

# Diskussion zu ausgewählten Aspekten von ETCS Hybrid Level 3

In den letzten Jahren lag der Fokus bei der Einführung von ETCS auf der Herstellung der Interoperabilität auf den TEN-Korridoren, dem Ersatz abgekündigter und/oder abgängiger Zugsicherungstechnik und der Realisierung von Kapazitätssteigerungen. Mit ETCS Hybrid Level 3 wird angestrebt, Kapazitätssteigerungen kostengünstiger zu realisieren. Dieser Artikel grenzt ETCS Hybrid Level 3 gegenüber ETCS L2, insbesondere in Bezug auf die Systemarchitektur, die kapazitiven Auswirkungen und den Betrieb in Rückfallebenen, ab.



## 1. Kurzeinführung ETCS Hybrid Level 3

ETCS Level 3 erfordert die fahrzeugseitige Zugvollständigkeitsmeldung. Diese wird durch das Train Integrity Monitoring System (TIMS) durchgeführt und mit dem Train Position Report (TPR) dem Radio Block Center (RBC) zur Verfügung gestellt. Dadurch entsteht neben der klassischen Gleisfreimeldung, welche nachfolgend als Trackside Train Detection (TTD) bezeichnet wird, eine zusätzliche Form der sicheren Information zur Gleisfreimeldung. Mit dieser ist es möglich, eine Erweiterung der Blockteilung durch „fixed virtual blocks“ oder „moving block“ zu implementieren.

Eine gegenwärtig wahrscheinliche Umsetzung von ETCS Level 3 ist ETCS Hybrid Level 3 (HL3) unter Nutzung von „fixed virtual blocks“. Ein Vorteil im Vergleich zur Nutzung von „moving block“ sind die ge-

ringeren notwendigen Anpassungen an der Gesamtarchitektur [1]. Diese Ausprägung wird dementsprechend im vorliegenden Artikel betrachtet.

Durch die Integration von „fixed virtual blocks“ bei HL3 erfolgt eine Unterteilung der stellwerksseitigen mit TTD-begrenzten Belegungsabschnitte in virtuelle Belegungsabschnitte, so genannte Virtual-Sub-Sections (VSS). Deren Belegung wird ohne Mitwirkung der Stellwerkslogik durch die Interpretation des TPR mit Vollständigkeitsmeldung ermittelt.

## 2. Systemarchitektur

ETCS Level 2 (L2) dient in den hier ange-stellten Betrachtungen als Grundlage zur Implementierung von HL3. Bevor die Unterschiede der Systemarchitektur von L2 und HL3 gegenübergestellt werden (siehe



**Eike Hennig M. Sc.**  
Ingenieur bei quattron management consulting GmbH / VIA Consulting & Development GmbH  
e.hennig@via-con.de



**Madeleine van Hövell M. Sc.**  
Ingenieurin bei quattron management consulting GmbH / VIA Consulting & Development GmbH  
m.vanhoevell@via-con.de



**Dipl.-Ing. Kerstin Bükler**  
Ingenieurin bei quattron management consulting GmbH / VIA Consulting & Development GmbH  
k.bueker@via-con.de

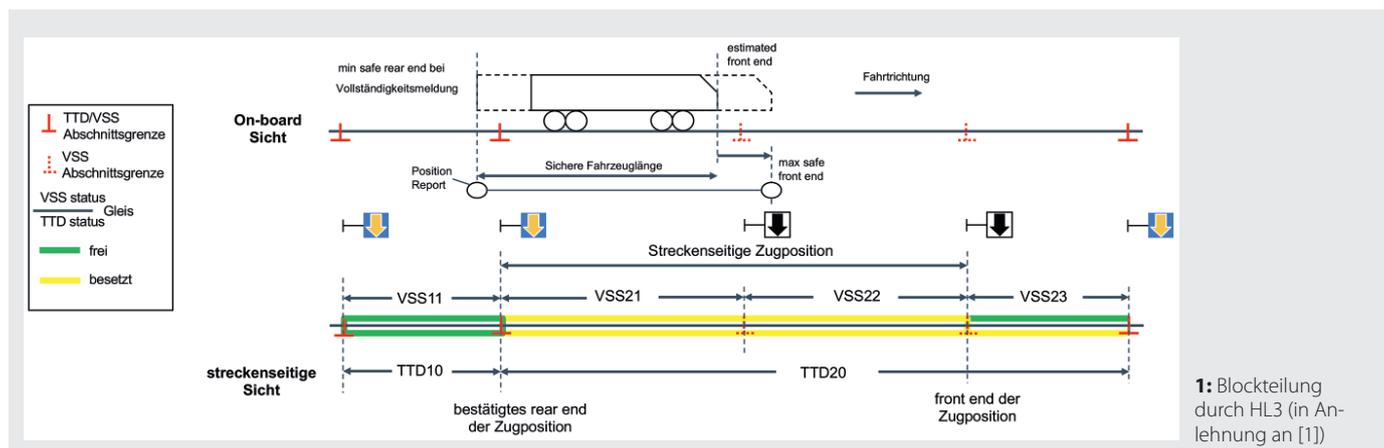
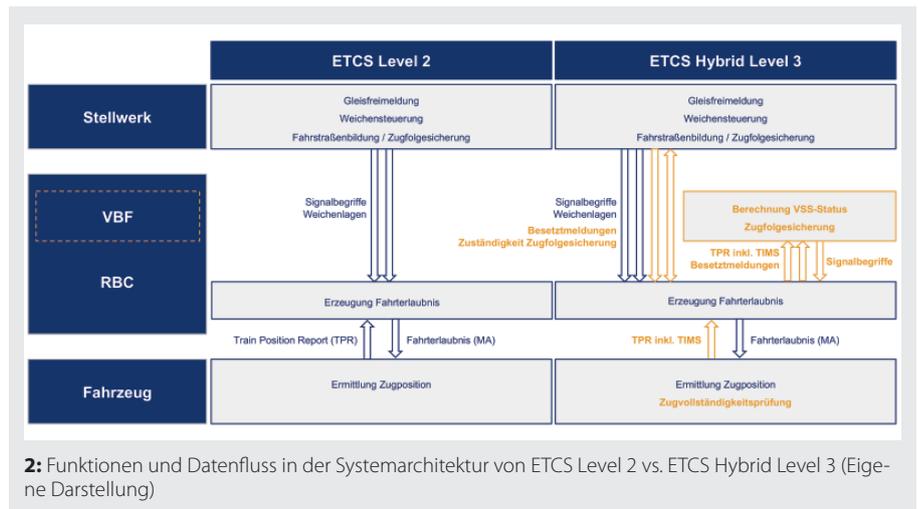


Bild 2), soll zunächst in Bild 1 eine beispielhafte Unterteilung von zwei TTD-Sections in vier VSS gezeigt werden.

Der Belegungsstatus der einzelnen VSS kann sich von den darunter liegenden TTD-Sections unterscheiden. Hierbei ist der Unterschied der tatsächlichen und der sicheren Zuglänge von Bedeutung: Während der Zug in Bild 1 mit seinem tatsächlichen Zugende die Grenze zwischen TTD10 und TTD20 bereits überfahren hat, kann sich das mit dem letzten TPR gemeldete, sichere Zugende (min safe rear) für das RBC noch innerhalb der VSS11 befinden. Die VSS11 wird trotzdem freigemeldet, da die streckenseitige Gleisfreimeldung und die Freimeldung durch den TPR im RBC kombiniert werden und der zugehörige TTD10 bereits frei gemeldet worden ist. Dabei ist zu berücksichtigen, dass der TPR zyklisch vom Zug gesendet wird. Je kürzer der TPR-Zyklus, desto häufiger werden die Belegungsstatus der VSS aktualisiert und desto schneller kann eine VSS wieder freigemeldet werden. Zusätzlich kann ein TPR vom RBC angefordert werden, wenn das sichere Zugende eine definierte Position überfahren hat. An der Zugspitze kann sich die Interpretation der Zugposition auch gegenteilig auswirken: Der Zug befindet sich physisch noch nicht in der VSS22, aber der letzte TPR meldet bereits eine Position der sicheren Zugspitze (max safe front end unter Berücksichtigung des Wegmessfehlers) innerhalb der VSS22. Dadurch erhält die VSS22 den Status „besetzt“. Solange eine VSS den Status „besetzt“ innehat, erhält ein folgender Zug keine Fahrterlaubnis, um in diese VSS einzufahren (vgl. [1]). Anhand dieses Beispiels wird bereits deutlich, welche Bedeutung die Lokalisierungsgenauigkeit (zur Bestimmung des min safe rears und max safe front ends) und der TPR-Zyklus unter HL3 erlangen.

Neben der Voraussetzung von TIMS ist für HL3 im Vergleich zu L2 eine Anpassung des RBC und der Projektierungsdaten notwendig. Für eine detaillierte Beschreibung möglicher Umrüstungsvarianten von L2 auf HL3 sei auf [2] und [3] verwiesen. Bild 2 stellt stark vereinfacht die Unterschiede der Funktionen und Datenflüsse in der Systemarchitektur von L2 und der angenommenen Implementierungsvariante von HL3 dar. In dieser HL3-Implementierungsvariante wird das RBC durch eine eigenständige Komponente, hier in Anlehnung an [2] und [3] als VBF-Modul (Virtual Block Funktion) bezeichnet, ergänzt.

Das in Bild 2 dargestellte VBF-Modul ist eine Ergänzung des RBC, welche es unter



2: Funktionen und Datenfluss in der Systemarchitektur von ETCS Level 2 vs. ETCS Hybrid Level 3 (Eigene Darstellung)

L2 nicht gibt. Diese wird notwendig, um den Belegungsstatus der VSS unter HL3 zu ermitteln, der sich aus der Kombination von strecken- und fahrzeugseitiger Gleisfreimeldung ergibt. Da die VSS dem Stellwerk nicht bekannt sind, erfolgt die Freimeldung der VSS im VBF-Modul. Die Auslagerung dieser Funktionalität in ein separates Modul soll es ermöglichen, auch bereits bestehende RBC umzurüsten bzw. zu erweitern [4]. Während bei L2 lediglich die Zugposition und Zuggeschwindigkeit per TPR ans RBC übermittelt werden, wird bei HL3 zusätzlich die Zugvollständigkeit geprüft und mitgeteilt. Diese Zuginformationen sowie die TTD-Status werden bei HL3 dem VBF-Modul zur Verfügung gestellt, sodass dieses den Belegungsstatus der einzelnen VSS ermitteln kann. Die Statusinformationen der VSS werden dem RBC durch das VBF-Modul mitgeteilt, sodass das RBC auf freier Strecke die Zugfolgesicherung übernehmen und autark vom Stellwerk handeln kann. Mittels der Zugfolgesicherung wird sichergestellt, dass einem Zug keine Fahrterlaubnis zur Einfahrt in eine VSS mit dem Status „belegt“ erteilt wird. Dem VBF-Modul wird hierbei die Funktion des Streckenblocks zugeschrieben. Im Bahnhofsbereich bzw. sobald eine Weiche vorliegt, muss das Stellwerk die Fahrstraße bilden und damit auch die Zugfolgesicherung übernehmen. Das bedeutet, dass das Stellwerk und das RBC sich die Verantwortung über die Zugfolgesicherung übertragen können müssen. Inwiefern das Stellwerk hier mit dem RBC interagiert, ist noch ungeklärt [3].

Um verschiedene Betriebsituationen abdecken zu können, ist es notwendig, zusätzliche Status der VSS zu definieren.

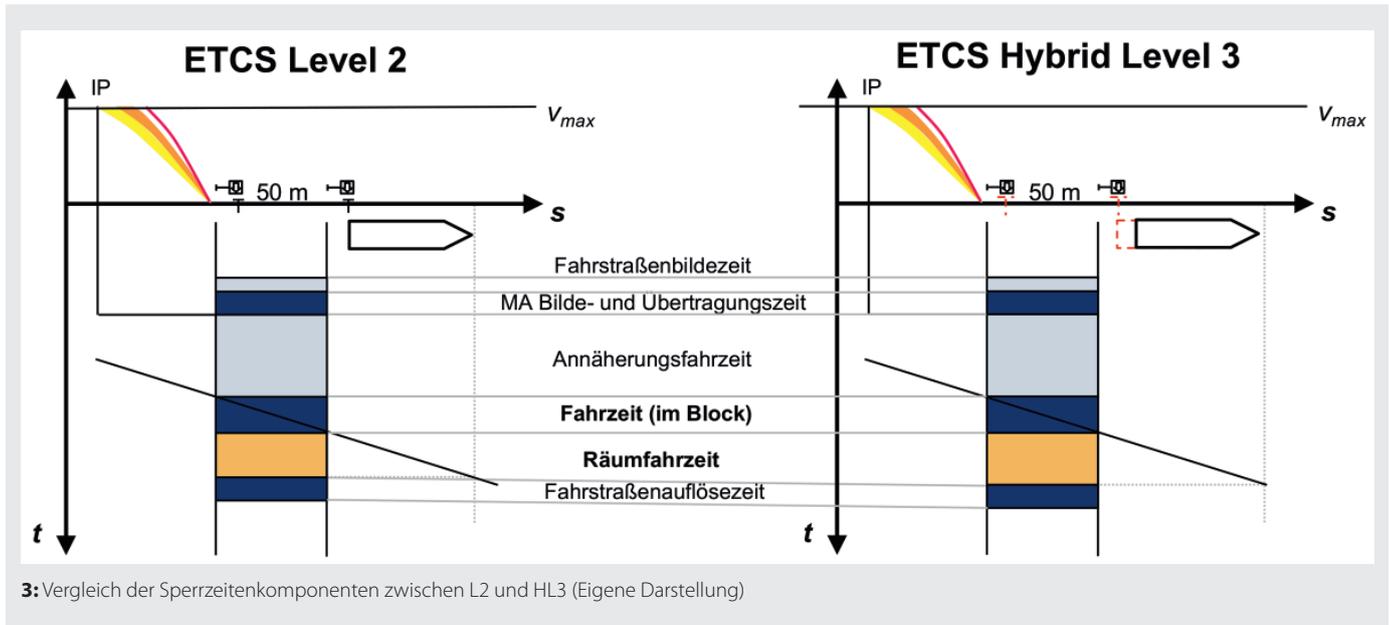
Dies sind die Status „unbekannt“ und „uneindeutig“. Eine VSS hat den Status „unbekannt“, wenn unklar ist, ob diese tatsächlich besetzt ist. Der Status „uneindeutig“ ist notwendig für den Fall, dass die Besetzung einer VSS zwar klar ist, es aber nicht bekannt ist, ob sich ein zusätzliches – dem RBC nicht bekanntes – Fahrzeug („Ghost train“) in der VSS befindet [1].

Damit die Vorteile der „fixed virtual blocks“ genutzt werden können, muss das RBC in der Lage sein, eine Fahrterlaubnis zu generieren, die ihr Ziel am Ende eines „fixed virtual blocks“ hat und nicht an einer TTD-Blockgrenze. Damit wirken die „fixed virtual blocks“ analog zu heutigen Blockkennzeichen, welche einen Kurzblockabschnitt begrenzen, ohne einen Halt in Mode SR zu fordern – im Gegensatz zu einem Ne14 (ETCS-Halt-Tafel). Diese Funktionalität ist unabhängig davon, ob es sich um einen Zug mit oder ohne TIMS handelt. Die Besonderheit hierbei ist, dass solch eine Fahrterlaubnis der Stellwerkslogik widersprechen kann, da es damit möglich ist, eine Fahrterlaubnis zu erteilen, obwohl die zugehörige TTD-Section bereits belegt ist.

### 3. Wirkmechanismen der Fahrwegkapazität

Eine HL3-Ausrüstung wird häufig zur Erhöhung der Kapazität durch eine aufwandsarme Implementierung zusätzlicher Blockteilungen und zur Senkung von Anlagenkosten durch die Reduzierung von Gleisfreimeldemitteln (TTD) in Betracht gezogen. Zur Erzielung kapazitiver Effekte ist häufig die Verkürzung von Blocklängen notwendig. Mithilfe des L2-Hochleistungs-

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für quattron management consulting GmbH / VIA Consulting & Development GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH



blocks ist es bereits möglich, Blocklängen von 50 m zu realisieren [5]. Zur Erörterung der Chancen weitergehender Blockverkürzungen mit HL3 zeigt Bild 3 eine exemplarische Gegenüberstellung der Sperrzeitenkomponenten für L2 und HL3 in einem 50 m-Block.

Im direkten Vergleich zeigt sich, dass die Gesamtbelegungsdauer bei HL3 geringfügig länger ausfällt als bei L2. Ursächlich hierfür ist das Räumen des Blocks samt Schutzstrecke mit dem sicheren Zugende (HL3) im Vergleich zum Räumen mit dem tatsächlichen Zugende (L2) sowie die längere Übertragungszeit der Räuminformation per Funk (HL3) im Vergleich zum

verkabelten TTD (L2). Alle übrigen Zeitkomponenten sind in ihrer Dauer identisch. Der Nachteil der längeren Räumfahrzeit kann bei HL3 jedoch durch eine Verkürzung der Blocklänge kompensiert bzw. sogar überkompensiert werden. Rein theoretisch sind sogar infinitesimal kurze VSS realisierbar [6], was jedoch mit einer erhöhten Anzahl an TPR einhergeht, die ereignisgesteuert beim Passieren der VSS-Grenze mit dem sicheren Zugende gesendet werden.

Bei der Betrachtung der Gesamtbelegungsdauer des Blocks fällt auf, dass die reine Fahrzeit innerhalb eines 50 m-Blocks nur einen vergleichsweise geringen Anteil ausmacht. Wesentlich maßgeblicher sind

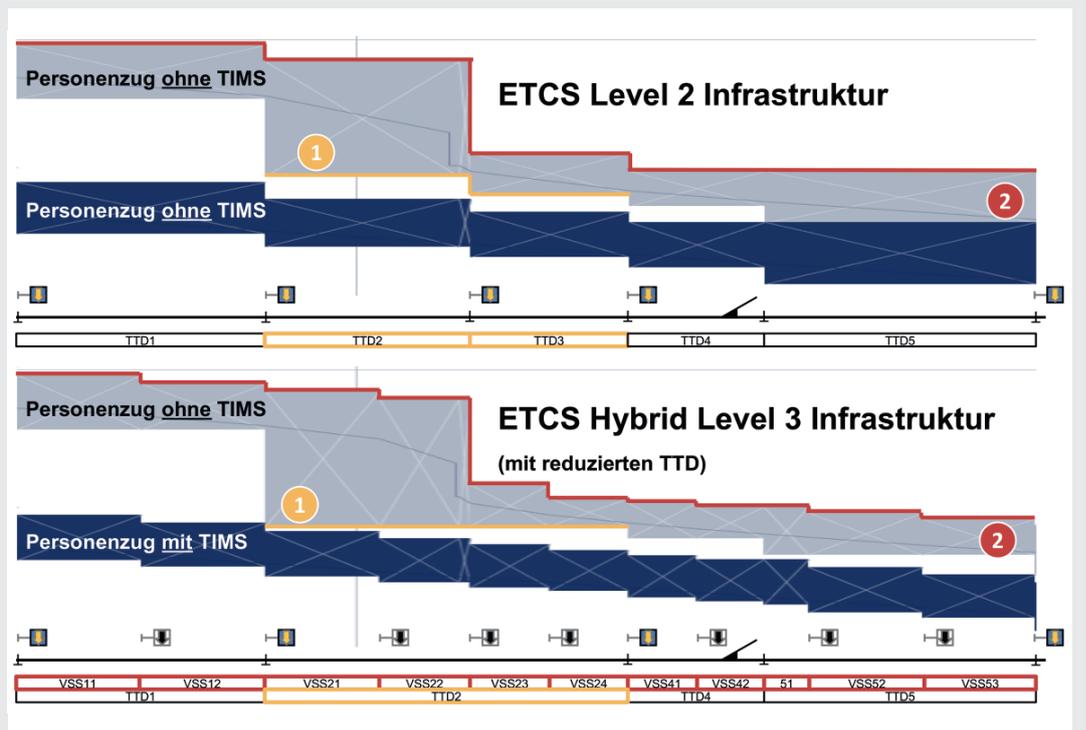
die Annäherungsfahrzeit und das Räumen des Blocks, das immer mit der gesamten (sicheren) Zuglänge erfolgen muss. Eine Gegenüberstellung und Erläuterung aller Sperrzeitkomponenten ist in Tabelle 1 enthalten.

Soll ein 50 m-Block weiter verkürzt, bspw. halbiert werden, bedeutet dies im Allgemeinen, dass auch die Fahrzeit im Block halbiert und die Gesamtbelegungsdauer um diesen Zeitanteil reduziert wird. Bei einer Geschwindigkeit von 90 km/h beträgt die Fahrzeit für eine Strecke von 50 m zwei Sekunden, sodass bei einer Blockhalbierung die Belegungszeit um eine Sekunde verkürzt werden würde. Die-

Zeitkomponenten	ETCS Level 2	ETCS Hybrid Level 3
Fahrstraßenbildungszeit	Zeit zum Einlegen einer Fahrstraße (inkl. Umlauf von Weichen)	
MA Bildungs- und Übertragungszeit	Zeit, um MA im RBC aus den Stellwerksdaten (Status von Weiche und Signalen) abzuleiten, per Funk zu übertragen und auf dem DMI anzuzeigen	
Annäherungsfahrzeit	Wird bestimmt durch den Schnittpunkt der Zugtrajektorie mit der Indication-Kurve. Stellt sicher, dass eine behinderungsfreie Fahrt gewährleistet ist.	
Fahrzeit (im Block)	Fahrzeit, die sich die Zugspitze im Block befindet	
Räumfahrzeit	Zeit zum Räumen des Blocks und der Schutzstrecke mit der gesamten Zuglänge + Zeit zum Übertragen (Kabel) und Verarbeiten der TTD-Information im Stellwerk	Zeit zum Räumen des Blocks und der Schutzstrecke mit der gesamten Zuglänge + Zeit zum Räumen mit dem sicheren Zugende + Zeit zum Übertragen (Funk) und Verarbeiten der TPR- und TIMS-Information im RBC/VBF
Fahrstraßenauflösezeit	Zeit, um eine Fahrstraße im Stellwerk aufzulösen	

**Tabelle 1:** Zeitkomponenten der Sperrzeiten (in Anlehnung an [7])

4: Auswirkungen von VSS und TIMS auf Sperrzeiten (Eigene Darstellung)



se Beispielrechnung verdeutlicht, dass die Zugfolgezeit auf einer Strecke mit einer HL3-Realisierung im Vergleich zu einer L2-Realisierung mit Hochleistungsblöcken nicht mehr nennenswert reduziert, jedoch unter Umständen ohne zusätzliche Feldelemente erfolgen kann. Mithilfe einer verbesserten Zugortung und verkürzten Prozesszeiten kann es perspektivisch möglich werden, bei HL3 identische Räumfahrzeiten wie bei L2 zu erzielen. Diese würden jedoch auch ohne relevanten Nutzen für die Zugfolgezeit bleiben.

Soll eine Blockverdichtung zur Reduktion der Zugfolgezeiten vorgenommen werden, bietet HL3 dafür annähernd die identischen Möglichkeiten wie L2. Da für eine Blockverdichtung mit HL3 weniger Gleisfreimeldemittel (z.B. Achszähler) notwendig sind, ist eine solche Blockverdichtung streckenseitig günstiger als mit L2 realisierbar. Zusätzliche Fixkosten entstehen jedoch für das VBF-Modul, das kein Bestandteil einer L2-Ausrüstung ist, und für die fahrzeugseitige Implementierung von TIMS.

Auch wenn es mithilfe von HL3 kostengünstiger möglich ist, kurze Blocklängen zu realisieren, sollten diese nicht pauschal, sondern nur an sinnvollen Stellen vorgenommen werden. Dies hilft dabei, die Anzahl gesendeter TPR zu begrenzen und Funkkapazitäten zu schonen.

Anstatt für Blockverdichtungen kann HL3 auch genutzt werden, um TTD-Sections zusammenzufassen, wodurch Gleisfreimeldemittel reduziert werden können. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass dadurch die Belegungszeiten von Zügen ohne TIMS massiv beeinflusst werden können. Bild 4 visualisiert beispielhaft den Einfluss zweier zusammengelegter TTD-Sections (TTD2 & TTD3) auf die Sperrzeit (siehe gelbe Markierung).

Das Zusammenlegen von TTD-Sections kann Zugfolgezeiten beeinflussen, wenn dadurch der maßgebende Block verlängert wird, oder ein neuer maßgebender Block entsteht. Dementsprechend ist eine Reduktion von TTD besonders für Strecken mit geringer Auslastung von Interesse, auf denen sich die Züge (vor der TTD-Zusammenlegung) selten im Mindestzugfolgezeitabstand folgen. Zusätzlich zeigt Bild 4, dass die Integration von VSS einen positiven Einfluss auf die Belegungszeiten von Zügen ohne TIMS haben kann. Ursächlich dafür ist die Möglichkeit, eine Fahrerlaubnis bis zum Ende einer VSS zu erteilen (siehe rote Markierung). Untersuchungen auf einer klassischen Mischverkehrsstrecke zeigen für eine Migration von L2 nach HL3 und gleichzeitiger Reduktion von TTD folgende Auswirkungen auf die Mindestzugfolgezeiten:

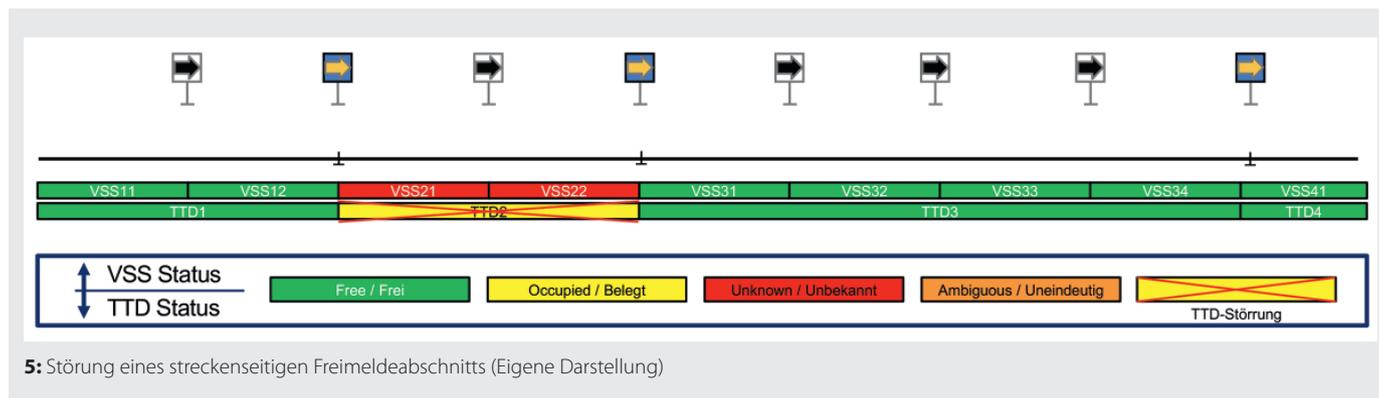
- Wird die Hälfte aller TTD durch VSS ersetzt, erhöht sich die Zugfolgezeit für den Zugfolgefall „Personenzug folgt Personenzug ohne TIMS“ um bis zu 12% im Vergleich zur Ausgangssituation (nur L2).
- Werden die Gleisfreimeldemittel weiter reduziert, sodass es nur noch eine TTD-Section zwischen zwei Bahnhöfen gibt, wird die Zugfolgezeit bei einer mittleren Bahnhofsentfernung von 6–8 km mehr als verdoppelt.
- Durch das Erteilen von Fahrerlaubnissen bis zu VSS-Grenzen für alle Züge können auch die Zugfolgezeiten für Züge ohne TIMS positiv beeinflusst werden.

Die beispielhaften Zahlen zeigen bereits deutlich, dass eine Reduktion von TTD mit Bedacht und unter Berücksichtigung des Betriebsprogramms durchgeführt werden sollte. Ohne Einfluss auf die Kapazität ist eine Reduktion von TTD-Sections erst möglich, wenn alle Züge mit TIMS ausgerüstet sind. Zusätzlich sind auch die Auswirkungen auf den Betrieb in Rückfallebenen zu berücksichtigen.

**4. Betrieb in Rückfallebenen**

Durch die Berücksichtigung verschiedener Arten der Gleisfreimeldung erhöht sich die betriebliche Komplexität von HL3 im

Homepageveröffentlichung unbefristet genehmigt für quattron management consulting GmbH / VIA Consulting & Development GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH



Vergleich zu L2. Dies macht sich insbesondere dann bemerkbar, wenn der Betrieb in Rückfallebenen notwendig wird. Beispielfolgerhaft werden zwei verschiedene Störfälle betrachtet.

**Anhaltende Fehlfunktion eines streckenseitigen Freimeldeabschnitts**

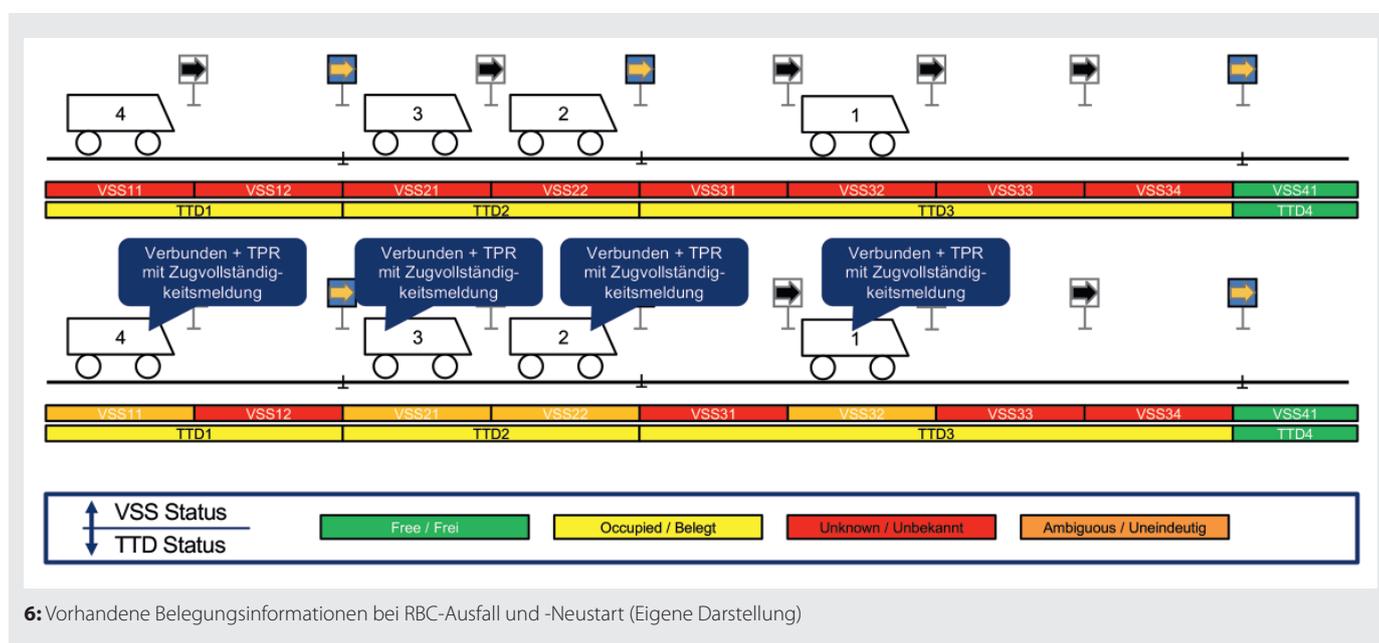
Ist die Freimeldung einer TTD-Section über längere Zeit gestört, kann ohne Weiteres keine reguläre Zugfahrt durch den zugehörigen Block stattfinden. Sobald ein Zug ohne TIMS diesen Block befahren hat, können die zugehörigen VSS nicht mehr freigemeldet werden und erhalten, wie in Bild 5 dargestellt, den Status „unbekannt“. Dabei ist es irrelevant, ob es sich bei diesem Zug um den Zug handelt, mit dem die Störung detektiert wird, oder um einen beliebigen anderen Zug ohne TIMS.

Eine Zugfahrt in diesem Block kann je nach nationalen Regeln nur im ETCS Mode Staff Responsible (SR) oder On Sight (OS) unter Berücksichtigung korrespondierender Regeln durchgeführt werden. Durch „Sweeping“ ist es jedoch möglich, die VSS frei zu melden. Dafür muss ein Zug mit TIMS über diese VSS fahren und seine Vollständigkeit melden. Dadurch wird dem RBC gemeldet, dass die betroffenen VSS tatsächlich frei sind. Danach können alle folgenden Züge ohne Einschränkungen mit Full Supervision (FS) durch den Block fahren. Erst wenn erneut ein Zug durch den Block fährt, ohne seine Vollständigkeit zu melden, wechselt der Status der VSS zurück nach „unbekannt“. Die nachfolgenden Züge müssen wieder mit OS/SR über diesen Abschnitt fahren, bis dieser erneut durch

„Sweeping“ freigemeldet wird [1]. Für diesen Störfall bietet HL3 den Vorteil, dass sich eine Menge HL3-überwachte Züge nach dem ersten „Sweeping“ ohne Einschränkungen folgen kann. Sind unter HL3 TTD-Sections zusammengelegt worden, erhöht sich im Vergleich zu L2 automatisch die Dauer, die Züge in Mode OS/SR für die Durchfahrt durch den Block mit reduzierter Geschwindigkeit (oftmals 30 oder 40 km/h) benötigen. Dies kann zu hohen Verspätungen führen.

**RBC-Neustart**

Sollte es zu einem ungeplanten Neustart eines RBC kommen, kann dies massive Auswirkungen auf den Betrieb mit HL3 haben. Unter der Annahme, dass alle Züge nach dem Ausfall des RBC zum Stehen gekommen sind, zeigt Bild 6 den Belegungsstatus



Homepagereöffentlichung unbefristet genehmigt für quattron management consulting GmbH / VIA Consulting & Development GmbH / Rechte für einzelne Downloads und Ausdrücke für Besucher der Seiten genehmigt / © DVV Media Group GmbH

der jeweiligen Abschnitte, bevor sich die Züge wieder am RBC angemeldet haben (obere Zeile).

Nach dem Neustart des RBC sind zunächst nur die Belegungen der Achszählabschnitte bekannt. Da noch keine Funkverbindung zu den Zügen besteht, haben alle VSS, die zu einem belegten TTD-Abschnitt gehören, den Status „unbekannt“. Sobald sich die Züge mit einer gültigen Position und Zugvollständigkeit am RBC angemeldet haben, kann bei den VSS zwischen dem Status „unbekannt“ und „uneindeutig“ unterschieden werden (untere Zeile in Bild 6). Zur Wiederaufnahme des Betriebs kann Zug 1 seine Fahrt im Mode SR nach Erhalt eines Befehls fortsetzen. Der Befehl muss dabei bis zu dem Ort ausgestellt sein, an dem alle Randbedingungen zur Aufwertung nach FS erfüllt sind (im Beispiel wäre dies der Beginn von TTD4). Räumt Zug 1 TTD3, wechseln alle zugehörigen VSS den Status zu „frei“. Dies führt dazu, dass Zug 2 nach Verlassen von TTD2 seine Fahrt unter FS fortsetzen kann. Hier wird ersichtlich, dass die Länge der TTD-Sections maßgeblich die Performance beeinflusst: Zug 1 muss den gesamten TTD3 in Mode SR zurücklegen, da nicht bekannt ist, ob nicht ein „Ghost train“ auf dem Abschnitt steht. Soll Zug 2 so schnell wie möglich unter FS weiterfahren, müsste dieser dementsprechend warten, bis Zug 1 den TTD3 geräumt hat.

Der Hauptunterschied zu L2 ist hierbei, dass unter L2 in der Regel eine kleinteiligere Blockteilung vorhanden ist und sich nur ein Zug in einer TTD-Section befindet. Dadurch würde sich unter L2 z. B. die Distanz für den Zug 1, die dieser restriktiv zurücklegen muss, reduzieren, wodurch eine schnellere Aufwertung nach FS erfolgen kann. Auch wenn beide Störungsfälle sehr wahrscheinlich nicht regelmäßig vorkommen werden, zeigen sie doch, wie wichtig die Berücksichtigung der Rückfallebene bei der Dimensionierung der TTD-Sections unter HL3 ist.

## 5. Fazit

Um eine leistungsfähige HL3-Umsetzung zu realisieren, sollten die folgenden Anforderungen berücksichtigt werden:

- Für eine schnelle Freimeldung der virtuellen Blockabschnitte ist zumindest bei geringen Geschwindigkeiten eine hohe Lokalisierungsgenauigkeit notwendig.

Da der Ansatz „viel hilft viel“ nicht unbedingt den größten Nutzen bringt.

- Es sind kurze Übertragungs- und Verarbeitungszeiten (z. B. der TPR) im RBC notwendig, damit die möglichen kapazitiven Effekte nutzbar werden. Auch Schnittstellen zwischen RBC, VBF und Stellwerk sind performant zu gestalten.

Werden die zuvor genannten Anforderungen erfüllt, lassen sich folgende Vorteile von HL3 gegenüber einem L2-System erzielen:

- Sehr kurze Blockabschnitte können ohne Gleisfreimeldemittel und damit zu verhältnismäßig geringen streckenseitigen Kosten realisiert werden.
- Es ist ebenso möglich, TTD gezielt zu reduzieren ohne betriebliche Nachteile zu verursachen.
- Für den Betrieb in Rückfallebenen sind im Vergleich zu anderen Level 3 Ausprägungen keine komplizierten neuen Betriebsverfahren notwendig.

Neben den Vorteilen müssen auch folgende Nachteile von HL3 berücksichtigt werden:

- Durch unterschiedliche Arten der Gleisfreimeldung steigt die Komplexität an der Schnittstelle Stellwerk – RBC.



[www.eurailpress.de/archiv/ETCS\\_Hybrid\\_Level\\_3/](http://www.eurailpress.de/archiv/ETCS_Hybrid_Level_3/)

## Summary

### Discussion on selected aspects of ETCS Hybrid Level 3

Within the last years the focus of introducing ETCS laid on creating interoperability on the TEN-corridors, the replacement of obsolescent systems, and the possibility of increasing capacities. Progressively, the focus moves to a cost-effective realisation of increasing capacity by means of ETCS Hybrid Level 3 (HL3). It is to be expected that working on the realisation of HL3 continues and that HL3 may help to increase the nominal capacity in several cases. However, an implementation of VSS and a possible reduction of TTDs needs to be examined carefully as the approach “much helps much” does not automatically lead to additional value.

- Komplizierte und zeitintensive Betriebsprozesse können im Fall eines RBC- oder Funkausfalls notwendig werden, um zum Regelbetrieb zurückzukehren, da mehrere Züge in einem TTD stehen können.

Es zeigt sich, dass eine Umsetzung von VSS und etwaige Reduktion von TTD mit Bedacht auszuführen ist, da der Ansatz „viel hilft viel“ nicht unbedingt den größten Nutzen bringt.

## Literatur

- [1] EEIG ERTMS Users Group, „Hybrid ERTMS/ETCS Level 3: Principles Ref: 16E042, Version 1D.“ 15.10.2020.
- [2] D. Hansen, M. Leuschel, P. Körner, S. Krings, T. Naulin, N. Nayeri, D. Schneider und F. Skowron, „Validation and real-life demonstration of ETCS Hybrid Level 3 principles using a formal B model,“ International Journal on Software Tools for Technology Transfer, pp. 1 – 18, 15.02.2020.
- [3] L. Steil, „Wirtschaftlichkeit der Hochrüstung von ETCS Level 2 auf ETCS Hybrid Level 3,“ 26.11.2020. [Online]. Available: [https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ibv/ressourcen/dateien/bsk/2020\\_Hochruestung\\_L2-HL3.pdf?lang=de](https://tu-dresden.de/bu/verkehr/ibv/ressourcen/dateien/bsk/2020_Hochruestung_L2-HL3.pdf?lang=de). [Zugriff am 26.02.2021].
- [4] R. H. Volker Morneweg, „ETCS Level 3-Demonstration im DB Living Lab,“ SIGNAL + DRAHT, pp. 18-21, 10.2019.
- [5] Deutsche Bahn (Hrsg.), „Richtlinie 819.0519: LST-Anlagen planen – ETCS-L2 Hochleistungsblock. Gültig ab 01.07.2020“.
- [6] N. Furness, H. Van Houten, L. Arenas und M. Bartholomeus, ERMTS Level 3: the Game-Changer, In: IRSE News 232 (2017), Heft 4, S. 2-9.
- [7] T. Büker, T. Graffagnino, E. Hennig und A. Kuckelberg, „Enhancement of Blocking-time Theory to Represent Future Interlocking Architectures,“ Proc. Of the 8th International Conference on Railway Operations Modeling and Analysis, Norrköping, 2019.