktische Ebene: Ablaufsimulation von Betriebsverfahren

Ziel der taktischen Ebene ist die Definition und Bewertung künftiger GoA 4-Betriebsverfahren als Grundlage der Ausgestaltung von Rollen und Arbeitsumgebungen. Dafür muss die Aufgaben-

the current training of the specialised personnel in the railway sector. The orientation towards current work equipment and training levels subjects this demonstrator to the greatest restrictions, but also tangibly illustrates the current status of the RSC implementation. The stakeholders addressed at this level are people who are specifically eligible to work in an RSC.

## 2 The strategic level: concept exploration

The aim of the strategic level is the conceptual exploration and communication of the RSC to as many stakeholders as possible. This approach was implemented in an interactive virtual reality (VR) demonstrator that allows those interested in the concept to easily immerse themselves in the virtual RSC world and engage with the concept in a focused manner. As a virtual operator, the interested parties can experience typical RSC roles, tasks and processes in just a few minutes. The demonstration presents information that is potentially available in an RSC and illustrates the communication and control relationships between the different roles, thus allowing interested parties to experience automated railway operations from a systemic perspective.

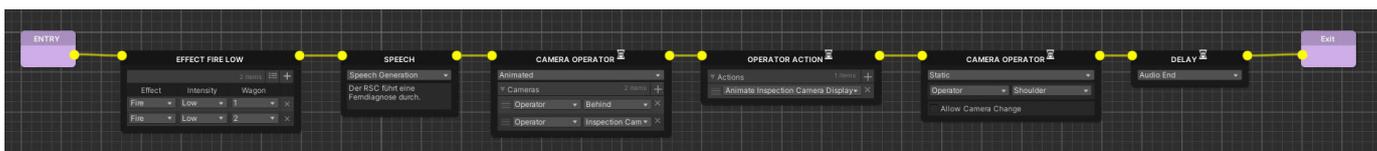
The virtual operator first monitors a train fleet in regular operations. An incident then requires remote diagnosis and troubleshooting. This is based on the operating procedure currently prescribed by Deutsche Bahn AG (DB) following the triggering of a hot box detection (HBD; [6]). The systems embedded in the track detect high temperatures on rail vehicles that indicate irregularities such as blocked wheelsets, red-hot or burning axle boxes, brakes or wheel tyres. The environmental disaster in East Palestine, USA, clearly demonstrated the importance of such systems and their integration into a hazard prevention system. In February 2023, a train loaded with chemicals derailed due to a hot box that was not recognised in time and caused significant damage in several US states and Canada [7].

As things stand today, when an HBD triggers, the responsible dispatcher is notified of “hot box – warm” or “hot box – hot” and detailed information about the train. The dispatcher usually brings the train to a halt at the next signal or station and informs the driver, who then manually checks the train for irregularities. The current procedure is not applicable under GoA 4, simply because of the unmanned head of the train, and as such it requires adaptation.

The VR demonstrator implements such a conceivable adaptation. The dispatcher instructs the train to stop after receiving the HBD message, but does so directly via the train control. The train monitoring in the RSC is informed of the emergency stop by both the dispatcher and its sensors. The virtual operator must use selected information sources to decide whether the train can be driven to a nearby diagnostic track in order to clear the track. If this is the case, the remote-controlled journey to the diagnostic track can occur after consultation with the dispatcher. There, the RSC operator will subject the train to a more detailed inspection. If there are still doubts as to the train's roadworthiness, an on-site diagnosis and repair will be carried out.

## 3 The tactical level: the process simulation of operating procedures

The tactical level aims to define and evaluate future GoA 4 operating procedures as a basis for the design of the roles and working environments. To this end, the distribution of the tasks and the interaction between the different railway op-



**Bild 1: Anlegen eines Betriebsablaufs in der Ablaufsimulation**

Fig. 1: Creating an operating sequence executed after an HBD message

Quelle / Source: DLR



**Bild 2: Abfrage einer Bewertung während der Ablaufsimulation**

Fig. 2: Surveying the stakeholders during a process simulation

Quelle / Source: DLR

verteilung und Interaktion zwischen verschiedenen Bahnbetriebspersonalen und technischen Systemen vorgedacht werden. Eine große Herausforderung ist dabei eine mögliche Übertragung von Aufgaben von bestehenden Rollen wie dem FdI auf neue Rollen wie den RSC-Operateur. Die optimale Gestaltung der neuen Verfahren hinsichtlich Sicherheit und Effizienz ist dabei eine offene Forschungsfrage. Dafür liefern Rückmeldungen von Stakeholdern wertvolle Informationen. Stakeholder dieser Ebene sind vor allem gegenwärtige Tf, FdI und Disponenten. Darüber hinaus können auch Experten von Eisenbahnverkehrsunternehmen und Technikherstellern, aus der Wissenschaft sowie von Aufsichts- und Genehmigungsbehörden wichtige Hinweise liefern.

Auf dieser Ebene entwickeln wir einen Demonstrator zur Ablaufsimulation von Betriebsverfahren. Unabhängig von den anderen Ebenen können damit mögliche Verfahren im Rahmen von festgelegten betrieblichen Abläufen erlebbar und damit einer niederschweligen Stakeholder-Bewertung zugänglich gemacht werden. Die dargestellten Abläufe sind leicht anpassbar und ermöglichen eine Variation von Aufgabenverteilung, Kommunikationskonzepten, Informationsdarstellungsweisen oder Kontrollmöglichkeiten. Mit dem Betriebsablaufsimulator verfolgte Fragestellungen gehen etwa der Ausgestaltung der Kontrollübergabe zwischen RSC und ATO nach: Müssen Übergaben im Stand erfolgen, oder sind Übergaben auch während der Fahrt denkbar? Auch eine neue Aufteilung von Aufgaben, Befugnissen und Verantwortlichkeiten der heutigen FdI und Tf auf die neuen Rollen können so untersucht werden.

Die aktuelle Entwicklung des Demonstrators orientiert sich am oben beschriebenen HOA-Verfahren; zukünftig soll eine Vielzahl von Abläufen aus RSC-, FdI- oder einer globalen Perspektive darstellbar sein. Bild 1 zeigt die Editor-Ansicht für den Ablauf nach einer HOA-Meldung, in der seitens der Forschenden der zu visualisierende Betriebsablauf in verschiedenen Varianten zusammen-

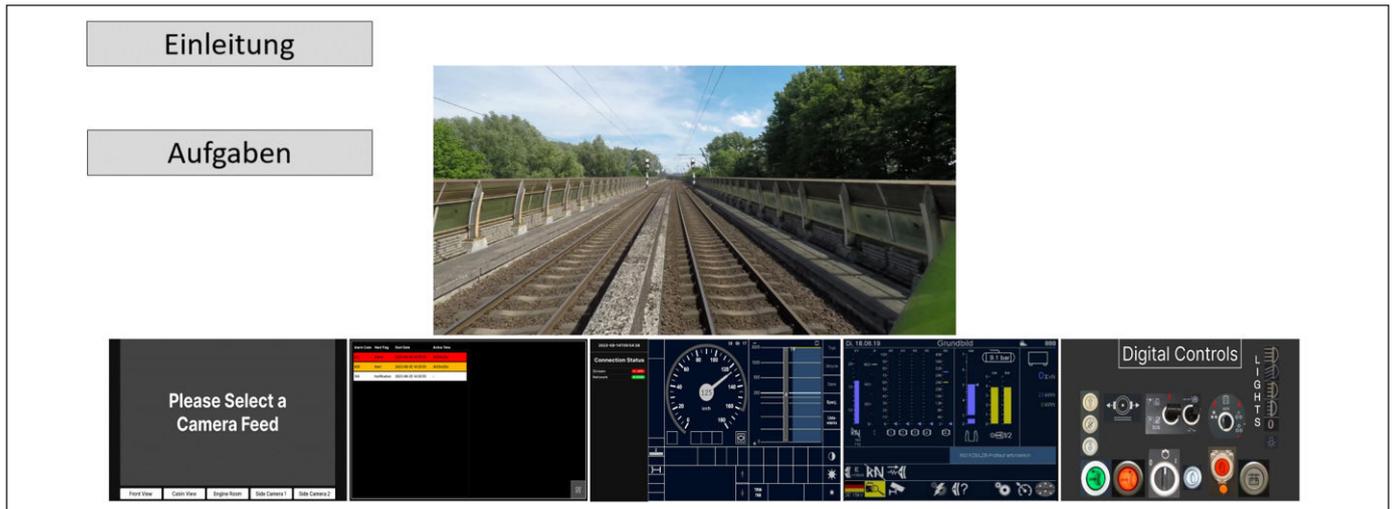
erationspersonal und technischen Systemen muss in advance. A significant challenge here involves the possible transfer of tasks from existing roles, such as the signaller, to new roles, such as the RSC operator. The optimal design of the new procedures regarding safety and efficiency is an open research question. Feedback from stakeholders has provided valuable information in this regard. The stakeholders at this level are primarily current drivers, signallers and schedulers. In addition, experts from railway undertakings and technology manufacturers, the scientific community and supervisory and authorisation offices can also provide important information.

We are developing a demonstrator at this level to simulate operating procedures. Possible procedures can be experienced within the framework of the defined operating processes independently of the other levels and thus be made accessible to a low-threshold stakeholder assessment. The shown processes are easily customisable and allow for a variation of task distribution, communication concepts, information presentation methods and control options. The issues pursued with the operating process simulator include the organisation of the transfer of control between the RSC and ATO: must handovers only take place if the vehicle is stationary or are they also conceivable when the vehicle is in motion? A new allocation of the tasks, powers and responsibilities of the current signaller and driver to the new roles can also be analysed.

The current development of the demonstrator is based on the HBD process described above; in future, it should be possible to visualise many processes from an RSC, dispatcher or global perspective. Fig. 1 shows the editor view when creating a sequence after an HBD message, in which the researchers can compile the operating sequence to be visualised in the different variants. The operating sequence for the surveyed experts is presented in a clear episodic manner and the specific task processing at the RSC workstation is visualised based on these specifications. Fig. 2 shows how the stakeholders are surveyed during a process simulation.

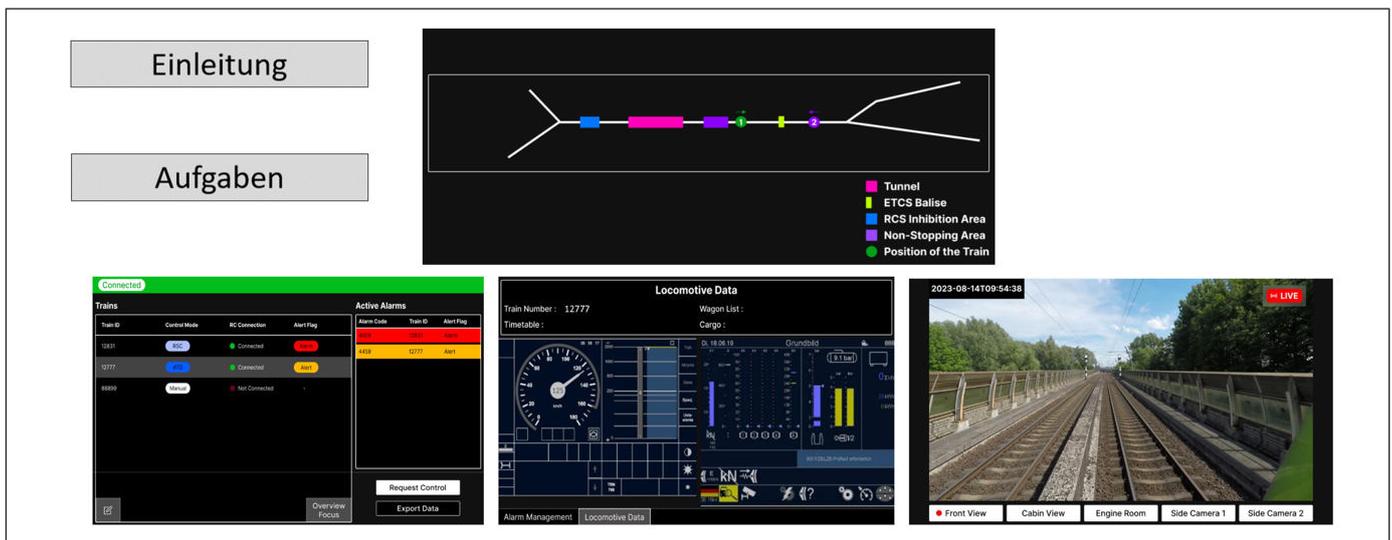
#### 4 The operating level: implementing working environments

The operating level involves the design of RSC variants based on well-understood work equipment and the current training levels. The decisive factor here is the suitability of the implemented working environment, i.e. the best possible support for effective, efficient and satisfactory work. The design of these variants takes place against the backdrop of hypothetical operating procedures defined as scenarios, such as the HBD use case, analogously to the strategic and tactical levels. The experience gained at the other levels can thus significantly support the implementation of the RSC elements. Conversely, implementing a concept at the operating level clarifies the advantages and disadvantages of this approach and thus enables adjustments to be made at higher levels.



**Bild 3: Control Desk im RSC**  
 Fig. 3: The RSC control desk

Quelle / Source: OTIV BV



**Bild 4: Supervision Desk im RSC**  
 Fig. 4: The RSC supervision desk

Quelle / Source: OTIV BV

gestellt werden kann. Auf Basis dieser Vorgaben wird der Betriebsablauf für die zu befragenden Experten in anschaulicher Weise episodisch dargestellt und die konkrete Aufgabebearbeitung am RSC-Arbeitsplatz visualisiert. Bild 2 zeigt die Abfrage von Bewertungen durch Stakeholder während einer Ablaufsimulation.

**4 Operative Ebene: Realisierung von Arbeitsumgebungen**

Die operative Ebene beschäftigt sich mit der Auslegung von RSC-Varianten auf Grundlage gut verstandener Arbeitsmittel und aktueller Ausbildungsstände. Maßgeblich ist dabei die Gebrauchstauglichkeit der umgesetzten Arbeitsumgebung, also die bestmögliche Unterstützung von effektivem, effizientem und zufriedenstellendem Arbeiten. Analog zur strategischen und taktischen Ebene erfolgt die Auslegung dieser Varianten vor dem Hintergrund hypothetischer Betriebsverfahren und als Szenarios definierter betrieblicher Abläufe, etwa dem HOA-Anwendungsfall. Die auf anderen Ebenen gesammelte Erfahrung kann damit die Realisierung eines RSC-Leitstandes maßgeblich unterstützen.

We are developing two demonstrators at this level. The considerations regarding implementing the RSC working environment at the strategic and tactical levels have resulted in two variants: an integrated workstation and two task-specific workstations. The integrated workstation allows for remote monitoring and control tasks to be carried out from the same workstation. All the RSC workstations provide the same equipment and monitoring or driving tasks can be flexibly assigned to individual operators; the display and user interfaces change depending on the task [8]. By contrast, the design of the task-specific workstations provides for two separate working environments, each with display and operating equipment optimised for remote monitoring or remote control. The Supervision Desk (fig. 3), implemented by the project partner OTIV BV and shown as a work-in-progress version, allows the train fleet to be monitored using a wide range of status information; the Control Desk (fig. 4) enables the remote control of selected trains. The design of the task-specific workstations has been analysed at ATO-Cargo in order to determine their suitability for use.

Umgekehrt verdeutlicht die Implementierung eines Konzeptes auf operativer Ebene die Vor- und Nachteile dieses Ansatzes und ermöglicht somit Anpassungen auf höheren Ebenen.

Auf dieser Ebene entwickeln wir zwei Demonstratoren. Überlegungen zur Umsetzung der RSC-Arbeitsumgebung auf strategischer und taktischer Ebene ergaben zwei Varianten: einen integrierten Arbeitsplatz und zwei aufgabenspezifische Arbeitsplätze. Der integrierte Arbeitsplatz sieht die Möglichkeit vor, die Aufgaben Fernüberwachung und -steuerung vom selben Platz aus durchführen zu können. Alle RSC-Arbeitsplätze sind damit gleich ausgestattet, und Überwachungs- oder Fahraufgaben können einzelnen Operateuren flexibel zugewiesen werden. Je nach Aufgabe ändern sich Anzeige- und Bedieneroberfläche [8]. Die Konzeption aufgabenspezifischer Arbeitsplätze sieht dagegen zwei getrennte Arbeitsumgebungen mit jeweils auf Fernüberwachung oder -steuerung optimierten Anzeige- und Bedieneinrichtungen vor. Der vom Projektpartner OTIV BV umgesetzte aktuelle Arbeitsstand des Supervision Desk (Bild 3) erlaubt die Überwachung der Zugflotte anhand zahlreicher Statusinformationen; der Control Desk (Bild 4) ermöglicht die Fernsteuerung ausgewählter Züge.

Die Konzeption aufgabenspezifischer Arbeitsplätze wurde in ATO-Cargo hinsichtlich ihrer Gebrauchstauglichkeit näher untersucht. In zwei Online-Studien bearbeiteten Tf, Systementwickler und Human-Factors-Experten Aufgaben zum Verhalten im Störfall sowie Übergaben zwischen Supervision Desk und Control Desk. Die Bearbeitung der Aufgaben erfolgte mithilfe eines auf dem jeweili-

In two online studies, drivers, system developers and human factors experts completed tasks concerning their behaviour in the event of an incident and handovers between the Supervision Desk and Control Desk. The tasks were completed using a click prototype based on the respective development status. The questionnaire-based evaluations and freely formulated feedback from the participants has resulted in many vital recommendations regarding the operating processes and their support by the workplace. Feedback on the processes particularly related to the intended action sequences and communication chains; feedback on the workplace often related to the number and arrangement of the screens or the presentation, prioritisation and grouping of information.

## 5 Outlook

The control centre development for high-performance, user-centred railway operations involving automation technology must incorporate the perspectives of numerous stakeholder groups and combine them into a coherent overall picture. The approach presented in the article has achieved this by means of development work at different planning levels and for different user groups while maintaining a consistent target image. The knowledge gained from one demonstrator must be transferred to the others and incorporated into the overall picture to ensure a continuous gain in knowledge. This transfer typical-

# Steuern, stellen, sichern.



Scheidt & Bachmann – innovative Sicherheitstechnologie seit 1872.

- Betriebsleittechnik
- Stellwerkstechnik
- Bahnübergangstechnik

gen Entwicklungsstand basierenden Klick-Prototypen. Die fragebogenbasierten Bewertungen und frei formulierten Rückmeldungen der Teilnehmer ergaben eine Vielzahl von wichtigen Empfehlungen in Bezug auf Betriebsabläufe und deren Unterstützung durch den Arbeitsplatz. Rückmeldungen zu Abläufen betrafen insbesondere vorgesehene Handlungsabläufe und Kommunikationsketten; Rückmeldungen zum Arbeitsplatz bezogen sich oft auf die Anzahl und Anordnung der Bildschirme oder die Darstellung, Priorisierung und Gruppierung von Informationen.

## 5 Ausblick

Die Leitstandsentwicklung für einen leistungsstarken, nutzerzentrierten Bahnbetrieb unter Einbeziehung von Automationstechnologie muss Perspektiven zahlreicher Stakeholdergruppen einbeziehen und zu einem schlüssigen Gesamtbild zusammenfügen. Der im Beitrag vorgestellte Denkansatz leistet das durch Entwicklungsarbeit auf unterschiedlichen Planungsebenen und für unterschiedliche Nutzergruppen unter Beibehaltung eines konsistenten Zielbilds. An einem Demonstrator gewonnene Erkenntnisse müssen dazu auf die jeweils anderen übertragen und in das übergeordnete Gesamtbild eingepflegt werden, um einen stetigen Erkenntnisgewinn sicherzustellen. Diese Übertragung findet typischerweise nach der Durchführung von Demonstrator-basierten Untersuchungen statt.

Für die Forschenden des DLR stehen im nächsten Schritt Untersuchungen mit den im Beitrag vorgestellten Demonstratoren an. Insbesondere am integrierten Arbeitsplatz und mit der Ablaufsimulation für Betriebsverfahren werden wir im kommenden Jahr mit der Unterstützung durch aktives Betriebspersonal weitere Erkenntnisse zur Gestaltung von GoA 4-Leitständen gewinnen. Unter Berücksichtigung der erzielten Ergebnisse folgt darauf eine Feldbetriebserprobung der Konfiguration mit zwei aufgabenspezifischen Arbeitsplätzen. Die so auf taktischer und operativer Ebene gesammelten Erkenntnisse werden anschließend zur Weiterentwicklung der Konzeption auf strategischer Ebene genutzt. ■

## LITERATUR | LITERATURE

- [1] <https://www.dlr.de/de/ts/forschung-und-transfer/projekte/ato-cargo>
- [2] IEEE Standard for Communications-Based Train Control (CBTC) Performance and Functional Requirements, Piscataway, NJ, USA, 2004
- [3] Schöne, S.; Mönsters, M.; Käthner, D.; Brandenburger, N.: „ATO-Cargo: Betriebsverfahren für die Rückfallebenen des hochautomatisierten Bahnbetriebes“, SIGNAL+DRAHT (115), 10/2023, pp. 18-25
- [4] Janicki, J.: Systemwissen Eisenbahn, 3rd edition, Berlin: Bahn Fachverlag GmbH, 2021
- [5] Vicente, K. J.: Cognitive Work Analysis, Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1999
- [6] Richtlinie 408, Modul 408.2553: Unregelmäßigkeiten an Fahrzeugen oder Ladungen, DB Netz AG, Frankfurt a.M., Dez. 2017
- [7] Environment and Natural Resources Division, „United States and Norfolk Southern Railroad Settlement Agreement for the East Palestine Train Derailment“, Jul. 2024
- [8] Naumann, A.; Brandenburger, N.: „From GoA2 to Remote Operation. Workplaces in highly automated rail,“ in 7th International Human Factors Rail Conference, 2021

ly takes place after the demonstrator-based investigations have been carried out.

The next step for the DLR researchers is to carry out investigations with the demonstrators presented in this article. We will gain further insight into the design of GoA 4 control centres in the coming year, particularly at the integrated workstation and with the process simulation for operating procedures, with the support of active operating personnel. The field operation testing phase will follow in the ATO-Cargo project while taking the achieved results into due consideration. This phase will be used to test and extensively evaluate the configuration with two task-specific workstations. These tactical and operative investigations will help further develop the current conceptual considerations at the strategic level. ■

## AUTOREN | AUTHORS

### Dipl.-Psych. David Käthner

Wissenschaftlicher Mitarbeiter / *Research Associate*  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / German Aerospace Center  
Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institute of Transportation Systems*  
Anschrift / *Address*: Lilienthalplatz 7, D-38108 Braunschweig  
E-Mail: david.kaethner@dlr.de

### Dipl.-Ing. Stefanie Schöne

Wissenschaftliche Mitarbeiterin / *Research Associate*  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / German Aerospace Center  
Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institute of Transportation Systems*  
Anschrift / *Address*: Lilienthalplatz 7, D-38108 Braunschweig  
E-Mail: stefanie.schoene@dlr.de

### Malte Petersen, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter / *Research associate*  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / German Aerospace Center  
Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institute of Transportation Systems*  
Anschrift / *Address*: Lilienthalplatz 7, D-38108 Braunschweig  
E-Mail: malte.petersen@dlr.de

### Dr. Annika Dreßler, Dipl.-Psych.

Forschungsgruppenleiterin / *Research Group Leader*  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / German Aerospace Center  
Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institute of Transportation Systems*  
Anschrift / *Address*: Rutherfordstraße 2, D-12489 Berlin  
E-Mail: annika.dressler@dlr.de

### Jan Wegener, M.A.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter / *Research Associate*  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / German Aerospace Center  
Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institute of Transportation Systems*  
Anschrift / *Address*: Lilienthalplatz 7, D-38108 Braunschweig  
E-Mail: jan.wegener@dlr.de

### Dr. rer. nat. Niels Brandenburger, M.Sc.

Wissenschaftlicher Mitarbeiter / *Research Associate*  
Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. / German Aerospace Center  
Institut für Verkehrssystemtechnik / *Institute of Transportation Systems*  
Anschrift / *Address*: Rutherfordstraße 2, D-12489 Berlin  
E-Mail: niels.brandenburger@dlr.de