

# Parametrisches Modellieren für Tunnel Information Modelle

Ein Vergleich von Autodesk Revit® and Bentley OpenTunnel Designer®

Hannah Salzgeber, BSc.

Betreuer/in: Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. Matthias Flora

Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau

Universität Innsbruck

[ibt@uibk.ac.at](mailto:ibt@uibk.ac.at) | [www.uibk.ac.at/ibt](http://www.uibk.ac.at/ibt)

**KURZFASSUNG:** Tunnelbauwerke zeichnen sich durch die Anordnung wiederkehrender Bauteile entlang einer Trasse aus. Die daraus resultierende langwierige und sich wiederholende Modellierungsaufgabe erfordert Automatisierung durch parametrisierte Modellierung. Ziel dieser Arbeit ist es, eine Bewertung von aktuell verwendeten Softwarelösungen für TIM vorzustellen, welche parametrische Modellierung über Softwareerweiterungen oder Programmierung implementieren.

Vollständige Arbeit: [www.uibk.ac.at/ibt/lehre/abgeschlossene-masterarbeiten/](http://www.uibk.ac.at/ibt/lehre/abgeschlossene-masterarbeiten/)

**SCHLAGWORTE:** TIM, BIM, Tunnelbau, Parametrische Modellierung, Digitalisierung

## 1 EINLEITUNG

Die Universität Innsbruck hat sich mit der Stiftungsprofessur „Tunnel Information Modeling (TIM)“ das Ziel gesetzt, einen integralen digitalen Zwilling für den Tunnelbau zu entwickeln. [1]

Ziel dieser Arbeit ist es, eine Reihe von Softwarelösungen im Hinblick auf die Automatisierung der Generierung des Tunnelstrukturmodells als Basis für den angestrebten digitalen Zwilling zu vergleichen. Anhand eines Beispielprojektes wird ein Tunnelbauwerk in ausgewählten Modellierungsprogrammen generiert und eine Gesamtvergleichstabelle erstellt, welche Stärken und Grenzen der verwendeten Lösungen aufzeigt.

## 2 SOFTWARE

Zwar werden viele Softwarelösungen häufig als BIM- oder TIM-Software bezeichnet, jedoch ist nicht genau definiert, was eine solche Software können muss. Diese Arbeit definiert eine Software als TIM-fähig, wenn sie sowohl die physikalischen als auch die intrinsischen Eigenschaften eines Bauwerks als objektorientiertes Modell darstellen kann. Darüber hinaus werden insbesondere Softwareprogramme betrachtet, die parametrisches Design als Grundlage ihres Modellierungsansatzes verwenden. Die Auswahl basierte außerdem auf der aktuellen Nutzung der Software in Pilotprojekten sowie den Marktentwicklungen ab 2022. [2,3]

Folgende Software wurde ausgewählt:

- Autodesk, Revit®
- Bentley Systems, OpenTunnel Designer®

Revit®, als bekannte Hochbausoftware, beinhaltet keine infrastruktur- oder tunnelspezifischen Funktionen. Um jedoch den Anforderungen der Infrastrukturmodellierung zu genügen, wurden deshalb Softwareerweiterungen eingesetzt. Die Auswertung umfasst daher auch die infrastrukturenspezifischen Revit®-Erweiterungen, FIDES® Infrastructure Tool (FIT) und SOFiStiK® Bridge + Infrastructure Modeller, sowie die visuelle Programmierschnittstelle Dynamo® von Autodesk.

## 3 METHODE

Die Software und ihre Erweiterungen wurden in einer Selbststudie zur Erstellung eines Tunnelstrukturmodells verglichen. Dafür wurde beispielhaft ein vereinfachtes konventionelles

Tunnelbauprojekt verwendet. Die Bewertung der Software und ihrer Arbeitsabläufe ist jedoch auch auf maschinelle Tunnelprojekte anwendbar.

Der Modellierungsprozess wurde in mehrere Kategorien unterteilt, die unabhängig vom gesamten Arbeitsablauf bewertet werden können. Zu den definierten Phasen gehören Achse, 3D-Modellierung, aufgeteilt in Tunnelblöcke und Platzierung dieser Blöcke, Attributintegration und Planableitung (siehe Abbildung 3-1). Diese Kategorisierung wurde aus der Sicht eines Modellierers definiert und unterliegt den projektspezifischen Zielen, Bedürfnissen und Lösungen. Dabei bezieht sich die Bewertung jedoch nicht rein auf die Fähigkeiten der Modellierung, sondern auch auf die Reproduzierbarkeit des Arbeitsablaufs für andere Projekte und die Flexibilität der Anpassung an unterschiedliche Anforderungen.

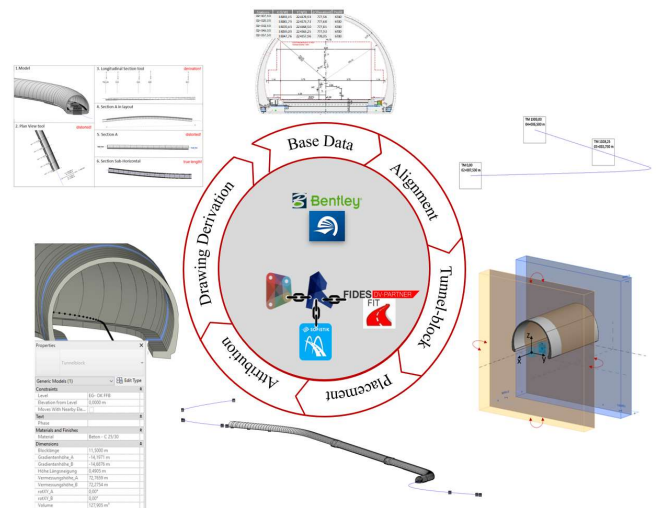


Fig. 3-1: Modellierprozess

## 4 VERGLEICH

Im Anschluss an die Modellierung und dessen Dokumentation wurde der Prozess anhand der definierten Kategorien im Detail verglichen. Zusammenfassend begünstigt Programmier-Ansatz die Flexibilität der Modellierung, während die speziell entwickelten Werkzeuge auf spezifische Funktionalitäten begrenzt sind. Eine kurze Zusammenfassung des Vergleichs und ein kleiner Auszug der signifikanten Unterschiede befinden sich auf der nächsten Seite und in der Tabelle 2-1.

#### 4.1 ACHSE

Die Trassierung ist ein grundlegender Bestandteil von TIM, da sie die Grundlage für jedes Infrastrukturprojekt bildet. Der Import von Vermessungsdaten ist hierbei ein wichtiger Aspekt bei der Erzeugung einer Achse. Bereits diese erste Aufgabe, Implementierung von Weltkoordinaten, stellt in Revit® aufgrund einer Modellierungsgrenze von 32 Kilometern eine Herausforderung dar. Je weiter Elemente vom internen Ursprung entfernt sind, desto unzuverlässiger sind erzeugte Geometrien und Abstände. Daher müssen Koordinaten in Revit® transformiert werden, während in OpenTunnel Designer® Weltkoordinaten einbezogen werden können.

#### 4.2 MODELLIERUNG UND AUTOMATISIERUNG

Die Geometrie eines Tunnelblocks wird durch Querschnitte und deren Extrusion entlang der Achse in Form einer Blockkette definiert (siehe Abbildung 1). Dabei können Länge, Winkel, andere Abmessungen und deren Randbedingungen als Parameter für jede Querschnittskomponente integriert werden. Zwei Modellieransätze können hierbei verfolgt werden: es kann ein statisches oder parametrisches 2D-Profil entlang der Achse extrudiert werden, oder ein statisches oder parametrisches 3D-Objekt in Abschnitten platziert werden. Der letztere Ansatz bietet in der Regel dynamischere Bearbeitungsmöglichkeiten. Der erste Ansatz verliert nach der Extrusion oft seine parametrischen Funktionen. Außerdem handelt es sich bei platzierten 3D-Komponenten oft um eigenständige Objekte, die einzeln bearbeitet werden können, während Extrusionen möglicherweise gruppiert werden und somit nicht mehr als Einzelobjekte bearbeitbar sind. Es gibt zwar Möglichkeiten, Profilextrusionen ohne Gruppierung zu erstellen, doch führt dieser Weg oft zu manuellen, sich wiederholenden Modellierungsaufgaben.

Ein Programmier-Ansatz ist in der Lage, erforderliche Aufgaben aufgrund der Flexibilität und Komplexität des selbst codierten Skripts zu lösen. Im Gegensatz zu den selbst codierten Funktionen bieten die über die Erweiterungen integrierten Werkzeuge eher begrenzte Modellierungslösungen jedoch einen guten schon bestehenden Modellieransatz. Abhängig von den projektspezifischen Zielen kann daher jeder der angebotenen Modellierungsansätze am besten geeignet sein.

	Bentley OTD	DYN	Revit FID	SOFT
Datentypen importieren	flex.	flex.	.xlsx	flex.
Weltkoordinaten	✓		x	
Ausrichtungswerkzeug	✓	x	✓	✓
Dynamische Stationen	✓	~	x	✓
2D-Extrusionen	✓	✓	✓	✓
3D-Objekte	x	✓	✓	✓
Flexibilität Platzierung	x	✓	✓	x
Flexibilität Attribute	x		✓	
Direkter IFC-Export	x		✓	
Automatisierungspotenzial	x	✓	x	x
Einsteiger tauglich	~	x	✓	✓
Programmierkenntnisse	x	✓	x	x

Tab. 4-1: Auszug der Vergleichsmatrix

flex\* = flexibel, ✓ = fähig/möglich, x = eingeschränkt/nicht möglich, ~ = ok

Tabelle 2-1 gibt einen Einblick über einige wichtige Ergebnisse. In der Masterarbeit selbst wird eine ausführlichere

Tabelle mit detaillierteren Angaben und Erläuterungen zu den einzelnen Punkten gegeben.

#### 5 FAZIT

OpenTunnel Designer® scheint ein großes Zukunftspotenzial als TIM-Software zu haben, aber um als wettbewerbsfähige Einzellösung verwendbar zu sein, muss die Software ihre Modellierungsfähigkeiten in Bezug auf Flexibilität, Attributverwaltung und Export verbessern. Nur in Kombination mit anderen, leistungsfähigeren Softwareentwicklungen wie iTwin® oder MicroStation® präsentiert sich die Software aktuell als leistungsfähiges TIM-Werkzeug. Die Grenzen von Revit® liegen dagegen in der Integration von Weltkoordinaten und der definierten Modellierungsgrenze. Dafür punktet die Software bei Attributverwaltung, Modellierflexibilität und Datenexport. Allerdings ist die Software nur in Kombination mit den Erweiterungen effizient einsetzbar.

Während FIDES® und SOFiSTiK® Modellierungsanfänger auf geometrischer Basis unterstützen, bietet Dynamo® nicht nur große Flexibilität für die geometrische Modellierung, sondern ebenfalls eine große Unterstützung bei der Attributverwaltung.

Da viele Variablen für die Findung der besten Software für jeweilige Aufgaben, Projekte oder das Unternehmen eine Rolle spielen, kann aktuell keine eindeutige Empfehlung für eine Software ausgesprochen werden. Der resultierende ausführliche Vergleich der Arbeit kann jedoch als Grundlage für die Auswahl einer effizienten Softwarelösung für spezifische Fälle dienen.

#### 6 AUSBLICK

Während diese Arbeit einen kleinen Einblick in und Vergleich von derzeit verwendeten Softwareprodukten und Modellierungslösungen für die Erstellung von TIM-Strukturmodellen bietet, ist TIM ein unglaublich weites Feld, das viele verschiedene Themen und Möglichkeiten mit reichlich Forschungsmöglichkeiten umfasst. Es ist demnach immer notwendig, aktuelle Entwicklungen in der Branche zu verfolgen und weitere Softwarelösungen zu testen und zu vergleichen, um einen detaillierteren Überblick über die auf dem Markt verfügbaren Lösungen zu erhalten.

Die erstellten Arbeitsabläufe (welche als Modellieranleitung im Anhang der Masterarbeit zu finden sind) und die daraus resultierenden Modelle bieten eine gute Grundlage, um weitere Themen wie z.B. Mengenabnahme, Prozesssimulationen, die Integration von Sensordaten, Datenaustausch und weitere TIM-Studien zu erforschen.

#### 7 QUELLEN

- [1] Flora et al., Optimierung des Baumanagements im Untertagebau mittels digitaler Infrastruktur-Informationsmodelle, Bautechnik Jg. 97, Nr. 11, 2020.
- [2] Gächter et al., Possible applications for a digital ground model in infrastructure construction, Geomechanics and Tunneling 14, No. 5, 2021.
- [3] Bentley Systems Incorporated, Bentley OpenTunnel Designer, accessed on February 03, 2023 from <https://www.bentley.com/software/opentunnel-designer/>