

Rückwärtsfahren mit ETCS – die Anwendung der Betriebsart Reversing

Driving in reverse with ETCS – the application of Reversing mode

Tim Rothbarth | Richard Kahl

Bedingt durch die baulichen Eigenschaften und die bei Störfällen auftretenden physikalischen Rahmenbedingungen, besteht in Eisenbahntunnel eine hohe Wahrscheinlichkeit für Personen- und Sachschäden. Beispiele dafür sind die Brandkatastrophen in der Gletscherbahn „Kaprun 2“ im Jahr 2000 oder im Mont-Blanc-Tunnel ein Jahr zuvor. Beide Ereignisse zeigen, dass die beengten Platzverhältnisse sowie mögliche Luftströmungen in der Tunnelröhre zu sehr hohen Temperaturen und Rauchgaskonzentrationen führen können. Die aktuellen betrieblich-technischen Lösungen zur Evakuierung werden den Anforderungen zur Schadensminimierung nur bedingt gerecht, wobei das European Train Control System (ETCS) vielversprechende Nutzungsmöglichkeiten vorsieht.

1 Evakuierung im Brandfall – Status quo

Bei spurgeführten Verkehrssystemen setzen bisherige Rettungskonzepte im Wesentlichen auf

- Selbstrettung der Fahrgäste unter Begleitung des Zugpersonals oder
- Zurückfahren des Zuges zu einem sicheren Ort.

Das Konzept der Selbstrettung kann, speziell bei mobilitätseingeschränkten Fahrgästen, nur bedingt angewendet werden, da einerseits ein Höhenunterschied zwischen Zug und Rettungsweg überwunden und andererseits Wege zu Fuß (z. B. zu einem Notausgang im Tunnel) zurückgelegt werden müssen.

Für das Rückwärtsfahren eines Zuges sind betriebliche und technische Rahmenbedingungen zu berücksichtigen. So kann beispielsweise ein Güterzug nicht ohne weiteres Personal zurücksetzen [1], da sich der Triebfahrzeugführer (Tf) an der ursprünglichen Spitze des Zuges befindet, die nun das Zugende bildet. Für den Fall, dass, wie bei Reisezügen nicht unüblich, am hinteren Ende ein weiterer Führerstand vorhanden ist, könnte der Tf diesen besetzen. Im Brandfall ist dies jedoch nur verzögert möglich, da der Tf einen Fußweg zurücklegen muss. Im Idealfall führt dieser durch den Triebzug, und der Tf muss ggf. nur den durch Fahrgäste und Gepäck erschwerten Weg zurücklegen, was aber wertvolle Zeit kostet. Im Fall gekuppelter, aber nicht durchgehender Einheiten (z. B. zwei gekuppelte Triebzüge) muss der Tf hierfür einen Weg außerhalb und damit im möglicherweise schon verrauchten Tunnel (Gefahrenbereich) zurücklegen.

Neben den skizzierten technischen Bedingungen ergeben sich betriebliche Faktoren, die für eine solche Rückwärtsfahrt beachtet werden sollten. Damit gemäß Fahrdienstvorschrift der DB InfraGO ein Zug zurücksetzen kann, müssen durch das Stellwerkspersonal Vorbedingungen (z. B. Verständigung beteiligter Stellen, Eingabe von Merkhinweisen und Hilfssperren, Sicherung des Fahrwegs) erfüllt werden. Anschließend muss dem Zurücksetzen durch Befehl des

The structural characteristics of railway tunnels and the physical conditions that arise during any incidents pose a high probability of personal injury and property damage. Examples include the fires on the Kaprun 2 glacier railway in 2000 and in the Mont Blanc Tunnel a year earlier. Both events demonstrate that the confined space and potential air currents within the tunnel can lead to extremely high temperatures and smoke concentration. The current operating and technical evacuation solutions only partially meet the requirements for minimising damage, although the European Train Control System (ETCS) offers promising potential applications.

1 Evacuation in the case of fire – the status quo

In rail-guided transport systems, current rescue concepts primarily rely on:

- passengers rescuing themselves with the assistance of train staff, or
- the train returning to a safe location.

The self-rescue concept can only be applied to a limited extent, especially for passengers with reduced mobility, because, on the one hand, it is necessary to overcome the difference in elevation between the train and the escape route and, on the other hand, any distances (e.g. to an emergency exit in a tunnel) must be covered on foot.

Operating and technical constraints must be considered when reversing a train. For example, a freight train cannot simply reverse without any additional personnel [1], as the driver is located at the original front of the train, which now forms the rear. If, as is not uncommon with passenger trains, there is another driver's cab at the rear, the driver could occupy it. However, in the event of a fire, this is only possible with a delay, as the driver has to walk. Ideally, this route leads through the train and the driver only has to cover a path that may be obstructed by passengers and luggage, but this still costs valuable time. In the case of coupled units without any direct passage (e.g. two coupled trainsets), the driver has to travel outside the tunnel and thus potentially through a smoke-filled environment (danger zone).

In addition to the outlined technical conditions, there are also operating factors that should be considered for such a reverse movement. According to the DB InfraGO operating regulations, the signal box personnel must fulfil certain prerequisites in order for a train to reverse (e.g. notifying the relevant parties, entering warnings and auxiliary locks and securing the route). Subsequently, the reversal must have been authorised by the train dis-

Fahrdienstleiters zugestimmt werden [1]. Auch bei Anwendung eines digitalen Befehls ist hier ein Zeitbedarf anzunehmen, der vermutlich nicht zur Verfügung steht. Hinzu kommt die notwendige Fahrzeit zum Verlassen des Gefahrenbereichs (ggf. sogar des gesamten Tunnels), die bei einer zulässigen Höchstgeschwindigkeit von 20 km/h [1] ebenfalls nicht unerheblich ist.

Beides steht im Widerspruch zu einer schnellstmöglichen Evakuierung im Brandfall und erfordert moderne Lösungsansätze, die ETCS bieten kann.

2 Zurücksetzen zur Störungsbewältigung

Es gibt eine Vielzahl möglicher Störungssituationen, infolge derer Züge nicht mehr die Fahrt in der ursprünglichen Fahrtrichtung fortsetzen können. Die Ursachen dafür lassen sich im Wesentlichen einteilen in

- direkt fahrzeugbedingt (z. B. Störung am führenden Führerstand),
- indirekt fahrzeugbedingt (durch eine Störung an einem anderen vorausbefindlichen Zug) oder
- infrastrukturbedingt (z. B. Weichenstörung im Fahrweg).

Unabhängig von der Störungsursache besteht das Ziel, den Betrieb möglichst verspätungsarm weiterzuführen und Fahrgäste möglichst schnell aus einer sich daraus ergebenden Zwangslage (auch Verspätung) zu befreien.

Sofern möglich, könnte in solchen Fällen das Rückwärtsfahren eine Lösung darstellen, Reisende zeitnah aus derartigen Situationen zu entlassen und gleichzeitig auch dazu beitragen, Verspätungen und deren Auswirkungen zu reduzieren. Diese Annahme gilt für das gesamte Eisenbahnnetz und somit auch außerhalb von Tunneln.

3 ETCS-Mode Reversing

Die in den ETCS-Spezifikationen [2] definierte Betriebsart (Mode) Reversing (RV) ermöglicht es, einen Zug ohne Führerstandswechsel an einen „sicheren Ort“ fahren zu lassen, was auch durch Rückwärtsfahren geschehen kann.

In Europa kommt RV in einigen langen Eisenbahntunneln (z. B. Gotthard-Basistunnel, Lötschberg-Basistunnel, Koralm-Tunnel) schon heute zum Einsatz oder ist in Planung (z. B. Semmering-Basistunnel). Auch im Erzgebirgstunnel auf der Neubaustrecke (NBS) Dresden–Prag wird der Einsatz aktuell geprüft, was durch eine Diplomarbeit [3], betreut durch die Professur für Verkehrssicherungstechnik der TU Dresden, untersucht wurde und eine Erstanwendung im deutschen Eisenbahnnetz darstellen würde.

In einigen Tunneln mit RV-Ausrüstung wurde in der Vergangenheit die Anwendung auch bei Betriebsstörungen praktiziert. So z. B. seit 17. Oktober 2022 im Gotthard-Basistunnel. Dabei fahren die Züge nicht zwangsläufig aus dem Tunnel heraus, sondern können auch nur bis zu einer im Tunnel vorhandenen „Multifunktionsstelle“ (vergleichbar mit einer Überleitstelle) zurücksetzen, um anschließend die Fahrt in der anderen Tunnelröhre in ursprünglicher Fahrtrichtung fortzusetzen.

4 Technische Voraussetzungen gemäß ETCS-Spezifikationen

Die ETCS-Spezifikationen [2] ordnen RV als ETCS-Mode mit eingeschränkter Überwachung ein. Dabei sollen die Voraussetzungen für die Rückwärtsfahrt möglichst einfach und zeitsparend umgesetzt werden. Zur Fahrt in RV sind, neben Handlungen des Tf auf dem Führerstand, zwei Datenpakete erforderlich, die an den ETCS-Fahrzeugrechner (European Vital Computer – EVC) gesendet werden müssen.

patcher [1]. Even when using a digital command, a time requirement must still be assumed, which is likely unavailable. Furthermore, the necessary travel time to leave the danger zone (possibly even the entire tunnel) must also be taken into account, which is likewise not insignificant at a maximum permissible speed of 20 km/h [1].

Both these things contradict the need for the fastest possible evacuation in the event of a fire and require modern solutions, which ETCS can offer.

2 Reset to disruption management

There are numerous possible disruptions that can prevent trains from continuing their journeys in the original direction. The causes can be broadly categorised as:

- directly related to the train (e.g. a malfunction in the leading driver's cab),
- indirectly related to the train (due to a malfunction in a train ahead) or
- related to the infrastructure (e.g. a points failure on the track).

Regardless of the cause, the goal is to maintain service with minimal delays and to extricate passengers from any resulting inconvenience (including delays) as quickly as possible. Where feasible, reversing the train's movement could provide a solution in such cases, thereby allowing passengers to be released from these situations promptly and simultaneously helping reduce delays and their impact. This assumption applies to the entire railway network, including the areas outside tunnels.

3 ETCS mode Reversing

The operating mode (mode Reversing or RV) defined in the ETCS specifications [2] allows a train to travel to a “safe place” without a change of driver, which can also be achieved by reversing.

In Europe, RV is already in use in some long railway tunnels (e.g. the Gotthard Base Tunnel, Lötschberg Base Tunnel, Koralm Tunnel) or is planned for use (e.g. the Semmering Base Tunnel). Its use is also currently being examined in the Erzgebirge Base Tunnel on the new Dresden–Prague high-speed line (NBS), as investigated in a diploma thesis [3] supervised by the Chair of Railway Signalling and Transport Safety Technology at TU Dresden, and would represent the first application in the German railway network.

Its use has also been practiced in the past in some tunnels equipped with reversing equipment during disruptions to operations. For example, this has been the case in the Gotthard Base Tunnel since October 17, 2022. The trains do not necessarily have to exit the tunnel, but can also reverse to a “multifunctional point” (comparable to a crossover point) located in the tunnel, in order to then continue their journey in the original direction of travel in the tunnel's other tube.

4 The technical requirements according to ETCS specifications

The ETCS specifications [2] classify reversing as an ETCS mode with limited monitoring. The requirements for reverse operations should be implemented as simply and quickly as possible. In addition to actions by the train driver in the cab, two data packets are required to operate in reverse mode; these must be sent to the ETCS on-board computer (European Vital Computer – EVC).

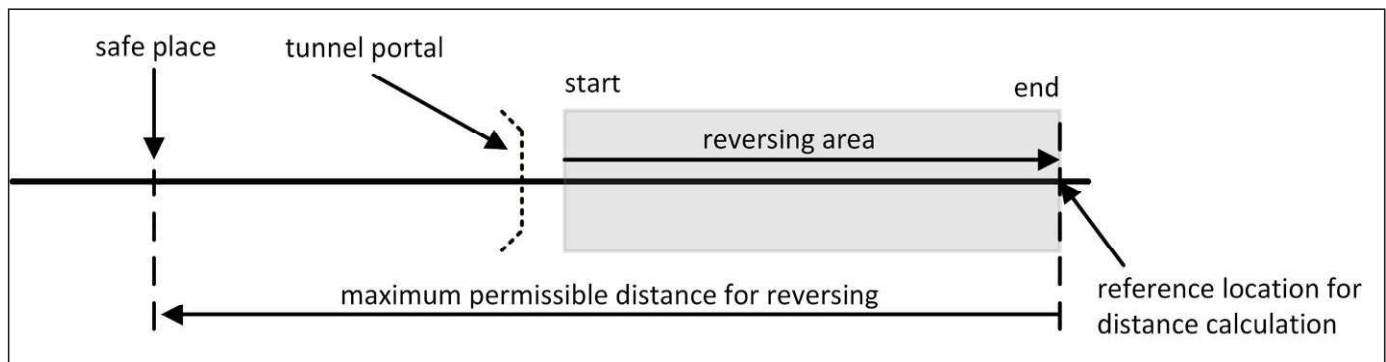


Bild 1: Beispielhafte Darstellung einer Reversing Area (grau) mit Darstellung der bei Reversing zurückzulegenden Distanz

Fig. 1: An example of a reversing area (grey) showing the distance to be covered during reversing

4.1 Paket 138 – Reversing Area Information

Mittels des Pakets 138 wird eine Reversing Area (Bild 1 – reversing area) definiert. Diese beschreibt den Bereich, in dem bei Stillstand des Zuges der Wechsel in den ETCS-Mode RV und somit der Wechsel der Fahrtrichtung, ohne die Änderung der Orientierung des Zuges bezogen auf die Position des Führerstands, zulässig ist. Begrenzt wird die Reversing Area durch einen definierten Start- und Endpunkt. Letzterer dient bei der Fahrt in RV als Referenzpunkt für die Wegmessung durch das Fahrzeug. Aufgrund der Tatsache, dass die Reversing Area lediglich den Bereich des zulässigen Richtungswechsels beschreibt, sind die Reversing Areas meist sehr viel kleiner als der Bereich, in dem sich ein Zug mit RV bewegt.

In [2] wird das Vorhandensein von Reversing Areas nicht auf Tunnelbereiche beschränkt. Zudem werden zwei grundsätzliche Verfahren zur Übermittlung des Pakets 138 an den EVC beschrieben. Einerseits kann Paket 138 stets (bspw. durch eine Balise) an das Fahrzeug übertragen werden. Eine entsprechende Anzeige zur Möglichkeit des Wechsels nach RV erhält der Tf aber nur nach Halt des Zuges. Diese Variante wird auch als „feste Reversing Area“ bezeichnet. Charakteristisch dafür sind definierte Szenarien für den Wechsel und die Fahrt in RV. Dies bietet sich beispielweise bei Tunneln mit vielen Nothaltestellen an, bewirkt aber umgekehrt eine Kapazitätseinschränkung der Strecke, da bei dieser Variante stets mit der Fahrt eines Zuges in RV gerechnet werden muss, bis dieser die nächste Reversing Area erreicht hat. Begründet ist dies insbesondere auch durch die Tatsache, dass Paket 138 stets gemeinsam mit einem Paket 139 (siehe nachfolgender Abschnitt) übertragen werden soll.

Eine alternative Möglichkeit besteht darin, Paket 138 (und auch Paket 139) für jeden RV-Vorgang individuell durch die ETCS-Zentrale (Radio Block Centre – RBC) zu übertragen. Dabei wird für den entsprechenden Zug, basierend auf Vorgängen im Stellwerk (z. B. Einstellen einer entsprechenden rückwärtsorientierten Fahrstraße), eigens eine Reversing Area aufgespannt. Diese können als „flexible Reversing Areas“ bezeichnet werden.

4.2 Paket 139 – Reversing Supervision Information

Neben den Informationen, dass der Fahrtrichtungswechsel und die Rückwärtsbewegung zulässig sind, benötigt der EVC Informationen zur möglichen Fahrt in RV, die mittels Paket 139 „Reversing Supervision Information“ übertragen werden. Dabei wird dem EVC die zulässige Distanz – bezogen auf den Endpunkt der Reversing Area – und die zulässige Höchstgeschwindigkeit für die Fahrt in RV übermittelt. Diese Höchstgeschwindigkeit wird nicht durch einen nationalen Wert definiert, sondern ergibt sich aus der Abwägung einer Vielzahl von Kriterien durch den Betreiber der Eisenbahninfrastruktur. So gilt bspw. bei der Schweizerische Bundesbahnen AG (SBB)

4.1 Packet 138 – Reversing area information

Packet 138 defines a reversing area (fig. 1). This describes the area in which switching to ETCS RV mode and thus changing the direction of travel is permitted in a stationary train without changing the train's orientation relative to the driver's cab. The reversing area is bounded by a defined start and end point. The latter serves as a reference point for the vehicle's distance measurement when travelling in RV mode. Given that the reversing area only describes the area of permissible direction changes, reversing areas are usually much smaller than the area in which a train actually travels in RV mode.

The existence of reversing areas in [2] is not limited to tunnel sections. Furthermore, two fundamental methods for transmitting Packet 138 to the EVC are described. On the one hand, Packet 138 can always be transmitted to the vehicle (e.g. via a balise). However, the train driver only receives the corresponding indication of the possibility of switching to reversing once the train has come to a stop. This variant is also referred to as a “fixed reversing area”. It is characterised by defined scenarios for the switch and the journey in reversing. This is suitable, for example, for tunnels with many emergency stops, but conversely, it also results in a track capacity restriction, since this variant means that a train must always be expected to be reversing until it reaches the next reversing area. This is also particularly based on the fact that Packet 138 should always be transmitted together with Packet 139 (see the following section).

An alternative option involves transmitting Packet 138 (and also Packet 139) individually for each reversing operation via the ETCS Radio Block Centre (RBC). In this case, a separate reversing area is defined for the corresponding train based on the operations in the interlocking (e.g. setting a corresponding reverse-oriented route). These can be referred to as “flexible reversing areas”.

4.2 Packet 139 – Reversing Supervision Information

In addition to the information as to the fact that reversing and moving in reverse are permitted, the EVC also requires information on the possible operation in reverse (RV), which is transmitted via Packet 139 “Reversing Supervision Information.” This packet provides the EVC with the permissible distance – relative to the endpoint of the reversing area – and the permissible maximum speed for the reversing operation. This maximum speed is not defined by a national value but results from the consideration of numerous criteria by the railway infrastructure operator. For example, Schweizerische Bundesbahnen AG (SBB) and BLS AG have a maximum speed of 80 km/h within tunnels and 40 km/h in the tunnel portal area [3].

und BLS AG innerhalb der Tunnel eine Höchstgeschwindigkeit von 80 km/h, im Bereich der Tunnelportale 40 km/h [3].

[2] fordern, dass mit Paket 138 auch Paket 139 zu übertragen ist. Gleichzeitig ist definiert, dass ein bestehendes Paket 139 immer durch ein neu empfangenes überschrieben wird. Demnach wird bei festen Reversing Areas immer eine vorher projektierte Distanz und Geschwindigkeit übertragen. Bei einer flexiblen Reversing Area kann dies in Abhängigkeit von dem konkret gesicherten Fahrweg erfolgen, was mehr Freiheitsgrade bei der Behebung der Gefahren- oder Störungssituation ermöglicht. Erst nach Erhalt beider Pakete durch den EVC und den Wechsel in den Mode RV ist es möglich, die Fahrtrichtung zu wechseln und Rückwärtsbewegungen durchzuführen.

Während der Fahrt wird seitens des EVC die Einhaltung der in Paket 139 enthaltenen Höchstgeschwindigkeit und die RV-Distanz überwacht. Eine Geschwindigkeitsüberwachung mittels Bremskurven erfolgt allerdings nicht. Es liegt in der Verantwortung des Tf, die zulässige Geschwindigkeit und Distanz einzuhalten. Bei Überschreitung erfolgt eine fahrzeugseitige Bremsung, jedoch kein Wechsel in die ETCS-Betriebsart Trip. Je nach Festlegung des Infrastrukturbetreibers können für die Fahrt in RV verschiedene Geschwindigkeiten, in Abhängigkeit von der Trassierung, projektiert werden. Der Wechsel der zulässigen RV-Geschwindigkeit kann durch ein neues Paket 139 erfolgen, kann jedoch technisch nicht angekündigt werden. Hier liegt es in der Verantwortung des Tf, diesen Geschwindigkeitswechsel zu kennen und entsprechend darauf zu reagieren, was sich in der praktischen Umsetzung schwierig gestaltet. Allerdings könnten der Tf durch automatisierte Textmeldungen auf einen Geschwindigkeitswechsel hingewiesen werden, was die Informationslücke schließen würde.

5 Abweichungen zum ETCS-Funktionsumfang

Durch Festlegungen in den Spezifikationen stehen bei der Anwendung von RV eine Vielzahl der üblichen Funktionalitäten von ETCS nicht zur Verfügung. Neben der schon beschriebenen fehlenden Bremskurvenüberwachung betrifft dies vor allem

- Linking,
- Gradient Profile und International Static Speed Profile (SSP),
- RBC Transition Order und
- Track Conditions.

Dieser reduzierte Funktionsumfang wurde bewusst gewählt, um im Evakuierungsfall Fahrten in RV mit möglicherweise fehlerbehafteten oder falsch verarbeiteten Informationen nicht zu blockieren. Ziel ist es, Fahrten in RV möglichst robust gegen derartige Fehlerquellen zu machen, da im Evakuierungsfall die Gesundheit von Personen an erster Stelle steht. Zugleich erzeugen diese unterdrückten Funktionalitäten negative Auswirkungen bzw. Einschränkungen, auf die nachfolgend kurz eingegangen werden soll.

5.1 Linking

Die Nichtverfügbarkeit von Linking sorgt dafür, dass Balisengruppen nicht mehr als „Last Relevant Balise Group (LRBG)“ genutzt werden können. Infolgedessen können die, sich während der Fahrt aufsummierten, Odometriefehler nicht zurückgesetzt werden. Somit vergrößert sich mit der in RV zurückgelegten Strecke das zulässige Konfidenzintervall ($\pm 5 \text{ m} + 5 \%$ der zurückgelegten Strecke seit der LRBG) für die Ortung. Bild 2 zeigt dies schematisch.

Dies sorgt dafür, dass für Fahrten in RV zum Teil sehr viel mehr Fahrweg gesichert werden muss, als tatsächlich benötigt wird. Beispielsweise sichert die BLS AG bei einer erforderlichen RV-Distanz von 10000 m einen Fahrweg mit der Länge von 12105 m [3]. Entsprechende Auswirkungen sind bei der Projektierung zu berücksichtigen.

[2] requires Packet 139 be transmitted along with Packet 138. Furthermore, the existing Packet 139 is defined as always being overwritten by the newly received one. Therefore, a previously planned distance and speed are always transmitted for fixed reversing areas. Flexible reversing areas mean that this can be achieved subject to the specific secured travel path, thereby allowing for more degrees of freedom when resolving hazardous or fault situations.

Only after the EVC has received both packets and switched to RV mode is it possible to change direction and reverse.

Throughout the journey, the EVC monitors the compliance with the maximum speed and the reversing distance specified in Packet 139. However, speed monitoring via braking curves is not performed. It is the train driver's responsibility to ensure that the permissible speed and distance are maintained. The train brakes if the limits are exceeded, but does not switch to ETCS Trip mode. Various speeds can be configured for RV depending on the infrastructure manager's specifications and the track layout. A change in the permissible reversing speed can be triggered by a new Packet 139, but this cannot be announced technically. It is the train driver's responsibility to be aware of this speed change and to react accordingly, which is difficult to do in practice. However, the train driver could be notified of a speed change via automated text messages, which would close this information gap.

5 Deviations from the ETCS functional scope

Many of the usual ETCS functionalities are unavailable when using RV due to the specifications. In addition to the previously described lack of brake curve monitoring, this primarily affects

- Linking
- the Gradient Profile and International Static Speed Profile (SSP)
- the RBC Transition Order and
- the Track Conditions.

This reduced functionality was a deliberate choice so as to prevent any potentially faulty or incorrectly processed information from blocking RV journeys during evacuations. The goal is to make reversing journeys as robust as possible against any such sources of error, as the health of people is paramount during evacuations. At the same time, however, these suppressed functionalities do have some negative consequences and limitations, which will be briefly discussed below.

5.1 Linking

The unavailability of linking means that balise groups can no longer be used as load-relevant balise groups (LRBGs). Consequently, the odometry errors accumulated during travel cannot be reset. Therefore, the permissible confidence interval ($\pm 5 \text{ m} + 5 \%$ of the distance travelled since the LRBG) for positioning increases with the distance travelled in reversed mode. Fig. 2 illustrates this schematically.

This means that significantly more track length must be secured for reversing operations than is actually needed. For example, BLS AG secures a track length of 12,105 m for a required reversing distance of 10,000 m [3]. The corresponding effects must be taken into account during project planning.

5.2 The Gradient Profile and International Static Speed Profile (SSP)

During a reversing operation, the EVC cannot receive the usual information regarding the gradient and speed profile of the track. Here, too, it is the sole responsibility of the train driver to

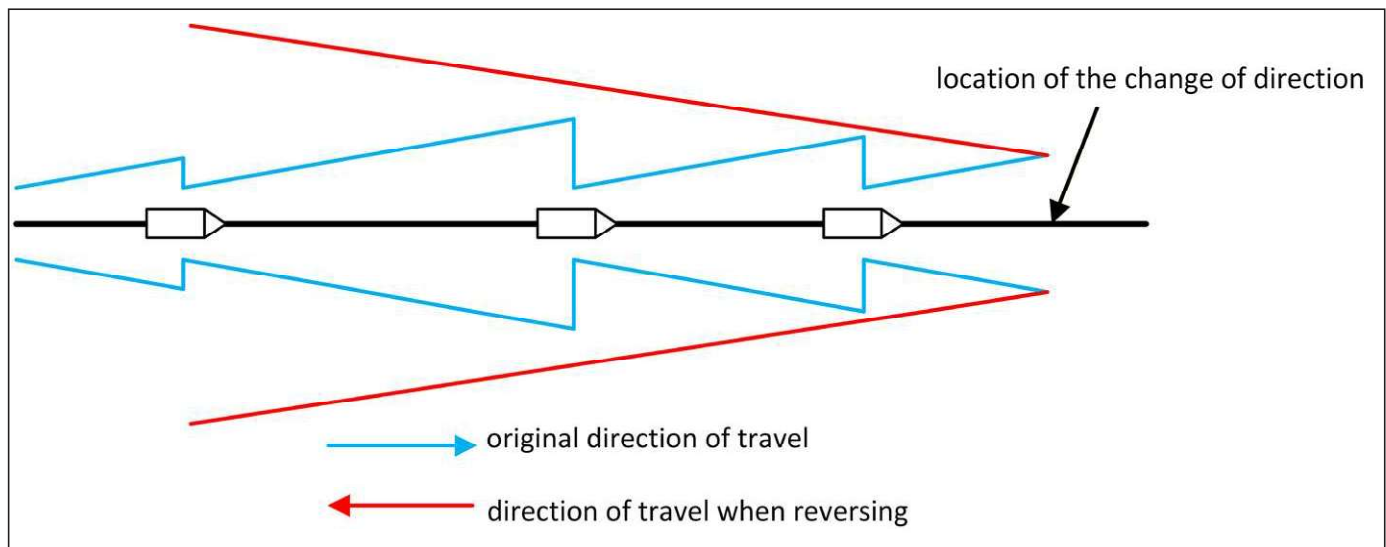


Bild 2: Prinzipdarstellung für das Anwachsen des Konfidenzintervalls bei Reversing. Die qualitative Größe des Konfidenzintervalls wird durch die vertikale Abweichung von der schwarzen Gleisachse dargestellt.

Fig. 2: A schematic representation of the increase in the confidence interval during reversing. The qualitative size of the confidence interval is represented by the vertical deviation from the black track axis.

5.2 Gradient Profile und International Static Speed Profile (SSP)

Dem EVC können bei einer Fahrt in RV nicht die üblichen Informationen hinsichtlich der Neigungsverhältnisse und des Geschwindigkeitsprofils der Strecke übertragen werden. Auch hier liegt es in der alleinigen Verantwortung des Tf, die Geschwindigkeit und die Bremsenansatzpunkte anhand der Streckenkenntnis und seiner Erfahrungen zu wählen. Es ist demnach eine RV-Geschwindigkeit zu wählen, die geringer als die Streckenhöchstgeschwindigkeit im gesamten RV-Anwendungsbereich ist.

5.3 RBC Transition Order

Durch die ETCS-Spezifikationen wird die Information „RBC Transition Order“ bei Fahrt in RV ausgeschlossen – eine Fahrt über eine RBC-Grenze ist somit grundsätzlich nicht möglich. In sehr speziellen Fällen, z. B. bei Beginn der Fahrt in RV im Bereich eines RBC-Übergangs, existieren wenige Grenzfälle, bei denen die Fahrt über die RBC-Grenze aber doch möglich sein kann. Darauf soll aber an dieser Stelle nicht weiter eingegangen werden, da es sich wie bereits erwähnt um Ausnahmen handelt, welche für ein schlüssiges Evakuierungskonzept nicht berücksichtigt werden können. Der Umstand, dass bei Fahrt in RV ein RBC-Wechsel nicht möglich ist, führt de facto zu einem Nutzungsausschluss von RV in RBC-Grenzbereichen. Dies sollte durch geeignete Wahl der RBC-Grenze, z. B. außerhalb und in geeignetem Abstand von Tunneln, vermieden werden. Eine weitere Option ist die Überlappung der RBC-Verantwortlichkeit in den Bereich des jeweils benachbarten RBC und die Übertragung der Fahrweginformationen an beide RBC. Somit könnte eine Fahrt in RV über eine RBC-Grenze stattfinden, ohne einen RBC-Wechsel erforderlich zu machen. Alternativ ist auch eine Anpassung der ETCS-Spezifikation denkbar, was allerdings zeitnah nicht zu erwarten ist.

5.4 Track Conditions

Mit Paket 68 „Track Conditions“ werden dem EVC Besonderheiten zur Strecke übertragen. Diese Informationen können beispielsweise Notbremsüberbrückungsabschnitte, die Position von Tunnelnothaltstellen, Oberleitungsschutzstrecken oder Bereiche mit eingeschränkter Funkversorgung sein. Es stellt sich die Frage, ob der Tf während eines Stör- oder Evakuierungsszenarios überhaupt die erforderlichen Hand-

select the speed and braking points based on track knowledge and experience. Therefore, a reversing speed should be chosen that is lower than the maximum track speed across the entire reversing application area.

5.3 The RBC Transition Order

The ETCS specifications exclude the “RBC Transition Order” information when reversing, thus generally preventing travel across an RBC boundary. In very specific cases, such as when reversing begins within the area of an RBC transition, there are a few borderline cases where crossing the RBC boundary might be possible. However, these will not be discussed any further here, as they are exceptions that cannot be considered in a coherent evacuation concept. The fact that an RBC change is not possible when reversing effectively precludes the use of reversing in RBC boundary areas. This should be avoided by selecting the RBC boundary appropriately, for example outside and at a suitable distance from tunnels. Another option is to overlap RBC responsibility into the area of the adjacent RBC and to transmit the route information to both RBCs. This would allow travel in RV mode across an RBC boundary without requiring an RBC change. Alternatively, an adjustment to the ETCS specification is also conceivable, although this is not expected in the near future.

5.4 Track Conditions

The “Track Conditions”, i.e. specific information about the route, are transmitted to the EVC with Packet 68. This information can include, for example, emergency brake override sections, the position of tunnel emergency stops, overhead line protection sections or areas with limited radio coverage. The question arises whether the train driver can initiate the necessary actions at the right time during a malfunction or evacuation scenario. Two examples are presented below.

Areas with limited radio coverage are announced to the EVC via Packet 68. Subsequently, the EVC suspends the monitoring of the continuous connection to the RBC (“Supervision of safe radio connection”). If this were not the case, the EVC would re-

lungen zum richtigen Zeitpunkt einleiten kann. Exemplarisch werden nachfolgend zwei Beispiele vorgestellt.

Bereiche mit eingeschränkter Funkversorgung werden dem EVC mittels Paket 68 angekündigt. Daraufhin wird die Überwachung der kontinuierlichen Verbindung zum RBC („Supervision of Safe Radio Connection“) durch das EVC ausgesetzt. Wäre das nicht der Fall, würde nach einer in den Nationalen Werten definierten Zeit eine in den Nationalen Werten definierte Reaktion durch das EVC erfolgen. Im Netz der DB InfraGO beträgt diese Zeit 40 Sekunden, die Reaktion ist eine Zwangsbetriebsbremsung [4]. Seitens des Tf besteht keine Möglichkeit, die „Supervision of Safe Radio Connection“ händisch auszusetzen. Somit kann bei einer Fahrt in RV keine Ersatzhandlung durch den Tf erfolgen, was nach 40 Sekunden zu einer Zwangsbetriebsbremsung führt. Dies steht im Widerspruch zu einer schnellen Evakuierung und ist zu vermeiden. Das Durchfahren von Oberleitungsschutzstrecken ist in RV grundsätzlich möglich, setzt einerseits Handlungen durch den Tf voraus (fahrzeugseitiges Ausschalten des Hauptschalters ist in RV nicht möglich), andererseits ist auch hier die richtige Positioneinschätzung unabdingbar. Demgegenüber kann argumentiert werden, welche Risiken überhaupt bestehen, sollte der Tf vergessen, den Hauptschalter rechtzeitig auszuschalten. Mit dem Feststellen der fehlenden Fahrdrachtspannung wird fahrzeugseitig der Hauptschalter automatisch ausgeschaltet und der Stromabnehmer gesenkt. Es ist jedoch mit einem Lichtbogen und entsprechendem Materialabbrand zu rechnen. Die daraus resultierenden Schäden sind im Brandfall in einem Eisenbahntunnel vermutlich als unbedeutend zu betrachten, für andere Störsituationen (z. B. ein liegengebliebener Zug) nicht. Auch Oberleitungsschutzstrecken sind daher entsprechend zu positionieren.

6 Fazit

RV stellt eine Möglichkeit dar, Züge ohne Umstieg des Tf rückwärtsfahren zu lassen. Dabei erfolgen eine technische Sicherung und Überwachung der Fahrt in einem geringeren, aber ausreichenden Umfang, als dies im Regelbetrieb der Fall ist. Somit kann RV als sichere und nutzbare Variante für Rückwärtsfahrten betrachtet werden. Die Anwendung für den Brandfall im Tunnel ist die ursprüngliche Motivation bei der Einführung von RV. Gleichzeitig offenbart sich aber auch das Potenzial für die Nutzung von RV im Störfall, auch außerhalb von Eisenbahntunneln.

Zugleich werden durch die Komplexität der Eisenbahninfrastruktur und der vorhandenen betrieblichen Regeln die Grenzen von RV deutlich. Die Gründe dafür liegen in den aktuellen ETCS-Spezifikationen. Es sollte geprüft werden, ob eine Weiterentwicklung der Betriebsart RV möglich ist, um bestimmte Funktionen, wie z. B. die Handhabung von RBC-Wechsel, zu ermöglichen. ■

act in the way defined in the national values after a time likewise specified in the national values. In the DB InfraGO network, this time is 40 seconds, and the reaction is an emergency braking action [4]. The train driver has no option of manually suspending the supervision of safe radio connection function. Therefore, the driver cannot take any alternative action when the train is in reverse, which leads to an emergency braking manoeuvre after 40 seconds. This contradicts the need for a rapid evacuation and must be avoided.

Passing through overhead line protection sections is generally possible in reverse, but requires action by the train driver (switching off the main circuit breaker on the train is not possible in reverse). Furthermore, accurate position assessment is essential. However, one could argue the extent of the risks that exist if the train driver forgets to switch off the main circuit breaker in time. Upon detecting the absence of an overhead line voltage, the train automatically switches off the main circuit breaker and lowers the pantograph. However, an arc flash and corresponding material charring must be expected. The resulting damage would likely be considered insignificant in the event of a fire in a railway tunnel, but not in other situations (e.g. a stranded train). Therefore, overhead line protection sections must also be positioned accordingly.

6 Conclusion

Reversing offers a way of operating trains in reverse without the driver having to change positions. The technical safety and monitoring of the journey are implemented to a lesser, but still sufficient, extent than in normal operations. Therefore, reversing can be considered to be a safe and viable option for reverse travel. The initial motivation for introducing reverse operations was its use in the event of a fire in a tunnel. However, its potential for use in the event of a disruption, even outside railway tunnels, is also evident.

At the same time, the complexity of railway infrastructure and existing operating rules clearly define the limitations of reverse operations. These limitations are due to the current ETCS specifications. An examination should be undertaken as to whether further development of the reverse operation mode is possible, perhaps by adding certain functions such as handling RBC changes. ■

LITERATUR | LITERATURE

- [1] DB InfraGO AG, Geschäftsbereich Fahrweg, Grundlagen und Verfahren Bahnbetrieb: Richtlinien 408 „Fahrdienstvorschrift“, Neuherausgabe, gültig ab 14.12.2025
- [2] European Railway Agency: SUBSET-026 – System Requirements Specification, Version 4.0.0, 05.07.2023
- [3] Rothbarth, T.: Anwendung des ETCS-Mode Reversing in Eisenbahntunnel, Diplomarbeit, Technische Universität Dresden, 2025
- [4] Trinckauf, J.; Maschek, U.; Kahl, R. (Hrsg.): ETCS in Deutschland. 2. Auflage, Hamburg, Leverkusen: GRT Global Rail Academy and Media GmbH, 2024

AUTOREN | AUTHORS

Dipl.-Ing. Tim Rothbarth

Leiter Betriebsbezirk in der Betriebszentrale Leipzig /
Head of the Operational District at the operations centre Leipzig
DB InfraGO AG
Anschrift / Address: Brandenburger Straße 1, D-04103 Leipzig
E-Mail: tim.rothbarth@deutschebahn.com

Dr.-Ing. Richard Kahl

Leitender Ingenieur / Chief Engineer
CERSS Kompetenzzentrum Bahnsicherungstechnik GmbH
Anschrift / Address: Bernhardstraße 77, D-01187 Dresden
E-Mail: richard.kahl@cerss.com