

Operatives Fahrplansystem für automatisches Fahren

An operative timetable system for automated driving

Martin Harborth

In diesem Beitrag werden die Funktionen eines operativen Fahrplansystems beschrieben, die für das automatische Fahren im schienengebundenen Verkehr von Bedeutung sind. Neben der eigentlichen Funktionsbeschreibung wird auch ein Systemüberblick aus der Perspektive des operativen Fahrplansystems in einem konkreten Kundenprojekt dargestellt. Außerdem wird ein Ausblick auf zukünftige Projekte in diesem Bereich gegeben.

1 Einleitung

1.1 Historie

Der Automatisierungsgrad in der Betriebsleittechnik hat sich im Lauf der Jahre immer weiter erhöht. So ist es heute bereits üblich, dass die Zuglaufverfolgung und Zuglenkung durch ein operatives Fahrplansystem ergänzt werden. Dieses Fahrplansystem steuert die Zuglenkaufträge in Abstimmung mit einem vom Betreiber vorgegebenen Betriebstagesfahrplan automatisch hinsichtlich Fahrweg und Fahrplanzeit. Eine Reihe von weiteren neuen Automatisierungsfunktionen bietet sich mit der Integration dieses operativen Fahrplansystems an. Insbesondere zusammen mit dem Zugbeeinflussungssystem Trainguard MT kann das operative Fahrplansystem in einem hohen Maß zur Automatisierung beitragen, indem es zum Beispiel Vorgaben zu optimierten Halte- und Fahrzeiten der Züge gemäß Fahrplanlage macht.

1.2 Projekte

Das hier beschriebene operative Fahrplansystem mit dem Produktnamen Controlguide Vicos OC 100 TTP (Time Table Processor) kommt bei Kunden in allen Kontinenten, mit Ausnahme Australiens, zum Einsatz. Dieses operative Fahrplansystem ist eine Ergänzung des bestehenden Betriebsleitsystems Vicos OC 100 (Vehicle and Infrastructure Control and Operating System – Operation Commuter / Subway) [1].

2 Funktionen

2.1 Automatische Zugnummernzuordnung gemäß Fahrplan

Üblicherweise muss an Systemgrenzen der Zuglaufverfolgung die Zugnummer als eindeutige Kennung erstmalig einer Zugbewegung zugeordnet werden. Um diese Ersterstellung und Zuordnung der Zugnummer nicht manuell vornehmen zu müssen, kann das operative Fahrplansystem einer Zugbewegung ohne gültige Kennung bei Einbruch in das System automatisch eine Zugnummer zuordnen. Diese wird gemäß aktueller Systemzeit und dem zugrunde liegenden Fahrplan ausgewählt.

Diese automatische Zugnummernzuordnung kann sowohl bei Einbruch aus einem benachbarten Streckenabschnitt oder bei Einbruch von einer Depot-Strecke angewendet werden. Es können auch sogenannte Zugnummernstapel benutzt werden, in denen schon die nächsten n , gemäß Fahrplan erwarteten Zugnummern eingetragen werden und bei erster Zugbewegung im Sys-

This article describes the functions of an operative timetable system which are important for automated driving in railway systems. In addition to the provision of a functional description of the system, a system overview will also be given from the point of view of an operative timetable system used in a specific customer project. Furthermore, the article also summarises the prospects for future projects using this technology.

1 Introduction

1.1 History

The level of automation in operations control systems has continually increased in recent years. Today, it is standard practice to complement automatic train tracking and automatic route setting systems with an operative timetable system. This timetable system coordinates the route-setting tasks with the operating company's daily timetable with regard to the automatic track selection and time. A number of additional new automatic functions have arisen from the integration of this operative timetable system. In particular, the combination of this system with the Trainguard MT train control system could contribute to a high level of automation. For instance, the system calculates the optimised target dwell and travelling times based on the train's deviations from the timetable.

1.2 Projects

The operative timetable system known as Controlguide Vicos OC 100 TTP (Timetable Processor) described here is already being used by customers on all continents with the exception of Australia. This system supplements the existing Vicos OC 100 (Vehicle and Infrastructure Control and Operating System – Operation Commuter / Subway) operations control system [1].

2 Functions

2.1 Automatic train number assignment according to the timetable

Normally, a train number, which serves as a unique identifier, must be assigned to a train when it first reaches the border of an automatic train tracking system. The operative timetable system can automatically assign a train number to a train movement without a valid identifier in order to avoid having to assign the number manually. The number is selected according to the current system time and timetable.

This automatic train number assignment can be applied when the train enters the system either from neighbouring areas or from a depot track. It is also possible to use so-called train number stacks, in which the next n expected train numbers are assigned according to the timetable. A train number is automatically picked from the train number stack for each subsequent first train movement in the system.

tem jeweils eine solche Zugnummer aus dem Zugnummernstapel mitgenommen wird.

Als weitere Variante der automatischen Zugnummernzuordnung kann auch die bestehende Zugnummer eines Zuges, der sich in einem Abstellgleis befindet, aufgrund einer gemäß Fahrplan dort erwarteten, startenden Zugfahrt in eine Zugnummer umbenannt werden. Diese Zugnummernänderung wird eine konfigurierbare Zeit vor der erwarteten Abfahrt durchgeführt.

Letztlich kann eine automatische Zugnummernzuordnung für eine unbekannte Zugbewegung oder für eine startende Zugfahrt auch über den Abgleich einer physikalischen Zugkennung abgesichert werden. Dabei muss vorher im Fahrplan die physikalische Zugkennung der eigentlichen Zugnummer zugeordnet sein. Dann kann das operative Fahrplansystem diese Zuordnung auch in der Realität vornehmen, wenn die physikalische Zugkennung von der Zuglaufverfolgung übermittelt wird.

2.2 Zuglenkung gemäß Fahrplan

Durch TTP wird ein zeitgerechtes Stellen der Fahrstraßen gewährleistet. Das bedeutet, dass Ausfahrstraßen aus Stationen nicht zu früh gestellt werden, sondern zeitgerecht eine konfigurierbare Zeit vor der geplanten Abfahrt. Diese Funktionalität sorgt zum Beispiel dafür, dass fahrstraßenabhängige Bahnübergänge nicht zu früh geschlossen werden. Fahrwege werden erst dann beansprucht, wenn sie wirklich gebraucht werden.

Früher, in Zeiten ohne operatives Fahrplansystem, wurden die Zugfahrwege anhand der Zugnummer und konfigurierter Fahrwege gemäß Zugnummernschema bestimmt. Mit dem operativen Fahrplansystem TTP sind die Fahrwege im Fahrplan anhand der Folge von Stationsgleisen hinterlegt. Wenn explizit zwischen zwei Stationen nicht der Hauptfahrweg gewählt werden soll, kann dies auch im Fahrplan hinterlegt werden. Auf diese Weise bestimmt sich der Fahrweg allein aus dem für die Zugnummer hinterlegten Fahrplan und ist unabhängig von einem Zugnummernschema.

Im Fahrplan des operativen Fahrplansystems TTP können zusätzlich Fahrwegalternativen anhand alternativer Stationsgleise geplant werden. Das bedeutet, dass dann für den entsprechenden Zug automatisch diese Fahrwegalternative gewählt wird, wenn der eigentliche Fahrweg gerade nicht zur Verfügung steht, weil dieser zum Beispiel durch einen anderen Zug belegt ist. Also muss der Fahrdienstleiter bei solchen Belegungskonflikten nicht eingreifen, wenn der Zug durch automatische Nutzung der Fahrwegalternative in einer Station ausnahmsweise in ein anderes Stationsgleis einfährt.

2.3 Fahrdienstleiter-Arbeitsplatz

Eine wichtige Fahrplanfunktionalität am Fahrdienstleiter-Arbeitsplatz ist die Anzeige von Verspätungsinformationen für die aktiven Züge. Dabei wird die Zugnummer eines Zuges entsprechend konfigurierter Verspätungskorridore eingefärbt. Die Verspätung kann auch numerisch an die Zugnummer angehängt werden oder bei Selektion der Zugnummer in einem Dialogfenster dargestellt werden. An Stationsausfahrtsignalen besteht die Möglichkeit, TTP-Prognosedaten anzuzeigen. Dabei werden die in der entsprechenden Station erwarteten nächsten n Züge aufgelistet mit der planmäßigen Ankunfts- und Abfahrtszeit, der erwarteten Ankunftszeit und erwarteten Aufenthaltszeit (Bild 1). In Projekten mit Trainguard MT (Abschnitt 2.5) wird in der Prognoseberechnung auch berücksichtigt, dass die Verspätung durch erwartete kürzere Halte- und Fahrzeiten im weiteren Verlauf verringert werden kann. In den anderen Projekten wird zur Prognose die aktuelle Zugverspätung direkt auf die planmäßige Ankunftszeit der nächsten Stationen aufsummiert.

In a further variant of the automatic train number assignment process, the existing number of a train located in a siding can be replaced with the number of a train which is expected soon. This number replacement is performed at a configurable time prior to the train's expected departure.

Finally, automatic train number assignment for an unknown train movement or for a commencing train journey can be performed by comparing the physical train identifiers. The physical train identifier must have been assigned a logical train number for this comparison with the applied timetable. The operative timetable system can then perform this assignment in reality when the physical train identifier is transmitted by the automatic train tracking system.

2.2 Automatic train routing according to the timetable

The TTP ensures the timely scheduling of the routes. This means that the exit routes from stations are not set too early, but remain configurable prior to a train's planned departure. This functionality ensures, for example, that subsequent route-dependent level crossings are not closed too early. Routes are only set when they are actually needed.

In the past, when operative timetable systems weren't available, routes were determined by the train number and the configurable routes according to a route number scheme. With the TTP operative timetable system, the routes are stored in the timetable based on the sequence of the station tracks. If the non-standard route is to be explicitly used between two stations, this information can be stored in the timetable. This means that a train's route is only determined by the timetable which is relevant for the corresponding train number, independent of the train number scheme.

Alternative routes can be planned in the TTP system's timetable using alternative station tracks. This means that an alternative route is automatically selected for a train, if the train's usual route is currently not available because the track is occupied by another train. With the TTP, the dispatcher does not have to intervene manually, if such route occupancy conflicts exist, because the use of alternative tracks is controlled automatically.

2.3 The dispatcher's workstation

An important timetable functionality at the dispatcher's workstation is the display of information on any delays for the active trains. The train number is marked on the display with a colour according to the configurable delay corridors. The delay can also be added to the train number numerically or it can be displayed in a separate dialogue window during the selection of the train number.

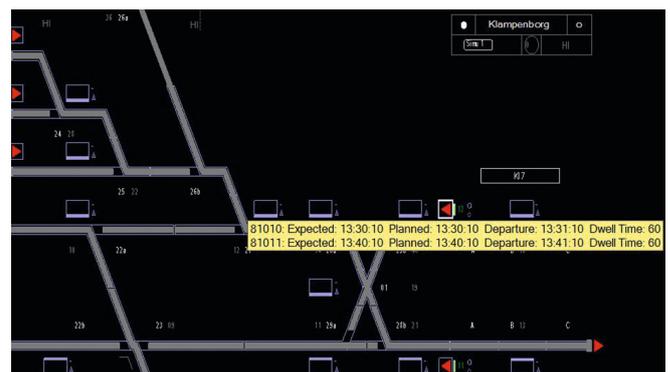


Bild 1: Prognosedaten am Stationsausfahrtsignal

Fig. 1: Prediction data at the exit signals

Zur Anzeige der Zeit-Weg-Linien kann die Oberfläche des operativen Fahrplansystems am Fahrdienstleiter-Arbeitsplatz dargestellt werden (Bild 2). Die Zeit-Weg-Linien haben die üblichen Anzeigemöglichkeiten für die Solllinien, Istlinien und Prognoselinien. Es besteht die Möglichkeit des Zoomens, der Kommentierung und der individuellen Konfiguration der Liniendarstellung. Es gibt Warnungsfunktionen durch TTP am Fahrdienstleiter-Arbeitsplatz, die auf spezielle Zustände hinweisen. Zum Beispiel gibt es die Möglichkeit, immer dann eine Warnung anzuzeigen, wenn für einen Zug die Haltezeit in einer Station abgelaufen ist und das Ausfahrtsignal bereits auf Grün steht, der Zug aber trotzdem in einem konfigurierbaren Zeitraum danach noch nicht abfährt.

2.4 Fahrgastinformation

Da beim automatischen Fahren auch die Halte- und Fahrzeiten automatisch je nach Fahrplanlage des betreffenden Zuges festgelegt werden, kann darauf basierend eine relativ exakte Prognose für die Ankunft in den nächsten Stationen berechnet werden. Das System TTP ermittelt die erwarteten Ankünfte und Abfahrten in den nächsten Stationen aufgrund aktueller Fahrplanlage, erwarteter Halte- und Fahrzeiten sowie der Rückmeldung des Zuges bezüglich seiner Fahrzeit bis zur aktuell nächsten Station. Da dies für alle aktiven Züge gemacht wird, kann TTP auch pro Station eine Liste der nächsten erwarteten n Züge erstellen, die auch für die Fahrgastinformation verwendet werden kann. Dabei kann die Anzahl n konfiguriert werden.

Die Liste der nächsten erwarteten n Züge kann zusätzlich zum Datentransfer zu einem Fahrgastinformationssystem auch am Fahrdienstleiter-Arbeitsplatz angezeigt werden (Abschnitt 2.3). Wenn konfiguriert, dann wird diese Liste bei einem Klick auf ein Stationsausfahrtsignal in einem Pop-Up-Fenster angezeigt. Der Fahrdienstleiter sieht also auf diese Weise, welche Züge als nächstes gemäß aktueller Fahrplanlage in einer gewählten Station erwartet werden (Bild 1).

2.4.1 Kurzfristige Gleisänderungen

Sollte ein Zug aufgrund einer Nichtverfügbarkeit des ersten geplanten Gleises in einer Station in ein alternatives Gleis einfahren, so wird der Eintrag des erwarteten Zuges sofort nach Einstellen der Fahrstraße in das alternative Gleis auch dem entsprechenden alternativen Ausfahrtsignal zugeordnet. Die Fahrgäste werden also auf diese Weise über die kurzfristige Gleisänderung informiert.

2.5 Automatisches Fahren mit Trainguard MT

Im Zusammenhang mit dem Trainguard MT-Zugbeeinflussungssystem, das für automatisches Fahren vorgesehen ist, interagiert das Fahrplan-

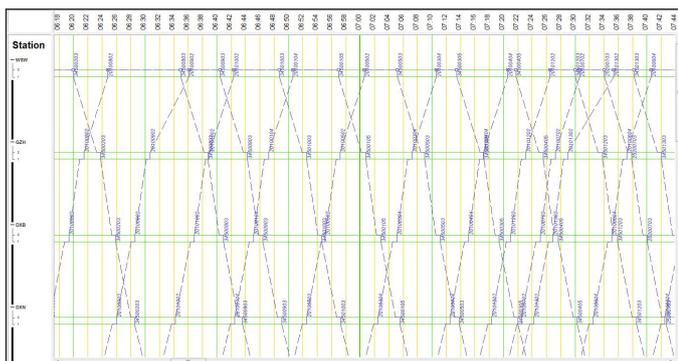


Bild 2: Zeit-Weg-Linien realer Zugverläufe

Fig. 2: The time-distance lines of active trains

It is possible to display TTP forecast data on the station exit signals. The next n trains expected at the given station are listed with their planned arrival and departure times and the expected arrival and dwell times (fig. 1). The forecast calculation in projects using Trainguard MT (Section 2.5) also takes into account the fact that delays can be reduced by shortening the dwell and travel times. In other projects, the forecast delay is directly added to the planned arrival time at the following stations.

The operative timetable system's interface can be shown at the dispatcher's workstation to display the time-distance lines (fig. 2). The time-distance lines have the usual display options for target lines, actual lines and forecast lines. It is possible to zoom, annotate and individually configure the line display.

The TTP has alarm functions for the dispatcher's workstation which indicate special conditions. For example, there is the option of always displaying a warning when a train's dwell time at a station has ended and the exit signal has already turned green, but the train has not left within the configurable time window.

2.4 Passenger information

Given that the dwell and travelling times with automated driving are automatically determined depending on the train's timetable, a relatively exact forecast for the arrival time at the following stations can be calculated. The TTP system computes the expected arrival and departure times at the following stations based on the current timetable, the expected dwell and travelling times, and the train's feedback with regard to its travel time to the next station. Since these calculations are made for all the active trains in the system, the TTP can also provide a list of the next n expected trains per station. This information can also be used in passenger information systems. The number n can be configured.

The list of the next n expected trains can also be displayed at the dispatcher workstation in addition to being transmitted to the passenger information system (Section 2.3). When configured, this list is then displayed in a pop-up window when the dispatcher clicks on the station exit signal. This way, the dispatcher can see which trains are next expected at a selected station based on the current timetable (fig. 1).

2.4.1 Last-minute track changes

If a train enters a station on an alternative track due to the unavailability of its scheduled track, the expected train's entry is assigned to the corresponding alternative exit signal immediately after the route on the alternative track has been set. This ensures that passengers are kept informed about any last-minute platform changes.

2.5 Automated driving with Trainguard MT

The TTP system interacts with the Trainguard MT train control system, which is designed for automated driving, in several ways. The most important functions are described in the following section.

2.5.1 The optimisation of dwell and travel times

The TTP determines the current timetable status of each train at a scheduled station which an automated train reports to the TTP. The system uses this data to optimise the dwell time and the travel time to the next station within the given parameters in order to keep the train as punctual as possible. With regard to the optimised travel time to the next station, the TTP receives feedback from the train as to whether any seconds of deviation

system TTP auf verschiedene Weise mit Trainguard MT. Die wesentlichen Funktionen werden dabei in diesem Abschnitt beschrieben.

2.5.1 Optimierung von Halte- und Fahrzeiten

Bei jeder Zugankunft in einer geplanten Station, die ein automatisch geführter Zug an TTP meldet, wird von TTP die Fahrplanlage des Zuges bestimmt. Dann wird in vorgegebenen Grenzen die Halte- sowie Fahrzeit bis zur nächsten Station optimiert, um den Zug möglichst pünktlich zu halten. Bezüglich der optimierten Fahrzeit bis zur nächsten Station bekommt TTP vom Zug eine Rückmeldung darüber, ob und wenn ja, wie viele Sekunden Abweichung von der geforderten Fahrzeit zu erwarten sind (Abschnitt 2.5.2).

In dem Datentelegramm von TTP an den Zug mit den Halte- und Fahrzeiten wird auch die Zielplattform in der nächsten Station übermittelt und die Information, ob es eine geplante Durchfahrt in dieser nächsten Station gibt. Weiterhin können Haltepunktangaben in dem Datentelegramm gesendet werden (Abschnitt 2.5.3).

2.5.2 Relative Verspätung und absolute Verspätung

Die absolute Verspätung ist die Verspätung eines Zuges gegenüber der geplanten Ankunfts- bzw. Abfahrtszeit, die TTP bei Ankunft bzw. Abfahrt misst. Mit der relativen Verspätung ist die Abweichung gemeint, die der automatisch geführte Zug an TTP zurücker meldet und sich auf die Einhaltung der geforderten optimierten Fahrzeit bezieht. TTP ist dafür verantwortlich, diese relative Verspätung unter Berücksichtigung der geforderten Fahrzeit in die absolute Verspätung des Zuges umzurechnen.

2.5.3 Haltepunktangaben in Stationen

Wenn verschiedene Zugtypen verschiedene Zuglängen besitzen, ist die Vorgabe passender Haltepunkte in den Stationsplattformen angebracht. Zu diesem Zweck sendet TTP in dem Datentelegramm mit den optimierten Halte- und Fahrzeiten zusätzlich Vorgaben für den anzusteuern den Haltepunkt in Abhängigkeit des vom Zug gemeldeten Zugtyps.

2.5.4 Kehrstrategien

Zum automatischen Fahren ist die Unterscheidung verschiedener Kehrstrategien notwendig. Der automatisch geführte Zug bekommt daher, initiiert von TTP, in den Stationsplattformen ein bestimmtes Wendekommando, wo laut Fahrplan auch wirklich der Richtungswechsel zu erfolgen hat. Je nachdem, welcher Führerstand des automatischen Zuges während der Wende aktiv bleiben soll, gibt es unterschiedliche Wendekommandos. Es sind auch sogenannte Zickzack-Wenden möglich, in denen der Zug mit einer doppelten Wende das Hauptfahrgeleis wechselt. Auch dafür müssen durch TTP entsprechende Kommandos an den Zug, bei denen jeweilige Richtungswechsel gesendet werden.

2.5.5 Kuppeln und Trennen

Ein sehr komplexes Thema ist die Fahrplanunterstützung beim Kuppeln und Trennen. Beim Kuppeln muss dem zweiten, dritten etc. Zug erlaubt werden, auf einen zu kuppelnden Zug langsam aufzufahren. TTP initiiert für die ankommenden zweiten, dritten etc. Züge die entsprechenden Kommandos. Sind alle geplanten, zu kuppelnden Züge in der Kuppelstation angekommen und sind alle physikalischen Kuppelvorgänge abgeschlossen, sodass nur noch ein Zug mit einer „Fehlzugnummer“ vorhanden ist, so ersetzt TTP automatisch diese Fehlzugnummer mit der im Fahrplan geplanten Zugnummer für den komplett gekuppelten Zug. Beim Trennen eines Zuges in zwei, drei oder mehr Teile ist die automatische Zugnummernvergabe komplizierter: Der angekom-

men von der benötigten Fahrzeit sind zu erwarten und, falls ja, wie viele (Abschnitt 2.5.2).

Die gezielte Station (Plattform) Spur an der nächsten Station ist ebenfalls in dem Daten telegramm, das von der TTP an den Zug zur Verfügung gestellt wird, mit den Halte- und Fahrzeiten, sowie mit der Information, ob der Zug durch die Station ohne Halten zu fahren hat. Außerdem können gezielte Haltepunkte ebenfalls in dem Daten telegramm (Abschnitt 2.5.3) mitgeteilt werden.

2.5.2 Relative and absolute delays

An absolute delay constitutes a deviation from the planned arrival or departure times, which the TTP records upon arrival or departure. A relative delay refers to a deviation which an automated train reports to the TTP and which refers to compliance with the required optimised travel time. The TTP is responsible for converting this relative delay into the train's absolute delay, while taking the required travel time into account.

2.5.3 Targeted stopping points at stations

The specification of the optimal stopping points on platform tracks is important, if different train types have different train lengths. For this purpose, the TTP sends a target stopping point which depends on the train type reported by the train in its data telegram and the optimised dwell and travel times.

2.5.4 Reversal strategies

It is necessary to differentiate between various reversal strategies for automated driving. The automatically controlled train therefore receives a specific reversal command from the TTP at the station platform, where the current timetable calls for a change in direction. There are different turning commands depending on which driver's cab of the train is to remain active during the reversal. So-called zig-zag reversals are also possible, in which the train switches its main track. In this case, the TTP must also send the corresponding commands to the train for the respective change of direction.

2.5.5 Coupling and decoupling

Providing timetable support during coupling and decoupling is a very complex process. During coupling, the second, third or additional train must be allowed to slowly approach the train to which it is to be coupled. The TTP initiates the corresponding commands for the arriving second, third or additional train. When all the coupling trains have arrived at the point where they are to be coupled and all the physical coupling processes have been completed so that there is only one train with a "fault number," the TTP automatically replaces this "fault number" with the train number planned for the complete coupled train in the timetable.

When separating a train into two, three or more parts, the automatic train number assignment process is more complicated. The complete train may be physically divided several times after arrival. However, the TTP is only able to know which new train number is to be automatically assigned to which part of the train, once the train has been completely separated into its parts.

2.5.6 The timetable on the driver's display

The TTP transmits the individual train timetable to the driver's display whenever there is a change in the train number, the station, the departure times, etc., in order to inform the driver about the train's future routing. The TTP also transmits the following specific information for each station or station track:

mene volle Zug wird ggf. mehrfach physikalisch geteilt. TTP kann aber erst bei vollständiger Teilung wissen, welchem Zugteil welche neue Zugnummer automatisch zuzuordnen ist.

2.5.6 Fahrplan auf Fahrer-Display

Damit der Fahrer auf seinem Display auch über den weiteren Fahrtverlauf informiert wird, sendet TTP bei jeder Änderung (Zugnummernwechsel, Änderung der Stationen, Änderung von Abfahrtszeiten) den individuellen Fahrplan an den Zug. Weiterhin werden für jede übermittelte Station bzw. jedes Stationsgleis auch folgende Attribute angegeben:

- Endstation der Fahrt
- Letzte Passagierstation der Fahrt
- Station mit geplantem Kuppeln
- Station mit geplantem Trennen
- Übersprungene Station

Bezüglich des gesamten Fahrplans wird auch übermittelt, ob sich der Zug im Headway-Modus (Abschnitt 2.6) befindet.

Es kann eine Bestätigung durch den Fahrer bei jeder Änderung des individuellen Fahrplans durch TTP abgefragt werden. Bei Fahrerwechsel wird diese Bestätigung erneut abgefragt.

Nach Information durch TTP wird am Fahrdienstleiter-Arbeitsplatz angezeigt, ob der individuelle aktuelle Fahrplan gegenüber dem ursprünglich geplanten Fahrplan geändert wurde und wenn ja, ob die Änderung vor Kurzem oder vor Längerem geschah, wobei dieser Zeitraum konfigurierbar ist.

2.5.7 Abstellen und Aufwecken der Züge

Wenn im Fahrplan das Abstellen nach Ende einer Zugfahrt oder das Aufwecken vor Beginn einer neuen Zugfahrt vorgesehen ist, sendet das Fahrplansystem TTP ein entsprechendes Kommando an den Trainguard MT-Zug, um die jeweils erforderlichen Prozeduren einzuleiten. Auf diese Weise kann zum Beispiel Energie gespart werden, wenn die Züge abgestellt und die nicht mehr benötigten Systeme heruntergefahren werden.

2.5.8 Verhinderung einer Abfahrt mit Passagieren ins Depot

Im fahrerlosen Betrieb sendet das Fahrplansystem TTP für eine Zugfahrt ein spezielles Kommando an die letzte Station mit Passagierhalt vor der Ausfahrt in ein Depot. Auf diese Weise wird verhindert, dass der Zug fahrerlos ins Depot fährt, obwohl gegebenenfalls nicht alle Passagiere den Zug verlassen haben. Die Weiterfahrt des Zuges wird daher erst durch einen manuellen Schalter erlaubt, wenn der Bediener geprüft hat, ob alle Passagiere ausgestiegen sind.

2.5.9 Übergang von einem anderen Zugbeeinflussungssystem

Wenn in einem Projekt erst teilweise für einen bestimmten Streckenbereich das Zugbeeinflussungssystem Trainguard MT und das Fahrplansystem TTP installiert werden, so ist es meistens notwendig, eine Stelle bzw. Station zu definieren, an dem der Übergang von dem alten bestehenden Zugbeeinflussungssystem zu Trainguard MT vollzogen wird. Die speziellen, notwendigen Abläufe des Übergangs werden von Fahrplansseite durch das Fahrplansystem TTP durchgeführt. So kann es zum Beispiel notwendig sein, die Zugnummer gemäß Fahrplan zeitgerecht einzufügen, da eine Übergabe der Zugnummer aus dem Bereich des bestehenden Zugbeeinflussungssystems nicht erfolgt.

2.5.10 Deadlock-Vermeidung im Moving-Block-Modus

In der Regel wird mit dem Zugbeeinflussungssystem Trainguard MT im Moving-Block-Modus gefahren. Das heißt, dass Fahrstraßen auch in einen von einem vorausfahrenden Zug belegten Ab-

- the terminal station on the trip
- the last passenger station on the trip
- a station with a scheduled coupling
- a station with a scheduled decoupling
- any skipped stations

With regard to the overall timetable, the TTP also informs the driver whether the train is in headway mode (Section 2.6).

Confirmation from the driver may be requested by the TTP whenever the individual timetable changes. If the driver changes, this confirmation will be requested once again.

After receiving information from the TTP, the dispatcher's workstation shows, whether the individual current timetable has changed in comparison with the original timetable and, if so, whether the change has occurred recently or at some earlier time. This time window is configurable.

2.5.7 Parking or waking trains

If the timetable calls for a train to be parked at the end of a journey or for a train to be woken before the start of a new journey, the TTP sends corresponding commands to the Trainguard MT in the train in order to initiate the necessary procedures. This makes it possible, for instance, to save energy when the trains are parked and their systems can be shut down.

2.5.8 The prevention of driverless departure

In driverless operation, the TTP timetable system sends a special command to the train at the last passenger station before the train can exit to the depot. This prevents the train from leaving the station for the depot without a driver when not all the passengers have yet left the train. The train is only allowed to continue to the depot once a switch has been operated manually after it has been confirmed that all the passengers have exited the train.

2.5.9 The transition from a different train control system

If the Trainguard MT train control system and the TTP are installed in a project for only a certain section of a given route, it is usually necessary to define the point or the station where the transition from the old existing train control system to Trainguard MT is made. The special procedures required for such a transition are supported by the TTP. For example, it may be necessary to ensure the timely assignment of the train number, because transferring the train number from the existing train control system is not automatic.

2.5.10 Deadlock prevention in moving block mode

As a rule, Trainguard MT operates in a moving block mode. This means that trains can also enter a block which is already occupied by a preceding train, since the trains can automatically maintain the necessary safe distance by themselves. However, this principle could lead to a deadlock situation, if a preceding train reverses according to plan and leaves a station in the opposite direction. In such a case, the route for the trailing train is not yet set and the TTP sends a corresponding command to the automatic route setting system. The route for the trailing train can be set, once the preceding train has left the station in the opposite direction. This avoids any deadlock between these two trains.

2.6 Headway mode

Customers frequently request the capability of implementing a so-called headway mode in the case of a major disruption to operations. When using this mode, the TTP ensures that the time-

schnitt gestellt werden können, da die Züge selbst für den nötigen Sicherheitsabstand sorgen können. Nun kann es aber in diesem Fall zu unerwünschten Deadlocks kommen, wenn ein vorausfahrender Zug planmäßig in einer Station wenden und in Gegenrichtung ausfahren soll. Damit in einem solchen Fall für den nachkommenden Zug die Fahrstraße noch nicht gestellt wird, kommandiert aufgrund der Fahrplansituation das operative Fahrplansystem TTP die Zuglenkung entsprechend. Wenn der vorausfahrende Zug die Station wieder in Gegenrichtung verlassen hat, kann die Fahrstraße für den nachfolgenden Zug eingestellt werden. Auf diese Weise wird ein Deadlock zwischen diesen beiden Zügen vermieden.

2.6 Headway-Modus

Häufig äußern Kunden den Wunsch der Realisierung eines sogenannten Headway-Modus, der nach größeren Störungen im Betrieb angewendet werden kann. Bei Anwendung dieses Modus sorgt das operative Fahrplansystem TTP dafür, dass die Fahrwege der Züge aus dem Fahrplan zwar noch relevant sind, aber die geplanten Ankunfts- und Abfahrtszeiten nicht mehr zur automatischen Zugregulierung benutzt werden. Stattdessen werden die Abfahrten der Züge aus den Stationen automatisch so reguliert, dass ein möglichst konstanter Abstand (=Headway) zwischen den Zügen hergestellt wird.

2.7 Reihenfolgeregelungen

2.7.1 Wartebedingungen im Fahrplan

Wenn im Fahrplan explizite Wartebedingungen zwischen einzelnen Zugfahrten hinterlegt sind, kann zum Beispiel an Einfädelsta-

table routes are still relevant, but the planned arrival and departure times are no longer used to regulate the trains automatically. Instead, the departures of the trains from the stations are adjusted automatically so that there is preferably a constant distance (= headway) between the trains.

2.7 Sequence regulation

2.7.1 Waiting conditions in the timetable

If explicit waiting conditions between individual train journeys are specified in the timetable, the TTP can ensure, for instance, that train A departs before train B at a junction station, even if train A is so delayed that train B would normally leave before train A without an automatic waiting condition.

Waiting conditions which are already specified in the timetable are also suitable for connections which have a passenger transfer guarantee. These waiting conditions are automatically implemented by the TTP so that the connecting train cannot depart before the arrival of the feeder train, including the necessary time for any passenger transfers.

The TTP ensures that the subsequent route for the waiting train is not yet set for any of the applications of the waiting conditions and that the dwell time in projects with Trainguard MT is automatically extended until the resolution of the waiting condition.

2.7.2 Train line schemes in the headway mode

The following variation of waiting conditions can be used in the headway mode (Section 2.6): each train journey in the timetable

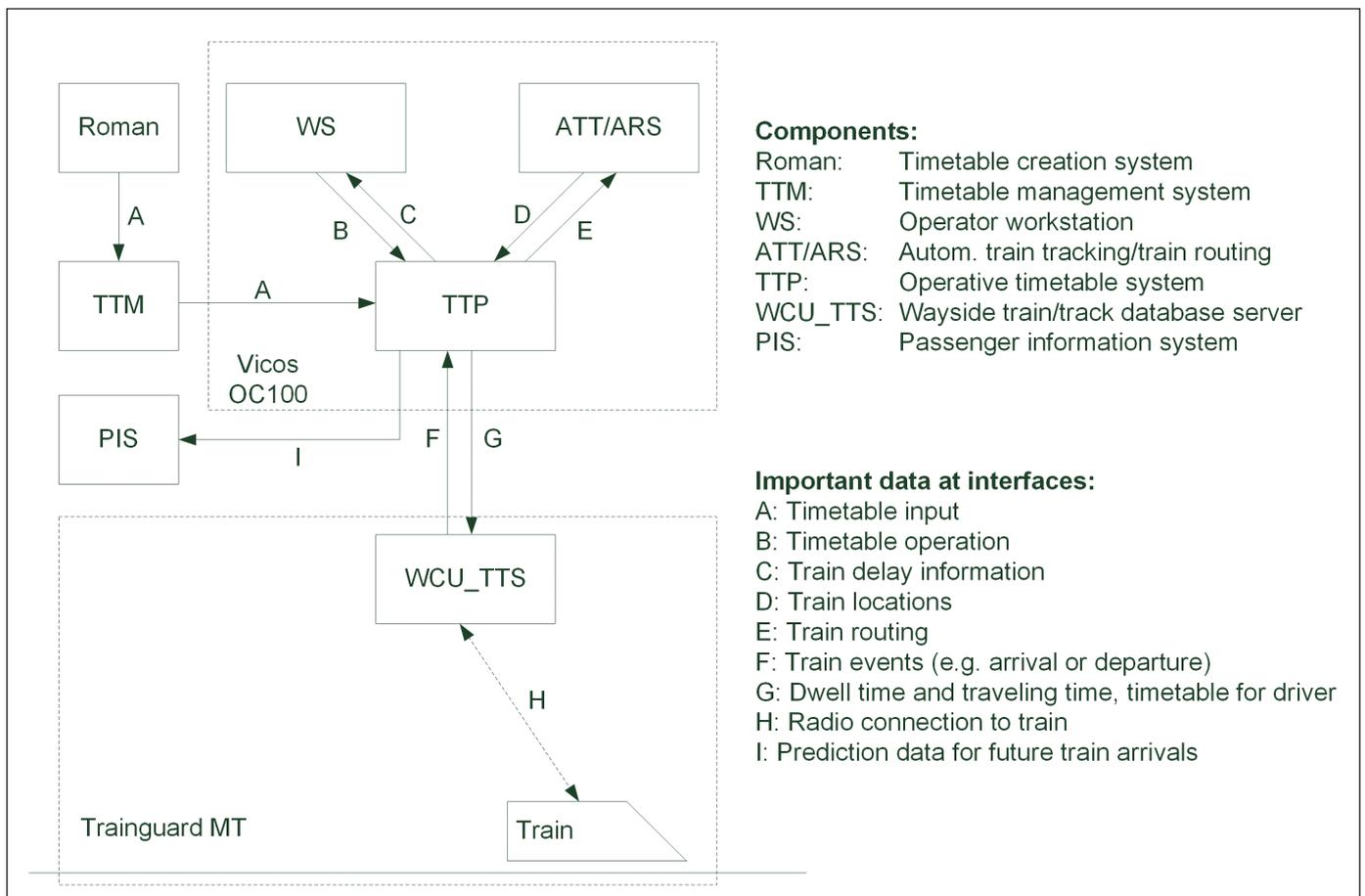


Bild 3: Systemübersicht aus der Perspektive des Fahrplansystems TTP

Fig. 3: The system overview from the perspective of the TTP timetable system

tionen anhand TTP garantiert werden, dass Zug A vor Zug B abfährt, auch wenn Zug A so verspätet ist, dass ohne automatische Wartebedingung Zug B vor Zug A abfahren würde.

Auch für Anschlussbeziehungen mit Passagierumsteigegarantie eignen sich Wartebedingungen, die bereits im Fahrplan definiert sind. Diese Wartebedingungen werden vom operativen Fahrplansystem TTP automatisch so umgesetzt, dass der Anschlusszug nicht vor Ankunft des Zubringerzuges inklusive Umsteigezeit abfahren kann.

Bei allen Varianten der Anwendung von Wartebedingungen sorgt TTP sowohl dafür, dass über die Zuglenkung die Folgefahrstraße des wartenden Zuges noch nicht eingestellt wird, als auch in Projekten mit Trainguard MT, dass die Haltezeit des Zuges automatisch bis zur Auflösung der Wartebedingung verlängert wird.

2.7.2 Zuglinienschema im Headway-Modus

Im Headway-Modus (Abschnitt 2.6) kann die folgende Variante von Wartebedingungen angewendet werden. Im Fahrplan sei jeder Zugfahrt eine Zuglinie zugeordnet, die den Fahrweg des Zuges bestimmt. An Einfädelstationen kann ein Schema von Zuglinienreihenfolgen (zum Beispiel: Linie 1 – Linie 1 – Linie 2) hinterlegt werden. Das operative Fahrplansystem sorgt bei Aktivierung dieses Schemas dann mittels entsprechender Wartebedingungen dafür, dass die Züge nach diesem Reihenfolgeschema an der Einfädelstation auf die Strecke fahren.

3 Projekt S-Bane Kopenhagen

Im Projekt S-Bane Kopenhagen kommt ein Fahrplanerstellungssystem Roman und ein Fahrplanmanagementsystem Controlguide TTM zum Einsatz. Diese Systeme liefern letztendlich die Fahrpläne für das operative Fahrplansystem TTP über den Weg Roman > Controlguide TTM > TTP. Fahrplanänderungen am aktuell geladenen Fahrplan können auch über diesen Weg an TTP gesendet werden. TTP benutzt immer den aktuellsten Fahrplan für die operative Fahrplansteuerung.

Bild 3 gibt eine Systemübersicht mit den Komponenten und Schnittstellen im Zusammenhang mit TTP wieder.

4 Ausblick

Der Abschnitt 2 behandelt die wichtigsten Funktionen des operativen Fahrplansystems TTP. Unter anderem durch die Anwendung dieses operativen Fahrplansystems TTP kann die Automatisierung im schienengebundenen Verkehr weiter gesteigert werden. In dem unter Abschnitt 3 genannten Projekt in Kopenhagen ist zwar noch ein Fahrer im Führerstand vorgesehen, aber prinzipiell kann auch vollautomatisches Fahren durch das operative Fahrplansystem zusammen mit dem Zugbeeinflussungssystem Trainguard MT gewährleistet werden. Ein weiteres Projekt mit diesem Ziel der Vollautomatik ist bereits in Vorbereitung. ■

is assigned to a train line which determines the train's routing. A train line order scheme (for instance: line 1 – line 1 – line 2) can be specified at junction stations. If this scheme is active, the TTP then manages the appropriate waiting conditions to ensure that the trains travel on the line at the junction station according to this scheme.

3 The Copenhagen S-Bane project

The Copenhagen S-Bane project uses a Roman timetable creation system and a Controlguide TTM timetable management system. Together, these two systems provide the relevant timetables for the operative timetable system: TTP via Roman > Controlguide TTM > TTP. Changes in the currently loaded timetable can be also sent to the TTP via these systems. The TTP always uses the most up-to-date timetable for its timetable processing.

Fig. 3 provides a system overview of the components and interfaces associated with the TTP.

4 Prospects

Section 2 deals with the most important functions of the TTP operative timetable system. Among its other benefits, the use of this operative timetable system can further increase the automation of operations in rail transport. In the Copenhagen project cited in Section 3, a driver is still envisioned as being present in the driver's cab. However, fully automated driving with the support of the TTP operative timetable system and the Trainguard MT train control system is possible on this system in principal. A further project with the goal of full automation is already in preparation. ■

LITERATUR | LITERATURE

[1] Hahn, W.; Erdmann, D.; Kolbe, R.; Ortloff, A.; Otto, R.; Roer, R.: Technologie und Architektur des Betriebsleitsystems Vicos OC 100, SIGNAL+DRAHT, Heft 5/1999

AUTOR | AUTHOR

Dr. Martin Harborth

Systementwickler für Betriebsleitsysteme /
System Engineer for Operation Control Systems
Siemens Mobility GmbH
Anschrift /Address: Ackerstr. 22, D-38126 Braunschweig
E-Mail: martin.harborth@siemens.com