

Leitfaden

BIM Modellierungsleitfaden für Tunnelbauprojekte

Autoren

Oleksandr Melnyk, Robert Wenighofer, Marta Mierzejek

Erstellt im Rahmen des Projekts

„Interdisziplinäres BIM-basiertes Planungs-, Bau- und Betriebsprozessmanagement im Tunnelbau“

Dokumentendatum

15.12.2023

Version

0.0.1

IMPRESSUM

Dieses Dokument ist lizenziert unter Creative Commons BY-ND 4.0

Titel des Werkes

BIM Modellierungsleitfaden für Tunnelbauprojekte

Verfasser

Oleksandr Melnyk, Robert Wenighofer, Marta Mierzejek

Erstellt im Rahmen des Projekts

„Interdisziplinäres BIM-basiertes Planungs-, Bau- und Betriebsprozessmanagement im Tunnelbau“

Projektleiter

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.mont. Robert Galler (Subsurface Engineering, Montanuniversität Leoben)

Ao.Univ.Prof. Mag.rer.soc.oec. Dr.rer.soc.oec. Christian Huemer (BIG, TU Wien)

Oleksandr Melnyk, MSc. (IBB, TU Wien)

Herausgeber

Österreichische Bautechnik Vereinigung

Bildrechte - Titelseite

Oleksandr Melnyk, 2021

Suchbegriffe

Modellierungsleitfaden, BIM, Tunnelbauprojekte, Level of Geometry, Planung

Version

0.0.1

Stand

15.12.2023

INHALT

IMPRESSUM	2
REFERENZEN	4
1 EINLEITUNG	5
1.1 LEVEL OF INFORMATION (LOI)	5
1.2 LEVEL OF GEOMETRY (LOG)	6
2 MODELLIERUNGSVORGABEN	8
2.1 UMGEBUNGSMODELLE	8
2.2 TUNNELMODELLE	9
2.3 STRASSENMODELLE UND ERDBAUMODELLE	10
2.4 ROHRLEITUNGSBAU UND KABELTIEFBAU	11
3 LOG-DEFINITIONEN FÜR TUNNELBAUPROJEKTE	12

REFERENZEN

ÖGG (2016): Richtlinie für die Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur. Österreichische Gesellschaft für Geomechanik, Salzburg
Eder N. (2022): 3D BIM Ausschreibungsmodell. Lehrstuhl für Subsurface Engineering; Montanuniversität Leoben
Niedermoser, C. (2021): BIM Abwicklungsplan Planung (BAP), A26 NBTU Hast. Waldeggstraße – Ast. Donau Süd ETAPPE 2, Tunnel Freinberg NÖT
DAUB (7/2022): Empfehlung "Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten. Modellanforderungen – Teil 2: Informationsmanagement"
Eichler, C.; Curschellas, P. (2020); BIM Regelwerk - AIA Informationsanforderungen des Auftraggebers BAP BIM – Projektentwicklungsplan
Eichler, C. (2016): BIM Leitfaden. Struktur und Funktion
Huymajer, M., et al.: IFC concepts in the execution phase of conventional tunneling projects. Tunnelling and Underground Space Technology. 2024;143. doi:10.1016/j.tust.2023.105368
Breddehorn, J.; Heinz, M.; Liebsch, P.; Sautter, H-P. (2017): LOD / LOI – Informationen zur Detaillierungs- und Informationstiefe BIM V1.02. Ein Dokument des BIM-Praxisleitfadens 1.0

BIM Standards

ÖNORM A 6241-2:2015 Digitale Bauwerksdokumentation - Teil 2: Building Information Modeling (BIM) - Level 3-iBIM
ÖNORM B 2203-1 Untertagebauarbeiten - Werkvertragsnorm - Teil 1: Zyklischer Vortrieb
ÖBV: BIM in der Praxis – AIA BIM_InDerPraxis_RL, März 2019
ISO 29481-1:2016 Bauwerks-Informations-Modelle - Informations-Lieferungs-Handbuch - Teil 1: Methodik und Format
ISO 16739:2017 Industry Foundation Classes (IFC) für den Datenaustausch in der Bauwirtschaft und im Anlagenmanagement
PAS 1192-2:2013 Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling
ASFINAG RL 035: Richtlinie zur Technischen Bestandsdatenverwaltung V3.00
Siemens BIM@SRE Standard Version 2
ÖNORM EN 16310:2013 Ingenieurdienstleistungen — Terminologie zur Beschreibung von Ingenieurdienstleistungen für Gebäude, Infrastruktur und Industrieanlagen
ÖNORM EN ISO 19650-1:2019: Organisation von Daten zu Bauwerken – Informationsmanagement mit BIM, Teil 1: Konzepte und Grundsätze
ÖNORM EN ISO 19650-2:2019: Organisation und Digitalisierung von Information zu Bauwerken und Ingenieurleistungen, einschließlich Bauwerksinformationsmodellierung (BIM) – Informationsmanagement mit BIM, Teil 2: Planungs- Bau- und Inbetriebnahmephase

1 EINLEITUNG

Die erfolgreiche Umsetzung von Building Information Modeling (BIM) im Tunnelbau erfordert präzise Leitfäden für die Modellierung, die den spezifischen Anforderungen dieses komplexen Bauprojekttyps gerecht werden. Zwei entscheidende Faktoren, die die Qualität und den Informationsgehalt von BIM-Modellen im Tunnelbau beeinflussen, sind der Level of Information (LoI) und der Level of Geometry (LoG). Der LoI gibt Auskunft über die Informationsdichte von Objekten im Gebäudemodell, während der LoG die geometrische Modellierungsgenauigkeit der Bauteile beschreibt. Diese Modelle werden im Laufe des Projekts sukzessive verfeinert und müssen den spezifischen Anforderungen jedes Projekts entsprechen. Der Modellierungsleitfaden legt die Anwendungsfälle für den LoI dar, wobei verschiedene Stufen (LoI 100 bis LoI 500) definiert werden, die den Informationsumfang für verschiedene Phasen des Projekts festlegen. Zusätzlich werden die Definitionen für den LoG im Tunnelbau erläutert, wobei die Genauigkeit der geometrischen Modellierung für verschiedene Bauteile und Phasen festgelegt wird (LoG 100 bis LoG 500).

Um eine effiziente und standardisierte Umsetzung von BIM im Tunnelbau zu gewährleisten, werden in diesem Modellierungsleitfaden auch Umgebungsmodelle, Tunnelmodelle, Straßenmodelle, Erdbaumodelle sowie Rohrleitungsbau und Kabeltiefbau detailliert beschrieben. Jeder Abschnitt definiert die Anforderungen für die verschiedenen LoG-Stufen und bietet somit einen klaren Rahmen für die Modellierung in unterschiedlichen Phasen des Tunnelbauprojekts. Diese detaillierten Modellierungsleitfäden, in Verbindung mit den definierten LoI- und LoG-Stufen, tragen dazu bei, eine konsistente und informationsreiche BIM-Modellierung im Tunnelbau zu gewährleisten. Durch die Berücksichtigung der spezifischen Anforderungen jedes Projekts wird eine präzise und effiziente Implementierung von BIM ermöglicht, um die Planung, Ausführung und den Betrieb von Tunnelinfrastrukturen zu optimieren.

1.1 Level of Information (LoI)

Der Level of Information (LoI) gibt genaue Auskunft über die erforderliche Spezifikation der mit der Projektphase verbundenen Komponenten. LoI beschreibt die Ebene der im Gebäudemodell erfassten Objektinformationen. Diese Genauigkeit verbessert sich in der Regel im Laufe des Projekts weiter. Der LoI beschreibt die Informationsdichte der Komponente und kann aus alphanumerischen Zeichen oder zusätzlichen Dokumenten bestehen. Die Zuordnung der zu verwendenden LoI ist hinsichtlich Datadrops und Inhalt gemäß Modellelementmatrix geregelt. Die zukünftige Standardisierung wird folgende Herausforderungen mit sich bringen:

LoI 100

Das Modell enthält alle Informationen zur Ableitung der erforderlichen Kennzahlen sowie Informationen zur Vorplanung

LoI 200 (aufbauend auf LoI 100)

Das Modell enthält alle Informationen, einschließlich Informationen zur Klassifizierung, Baugenehmigung und Fertigstellung des Gestaltungsplans, um die erforderlichen Kennzahlen abzuleiten.

LoI 300 (aufbauend auf LoI 200)

Das Modell enthält alle Informationen zur Ableitung der notwendigen Kennzahlen und die Informationen zur Vervollständigung des Ausschreibungsplans.

LoI 400 (aufbauend auf LoI 300)

Basierend auf LoI 300 enthält das Modell alle Informationen, um die erforderlichen Kennzahlen abzuleiten und den Umsetzungsplan zu vervollständigen.

LoI 500 (aufbauend auf LoI 400)

Alle Komponenten sind jedoch, wie beim LOI 400 mit den für die Übergabe an die Kollaborationsplattform notwendigen Informationen aufbereitet, ergänzt um Informationen aus der Bauausführung. Informationen „Documents“ beschreiben die Verlinkung zu Dokumenten wie Wartungsanweisungen, Pläne, etc. Die „Attributes“ beschreiben spezifische Eigenschaften z.B. Gewicht und die „Contact“ stellt die Kontaktinformationen für den Betrieb dar.

Die Abbildung 1 zeigt ein Beispiel für die geometrische Darstellung inklusive der Attribute eines Tunnelmodells.

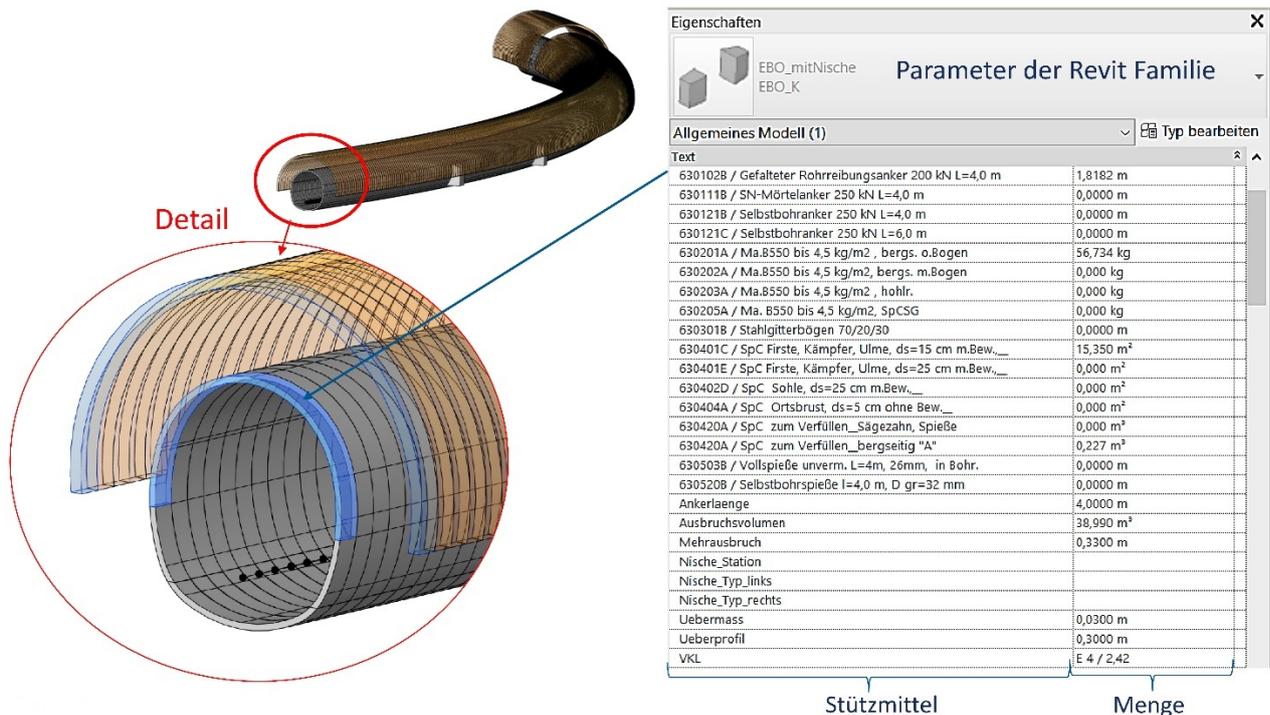


Abbildung 1: Geometrisches Modell & Attribute¹

1.2 Level of Geometry (LoG)

Das Level of Geometry (LoG) gibt genaue Auskunft über die erforderliche geometrische Modellierungsgenauigkeit der beteiligten Bauteile in der Projektphase. Im weiteren Projektverlauf wird die geometrische Granularität und Genauigkeit sukzessive gesteigert. Die folgende Definition zeigt die Mindestinhalte des 3D-Modells. Folgend dem AIA sind folgende Levels of Geometry für das Tunnelprojekt relevant:

LoG 100

Das Modell enthält Bauteile zur Ableitung der geforderten Kennzahlen. Die Bauteile und deren zugehörige, ungefähre Größen, Geometrien, Orientierungen und Beabstandung werden angezeigt. Ein Massenmodell repräsentiert das gesamte Gebäudevolumen. Die Modellierung der technischen Gebäudeausrüstung umfasst Komponenten mit flexiblen Komponentenpositionen und -abmessungen. Zu Visualisierungszwecken werden Annahmen über noch nicht definierte Komponenten als Volumenkörper dargestellt.

LoG 200 (aufbauend auf LoG 100)

Die Modelle enthalten Bauteilen für die Anordnung und Spezifikation der wesentlichen Systeme zur

¹ Eder N. 3D BIM Ausschreibungsmodell. Masterarbeit. Lehrstuhl für Subsurface Engineering; Februar 2022. Dezember 2023 - CC BY-ND 4.0 - ÖBV - Österreichische Bautechnik Vereinigung

Ableitung von hinreichend genauen Kennwerten zur Baugenehmigung und Übergabe in die Ausführungsplanung. Die Bauteile werden mit eindeutiger Klassifizierung, Bezeichnung und definierter Geometrie, vorgesehener Verortung, Form, Orientierung und den geforderten nicht grafischen Informationen dargestellt. Zusätzlich können die wesentlichen Bauteile gruppiert und bemessen werden. Alle Bauteile werden typenspezifisch aufgeteilt (z.B. nach Materialien, Stärken, Aufbau, etc.). Die Gestaltung und Ausrichtung sind noch flexibel. Die Ausführung des konstruktiven Aufbaus wird mit hinreichend genauer Geometrie der Bauteile dargestellt. Hauptkomponenten, Systembauteile (z.B. Türen) werden als einfache Komponenten modelliert. Die geplanten äußeren Abmessungen sind festzulegen. Lichtraum- und Toleranzraum sind modelliert.

LoG 300 (aufbauend auf LoG 200)

Das Modell enthält detaillierte Komponenten zur Ableitung von Handelsanpassungen und Allokationen sowie reale Parameter. Die Modellierung umfasst spezifische Größen und Positionen von Komponenten, die mit der tatsächlichen Größe, Form, Ausrichtung und zusätzlichen phasenbezogenen Details modelliert werden. Alle Flächen sind im Modell enthalten. Arbeitsraum und Lichtraum sind modelliert. Komponenten der technischen Gebäudeausrüstung werden nach Gewerken eingeteilt.

LoG 400 (aufbauend auf LoG 300)

Die Modelle enthalten detaillierte Bauteile, für die Ausschreibung, Ausschreibung, Werk- und Montageplanung, zur Fertigung, sowie zur Ableitung von Kennwerten. Das Modell enthält detaillierte Komponenten zur Arbeits- und Montageplanung, Fertigung und Ableitung von Kennwerten. Baugruppenkomponenten umfassen präzise Formen, Ausrichtungen und Positionen wie Komponentenverbindungen, Halterungen, Befestigungselemente und eingebaute Teile. Zusätzliche Informationen zu Details, Herstellung, Montage und Installation werden präsentiert. Dem Teil werden auch nicht-grafische Informationen hinzugefügt. Die Modellierung umfasst einen Arbeitsbereich für die tatsächliche Geometrie, Abstände/Spalte, alle Klammern, Anker, Stützen, Einbettungen und zusätzliche Komponenten des Modells, die für die Herstellung und Montage vor Ort erforderlich sind.

LoG 500 (ebenfalls aufbauend auf LoG 300)

Das Modell enthält alle Komponenten wie das Log 300, jedoch "wie beschrieben" und in tatsächlich montierter Form und Position. Das Modell passt sich dem aktuellen Zustand des Bauwerkes an. Ein Bauteil ist eine überprüfbare Darstellung der Einbauten in Größe, Aussehen, Position, Menge und Ausrichtung.

2 MODELLIERUNGSVORGABEN

2.1 Umgebungsmodelle

LoG 100

Beschreibt die Darstellung als Volumenkörper zu Visualisierungszwecken und Ableitung von Kennwerten.

LoG 200 (aufbauend auf LoG 100)

Beschreibt die Darstellung der Bestandsbauteile mit tatsächlichen Abmessungen und Lagen, Schichten, Oberflächen und Aufbau.

LoG 300 (aufbauend auf LoG 200)

Topografie ist mit bauteilbezogenen Bruchkanten generiert, die für eine exakte Darstellung der Oberfläche benötigt werden. Weiters, gehört die Darstellung der Bauteile mit tatsächlichen äußeren Abmessungen und Lagen sowie die Spezifizierung der Bauteile hinsichtlich Materialien und Qualitäten und Festlegung des Aufbaus.

LoG 400 (aufbauend auf LoG 300)

Wie LoG 300

LoG 500 (aufbauend auf LoG 400)

Nachführung gemäß gebautem Zustand

2.2 Tunnelmodelle

LoG 100

Darstellung als Volumenkörper „Space“ entlang der Trasse des Tunnels

LoG 200 (aufbauend auf LoG 100)

Abschnittsweise Darstellung der baulichen Elemente des Regelquerschnittstyps entlang der Referenzachse ohne Berücksichtigung von Betonierabschnitten (Blockteilung).

LoG 300 (aufbauend auf LoG 200)

Darstellung typischer schnittartiger Strukturelemente entlang einer Bezugsachse. Es wird nach dem geplanten Betonierabschnitt unterteilt (Blockeinteilung).

LoG 400 (aufbauend auf LoG 300)

Darstellung typischer schnittartiger Strukturelemente entlang einer Bezugsachse. Es wird nach dem tatsächlich durchgeführten Betonierabschnitt unterteilt (Blockeinteilung). Wie beim OGC CityGML 2.0-Verfahren werden die in diesen Phasen erstellten Modelle im Laufe des Projekts aktuell gehalten. Denn unterschiedliche LoGs eignen sich für unterschiedliche BIM-Anwendungen. Die folgende Darstellung (siehe) bietet einen Überblick über die Komponentenanforderungen und zugehörige Details. Abbildungen erheben keinen Anspruch auf Vollständigkeit hinsichtlich Leistung und Lieferumfang.

LoG 500 (aufbauend auf LoG 400)

Die Abbildung 2 zeigt ein Beispiel für die geometrische Darstellung der Tunnelmodelle.

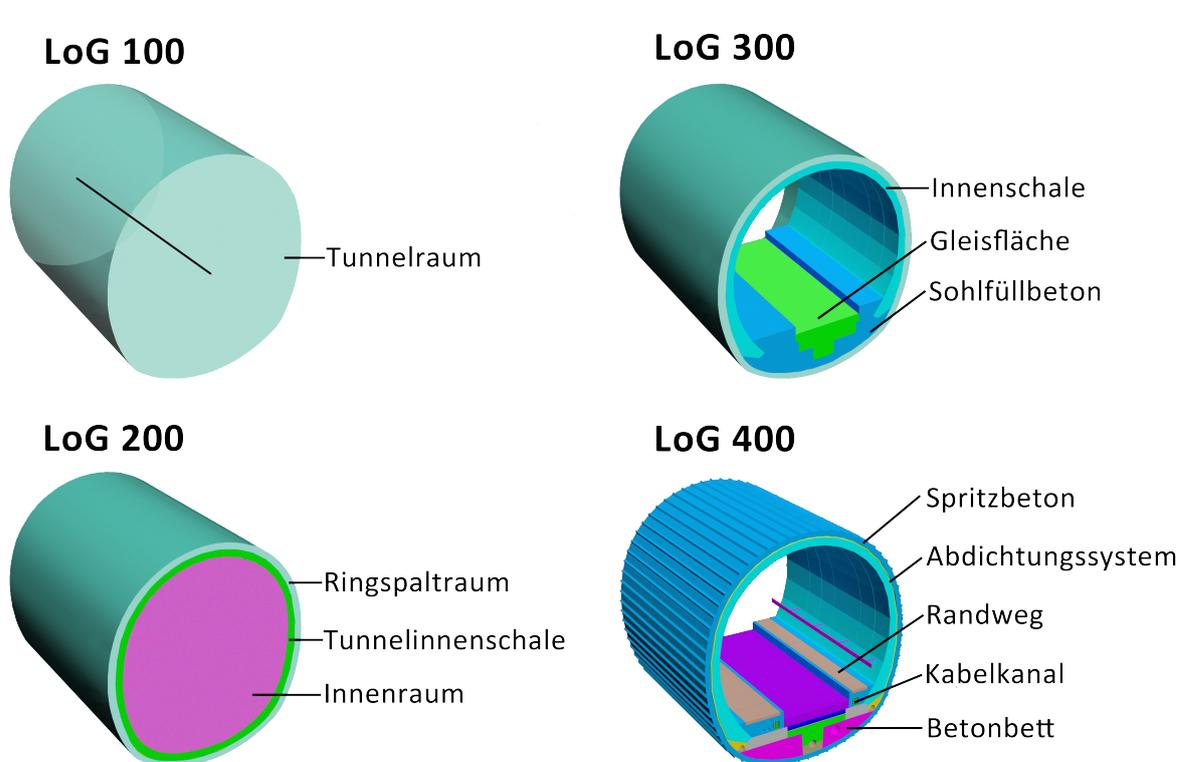


Abbildung 2: LoG für Tunnelmodelle mit LoG 100, LoG 200, LoG 300 und LoG 400

2.3 Straßenmodelle und Erdbaumodelle

LoG 100

Darstellung der Trasse mit einfachem Straßenkörper, Verschneidungen (Straßenböschungen) und Baugruben

LoG 200 (aufbauend auf LoG 100)

Darstellung der Trasse mit einfachem Straßenkörper, Straßenausrüstung, Markierung und Verschneidungen

LoG 300 (aufbauend auf LoG 200)

Darstellung der Trasse mit detailliertem Straßenkörper, Straßenausrüstung, Markierung, Verschneidungen und Baugruben

LoG 400 (aufbauend auf LoG 300)

Wie LoG 300

LoG 500 (aufbauend auf LoG 400)

Nachführung gemäß gebautem Zustand

2.4 Rohrleitungsbau und Kabeltiefbau

LoG 100

Darstellung von wesentlichen Trassen und Bauteilen (Schächte, Schaltschränke, etc.) mit hinreichend genauen Platzbedürfnissen und Lagen

LoG 200 (aufbauend auf LoG 100)

Darstellung der Trassen Bauteile mit vordimensionierten und hinreichend genauen Abmessungen und Lagen.

LoG 300 (aufbauend auf LoG 200)

Darstellung der Bauteile mit tatsächlichen äußeren Abmessungen und Lagen:

- Darstellung von Rohrverbindungen bzw. deren notwendige Räume (Spaces);
- von Dämmungen, Bekleidungen und Abschottungen;
- von Installationszonen, Wartungs- und Revisionsflächen;
- Leerrohren, Abläufen und Kleininstallationen.

Festlegung und Darstellung von Materialien und Qualitäten

LoG 400 (aufbauend auf LoG 300)

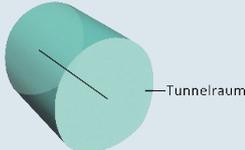
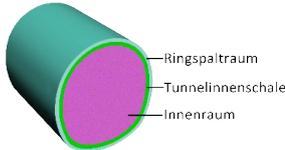
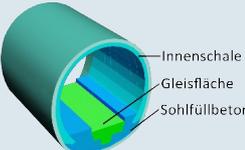
Wie LoG 300

LoG 500 (aufbauend auf LoG 400)

Nachführung gemäß gebautem Zustand

3 LOG-DEFINITIONEN FÜR TUNNELBAUPROJEKTE

Der LOG beschreibt den geometrischen Informationsgrad eines Elementes in Abhängigkeit der verwendeten Elementklasse. Die unten angeführten Beispiele der LoG Definitionen stammen aus dem Dokument der DAUB - Modellanforderungen – Teil 2 sowie aus der ÖGG Richtlinie für die Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur.

Level of Geometry (LoG)	Beschreibung der Phasen eines Projektablaufes ²		
LoG-100	Projektstartphase	Konzeptionelle Darstellung der Tunnelröhre als Bauwerk in Form einer idealisierten Schale. Der äußere Rand des Bauwerks beschreibt die theoretische Vortriebslinie.	
LoG-200	Projektentwicklungsphase - Vorprojektphase	Darstellung der Baugrube, der Außenschale und der Innenschale als getrennte Modellelemente (entsprechend dem Planungsstand). Räumliche Darstellung der Sicherungsmittel durch eine Ummantelung. Getrennte Darstellung der Erweiterungsflächen, wie z.B. Abrissbucht oder 3-streifiger Ausbau. Modellierung des Innenraumes inklusive Schulter und Füllbeton als separates Ummüllungselement; Abzugskörper für Leitungstrassen.	
LoG-300	Genehmigungsphase	Abbildung mit genauen Abmessungen, Materialien und Lage. Aushubkörper und Außenhülle durch Teilquerschnitte getrennt, dazu weitere zusätzlich erforderliche Bauteile wie Nischen, Schächte oder Pumpstationen. Darstellung der Sicherungsmittel als idealisierter Körper. Modellierung des Abdichtungssystems als separates Element. Innenschale getrennt durch Gewölbe, Sohle, Schulter, Füllbeton und Zwischendecke. Darstellung des Innenausbau (Straßen-/Gleisoberbau) getrennt von Schulter und Füllbeton durch eine Ummantelung. Modellierung der Querdurchlässe mit Innenwänden.	
LoG-400	Ausschreibungsphase - Ausführungsphase	Detaillierte und genaue Darstellung, die für die Ausschreibungs-/ Ausführungsphase erforderlich ist (Abmessungen inkl. Überhöhungen). Aushub und Außenschale aufgeteilt in Teilquerschnitte und Vorschublängen. Sicherungsmittel als Einzelobjekte. Modellierung des Abdichtungssystems aufgeteilt in die einzelnen Komponenten (Dichtungsträger, Vlies und Dichtfolie). Zuordnung der Fugenbänder zu den jeweiligen Modellelementen entsprechend der Verlegeart. Innenschale analog zu LoG 300. Getrennte Modellierung von Querschlägen mit Türen und Innenausbau (Kabelkanäle, Verdrahtung, Straßen- oder Gleisanlagen (Feste Fahrbahn oder Schotter) und Einbauteile).	

² Angelehnt an ÖGG – Richtlinie für die Kostenermittlung für Projekte der Verkehrsinfrastruktur, 2016, S. 7-8
Dezember 2023 - CC BY-ND 4.0 - ÖBV - Österreichische Bautechnik Vereinigung

Für lange Tunnelstrecken wird die Verwendung der LB-VI³ zur Ableitung verträglicher Massenzahlen empfohlen⁴. Dies kann durch die Attributierung von Elementen wie Anker, Bögen im Volumenkörper des Spritzbetons usw. erfolgen. Dies liegt daran, dass die Modellierung dieser Elemente in einem BIM-Modell aufgrund der hohen Anforderungen an Rechnerkapazität, Software und Dateigröße nicht möglich ist. Hingegen kann der Einsatz von LoG-400 in komplexen und kurzen Untertagebauwerken, wie beispielsweise Kreuzungsbauwerken im U-Bahn-Bereich oder Kavernen, praktischen Nutzen bieten. In solchen Szenarien ermöglicht die Modellierung von Ausbaubögen, Ankern, Bänderder, Bewehrung etc. in LoG-400 eine genauere Berechnung der Massen und somit eine effizientere Planung und Ausführung des Bauwerks.

Level of Geometry (LoG)	LoG-100	LoG-200	LoG-300	LoG-400
Ausbruch	Ausbruchhülle entlang der 3D-Gradiente	Ausbruchhülle entlang der 3D-Gradiente in Teilquerschnitte unterteilt	Ausbruchhülle entlang der 3D-Gradiente in Teilquerschnitte unterteilt inkl. Kalottenfußverbreiterung und Nischen	Ausbruchhülle entlang der 3D-Gradiente in Teilquerschnitte unterteilt inkl. Kalottenfußverbreiterung und Nischen mit Abschlagslängen
Schacht (rund)	Nicht verfügbar	Zylinder	Zylinder mit Wandung	Zylinder mit Wandung und Öffnungen
Ausbaubogen	Nicht verfügbar	Körper	Körper inkl. Stöße	Ausbaubögen inkl. Stöße
Rohr	Achse	Zylinder	Rohr bzw. Lanze mit Toleranzkörper	Rohr bzw. Lanze mit Toleranzkörper inkl. Verpresskörper
Rohr- bzw- Spießschirm	Nicht verfügbar	Körper	Körper in Sägezahnform	Rohre bzw. Spieße
Außenschale	Ausbruchhülle entlang der 3D-Gradiente	Außenschale entlang der 3D-Gradiente	Außenschale entlang der 3D-Gradiente in Teilquerschnitte unterteilt inkl. Kalottenfußverbreiterung und Nischen	Außenschale entlang der 3D-Gradiente in Teilquerschnitte unterteilt inkl. Kalottenfußverbreiterung und Nischen
Innenschale	Nicht verfügbar	Schale in Blockeinteilung entlang der 3D-Achse ohne Teilquerschnitte	Schale in Blockeinteilung entlang der 3D-Achse mit Teilquerschnitte inkl. Nischen, Bankette, Sohlauffüllung und Zwischendecke	Schale in Blockeinteilung entlang der 3D-Achse mit Teilquerschnitte inkl. Nischen, Bankette, Sohlauffüllung, Zwischendecke und Durchbrüche
Räume	Fläche	Nicht verfügbar	Volumenkörper	Volumenkörper
Befestigungstechnik	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Ankerschiene, Einbauteile, Dübel
Schlitzrinne	Nicht verfügbar	Körper	Körper mit Angaben zum Einlauf	Körper mit Angaben zum Einlauf und zur Unterteilung

³ FSV. Leistungsbeschreibung Verkehr und Infrastruktur FSV-VI / 006. 2015.

⁴ Eder N. 3D BIM Ausschreibungsmodell. Masterarbeit. Lehrstuhl für Subsurface Engineering; Februar 2022. Dezember 2023 - CC BY-ND 4.0 - ÖBV - Österreichische Bautechnik Vereinigung

Level of Geometry (LoG)	LoG-100	LoG-200	LoG-300	LoG-400
Abdichtungsträger	Nicht verfügbar	Körper	Körper	Körper
Vlies	Nicht verfügbar	Körper	Körper inkl. Durchdringungen und Anschlüsse	Körper inkl. Durchdringungen und Anschlüsse mit Befestigungen
Abdichtung	Nicht verfügbar	Körper	Körper inkl. Durchdringungen und Anschlüsse	Körper inkl. Durchdringungen und Anschlüsse mit Befestigungen
Anker	Nicht verfügbar	Achse mit Zylinder	Achse inkl. Stab, Hüllkörper und Toleranzkörper	Achse inkl. Stab, Hüllkörper, Ankerplatte, Ankerkopf und Verpresskörper
Spieß	Nicht verfügbar	Achse mit Zylinder	Achse inkl. Stab, Hüllkörper und Toleranzkörper	Achse inkl. Stab, Hüllkörper und Toleranzkörper
Pfahl	Achse, Punkt, Raster	Zylinder	Zylinder mit Kopf- und Pfahlfußausbildung inkl. Toleranzkörper	Zylinder mit Kopf- und Pfahlfußausbildung inkl. Toleranzkörper und Abbruchkörper
Leitung	Nicht verfügbar	Achse mit Zylinder	Achse mit Leitung und Wandung	Achse mit Leitung und Wandung, Verbindungsanschlüsse und Befestigungen
Dehnfugenband	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Hüllkörper	Profil
Fugenblech	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Profil
Banderder	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Erder	Erder inkl. Verbindungen und Details
Verfüllung	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Objekt	Objekt inkl. Durchbrüche bzw. Öffnungen
Bewehrung	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Nicht verfügbar	Bewehrung inkl. Abstandshalter und Einbauteile für Halterungen