Digitale Baugrundmodelle: BIM in der Geotechnik

Erfahrungen und Ableitungen aus dem Projekt Ausbaustrecke Emmerich – Oberhausen (ABS 46/2), einem BIM-Piloten der Deutschen Bahn

ILJA PRINZ

Für die meisten Bauvorhaben sind Baugrundkenntnisse signifikant wichtige Ausgangsinformationen. Sie entscheiden über Risiken, Machbarkeit und nicht zuletzt über das notwendige Budget. Umso wichtiger ist es, dass diese Informationen von Beginn an digital erfasst werden und den Fachplanern im richtigen Format zur Verfügung stehen. In Anbetracht der Vielzahl möglicher Anwendungsfällen für BIM-Baugrundmodelle (BIM, Building Information Modeling) wie zum Beispiel: Baugrubenplanung, Modelle für Tunnel-, Bahn- und Straßenstrecken, Deiche, Schleusen usw. sowie der Tatsache, dass sich mittlerweile nicht mehr die Frage stellt, ob BIM im Bauwesen Einzug hält, sondern mit welchen Folgen und Anforderungen an die Planer, ist die (BIM-)Kompatibilität des Baugrunds mit den anderen Fachmodellen eine Notwendigkeit. Nachfolgend werden beispielhaft Erfahrungen aus einem BIM-Piloten der Deutschen Bahn – der ABS 46/2 – dargestellt.

Projektbeschreibung

„Die rund 73 Kilometer lange Strecke Emmerich – Oberhausen ist ein Teilstück des wichtigen europäischen Güterverkehrskorridors von Rotterdam nach Genua. In direktem Anschluss an die Betuwe-Linie stellt sie die Verbindung zwischen den niederländischen Nordseehäfen und dem westlichen Ruhrgebiet her. Zugleich ist sie Teil des Transeuropäischen Verkehrsnetzes und verbindet im Nahverkehr den nördlichen Niederrhein mit den Großstädten der Rheinschiene und des Ruhrgebiets. Durch den stetig wachsenden Güter- und Personenverkehr hat die zweigleisige Strecke ihre Leistungsgrenze erreicht. Ziel des durchgehenden dreigleisigen Ausbaus ist es, die Streckenkapazität zu erweitern und die betrieblichen Abläufe zu optimieren.“ [1] (Abb. 1).

Die DB Netz AG hat mit der Durchführung mehrerer BIM-Pilotprojekte, u.a. auch im oben beschriebenen, vor, die Entwicklung der Planung mit der BIM-Methodik in Deutschland zu untersuchen und zu fördern. Im Fokus stehen die generelle modellbasierte Projektabwicklung mit BIM und die anschließende Ableitung von Standards für zukünftige Vorhaben. Im Zuge

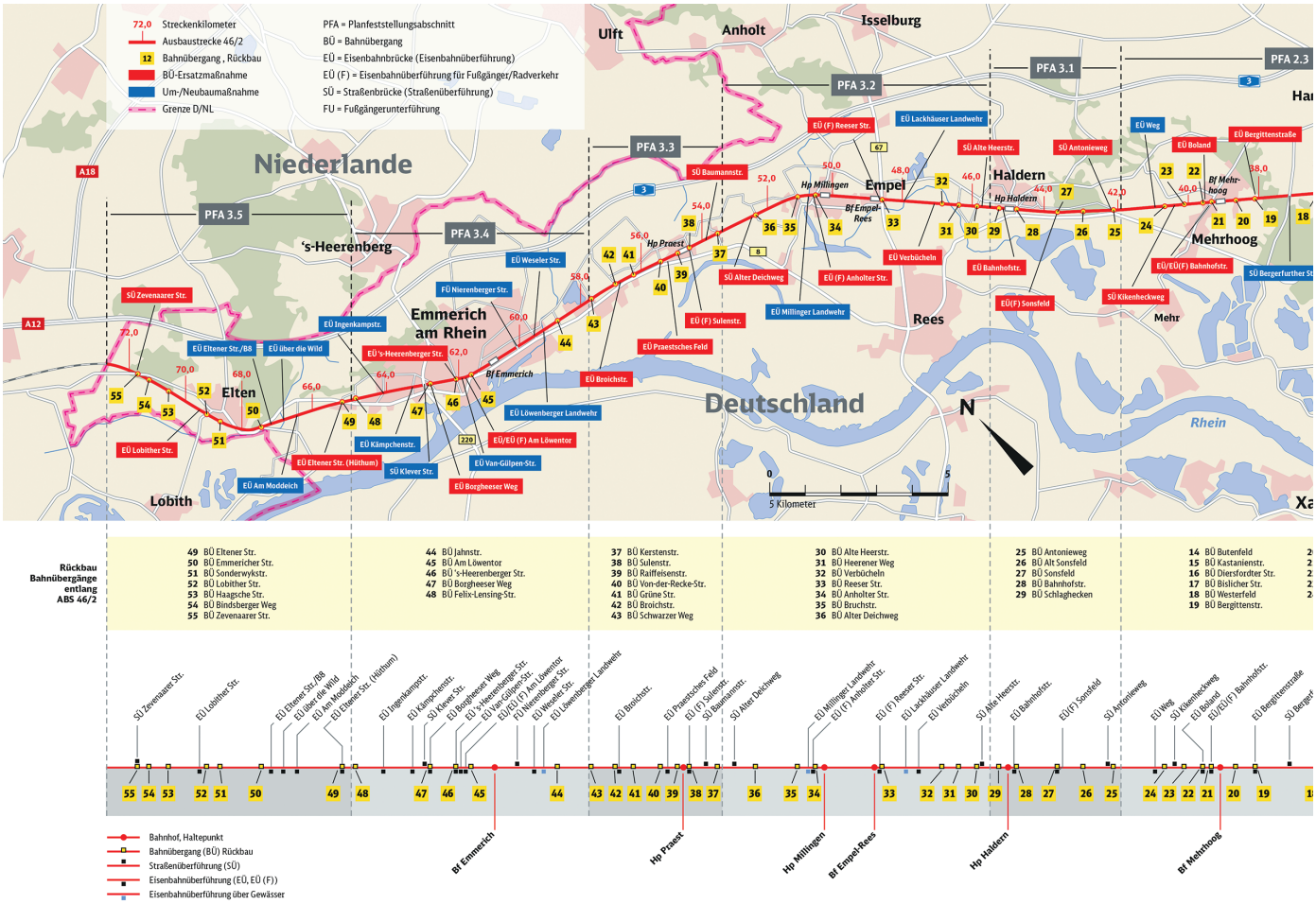


Abb. 1: Übersicht Strecke

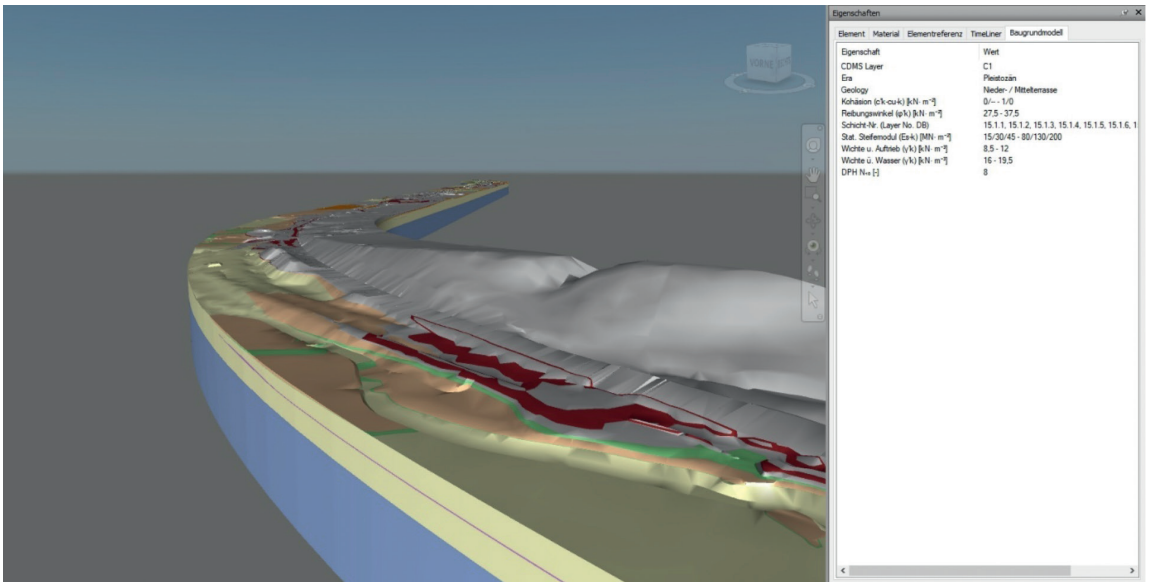


Abb. 2: Teilausschnitt des BIM-Baugrundmodells im BIM-Pilot der DB; ABS 46/2 Emmerich – Oberhausen
Quelle: CDM Smith

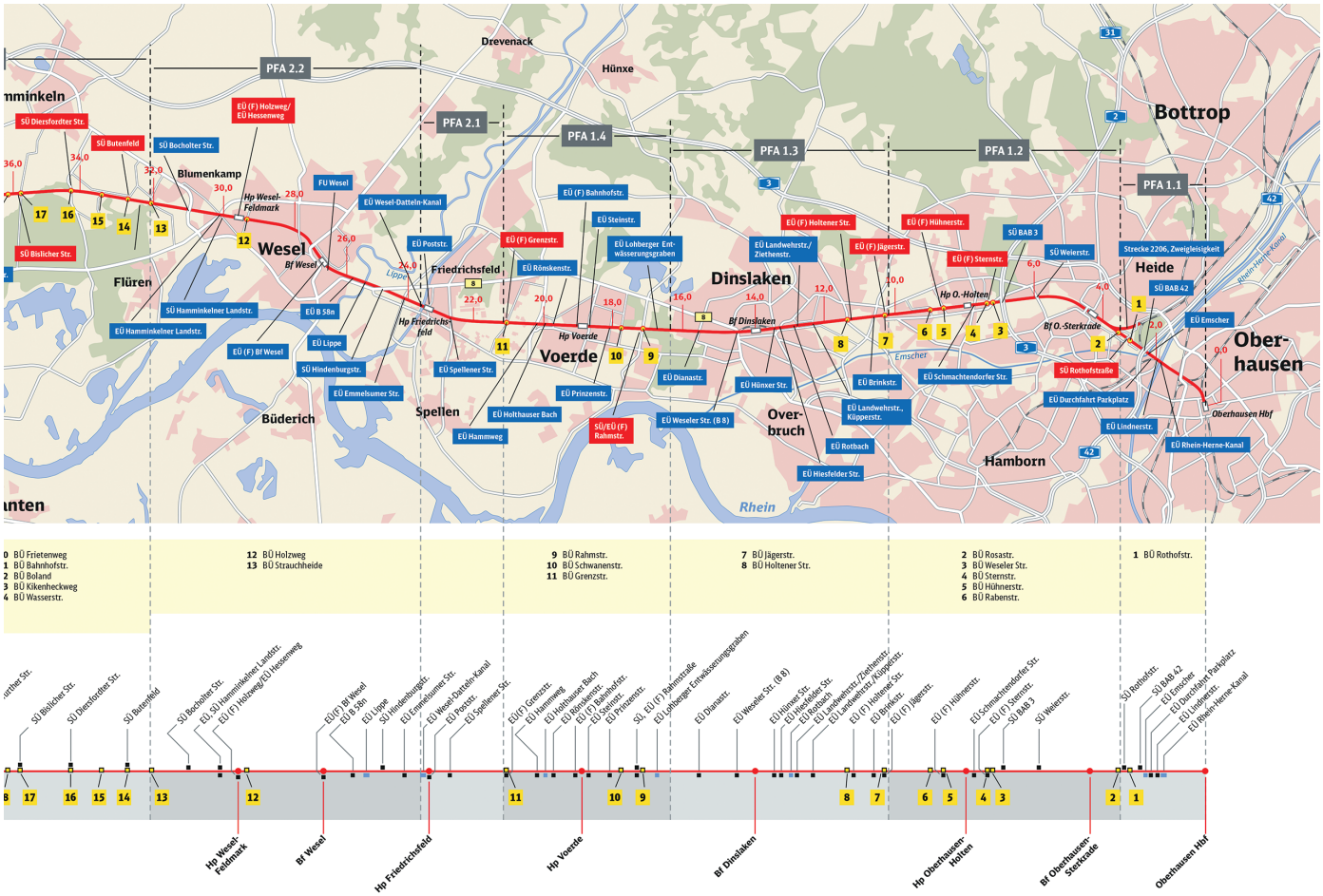
dieses Projekts wurden wir mit der Erstellung eines BIM-Baugrundmodells beauftragt. Unsere Aufgabe fokussierte sich auf die Erstellung der BIM-Fachmodelle auf Basis der vorhandenen Baugrundgutachten. Hierzu sollten diese zuerst auf Plausibilität geprüft und anschließend in ein BIM-Baugrundmodell überführt werden. Alle vorhandenen Baugrundgutachten sowie auch die Bohrprofile (ca. 1400 Stück) und Lagepläne lagen ausschließlich als PDF vor.
Eine der BIM-Vorgaben war die Übergabe der Modelle im nativen, aber auch im IFC-Format.

Herangehensweise

Aus unseren bisherigen, wenn auch nicht offiziell als BIM bezeichneten Erfahrung mit digitalen Baugrundmodellen war klar, dass im Vorfeld die Anwendungsfälle, dann die Prozesse und zuletzt die Werkzeuge definiert werden müssen.

Anwendungsfälle

Die Anwendungsfälle wurden zum Teil durch die Aufgabenstellung des Auftraggebers vor-



Quelle: DB Netz AG

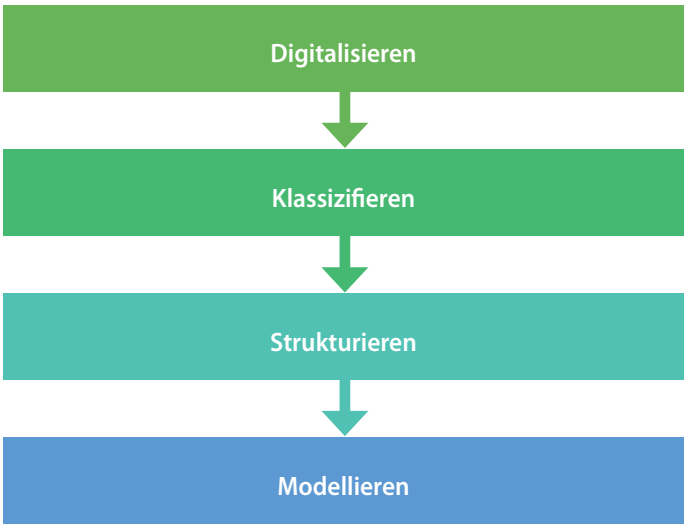


Abb. 3: Vier Hauptprozesse zur Erstellung eines Digitalen Baugrundmodells

gegeben. Hauptvorgabe war die Erstellung eines 3D-Schichtenmodells, das im gesamten Koordinationsmodell eingeladen und von dem aus Schnitte abgeleitet werden können. Wir haben diese Vorgabe durch das Hinzufügen von Metainformationen erweitert. Schichten haben neben ihrer geometrischen Information zusätzlich einen Eigenschaftssatz an Metainformationen erhalten, sodass Auskünfte über bspw. die geologischen Eigenschaften nicht nur aus dem Gutachten, sondern im Planungsprozess direkt aus dem Modell entnommen werden können (Abb. 2).

Prozesse

Löst man die Aufgabenstellung in einzelne erforderliche Projektschritte auf, so kristallisieren sich vier Hauptprozesse, wie oben dargestellt, heraus (Abb. 3).

Vorliegende Ausgangsdaten mussten zuerst in eine verwertbare digitale Form umgewandelt werden. PDF ist zwar ein nicht-analoges Format, eignet sich allerdings nur bedingt zur maschinellen Verarbeitung. Formate wie kommagetrennte ASCII-Listen, Tabellen oder Datenbanken wären wesentlich hilfreicher gewesen, um ohne großen Aufwand direkt mit dem zweiten Schritt anfangen zu können.

Bohrprofile und deren Schichten mussten klassifiziert (BK, DPH, RKS etc.) und anschließend, mit viel Sachverstand, strukturiert werden (Zusammenfassung ähnlicher / gleicher Schichten zu Schichtgruppen). Eine Modellierung auf Grundlage der Petrographie wäre höchst unübersichtlich und nicht zielführend.

Aus den aufbereiteten Daten konnten dann geometrische Informationen (Lage, Schichtaufbau) abgeleitet werden, die das Erstellen der Schichtmodelle ermöglichen (Abb. 4). Hierzu gab es zwei Vorgehen:

1. Die zuvor strukturierten Schichten bzw. Schichtgruppen wurden für die Modellierung aus der Datenbank als Punktgruppen exportiert, um diese anschließend im CAD (Computer-aided Design) als Schichtgrenzen einzuladen.
2. Die Aufschlusspunkte wurden direkt ins CAD eingeladen, um die Schichtgrenzen zuerst linear zu interpolieren und diese anschließend manuell anpassen zu können.

Letzteres ist der ursprünglichen Arbeitsweise, Erstellung von 2D-Baugrundschnitten, sehr ähnlich.

Eine weitere nicht zu unterschätzende Herausforderung war die Qualitätssicherung der zum Teil von Hand digitalisierten Daten, aber auch die Plausibilitätsprüfung der enormen Anzahl an Gutachten. Hierzu wurde im Vorfeld ein interner Prozess definiert, der übergeordnete Schritte aufzeigt (Abb. 5).

Werkzeuge

Die zentrale, wenn auch nicht neue Idee bei der Umsetzung der zuvor genannten Schritte ist die Erstellung einer dynamischen und mit der CAD- und GIS-Welt (GIS, Geoinformationssysteme) verbundenen Datenbank für die Vorhaltung und Verwaltung der Aufschlüsse. In Anbetracht der enormen Vielzahl der zu betrachtenden Bohrprofile musste die Wahl der Datenbank gut überlegt und getroffen werden. Die Entscheidung fiel auf eine SQL-Datenbank mit einer direkten Anbindung an CAD und einer indirekten an GIS. Dieses bietet den Vorteil, dass Schichten teilautomatisch erstellt werden können und bei Bedarf manuelle Anpassungen möglich sind.

Grundsätzlich lässt sich sagen, dass keine besondere als die bereits für Infrastrukturplanung und GIS bekannte Softwareanwendung erforderlich war. Als besonders wichtig hat sich der Umgang in der Datenbank mit den Entitäten und im CAD / GIS mit Punktgruppen herausgestellt.

Erfahrungen, Verbesserungsansätze und weitere Anwendungsfälle für die Geotechnik

Erfahrung: Die Rolle des Baugrundsachverständigen

Entgegen aller Vorbehalte gegen die digitale Transformation und den damit einhergehenden Befürchtungen muss hier klargestellt werden, dass der Baugrundsachverständige in der Modellierung der digitalen (BIM) Baugrundmodelle mehr denn je eine zentrale Rolle einnimmt. Seine Aufgabe kann von keiner

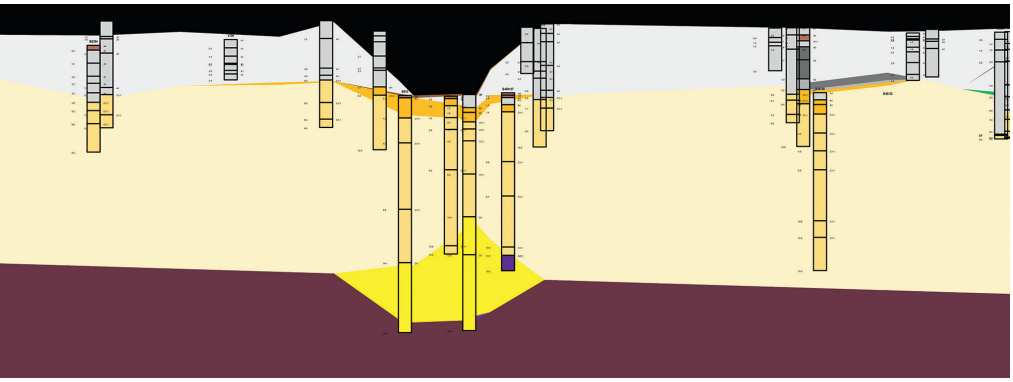


Abb. 4: Schichtmodell auf Basis der geometrischen Informationen (Lage, Schichtaufbau)

Quelle: CDM Smith

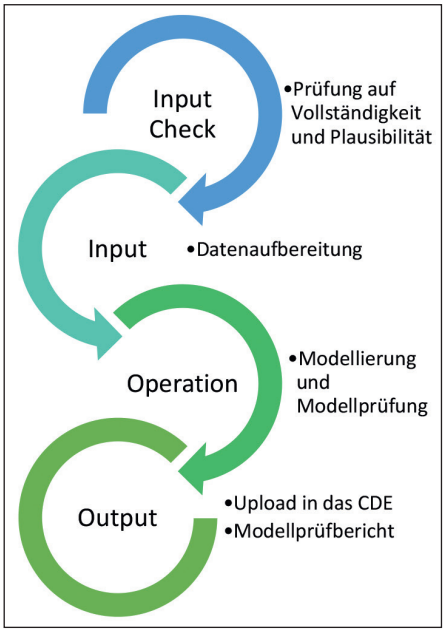


Abb. 5: Prozess der Qualitätssicherung der zum Teil von Hand digitalisierten Daten

Quelle: CDM Smith

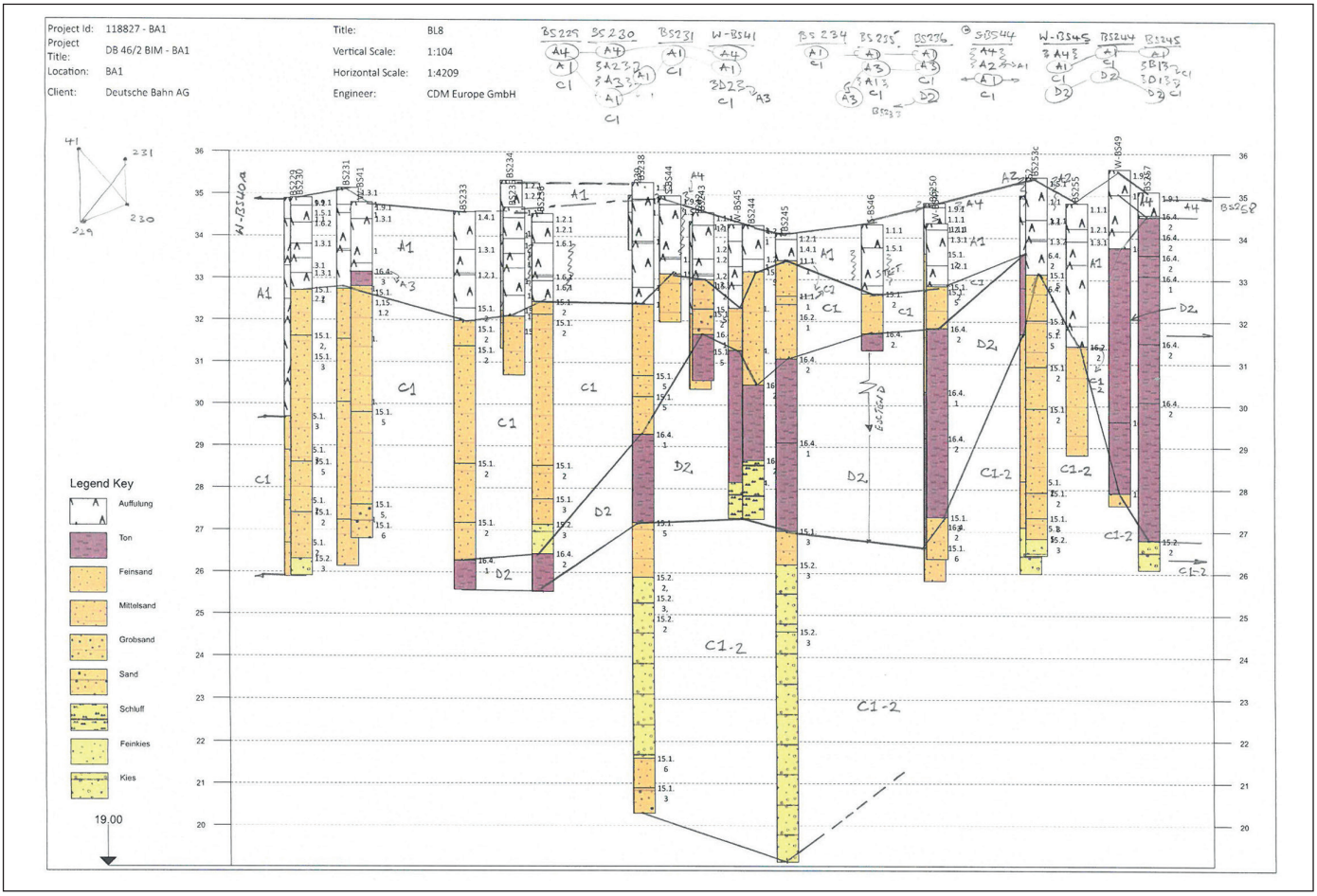


Abb. 6: Auszug aus dem Strukturierungsprozess *Quelle: CDM Smith*

Komplexe Lösungen für Bahnen

DB BIM-Messe Berlin
Wir stellen aus am 28.05.2019

Hering Bahnbau

- Gleis- und Weichenumbau
- Gleis- und Weicheninspektion, Sofortmaßnahmen
- Ingenieurbau | Verkehrsstationen
- Konstruktiver Ingenieurbau | Bahnüberführungen
- Schienengebundene Großmaschinen | Kranflotte
- MFS-Wagen mit Beladestation | Gleisbettreiniger

Hering Systeme | Verkehrsstationen

modula®e Systembahnsteige

- modula®e Bahnsteige für den Neubau
- Sanierungs- und Aufhöhungssysteme modula® light/modula® flex
- Temporäre Systembahnsteige (vermietbar)

Bahnsteigdachsysteme

- DB-zugelassene Bahnsteigdachsysteme
- Individuelle Überdachungskonstruktionen und Einhausungen

Hering Systeme | Lärmschutz

- Lärmschutz für Schiene und Straße
- Konventionelle und niedrige Lärmschutzwände
- Temporäre Lärmschutzwand SONO STOP.®

HERING® Bahnbau

Hering Bau GmbH & Co. KG | Systeme
Neuländer 1 · Holzhausen | D 57299 Burbach | Fon: +49 2736 27-218
Fax: +49 2736 27-256 | systeme@hering-bau.de | www.heringinternational.com

HERING® Systeme

Software geleistet, geschweige denn abgelöst werden. Ein fundiertes Verständnis der geologischen / geotechnischen Bedingungen ist nach wie vor sehr wichtig, insbesondere dann, wenn ein umfassendes und genaues 3D-Modell entwickelt werden soll. Eine essenzielle Erkenntnis ist, dass verwendbare Bodenmodelle nicht automatisch auf der Grundlage von Aufschlussrohdaten generiert werden können und ein sehr gutes Know-how der verschiedenen in die Datenbank importierten Datentypen notwendig ist, um die Korrelation des Modells sowohl mit der bekannten Geologie als auch mit dem Gelände sicherzustellen (Abb. 6).

Verbesserungsansatz: Level of Development (LOD)

Fehlende BIM-Standards in Bereich der Baugrundmodelle haben dazu geführt, Überlegungen bezüglich der Modellauflösung bzw. -detaillierung anzustellen. Die aus dem Hochbau entstammenden LOD-Definitionen (LOD 100 – LOD 500) richten sich stark nach den Planungsphasen und finden aus unserer Sicht nur bedingt Verwendung in der Geotechnik. In der Erstellung und Nutzung der Baugrundmodelle hat man mit einer verhältnismäßig großen Unschärfe zu tun. Diese Problematik spielt im klassischen Hochbau, mit seinen abgeschlossenen Bauteilen, nur eine geringfügige Rolle.

Um die genannte Unschärfe greifbar zu machen, ist unser Ansatz, die Auflösung der Informationen in Relation zum Modell zu setzen, um so eine Aussage über die Aktualität und Quantität der Daten in einem bestimmten Bereich tätigen zu können. Somit richtet sich die Aussage des LOD nicht nur nach der geometrischen Feinheit, sondern auch nach der relativen Vollständigkeit und Verlässlichkeit des Modells.

Verbesserungsansatz: Austauschformat für Baugrundinformationen (AGS)

Bei der Recherche nach möglichen Austauschformaten für einen softwareneutralen Austausch von Baugrundinformationen sind wir auf das in Großbritannien verwendete Dateiformat AGS (Association of Geotechnical and Geoenvironmental Specialists) gestoßen. AGS ist ein Dateiformat für den Baugrund, das dem Charakter des IFC-Formats für Bauwerke gleichkommt und insbesondere im Bereich der Geotechnik große Verwendung finden könnte.

AGS ist ein Textdateiformat (ASCII), das zur zuverlässigen Übertragung, unabhängig von Software, Hardware oder Betriebssystem, von geotechnischen oder geoökologischen Daten zwischen Unternehmen verwendet werden kann. Es bietet eine Standardmethode, um Bodenuntersuchungen, Laboruntersuchungen und Überwachungsdaten zwischen den beteiligten Parteien eines Projekts, zu übertragen.

Vereinfacht gesagt: Das AGS-Datenformat ermöglicht den nahtlosen Austausch von Daten zwischen verschiedenen Programmen, die in der Geotechnik- und Umweltindustrie eingesetzt werden.

In Ermangelung an Austauschformaten für die Geotechnik im BIM-Prozess wäre es eine Überlegung wert, AGS bezüglich der Verwendbarkeit in Deutschland auf den Prüfstand zu stellen.

Weitere BIM-Anwendungsfälle: Verknüpfung zu Berechnungssoftware

Die Grundidee von BIM ist die Datendurchgängigkeit und -verfügbarkeit frei von Medienbrüchen. Naheliegend ist daher der Wunsch, die im Modell erzeugten Daten bzw. Geometrien direkt in eine Berechnungssoftware übergeben zu können. Analog zum Hochbau spräche man hier von einem Strukturmodell und einem analytischen Modell. Die Schichtgrenzen können bspw. als 3D-Flächen im dxf exportiert und in einer Finite-Elemente-Software als Grundlage für Berechnungen eingelesen werden. Dieser Prozess ist heute schon, allerdings mit manuellem Datenimport und Export und umfangreichen Anpassungen, möglich. In naher Zukunft stehen hier hoffentlich bidirektionale Werkzeuge zur Verfügung, die neben den geometrischen auch die geologischen / geotechnischen Modelleigenschaften aus dem CAD automatisch in das Berechnungsmodell übernehmen.

Zusammenfassung und Ausblick

Abschließend lässt sich festhalten, dass BIM-Baugrundmodelle durchaus großflächig in die Planungen Einzug halten können. Zwar fehlen aktuell noch durchgehende Standards, wie bspw. Dateiformate oder entsprechende IFC-Kategorien und LOD-Definitionen, was aber die Modellierung und den Umgang mit den Modellen nicht unmöglich macht. Die Rolle des Baugrundsachverständigen wird auch in Zukunft Bestand haben; er wird sich auf den Umgang mit BIM-Baugrundmodellen einstellen müssen.

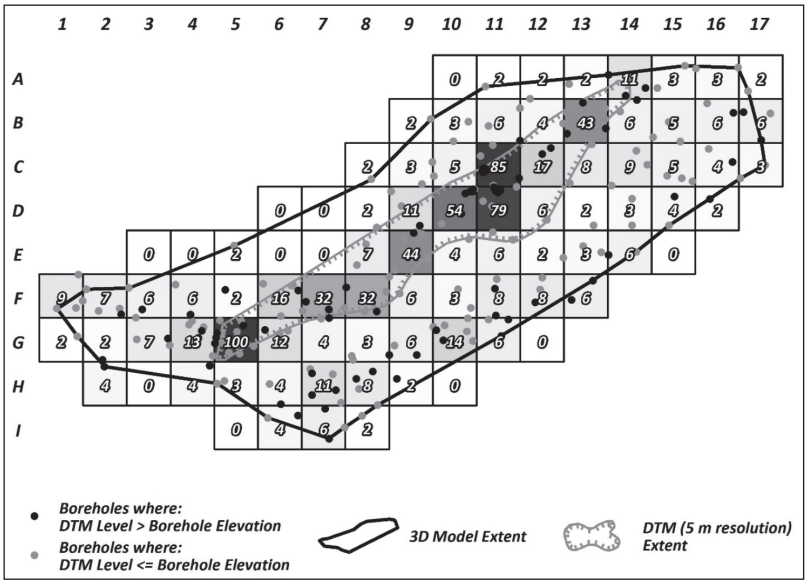
QUELLEN

[1] https://www.emmerich-oberhausen.de/kurzportrait.html, abgerufen am 28.02.2019, 20:50

Dipl.-Ing. (FH) Ilja Prinz
Bereichsleiter BIM & digitale Planung, BIM-Manager
CDM Smith Consult GmbH, Alsbach
ilja.prinz@cdmsmith.com

Ermittlung des LOD_{geo}

Zur Ermittlung des LOD_{geo} wird als Erstes der gesamte Erkundungsbereich in ein Raster aufgeteilt. Die Rastergröße kann frei gewählt werden. Anschließend ermittelt man für jedes Raster den LOD_{geo} und kann so einen Überblick über die Datenauflösung im gesamten Modell bekommen.



Der Wert 100 steht für die relativ höchste Detaillierung im gesamten Erkundungsbereich. Der LOD_{geo} berechnet sich nach folgendem Ansatz:

$$LOD_{geo} = \frac{P \cdot R}{LOD_{max}} \cdot 100$$

$$P = p_1 + p_2 \cdot f$$

$$R = \left(\Sigma_{n=1}^{\infty} A_n \cdot \frac{ResA_{min}}{ResA_n}\right) \cdot f$$

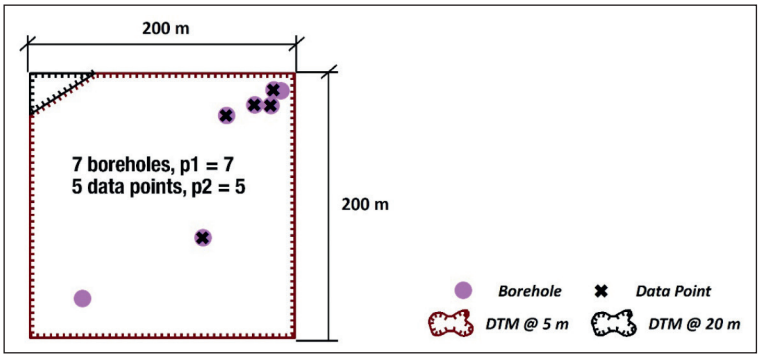
$$f = \frac{s}{\Sigma BS}$$

$$LOD_{max} = max\,(P \cdot R)$$

- Datenpunkte definiert durch die Aufschlüsse, deren Z-Ordinate nicht mit dem *aktuellen* digitalen Geländemodell (DGM) übereinstimmt. Aus dieser Gegebenheit lässt sich quantitativ ermitteln, wie viele „historische" Bohrungen vorhanden sind.
- p_1 Anzahl der Bohrpunkte
- p_2 Anzahl der Datenpunkte
- f ist die Anzahl der durch einen Datenpunkt beschriebenen Schicht s (Oberfläche DGM) im Verhältnis zu der Anzahl der Baugrundschichten BS.
- A_n ist der Flächenanteil (A_i / A_{ges}) eines Bereichs mit einer konstanten Auflösung $ResA_n$.
- $ResA_n$ ist die Auflösung des digitalen Geländemodells (Gitterweite):

$$\frac{\sqrt{Fläche\ [m^2]}}{Anzahl\ dort\ vorhandener\ Punkte}$$

Nachfolgend beispielhaft die Ermittlung des LOD_{geo} im Raster D/10 der obigen Abbildung.



$$p = p_1 + p_2 \cdot f = 7 + 5 \cdot 0{,}2 = 8$$

$$R = \left(0{,}981 \cdot \frac{5}{5} + 0{,}019 \cdot \frac{5}{20}\right) \cdot 0{,}2 = 0{,}1967$$

$$LOD_{ges} = LOD_{geo} = \frac{P \cdot R}{LOD_{max}} \cdot 100 = \frac{8 \cdot 0{,}1967}{2{,}9} \cdot 100 = 54$$

CDM Smith
listen. think. deliver.®