

# Mustergleisfeld – Beschreibung der Planung eines digitalen Stellwerks

## Model track area – planning of a digital signal box

Andreas Fennen

Die Eisenbahninfrastruktur soll in den kommenden Jahren zukunftssicher gestaltet werden. Die digitale Stellwerkstechnologie legt dafür den Grundstein einer neuen Ära in der Zugsteuerung, damit die zwingend notwendigen Kapazitätserhöhungen auf der Schiene zuverlässig und sicher bewältigt werden können. Die Zielarchitektur der digitalen Stellwerke (DSTW) führt zu einer Standardisierung jeglicher Stellwerkskomponenten bis in die Gleisfeldebene hinein, wodurch die Verfügbarkeit erhöht und die Kosten reduziert werden sollen. Die Anbindung an das bahnbetriebliche IP-Netz (bbIP) mittels Glasfaser erfolgt redundant und ebenfalls bis in die Gleisfeldebene. Durch die geschaffene Dezentralisierung wird die elektrische Energieversorgung der Gleisfeldelemente im Vergleich zu den vorherigen Stellwerkstechnologien erheblich strukturell verschlankt, welches zur Reduzierung der Kupferkabel im Gleisfeld führen soll. Die Object Controller (OC) im Gleisfeld bilden dabei die elementare Schnittstelle und steuern einzelne Feldelemente der Leit- und Sicherungstechnik (LST), werden in das bahnbetriebliche Glasfaser IP-Netz (bbIP) des Gewerks Telekommunikation (TK) eingebunden und durch eine elektrische Energieanlage (EEA) versorgt.

### 1 Einleitung

Der DB InfraGO Geschäftsbereich Fahrweg und die DB Engineering & Consulting haben in enger Zusammenarbeit das Projekt „Mustergleisfeld DSTW“ ausgeführt. Im Projekt wurden die inhaltlichen Vorgaben der Planungsunterlagen zum Errichten eines DSTW auf deren tatsächliche Umsetzbarkeit anhand eines Mustergleisfeldes überprüft. Der Fokus lag grundsätzlich in der Planung der Ausrüstungstechnik im Gleisfeld und die damit einhergehende Planung der Anbindung von Feldelementen. Im DSTW Mustergleisfeld wurden die mitwirkenden Gewerke auf die LST, die TK und die EEA beschränkt. Zudem wurde ausschließlich die Planung eines DSTW betrachtet, ohne dabei auf die Planung weiterer infrastruktureller Komponenten wie beispielsweise die Errichtung von Bahnübergängen, die Einbindung von elektrischen Weichenheizanlagen oder ähnlichem einzugehen. Als Planungsinhalte weiterer Gewerke wurden sinnvolle Vorgaben gewählt und vorausgesetzt. Bei den auszuführenden Planungsinhalten lag der Fokus auf den Unterschieden der Planung eines DSTW im Vergleich zur Planung eines herkömmlichen ESTW. Das Mustergleisfeld soll dabei nicht nur die Planungsvorgaben hinsichtlich ihrer praktischen Umsetzbarkeit prüfen, sondern auch als eine Art Blaupause für künftige DSTW-Planungen dienen. Das Projekt „Mustergleisfeld DSTW“ besteht aus zwei Teilprojekten: Das erste Teilprojekt umfasst drei verschiedene Betriebsstel-

The aim is to make the rail infrastructure future-proof in the near future. Digital signalling technology is laying the foundation for a new era in train control so that the urgently needed increases in rail capacity can be managed reliably and safely. The target digital signal box (DSTW) architecture is leading to the standardisation of all the signalling components down to the track area level, which should increase availability and reduce costs. The connection to the rail IP network (bbIP) using fibre optics is made on a redundant basis and also extends to the track area. The achieved decentralisation makes the electrical power supply to the track area elements considerably structurally leaner compared to the previous signalling technologies, which should lead to a reduction in copper cabling in the track area. The object controllers (OC) in the track area form the elementary interface and control the individual area elements in the control command and signalling technology (CCS). They are integrated into the telecommunications (TK) subsystem's bbIP fibre optic network and are powered by the electrical energy system (EEA).

### 1 Introduction

DB InfraGO Tracks and DB Engineering & Consulting have worked closely together to implement the “Digital Signal Box Model Track Area” project. In the project, the content specifications of the planning documents for the construction of a digital signal box were checked with regard to their actual feasibility using a sample track area. The focus was basically on the planning of the technical equipment to be used in the track area and the associated planning for the connections to the field devices. The participating technical disciplines in the DSTW model track area were limited to the CCS, TK and EEA. In addition, only a digital signal box planning was considered, without any consideration of the planning of any other infrastructural components such as the construction of level crossings, the integration of electrical switch heating systems or similar equipment. Sensible specifications have been selected and assumed for the planning content of other technical disciplines. In terms of the planning content to be implemented, the focus was on the differences between planning a digital signal box and planning a conventional electronic interlocking. The model track area is not only intended to test the practical feasibility of the planning specifications, but also to serve as a kind of blueprint for future digital signal box planning.

len, die zu einer fiktiven Bahnstrecke vereint werden. Dabei wird auf eine hohe Varianz geachtet, um verschiedene Typen von Betriebsstellen zu betrachten. Im zweiten Teilprojekt wird ein Bestandsbahnhof fiktiv mit einem DSTW geplant. In beide Teilprojekte sind Erkenntnisse aus parallel laufenden, realen Projekten eingeflossen.

**2 Zielsetzung**

Das Ziel der Musterplanung DSTW ist die Überprüfung der Planungsvorgaben im Hinblick auf:

- DSTW-Gleisfeld,
- Gleisfeld Energieversorgung,
- Feldelementanschlusskasten (FEAK) bzw. Feldelementanschlussschrank (FEAS) – folgend FEAx genannt,
- Gleisfeldkonzentratoren (GFK)

und ob diese durchgängig und komplikationslos auszuführen sind. Zudem sollten aus der Zusammenarbeit der verschiedenen Gewerke Erkenntnisse gesammelt werden.

**3 Planungsablauf und Schnittstellen**

Im Projekt wurde deutlich, dass die FEAx die zentrale Schnittstelle zwischen den ausrüstenden Gewerken LST, TK und EEA darstellen. Die zeitliche Abfolge der Planung ist charakterisiert durch definierte Meilensteine in den jeweiligen Fachgewerken sowie die endgültige Übergabe von Planungsdokumenten. Hierbei sind zwei eindeutige Planungsschritte erkennbar: Im ersten Teil der Planung positioniert überwiegend das Gewerk LST die Feldelemente, inklusive der FEAx, und ordnet die entsprechenden OC zu. Im zweiten Planungsschritt legen die Gewerke EEA und TK gemeinsam die Anzahl an benötigten GFK, EEA- und TK-Module sowie deren Positionierung fest, bevor die energietechnische und telekommunikative Anbindung der FEAx vom GFK erfolgen kann (Bild 1).

The “Digital Signal Box Model Track Area” project consists of two sub-projects: the first sub-project comprises three different operating locations, which have been combined to form a fictitious rail line. A high degree of variance has been taken into account in order to consider different types of operating locations. In the second sub-project, an existing station has been fictitiously planned with a DSTW. The findings from parallel, real-life projects have been incorporated into both sub-projects.

**2 The purpose**

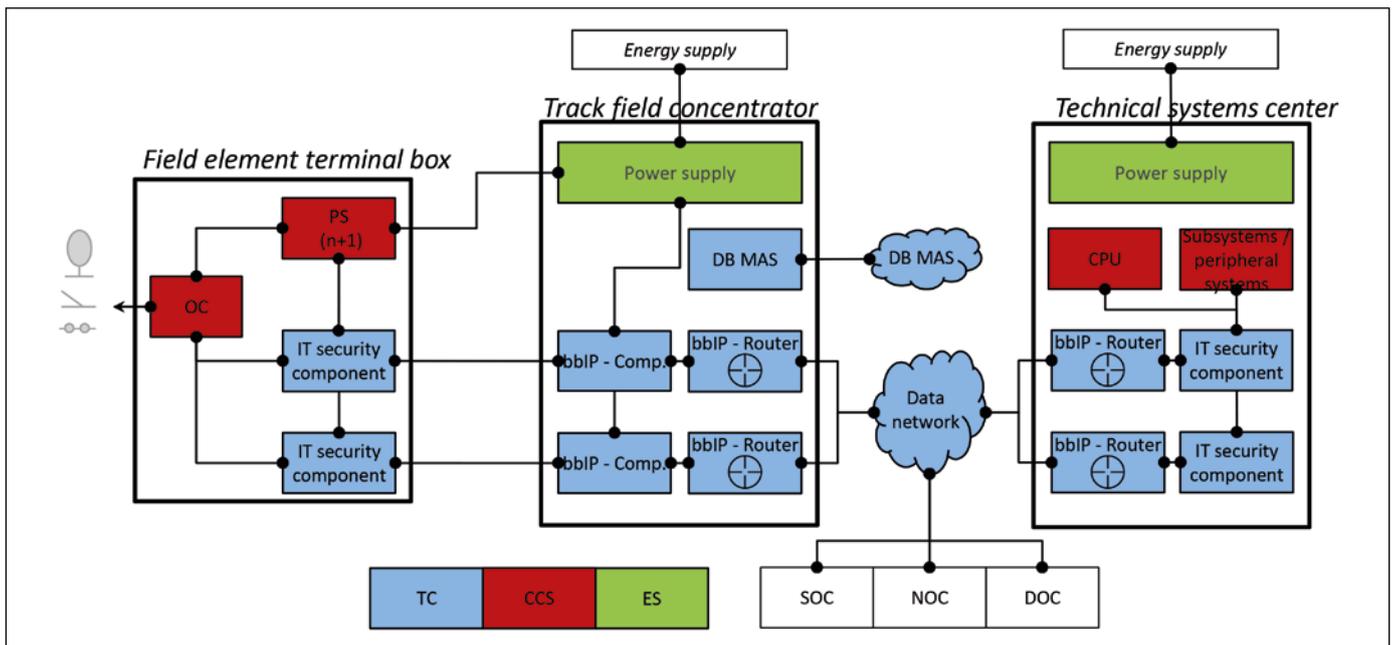
The aim of digital signal box model planning is to review the planning specifications regarding:

- the DSTW track area,
- the track area energy supply,
- the terminal box for field devices (FEAK) or the terminal cabinet for field devices (FEAS), both referred to hereafter as FEAx,
- the track area concentrator (GFK)

and whether these are to be implemented consistently and without complications. In addition, findings from the cooperation between the various technical disciplines should also be gathered.

**3 The planning process and interfaces**

It became clear during the project that each FEAx represents the central interface between the CCS, TK and EEA subsystems. The chronological planning sequence is characterised by defined milestones in the respective technical disciplines and the final handover of the planning documents. Two clear stages of planning can be identified here: in the first part of the planning, the CCS discipline primarily positions the field devices, including the FEAx, and assigns the corresponding OC. In the second planning stage, the WT and TK disciplines jointly determine the number of GRP, EEA and TK modules required, as well as their



**Bild 1: Vereinfachte Darstellung der neuen Gewerkezuordnung (GZO). (TSO = Technikstandort, SOC = Security Operations Centre, NOC = Network Operations Centre, DOC = Data Operations Centre)**

Fig. 1: The new allocation of subsystems (greatly simplified). (TSO = Technikstandort, SOC = Security Operations Centre, NOC = Network Operations Centre, DOC = Data Operations Centre)

Quelle / Source: DB E&C

Die Planung muss zeitlich klar strukturiert erfolgen und lässt nur wenige Parallelprozesse zu. Da Änderungen von bereits gemachten Vorgaben einzelner vorgelagerter Planungsschritte Auswirkungen auf alle nachfolgenden Planungsschritte haben, stören sie den iterativen Ablauf der Planung erheblich. Dennoch können zumindest einzelne FEAx auch ohne Verzögerung des Gesamtprozesses nachträglich eingearbeitet werden. Eine größere Anzahl an Änderungen der FEAx-Standorte sowie der OC-Belegungen kann allerdings eine vollständige Neuplanung der Gewerke EEA und TK zur Folge haben.

Bei der Planung von Stellbereichen der EEA- und TK-Module sollten im eigenen Interesse eines weiteren positiven Planungsverlaufs daher alle drei Gewerke (LST, EEA und TK) diese Stellbereiche im Teamverbund in iterativen Schritten gemeinsam ausarbeiten.

### 3.1 Erkenntnisse der LST

Die Planung der LST-Feldelemente ändert sich durch die Planungsvorgaben DSTW nicht. Die Positionierung der Feldelemente und daraus resultierend deren Anbindung durch FEAx muss sorgfältig gewählt sein, da sie im Gleisfeld das Bindeglied zu den Gewerken TK und EEA sind. Ebenso verhält es sich mit den OC. Die Planung der FEAx-Standorte inklusive der Belegung der OC sollte vollständig und umfassend abgeschlossen werden und anschließend an die Fachgewerke TK und EEA übergeben werden. Kleine Anpassungen und das Hinzufügen von FEAx-Standorten bzw. OC-Belegungen müssen klar kommuniziert werden. Eine größere Umplanung von FEAx-Standorten oder Belegungen hat unweigerlich erhebliche Planungsänderungen der anschließenden Planungen der EEA und TK als Folge.

Hierbei wird deutlich, dass die Gleisfeldplanung des Gewerks LST gegenüber einer ESTW-Planung komplett neu aufgestellt ist, da lediglich die Sekundärverkabelung von den Feldelementen zu den FEAx geplant wird, aber nicht bis zum ESTW-Modulgebäude. Somit verringert sich der Umfang der Kabelplanung im Gleisfeld erheblich bzw. verschiebt sich zu den Gewerken TK und EEA.

Das Gewerk LST benötigt eine gewisse Vorlaufzeit zur Standortermittlung der FEAx, ohne deren durchdachte Planung eine Übergabe an die nachfolgenden Gewerke nicht zielführend ist.

### 3.2 Erkenntnisse der TK-Planung

Die von der LST geplanten FEAx sind Zwangspunkte und daher maßgeblich für alle nachfolgenden Planungsschritte. Die Anbindung der bereits definierten FEAx geschieht von den GFK-Standorten aus.

Die Standorte der GFK müssen, wie die Standorte der FEAx, im Vorfeld festgelegt werden. Wichtig hierbei ist, dass bei der Festlegung die Gewerke LST und EEA beteiligt sind. Diese sind maßgeblich für die Festlegung der Standorte unter Beachtung der maximalen Stellentfernungen sowie der Anzahl an zu versorgenden Feldelementen verantwortlich. Eine nachträgliche Anpassung der Standorte (z. B. durch zusätzliche abgesetzte EEA-Module) geht mit einer Überarbeitung der bisherigen Planung der Bahnhofskabel einher und führt somit zu einem erhöhten Planungsaufwand. Ebenso sind Standortkriterien (Zufahrt, Rettungswege, Gefahrengebiete etc.) bei der Auswahl der Standorte zu beachten.

Ausgehend von schematischen Übersichtsplänen, inklusive der FEAx-Standorte, kann nun die Planung der Glasfaser-Bahnhofsringe durch die TK erfolgen. An die Bahnhofsringe werden die OC in den FEAx datentechnisch über die Feldelementebene angebunden. Die Planungsvorgabe Gleisfeld liefert hierfür alle notwendigen Vorgaben sowie Beispiele der unterschiedlichen Anbindungsmöglichkeiten.

positioning, before the power and telecommunications lines to the FEAx devices from the GFK can be connected (fig. 1).

The planning must be clearly structured in terms of time and only permit a few parallel processes. Given that changes to any specifications that have already been made in the individual upstream planning stages have an impact on all the subsequent planning stages, they significantly disrupt the iterative planning process. Nevertheless, the individual FEAx devices can be retrospectively incorporated without delaying the overall process. However, a large number of changes to the FEAx locations and OC assignments may result in the complete replanning of the EEA and TK subsystems.

When planning control areas for the EEA and TK modules, all three disciplines (CCS, EEA and TK) should therefore work out these control areas together as a team in iterative steps in order to ensure that the planning progresses positively.

### 3.1 The findings from the CCS

The planning of the CCS field devices does not change as a result of the digital signal box planning specifications. The positioning of the field devices and, as such, their connection via FEAx must be carefully selected, as they are the link to the TK and EEA systems in the track area. The same applies to the OC. The planning of the FEAx locations, including the allocation of the OC, should be fully and comprehensively completed and then handed over to the TK and EEA specialist disciplines. Minor adjustments and the addition of FEAx locations or OC assignments must be clearly communicated. A major rescheduling of FEAx locations or occupancy inevitably results in significant changes to the subsequent planning of the EEA and TK.

This clearly shows that the track area planning of the CCS discipline is completely new when compared to ESTW planning, as only the secondary cabling from the field devices to the FEAx is planned, but not as far as the ESTW module building. This significantly reduces the scope of the cable planning in the track area or shifts it to the TK and EEA subsystems.

The CCS technical discipline requires a certain lead time, in which to determine the location of the FEAx, the well-thought-out planning of which must have been completed in order to enable a constructive handover to the subsequent disciplines.

### 3.2 The findings from TK planning

The FEAx devices planned by CCS constitute constraints and are therefore decisive for all the subsequent planning steps. The already defined FEAx equipment is connected from the GFK locations.

The GFK locations, like those of the FEAx, must be determined at the station throat. It is important that the CCS and EEA technical disciplines are involved in the specification here. These are largely responsible for determining the locations, while taking into account the maximum distances and the number of field devices to be supplied. The adaptation of the locations (e.g. through additional remote EEA modules) at a later date involves a revision of the previous planning of the station cables and therefore results in a greater amount of planning work. The location criteria (access, escape routes, danger zones, etc.) must also be taken into account when selecting the locations.

The fibre optic station rings can now be planned by the TK based on schematic overview plans, including the FEAx locations. The OCs in the FEAx are connected to the station rings via the field device level. The track area planning specification provides all

Wichtig ist zu erwähnen, dass die Gleisfeldplanung einen neuen, großen Planungsanteil für das Gewerk TK darstellt. Die dadurch entstehenden neuen Schnittstellen zu anderen Gewerken (LST, EEA, Kabeltiefbau (KTB)) erfordern einen erhöhten Abstimmungsbedarf. Zusammenfassend stellen sich die Erkenntnisse aus dem Gewerk TK wie folgt dar:

- Planung / Änderung FEAK/FEAS → Abstimmung mit LST
- Planung / Änderung GFK-Standorte → Abstimmung mit EEA
- abgesetzte Module müssen neue Glasfaser-Bahnhofsringe bilden
- das nachträgliche Hinzufügen neuer abgesetzter EEA-Module führt zu größeren Umplanungen, da die TK-Bahnhofsringe neu geplant werden müssen
- KTB umfasst Kabeltrassen und Kabelquerungen, welche von der TK-Planung mit dem KTB abgestimmt werden müssen.

Der Ablauf der Planung ist eindeutig und beginnt nach dem Planungsende LST für FEAx.

### 3.3 Erkenntnisse der EEA

Dem Gewerk EEA obliegen bei der Planung eines DSTW drei Planungsteile:

- Einspeisung in den GFK
- Innenanlage im GFK EEA-Modul
- Energieversorgung Gleisfeld.

Diese sollen im Folgenden etwas genauer beschrieben werden.

#### 3.3.1 Einspeisung in den GFK

Die Einspeisung erfolgt über den Verteilnetzbetreiber (VNB) und beinhaltet ebenso die Netzersatzanlagen Oberleitung, die Batterie für die Notstromversorgung sowie die Anschlussmöglichkeit für eine mobile Netzersatzanlage (mNEA). Insgesamt betrachtet sind die Planungen hierfür hinlänglich bekannt und beinhalten somit keine zu beachtenden Besonderheiten oder Neuheiten.

#### 3.3.2 Innenanlage im GFK EEA-Modul

Für die Planung der Innenanlage des EEA-Moduls kann grundsätzlich die Wahl aus zwei verschiedenen Blockschaltkonzepten getroffen werden. Diese ermöglichen je nach Struktur dann auch unterschiedliche Gleisfeldtopologien, daher sollte diese Entscheidung im jeweiligen Einzelfall getroffen werden.

Neben der energietechnischen Versorgung der TK-Module und allgemeiner Komponenten muss die Dimensionierung der Anlage der unterbrechungsfreien Stromversorgung (USV), d.h. die Speicherkapazität der hierfür relevanten Batterie(n), festgelegt werden. Weitere zu dimensionierende Bestandteile der Innenanlage sind die stationären Netzersatzanlagen für die Oberleitung sowie die mobile Netzersatzanlage.

Anhand der erfolgten Planung wird der Energiebedarf des gesamten Gleisfelds bestimmt sowie werden die Versorgungsabgänge im Gleisfeld inklusive deren ISO-Überwachung definiert.

#### 3.3.3 Energieversorgung Gleisfeld

Mit der erfolgten Festlegung der FEAx-Standorte werden diese den EEA-Modulen zugeteilt, die dann wiederum im Gleisfeld positioniert sowie deren Leistungsbedarfe berechnet werden. Die GFK-Standorte werden in Absprache mit dem Gewerk TK ermittelt, ebenso der Leistungsbedarf des TK-Moduls. Die FEAx-Standorte und -Belegungen sind, wie bereits erwähnt, maßgeblicher Faktor für alle weiter folgenden Planungsschritte, und sie definieren auch die installierte Leistung im Gleisfeld, die berechnet werden muss. Hinsichtlich der Schnittstelle zum Teilsystem Weichen gibt es bei der Planung einige Punkte zu beachten. So muss die Anzahl zeitgleich anlaufender sowie umlaufender Weichen für je-

the necessary specifications and examples of the various connection options.

It is important to mention that track area planning represents a large new planning component for the TK discipline. The resulting new interfaces to other disciplines (CCS, EEA, underground cables works) require a greater amount of coordination. The findings from the TK discipline can be summarised as follows:

- Planning / changes to FEAK/FEAS → Coordination with CCS
- Planning / changes to GFK locations → Coordination with EEA
- The remote modules must form new fibre optic station rings
- The subsequent addition of new remote EEA modules leads to major replanning, as the TK station rings have to be replanned
- Underground cable installation includes cable routes and cable crossings that must be coordinated between TK planning and the underground cable installation division.

The planning process is clear and begins after the end of the CCS planning for the FEAx.

### 3.3 The findings from the EEA

The EEA discipline is responsible for three factors of planning when planning a digital signal box:

- the feed to the GFK
- the interior system in the GFK EEA module
- the energy supply to the track area.

They are described in more detail below.

#### 3.3.1 The feed to the GFK

The feed takes place via the grid operator (VNB) and also includes the backup power systems for the overhead lines, the battery for the backup power supply and the connection option for a mobile backup power system (mNEA). In general, the plans for this are well known and therefore do not contain any special features or innovations that need to be taken into account.

#### 3.3.2 The interior system in the GFK EEA module

When planning the EEA module's indoor unit, you can basically choose between two different block switching concepts. Depending on the structure, these also enable different track area topologies, so this decision should be made on a case-by-case basis.

In addition to the power supply for the TK modules and general components, it is also necessary to determine the dimensions of the uninterruptible power supply (UPS) system, i.e. the storage capacity of the relevant battery(ies). Other components of the indoor system to be dimensioned include the stationary backup power systems, the overhead line and the mobile backup power system.

The energy requirements of the entire track area are determined based on the planning and the supply outlets in the track area, including their ISO monitoring, are defined.

#### 3.3.3 The energy supply to the track area

Once the FEAx locations have been defined, they are assigned to the EEA modules, which are then positioned in the track area and have their power requirements calculated. The GFK locations are determined in consultation with the TK discipline, as are the power requirements of the TK module. As already mentioned, the FEAx locations and assignments are a decisive factor for all the subsequent planning steps, and they

den FEAx bekannt sein. Daraus lässt sich schließen, dass die betrieblichen Vorgaben zur Fahrstraßenbildezeit bereits in einer frühen Phase ausgearbeitet werden müssen, was eine besondere Herausforderung in der Planung darstellt. Die maximale primäre Stellentfernung wird durch den Spannungsfall und die Anzahl gleichzeitig umlaufender Weichen sowie den maximalen Aderquerschnitt stark begrenzt. Primär- und Sekundärverkabelung sind nicht isoliert voneinander zu betrachten. Auch muss für das Teilsystem Weiche der Leistungsbedarf berechnet werden.

Die neue Strangtopologie ermöglicht die Anbindung von maximal zehn OC und ist in ihren Vorgaben eindeutig. Die selektive Abschaltung einzelner FEAx in einem Strang ist hingegen bislang nicht eindeutig umzusetzen.

Aus all den aufgeführten Abhängigkeiten und Planungsschritten folgt konsequenterweise, dass das Gewerk EEA bei der Planung eines DSTW gegenüber der Planung eines herkömmlichen Stellwerks einen deutlich erhöhten Planungsanteil hinsichtlich der Kabelverlegung im Gleisfeld zu leisten hat.

#### 4 Fazit

Durch das Projekt „Mustergleisfeld DSTW“ wird festgestellt, dass sich durch den aktuellen Stand der Planungsvorgaben Gleisfeld, FEAx sowie GFK ein vollständiges DSTW-Gleisfeld realisieren lässt. Dabei ist die Reihenfolge der Planungsschritte sowie die Abhängigkeit nachfolgender Gewerke zwingend zu beachten. Allerdings ist ebenfalls festzuhalten, dass es noch weiterer Abstimmungen bzw. eindeutiger Definitionen bedarf, wie z. B. die Festlegung der FEAx-Standorte, damit der entsprechende Planer eines DSTW-Gleisfeldes Sicherheit in seiner Planung erfährt. Hier ist die Thematik der Fahrstraßenbildezeit und der gleichzeitig umlaufenden Weichen eine größere Herausforderung. Durch die Dezentralisierung der Anschlusspunkte der Weiche verschieben sich auch die Leistungsberechnungen und deren Einfluss auf die benötigten Kabelquerschnitte zum Einhalten der geforderten Spannungstoleranzen. ■

also define the installed power in the track area, which must be calculated.

There are a few points to consider with regard to the interface to the switch subsystem when planning. For example, the number of switches simultaneously starting or being thrown must be known for each FEAx. It can be concluded from this that the operating specifications for the route formation time must be worked out at an early stage, which represents a particular challenge in planning. The maximum primary switching distance is severely limited by the voltage drop and the number of simultaneously circulating switches as well as by the maximum conductor cross-section. Primary and secondary cabling should not be considered in isolation from each other. The power requirement must also be calculated for the switch subsystem.

The new line topology enables the connection of a maximum of ten OCs and is clear in its specifications. However, the selective shutdown of individual FEAx devices in a line has not yet been clearly implemented.

It follows from all the dependencies and planning stages listed above that the EEA discipline has a significantly higher share of the planning when planning a digital signal box (DSTW) with regard to the cable laying in the track area when compared to the planning of a conventional signal box.

#### 4 Conclusion

The “Digital Signal Box Model Track Area” project has established that a complete DSTW track area can be implemented with the current status of the planning specifications for the track area, FEAx and GFK.

The sequence of the planning steps and the dependency of the subsequent disciplines must be observed. However, it should also be noted that further coordination and clear definitions are still required, such as the determination of the FEAx locations, so that the corresponding digital signal box track area planners can have some certainty in their planning. Here, the issue of the route formation time and the number of switches simultaneously being thrown is a greater challenge. The decentralisation of the connection points of the switch also shifts the power calculations and their influence on the cable cross-sections required to comply with the required voltage tolerances. ■

#### AUTOR | AUTHOR

Andreas Fennen  
Planung 50 Hz/Planning 50 Hz  
DB Engineering & Consulting GmbH  
Adresse / Address: Rundestraße 11, 30161 Hannover  
andreas.fennen@db-eco.com