

Das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung

Ein fester Bestandteil bei der Planung von Gleis-Verkehrsanlagen

ANDREAS RIEMENSCHNEIDER

Das wirtschaftliche Planen, Bauen und Betreiben ihrer Verkehrsanlagen ist neben der Personen- und Güterbeförderung ein Ziel der Deutschen Bahn AG (DB). Die Planung, die Instandhaltung, der Umbau und die Nutzung vorhandener Schienenwege und ihrer baulichen Anlagen erfolgt bei dem Verkehrsunternehmen zunehmend digital. Dies geschieht nach der BIM-Methodik (Building Information Modeling). Ein Prozess, der vollständige, genaue und widerspruchsfreie Informationen zu bestehenden Gleisanlagen, Verkehrsstationen, der trassennahen Topografie, den Gebäuden und Ingenieurbauwerken voraussetzt. Nach den Regeln des BIM-Prozesses stehen die digitalen Daten zukünftig in einem BIM-Gesamtmodell über den gesamten „Lebenszyklus“ der Verkehrsanlage und

ihrer Bestandteile zur Verfügung. Die Ingenieurvermessung leistet mit ihren Mess-, Auswerte- und Berechnungsmethoden einen wichtigen Beitrag zur Ermittlung von Bestandsdaten als Grundlage für digitale Anlagen-, Bauwerks-, Gebäude- bzw. Geländemodelle. Wir sprechen hier von dem BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung (Abb. 1). Im Folgenden sollen die entscheidenden Faktoren, die zur erfolgreichen Erzeugung dieses Fachmodells erforderlich sind, dargelegt werden. Faktoren, die die Korrelation zwischen Fahrweg und baulicher Anlage berücksichtigen. Hierbei handelt es sich um einen ingenieurvermessungstechnischen Prozess, bei dem bestehende Verkehrsanlagen tachymetrie-, GNSS- und laserscangestützt, kinematisch und statisch erfasst werden. Der Beitrag zeigt auf, wie unter Verwendung von Revit die planungsbegleitende und die Bauvermessung effizient und nachhaltig die For-

derungen der DB zur Erfassung, Visualisierung und Dokumentation von bestehenden und neuen Trassen, Gebäuden und Ingenieurbauwerken nach dem neuesten Stand der Technik erfüllt.

Was ist das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung?

Dieses Fachmodell ist ein Bestandteil des gesamten digitalen Anlagen-, Bauwerks-, Gebäude- bzw. Geländemodells. Das 3-D-Modell entsteht unmittelbar nach Projektstart in Form einer detaillierten vermessungstechnischen Bestandsaufnahme. Das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung, auch Bestandsmodell genannt, enthält die Geo-Basisdaten zu bestehenden Verkehrsanlagen, der trassennahen Topografie, der Gebäude und Ingenieurbauwerke. Der Umfang sowie der Detaillierungsgrad des Bestandsmodells sind abhängig von der Aufgabenstellung. Der Informationsgehalt

Abb. 1: Das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung einer Eisenbahnüberführung



und die Informationstiefe des BIM-Modells stehen in unmittelbarem Zusammenhang mit dem zukünftigen Anwendungsfeld, dem das Modell zugeführt werden soll. Anwendungsfelder könnten beispielsweise sein: Planung, Simulation, Projektmanagement, Öffentlichkeitsarbeit u.v.m. Der Level of Detail (LoD) definiert dabei den geometrischen Detaillierungsgrad der BIM-Bauteile und der Level of Information (LoI) den Grad des Informationsgehalts der BIM-Bauteile bzw. des Modells in Abhängigkeit von den Projektanforderungen bzw. dem Planungsverlauf. Mit dem Anstieg der Planungsleistungsphasen im Sinne von § 34 HOAI (Lph. 2 Vorplanung, Lph. 3 Entwurfsplanung, Lph. 4 Genehmigungsplanung und Lph. 5 Ausführungsplanung) steigen die Anforderungen an den Detaillierungsgrad der notwendigen Informationen. [1] Der Level 100 bildet in diesem Ranking den untersten und Level 400 den höchsten Grad der Anforderungen ab. Oder anders ausgedrückt: je größer der gewählte Abbildungsmaßstab der Ingenieurvermessung, umso höher der Informationsgehalt bzw. Detaillierungsgrad des BIM-Fachmodells. Das Fachmodell Ingenieurvermessung stellt maßstabsgetreu und dreidimensional alle Objekte, verknüpft mit weiteren wichtigen Zusatzinformationen, innerhalb der Planungsgrenzen dar. Es bildet zum Zeitpunkt der Vermessung den Istzustand und die aktuellen geometrischen Verhältnisse im Planungsbereich ab. Es beinhaltet ggf. wichtige Informationen, wie das digitale Geländemodell (DGM), Pläne zu Ver- und Entsorgungsleitungen und Daten des Liegenschaftskatasters. Grundsätzlich werden alle relevanten Schnittstellen zum Bestand und weitere, für die Planungsaufgabe wesentlichen Bauteile dargestellt.

Welche Ziele werden mit dem BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung verfolgt?

Mit dem 3-D-BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung werden für Planungszwecke hochwertige, bauteilorientierte, übereinstimmende Bauwerksmodellierungen zum Istbestand bereitgestellt. Diese digitalen Bauwerksmodelle beinhalten, wenn möglich, unter anderem die mathematisch, geodätisch exakt definierten Raumkurven des Fahrwegs, nämlich die Sollachsen, -trassen und -gradienten. Von zentraler Bedeutung ist die Widerspruchsfreiheit zwischen den Bauteilen und der Sollachsen, -trassen und -gradienten. Man spricht hier auch von der Einhaltung des Nachbarschaftsprinzips. Nach diesem Prinzip sollen die Distanzen zwischen den Bauteilen bekannt sein und vermeintliche Kollisionen vermieden bzw. auf ein Minimum reduziert werden. Die digitalen, dreidimensionalen Vermessungsdaten werden so bereitgestellt, dass [2] die Ableitung permanent konsistenter Grundrisspläne, Schnitte und Ansichten im weiteren Planungsprozess, vor dem Anspruch einer hohen Datenverfügbarkeit, garantiert ist. Die Durchführung von Kollisionsanalysen, Mengenermittlungen

und diversen anderen Simulationen ist auf Basis der erzeugten Vermessungsdaten möglich. Komplexe Anlagen, wie z.B. die Verkehrsanlagen der DB, können so digital strukturiert und aufbereitet werden. Prozessbegleitend können so mithilfe der elektronischen Datenverarbeitung, Analysen, Vergleiche und Alternativen effizient untersucht und letztlich Entscheidungen für die bestmöglichen Lösungen zu einer Vielzahl von technischen Problemen bei der Planung, dem Bau und der Bewirtschaftung einer komplexen Verkehrsanlage getroffen werden. Gebildet und modelliert werden geodätische Basisdaten, die als Grundlage für einen optimalen Datenaustausch und zur bestmöglichen Weiterverwendung der erfassten digitalen Informationen dienen sollen.

Wie entsteht das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung?

Die Projektvorbereitung und -organisation
Wesentliche Bestandteile des ersten Teilprozesses ist die Ausrichtung des Mess- und Auswertekonzeptes auf die Anforderungen der Planungsinstitutionen. Die Organisation von Sicherungsmaßnahmen zur regelkonformen Vermeidung von gefährlichen Situationen beim Betreten des Gefahrenbereichs von Gleisanlagen ist für das Vermessungspersonal und den Individualverkehr unabdingbar. Die Ingenieurvermessung ist aufgefordert, unter geringster Beeinträchtigung des laufenden Verkehrs in kürzester Zeit ein Maximum an dreidimensionalen topografischen Informationen hochgenau zu erfassen, auszuwerten, zu analysieren und zu dokumentieren. Vorhandene Geobasisdaten werden eingeholt, überprüft und fließen in den Gesamtprozess ein.

Das Festpunktfeld

Digitale, dreidimensionale Bauwerksmodelle entstehen immer aus einer Vielzahl von vermessungstechnischen Einzelmessungen, die sich über große Distanzen und einen größeren Zeitraum erstrecken und die auf unterschiedlichen Messverfahren basieren. Um zweifelsfreie Ergebnisse zu erzielen, ist ein durchgängig homogenes, hochgenaues und ausgeglichenes Maß- und Bezugssystem zwingende Voraussetzung. Maß- und Bezugssystem für die Bestandteile des mit der Software REVIT erzeugten Fachmodells Ingenieurvermessung im übergeordneten Raum ist bei der DB das DB_Referenznetz 2016 (DB_REF2016). Mit diesem geodätischen Festpunktfeld steht und fällt die Qualität der digitalen Bauwerksmodelle und sämtlicher Nachbarschaftsbeziehungen im dreidimensionalen Raum. Und damit letztendlich auch die Qualität anschließender Planungen und Bauausführungen. Eine Verdichtung von vorhandenen Bezugspunkten (Abb. 2) erfolgt durch die Einbeziehung von Basisreferenzpunkten (PS0-Punkte). Diese Basisreferenzpunkte befinden sich im Abstand von 4 km entlang sämtlicher Haupt- und Nebenstrecken der DB. Notwendige Verdichtungsunkte wer-

den projektbezogen erkundet, vermarktet, qualitätsgesichert gemessen, ausgeglichen, berechnet und dokumentiert. Diese Verdichtung des Maß- und Bezugssystems bildet die Basis für die tachymetrie-, GNSS- und laserscangestützten Bestandsaufnahmen der Gleisanlagen mit ihren Tunneln, Ingenieurbauwerken, Gebäuden und technischen Einrichtungen. Der sach- und fachgerechte Umgang mit amtlichen Lage- und Höhenbezugssystemen wie UTM, Gauß-Krüger und DHHN2016 sind dabei standardisierte Prozesse der Ingenieurgeodäsie. Über die Nutzung einheitlicher, globaler Referenzsysteme stellt die Vermessung sicher, dass Liegenschaftsdaten und Informationen zu Ver- und Entsorgungsleitungen, Anlagen, Ingenieurbauwerken und Gebäuden unterschiedlicher Verkehrs- und Energieversorgungsunternehmen homogen und unter Berücksichtigung sämtlicher Nachbarschaftsbeziehungen in das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung einfließen.

Die vermessungstechnische Bestandsaufnahme

Auf der Basis des geodätischen Festpunktfeldes erfolgt aus einer Kombination unterschiedlichster Messprozesse und Messsensoren die vermessungstechnische Bestandsaufnahme nach Lage und Höhe. Dabei werden die Verkehrsanlagen mit einer Kombination aus Nivellement-, Tachymetrie-, GNSS- und Laserscannmessungen dreidimensional erfasst. Die Gleisanlagen werden hierbei kinematisch in Form von laserscangestützten Profilmessungen mit dem System SiTrack:One (Abb. 3) in einem Profilabstand von 2 cm erfasst. Die vollflächige Bestandsaufnahme von Verkehrsstati-

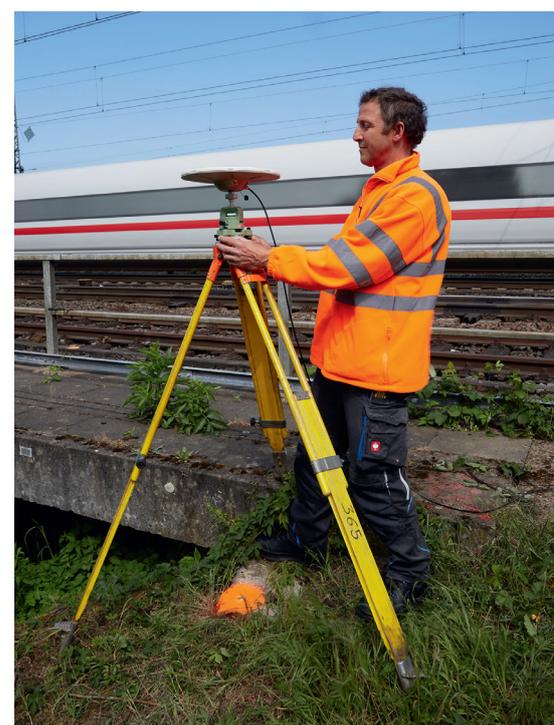


Abb. 2: DB_Referenzpunkt mit GNSS-Empfänger



Abb. 3: Kinematisches Gleismesssystem SiTrack:One

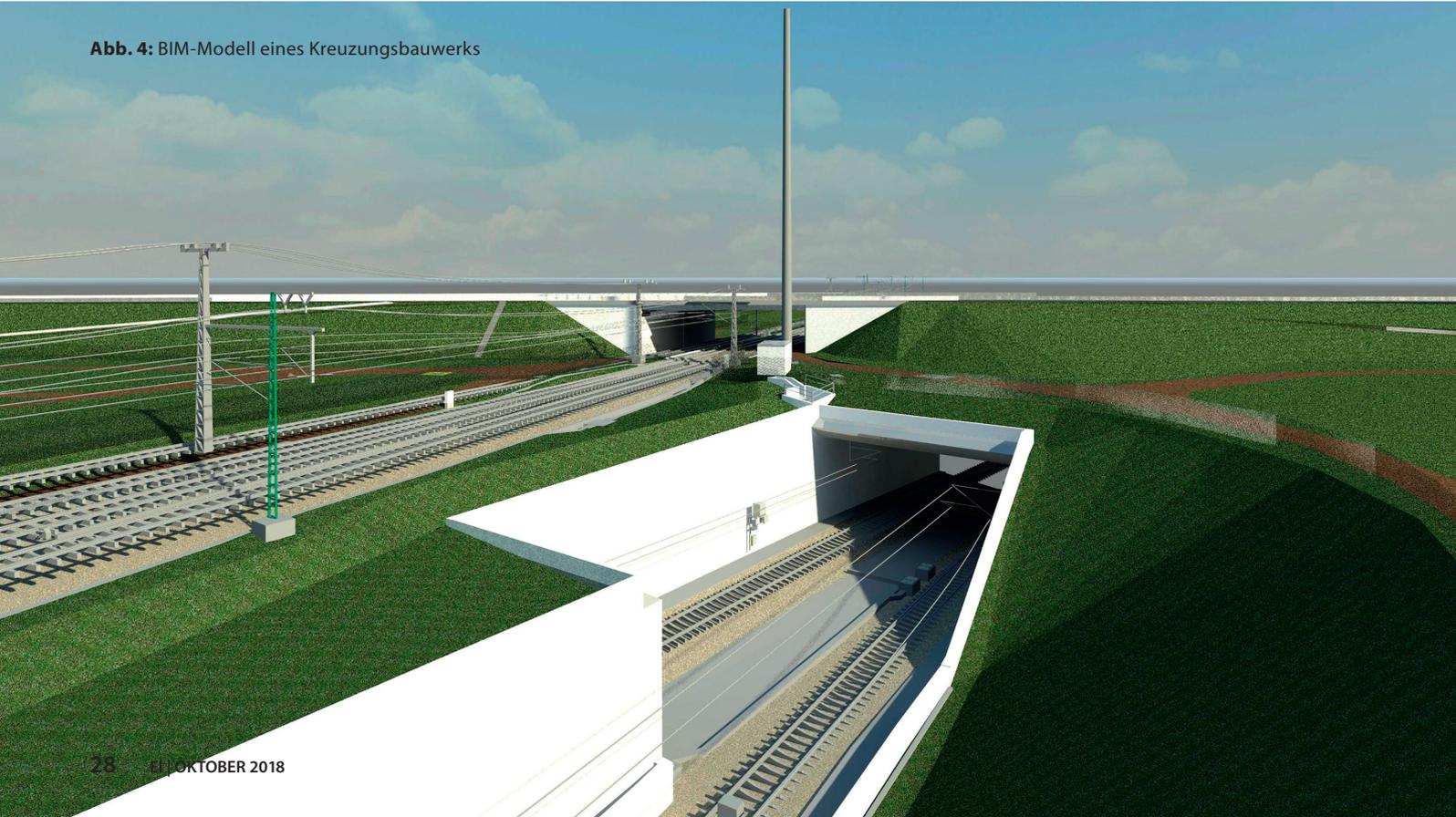
onen realisiert man mittels statischem Laser-scanning. Die Gesamtheit aller erfassten Daten bildet die Basis für das mit REVIT erzeugte digitale BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung.

Die Erstellung des digitalen Modells

Mit modernsten Softwareapplikationen werden die Sensordaten von Digitalnivellierern, Tachymetern, GNSS-Empfängern und Laserscannern

ausgelesen, mehrfach gesichert und miteinander verknüpft. Datenanalysen und -kontrollen hinsichtlich der Vollständigkeit, Plausibilität und Widerspruchsfreiheit bilden die Vorstufe zur qualitätsgesicherten Erstellung des BIM-Fachmodells Ingenieurvermessung. Mit dem Fachmodell werden für Planungszwecke hochwertige, bauteilorientierte, übereinstimmende Bauwerksmodellierungen zum Istbestand (AS-Build) bereitgestellt. Hierbei handelt es sich in Teilen um parametrische Modellierungen. Mit diesem Verfahren werden geometrische Modelle mit Abhängigkeiten und Zwangsbedingungen versehen, sodass flexible Modelle entstehen. Diese Modelle können schnell und effizient an geänderte Anforderungen der Planung angepasst werden (Abb. 4). Die Gesamtheit einer Vielzahl parametrisierter Objekttypen, der sogenannten Familien, ergibt die Gesamtmodelle. Die Parameter beziehen sich unter anderem auf Länge, Breite, Höhe, Position, Ausrichtung und Semantik der geometrischen Figuren. Eine Abhängigkeit zwischen den Parametern entsteht durch die Definition freier Algorithmen. Definiert werden hier Gesetzmäßigkeiten zwischen den einzelnen Objekten hinsichtlich Ausrichtung, Orthogonalität, Parallelität, Verbindung, Abstand und gleichen Abmessungen. Vermeintliche Modelländerungen führen somit zu einer „Kettenreaktion“. Ein sehr effizienter Prozess. Abgesehen von der Verfügbarkeit, Plausibilität, Widerspruchsfreiheit und Vollständigkeit der modellierten Daten ist die Akzeptanz des Bauwerksmodells durch den Nutzer entscheidend. So wird bei der Erzeugung der Familien auf eine möglichst realitätsnahe Darstellung der tatsächlich vor Ort verbauten Materialien geachtet.

Abb. 4: BIM-Modell eines Kreuzungsbauwerks



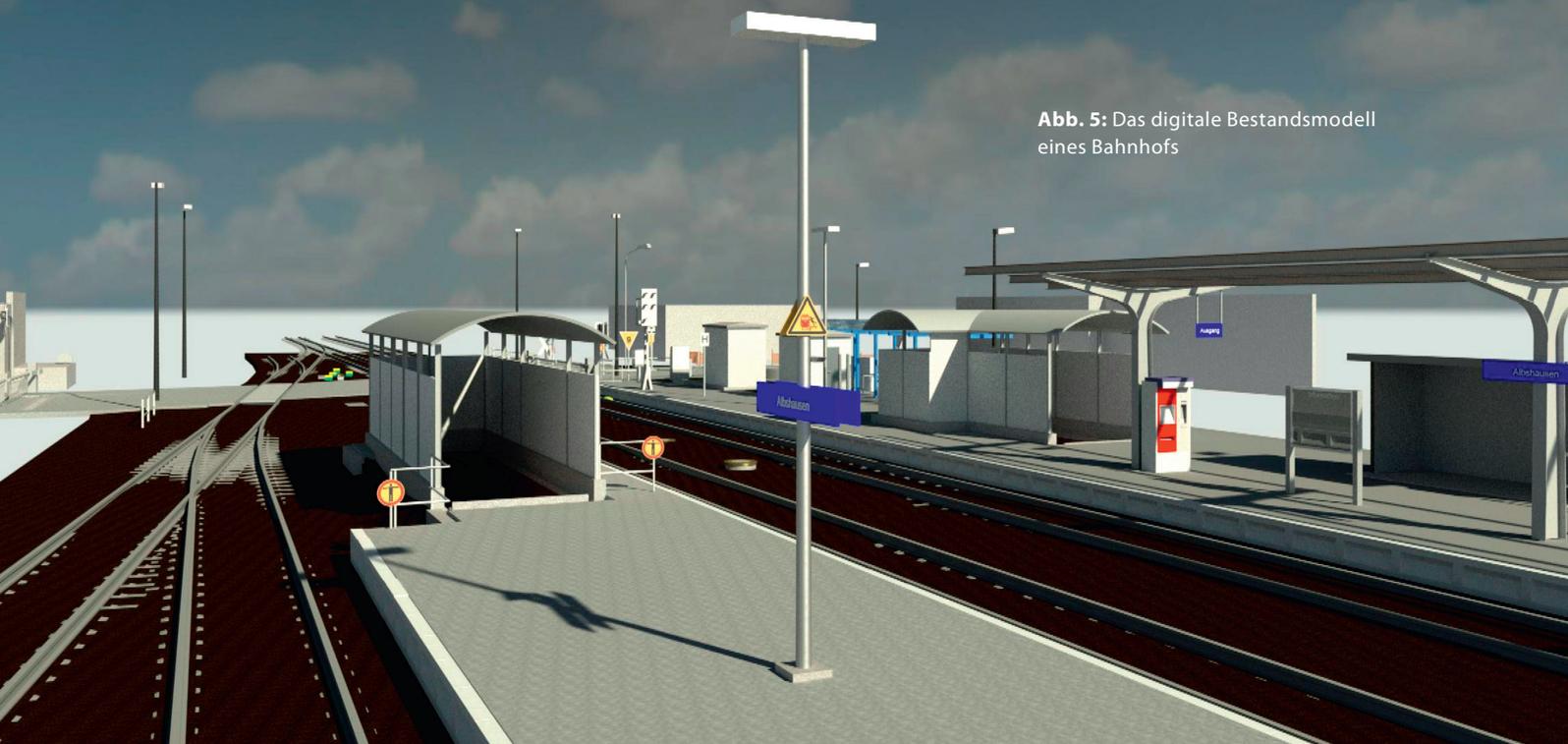


Abb. 5: Das digitale Bestandsmodell eines Bahnhofs

Welche Ergebnisse entstehen mit dem BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung? Das Festpunktfeld

Für zukünftige Planungs- und Bauprozesse steht mit Abschluss der Planungsbegleitenden Vermessung ein dreidimensionales, homogenes, ausgeglichenes, verdichtetes, dokumentiertes und einheitliches Maß- und Bezugssystem in Form von dauerhaft vermarkten, hochgenauen Festpunkten zur Verfügung.

Die Sollachsen, -trassen und -gradienten

Im Zuge der Planungsbegleitenden Vermessung werden die Raumkurven der Fahrwege und die Achsen von Ingenieurbauwerken und Gebäuden durchgängig unter Berücksichtigung von Zwangspunkten mathematisch exakt definiert und dokumentiert. Sämtlichen Planungs- und Bauprozessen zu Verkehrsanlagen, Ingenieurbauwerken und Gebäuden stehen damit abschließend die auf Absolutkoordinaten basierenden zweifelsfreien Sollachsen, -trassen und -gradienten zur Verfügung.

Das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung

Mit dem 3-D-BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung stehen für Planungszwecke hochwertige, bauteilorientierte, übereinstimmende Bauwerksmodellierungen (Abb. 5) zum Istbestand zur Verfügung. Die Verkehrsanlagen sind damit wirklichkeitstreu dargestellt (AS-Build) und umfassend, durch eine Vielzahl von parametrisierten Objekten („Familien“), in einem digitalen Bauwerksmodell beschrieben. Die Projektanforderungen bzw. der Planungsverlauf bestimmen maßgeblich den geometrischen Detaillierungsgrad und den Grad des Informationsgehalts zum BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung. Die erzeugten Familientypen können durch den Anlagenverantwortlichen im Zuge von Ausschreibungen

zur Erstellung der Bauteillisten sowie bei der Ermittlung von Mengen und Massen genutzt werden. Die digitalen, dreidimensionalen Vermessungsdaten werden schnittstellenorientiert so bereitgestellt, dass die Ableitung permanent konsistenter Grundrisspläne, Schnitte und Ansichten im weiteren Planungsprozess vor dem Anspruch einer hohen Datenverfügbarkeit garantiert ist.

Ausblick

Vollständige, genaue und widerspruchsfreie Informationen zu bestehenden Verkehrsanlagen, ihren trassennahen Topografien sowie ihren Gebäuden und Ingenieurbauwerken sind Voraussetzungen für komplexe Planungsprozesse. Die Erfassung von Geodaten mit hybriden Messprozessen, nämlich eine Korrelation von GNSS-Empfängern, Tachymetern, Nivellierern, Laserscannern und der Kombination statischer und kinematisch erfasster Messdaten, sind nachgewiesenermaßen Realität. Auf der Basis hochgenauer und homogener Bezugssysteme wie dem DB_REF2016 ist es der Ingenieurvermessung möglich, einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der planerischen Qualität bei der Modernisierung von Verkehrsanlagen zu leisten. Schlüssige Konzepte oder die „Ingenieurvermessung aus einem Guss“ – von der vorausschauenden Planung einer Messung über die einzusetzenden Messsensoren, das entsprechend qualifizierte Personal, die Auswerte- und Dokumentationsstrategie in Verbindung mit einer auf die Messsensoren und die Aufgabenstellung abgestimmten Software – sind das Potenzial für einen gewichtigen Beitrag der Geodäten zur Steigerung der Wirksamkeit in diesem Bereich. Digitale, dreidimensionale Anlagen- und Bauwerks- bzw. Fachmodelle, wie das der Ingenieurvermessung, erzeugen ein präzises und

strukturiertes Abbild der Wirklichkeit. Sie werden im Rahmen der Planung zur Modifizierung von Gleis- und Verkehrsanlagen erzeugt. Das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung erhöht die Produktivität, Flexibilität und Transparenz für alle an Planungs-, Simulations-, Entwurfs-, Abstimmungs-, Überwachungs- und Entscheidungsprozessen beteiligten Institutionen. Die unmittelbar zusammenhängende, objektorientierte Modellierung von „Bauteilfamilien“ und ihren Parametern zu dem digitalen Fachmodell stellt zukünftig sicher, dass Planungsänderungen zentral, schnell und effizient umgesetzt werden können und zeitnah zur Verfügung stehen. Dieses Verfahren reduziert Fehlerquellen und erfordert ein Umdenken zu den bisherigen Umsetzungsprozessen der Ingenieurvermessung im dreidimensionalen Raum. In Zukunft wird der Fokus der Ingenieurvermessung, vor dem Hintergrund, dass erst am Computer geplant und anschließend vor Ort gebaut werden soll, mehr denn je auf den Aspekten der Vollständigkeit, Verfügbarkeit, Erreichbarkeit, Genauigkeit und der Dokumentation liegen. ■

QUELLEN

[1] DB Station&Service AG: „BIM – Digitales Planen und Bauen“ BIM-Vorgaben für kleine und mittlere Verkehrsanlagen

[2] Borrmann, A.; Berkhan, V.: Grundlagen der geometrischen Modellierung, Beitrag VDI Buch – Building Information Modeling, Springer Vieweg 2015



Andreas Riemenschneider

Geschäftsführer
Vermessungsbüro Riemenschneider
GmbH & Co. KG, Rodgau
andreas@riemenschneider.net