ERTMS Hybrid Level 3

ERTMS Hybrid Level 3

Maarten Bartholomeus | Laura Arenas | Roman Treydel | Francois Hausmann | Norbert Geduhn | Antoine Bossy

Der nachfolgende Artikel beschreibt ein spezifisches Konzept zur Implementierung von ERTMS Level 3, das Hybrid Level 3. ERTMS Level 3 wird in der ZZS TSI [1] definiert und führt trotz Wegfall streckenseitiger Zugortungsanlagen zu einer Erhöhung der Streckenkapazität durch kürzere Zugfolgezeiten, reduzierten Kosten, verbesserter Flexibilität und einer höheren Zuverlässigkeit im Vergleich zu ERTMS Level 2. Aber warum ist ERTMS Level 3 dann nicht die Standardlösung bei der Implementierung von ERTMS?

1 Herausforderungen von Level 3

Die Implementierung von Level 3 bringt einige Herausforderungen mit sich. So müssen z. B. Züge unter Level 3 im Allgemeinen mit einem Vollständigkeitsüberwachungssystem (Train Integrity Monitoring System – TIMS) ausgerüstet sein. Aufgabe des TIMS ist es, die ERTMS-Streckenseite über die sichere Position des Zugschlusses zu informieren und die Vollständigkeit des Zuges zu prüfen. Während es schon heute möglich ist, ein TIMS für Triebzüge zur Verfügung zu stellen, so stellt der Einsatz bei lokbespannten Zügen noch immer eine Herausforderung dar. Diese Problematik ist ein kritischer Punkt, der für Level 3 noch zu lösen ist, da schon ein einziger Zug ohne Vollständigkeitsüberwachung den Betrieb vieler anderer Züge innerhalb des Level 3-Bereichs behindern kann.

Da keine streckenseitige Zugortung zur Verfügung steht, ist man bei Level 3 vollständig darauf angewiesen, dass die ETCS-Zentrale zu jeder Zeit die Position und den Vollständigkeitsstatus jedes Zuges oder Fahrzeuges, welches sich im überwachten Bereich befindet, kennt. Diese Bedingung kann in der Praxis nicht immer erfüllt werden, betrachtet man die vielen Szenarien, in denen Fahrzeuge nicht mit der ETCS-Zentrale verbunden sind. Dies ist z. B. der Fall bei ausgeschalteten Zügen oder abgestellten Waggons, aber auch bei Verbindungsfehlern.

Wenn keine Funkverbindung vorhanden ist, ist der Zug für die ETCS-Zentrale nicht sichtbar. Dies ist der Fall, wenn ein ETCS-Fahrzeuggerät in den Rangiermodus schaltet, wenn es absichtlich abgeschaltet ist oder die Verbindung aufgrund von Funkstörungen verloren wurde. Selbst wenn die ETCS-Zentrale die letzte erfasste Position des Zuges und die letzte Fahrterlaubnis (Movement Authority – MA) kennt und speichert, gibt es keine Garantie dafür, dass der Zug in der Zeit, in der er nicht verbunden ist, in diesem Bereich verbleibt. Es könnte z. B. erforderlich sein, dass der Zug unter Berücksichtigung betrieblicher Regelungen seine Fahrt fortsetzt. Außerdem könnte sich ein Schienenfahrzeug ganz ohne Erlaubnis bewegen. Ohne streckenseitige Zugortung kann in diesen Fällen eine genaue Position eines Zuges nicht ausreichend zuverlässig bestimmt werden.

Außerdem muss der Betriebsfall, in dem eine ETCS-Zentrale absichtlich oder aufgrund eines Fehlers neu gestartet wird und in der Folge alle Informationen über die Züge in dem betroffenen

This article describes a specific concept for the implementation of ERTMS Level 3, the Hybrid Level 3 concept. ERTMS Level 3 is defined in the CCS TSI [1]. It can deliver better capacity, reduce costs, improve flexibility and increase reliability in comparison with ERTMS Level 2 by removing the need for trackside train detection equipment. But why is ERTMS Level 3 not the widely-chosen Level for ERTMS implementations?

1 Challenges of Level 3

There are a few challenges with the implementation of Level 3. For instance, Level 3 requires trains to be fitted with a train integrity monitoring system (TIMS). Its purpose is to inform the ERTMS trackside about the safe location of the rear of the train and about whether the train is confirmed to be physically complete and has not been broken or split. Whereas it appears possible already today to provide a TIMS for fixed-composition passenger trains, providing a TIMS for variable composition trains (such as freight or locomotive-hauled passenger trains) is still a challenge. It is a critical area to resolve for Level 3, as just one train without integrity monitoring could affect the operational performance of many trains in a Level 3 area.

In the absence of trackside train detection, Level 3 fully relies on the condition that the RBC (radio block centre) knows at all times the position and integrity status of each train or vehicle that is physically present in the area under its control. The problem is that in practice that condition cannot always be fulfilled, considering the wide range of scenarios with vehicles that are not connected to the RBC, for instance switched-off trains, parked wagons or communication failures.

When there is no radio connection, the train movements are not visible to the RBC. That is the case when an ERTMS onboard unit enters shunting mode, when it is switched off intentionally or connection is lost due to radio issues. Even if the RBC remembers the latest reported position of the train and the area in which the train was authorised to move, there will be no guarantee that the train will stay within that area whilst disconnected. For example, there could be reasons to move the train under the supervision of operational procedures, and a railway vehicle could also move without any authorisation. Without trackside train detection, there is no way for the trackside to know the location of such a train in a sufficiently reliable way.

Then there is the need to solve the scenario in which an RBC is restarted intentionally or due to a failure and all information about the trains in its area is lost. Recovering from this situation would be cumbersome (sweeping the whole Level 3 area) and could take a long time, causing significant operational disruption.

Another issue is the accuracy and or possible delay of the reported train position. This margin in the reported train position and

Ansichtsexemplar bereitgestellt über Eurailpress.de

Abschnitt verloren gehen, beherrscht werden. Die notwendigen Maßnahmen sind aufwendig und führen, da der gesamte Level 3-Bereich der ETCS-Zentrale betroffen ist, zu langwierigen Unterbrechungen im Betriebsablauf.
Ein weiteres Problem ist die Genauigkeit bzw. die mögliche Verzögerung der Meldung der Zugposition. Das Konfidenzintervall der Zugposition und der sicheren Zuglänge kann dazu führen, dass eine Fahrstraße nicht aufgelöst und keine neue Fahrstraße für den nachfolgenden Zug eingestellt werden kann, obwohl alle Fahrstraßenelemente physisch freigefahren sind. Dieses führt zu einer Leistungsverminderung oder sogar zu einer Blockierung, z. B. in einem Überholabschnitt.
Verliert ein Level 3-Zug seine sichere Position, kann die ETCS Zentrale den Zug nicht einem Streckenabschnitt zuordnen, was zusätzliche betriebliche Maßnahmen erfordert.

2 Hybrid Level 3

Hybrid Level 3 wurde entwickelt, um die oben erläuterten Herausforderungen beim Einsatz von Level 3 durch Einsatz bereits vorhandener Technologie (z. B. mit einer begrenzten Anzahl an streckenseitigen Zugortungssystemen) zu lösen. Durch das Konzept wird die Einführung neuer komplexer Betriebsregeln für Level 3 vermieden. Dadurch können auch Züge ohne Vollständigkeitsmeldung auf der Level 3-Strecke verkehren, wenn auch mit längeren Zugfolgezeiten (vergleichbar mit denen in Level 2).
Züge ohne Funkverbindung bleiben über die streckenseitige Ortung sichtbar. Dieses erleichtert die betrieblichen Abläufe, die Detektion von unerlaubten Fahrzeugbewegungen sowie die Wiederaufnahme des Betriebs nach dem Neustart einer ETCS-Zentrale. Es erlaubt eine ähnliche Handhabung wie in Level 2. Zusätzlich ermöglicht die Verwendung von streckenseitigen Zugortungsanlagen an kritischen Stellen im Netz eine schnellere Auflösung von Fahrstraßen, als es bei der alleinigen Verwendung der Meldung der Zugposition durch das Fahrzeug möglich wäre.
Das Konzept Hybrid Level 3 unterstützt den Betrieb von Zügen mit und ohne von ETCS bestätigter Vollständigkeit auf der gleichen Strecke. Hierdurch entsteht die Möglichkeit, die Strecke mit allen Zügen zu nutzen, auch mit Zügen, die noch nicht mit TIMS ausgestattet sind oder dies auch nicht sein werden. Die Streckenkapazität erhöht sich mit steigender Anzahl an Zügen, die mit TIMS fahren. Dadurch ist es möglich, die Streckenkapazität deutlich zu erhöhen, ohne die kostspielige Installation zusätzlicher Technik im Außenbereich. Ein interessantes Anwendungsszenario ist der Mischbetrieb von Zügen mit TIMS in der Hauptverkehrszeit und von Zügen ohne TIMS (z. B. Güterzüge) in Schwachlastzeiten.
Diese Lösung unterstützt auch den Mischbetrieb mit Zügen ohne ETCS-Fahrzeugausrüstung. Nach Durchfahrt eines solchen Zuges setzt der Normalbetrieb automatisch ohne weitere betriebliche Maßnahmen wieder ein, nachdem der Zug einen physischen Blockabschnitt freigefahren hat. Ebenso verhält es sich bei Rangierfahrten, bei denen die Züge ihre Position nicht an die ETCS-Zentrale melden.
Für die Einführung von Hybrid Level 3 auf bereits existierenden Strecken ermöglicht das Konzept den Gebrauch von vorhandenen streckenseitigen Zugortungssystemen. Dadurch ist eine Kapazitätserhöhung mit wesentlich geringerem Aufwand im Vergleich zur Installation von zusätzlicher streckenseitiger Zugortungsausrüstung möglich. Das Konzept erlaubt außerdem eine Verringerung des Umfangs an streckenseitiger Zugortungsausrüstung bei gleichzeitigem Erreichen aller erläuterten Vorteile.

safe train length can result in keeping a point locked behind the train based on such information when in fact the area is physically free. That would reduce the performance and could result in deadlock situations, for instance in an overtaking area. Also, when a train loses its valid position, the Level 3 system cannot locate the train, and additional operational procedures are required.

2 Hybrid Level 3

Hybrid Level 3 has been developed to mitigate the Level 3 challenges described above using existing technology (i. e. a limited amount of trackside train detection). In that way, the concept avoids the need for new and complex operational procedures. It means that trains which are not able to report confirmed integrity can still be authorised to run on the line, albeit with longer headways, comparable to Level 2 operation. Trains which are disconnected from the RBC are no longer lost. They are still visible by means of the trackside train detection, which facilitates operational movements of disconnected trains, protection against unauthorised not connected trains or vehicles, and recovery after RBC restarts. In addition, in certain key locations trackside train detection enables a faster release of critical infrastructure (such as points) than on the basis of train position reports (for example if the position reports are delayed or if there are margins in the reported train length).
The Hybrid Level 3 concept supports both integral and non-integral trains, i. e. trains with and without confirmed train integrity. That provides a migration path for trains operating on the line, enabling full operation of all, including trains not yet fitted or unable to be equipped with a TIMS. The capacity of the line will increase as the Level of trains equipped with TIMS increases. That permits the creation of a high-capacity line if predominantly TIMS-equipped trains are scheduled (for example to create extra capacity in peak hours). It also enables trains without TIMS (such as freight trains) to run, although to achieve maximum capacity benefit at peak times these would need to be scheduled for off-peak timetable slots.
This solution also aids simpler operation of non-ERTMS equipped trains if they are needed to be able to run procedurally on the line (for instance for yellow-fleet movements to work areas). In such circumstances, the normal operation recovers automatically after these trains have passed without operational procedures such as sweeping being required. Identical considerations apply for shunting movements where trains do not report their position to the RBC.
For migration to Hybrid Level 3 on existing railway lines, the concept supports the use of legacy trackside train detection systems, re-using equipment already in place. Only a minimum amount of engineering work would be required on the trackside compared to the works required for increasing capacity by installing more trackside train detection equipment. The concept also allows the amount of trackside train detection equipment to be reduced while getting all the advantages of Level 3.
Last but not least: Hybrid Level 3 is fully compliant with the ERTMS specifications as defined in the CCS TSI [1]. There are no additional requirements for the ERTMS onboard eqipment.

2.1 Main principles for Hybrid Level 3

For Hybrid Level 3, trackside train detection sections (TTD) can be divided into several virtual sub sections (VSS). The occupied

Ansichtsexemplar bereitgestellt über Eurailpress.de

Und nicht zuletzt ist Hybrid Level 3 vollständig konform mit der ERTMS-Spezifikation, wie sie in der ZZS TSI [1] definiert ist. Es bestehen keine weiteren Anforderungen an das fahrzeugseitige ETCS.

2.1 Hauptprinzipien Hybrid Level 3

Für Hybrid Level 3 können streckenseitige Zugortungsabschnitte (Trackside train detection – TTD) in mehrere virtuelle Unterabschnitte (Virtual sub-section – VSS) unterteilt werden. Der Status „belegt" oder „frei" des VSS-Abschnitts basiert dabei sowohl auf der Zugpositionsinformation vom Fahrzeug als auch auf der streckenseitigen Zugortungsinformation. Ein VSS-Abschnitt wird als „frei" bewertet, wenn die zugrunde liegende streckenseitige Zugortung „frei" meldet oder wenn alle Bedingungen erfüllt sind, um den VSS auf Grundlage der Zuginformationen sicher freizumelden. Ein VSS gilt als „belegt", wenn ein Zug sich als in diesem Abschnitt befindlich meldet (auf Grundlage von gemeldeter Zugspitze und erfasster Zuglänge, siehe Bild 1 unten).

Da die zeitliche und räumliche Genauigkeit der streckenseitigen Zugortung und der ETCS-Zugposition erheblich variieren, werden zwei zusätzliche VSS-Zustände eingeführt: „unklar" und „unbekannt". Diese Zustände werden nicht an externe Systeme wie z. B. Leitsysteme gemeldet, dort erscheint der VSS als „belegt". Auf diese Art und Weise werden keine neuen Anforderungen bzw. keine neuen Betriebsregeln für solche Systeme benötigt. So wird es ermöglicht, bestehende Systeme auch für Strecken mit Hybrid Level 3 zu nutzen.

Die verschiedenen Wechsel von VSS-Zuständen, wie in Bild 2 dargestellt, werden auf Grundlage der gemeldeten fahrzeug- und streckenseitigen Informationen definiert. Dies wird im Dokument Hybrid ERTMS/ETCS Level 3 Principles [6] näher beschrieben. Der Wechsel von „belegt" zu „frei" findet zum Beispiel statt, wenn ein vollständiger Zug meldet, dass er einen VSS verlassen hat. Verliert ein Zug seine Zugintegritätsmeldung, wechselt der VSS-Abschnitt von „belegt" zu „unklar". Dieser liegt vor, wenn ein Zug seine Vollständigkeit nicht mehr garantieren kann oder diese länger nicht meldet. Wird ein VSS von einem unvollständigen Zug verlassen, wird dieser von „unklar" auf „unbekannt" gesetzt, und zwar so lange, bis die entsprechende streckenseitige Zugortung „frei" meldet.

or free status of the VSS section is based on both train position information and trackside train detection information. A VSS section is reported free if the underlying trackside train detection is reported free or if all conditions are met to clear this VSS safely on the basis of the information reported by a train. A VSS section is reported occupied if a train reports itself inside this section (based on front-end and reported train length (fig. 1).

Because the timing and spatial accuracy of the trackside train detection and ERTMS train position vary considerably, two additional internal VSS states are introduced: "ambiguous" and "unknown". These statuses will not be reported to the external systems (such as the traffic management system); instead the VSS will appear as occupied. That means that no new requirements and/or operational procedures are needed for such systems. The trackside train detection occupancy information is used only as an input for the VSS status. That is the enabler for using existing systems with this concept.

The different VSS state transitions (fig. 2) are defined on the basis of reported train information and trackside information, which is explained in more detail in the Hybrid Level 3 Principles [6]. For instance, the transition from "occupied" to "free" takes place if an integral train reports that it has left this VSS. Another example is the transition from "occupied" to "ambiguous". That happens when a train loses its integrity or does not report integrity. VSS sections left by a non-integral train in an ambiguous VSS section will become "unknown" until the underlying trackside train detection reports free.

2.2 Protection against non-reporting trains

The Level 3 Hybrid concept protects the system against non-reporting trains (train no longer connected to trackside), ghost trains (vehicle occupying track but completely unknown by trackside) and shadow trains (ghost train following a train operating normally in L3).

To protect against undetected movement of non-reporting trains, the VSS sections on which a train is located when a disconnection is detected by the trackside are set to "unknown". VSSs in advance of the last train location are also set to unknown if they are part of the movement authority (MA) sent to

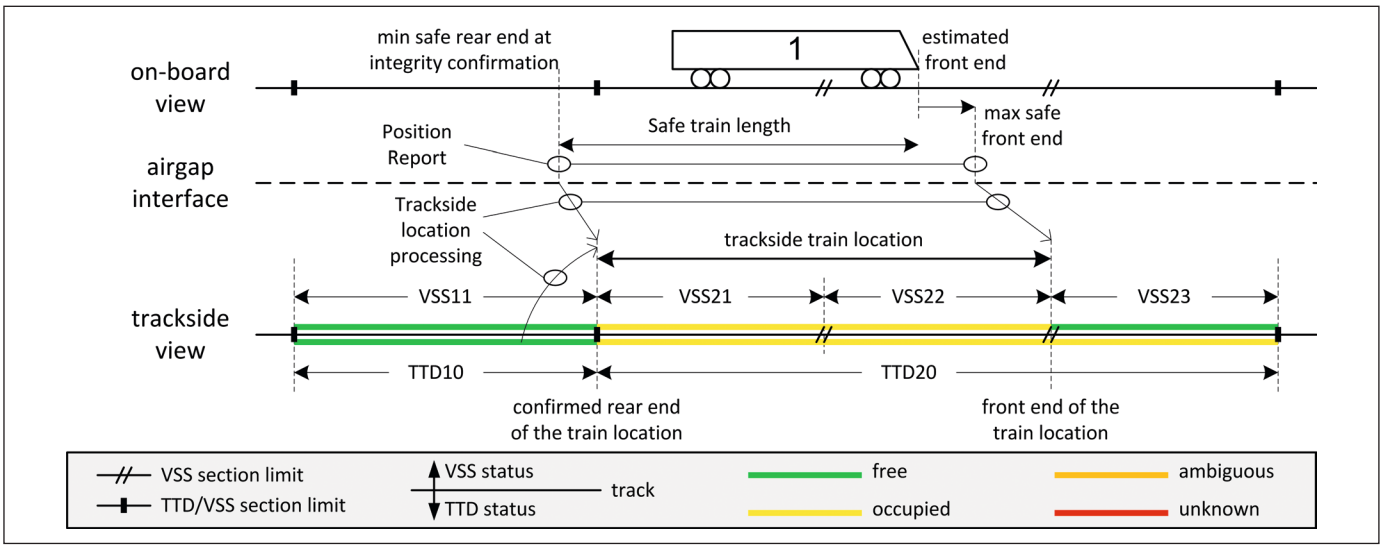

Bild 1: Zugposition eines vollständigen Zuges
Fig. 1: Train location of an integral train

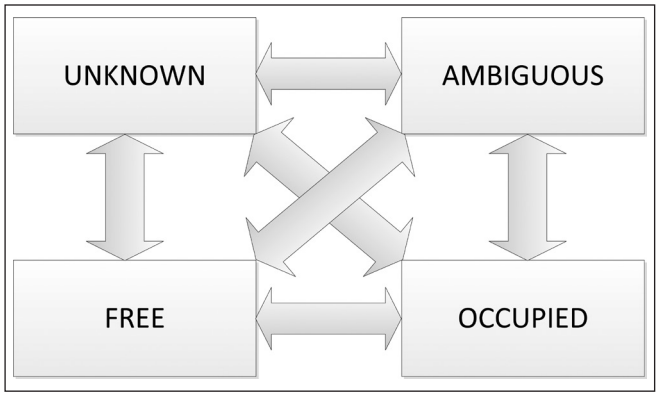

Bild 2: Diagramm zum VSS-Zustand
Fig. 2: VSS section state diagram

2.2 Schutz gegen nicht meldende Züge

Hybrid Level 3 schützt den Eisenbahnbetrieb gegen Züge ohne Funkverbindung, Geisterzüge (Fahrzeuge, die zwar die Strecke belegen, streckenseitig aber überhaupt nicht bekannt sind) und Schattenzüge (Geisterzüge, die einem in Level 3 fahrenden Zug folgen).

Um Schutz gegen unbemerkte Bewegungen von Zügen ohne Funkverbindung zu bieten, wird der VSS, in dem der Zug vor Verlust der Kommunikation lokalisiert war, von „besetzt" auf „unbekannt" gesetzt. Die VSS in Fahrtrichtung davor werden ebenfalls auf „unbekannt" gesetzt, wenn sie Teil der Fahrterlaubnis waren und gleichzeitig der dazugehörige streckenseitige Zugortungsabschnitt auch belegt ist, da der betreffende Zug sich weiterhin innerhalb der Fahrterlaubnis bewegen kann. Damit sind mögliche Zugbewegungen abgesichert.

Da sich ein Zug, nachdem die Funkverbindung unterbrochen wurde, von der Streckenausrüstung unbemerkt bewegen kann, wird der Status „unbekannt" nach einer festgelegten Zeit auch auf die benachbarten VSS vor und hinter dem betroffenen Bereich übertragen, und zwar bis ein freier streckenseitiger Zugortungsabschnitt oder anderer Zug erreicht worden sind.

Bei erneuter Verbindung des Zuges und unveränderter Zuglänge kann der Status der VSS wiederhergestellt werden, um die Weiterfahrt des Zuges zu ermöglichen. Die Zeit bis zur Übertragungen des „unbekannt"-Zustandes auf die angrenzenden Abschnitte kann orts- und richtungsbezogen konfiguriert werden. Das heißt es können auch Richtungswechsel und Falschfahrbetrieb berücksichtigt werden. Dies wird in Bild 3 dargestellt.

Die Übertragung zu einem zurückliegenden Abschnitt kann auch für den Fall des Verlustes der Zugvollständigkeit konfiguriert werden. Dies deckt den Fall ab, dass ein abgetrennter Zugteil unbemerkt zurück in einen freien VSS rollen könnte.

Dieser Mechanismus erlaubt zusammen mit der zusätzlichen Information der streckenseitigen Zugortung eine spezielle Konfiguration derjenigen Bereiche innerhalb des Level 3-Systems, in denen Züge normalerweise abgestellt, geteilt oder miteinander gekoppelt werden. Das Vorhandensein von streckenseitiger Zugortungstechnik verhindert Betriebsstörungen, während einige Vorzüge von Level 3 weiter zur Verfügung stehen, auch wenn nur unzureichende Informationen über die Positionen der Züge in diesen Abschnitten vorhanden sind.

Die „unbekannten" Abschnitte werden normalerweise durch die streckenseitigen Zugortungsabschnitte freigemeldet. In Situationen, in denen die streckenseitige Zugortung die „unbekannten" Abschnitte nicht freimelden kann, ermöglicht Hybrid Level 3 die-

that train, and the underlying trackside train detection reports "occupied", as a train can move immediately within its MA.

As the train can move without the trackside being aware of the movement after the disconnection of the radio link, the status "unknown" is propagated after a specified time onto adjacent VSSs, forward and backward, until a free trackside train detection section or another train is encountered. On reconnection of the same train with an unchanged length, the VSS statuses can be restored to allow continuation of the journey. The propagation time can be configured to be location and direction-specific. That means that the system can take into account conditions where changing direction and opposing movements are required. That is illustrated in fig. 3.

The backward propagation can also be configured for the occasion when a train reports loss of integrity. That covers the risk of a broken train part rolling backwards undetectably into free VSS sections.

This mechanism and the additional information from the trackside train detection allow special configuration of those areas within the Level 3 system where trains are normally parked, split and joined. The presence of trackside train detection avoids impact on normal operation, meaning some benefits of Level 3 can still be provided when insufficient train position information is available.

The "unknown" sections will nominally be released by the trackside train detection. For situations in which the trackside train detection cannot release "unknown" sections, Hybrid Level 3 allows recovery where an integral train can sweep these VSS sections to the "free" status. The train information can also be used to increase the availability of the infrastructure by supporting "sweeping" trains to recover from trackside train detection failures. i. e. in this case the train position information function increases the availability/reliability of overall train detection.

2.3 Ghost and shadow train risk

Ghost trains can be detected by the impermissible occupation of a trackside train detection section. However, as depicted in Fig. 4, the movement of the "ghost/shadow" train (2) only a short distance behind another train (1) might be undetected because of the already occupied trackside train detection. That could result in the trackside authorising another train (3) onto the infrastructure released by the integral train (1).

To add protection against the risk of shadow train movements in Hybrid Level 3, the concept uses the trackside train detection information and the new VSS "ambiguous" status and "unknowns" to check if releasing infrastructure to the rear of the train is safe. If there is a risk, a VSS released by a train will be set to "unknown". Only after it can be guaranteed that there is no risk will the VSS be released on the basis of position reports.

2.4 Example scenario

Fig. 5 depicts a scenario in which the VSS sections are released on the basis of a train confirming its integrity (for example steps 3 and 5) or by trackside train detection information (for example steps 4 and 8). Steps 2 and 6 show an example of the train integrity information being delayed. In step 7 the train did not report integrity for more than a defined waiting period and the VSS section can no longer be released on the basis of this information. In step 8 the VSS sections are released on the basis of trackside train detection information and the integrity is restored, allowing further VSS to be released again on train integ-

Ansichtsexemplar bereitgestellt über Eurailpress.de

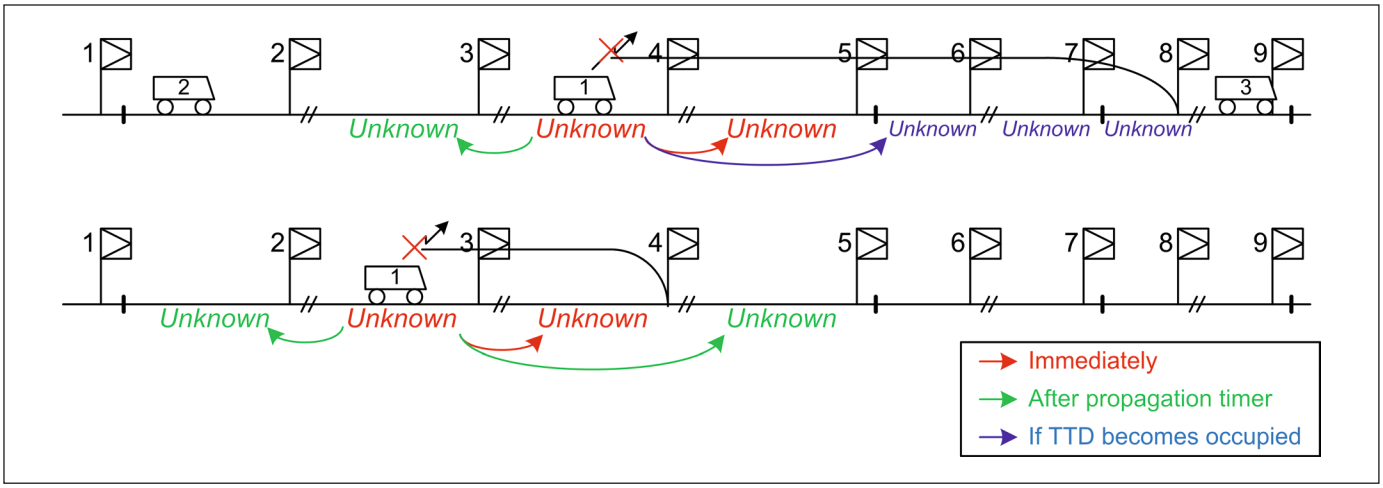

Bild 3: Übertragung von "unbekannt" nach Trennung während Fahrt
Fig. 3: Propagation of "unknown" after disconnection during mission

ses durch eine Überfahrt mit einem vollständigen Zug, der diesen VSS wieder auf „frei" setzen kann.
Die Informationen vom Zug können auch genutzt werden, um nach einem Fehler in der streckenseitigen Zugortung diese wieder nutzbar zu machen und sorgen somit für eine Erhöhung der Verfügbarkeit der Infrastruktur

2.3 Risiko von Geister- und Schattenzügen

Geisterzüge können durch die unzulässige Belegung eines streckenseitigen Zugortungsabschnitts erkannt werden. Jedoch könnte es, wie in Bild 4 dargestellt, auch passieren, dass die Bewegung eines „Geister-/Schatten"-Zuges (2), der mit kurzem Abstand hinter einem anderen Zug fährt (1), nicht erkannt wird, da die streckenseitige Zugortung den Abschnitt bereits als „belegt" gemeldet hat. Dies kann dazu führen, dass die Streckenausrüstung für die durch den vollständigen Zug (1) aufgelöste Strecke einen weiteren Zug (3) freigeben könnte.
Um Schutz gegen unbemerkte Bewegungen von Schattenzügen im Hybrid Level 3 zu bieten, nutzt das Konzept die streckenseitigen Zugortungsinformationen und die neuen VSS-Zustände „unklar" und „unbekannt", um zu überprüfen, ob freigefahrene Fahrstraßen sicher aufgelöst werden können. Wenn ein Risiko bei

rity information. This degraded behaviour of the TIMS function is only included in this scenario to show that the concept is robust against this behaviour.

2.5 Moving or fixed block

The Hybrid Level 3 concept as currently defined uses virtual blocks. That is not a fundamental need for it; it is for pragmatic reasons. By comparison with moving blocks, fixed virtual blocks have less impact on the systems involved, such as the trackside safety system (the combination of RBC and interlocking system) and traffic control centres as well as on the operational procedures.
In a Level 3 moving block system, train separation is done on the last reported safe rear end of the integral train being followed, providing an optimum Level 3 capacity. The "moving block" is based on periodic position reporting of the train rear end and therefore also releases the track in discrete steps. For instance, for a speed of 160 km/h the moving block jumps with distances of greater than 200 m. By using short virtual blocks, the difference in performance between the Hybrid Level 3 concept and a "pure" moving block concept would be minimal (see also the Level 3 DDS concept [3]).

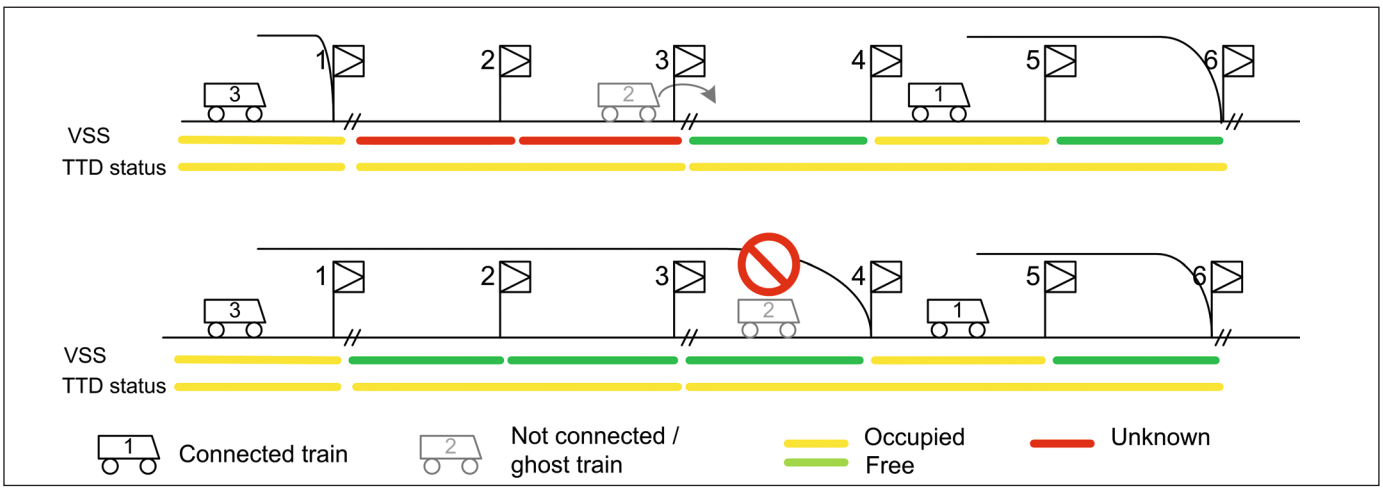

Bild 4: Risiko durch Schattenzug
Fig. 4: Shadow train hazard

Ansichtsexemplar bereitgestellt über Eurailpress.de

steht, wird der aufgelöste VSS auf „unbekannt" gesetzt. Erst nachdem auf Grundlage von Positionsberichten garantiert werden kann, dass kein Risiko mehr besteht, wird der VSS wieder freigemeldet.

2.4 Beispielszenario

In dem untenstehenden Bild 5 ist ein Szenario dargestellt, in dem die VSS aufgrund eines Zuges, der seine Vollständigkeit bestätigt (z. B. Schritte 3 und 5) oder aufgrund der streckenseitigen Zugortungsinformation (z. B. Schritte 4 und 8) freigemeldet werden. In den Schritten 2 und 6 wird ein Beispiel gezeigt, bei dem die Information zur Vollständigkeit des Zuges verspätet eintrifft. In Schritt 7 hat der Zug nach Ablauf einer festgelegten Wartezeit nicht seine Vollständigkeit gemeldet und der VSS kann nicht mehr auf Grundlage dieser Information freigemeldet werden. In Schritt 8 werden die VSS auf Grundlage von Informationen der streckenseitigen Zugortung freigemeldet und die Zugvollständigkeitsmeldung wird wieder gesendet. Dies ermöglicht, dass nachfolgende VSS-Abschnitte erneut auf Grundlage der Information zur Vollständigkeit des Zuges aufgelöst werden können.
Das Störverhalten der TIMS-Funktionalität wurde in dieses Szenario ausschließlich zur Veranschaulichung der Robustheit des Konzepts gegenüber diesem Verhalten integriert und stellt nicht den normalen Betriebsablauf dar.

2.5 Fahren im festen oder wandernden Raumabstand (fixed block oder moving block)

Hybrid Level 3, wie es aktuell definiert ist, verwendet virtuelle ortsfeste Blockabschnitte. Das ist keine unabdingbare Anforderung aus dem Konzept heraus, sondern hat pragmatische Gründe. Im Vergleich zum Fahren im wandernden Raumabstand erfordern virtuelle feste Blockabschnitte weniger Änderungen an vorhandenen Systemen, wie ETCS-Zentrale, Stellwerk und Verkehrsleitzentralen sowie an betrieblichen Prozessen.

3 Benefits and opportunities of using Hybrid Level 3

The possibility of reusing existing trackside train detection in the Hybrid Level 3 concept brings a number of advantages with it.
Hybrid Level 3 allows the management of scenarios where there is no train information available or insufficient such information, i. e. train disconnections or the integrity of the train is unknown.
Hybrid Level 3 allows the running of a mixed fleet of trains, i. e. both those with and without integrity monitoring are supported. However, to achieve the full benefits, it is recommended that new trains should come fitted with ERTMS and train integrity monitoring.
It also manages scenarios at locations where a train is parked, changes direction, shunts, etc. These scenarios have to consider that a train or parts of a train could be moved without being connected to the trackside safety system. Hybrid Level 3 deals with these by using trackside train detection systems to mitigate the problem.
The combination of train position and trackside train detection information provides protection against ghost and shadow trains risks, particularly required at areas with split/parked/shunting train operations and at entrance/exit points of a Level 3 area. In addition, the combination of trackside train detection and train position information provides mutual benefits in performance and reliability to those systems.
Migration to Hybrid Level 3 allows trackside hardware (such as train detection) to be reused and, in the case of migration of a Level 2 system, it could mainly consist of updating the software in the trackside safety systems.
Finally, Hybrid Level 3 permits use of the operational rules developed for Level 2 deployments with minimum alteration. That means that the expected personnel training requirements for

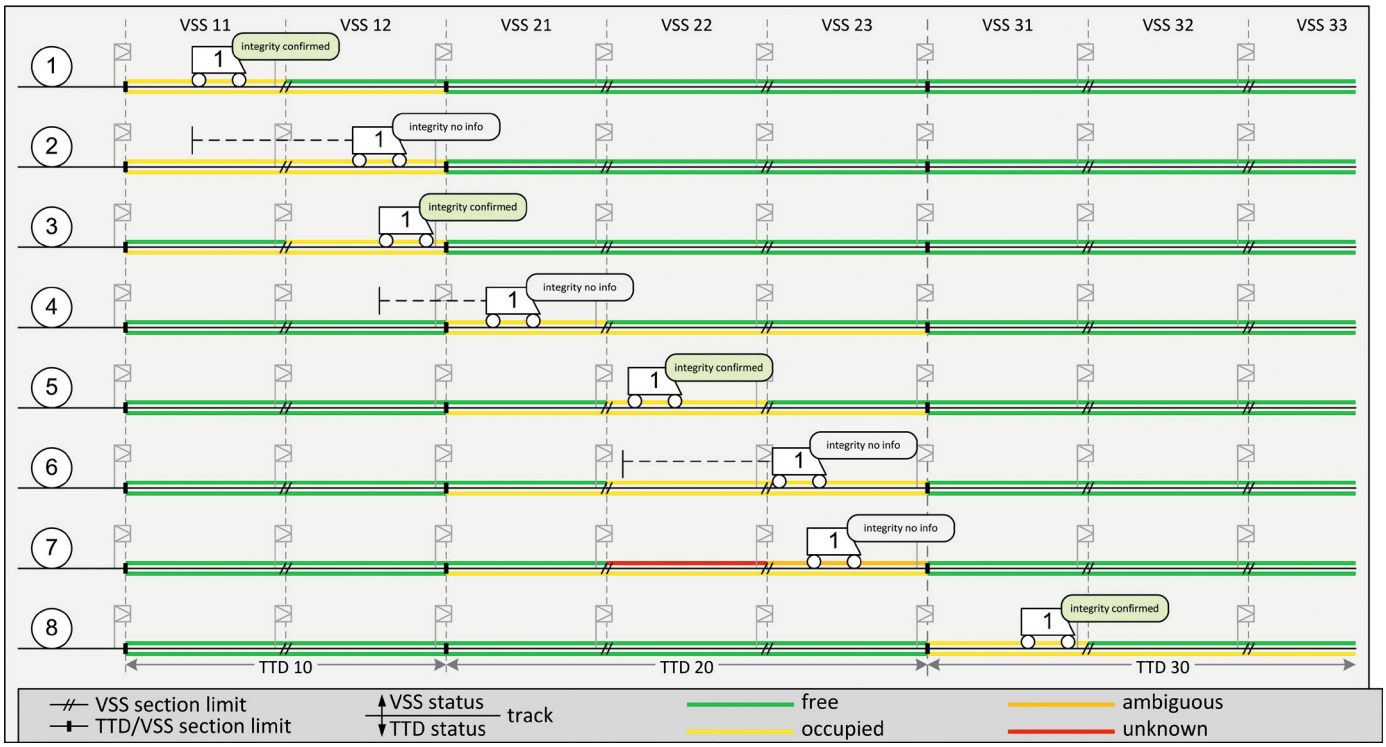

Bild 5: Beispielszenario
Fig. 5: Example scenario

Ansichtsexemplar bereitgestellt über Eurailpress.de

In einem Level 3-System mit Fahren im wandernden Raumabstand kann die Fahrterlaubnis im Prinzip bis zum zuletzt als sicher gemeldeten Zugschluss des vorausfahrenden Zuges erteilt werden, wodurch eine optimale Kapazität erreicht wird. Der „wandernde Block" basiert auf einem regelmäßigen Positionsbericht des Zugschlusses und gibt somit in diskreten Schritten Infrastruktur frei. Bei einer Geschwindigkeit von z. B. 160 km/h springt der wandernde Block mit Entfernungen >200 m. Bei der Verwendung von kurzen virtuellen Blöcken ist der Unterschied in der Leistungsfähigkeit zwischen dem Hybrid Level 3-Konzept mit virtuellen festen Blöcken und einem „reinen" L3-Konzept mit Fahren im wandernden Raumabstand minimal (siehe auch General Principles ERTMS Level 3 with Dynamic SubSectioning [3]).

3 Vorzüge und Chancen durch die Nutzung von Hybrid Level 3

Die Möglichkeit, bei Hybrid Level 3 die bereits existierende Streckenausrüstung zur Zugortung wiederzuverwenden, bringt viele Vorteile mit sich.
Hybrid Level 3 ermöglicht die Handhabung von Szenarien, bei denen keine oder unzureichende Informationen des Zuges vorliegen. Dies ist z. B. der Fall bei Trennung der Funkverbindung oder wenn die Zugvollständigkeit unbekannt ist.
Hybrid Level 3 erlaubt den Mischbetrieb von Zügen mit und ohne TIMS. Um das Potenzial der Kapazitätserhöhung auszuschöpfen, ist es jedoch empfehlenswert, neue Züge von vornherein mit ETCS und TIMS auszurüsten.

such an implementation will be minimal (assuming drivers, signallers, etc. have already been trained to operate Level 2).

3.1 Current development status and outlook

This solution is being developed through cooperation between ProRail and Network Rail (see [4]) with the assistance of the ERTMS Users Group, Alstom, Bombardier, Siemens, Ansaldo, Ansaldo (Arup) and SNCF Réseau. The requirements and standards are published [6] and demonstrated in 2017.

3.2 The development process for Hybrid Level 3

The Hybrid Level 3 solution is being developed and then validated to achieve technical demonstrators in several steps:

- A set of common Hybrid Level 3 principles [2] has been developed in cooperation with Alstom, Bombardier and Siemens.
- A laboratory simulation of the Hybrid Level 3 principles was organised by ProRail in 2016 with support from Network Rail, Alstom, Siemens, Bombardier, Ansaldo, Arup, SNCF Réseau and the ERTMS User Group [5].
- A ProRail/Network Rail demonstration was successfully performed in 2017 in the ERTMS National Integration Facility (ENIF) in the United Kingdom.
- A Hybrid Level 3 pilot line is planned for 2018. The pilot demonstration will be used to verify compliance with the specifications and to check the expected performance of the system.

We set priorities.
Together for safety.

SCHALTBAU PINTSCH BAMAG
www.pintschbamag.de

SCHALTBAU PINTSCH ABEN
www.pintschaben.com

SCHALTBAU PINTSCH TIEFENBACH
www.pintschtiefenbach.de

Es werden außerdem auch Szenarien abgedeckt, in denen Züge abgestellt werden, sie ihre Richtung wechseln oder sich im Rangiermodus befinden. Bei diesen Szenarien muss berücksichtigt werden, dass sich Züge oder Teile eines Zuges fortbewegen können, ohne dies an die Streckenseite zu melden. Hybrid Level 3 ermöglicht dies durch den Einsatz von streckenseitigen Zugortungssystemen.
Die Kombination von strecken- und fahrzeugseitigen Informationen zur Positionierung der Züge stellt einen Schutz gegen das Risiko von Geister- und Schattenzügen dar. Dies ist insbesondere in Zugteilungs- / Abstell- und Rangierbereichen relevant sowie bei Anfang und Ende eines Level 3-Bereichs. Zusätzlich erhöht diese intelligente Kombination der Informationen Leistungsfähigkeit und Zuverlässigkeit der Systeme.
Eine Umrüstung zu Hybrid Level 3 erlaubt die Weiterverwendung vorhandener Streckenausrüstung wie Zugortungsanlagen. Die Umrüstung eines Level 2-Systems auf Hybrid Level 3 besteht hauptsächlich aus einer Anpassung von Projektierungsdaten und Software der Streckenausrüstung.
Nicht zuletzt erlaubt Hybrid Level 3 die Weiterverwendung von betrieblichen Regelungen, die für Level 2 entwickelt wurden, mit nur minimalen Änderungen. Das heißt, dass die zu erwartenden Schulungsanforderungen an das Personal ebenfalls gering sind (davon ausgehend, dass Triebfahrzeugführer, Fahrdienstleiter etc. bereits für Level 2 geschult sind).

3.1 Aktuelle Entwicklung, Status und Ausblick

Dieser Lösung wurde durch die Zusammenarbeit von ProRail und Network Rail (siehe [4]) und mithilfe der ERTMS Users Group, Alstom, Bombardier, Siemens, Ansaldo, Ansaldo (Arup) und SNCF Réseau entwickelt. Für 2017 wurde die Anforderungsspezifikation Hybrid Level 3 fertig gestellt und die Funktionalität demonstriert.

3.2 Entwicklungsprozess Hybrid Level 3

Die Hybrid Level 3-Lösung wird in mehreren Stufen entwickelt und validiert:

- General Principles ERTMS Level 3 with Virtual SubSectioning [2] wurde in Zusammenarbeit mit Alstom, Bombardier und Siemens entwickelt.
- Eine Laborsimulation des Hybrid Level 3-Prinzips wurde 2016 von ProRail mit Unterstützung von Network Rail, Alstom, Siemens, Bombardier, Ansaldo, Arup, SNCF Réseau und der ERTMS User Group [5] organisiert.
- Eine ProRail/Network Rail-Demonstration wurde im Jahr 2017 in der ERTMS National Integration Facility (ENIF) erfolgreich durchgeführt.
- Eine Hybrid Level 3-Pilotstrecke ist für 2018 geplant. Die Pilotdemonstration soll genutzt werden, um die Konformität mit der Spezifikation sicherzustellen und die zu erwartende Leistungsfähigkeit des Systems zu überprüfen.

4 Zusammenfassung

Es gibt aktuell eine eindeutige Anforderung an eine verbesserte Kapazität und reduzierte Kosten unserer Netze. Das Konzept Hybrid Level 3 ist in der Lage, diesem Anspruch gerecht zu werden und bietet die Vorzüge von Level 3 in Kombination mit den bereits in Level 2 gemachten Erfahrungen. Gleichzeitig ermöglicht es eine sanfte Migration für Züge, Betriebsvorschriften und streckenseitige Systeme. ■

4 Conclusion

There is a clear requirement on our networks today to improve capacity and reduce costs. The Hybrid ERTMS Level 3 concept is able to meet this need and to bring the benefits of Level 3 combined with the already achieved experience of Level 2 while allowing a smooth migration for trains, operational rules and trackside systems. ■

LITERATUR | LITERATURE

[1] Commission regulation (EU) 2016/919 on the technical specification for interoperability relating to the 'control-command and signalling' subsystems of the rail system in the European Union, vom 27. Mai 2016
[2] General Principles ERTMS Level 3 with Virtual SubSectioning, ProRail, 27.08.2015
[3] General Principles ERTMS Level 3 with Dynamic SubSectioning, ProRail, 10.02.2015
[4] Memorandum of Understanding between Network Rail and ProRail, unterzeichnet am 02.02.2016
[5] Level 3 with Virtual Sub Sectioning, General Principles test report, Siemens, 23.12.2016
[6] Hybrid ERTMS/ETCS Level 3 Principles, EUG, 28.02.2017

AUTOREN | AUTHORS

Maarten Bartholomeus Drs.
ERTMS expert
ProRail
Anschrift/*Address*: Moreelse Park 3, NL-3511 EP, Utrecht
E-Mail: maarten.bartholomeus@prorail.nl

Laura Arenas
Senior Engineer CCS/ERTMS
Network Rail
Anschrift/*Address*: Euston House, 24 Eversholt Street, UK-London
E-Mail: laura.arenas@networkrail.co.uk

Roman Treydel
Lead Engineer
ERTMS Users Group
Anschrift/*Address*: Rue Froissart 123-133, B-1040 Brussels
E-Mail: rtreydel@ertms.be

Francois Hausmann
Expert Main Line System
Alstom
Anschrift/*Address*: Alstom, 50-52 rue Cambier Dupret, B-6001 Charleroi
E-Mail: francois.hausmann@transport.alstom.com

Nobert Geduhn
Principal Expert Main Line Systems
Siemens AG
Anschrift/*Address*: Ackerstr. 22, D-38126 Braunschweig
E-Mail: norbert.geduhn@siemens.com

Antoine Bossy
ETCS Expert, Ikos Consultant for ERTMS Major Projects
Departement of SNCF Réseau
Anschrift/*Address*: 155 rue Anatole-France, F- 92593 Levallois-Perret
E-Mail: ext.ikos.antoine.bossy@reseau.sncf.fr

Ansichtsexemplar bereitgestellt über Eurailpress.de