

BIM in der Praxis

BIM in der Ingenieurvermessung

Der S-Bahn-Tunnel in Frankfurt am Main – das BIM-Fachmodell Ingenieurvermessung in der Planung für die Infrastrukturmaßnahmen

Beitrag von Andreas Riemenschneider

Problemstellung/Ziel

Der vor rund 40 Jahren in Betrieb genommene städtische S-Bahn-Tunnel in Frankfurt am Main soll mit dem Neubau eines elektronischen Stellwerks (ESTW) in den nächsten Jahren saniert werden. Die Erneuerung der Signaltechnik, die Aktualisierung des Brandschutzes nach den gültigen Vorschriften, die Modernisierung der S-Bahn-Stationen und die Neustrukturierung der B-Ebene im Frankfurter Hauptbahnhof sind das Ziel des Anlagenbetreibers und Bauherrn. Gegenstand der Modernisierungs- und Planungsmaßnahme ist die gesamte innerstädtische S-Bahn-Tunnelstammstrecke mit den 17 km langen Tunnelröhren und sieben Stationen in Frankfurt am Main. Ziel der Vermessung war, hierbei ein gesamtes *REVIT-FACHMODELL INGENIEURVERMESSUNG* für die S-Bahn-Stationen sowie die 3D-Abbildung des Tunnels mit den Soll-Gleisachsen zu erstellen.

Lösungsweg

Im Rahmen der planungsbegleitenden Vermessung zur Modernisierung der S-Bahn-Tunnelstammstrecke in Frankfurt am Main ist der Bezug zum DB_REF von zentraler Bedeutung. Zweifelsfreie digitale, dreidimensionale Bauwerksmodelle dieser Größenordnung, die aus einer Vielzahl von Einzelmessungen, die sich über einen größeren Zeitraum erstrecken und auf der Basis unterschiedlicher Messverfahren entstehen, setzen ein durchgängig homogenes, hoch genaues und ausgeglichenes Maß- und Bezugssystem zwingend voraus. Mit dem Maß- und Bezugssystem steht und fällt die Qualität des digitalen Bauwerksmodells und seiner Nachbarschaftsbeziehungen im dreidimensionalen Raum und damit letztendlich die Qualität anschließender Planungen und Bauausführungen.

Die oberirdische Verdichtung der Bezugspunkte zum DB_REF erfolgte durch die Einbeziehung von insgesamt acht über das gesamte Stadtgebiet von Frankfurt verteilter Basisreferenzpunkte (PS0-Punkte). Im oberirdischen Eingangsbereich der S-Bahn-Stationen wurden entsprechende Verdichtungspunkte erkundet, vermarktet, qualitätsgesichert gemessen, ausgeglichen, berechnet und dokumentiert. Anschließend erfolgte die Übertragung des DB_REFs in Form von weiteren Verdichtungspunkten (PS1-Punkten) mittels Tachymetrie und Ingenieurnivellement auf die jeweils unterirdisch gelegenen Bahnsteige der S-Bahn-Stationen und den gesamten Tunnelbereich. Da diese Arbeiten am Tage durchgeführt wurden, kam es durch den Personenbetrieb zu teilweise erheblichen Behinderungen bei den Messungen. Diese Verdichtung des Maß- und Bezugssystems bildete die Basis für die Bestimmung von Gleisvermarkungspunkten und die Tachymetrie-, GNSS- und Laserscangestützten Bestandsaufnahmen der Gleisanlagen, der Tunnel und der S-Bahn-Stationen.

Auf der Basis der Festpunkte des DB_REF erfolgte aus einer Kombination unterschiedlichster Prozesse und Messensorik, die dreidimensionale Bestandsaufnahme der Gleisanlagen, der Tunnel und der S-Bahn-Stationen. Dabei wurden die Gleis- und Tunnelanlagen kinematisch in Form von Laserscangestützten Profilmessungen mit dem System *SITRACK* in einem Profilverband von 2 Zentimetern erfasst. Die vollflächige Bestandsaufnahme der S-Bahn-Stationen, der unterirdischen Kabeltröge und Notausstiege wurde mittels statischem Laserscanning realisiert. Zur Qualitätssicherung wurden die Ist-Gleisachsen und -gradienten sowie Gleisvermarkungspunkte, tachymetrisch er-

fasst. Die Gesamtheit aller erfassten Daten bildet die Basis für das mit *REVIT* erzeugte digitale Bauwerksmodell. Die Messungen im Tunnel konnten nur innerhalb der nächtlichen Betriebsruhe von 1.00 bis 4.00 Uhr durchgeführt werden.

Mit dem *REVIT-FACHMODELL INGENIEURVERMESSUNG* werden für Planungszwecke hochwertige, bauteilorientierte, übereinstimmende Bauwerksmodellierungen zum Ist-Bestand (*as-built*) bereitgestellt. Diese digitalen Bauwerksmodelle beinhalten unter anderem die mathematisch, geodätisch exakt definierten Raumkurven des Fahrwegs, nämlich die Soll-Gleisgeometrien.

Für die wirklichkeitstreue Darstellung (*as-built*) der S-Bahn-Stationen war es notwendig, eine Vielzahl von Familien zu erzeugen, da in den Programmbibliotheken von *REVIT* nur sehr wenige bahnspezifische Anlagenteile vorhanden waren. Vor dem Hintergrund, dass die S-Bahn-Stationen vor 40 Jahren gebaut wurden, sind verständlicherweise die verbauten Anlagenteile und insbesondere die signaltechnischen Elemente nicht in den Datenbanken enthalten. Um die Anzahl der zu erzeugenden Familien möglichst gering zu halten, wurden die meisten von ihnen parametrisch angelegt.

Rolltreppen und Treppen wurden ebenfalls als Familie erzeugt, da es in *REVIT* für die Erstellung von vorhandenen Treppen kein funktionierendes Tool gibt.

Bei der Erzeugung der Familien wurde darauf geachtet, die Materialien so wirklichkeitstreu wie möglich zu wählen. So wurde beispielsweise einem Informationskasten der Bahn die Materialien „Metall eloxiert“ für den Rahmen und „Glas“ für die Glasfläche zugeordnet. Ebenso wurden bei der Konstruktion der Anlagenteile die örtliche Farbgebung berücksichtigt, um eine möglichst wirklichkeitstreue Darstellung der Realität zu erhalten.

Die erstellten Familientypen hatten eine relative Genauigkeit von weniger als 5 Millimeter in den Abmaßen und sind absolut kleiner 1 Zentimeter platziert. Die neu angelegten Familientypen wurden bei den Ausschreibungen zur Erstellung der Bauteillisten sowie bei der Ermittlung der Abbruchflächen genutzt.

Da die Datenerfassung mittels Laserscanning der S-Bahn-Stationen im laufenden Betrieb erfolgte, kam es in den einzelnen Scans teilweise zu Abschattungen durch Personen. Diese Abschattungen wurden durch eine mehrfache Aufnahme des Bereichs bzw. mit Handaufmaß und Tachymetrie ergänzt.

Problematisch war das zum Teil starke Rauschen in den Laserscandaten sowie das Fehlen von Laserdaten aufgrund der Materialbeschaffenheit. Polierte Stahlflächen an Rolltreppen verursachten teilweise Löcher in den Punktwolken. Hier konnten keine Informationen ermittelt werden.

Um sich im Zuge der Auswertung das permanente Umschalten zwischen vielen einzelnen Punktwolken zu ersparen, wurde mit verschiedenen Softwareapplikationen gleichzeitig gearbeitet. So war es möglich, in einer Software eine Höhe zu ermitteln und parallel dazu die Höhenabwicklung anhand eines Schnitts zu verifizieren.

Die S-Bahn-Stationen wurden mit durchschnittlich ca. 150 Laserscanstandpunkten erfasst, die im Anschluss im Lage- und Höhenbezugssystem DB_REF georeferenziert wurden.

Die erfassten Rohdaten hatten ein Datenvolumen von ca. 15 GB. Nach der Konvertierung in die Datenstruktur der Auswertesoftware (*SCALYPSO* und *RECAP*) erhöhte sich das Datenvolumen auf ca. 50 GB pro S-Bahn-Station.

Erfahrungen

Vollständige, genaue und widerspruchsfreie Informationen zu bestehenden Gleisanlagen, ihrer trassennahen Topographien, ihrer Gebäude und Ingenieurbauwerke sind Voraussetzungen für komplexe Planungsprozesse. Die Erfassung von Geodaten mit hybriden Messprozessen, nämlich eine Kombination von GNSS-Empfängern, Tachymetern, Laserscannern und der Verknüpfung statischer

und kinematisch erfasster Messdaten, sind nachgewiesenermaßen Realität. Auf der Basis hoch genauer und homogener Bezugssysteme wie dem DB_REF, ist es der Ingenieurvermessung möglich, einen wichtigen Beitrag zur Verbesserung der planerischen Qualität bei der Modernisierung von Gleisanlagen, Tunnel, Bahnhöfen und Stationen 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 Kostenminimierung in diesem Bereich. Digitale Anlagen- und Bauwerksmodelle, wie sie zur Modifizierung der S-Bahn-Tunnelstammstrecke in Frankfurt am Main erzeugt wurden, erhöhen die Produktivität und Transparenz für alle an Planungs-, Entwurfs-, Abstimmungs- und Überwachungsprozessen beteiligten Institutionen und Firmen. Die unmittelbar zusammenhängende objektorientierte Modellierung von „Bauteil-Familien“ und ihren Parametern zu einem digitalen Fachmodell „Ingenieurvermessung“ erfordert ein Umdenken zu den bisherigen Umsetzungsprozessen der Ingenieurvermessung im dreidimensionalen Raum. In Zukunft wird der Fokus der Ingenieurvermessung mehr denn je auf den Aspekten der Vollständigkeit, Erreichbarkeit, Genauigkeit und Dokumentation liegen.