

# BIM im Untertagebau – BIM Anwendung für das Teilmodell „Hohlraumsicherung“ am Praxisbeispiel eines Bahntunnels

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmitt, Hochschule für angewandte Wissenschaften Darmstadt, Deutschland

Dipl.-Ing. (FH) Michael Sklorz M. Sc. und Clemens Schöppner B. Eng., Krebs+Kiefer Ingenieure GmbH, Darmstadt, Deutschland

## 1 Einführung

Der Stufenplan „Digitales Planen und Bauen“ des Bundesministeriums für Digitales und Verkehr sieht vor, dass seit 2020 alle Infrastrukturprojekte in Building Information Modeling (BIM) umgesetzt werden müssen [1]. Dahinter steht unter anderem das Ziel, die Planung und Realisierung von Projekten effizienter zu gestalten und gleichermaßen eine bessere Kostentransparenz und Termintreue zu gewährleisten. Der Einzug des BIM nimmt im Tunnelbau zunehmend Fahrt auf. Seitens der Auftraggeber, wie z. B. der DB InfraGO AG sowie des Deutschen Ausschusses für Unterirdisches Bauen e. V. (DAUB), wurden diesbezüglich diverse Anforderungen formuliert und entsprechende Empfehlungen herausgegeben [2 bis 7].

Im Laufe der Planungsphasen eines Projekts wird das BIM-Modell von Phase zu Phase stets weiterentwickelt und mit immer mehr Details angereichert. Der Detaillierungsgrad wird dabei durch die LOG-Stufen (Level of Geometry) 100 bis 400 definiert. Im Rahmen einer Projektstudie wurde die Anwendbarkeit der LOG-Stufen bei der Modellierung der Hohlraumsicherung eines Tunnels untersucht (**Bild 1**). Dabei wurden zum einen die Hohlraumsicherung des Tunnels in allen LOG-Stufen im Detail modelliert sowie zum anderen eine Bauteilbibliothek für diverse Sicherungsmittel in den unterschiedlichen LOGs erarbeitet.

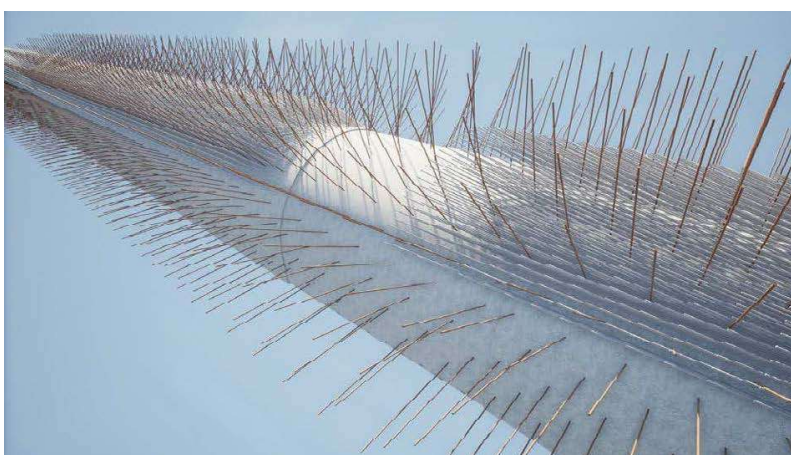
## 2 BIM im Untertagebau

Durch BIM soll die Effizienz im Untertagebau gesteigert werden. Besonders im Tunnelbau wird eine hohe Genauigkeit und durchdachte Abstimmung zwischen den einzelnen Bauteilen sowie Fachmodellen benötigt. Hier kann BIM z. B. dazu beitragen, eventuelle Kollisionen frühzeitig zu erkennen und bereits in der Planung am Modell und nicht erst in der Bauausführung zu korrigieren. Insgesamt kann BIM so zur Optimierung des Planungs-, Ausführungs- und Betriebsprozesses beitragen.

Unter BIM wird die Verwendung von intelligenten 3D-Modellen für die Planung, Koordination und Ausführung verstanden. Aufgrund der Größe vieler Bauwerke im Untertagebau verändern sich jedoch auch die Anforderungen beziehungsweise die Herangehensweisen solcher BIM-Projekte. Da viele Softwareanwendungen noch nicht für eine derartige

Der Beitrag beschreibt die praktischen Erfahrungen und Erkenntnisse, die im Rahmen einer Erstellung eines BIM-Teilmodells für die Hohlraumsicherung für ein Tunnelbauprojekt gewonnen wurden.

**Tunnelbau • Untertagebau • BIM • Fachmodell • Hohlraumsicherung • LOG • Nachhaltigkeit • Planung • Ausführung • Betrieb • Digitalisierung**



**Bild 1:** Nahaufnahme des Gesamtmodells der Hohlraumsicherung für VK 4 und VK 6

Verwendung ausgelegt sind, müssen neue Wege für die Modellierung eingeschlagen werden, um spätere Veränderungen oder Anpassungen zeiteffizient umgestalten zu können.

## 3 Empfehlungen des DAUB

Der DAUB beschäftigt sich im Bereich BIM im Tunnelbau mit Standards und Leitfäden für die standardisierte Abwicklung von Tunnelbauprojekten mit der BIM-Methode. Damit leistet der DAUB einen wichtigen Beitrag zur einheitlichen und schnelleren Implementierung von BIM im Tunnelbau. In diesem Zusammenhang wurden seit 2019 Empfehlungen zu Anforderungen rund um die Modellierung eines Tunnels in insgesamt sechs Publikationen veröffentlicht [2 bis 7].

Die Empfehlung [4] enthält z. B. auch Vorschläge für die Detailliertheit der Objekte des Tunnels in Bezug auf den Level of Geometry (LOG) und den Level of Information (LOI), die in der Projektstudie verwendet wurden. Die Empfehlung [4] zeigt eine Unterteilung in die LOG-Stufen 100 bis 400 auf – mit LOG 100 als am wenigsten und LOG 400 am stärksten detaillierter Stufe. Im Verlauf einer Planung wird das Modell immer

detaillierter. Dementsprechend kann jede LOG-Stufe in Analogie einer Leistungsphase zugeordnet werden:

- ▶ **LOG 100:** Vorentwurfsplanung
- ▶ **LOG 200:** Entwurfsplanung
- ▶ **LOG 300:** Ausführungsplanung
- ▶ **LOG 400:** Ausschreibung/Ausführung

Ebenso werden in [4] auch bildlich Vorschläge zum Detaillierungsgrad der Sicherungsmittel eines Tunnels in den unterschiedlichen Planungsphasen aufgezeigt.

## 4 Projektstudie

### 4.1 Sicherungsmittel

In der Projektstudie wurden diverse Sicherungsmittel nach den Empfehlungen des DAUB entwickelt. Als exemplarisches Modellierungsergebnis ist in den **Bildern 2 bis 4** der Ausbaubogen dargestellt. Je höher die Granularität der modellierten Objekte ist, desto größer sind die Möglichkeiten in der Detailanwendung wie z. B. der Mengenermittlung einzelner Objekte. Die Kollisionsprüfung kann mit steigendem Detaillierungsgrad ebenfalls ein genaueres Ergebnis liefern.

Bei jeder weiteren Stufe des LOG und dem damit verbundenen Detaillierungsgrad muss der Mehrwert



**Bild 2:** Ausbaubogen mit LOG 400



**Bild 3:** Detail des Ausbaubogens mit LOG 400

für den jeweils vorgesehenen Anwendungsfall hinterfragt werden. Sind z. B. die Verbindungselemente des Ausbaubogens für weitere Arbeitsschritte mit einem sehr hohen Detaillierungsgrad (**Bild 3**) erforderlich oder reicht ein LOG 300 bei der entsprechenden Anwendung aus? Dieselbe Frage stellt sich bereits beim LOG 200. Wird die ausführliche Modellierung eines 3-Gurt-Systems benötigt, da eventuell eine Kollisionsprüfung auf Detailebene z. B. mit der Systemankerung durchgeführt wird, oder reicht das stark vereinfachte LOG 200 (**Bild 4**) aus, was den Arbeitsaufwand deutlich verringert?

### 4.2 Gesamtmodell

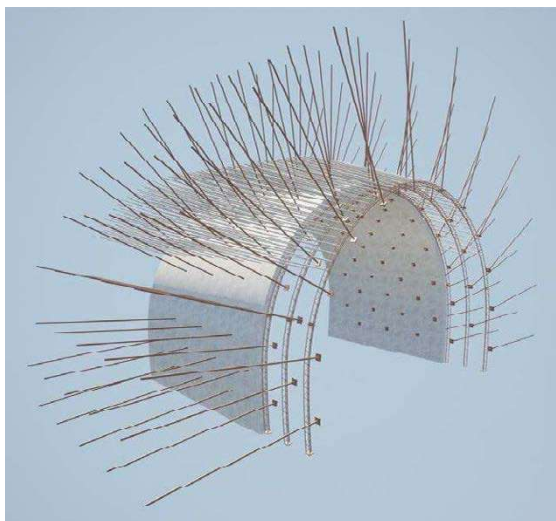
Die gesamte Modellierung in der Projektstudie zur Hohlraumsicherung basiert auf den einzelnen Sicherungsmitteln nach den Empfehlungen des DAUB. Diese wurden in unterschiedlichen Detaillierungsgraden (LOG) modelliert.

Das Ergebnis des Teilmodells ist beispielweise für die Vortriebsklasse (VK) 6 und die dabei verwendeten Parameter und Sicherungsmittel im **Bild 5** visualisiert. Zu erkennen ist, dass dieses Modell alle Sicherungsmittel für die Vortriebsklasse 6 enthält, nämlich Anker, Ausbaubögen und Spießschirm. Betrachtet man vor allem die Detailliertheit des Spießschirms und die Anzahl der Spieße, so ist erkennbar, dass bereits ein solch kleines Teilmodell viele Elemente mit einem hohen Detaillierungsgrad besitzt.

Die Modellierung eines Gesamttunnels mit unterschiedlichen Vortriebsklassen besitzt infolgedessen deutlich mehr Elemente. Wird ein 300 m langer Tunnel mit entsprechender Verteilung der Vortriebsklassen 4, 6 und 7 modelliert, so ergibt sich dementsprechend das Ergebnis, das im **Bild 6** dargestellt ist. Aufgrund des hohen LOG beinhaltet das 300 m lange Gesamtmodell ca. 8.500 Elemente. Besonders in der Nahaufnahme im **Bild 1** sind diese Details gut an den unterschiedlichen Vortriebsklassen und der großen Anzahl an Elementen zu erkennen. Dies sorgt jedoch im gleichen Zusammenhang dafür, dass eine hohe Rechenleistung des PCs benötigt wird und der Detaillierungsgrad für das Gesamtmodell zu großen Datenmengen führt, was die Performance in der Nutzung des Modells deutlich einschränkt. Zieht man nun in Betracht, dass es viele Tun-



**Bild 4:** Detail des Ausbaubogens mit LOG 200



**Bild 5:** Teilmodell der Hohlraumsicherung für VK 6

nel gibt, die deutlich länger als 300 m sind, ist schnell zu erkennen, dass sich die Modellierung eines Gesamtmodells als schwierig darstellen könnte. Aufgrund dessen empfiehlt es sich, je nach erforderlichem Anwendungsfall, ein vereinfachtes Gesamtmodell zu verwenden.

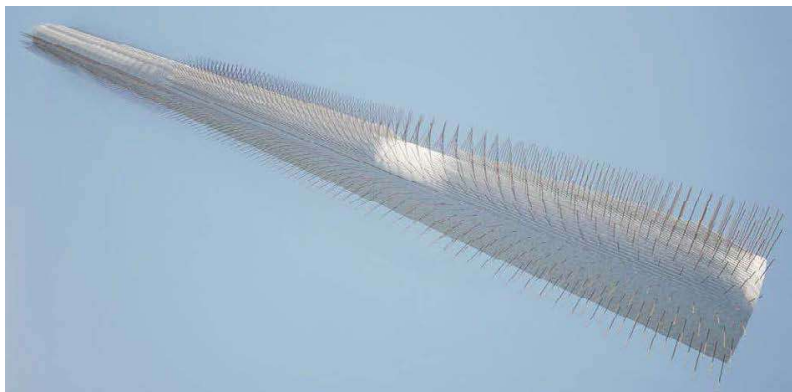
### 4.3 Vereinfachtes Gesamtmodell

Nach den Empfehlungen des DAUB wird vorgeschlagen, mit einem vereinfachten Gesamtmodell zu arbeiten, bei dem lediglich die Vortriebsklassen über den Verlauf des Tunnels modelliert werden. Hierbei erhält jede Vortriebsklasse eine andere Farbe zur visuellen Darstellung der einzelnen Vortriebsklassenbereiche. Sämtliche notwendigen Detailinformationen werden dabei mithilfe umfangreicher Attribute abgebildet. Für die Projektstudie ist das vereinfachte Gesamtmodell im **Bild 7** dargestellt. Das Handling des Fachmodells ist deutlich einfacher. Ein Nachteil des vereinfachten Gesamtmodells ist, dass keine Kollisionsprüfungen z. B. der Tunnelanker oder des Rohrschirms mit angrenzenden Objekten/Bauwerken möglich sind, da die Sicherungselemente mit ihrer räumlichen Ausdehnung nicht vorhanden sind.

## 5 Fazit

Insgesamt zeigt die Projektstudie, dass die BIM-Methode in der Anwendung im Tunnelbau ein großes Potenzial zum nachhaltigeren Planen, Bauen und Betreiben bietet. Sie unterstützt den Grundsatz „Erst digital, dann real bauen“ [1], um so einen Beitrag für das gemeinsame Ziel der unterschiedlichen Beteiligten an der Zukunftsinitiative Bahnba (ZIB) zu leisten [8]. In Abhängigkeit der unterschiedlichen LOG-Stufen können Anwendungsfälle, wie z. B. Mengenermittlung oder Kollisionsprüfung, effektiv umgesetzt werden.

Es wird aber auch sehr deutlich, dass ein derart hoher Detaillierungsgrad sehr große Datenmengen erzeugt und somit enorme Rechenkapazitäten eines PCs



**Bild 6:** Gesamtmodell der Hohlraumsicherung mit LOG 400



**Bild 7:** Vereinfachtes Gesamtmodell

# A.S.T. BOCHUM

## Armaturen - Schlauch - und Tunneltechnik





- Hochwertige Produkte und Dienstleistungen
- Für die Bauindustrie, Maschinen-, Agrar- und Kommunaltechnik
- Für Beton, Wasser und Pressluft
- Große Auswahl, schnelle Verfügbarkeit, pünktliche Lieferung, umfangreiche Garantieleistungen

- High-quality products and services
- For construction industry, machine and municipal technology/ agricultural engineering
- For concrete, water and compressed air
- Wide selection, quick availability, timely delivery, comprehensive warranty services



**NEU Katalog 3.0: Jetzt anfordern!!!**

**New Catalogue 3.0: Order now!!!**

**Tel: +49 (0) 234 5996310 - info@astbochum.de**  
**www.astbochum.de**

in Anspruch nimmt und so nicht performant auf einen gesamten Tunnel mit mehreren Kilometern Länge sinnvoll anwendbar ist. Das vereinfachte Modell bietet hier jedoch eine gute Abhilfe, da dieses zwar nicht die Elemente in ihrer geometrischen Form widerspiegelt, dafür aber alle anderen Eigenschaften in Form von Attributen besitzt. Je nach Erfordernis kann das vereinfachte Gesamtmodell in Teilbereichen mit hohem Detaillierungsgrad modelliert werden, um gezielt speziellen Anwendungsfällen gerecht zu werden.

## 6 Quellenverzeichnis

- [1] planen-bauen 4.0 - Gesellschaft zur Digitalisierung des Planens, Bauens und Betriebens mbH: Stufenplan Digitales Planen und Bauen, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI), Dezember 2015.
- [2] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. (DAUB) / Arbeitskreis „BIM im Untertagebau: Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten, BIM im Untertagebau, Stand Mai 2019.
- [3] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. (DAUB) / Arbeitskreis „BIM im Untertagebau: Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten, Modellanforderungen - Teil 1, Objektdefinition, Codierung und Merkmale, Ergänzung zur DAUB-Empfehlung BIM im Untertagebau, Stand November 2020.
- [4] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. (DAUB) / Arbeitskreis „BIM im Untertagebau: Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten, Modellanforderungen - Teil 2, Informationsmanagement, Ergänzung zur DAUB-Empfehlung BIM im Untertagebau, Stand August 2022.
- [5] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. (DAUB) / Arbeitskreis „BIM im Untertagebau: Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten, Modellanforderungen - Teil 3, Baugrundmodell, Ergänzung zur DAUB-Empfehlung BIM im Untertagebau, Stand August 2022.
- [6] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. (DAUB) / Arbeitskreis „BIM im Untertagebau: Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten, Modellanforderungen - Teil 4, Modellbasierte Leistungsverzeichnisse, Ergänzung zur DAUB-Empfehlung BIM im Untertagebau, Stand August 2022.
- [7] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e.V. (DAUB) / Arbeitskreis „BIM im Untertagebau: Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten,

Modellanforderungen - Teil 5, Vorhaltemaße und Überhöhungen, Ergänzung zur DAUB-Empfehlung BIM im Untertagebau, Stand August 2020.

- [8] DB InfraGO AG, Bundesvereinigung Mittelständischer Bauunternehmen e.V., Hauptverband der Deutschen Bauindustrie, Verband der Bahnindustrie in Deutschland, Zentralverband Deutsches Baugewerbe, Verband Beratender Ingenieure: Gemeinsame Erklärung der Zukunftsinitiative Bahnbaubau zum Grünen Bauen für die Schiene. Online:  
<https://www.deutschebahn.com/resource/blob/10507974/e674bda5b1f0d18f59b76ae7e43e1300/gemeinsame-Erklärung-ZIB-data.pdf>

### Prof. Dr.-Ing. Jürgen Schmitt

vertritt im Fachbereich Bau- und Umweltingenieurwesen an der Hochschule für angewandte Wissenschaften Darmstadt die Forschungs- und Lehrgebiete Geotechnik, Tunnelbau, CAD und Umweltgeotechnik.

**Kontakt:**  
juergen.schmitt@h-da.de



### Dipl.-Ing. (FH) Michael Sklorz M. Sc.

ist als Leitender Ingenieur und Bauvorlageberechtigter DB für die KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH, Darmstadt, im Geschäftsbereich Geotechnik tätig.

**Kontakt:**  
sklorz.michael@kuk.de



### Clemens Schöppner B. Eng.

Masterstudent an der Hochschule Darmstadt im Bereich des Konstruktiven Ingenieurbaus und Geotechnik und als Werkstudent der Geotechnik für KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH in Darmstadt tätig.

**Kontakt:**  
clemens.schoeppner@kuk.de



### KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH

Die KREBS+KIEFER Ingenieure GmbH erbringt Ingenieurleistungen für anspruchsvollste Bauprojekte. Mehr als 800 Mitarbeitende an 17 Standorten bringen ihr fachspezifisches Expertenwissen ein, um beste Lösungen für Kunden und Partner zu erzielen. Gemäß dem Firmenleitbild „DER ZUKUNFT RAUM GEBEN.“ setzt das 1950 gegründete Unternehmen auf Innovation, Vielfalt und Kompetenz als Qualifikation.

<https://www.kuk.de/>