

U5 Hamburg – derzeit geplanter Streckenverlauf im Kontext der Netzentwicklungsmaßnahmen
Abbildung: Hamburger Hochbahn AG

Neubau U-Bahn U5 in Hamburg

Planung und Infomanagement vereint durch BIM

von Uwe Labinsky, Gerhard Zehetmaier und Andreas Wuttig

Der Bau einer neuen U-Bahn-Linie quer durch die Stadt bedeutet für das dynamisch wachsende Hamburg eine zukunftsweisende Aufwertung des öffentlichen Nahverkehrs. In der Planung spielt die BIM-Methodik eine entscheidende Rolle – nicht nur bei Entwurf und Visualisierung von Bauwerken, sondern vor allem beim strukturierten Management von nahezu unüberschaubaren Informationsmengen im Planungsprozess.

Eine neue U-Bahn für Hamburg

Die Freie und Hansestadt Hamburg will eine neue, vollautomatisch betriebene U-Bahn-Linie bauen, die als U5 das Stadtgebiet in Ost-West-Richtung als Durchmesserlinie mit einer Streckenlänge von insgesamt bis zu rund 24 km erschließt. Damit erweitert die U5 das Hamburger U-Bahn-Netz um rund 20 %. Vor dem Hintergrund der ambitionierten Verkehrs- und Umweltziele Hamburgs verbindet die U-Bahn-Linie U5 wei-

tere Stadtteile direkt mit der Hamburger Innenstadt. Etwa 150.000 Menschen leben im fußläufigen Einzugsbereich der Haltestellen.

Die Bauherrin – die Hamburger Hochbahn AG – hat die Strecke für Planung und Bau der U5 in mehrere Abschnitte unterteilt. Der Abschnitt U5 Ost von Bramfeld bis zur City Nord befindet sich bereits im Planfeststellungsverfahren. Für den Abschnitt U5 Mitte von der City Nord über die Innenstadt und



Formular- und modellbasierte Abfrage von Informationen im Bestandsmodell – Visual Reporting

das Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf (UKE) bis zu den Arenen im Volkspark wird derzeit die Vorplanung durch die Ingenieurgesellschaft U5 Mitte erarbeitet. Im Rahmen der Vorplanung führen die Ingenieure für diese ca. 17 km lange Strecke umfangreiche Variantenuntersuchungen zu Trassenverläufen und Bauweisen sowie zur Anordnung der Haltestellen im Stadtraum durch. Die Planung besitzt dabei hybriden Charakter: die konventionelle Planung für große Teile der Strecke wird durch eine Planung nach der BIM-Methodik für einige komplexe und im öffentlichen Interesse stehende Bauwerke ergänzt. Zudem erfolgte die Grundlagenermittlung vollständig unter dem BIM-Gedanken und wurde entsprechend dokumentiert.

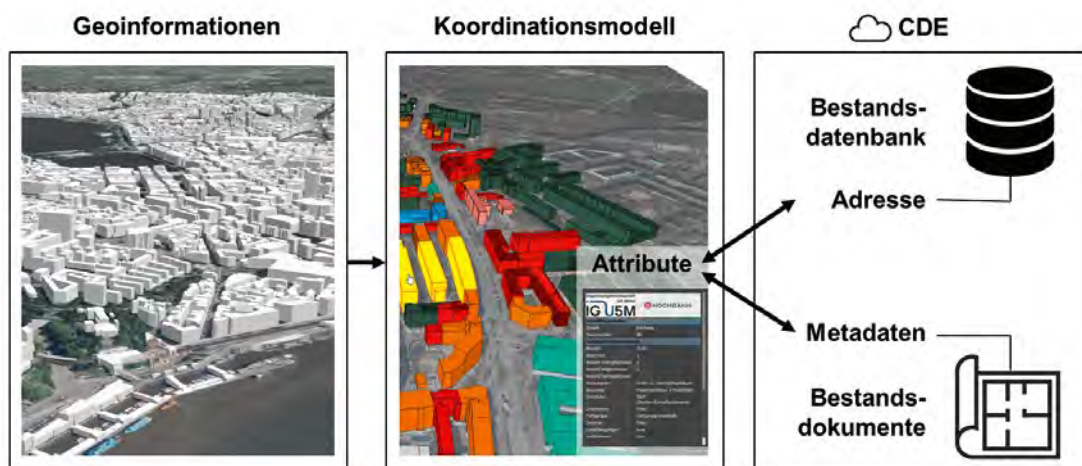
Die Streckentunnel der U5 Mitte sollen überwiegend im Schildvortrieb mit zwei Einzelröhren von ca. 7 m Durchmesser für jeweils ein Gleis aufgeföhren werden. Die Haltestellen werden in offener Bauweise mit Mittelbahnsteigen mit darüber liegenden Verteilerebenen geplant. Der heterogen geschichtete Baugrund erlaubt dabei nur bei einzelnen Haltestellen die Herstellung in klassischer Schlitzwand-Deckel-Bauweise. Die Herausforderungen der Planung großer U-Bahn-Lose in innerstädtischem Umfeld sind dabei vielfältig: Neben der Ausarbeitung optimierter technischer Lösungen für häufig beengte räumliche Verhältnisse ist vor allem die frühzeitige

Einbindung aller Beteiligten und Betroffenen von zentraler Bedeutung. Und zweifellos ist auch eine strukturierte und für weitere Planungsphasen vorbereitete Datenhaltung für eine Fülle an Grundlegenden Daten und Planungsergebnissen eine Herausforderung für sich. Die BIM-Methodik bietet hier enorme Vorteile.

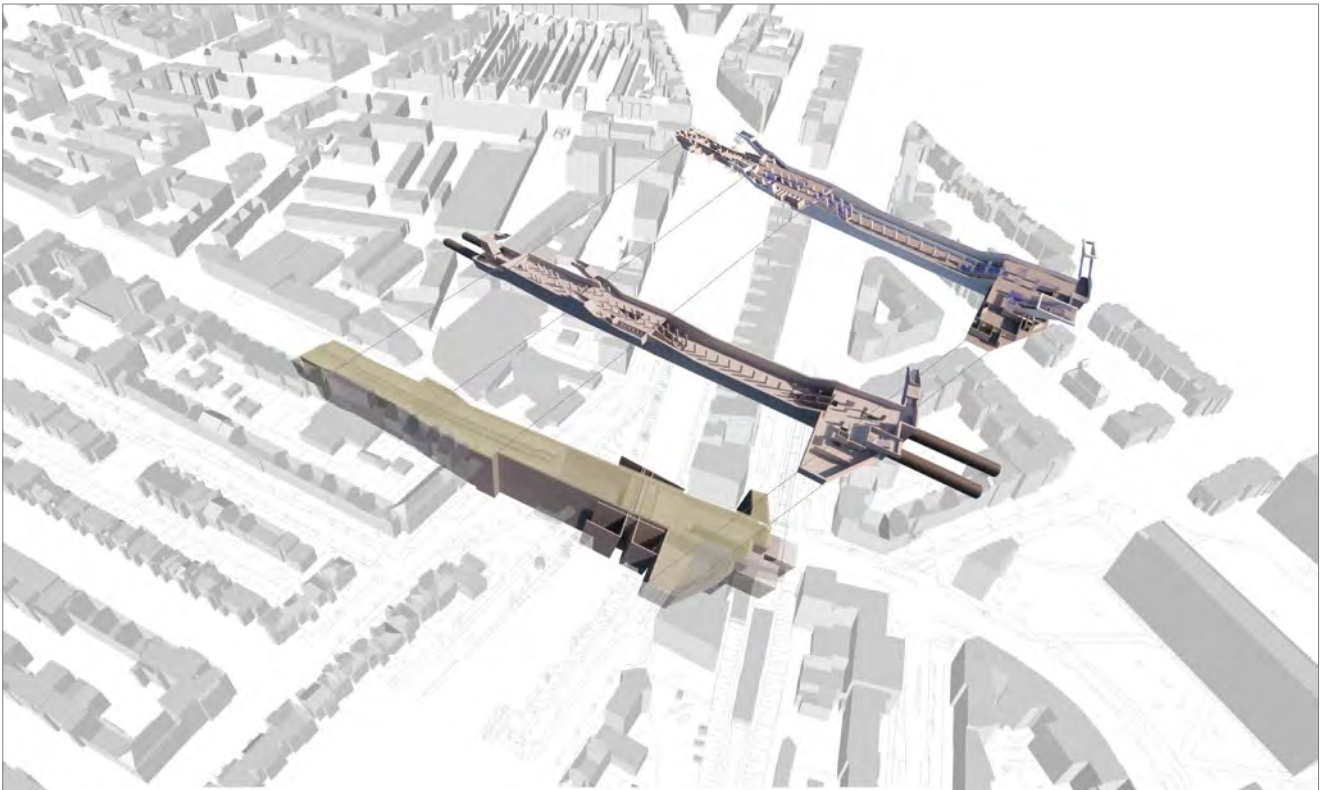
Die forcierte Einführung der BIM-Methodik unter anderem durch den Stufenplan des BMVI stand unter der Prämisse, den Herausforderungen von Großprojekten durch eine integrierte, auf digitalen Methoden aufsetzende Planung wirksam zu begegnen – mit dem Leitgedanken „Erst digital, dann real bauen“. Inzwischen ist die BIM-Methodik weitgehend dem Pilot-Stadium entwachsen und spielt bei großen Infrastrukturprojekten – nicht zuletzt bei der Hamburger U-Bahn-Linie U5 – eine zentrale Rolle.

BIM bei Infrastrukturprojekten – gewichtige Vorteile

Aus Bauherrenperspektive ist die BIM-Planung ein wichtiger Schritt hin zur Etablierung eines digitalen Zwillings, der den gesamten Lebenszyklus eines Bauwerks von der Planung über Bau und Betrieb bis zu Umnutzung oder Rückbau begleitet. Bereits in der Planungsphase kann ein intelligentes 3D-Modell als zentrales Werkzeug zum Informationsmanagement dienen. Offensichtlich werden die Vorteile der BIM-Methodik



Linked-Data-Ansatz zur Integration von Daten in das Bestandsmodell
Abbildungen: Ingenieurgesellschaft U5 Mitte



Visualisierung einer Haltestelle im Bestandsmodell.

Abbildung: Ingenieurgemeinschaft U5 Mitte

für die Einbindung von Entscheidungsebenen und Öffentlichkeit, denen mit Visualisierungen aus 3D-Modellen, Bauablaufsimulationen oder Virtual-Reality-Anwendungen ohne lange Anlaufzeiten ein tieferes Verständnis des Projekts vermittelt wird. Die Voraussetzungen dafür werden bei der Vorplanung der U5 umgesetzt, einerseits in einem Bestandsmodell, andererseits in der modellorientierten Planung wichtiger Haltestellen.

Durch die Anheftung von Geokoordinaten und/oder eindeutigen Objekt-IDs an Daten, Elemente und Dokumente können Verknüpfungen und Abfragen zügig verarbeitet werden und so auch in Projekten dieser Größenordnung der Überblick erhalten bleiben. Anwendungen reichen beispielsweise von der Informationssuche auf Stadtplanbasis anstatt in Ordnerstrukturen bis zu automatisiert erstellten Flächenbedarfsplänen und -verzeichnissen.

Auch für den Planer bietet eine modellbasierte Herangehensweise gerade mit Blick auf den Planungsprozess erhebliche Vorteile. Neben einer frühzeitigen Konflikterkennung oder nachvollziehbaren Mengenermittlungen sind dies vor allem ein strukturiertes Informationsmanagement, klare, transparente Prozesse sowie Effizienzsteigerungen durch den Aufbau parametrischer Bauteilbibliotheken und Teilautomatisierung sich wiederholender Abläufe. Und nicht zuletzt die veränderte Arbeitsweise – digital vernetzt, im Kern kooperativ im Planungsteam und mit dem Bauherrn, damit modern und gleichzeitig die tradierte Trennung zwischen Ingenieur und Konstrukteur aufbrechend – verleiht dem Beruf neue Attraktivität für Ingenieurnachwuchs.

Den Überblick behalten – das Bestandsmodell

Das Informationsmanagement – also das Bereitstellen, Abrufen, Auswerten, Nachführen und Aktualisieren von Informationen – ist eine der zentralen Herausforderungen bei großen Planungsprojekten wie der U5.

Mit einigem Weitblick wurde für die U5 Mitte vom Bauherrn ein Bestandsmodell, ein digitaler Zwilling der Bestandssituation vorgesehen, das allen Vertragsparteien gleichermaßen zur Verfügung steht. Alle relevanten Bestandsdaten, also wesentliche Grundlagen der Planung, können über das 3D-Bestandsmodell im Blick behalten, intuitiv gefunden und ausgewertet werden. Gleichzeitig wird das Bestandsmodell fortgeschrieben und für die weiteren Planungsphasen zur Verfügung gestellt – einem Informationsverlust wird damit vorgebeugt. Die Detaillierung dieses digitalen Zwillings wird stets auf das für die Planung erforderliche Maß abgestimmt. Die Datengrundlage bleibt stets mit der Information verbunden. Hierdurch werden Daten mit unklarer Genauigkeit/Herkunft vermieden.

Das Bestandsmodell vereint in einem etwa 100 m breiten Korridor entlang der Vorzugstrasse der U5 eine große Bandbreite an Informationen aus unterschiedlichsten Quellen. Die Basis bilden das digitale Geländemodell (DGM), ergänzt um ein 3D-Stadtmodell, Orthofotos, Daten aus dem amtlichen Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) sowie weiteren Vermessungsdaten z. B. zu Hausvorsprüngen und Balkonen, die in ALKIS nicht enthalten, aber für die Konzeption der Baulogistik – z.B. für den Einsatz von Schlitzwandgreifern – relevant sind.

Im Bestandsmodell werden zu allen Bauwerken im Korridor die in verschiedenen Ämtern eingesehenen und digitalisierten Planunterlagen sowie Fotos verknüpft. Zusätzlich werden auswertbare Informationen, z. B. Gründungsart, Gründungstiefe oder Bauweise, Geschossanzahl und Gebäudenutzung, strukturiert in einer eigenen Datenbank zusammengefasst und als Merkmale im Modell hinterlegt. Darüber hinaus werden alle Ziele der Stadtentwässerung als 3D-Modell in das Modell eingefügt. Leitungen werden als 2D-Informationen bzw., soweit die Daten vorliegen, ebenfalls als 3D-Modelle ergänzt.

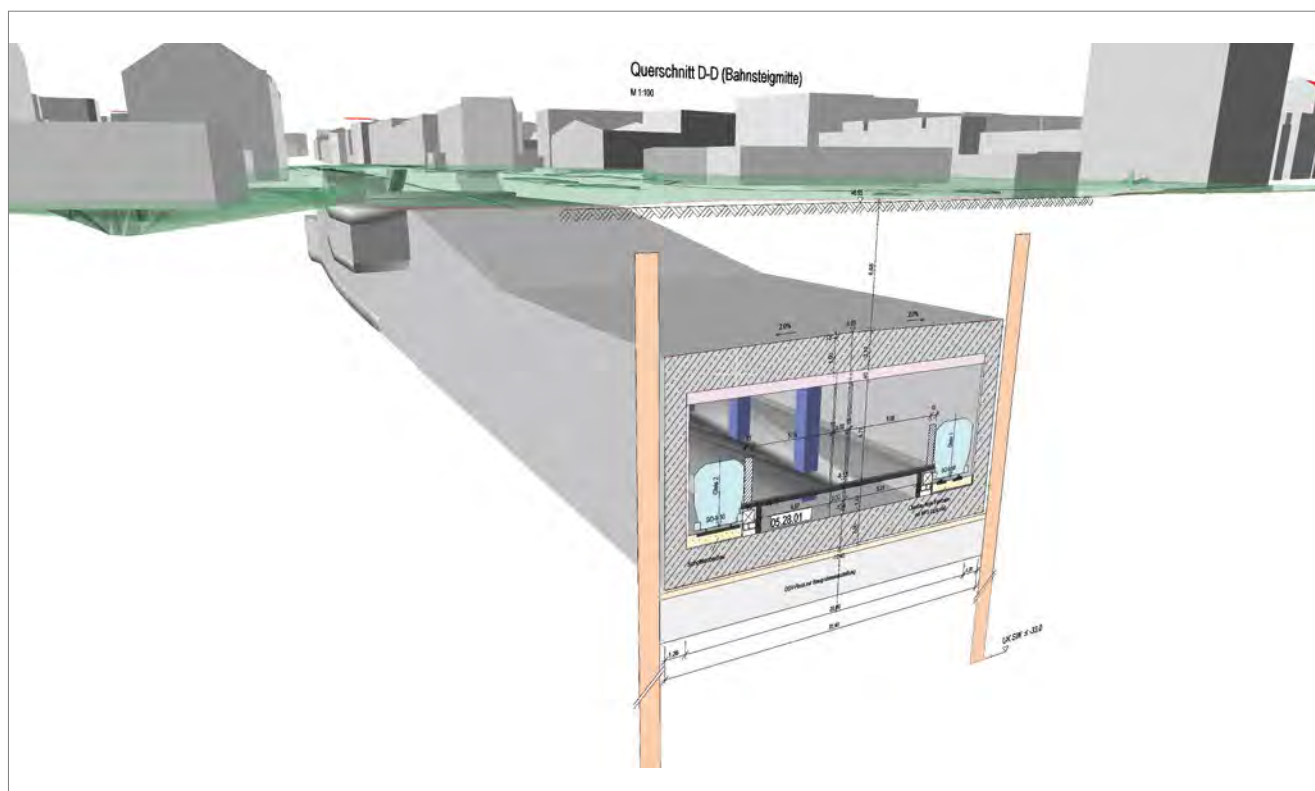
Die technische Umsetzung des Bestandsmodells war teils Neuland. Grundlegend ist dabei die Unterscheidung zwischen Modellen und Daten. Während die Modelle – z. B. Geländemodell oder Stadtmodell, aber auch Fachmodelle für Ziele und Leitungen – in einem BIM-Koordinationsmodell mittels Desite MD zusammengeführt werden, liegen die Daten (Bestandspläne, Fotos, etc.) strukturiert in einem als gemeinsame Datenumgebung (Common Data Environment – CDE) genutzten DMS auf SharePoint-Basis. Die Verknüpfung erfolgt vollautomatisch über einen Linked-Data-Ansatz auf Basis semantischer Informationen des Modells (z. B. Straße, Hausnummer und der Objekt-ID) und den Metadaten der Bestandsdokumente. Die Metadaten werden direkt beim Upload in das DMS über eine vorab festgelegte Dateinamenskennung den Daten angeheftet.

Über ein ähnliches Vorgehen wurden auch die aus den Planunterlagen ausgewerteten Informationen (Bestandsdatenbank) mit dem Modell verknüpft. Die gewählte Architektur erlaubt damit auch zu jedem Zeitpunkt eine Aktualisierung der Daten – und das per Knopfdruck.

Die Hürden in der Umsetzung sind damit auch bereits umrissen: In das Koordinationsmodell werden Daten unterschiedlichster Formate integriert; insbesondere die Einbindung von GIS-Formaten wie CITYGML oder SHAPE mit grundlegenden Geoinformationen in das IFC-Schema unter Wahrung semantischer Informationen war entscheidend für die Funktionalität des Bestandsmodells. Gleiches gilt für die Wahl des Koordinatensystems; letztlich basiert das Koordinationsmodell auf transformierten, relativen Koordinaten.

Bauherrin und Planer greifen damit stets auf den gleichen Informationsstand im Sinne einer Single-Source-of-Truth zu. Der Zugriff auf Daten erfolgt dabei über das Koordinationsmodell intuitiv durch eigens programmierte Abfrageformulare, mit denen z. B. Informationen zu ausgewählten Gebäuden oder Straßenzügen nutzer- und bedarfsgerecht abgefragt werden können. Eine umständliche Suche in komplexen Ordnerstrukturen nach den verschiedensten Informationen wird damit obsolet.

Neben dem verbreiteten Gebrauch des Begriffs BIM wird BIM auch als Akronym für „Besser Informationen Managen“ verstanden. Daher wird die Hochbahn AG die aufbereiteten und klassifizierten Daten – soweit erforderlich bzw. zweckmäßig – auch außerhalb des Vertragsverhältnisses mit der Ingenieurgemeinschaft U5 Mitte dauerhaft verfügbar machen. Dies erfolgt auf Basis der angehefteten Metadaten auch durch eine Übernahme in das Hochbahn-Geoportal (aus Basis ESRI-ArcGIS). Der Zugriff erfolgt mittels Webanwendung und ist somit durch alle Hochbahn-Mitarbeitende ohne Skalierung der Softwarekosten möglich.



Teilautomatisierte Verknüpfung von 3D-Modellen mit 2D-Plänen

Abbildung: Ingenieurgemeinschaft U5 Mitte (bzw. kurz IGU5M)

Haltestelle digital

Eine modellbasierte Planung von Haltestellen eingebettet in das Bestandsmodell ist der konsequent nächste Schritt des strategischen BIM-Ansatzes der Hochbahn AG. Bei der U5 Mitte wurden hierfür zum einen Haltestellen ausgewählt, die stellvertretend für mehrere vergleichbare Situationen stehen oder durch Eingriffe in den Hochbahn-Bestand an Verknüpfungshaltestellen geometrisch besonders komplex sind und deren Herstellung Rückwirkungen auf den U-Bahn-Betrieb haben kann. Die Planung erfolgt dabei teils parallel zu einer konventionellen Planung. Anhand der Haltestellen-Modelle werden einige grundlegende Anwendungsfälle abgearbeitet, z. B. die teilautomatisierte Erstellung von 2D-Plänen aber insbesondere die modellbasierte Terminplanung und Bauablaufsimulation (4D) sowie die modellbasierte Kostenplanung (5D). Für Entscheider ist dabei häufig eine Visualisierung der Haltestelle eingebettet in den Stadtraum wesentlich.

Mit der Bauherrin wurde vorlaufend ein Modellierungsrahmen abgesteckt, in dem Detailtiefe und Informationsgehalt der Modellierung auf den eigentlichen Zweck der Vorplanung abgestimmt wurden. Jedes Haltestellenmodell besteht aus den Teilmodellen Rohbau (Stützen, Wände, Treppen, etc.), Baugrube (Schlitzwand, Steifen, Unterwasserbetonsohlen etc.), Ausbau, Technische Ausrüstung (strukturiert nach Anlagengruppen) und Verkehrsanlage (Gleisbett). Die Bestandteile wurden dabei konsequent auf die Kostenstruktur des Bauherrn abgestellt, um die modellbasierte Mengen- und Kostenermittlung effizient zu gestalten.

Die gewählte Modellierungsstrategie erlaubt unter anderem die Visualisierung komplexer Bauabläufe für eine visuelle Plausibilitätsprüfung und die schnelle Information Beteiligter und Betroffener oder auch eine teilautomatisierte Kostenermittlung für die wesentlichen Positionen. Dies bedarf gleichzeitig aber einer im Vergleich zur konventionellen Planung in frühen Phasen größeren Planungstiefe und eines größeren Abstimmungs- sowie Planungsaufwands.

Fazit – Rückblick und Vorschau

Die BIM-Methodik hat in den vergangenen Jahren – unterstützt durch den BMVI-Stufenplan – in viele Infrastrukturprojekte Einzug gehalten, ist mittlerweile dem Pilotcharakter entwachsen und wird aktuell bei Großprojekten wie der neuen U-Bahn-Linie U5 in Hamburg konsequent in der Planung angewandt. Der Fokus liegt dabei nicht nur auf einer modellbasierten Planung von Bauwerken, sondern übergeordnet auf dem Informationsmanagement auf Basis digitaler Zwillinge.

Die teils unterschiedlichen Ziele von Bauherrin und Planer – Bauwerksinformationsmodelle, die den Lebenszyklus begleiten, auf der einen Seite gegenüber Planungs- und Koordinationswerkzeugen auf der anderen Seite, die einen möglichst transparenten und effizienten Planungsprozess ermöglichen – lassen sich dabei ohne große Widersprüche vereinen.

Die Vorplanung befindet sich für die ersten Abschnitte der U5 Mitte zwischenzeitlich auf der Zielgeraden. Während die Vorplanung in Teilen noch von parallelen Planungen „konventio-

nell“ und „BIM“ gezeichnet war, strebt die Hochbahn AG an, mit den ab 2021 folgenden Entwurfsplanungen der U5 Mitte ausschließlich Planungen auf BIM-Basis zuzulassen. ■

Autoren

Dipl.-Ing. Uwe Labinsky

Hamburger Hochbahn AG
Bereich U-Bahn Neubau U5,
Stabsstellenleiter Koordination/Sonderthemen

Dr.-Ing. Gerhard Zehetmaier

Geschäftsführender Gesellschafter
WTM Engineers, Hamburg
Stellv. Gesamtprojektleiter Ingenieurgesellschaft U5 Mitte

Dipl.-Ing. Andreas Wuttig

Geschäftsleitung Schüßler Plan, Düsseldorf
Gesamtprojektleiter Ingenieurgesellschaft U5 Mitte

Literatur

www.schneller-durch-hamburg.de

Brodehl, R.; Uphoff, K.: Eine neue U-Bahn für Hamburg: Fachübergreifende Planung und deren Umsetzung zur Realisierung einer zukunftsorientierten Mobilität in einer wachsenden Metropole. In: STUVA (Hrsg.): Forschung + Praxis: STUVA-Tagung 2019, S.325–331.

Wuttig, A.; Zehetmaier, G.; Mück, R.; Zingsheim, W.: Die neue U5 in Hamburg: Planung in einem bestehenden urbanen Umfeld unter Berücksichtigung von Bebauung, laufendem U-Bahn-Betrieb und Oberflächenverkehr. In: STUVA (Hrsg.): Forschung + Praxis: STUVA-Tagung 2019, S.332–337.

Bach, A.; Opitz, D.; Schluckebier, N.: Bestandserfassung, teilautomatisierte Datenintegration und Interpretation von BIM beim Projekt U5 Mitte in Hamburg. In: STUVA (Hrsg.): Forschung + Praxis: STUVA-Tagung 2019, S.370–375.

Projektbeteiligte

Bauherrin

Hamburger Hochbahn AG

Generalplanung

Ingenieurgesellschaft U5 Mitte (IGU5M) mit
Schüssler Plan Ingenieurgesellschaft mbH, Düsseldorf,
WTM Engineers GmbH, Hamburg,
ISP Ziviltechniker GmbH, Wien