

Digitale Streckenplanung: Digitalisierte Planung, Bauausführung und Infrastrukturmanagement

Die digitale Streckenplanung hat sich seit ihrer ersten Anwendung deutlich weiterentwickelt. Durch die Weiterentwicklung der Systeme zur Erfassung des Bestands, die Erreichung von Vermessungsgenauigkeit und die Ergänzung weiterer moderner Sensorik werden nun Daten erzeugt, die auch nach der Planung vielfältig weiterverwendet werden können und einen nachhaltigen Wert für die Infrastrukturbetreiber darstellen.



1. Einleitung

Bisher war es üblich und durch das Regelwerk der DB vorgegeben, in Schieneninfrastrukturprojekten in Deutschland Ortsbegehungen des kompletten Projektbereichs durchzuführen, um die oftmals unzureichende Bestandsdatenlage zu verbessern und eine gesicherte Planungsgrundlage zu schaffen. [1] Dazu ist es erforderlich, dass sich Mitarbeitende des Auftraggebers und des Planungsbüros im unmittelbaren Gefahrenbereich von Gleisanlagen bewegen und die Bestandssituation mit manuellen Methoden (Messrad, Maßband, Klemmbrett, Fotoapparat) erfassen und analog dokumentieren. Insbesondere bei langen Gleisbauprojekten in dicht befahrenen Abschnitten erfordert dies lange Zeiträume und führt, neben dem Sicherheitsrisiko für die beteiligten Personen, zu erheblichen Einschränkungen im Bahnbetrieb dieser Abschnitte. Auch die überwiegend analogen Ergebnisse solcher Begehungen entsprechen in Zeiten der Digitalisierung nicht mehr dem Status quo und erfordern eine aufwendige und fehleranfällige Nachbearbeitung.

Daher wurde nach einer digitalen Alternative für die aufwendigen Ortsbegehungen und Datenaufbereitung gesucht und in Form kinematischer Erfassungssysteme und der konsequenten Nutzung der aufgenommenen Daten im Planungs- und Ausführungsprozess gefunden. Diese Erfassungssysteme bewegen sich mit einer Geschwindigkeit von bis zu 100 km/h

gleisgebunden durch das komplette Projektgebiet und erfassen mit verschiedenen Sensoren hochgenau die aktuelle Bestandssituation in digitaler Form. Dadurch wird die Gefährdung von Mitarbeitenden vermieden, die Geschwindigkeit und Genauigkeit der Bestandserfassung deutlich erhöht sowie deren konsistente Weiterverarbeitung ermöglicht.

Die einheitliche Verwendung, Aufbereitung und Lieferung solcher Daten ermöglicht deren Nutzung im kompletten Lebenszyklus einer Anlage und verringert somit mögliche Informationsverluste an derzeit üblichen Schnittstellen erheblich.

2. Anfänge der Digitalen Streckenplanung

Vorbereitend zu ersten Projekten wurde durch das Ingenieurbüro Obermeyer ein umfassender Vergleich der zu dieser Zeit am Markt befindlichen Systeme in Form einer Masterarbeit durchgeführt. Eindeutiges Fazit war, dass zu diesem Zeitpunkt kein verfügbares, fertiges System für den Einsatz im Eisenbahnbereich optimal geeignet war. Vielmehr erfolgte die Empfehlung der Nutzung eines für den Einsatz auf der Straße konzipierten Individualsystems aus Hochpräzisionsscannern und einem Multikamerasystem. [2]

Der erste Einsatz wurde mit viel Pioniergeist und in enger partnerschaftlicher Zusammenarbeit zwischen Auftraggeber, Auftragnehmer und den beteiligten Dienstleistern durchgeführt. Das erste Sys-



Marc Kückmann

Leiter Niederlassung Karlsruhe
OBERMEYER Infrastruktur GmbH
& Co KG
marc.kueckmann@
obermeyer-group.com



Maximilian Bade

Leiter Abteilung Digitale Planung
OBERMEYER Infrastruktur GmbH
& Co KG
maximilian.bade@
obermeyer-group.com



Steffen Scharun

Head of BIM
OBERMEYER Infrastruktur GmbH
& Co KG
steffen.scharun@
obermeyer-group.com

tem bestand aus zwei Transportern mit der erforderlichen Mess- und Sensortechnik, die auf einen Flachwagen verladen wurden. Zusätzlich musste anwendungsfallbezogen weitere Sensortechnik direkt am, auf und unter dem Flachwagen montiert werden, was einen erheblichen Vorbereitungs- und Kalibrierungsaufwand bedeutete.

Von Anfang an lag der Fokus der Entwicklung auf einer ganzheitlichen Betrachtung des Bestands durch Verwendung einer Sensorkombination aus Laserscannern, Kameras und Georadarsensoren, um den Gleiskörper vollumfänglich digital zu erfassen.

Parallel wurde mit der Vorbereitung der konsistenten Nutzung der erhobenen Daten zur Realisierung eines durchgehenden digitalen Workflows begonnen und hierfür die Weiterentwicklung der Trassierungssoftware ProVI aus dem Hause Obermeyer zur planerischen Verarbeitung der Aufnahmeergebnisse mit Hochdruck vorangetrieben. Die automatische Identifikation der Ist-Gleislage in den Aufnahme-daten war eine Herausforderung, die erfolgreich gelöst wurde. Auf dieser Basis konnten fortan Laserscandaten mit eingelesenen Trasseninformationen verbunden und gemeinsam verarbeitet werden.

Die Umsetzung in der Software ermöglichte bereits ab dem ersten Anwendungsprojekt die achsbasierte Nachmodellierung des Bestands in ein Datenmodell bei gleichzeitiger Referenzierung auf die Stationierungsachsen der aufgenommenen Strecken.

3. Weiterentwicklung zu durchgängigem Workflow

Schon mit den ersten Einsätzen dieser neuartigen Vorgehensweise wurde erkannt, dass die digitale Bestandsaufnahme eine höhere Genauigkeit und zuverlässigere Informationen als die bisherige Nutzung von Bestandsunterlagen liefert und damit eine Steigerung der Planungsqualität und -effizienz bewirkt

Digitale Streckenplanung beschreibt die durchgängige digitale Bearbeitung von Bestandserneuerungsprojekten in einem konsistenten Datenmodell.



1: EM100VT im Produktiveinsatz in Deutschland

werden konnte. Ebenso war der Bedarf erkennbar, das System perspektivisch auf Vermessungsgenauigkeit zu erweitern, um eine wirkliche Digitale Streckenplanung in einem durchgängigen und konsistenten Datenworkflow realisieren zu können.

Mit dieser Erkenntnis wurde den Entwicklern gleichsam bewusst, dass hierfür mehr Sensorik nötig ist, da erste Pilotversuche zur Erreichung der Vermessungsgenauigkeit aus den bei hoher Fahrtgeschwindigkeit aufgenommenen Laserscans nur bedingt erfolgreich waren.

Gleichzeitig wurde durch Plasser&Theurer das Konzept eines auf dem EM-SAT aufbauenden EM100VT auf der Oberbaufachtagung des VDEI in Darmstadt erstmals vorgestellt. Dieser verfügte über ein Messsystem zur Erfassung der relativen Gleislage bei Zugfahrten mit bis zu 100 km/h. Die technische Ausstattung des Fahrzeugs bot damit die Möglichkeit der deutlichen Weiterentwicklung der kinematischen Bestandserfassung. Daher beschlossen Obermeyer und Plasser&Theurer, die Thematik in enger Kooperation weiterzuentwickeln. Diese Kooperation wurde erstmalig unter dem Begriff Digitale Streckenplanung im Rahmen der InnoTrans 2018 der Öffentlichkeit vorgestellt. Damit war auch die gemeinsame Idee von einer ganzheitlichen, hochge-

nauen Bestandserfassung durch Kombination der Erfassung der Gleislage mit einem Fixpunktmesssystem (tmRTG) und einem Mobile Mapping System (Riegl VMX-Rail) geboren.

Dieser Ansatz unterscheidet sich erheblich von anderen Systemen, die den Bestand in einer limitierten und durch äußere Einflüsse schwer beherrschbaren GNSS-Genauigkeit erheben. Damit sind diese Systeme nur für Teilbereiche der Schieneninfrastruktur erfassung einsetzbar, z.B. als Grundlage für die ETCS-Ausrüstung im Rahmen der Digitalen Schiene Deutschland. Für Gleisbauprojekte ist die mit GNSS-Systemen aufgenommene Genauigkeit jedoch nicht ausreichend. Die Daten wären in solchen Projekten nicht weiter verwendbar.

Um eine vollumfängliche Nutzung der erfassten Daten sicherzustellen, erfolgte die konsequente Weiterentwicklung des Fixpunktmesssystems gemeinsam mit Plasser&Theurer und der Track Machines Connected (TMC). Am Ende dieser Entwicklung stand die Beantragung und Erteilung einer Produktfreigabe zur Gleisvermessung nach RiL 883 als erstes System am Markt. Hierfür wurde eine Referenzstrecke kinematisch vermessen und die Ergebnisse mit einer zeitgleich durchgeführten tachymetrischen Vermessung wissenschaftlich verglichen.



2: Bestandsmodell der SFS 4080

Die entstehenden Vermessungsdaten, verknüpft mit den Umgebungsdaten aus dem Mobile Mapping System, bilden die Grundlage für einen durchgehenden digitalen Workflow und damit die Basis für eine tatsächliche digitale Streckenplanung. [2]

4. Einsatz der Digitalen Streckenplanung

Aus den durchlaufenen Entwicklungsschritten hin zu einer tatsächlichen digitalen Streckenplanung ergeben sich diverse unterschiedliche Anwendungsfälle, wobei im Folgenden auf die drei im deutschen Markt bereits eingesetzten anhand konkreter Projektbeispiele genauer eingegangen wird.

4.1. Bestandserfassung als Planungsgrundlage für Oberbauerneuerung

Den Ursprung hat die Entwicklung im Projekt der Erneuerung der Schnellfahrstrecke (SFS) 4080 zwischen Mannheim und Stuttgart im Jahr 2020. Mit Auftragserteilung im Jahr 2016 wurde die umfangreiche Marktanalyse durchgeführt, an deren Ende der Einsatz der zuvor beschriebenen Individuallösung stand. Die Maßnahme wurde erstmals durchgängig digital mit einem Datenmodell aus der kinematischen Erfassung bearbeitet. Dies beinhaltet virtuelle Begehungen im Laserscan und in der umfangreichen Bilddokumentation sowie Planung von Untergrundmaßnahmen auf Basis der Georadaraufnahmen. Neben der Einsparung von 60 Begehungstagen wurden notwendige Planunterlagen und Do-

kumente, wie z. B. Hindernislisten aus dem Datenmodell erzeugt. Die Daten wurden hierbei mit relativer Genauigkeit mit den bekannten Streckenachsen kombiniert. Zusätzlich wurde pilothaft ein 3D-Modell eines kurzen Abschnitts erzeugt (Bild 2). [3]

Anschließend wurde bei einem Erneuerungsprojekt auf der Schwarzwaldbahn zwischen Hornberg und St. Georgen eine Befahrung mit einem vergleichbaren System durchgeführt. Neben der bewährten Kombination aus Laserscanning, Fotodokumentation und Georadar erfolgte hier erstmalig testweise eine kinematische Vermessung bei Befahrung mit 30 km/h. Dazu wurde die Strecke mit Fixpunkttafeln (30x30 cm) ausgestattet, die tachymetrisch eingemessen und anschließend durch einen Algorithmus in den Laserscandaten detektiert wurden.

Trotz Problemen mit inkonsistenten Koordinatensystemen der bestehenden Infrastrukturdaten konnten hierbei erste, vorzeigbare Erfolge erzielt werden.

Beim nächsten Großprojekt, der Erneuerung der SFS 1733 zwischen Kassel und Würzburg, konnte dieses Vorgehen aus sicherheitstechnischen Gründen nicht erneut eingesetzt werden. Die Anbringung großer Fixpunkttafeln insbesondere in den Tunneln war nicht möglich. Daher wurde lediglich der etablierte Workflow der kinematischen Bestandserfassung und der vollständig digitalen Planung der Bestandserneuerung im digitalen Datenmodell durchgeführt. Bei diesem Projekt kam jedoch erstmalig der EM100VT in Deutschland zum Einsatz. Dieses Projekt stellt auch den Wendepunkt in der Entwicklung dar, da hier die erste Pilotierung des von Plasser & Theurer entwickelten Fixpunktmesssystems in Deutschland auf einem kurzen Testabschnitt durchgeführt werden konnte.

4.2. Kinematische Vermessung

Die Zulassung des Systems zur Gleisvermessung gemäß Ril 883 war eine wichtige Voraussetzung für eine größere Verbreitung. Die Schaffung einer gesicherten, georeferenzierten und hochgenauen Planungsgrundlage, insbesondere in hochfrequentierten Streckenkorridoren, stellt heute einen Hauptanwendungsfall dar.

Auf hochbelasteten Strecken mit hoher Zugdichte erfolgt nunmehr die Gleisvermessung gleichzeitig mit der hochgenauen kinematischen Bestandserfassung. Ohne betriebliche Einschränkungen und ohne ein Betreten des Gefahrenraums wird damit der Bestand richtlinienkonform vermessen und



3: Kolorierte Punktwolke aus dem Projekt Offenburger Tunnel

mit den weiteren Sensoren am Messfahrzeug digital vollständig aufgenommen.

Erste Produktiveinsätze des Systems sind bereits erfolgt. Auf dem hochfrequentierten Plankorridor Fürth–Würzburg wurden 154 km Streckengleis an einem Tag erfolgreich kinematisch vermessen. In Vorbereitung der Erneuerung des Hochleistungskorridors Riedbahn wurde die hochbelastete Strecke zwischen Frankfurt und Mannheim in einem Wochenendeinsatz als Grundlage für die weiteren Planungsaktivitäten vermessen.

4.3. Kinematische Aufnahme als Basis für die BIM-Bestandsmodellierung

Einen weiteren wichtigen Anwendungsfall stellt die kinematische Aufnahme als Basis für die BIM-Bestandsmodellierung dar. BIM-Projekte erfordern die Erstellung von Bestandsmodellen, um die Planung in den modellierten Bestand einzubinden. Insbesondere dort, wo umfangreich in existierende Bestandseisenbahninfrastruktur eingegriffen wird, gelangen herkömmliche

Bestandsaufnahmen an ihre Grenzen. Auf Basis von kolorierten, hochgenauen Punktwolken und umfangreichen Fotos kann hingegen eine sehr hohe Präzision in der BIM-Bestandsmodellierung und in der Visualisierung erreicht werden. Eine erste Anwendung erfolgte im Rahmen des Großprojekts Karlsruhe–Basel im Planfeststellungsabschnitt 7.1, der Planung des Offenburger Tunnels (Bild 3). [4]

5. Ausblick auf Weiterentwicklung

Bei der sukzessiven Weiterentwicklung des Konzepts wurde deutlich, dass ein solches System enormes Potenzial auch für die Zustandsüberwachung und das Anlagen- und Instandhaltungsmanagement des Anlagenbetreibers bietet. Dazu wird das ursprüngliche System mit weiterer Sensorik ergänzt, um ein immer umfassenderes Abbild der Anlagen zu erhalten. Hierbei ist es auch erforderlich, dass sich das kinematische Messsystem regelmäßig durch das Anlagennetz bewegt, um Veränderungen

zu erfassen. Dies könnte im Regelbetrieb erfolgen und würde Anlagenbetreiber in die Lage versetzen, ihren Anlagenbestand intelligenter und effizienter zu managen. Damit wird auch die im Moment noch unzureichende Bestandsdatenlage sukzessive verbessert. Somit muss diese zukünftig nicht erst zu Projektbeginn aufwendig erfasst und aufbereitet werden, sondern kann direkt aus einem Bestandssystem abgerufen werden.

Weiterhin wird der Fokus der Weiterentwicklung darauf gerichtet, das Post-processing der erfassten Daten zu vereinfachen und zu automatisieren. Dazu ist es erforderlich, die großen Datenmengen mit KI-Methoden intelligent zu verarbeiten und den manuellen Aufwand sukzessive zu reduzieren. Ansätze hierfür wurden im Rahmen des abgeschlossenen Forschungsprojekts RailTwin von der TU München, OBERMEYER und ProVI entwickelt und auf Basis der im Rahmen der digitalen Streckenplanung bisher erhobenen Daten erfolgreich erprobt.

Idealerweise werden die erfassten Daten kombiniert mit BIM-Daten aus den verschiedenen Infrastrukturprojekten. So erhält der Bauherr nach Baumaßnahmen eine As-Built-Dokumentation als Basis für ein Asset-Modell seines Anlagenbestands. Durch die Nutzung der vorhandenen BIM-Modelle aus der Planung und Bauausführung kann außerdem die Verarbeitung der erfassten Daten des kinematischen Messsystems vereinfacht werden, da diese besser klassifiziert und Anlagenstrukturen zugeordnet werden können.

6. Fazit

Die kinematische Erfassung mit einem Multisensorfahrzeug bildet die Grund-

lage für ein hochgenaues, digitales Bestandsmodell. Die digitale Streckenplanung erfolgt dann BIM-konform auf Grundlage dieses Bestandsmodells. Darauf aufbauend ist die modellierte Planung in einem Gesamtmodell die Basis der Bauausführung. Diese kann nach Projektrealisierung auch für das weitergehende Infrastrukturdatenmanagement genutzt werden.

Erst durch die Verknüpfung der kinematischen Bestandserfassung mit einer richtlinienkonformen Gleisvermessung liefert die digitale Streckenplanung allerdings ein hochgenaues holistisches Bestandsmodell, das allen Anforderungen der Infrastrukturbetreiber genügt und damit universell einsetzbar ist. •

Literatur

- [1] Richtlinie 823 „Oberbauarbeiten planen“, Aktualisierung 04, 17.01.2022.
- [2] Kückmann, M.; Bade, M.; Schneider, P.: „Digitale Bestandserfassung des Gleisbereichs“, EIK – Eisenbahn Ingenieur Kompendium, 01/2020, S. 32-48.
- [3] Kückmann, M.; Bade, M.; Schneider, P.: „BIM-konforme Oberbauplanung zur Sanierung von Schnellfahrstrecken“, EI – Der Eisenbahningenieur, Sonderheft Oberbau, 11/2017, S. 9-13.
- [4] „Deutsch-österreichische Innovationskooperation erstellt Digitalen Zwilling“, ETR – Eisenbahntechnische Rundschau, 7+8/2021, S. 81.

Summary

Digital route planning: digitized planning, construction method and infrastructure management

Digital route planning has enormously been developed since its first application. By further development of the systems for stock surveying, the achievement of measurement accuracy and the complement of further modern sensor technology, data is now being generated which can be used in several ways even after the planning process has been completed and represents sustainable values for the operator of infrastructures.