

# Schaffung einer vollständigen Gleisnetzdaten-Grundlage für die LST-Planung

Creating a complete track alignment basis for CCS planning

Stefan Schröder | Maximilian Braun | Benedikt Wenzel

Die Planung von Leit- und Sicherungstechnik (LST) steht heutzutage vor der Herausforderung, dass oftmals die Qualität der Gleisnetzdaten (GND) mangelhaft ist, wodurch Verzögerungen und Risiken in LST-Projekten entstehen können. Während die bestehende Lösung der Neutrassierung für viele Projekte zu aufwendig ist, werden pragmatische Alternativen benötigt, welche LST-Projekte beschleunigen und gleichzeitig die Planungsqualität verbessern können. Das Ziel ist eine vollständige Planungsgrundlage, die neben Gleisachsen auch Grenzeichenpositionen umfasst.

## 1 Defizite in Gleisnetzdaten und ihre Auswirkungen auf die LST-Planung

Der vorliegende Beitrag analysiert und diskutiert die derzeitigen Herausforderungen im Umgang mit GND, deren Ursachen sowie mögliche Maßnahmen zur Schaffung einer vollständigen GND-Grundlage für LST-Projekte. Insbesondere in Infrastrukturbereichen, die nicht in den vergangenen Jahren saniert wurden, weisen GND häufig Lücken und Inkonsistenzen auf, die zu erheblichen Verzögerungen in LST-Projekten führen können. Darüber hinaus sind GND auch als Planungsgrundlage für andere Gewerke vorgeschrieben, sodass sich qualitätssteigernde Maßnahmen mehrfach auszahlen. Der Beitrag beleuchtet abschließend Unstimmigkeiten im aktuellen Umgang mit Grenzeichen und leitet diesbezüglich ebenfalls Handlungsempfehlungen ab.

## 2 Anforderungen der LST-Planung an Gleisnetzdaten

Informationen über Gleise und Weichen stellen eine essenzielle LST-Planungsgrundlage dar. Nach DB-Richtlinie 883 ist die Soll-Trasse Grundlage für Planungen. In den LST-planungsspezifischen Richtlinien ist diese Vorgabe nicht so eindeutig wiederzufinden (Richtlinien 809, 819). Dort werden GND gefordert, welche auf Vollständigkeit, Qualität und Aktualität zu prüfen sind.

Im Idealzustand liegen der LST-Planung zu Beginn der Leistungsphase 2 (Vorplanung, VP) im gesamten Planungs- und Betrachtungsbereich GND vor, welche die Soll-Trasse im DB\_REF2016 (im Folgenden kurz DB\_REF) zum Zeitpunkt der Inbetriebnahme der LST-Maßnahme beschreiben. Die GND sollten die nachfolgenden Informationen vollständig enthalten:

- den Zielzustand der Gleise und Weichen in Lage, Höhe und Überhöhung (entsprechend der Definition der Soll-Trasse aus Richtlinie 883)
- die Kilometrierungsachsen
- das topologische Knoten-Kanten-Modell der Gleise inkl. Knotennamen und Weichen- und Kreuzungsbauformen
- Grenzeichen (berechneter Gefahrenpunkt gemäß Soll-Trasse).

Nowadays, the planning of control, command and signalling (CCS) technology is facing the challenge of frequently inadequate track alignment data (GND) that can lead to delays and risks in CCS projects. Given that the existing solution of new track alignment is too costly for many projects, pragmatic alternatives are needed to accelerate CCS projects while also improving planning quality. The goal is to create a complete planning basis that includes not only track axes but also fouling point positions.

## 1 Track alignment data deficiencies and their impact on CCS planning

This article analyses and discusses the current challenges connected to dealing with GND, their causes and the possible measures for creating a complete GND basis for CCS projects. GND often contain gaps and inconsistencies, particularly in infrastructure areas that have not undergone recent renovations, that can lead to significant delays in CCS projects. In addition, GND are also required as a planning basis for other trades, meaning that any quality-enhancing measures pay off multiple times over. The article concludes by highlighting some inconsistencies in the current handling of fouling points and derives recommendations for action in this regard.

## 2 CCS planning requirements for track alignment data

Information about the tracks and switches constitutes an essential basis for CCS planning. According to DB Guideline 883, the planned track alignment constitutes the planning basis. This requirement is not so clearly stated in the CCS planning-specific guidelines (Guidelines 809, 819). These guidelines require GND that must be checked for completeness, quality and currentness. Ideally, GND describing the planned track alignment in DB\_REF2016 (hereafter referred to as DB\_REF) should be available for the entire planning and consideration area at the time of commissioning of the CCS project by the start of Work Phase 2 (preliminary planning, VP). The GND should contain the following information in full:

- the planned state of the tracks and points in terms of their position, height and superelevation (in accordance with the definition of the planned track alignment in Guideline 883)
- the mileage axes
- the topological node-edge model of the tracks, including the node names as well as any switch and crossing designs
- the fouling points (a calculated danger point according to the planned track alignment).

### 3 Vollständigkeit, Qualität und Aktualität von Gleisnetzdaten

Der beschriebene Idealzustand ist in kaum einem LST-Projekt gegeben, aus unterschiedlichen Gründen:

- Seitdem das DB-weit einheitliche Bezugssystem DB\_REF eingeführt wurde, wurden nur ca. für die Hälfte der Gleiskilometer im Zuge gleisgeometrischer Projekte neue Soll-Trassen erstellt. Die andere Hälfte der Soll-Trassen-Daten des Bestands liegt in einem vormalig verwendeten Bezugssystem (Geodätisches Altssystem, Richtlinie 883) vor. Da gleisgeometrische Projekte oft eine kleinere räumliche Ausdehnung haben als LST-Projekte, findet sich im Projektbereich letzterer meist ein „Flickentepich“ aus Soll-Trassen im DB\_REF und im Altssystem. An den Übergängen treten Lücken in den Gleis- und Streckenachsen auf, i. d. R. im Größenbereich bis 1 m. Diese Lücken fallen dann meist zu Beginn der LST-Planung im LST-Planungswerkzeug auf.
- Die Koordinaten der Achshauptpunkte – Anfangs- und Endpunkte der Lagegeometrielemente wie Geraden, Bögen und Übergangsbögen – der Soll-Trassen-Daten aus Altssystemen liegen in den Bestandsdaten ein zweites Mal vor, transformiert in das DB\_REF. Die deutschlandweite Transformation dieser Daten geschah durch die Software GNTrans der Firma Geo++ GmbH, nach deren Angaben die absolute Genauigkeit in der Lage < 5 cm und die relative Genauigkeit 1 cm beträgt; in den neuen Bundesländern deutlich besser [1]. Die exakten Angaben können bisher nicht sicher bestätigt werden. Eine größer angelegte Untersuchung von in beiden Systemen bekannten Punkten wäre notwendig. Anhand des seltenen Auftretens von Längenabweichungen von Lagegeometrieelementen > 10 cm kann zumindest die Größenordnung der absoluten Genauigkeit durch die Autoren bestätigt werden. Nach Richtlinie 883 ist die Verwendung der transformierten Daten auf grafische Zwecke begrenzt.
- Es gibt Gleise, für die keine Soll-Trassen-Daten im Bestand vorliegen. Für Nebengleise im Bahnhofsbereich tritt dieser Fall in vielen LST-Projekten zumindest teilweise auf, für Hauptgleise selten. Für die betroffenen Gleise liegt in den Bestandsdaten die interaktive Gleistechnik vor. Auf Basis von Planvorlagen oder Befliegungsauswertungen wurden Lagegeometrieelemente und das topologische Modell erzeugt. Auch diese Daten sind rein für grafische Zwecke erstellt. Die Genauigkeit der Daten ist nicht nachvollziehbar, Höhen- und Überhöhungsdaten fehlen.
- Kürzlich erfolgte oder bis zum Inbetriebnahme-Zeitpunkt der LST-Maßnahme erfolgende gleisgeometrische Projekte sind noch nicht in die Bestandsdaten eingegangen und müssen dementsprechend durch das LST-Projekt über direkte Schnittstellen zu den gleisgeometrischen Projekten beschafft werden.
- Soll-Standorte für Grenzzeichen werden im Zuge der Erstellung von Soll-Trassen berechnet, gleisgeometrisch geprüft und freigegeben. Die Speicherung dieser Soll-Standorte ist nach Regelwerk nicht vorgegeben, sodass im Bestand bestenfalls Ist-Standorte der Grenzzeichen zu finden sind. Die Ist-Standorte weichen oftmals stark (teilweise > 1 m) vom Soll-Standort ab, meist zur sicheren Seite.

Wissentlich oder unwissentlich werden den meisten LST-Planungen Gleisnetzdaten zugrunde gelegt, die eine Mischung der in den Punkten 1–3 beschriebenen Varianten und Qualitäten aufweisen. Dies ist unabhängig davon, ob konventionell oder digital geplant wird, ob ETCS oder ausschließlich PZB geplant wird, ein Problem – eines, das im Fall der digitalen Planung aufgrund von Zwängen des Fachdatenmodells (PlanPro) und der digitalen Planungswerkzeuge häufiger auffällt und eine Barriere für die konsequente digitale LST-Planung darstellt.

### 3 The completeness, quality and timeliness of track alignment data

The ideal situation described above is rarely found in CCS projects for various reasons:

- Since the introduction of the DB\_REF reference system, which has been standardised across the entire DB network, new track alignments have only been created for approximately half the track kilometres as part of track geometry projects. The other half of the track alignment data for the existing network is available in a previously used reference system (the old geodetic system, Guideline 883). Since track geometry projects often cover smaller areas than CCS projects, the latter usually involve a “patchwork” of track alignment planned in DB\_REF and in the old reference system. Gaps occur at the transitions between the track and the route axes, usually in a range of up to 1 m. These gaps are typically noticed at the beginning of the CCS planning in the CCS planning tool.
- The coordinates of the main axis points (the start and end points of the position geometry elements such as straight lines, curves and transition curves) of the track alignment data from the legacy systems are available for a second time in the inventory data converted into DB\_REF. The Germany-wide conversion of this data was carried out using the GNTrans software from Geo++ GmbH, which states that the absolute positional accuracy is < 5 cm and the relative accuracy is 1 cm; the accuracy is significantly better in the new federal states [1]. The exact figures cannot be confirmed with any certainty at this stage. A larger-scale investigation of the points known in both systems would be necessary. Based on the rare occurrence of length deviations in geometry element positions that are > 10 cm, the authors can at least confirm the order of magnitude of the absolute accuracy. According to Guideline 883, the use of the converted data is limited to graphic purposes.
- There are tracks for which no track alignment data is available in the inventory. This is at least partially the case for side tracks in station areas in many CCS projects, but rarely for main tracks. Interactive track technology is available for the affected tracks in the inventory data. The position geometry elements and the topological model have been generated on the basis of planning documents or aerial survey evaluations. This data has also only been created for purely graphic purposes. The accuracy of the data cannot be verified and the elevation and superelevation data is missing.
- Track geometry projects that have been completed recently or will be completed by the time the CCS project has been implemented have not yet been entered into the inventory data and the CCS project must therefore obtain them by means of direct communication with the track geometry projects.
- The target locations for fouling points are calculated, checked regarding track geometry and approved during the creation of any planned track alignment. The storage of these target locations is not specified in the guidelines, so that, at best, the actual locations of the fouling points can be found in the data inventory. The actual locations often deviate significantly (sometimes > 1 m) from the target location, usually on the safe side.

Knowingly or unknowingly, most CCS plans are based on track alignment data that combines the variants and qualities described in points 1–3. This is a problem regardless of wheth-

#### 4 Standardlösung: Gleisgeometrisches Projekt

Die offensichtlichste Lösung der beschriebenen Probleme ist die Neuerstellung der Soll-Trasse im DB\_REF für alle Bereiche, in denen diese noch nicht vorliegt. Das umfasst folgende Arbeitsschritte:

1. Überprüfung oder Neuvermessung Festpunktfeld DB\_REF
2. Prüfung des neuerstellten Festpunktfelds
3. Geodätische Aufnahme der Fahrbahn
4. Trassierung
5. Fahrdynamische und Oberbautechnische Prüfung
6. Gleisgeometrische Prüfung

Die Autoren möchten alle LST-Projekte, die über den entsprechenden zeitlichen Vorlauf und die finanziellen Mittel verfügen, dazu anhalten, dieses Vorgehen zu wählen. Vermessung, Trassierung und Prüfung sind im Tagesgeschäft gleisgeometrischer Projekte jedoch so ausgelastet, dass dieses Vorgehen für einzelne LST-Projekte möglich ist, aber nicht für alle.

#### 5 Alternativlösung: Nachtrassierung

Um dennoch eine vollständige Grundlage für die LST-Planung zu schaffen, schlagen wir eine Alternativlösung vor. Das Ziel ist eine Beschleunigung verglichen mit dem Vorgehen zur Neuerstellung der Soll-Trasse im DB\_REF bei gleichzeitiger Verbesserung zum Status quo in den Punkten Sicherheit und Effizienz der LST-Planung.

Dort, wo Soll-Trassen-Daten vorliegen, werden diese natürlich verwendet. Wenn Soll-Trassen-Daten im Altsystem vorliegen, werden sie ins DB\_REF transformiert. Die Nutzung der Software GNTrans sowie der damit bereits transformierten Daten ist zulässig. Lokale Transformationen sind allerdings zu bevorzugen. Zumindest für die Höhendaten ist eine Transformation erforderlich und muss nachträglich durchgeführt werden. Die absolute Genauigkeit der in das DB\_REF transformierten Daten muss < 6 cm (Standardabweichung der 3D-Punkte) betragen.

Das Hauptproblem für die LST-Planung stellen die Bereiche dar, in denen lediglich interaktive Gleistechnik im Datenbestand vorliegt. Die Abweichungen der Gleislagegeometrie in unbekannter Größe können sich unbemerkt und sicherheitlich bedenklich auf die Planung auswirken. Die fehlenden Höhen- und Überhöhungsdaten führen zu Planungsverzögerungen.

Die interaktive Gleistechnik wird ersetzt durch eine Trassierung basierend auf einer Vermessung der Ist-Trasse. Zur Sicherstellung der Kompatibilität mit den Werkzeugen und Grundsätzen der LST-Planung sind die Messdaten in Trassierungselemente (Gerade, Kreisbogen, Übergangsbogen verschiedener Art) zu transformieren. Dabei werden die in der Regel verfügbaren Trassierungspläne in die Nachmodellierung einbezogen, um effizient eine möglichst exakte und konsistente Ist-Gleisachse zu erhalten. Für die Vermessung gilt eine absolute Genauigkeitsanforderung im DB\_REF < 6 cm (Standardabweichung der 3D-Punkte). Außerdem muss die relative Genauigkeit im Weichenbereich < 3 cm betragen (Standardabweichung der 3D-Punkte). Unterschiedliche Messmethoden können hierfür eingesetzt werden. Wo vorhanden, sollen bestehende Planunterlagen über Gleis- und insbesondere Weichengeometrie zur Auswertung herangezogen werden, deren Aktualität wiederum durch die Vermessung überprüft werden kann.

Die absolute Genauigkeit von 6 cm resultiert indirekt aus der in Richtlinie 883 vorgegebenen Aufnahme-genauigkeit von topografischen Objekten von < 10 cm Standardabweichung. Im Fall der Aufnahme mittels Laserscan bleibt hier ein Spielraum für die Auflösung der Punktwolke, und gleichzeitig ist dieser Wert auch bei kinematischen Messungen ohne Georeferenzierung über bekannte Punkte erreichbar.

er the planning is done conventionally or digitally or whether ETCS or only PZB is planned, a problem that is more noticeable in the case of digital planning due to the constraints of the technical data model (PlanPro) and the digital planning tools and as such represents a barrier to consistent digital CCS planning.

#### 4 The standard solution: a track geometry project

The most obvious solution to the problems described herein involves the recreation of the planned track alignment in DB\_REF for all those areas where it does not yet exist. This involves the following steps:

1. a check or survey of the DB\_REF network of control points
2. a final assessment of the newly created network of control points
3. a geodetic survey of the track
4. track alignment
5. a final assessment of the driving dynamics and superstructure
6. a final assessment of the track geometry

The authors would like to encourage all CCS projects that have the necessary lead time and financial resources to choose this approach. However, surveying, track alignment and checking are already at capacity in the day-to-day business of track geometry projects so this approach is only feasible for individual CCS projects, but not for all of them.

#### 5 An alternative solution: digitalised actual track alignment

We propose an alternative solution to the creation of a complete basis for CCS planning. The aim is to achieve acceleration compared to the procedure used to recreate the planned track alignment in DB\_REF while simultaneously improving the status quo in terms of the CCS planning's safety and efficiency.

Planned track alignment data is certainly used wherever it is available. If the planned track alignment data is available in the legacy system, it is converted into DB\_REF. The use of the GN-Trans software and the data that has already been converted with it is permitted. However, local conversions are preferable. A conversion is necessary at least for the elevation data and it must be carried out retrospectively. The absolute accuracy of the data converted into DB\_REF must be < 6 cm (the standard deviation for the 3D points).

The main problem for CCS planning is posed by those areas where only interactive track technology is available in the database. Deviations in track geometry of unknown magnitudes can go unnoticed and have a negative impact on planning in terms of safety. The lack of height and superelevation data then leads to planning delays.

Interactive track technology is being replaced with track alignment based on a survey of the actual track. The measurement data must then be converted into track alignment elements (straight lines, circular arcs, transition curves of various types) in order to ensure compatibility with the CCS planning tools and principles. The alignment plans that are usually available have been incorporated into the post-modelling process so as to efficiently obtain the most accurate and consistent actual track axis possible. An absolute accuracy requirement of < 6 cm (the standard deviation for the 3D points) applies to the survey in DB\_REF. In addition, the relative accuracy in the switch area must be < 3 cm (the standard deviation for the 3D points). Different measurement methods can be used for this purpose. Where available, existing planning documents on track geom-



**Bild 1: Differenzen berechneter Grennzeichenpositionen bei einer Weiche mit Öffnungswinkel 1:18 und angesetztem Gleisabstand von 3,50 m, 3,55 m und 3,60 m; beispielhafter Screenshot aus ProSig® EPU**

Fig. 1: The differences in the calculated fouling point positions for a switch with an opening angle of 1:18 and a track spacing of 3.50 m, 3.55 m and 3.60 m; an example screenshot from ProSig® EPU

Quelle aller Bilder / Source of all figures: Nextrail

Für die Berechnung der Soll-Position des Grennzeichens muss der Gleisabstand von normalerweise 3,50 m um die mögliche Ungenauigkeit der Gleisachslage erhöht werden. Dieser Aufschlag verschiebt das Grennzeichen und verringert die Gleisnutzlänge. Mit einer relativen Genauigkeitsvorgabe von < 3 cm im Weichenbereich bleibt diese Einschränkung vertretbar. In Bild 1 ist die Auswirkung eines höheren Gleisabstands für eine Weiche mit Öffnungswinkel 1:18 beispielhaft dargestellt. Die Geometrie hinter dem Weichenende verkleinert den Öffnungswinkel in dem Beispiel, sodass ein Aufschlag auf den Gleisabstand von 5 cm (insgesamt 3,55 m) zu einer Verschiebung der Grennzeichenposition längs um 1,41 m, bzw. ein Aufschlag von 10 cm (insgesamt 3,60 m) zu einer Verschiebung längs um 2,91 m führt.

Es ist zu beachten, dass bei der Auswertung der Messdaten ausschließlich auf Basis von Zugtrajektorien mit absoluter Genauigkeit von 3–6 cm die relative Genauigkeitsvorgabe nicht erfüllt werden kann. Dementsprechend ist entweder die absolute Messgenauigkeit zu verbessern oder (zusätzlich) die Punktwolke mit entsprechend hohen Relativgenauigkeiten zwischen den Punkten zur Auswertung zu verwenden. Für statische Messungen mit Tachymetrie oder GNSS gilt ebenfalls, dass die absolute Messgenauigkeit auf das notwendige Maß verbessert werden muss.

Die erhöhte Relativgenauigkeitsanforderung beschränkt sich auf Weichenbereiche, sofern auf freier Strecke ausreichende Abstände zu benachbarten Gleisen und festen Einbauten bestehen. Andernfalls ist auch dort eine ergänzende lokale Relativmessung – etwa durch tachymetrische Querschnittsmessungen oder direkte Gleisabstandsmessung (vor Ort im Gleis oder innerhalb der Punktwolke) – erforderlich. Da sich systematische Fehler in lokal begrenzten Bereichen bei der Differenzbildung weitgehend aufheben, lässt sich die geforderte Relativgenauigkeit von ca. 3 cm mit überschaubarem Zusatzaufwand erreichen. Die gewonnene Ist-Gleisachse dient ausschließlich der LST-Planung, nicht der Trassierung.

## 6 Grennzeichenpositionen als Grundlage der LST-Planung

Grennzeichen sind zentrale, sicherheitsrelevante Referenzpunkte der LST-Planung, da sie Gefahrpunkte definieren und die Grundlage für die Positionierung von LST-Elementen bilden. Ihre korrekte Soll-Lage als Bezugspunkt ergibt sich aus der geprüften Soll-Trassierung gemäß Richtlinie 883 und ist somit ein wesentlicher Bestandteil einer konsistenten, regelwerkskonformen Planung.

Normalerweise werden die Positionen der Grennzeichen im Zuge der Trassierung von Weichen im Rahmen eines gleisgeometrischen Projekts berechnet und anschließend geprüft. Das Grennzeichen ist Bestandteil der Trassierungsentwurfs und der Weichenskizze. Berechnungsvoraussetzung ist die geprüfte Soll-Trassierung mit Angaben zu den Lageelementen (z. B. Radien) und den Überhöhungen [2]. Die im Trassierungsentwurf berechnete und gleisgeometrisch geprüfte Position des Grennzeichens wird bei der DB InfraGO AG bisher nicht dokumentiert. Da die Trassierungsentwürfe und Weichenskizzen keine of-

erty and, in particular, switch geometry should be used for the evaluation, the up-to-date nature of which can in turn be verified by the survey.

The absolute 6 cm accuracy results indirectly from the < 10 cm standard deviation for recording the accuracy of topographical objects specified in Guideline 883. In the case of recording using laser scanning, there is still a margin for the resolution of the point cloud, while this value can also be achieved from kinematic measurements without any georeferencing via control points. In order to calculate the target position of the fouling points, the usual track spacing of 3.50 m must be increased by the possible inaccuracy of the track axis. This addition shifts the fouling point and reduces the track utilisation length. This restriction remains acceptable with a relative accuracy requirement of < 3 cm in the switch area. Fig. 1 shows an example of the effect of a higher track spacing for a switch with an opening angle of 1:18. The geometry behind the end of the switch reduces the opening angle in the example, so that a track spacing addition of 5 cm (total 3.55 m) results in a longitudinal shift of the fouling point position by 1.41 m or an addition of 10 cm (a total of 3.60 m) results in a longitudinal shift of 2.91 m.

It should be noted that the relative accuracy requirement cannot be met when evaluating the measurement data based solely on the train trajectories with an absolute accuracy of 3–6 cm. Accordingly, either the absolute measurement accuracy must be improved or (in addition) a point cloud with correspondingly high relative accuracies between the points must be used for the evaluation. The absolute measurement accuracy must also be improved to the necessary level for static measurements using tachymetry or GNSS.

The increased relative accuracy requirement is limited to switch areas, provided there is sufficient distance to the adjacent tracks and fixed installations on the open track. Otherwise, supplementary local relative measurement is also required there; for example, using tachymetric cross-section measurements or direct track distance measurement (on site on the track or within the point cloud). Since any systematic errors in locally limited areas are largely cancelled out when calculating differences, the required relative accuracy of approximately 3 cm can be achieved with manageable additional effort. The actual obtained track axis is used exclusively for CCS planning, not for track alignment.

## 6 Fouling point positions as a basis for CCS planning

Fouling points are central, safety-relevant reference points in CCS planning, as they define danger points and form the basis for the positioning of CCS elements. Their correct target position is derived as a reference point from the verified track alignment in accordance with Guideline 883 and is therefore an essential component of consistent, regulation-compliant planning.

fiziellen Bestandsdokumente sind, sind sie nach Abschluss der Maßnahme in der Regel nicht mehr verfügbar, vor allem nicht in digitaler Form. Nach der baulichen Realisierung wird lediglich das örtlich vorgefundene Grenzzeichen aufgemessen und anschließend in AVANI, dem Geoinformationssystem der DB InfraGO AG, erfasst. Erfahrungsgemäß stehen Grenzzeichen häufig nicht an der berechneten Soll-Position, sondern „ein Stück weiter“ auf der sicheren Seite, also von der Weiche weg, obwohl dies laut VV BAU-STE nicht zulässig ist [3]. Oftmals sind auch die Ist-Standorte nicht in AVANI verfügbar. Dies hat zur Folge, dass Grenzzeichenpositionen oft nur dann bei der LST-Planung vorliegen, wenn zeitnah eine Neu- oder Umtrassierung durchgeführt wurde. Wenn keine Neu- oder Umtrassierung durchgeführt wird, muss die Soll-Position auf Basis der Bestands-GND berechnet werden. Zwar können LST-Planungswerkzeuge die Grenzzeichenposition berechnen, jedoch werden hierfür eine fachkundige Vorgabe der erforderlichen Gleisabstände sowie qualitativ ausreichende Gleisachsen benötigt. Da die Berechnung durch die LST-Planungswerkzeuge nicht als verlässlich angesehen wird, muss die Grenzzeichenberechnung zusätzlich durch ein externes Ingenieurbüro durchgeführt werden. Die Ergebnisse müssen anschließend abgeglichen werden. Dabei ist zu beachten, dass Unterschiede zwischen Soll-Trassierung und Bestands-GND durch fehlerhaft eingepflegte oder aus einem Altsystem transformierte Daten entstehen können. Daher stellt sich die Frage, ob bei der Überprüfung der Soll-Positionen der Grenzzeichen auch die zugrunde liegenden GND geprüft werden sollten.

Das Berechnen, Prüfen und Setzen von Grenzzeichen obliegt im Regelfall dem Gewerk Oberbau. Die Festlegung der Soll-Position der Grenzzeichen gehört zur gleisgeometrischen Prüfung und ist mit hohen Genauigkeitsanforderungen verbunden. Werden jedoch keine Grenzzeichen gesetzt und erfolgt die Berechnung ausschließlich für die LST-Planung, leitet sich die Genauigkeitsanforderung von den funktionalen Anforderungen der LST ab. LST-Elemente, die von den Grenzzeichen-Positionen abhängig geplant werden, haben eine zulässige Montagetoleranz. Dadurch können Abweichungen zwischen der geplanten und der tatsächlichen Distanz zum Gefahrenpunkt entstehen. Ein mit Abweichung eingebautes LST-Element hat den gleichen Einfluss auf die Distanz wie eine ungenau berechnete Soll-Position der Grenzzeichen. In diesem Kontext existieren im Regelwerk der DB derzeit nur sehr begrenzt eindeutige Vorgaben für die Montagetoleranz.

Aus dem diskutierten Sachverhalt ergeben sich aus Sicht der Autoren die folgenden Empfehlungen, um die Verfügbarkeit von Grenzzeichenpositionen für die LST-Planung zu erhöhen und Abweichungen zwischen Regelwerk und gelebter Praxis zu reduzieren:

- Die während einer Trassierung berechneten und geprüften Soll-Positionen von Grenzzeichen sollten in die Bestandspläne und -daten (aktuell AVANI) übernommen werden.
- Der Zustand der Trassierungsdaten sollte in LST-Projekten frühzeitig geklärt werden.
- Sofern die Qualität der Bestandsdaten nicht ausreicht, sollte eine flächendeckende Neuerstellung der Soll-Trassen im aktuellen Bezugssystem DB\_REF inklusive aller notwendigen Vermessungs- und Prüfprozesse erfolgen. Dies sollte ebenfalls frühzeitig zu Projektbeginn im Kontext der vorhandenen Ressourcen abgestimmt werden.
- Abweichungen zwischen der realen Ist-Position und der berechneten Soll-Position von Grenzzeichen sollten legitimiert werden, sofern die Abweichung zur sicheren Seite ausfällt. Dabei sollte bei der Montage keine Verortung relativ zum Grenzzeichen erfolgen, sondern es sollten alternative Bezugspunkte oder eine georeferenzierte Vorgehensweise gewählt werden. Weiterhin sollten die Bezugspunktdistanzen nur zur Soll-Posi-

Normally, the positions of any fouling points are calculated during the alignment of switches as part of a track geometry project and then subjected to a final assessment. The fouling point is part of the alignment design and the switch sketch. The calculation is based on the planned track alignment with details of the position elements (e.g. radii) and superelevations [2]. The position of the fouling point calculated in the alignment design and finally assessed in terms of track geometry is not currently documented at DB InfraGO AG. Given that the alignment designs and switch sketches are not official inventory documents, they are usually no longer available after the completion of the project, especially not in digital form. After construction, only the fouling points found on site are measured and then recorded in AVANI, the geoinformation system used at DB InfraGO AG. Experience has shown that the fouling points are often not located at the calculated target position, but “slightly more” on the safe side, i.e. away from the switch, although this is not permitted according to VV BAU-STE [3]. Often, the actual locations are not available in AVANI either. As a result, fouling point positions are often only available for CCS planning if a new track alignment or realignment has been carried out recently.

If no new track alignment or realignment has been carried out, the target position must be calculated based on the existing GND. Although CCS planning tools can calculate the fouling point position, this requires the expert specification of the required track spacing and track axes of sufficient quality. Since the calculation by the CCS planning tools is not considered reliable, the fouling point calculation must also be carried out by an external engineering company. The results must then be compared. It should be noted that any differences between the planned track alignment and the existing GND can arise from incorrectly entered data or data transformed from an old reference system. This raises the question of whether the underlying GND should also be checked when reviewing the fouling point target positions.

The calculation, final assessment and placement of the fouling points is usually the responsibility of the Superstructure Department. Determining the target position of the fouling points constitutes part of the track geometry inspection and is subject to high accuracy requirements. However, if no fouling points have been installed and the calculation is carried out exclusively for the CCS planning, the accuracy requirement is derived from the functional requirements of the CCS. The CCS elements that are planned in compliance with the fouling point positions have a permitted installation tolerance. This can result in deviations between the planned and actual distance to the danger point. A CCS element installed with a deviation has the same influence on the distance as an inaccurately calculated fouling point target position. Within this context, the DB regulations currently contain only very limited clear specifications for the installation tolerance.

The authors have made the following recommendations based on the discussed facts so as to increase the availability of the fouling point positions for CCS planning and reduce any discrepancies between the regulations and actual practice:

- The planned fouling point positions calculated and checked during a track alignment project should be transferred to the inventory plans and data (currently AVANI).
- The status of the track alignment data should be clarified at an early stage of any CCS projects.
- If the existing data quality is insufficient, a comprehensive recreation of the planned track alignment should be carried

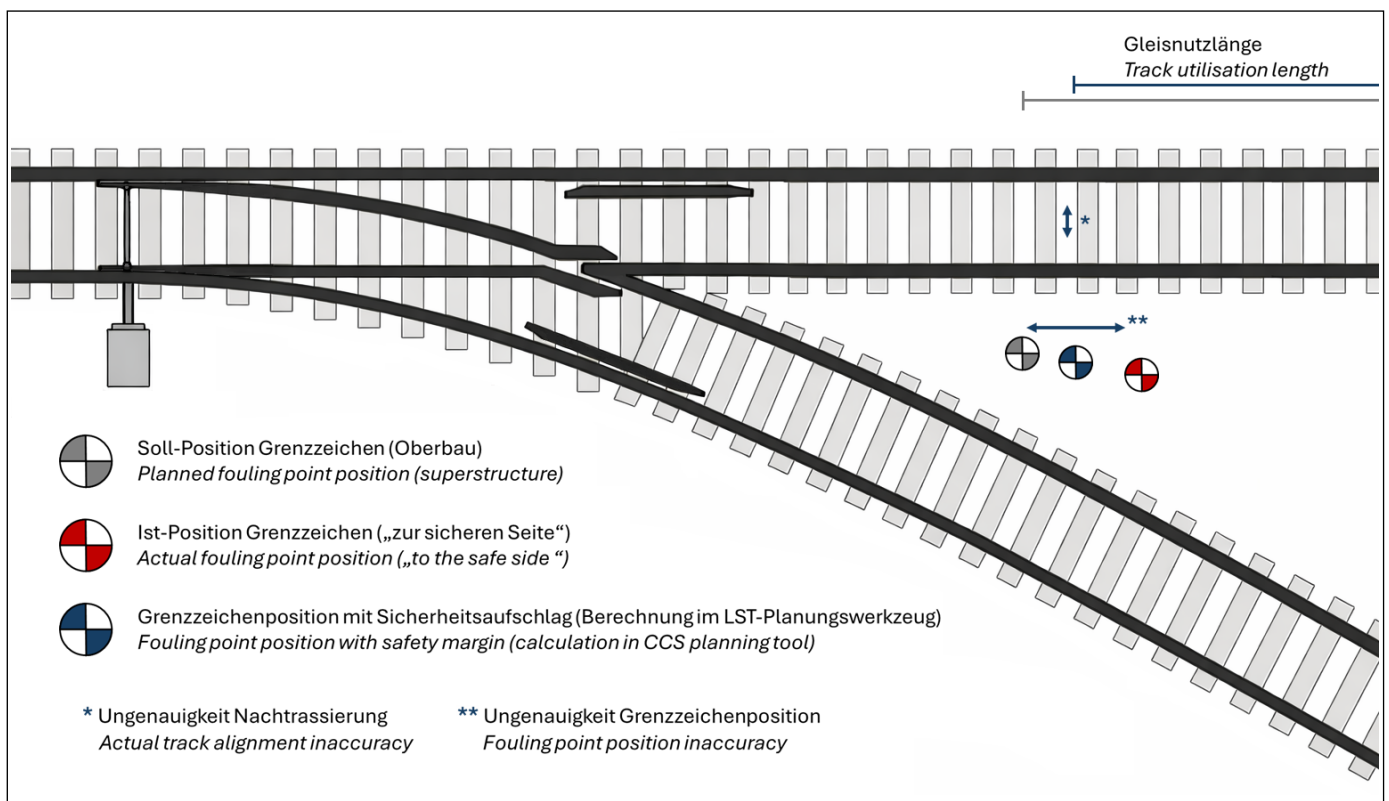
tion des Grenzzeichens geprüft werden, ebenfalls georeferenziert oder indirekt, z. B. über den Weichenanfang.

- Sofern die Qualität der Bestandsdaten nicht ausreicht und eine Neuerstellung der Soll-Trasse im LST-Projekt nicht möglich ist, sollte die Grenzzeichenposition im Rahmen der LST-Planung auf geeigneter Datengrundlage berechnet werden, beispielsweise der vorgeschlagenen Nachtrassierung der Ist-Trasse. Hierbei ist ein Sicherheitsaufschlag für den Gleisabstand anzusetzen, um etwaige Berechnungsungenauigkeiten durch die LST-Planungswerkzeuge oder die Nachtrassierung zu kompensieren. Bei Einhaltung der oben angeführten Genauigkeiten beschränkt sich die Verkürzung der Gleisnutzlänge auf drei Meter, wie beispielhaft in Bild 1 dargestellt, was in den meisten Fällen akzeptabel sein sollte. Ist die Datengrundlage ungenau oder werden die resultierenden Gleisnutzlängen zu kurz, kann die Genauigkeit durch eine punktuelle Nachvermessung der entsprechenden Gleise verbessert werden. Die hierbei berechnete Position sollte zur Abgrenzung eine eigene Bezeichnung erhalten, beispielsweise „Grenzzeichenüberwachungspunkt“. Da dieser Punkt nur für die LST-Planung genutzt wird und nicht der realen Ist-Position des Grenzzeichens entspricht, gelten auch hier die zuvor beschriebenen Einschränkungen zur Verortung bei Montage und Prüfung. Die drei beschriebenen Positionen des Grenzzeichens sind in Bild 2 dargestellt.

Um das Verständnis zu verbessern, unter welchen Bedingungen die hier vorgestellten Handlungsempfehlungen zum Umgang mit mangelhaften GND umgesetzt werden sollten, ist in Bild 3 ein Entscheidungsdiagramm dargestellt. Dabei werden die Aspekte Gleisachsen und Grenzzeichenposition aufgrund ihrer Abhängigkeit gemeinsam berücksichtigt.

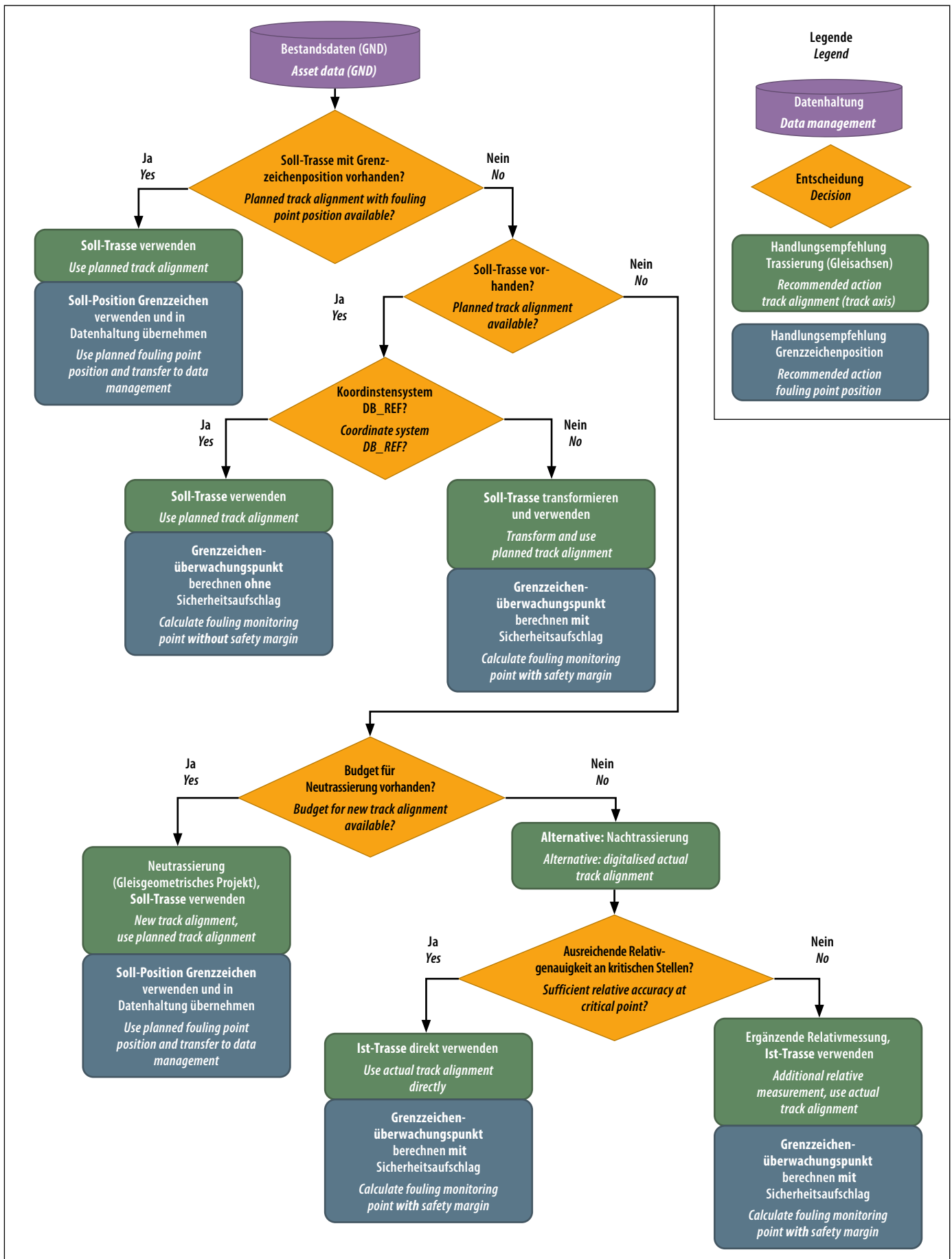
out in the current DB\_REF reference system, including all the necessary surveying and checking processes. This should also be coordinated at an early project stage within the context of the available resources.

- Any deviations between the actual position and the calculated planned fouling point positions should be legitimised, provided the deviation is on the safe side. The positioning during installation should not be relative to the fouling point; instead, alternative reference points or a georeferenced approach should be selected. Furthermore, the reference point distances should only be checked against the planned fouling point positions and also georeferenced or indirectly, e.g. via the start of the switch.
- If the quality of the existing data is insufficient and it is not possible to recreate the track alignment in the CCS project, the fouling point position should be calculated as part of the CCS planning on the basis of suitable data, for example the proposed digitised actual track alignment. A safety margin should be applied to the track spacing in order to compensate for any calculation inaccuracies caused by the CCS planning tools or the actual track alignment. If the aforementioned accuracies are adhered to, the reduction in track utilisation length will be limited to three metres, as shown in fig. 1, which should be acceptable in most cases. If the data basis is inaccurate or the resulting track utilisation lengths are too short, the accuracy can be improved by means of a selective resurvey of the corresponding tracks. The position calculated in this way should be given its own designation for differentiation purposes, for example “fouling monitoring point”. Since this point is only used for CCS planning and does not



**Bild 2: Visualisierung der Grenzzeichenpositionen – grau entsprechend der Trassierung durch den Oberbau, rot nach tatsächlicher Montage und blau gemäß Berechnung im LST-Planungswerkzeug**

Fig. 2: A visualisation of fouling point positions – the grey corresponds to the track alignment through the superstructure, the red to the actual installation and the blue to the calculation in the CCS planning tool.



**Legende**  
*Legend*

Datenhaltung  
*Data management*

Entscheidung  
*Decision*

Handlungsempfehlung  
Trassierung (Gleisachsen)  
*Recommended action  
track alignment (track axis)*

Handlungsempfehlung  
Grenzzeichenposition  
*Recommended action  
fouling point position*

**Bild 3: Entscheidungsdiagramm zum Umgang mit GND bezogen auf Gleisachsen und Grenzzeichenpositionen**

Fig. 3: A decision diagram for dealing with GND related to track axes and fouling point positions

## 7 Fazit und Ausblick

Lücken und unklare Genauigkeiten in den Planungsgrundlagen bergen Risiken für die LST-Planung. Um dem zu begegnen, wird eine Nachtrassierung der Ist-Trasse auf Basis von Vermessungsdaten (z. B. aus einer Befahrung) als pragmatischer Ansatz vorgeschlagen. Die Regelung der kombinierten Nutzung von Soll-Daten und Ist-Daten aus einer Vermessung ist ebenfalls Teil des Vorgehens.

Eine weitere kritische Größe ist die Position des Grenzzeichens, die für die LST-Planung häufig nicht vorliegt. Eine ungenaue Realisierung im Gleis kann zu Folgefehlern bei der Verortung von LST-Elementen führen. Auch hierfür wird eine pragmatische Alternative vorgeschlagen: ein bewusster Umgang mit Abweichungen und ein Sicherheitsaufschlag bei der Positionierung. So wird ein Kompromiss zwischen Machbarkeit und Beschleunigung gefunden, während die Sicherheit im Vergleich zum derzeit gelebten Vorgehen mindestens gleichbleibt.

Aus Sicht der Autoren wird die Umsetzung der gegebenen Empfehlungen zu einer spürbaren Verbesserung der Planungsqualität führen, die derzeit oft unter mangelnder Grundlagenqualität leidet. Die betroffenen Richtlinienautoren und Prozessverantwortlichen sollten diese Impulse gezielt prüfen und die empfohlenen Maßnahmen anschließend in die entsprechenden Richtlinien und Prozesse integrieren. So kann die Grundlage für die LST-Planung effizient geschaffen werden. Das klar definierte Vorgehen gibt Handlungssicherheit in den Projekten. Auch eine netzweite Gleiserfassung könnte auf Basis der hier gestellten Genauigkeitsanforderungen durchgeführt werden. In Verbindung mit einer netzweiten Verdichtung des DB\_REF-Festpunktfelds könnten die Genauigkeiten sogar weiter verbessert werden.

Im Rahmen des Projekts „Optimierung Abnahme LST (OpAL)“ [4] werden diese Empfehlungen weiterverfolgt und mit den für Richtlinien und Prozesse Verantwortlichen diskutiert, um die Beschleunigung von LST-Projekten zu fördern. ■

correspond to the actual position of the fouling point, the restrictions described above in relation to the positioning during installation and checking also apply here. The three described fouling point positions are shown in fig. 2.

Fig. 3 includes a decision diagram aimed at improving the understanding of the conditions under which the recommended actions for dealing with any defective GND should be implemented. The aspects of the track axes and fouling point positions have been considered together due to their interdependence.

## 7 Conclusion and outlook

Any gaps and unclear accuracies in the planning basis pose risks to CCS planning. In order to counter this, a pragmatic approach has been proposed whereby the digitalised actual track alignment is derived on the basis of the survey data (e.g. attained from mobile mapping). The regulation of the combined use of planned data and actual data from a survey also constitutes part of the procedure.

Another critical factor involves the position of the fouling point, which is often not available for CCS planning. Inaccurate installation on the track can lead to subsequent errors in the positioning of the CCS elements. A pragmatic alternative has also been proposed for this: the conscious handling of any deviations and a safety margin in positioning. This strikes a compromise between feasibility and acceleration, while the safety remains at least the same as in the current approach.

In the authors' view, the implementation of the recommendations will lead to a noticeable improvement in planning quality, which currently often suffers from a lack of quality in the underlying basics. The relevant guideline authors and process managers should examine these suggestions in detail and then integrate the recommended measures into the corresponding guidelines and processes. This will enable the basis for CCS planning to be created efficiently. The clearly defined procedure provides confidence for action in projects. A network-wide track survey could also be carried out on the basis of the provided accuracy requirements. The accuracy could even be further improved in conjunction with a network-wide densification of the DB\_REF control points.

These recommendations are being pursued as part of the OpAL [4] project (optimisation of acceptance inspection CCS) and discussed with those responsible for guidelines and processes in order to promote the acceleration of CCS projects. ■

### AUTOREN | AUTHORS

#### Stefan Schröder

LST Realisierung, Planungen DSD Projekte, Technische Experten digitales Planen / CCS realisation, planning DSD projects, technical experts for digital planning  
DB InfraGO AG  
Adresse / Address: Auenweg 7, D-50679 Köln  
E-Mail: stefan.schroeder@deutschebahn.com

#### Maximilian Braun

Systemingenieur Railway Data / System Engineer Railway Data  
NEXTRAIL GmbH  
Adresse / Address: Unter den Linden 21, D-10117 Berlin  
E-Mail: maximilian.braun@nextrail.com

#### Dr. Benedikt Wenzel

Fachbereichsleiter Railway Data / Head of Railway Data  
NEXTRAIL GmbH  
Adresse / Address: Unter den Linden 21, D-10117 Berlin  
E-Mail: benedikt.wenzel@nextrail.com

### LITERATUR | LITERATURE

- [1] Wübbena, G.; Schmitz, M.; Bachmann, M. (2005): Bundesweite präzise eindeutige 3D-Transformation zwischen homogenen ETRS89 und amtlichen Landeskoordinaten mit Geo++® GNTRANS. Präsentation im Vortragsprogramm des Vermessungs- und Katasteramtes Landeshauptstadt Düsseldorf, INTERGEO, 4. bis 6. Oktober 2005, Düsseldorf. PDF Webseite abgerufen am 15.02.2026
- [2] Grenzzeichen – Wiki Eisenbahnvermessung. Vermessung DB InfraGO Region Südost. DB-Planet Webseite abgerufen am 15.02.2026
- [3] Eisenbahn-Bundesamt: Verwaltungsvorschrift für die Bauaufsicht über Signal-, Telekommunikations- und Elektrotechnische Anlagen (VVBau-STE). Ausgabe 5.1. Stand: 15.07.2020. Bonn
- [4] Bachmann, V.; Wenzel, B.; Braun, M.; Schwöbel, J.; Schröder, S.: Georeferenz in der LST – von der Planung bis zur Abnahme, SIGNAL+DRAHT (117) 6/2025