

Konzept für die prozessmodellbasierte dynamische Arbeitsvorschau im maschinellen Tunnelbau

Grundlagen zur Entwicklung eines Tools anhand des Brenner Basistunnel Bauloses H41

Hannah Werkgarner, BSc

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

Arbeitsbereich für Baumanagement, Baubetrieb und Tunnelbau

Universität Innsbruck

ibt@uibk.ac.at | www.uibk.ac.at/ibt

KURZFASSUNG: Anhand des maschinellen Vortriebs in der Haupttröhre West des Brenner Basistunnel Bauloses H41 wird ein Workflow zur Generierung einer dynamischen Arbeitsvorschau aufgezeigt. Zur Erstellung der Arbeitsvorschau wird vor Ausführungsbeginn, ausgehend von einem Prozessmodell, ermittelt, wo und wann welche Tätigkeiten auszuführen sind. Um Abweichungen im Bauablauf während der Bauausführung zu berücksichtigen, wurde eine Methode implementiert, welche eine kontinuierliche Aktualisierung der Arbeitsvorschau anhand der Daten aus der Baustellendokumentation ermöglicht. So erhält die Arbeitsvorschau eine dynamische Komponente, und deren Aussagekraft bleibt im Projektverlauf gewährleistet.

Vollständige Arbeit: www.uibk.ac.at/ibt/lehre/abgeschlossene-masterarbeiten/

SCHLAGWORTE: maschineller Tunnelbau, Arbeitsvorschau, Prozessmodellierung, Brenner Basistunnel

1 EINLEITUNG

Klassische Planungsansätze im Tunnelbau orientieren sich primär an der Nettovortriebsgeschwindigkeit und vernachlässigen oft die Integration der Logistikprozesse. Die Prozesssimulation stellt einen alternativen ganzheitlichen Planungsansatz dar, welcher die Entwicklung eines idealen Bauablaufs ermöglicht, wird jedoch bislang überwiegend im akademischen Kontext eingesetzt. [1] [2] Zur praktischen Implementierung dieses Ablaufs während der Bauausführung ist eine dynamische Arbeitsvorschau erforderlich.

Ziel dieser Masterarbeit ist somit die Entwicklung eines Konzeptes für eine dynamische Arbeitsvorschau im maschinellen Tunnelbau. Diese Vorschau soll einen Ausblick über die Dauer und die Startzeitpunkte der geplanten Tätigkeiten in einem vom Anwender definierten Projektzeitraum ermöglichen. Dadurch wird die Planung der täglichen Arbeitsvorgänge genauer und verbindlicher, was eine Erhöhung der Produktivität zur Folge haben wird. Um bei Abweichungen der Ausführung von der Planung dennoch einen realistischen Ausblick zu gewährleisten, muss die Arbeitsvorschau ständig mit den Ausführungsdaten aktualisiert werden.

2 HAUPTTEIL

Der Bearbeitung der vorliegenden Masterarbeit liegt eine Literaturrecherche mit den Schwerpunkten maschineller Tunnelbau, Prozessmanagement und Prozessmodellierung zu Grunde. Des Weiteren wurden Projektunterlagen zur Verfügung gestellt und zwei Baustellenbesuche am Brenner Basistunnel Baulos H41 „Sillschlucht - Pfons“ mit Besichtigung der Tunnelbohrmaschine mit Einfachschild in der Haupttröhre West ermöglicht.

2.1 Prozessmodell

Das Ziel der Erstellung des Prozessmodells besteht darin, die relevanten Teilprozesse (= Tätigkeiten) des Produktions- und Logistikprozesses so darzustellen, dass der ideale Ablauf der Tätigkeiten für die dynamische Arbeitsvorschau abgeleitet werden kann. Im Rahmen der Prozessanalyse werden dafür die folgenden Informationen erarbeitet, die zur Modellierung erforderlich sind:

- Zur Einordnung der Tätigkeit im Gesamtprozess ist festzulegen, ob sie auf dem kritischen Pfad liegt oder als Sekundärtätigkeit betrachtet wird. Zudem ist ein Vorgänger anzugeben oder, bei Sekundärtätigkeiten, die parallel stattfindende Tätigkeit des kritischen Pfades.
- Bei Tätigkeiten mit konstanter Dauer ist der Zeitwert anzugeben; andernfalls ist eine Formel zur Berechnung der variablen Dauer bereitzustellen.
- Um die Häufigkeit des Auftretens einer Tätigkeit zu bestimmen, ist das Wiederholungsintervall anzugeben. Es wird hierbei zwischen zeit- (z.B. Wartung) und ortsabhängigen (z.B. Ringbau, Gleisbau) Tätigkeiten unterschieden.

2.2 Arbeitsvorschau

Die Entwicklung des Tools für die dynamische Arbeitsvorschau erfolgte in drei Arbeitsschritten. Zu Beginn wurden die gewünschten Funktionalitäten und Anforderungen in Gesprächen mit den Mitarbeitenden des Arbeitsbereichs für Baubetrieb, Baumanagement und Tunnelbau diskutiert und festgelegt. Anschließend wurde ein erstes Konzept in Microsoft® Excel® umgesetzt, bevor die ganzheitliche Entwicklung mithilfe der Programmiersprache Python in der Webanwendung Jupyter Notebook realisiert wurde.

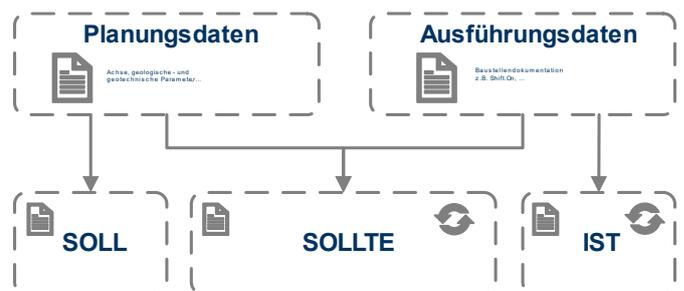


Abb. 2-1 schematische Konzept des Tools

Anhand von Abb. 2-1 wird die Funktionsweise des entwickelten Tools erläutert:

Vor dem Beginn der Ausführung wird anhand der Planungsdaten eine erste Arbeitsvorschau, das SOLL, generiert. Für die Generierung sind nicht nur die Informationen zu den Tätigkeiten aus dem Prozessmodell erforderlich, sondern auch die geologischen und geotechnischen Kennwerte, die maschinentechnischen und logistischen Kennwerte sowie der Vortriebsstartzeitpunkt. Diese Informationen werden in einer .xlsx-Datei gesammelt und anschließend in Jupyter Notebook importiert. Bei der darauffolgenden Tätigkeitszuweisung wird für jeden Hub ermittelt, welche ortsabhängigen Tätigkeiten an welchem Hub ausgeführt werden müssen. Anhand der Dauern der Teilprozesse und des Vortriebsstartzeitpunkts werden dann die Start- und Endzeitpunkte dieser Tätigkeiten ermittelt, bevor im nächsten Schritt iterativ die zeitabhängigen Tätigkeiten integriert werden. Das Ergebnis ist ein tabellarischer Zeitplan, welcher für jede Tätigkeit den Start- und Endzeitpunkt der auszuführenden Tätigkeiten angibt. Visuell kann der Zeitplan für einen beliebigen Beobachtungszeitraum in Form eines Balkendiagramms ausgegeben werden.

Wie bereits eingangs erwähnt, werden die Daten der Baustellendokumentation während der Ausführung einerseits zur Aktualisierung der Arbeitsvorschau und andererseits für die Gegenüberstellung von SOLL und IST, welche als Grundlage für die Prozessoptimierung dient, herangezogen. Die Ausführungsdaten werden in Form von Schichtprotokollen als .xlsx-Datei aus dem Add-On Shift.On der Datenauswertungssoftware „Herrenknecht.Connected“ exportiert und in das Skript importiert. Nach der Aufbereitung der Daten werden diese analog zum SOLL visualisiert, um für die Gegenüberstellung zur Verfügung zu stehen. Für die Ermittlung des SOLLTE im nächsten Schritt müssen die Informationen der Schichtprotokolle in die Struktur der Tätigkeitszuweisung transformiert werden. Dabei wird abgefragt welche Tätigkeiten bei welchem Hub tatsächlich ausgeführt wurden. Diese Tätigkeitszuweisung wird in einem Archiv (exportierte .xlsx-Datei) abgelegt, sodass sie zu einem späteren Zeitpunkt wieder abrufbar ist.

Ausgehend von der auf den Ausführungsdaten basierten Tätigkeitszuweisung kann die Arbeitsvorschau neu ermittelt werden. Dabei wird für jeden ortsabhängigen Teilprozess abgefragt, bei welcher Hubnummer eine Tätigkeit das letzte Mal stattfand und in Abhängigkeit davon eine Tätigkeitszuweisung für den restlichen aufzufahrenden Vortrieb erstellt. Analog zum SOLL wird der Zeitplan der ortsabhängigen Teilprozesse ermittelt, bevor iterative die zeitabhängigen Tätigkeiten implementiert werden. Das Ergebnis kann ebenso in tabellarischer Form ausgegeben werden oder auch als Balkendiagramm für einen definierten Beobachtungszeitraum. Diese Aktualisierung des SOLLs zum sogenannten SOLLTE kann in einem beliebigen Rhythmus wiederholt werden, solange neue Ausführungsdaten zur Verfügung stehen.

3 FAZIT

Es wurde gezeigt, dass die im Rahmen der Masterarbeit definierten Anforderungen an das Tool erfüllt werden konnten und welche Informationen für die Generierung einer dynamischen Arbeitsvorschau erforderlich sind. Mit dem entwickelten Python-Skript kann eine dynamische Arbeitsvorschau erstellt werden, welche die generierten Daten korrekt darstellt. Jedoch wird ein statisches Bild für den gewünschten Betrachtungszeitraum ausgegeben, welchem die exakten Start- und Endzeitpunkte beziehungsweise Dauern der Tätigkeiten nicht entnommen werden können. Um diese Informationen zu erhalten,

muss der generierte Datensatz geöffnet werden. Will man die Vorschau für einen anderen Zeitraum erhalten, muss das Skript nach Änderung der Eingabe neu ausgeführt werden.

Aus Sicht der Autorin wird festgestellt, dass das entwickelte Tool als erster Entwurf und damit als Proof-of-Concept betrachtet werden kann. Der Entwurf weist die grundsätzliche Funktionsfähigkeit des Konzepts nach, jedoch bedarf es einer weiteren Optimierung in Bezug auf die Effizienz der Programmierung sowie die interaktive und benutzerfreundliche Darstellung der Ergebnisse.

4 AUSBLICK

Ein zentrales Verbesserungspotenzial liegt in der Skalierbarkeit des Modells, da es bislang auf projektspezifische Maschinen- und Logistikdesigns beschränkt ist. Zukünftige Untersuchungen sollten sich daher auf eine Erweiterung der Rahmenbedingungen konzentrieren, um das Tool für verschiedene Bauprojekte flexibel einsetzbar zu machen. Zudem wird empfohlen, die Anwenderfreundlichkeit zu steigern, etwa durch eine intuitive Benutzeroberfläche, die eine einfachere Dateneingabe ermöglicht und manuelle Skriptausführungen reduziert. Weitere Verbesserungsmöglichkeiten bestehen in der Anwendung interaktiver Visualisierungstools, wie etwa Microsoft Power BI, die durch ein Dashboard den Nutzwert des Tools deutlich erhöhen könnten. In Bezug auf den praktischen Einsatz wird angeregt, Unterbrechungen, beispielsweise durch Feiertage oder andere Arbeitszeitmodelle zu berücksichtigen, um realistischere Zeitpläne zu generieren. Zusätzlich wird vorgeschlagen, die Erfassung der IST-Daten durch den Einsatz objektiver Sensordaten zu automatisieren, um Genauigkeit und Effizienz zu steigern. In der Planungsphase könnte eine datenbasierte Analyse abgeschlossener Projekte zur Optimierung zukünftiger Abläufe beitragen. Zudem wird empfohlen, verschiedene Penetrationsprognosemodelle zu hinterlegen, um für jedes Projekt das geeignete Modell bereitzustellen und dadurch präzisere Vorhersagen zu ermöglichen. Des Weiteren sollte eine Funktion zur Erkennung von Prozesskonflikten eingeführt werden, um mögliche Überschneidungen frühzeitig zu identifizieren. Darüber hinaus wird die Zuweisung von Ressourcen vorgeschlagen, um präzisere Analysen des Personal- und Materialbedarfs zu ermöglichen und die Logistikplanung zu optimieren.

5 QUELLEN

- [1] R. Duhme, "Deterministic and Simulation Based Planning Approaches for Advance and Logistic Processes in Mechanized Tunneling" Dissertation, KONSTRUKTIVEN INGENIEURBAU, Ruhr-Universität Bochum, Bochum, 2017.
- [2] M. Thewes, A. Conrads, M. König und M. Scheffer, "Prozesssimulation für maschinelle Tunnelvortriebe: Leistungsanalysen unter Berücksichtigung von Logistik, Wartung und Störungen", Ruhr-Universität Bochum, ETH Kolloquium Maschinelle Vortriebe, 18. Mai 2017. [Online].