

# Digitalisierungspotenziale der Dokumentation im Tunnelbau

## Prozessevaluierung ausgewählter Baustellen

**Felix Ehmke, 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:** Mit der fortschreitenden Digitalisierung wird die Umstellung auf eine computergestützte baubegleitende Dokumentation im Tunnelbau unverzichtbar. Durch nicht durchgängige digitale Prozesse, schlecht leserliche Handschriften, Übertragungsfehler, Sprachbarrieren und Verluste wichtiger Dokumente sowie erschwerte Vergleichbarkeit durch Subjektivität besteht die Gefahr, dass Informationen unvollständig sind, missinterpretiert werden oder verloren gehen. In der Folge ist eine lückenlose Zusammenstellung und Archivierung der Baudokumentation schwierig und kostet viel Zeit und Geld. Zudem können Qualität und Nachhaltigkeit des Bauwerkes leiden, wenn Unterlagen für das spätere Betreiben und Warten mangelhaft sind. Diese Masterarbeit evaluiert laufende Tunnelbauprojekte in Europa im Hinblick auf die Dokumentationsprozesse. Das Ziel ist die genaue Ermittlung des IST-Standes sowie die Grundlagenerarbeitung für die Entwicklung eines Softwareprogrammes, das die Dokumentationsdaten direkt mit einem TIM-Modell verknüpft und somit einen durchgängigen digitalen Prozess schafft. Um konkurrenzfähig zu bleiben, muss die Tunnelbaubranche umdenken und den schnellsten Weg zur papierlosen Baustelle finden.

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

**SCHLAGWORTE:** Tunnelbau, Digitalisierung, Dokumentation, Dokumentationssoftware, Dokumentationsprozess, TIM

## 1 EINLEITUNG

Die Dokumentation schafft dauerhaft gespeichertes und abrufbares Wissen. Wesentliche Informationen der Bauarbeiten sind für den gesamten Lebenszyklus des Bauwerkes wertvoll und sollten nach dem Motto ‚so viel wie nötig, so wenig wie möglich‘ wirtschaftlich festgehalten werden. [1] Die Bauindustrie zeigt bislang eine zurückhaltende Reaktion auf die Entwicklung der Digitalisierung – speziell im Hinblick auf die Dokumentation - und hinkt im Vergleich zu anderen Branchen hinterher. [2]

## 2 THEORIE

Die derzeitige Praxis sieht meist so aus, dass Daten analog erfasst und in der Folge später vom Baustellenpersonal nachbearbeitet werden müssen, da sie nicht von vornherein in der gewünschten Form zur Verfügung stehen. [3] Mit einer papierbasierten Dokumentation ist ein Abgleich zwischen SOLL- und IST-Zustand nicht kurzfristig möglich. Wenn Daten im Nachhinein digitalisiert werden, sind die Bauarbeiten fortgeschritten und der Stand der übertragenen Informationen veraltet. Die Daten sollen in Echtzeit an ein zentrales System weitergeleitet und strukturiert abgelegt werden. [4]

Tunnel Information Modeling kann als digitale, ganzheitliche Methode zur Bauwerksmodellierung beschrieben werden und fokussiert sich auf den Infrastruktur- und Untertagebau. Die maßgeblichen Unterschiede im Vergleich zum Hochbau stellen die Ungewissheit im Baugrund und die große Längsausdehnung des Bauwerkes dar. Da es sich bei Infrastruktur- und Untertagebauten oft um lange, trassenartige, manchmal auch tiefliegende Projekte handelt, kann der vorhandene Baugrund trotz Vorauserkundungen kaum vollständig prognostiziert werden. Es ist also umso wichtiger, dass das Modell während der Bauphase mit aktuellen Informationen versorgt wird, um direkte Anpassungsmaßnahmen und realistische, ständig aktualisierte Termin- und Kostenschätzungen zu ermöglichen. [5]

### 2.1 Konventioneller Vortrieb

Standardmäßig kommen im konventionellen Tunnelbau (ÖNORM B2203-1) mindestens die drei Dokumente täglich zum Einsatz:

- Bautagesberichte
- Zyklusdiagramme
- Abschlagsblätter (auch Stützmitteleinbauprotokoll). [6]

Um eine laufende digitale Erfassung zu ermöglichen, haben Kvasina et al. eine Web-Applikation entwickelt, bei der Aktivitäten am Smartphone oder Tablet erfasst werden, wie in Abbildung 2-1 zu sehen ist. Alternativ ist die Eingabe der Aktivitätszeit über die Tastatur oder über Start-/Stopptasten mit hinterlegtem Aktivitätszyklus möglich. [7]

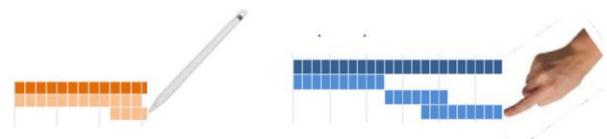


Abbildung 2-1: Zeitintervallmarkierung am Tablet / Smartphone [7]

### 2.2 Maschineller Vortrieb

Für den maschinellen Tunnelbau (ÖNORM B2203-2) wird empfohlen, Art und Umfang der Dokumentation je nach TBM-Typ projektspezifisch zu fixieren. Neben Zyklusdiagramm und Bautagesbericht sind folgende Dokumente relevant:

- Maschinentagesberichte & -datenaufzeichnungen
- Meißelprotokolle
- Geologisch-geotechnische Aufzeichnungen. [8]

## 3 METHODE

Während der Masterarbeit wurden drei laufende Tunnelbauprojekte, darunter eine konventionell und zwei maschinell vortriebene, im Hinblick auf die Informationserfassung und -weiterverarbeitung untersucht. Mithilfe eines standardisierten Bewertungsbogens konnte ein objektiver Überblick über die

Baustellen erlangt werden. Zusätzlich wurden über Interviews mit den für die Dokumentation verantwortlichen Personen, BauleiterInnen und Polieren, Erkenntnisse aus der Praxis gewonnen. Hierfür war ein leitfadengestützter Interview-Fragebogen vorgesehen. Die Interviews wurden mithilfe der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring ausgewertet.

#### 4 AUSWERTUNG BAUSTELLENBESUCHE

Alle drei Tunnelbaustellen sind Unikate mit einer individuell festgelegten Dokumentation. Die Anforderungen an Form, Art, Speicherung und Weitergabe von Informationen sind insbesondere abhängig von der Art des Vortriebs, der Länge und dem Durchmesser der Röhre, dem Personaleinsatz, den geologischen Gegebenheiten und den vertraglichen Vereinbarungen mit dem Bauherrn. Der konventionelle hebt sich stark vom maschinellen Tunnelbau ab: ein geringerer Dokumentationsaufwand, 15 statt 5 Minuten Intervallen im Zyklusdiagramm, eine Fotodokumentation, eine digitale Unterschriftenlösung und eine direkte digitale Software als eigene Entwicklung, um unabhängig zu sein und eigene Wünsche verwirklichen zu können. Obwohl die TBM durch ihre Sensoren elektronische Daten erzeugt und die Automatisierung deutlich weiter fortgeschritten ist als im zyklischen Vortrieb, wird nicht mit digitalen Endgeräten gearbeitet. Die maschinell vorgetriebenen Baustellen nutzen beide die Software des Maschinenherstellers und notieren alles händisch in vorgefertigten Tabellen. Beide Baustellen beschäftigen dadurch mindestens eine Person beinahe in Vollzeit mit dem Abtippen der analogen Informationen, riskieren Übertragungsfehler und führen Dokumente wie den Bautagesbericht teilweise vierfach.

#### 5 AUSWERTUNG INTERVIEWS

Die Interviews bestätigen den Eindruck der Baustellenanalyse: Die Ansätze im konventionellen Tunnelbau sind sehr gut, dennoch ist reichlich Potenzial vorhanden. Im maschinellen Tunnelbau besteht großer Aufholbedarf. Es herrscht Einigkeit darüber, dass die Auswirkungen der Digitalisierung größtenteils sehr positiv sind und die MitarbeiterInnen die digitalen Dokumentationsmöglichkeiten nutzen, wenn sie angeboten werden. Es ist für alle von größter Bedeutung, dass die Programme über eine übersichtliche Benutzeroberfläche intuitiv zu bedienen sind. Die Verschwendung von Zeit und Geld durch die mehrfache Führung von Dokumenten sowie das nachträgliche Übertragen in die EDV könnte laut Prognose der Befragten in der Zukunft minimiert werden.

#### 6 FAZIT

Die Potenziale von Tunnel Information Modeling, die eine Verortung der Informationen für die laufende Dokumentation und auch für den späteren Betrieb mit sich bringt, werden derzeit nicht ausgeschöpft. Der Kreislauf des im Zentrum stehenden Digitalen Zwillinges endet nach der Planung. Nur einer der sechs Befragten hat von der Methode berichtet.

Alle Projekte sind weit entfernt von der papierlosen Baustelle. Die Analysen der drei Tunnelbaustellen belegen die in der Einleitung vorgestellte Studie zum Digitalisierungsindex in Deutschland. Die digitalen Möglichkeiten, die theoretisch bereits zur Verfügung stehen, werden größtenteils noch nicht ausgeschöpft. Der Bürokratieaufwand ist zudem sehr hoch. Die Notwendigkeit sollte bei einigen Protokollen in Frage gestellt werden. Tabelle 6-1 stellt einen Ausschnitt der geführten Dokumente der Baustellen dar.

Art	Was?	Wer?	Wie/Wo?	Form?	Weiterverarbeitung?
konventionell	Abschlagsprotokoll	Polier	PC im Büro	digital	Ablage
	Zyklusdiagramm	Polier	PC im Büro	digital	Bautagesbericht
	Bautagesbericht	Polier	PC im Büro	digital	Bauleitung
maschinell	Zyklusdiagramm	Maschinenfahrer	Fahrerkabine (TBM)	analog	Digitalisierung Bauleitung
	Maschinendaten	Maschinenfahrer	Fahrerkabine (TBM)	analog	Digitalisierung Bauleitung
	Meißelwartung	Maschinenfahrer	Vor Ort (TBM)	analog	Digitalisierung Bauleitung
	Ringbauprotokoll	Ringbauer & Logistiker	Vor Ort (TBM)	Scan & analog	Digitalisierung Bauleitung
	Bautagesbericht	Bauleitung	Bauleitungsbüro	digital	Bestätigung AG

Tabelle 6-1: Tabellenausschnitt der geführten Dokumente

Der Vorteil der Anwendung einer Standardsoftware ist, dass diese ohne eigenen Einsatz sofort zur Verfügung steht und laufend aktualisiert wird. Da jede Baustelle individuelle Anforderungen an die Dokumentation mit sich bringt, ist es für Softwareanbieter schwierig, sämtliche Dokumente für alle Projekte abzudecken. Daher ist es erforderlich, dass die Vertragspartner vor Projektbeginn individuelle Anforderungen und Wünsche abstimmen. Die Nachteile sind die große Startinvestition und die laufenden Kosten. Mit einer eigenen Software bleibt das Unternehmen, das seine eigenen Wünsche und Ideen umsetzt, unabhängig von Softwareanbietern und kann selbst entscheiden, in welcher Form welche Daten aufgenommen und weiterverarbeitet werden. Am Ende muss die Unternehmensleitung - abhängig u. a. von der Größe des Unternehmens, der Anzahl der Tunnelbaustellen sowie dem Wunsch nach Unabhängigkeit- abwägen und entscheiden.

#### 7 AUSBLICK

Oberstes Ziel muss die Entwicklung von Softwareprogrammen für die ausführenden Bauunternehmen und die Implementierung auf der Baustelle sein. Ganzheitlich betrachtet sollte der gesamte Prozess eines Tunnelprojekts von der Planung über den Bau bis zum Betrieb – vom ersten Entwurf bis zur Instandhaltung – abgebildet werden. Im Cloud-System eines solchen TIM-Modells sollten alle Dokumentationsdaten zur Verfügung stehen und die Weiternutzung ermöglichen. Die Investitionen in digitale Endgeräte und Softwareprogramme sollten den eingesparten Personalstunden und die nicht quantitativ messbare Variable der Vermeidung von Übertragungsfehlern gegenübergestellt werden.

Mit fortschreitender Digitalisierung werden Stift und Papier bald Geschichte sein. Der Tunnelbau kann mit der digitalen Transformation eine Revolution erleben.

#### 8 QUELLEN

- [1] W. Kalusche, *Projektmanagement für Bauherren und Planer*, 2. Aufl. R. Oldenbourg Verlag München Wien, 2005.
- [2] Deutsche Telekom AG, techconsult GmbH, "Der digitale Status quo im deutschen Baugewerbe: Digitalisierungsindex Mittelstand 2021/2022", 2022.
- [3] K. Mattsitzik, R. Sitzberger, M. Schönwitz und J. Hartje, "Ein Bauplan für die Digitalisierung in der Bau- und Immobilienbranche: Eine Orientierungshilfe für die digitale Transformation" in *Agile Digitalisierung im Baubetrieb: Grundlagen, Innovationen, Disruptionen und Best Practices*, C. Hofstadler und C. Motzko, Hg., Wiesbaden, Heidelberg: SPRINGER VIEWEG, 2021, S. 47–78.
- [4] W. Günthner und A. Borrmann, *Digitale Baustelle - innovativer Planen, effizienter Ausführen*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg, 2011.
- [5] Deutscher Ausschuss für unterirdisches Bauen e. V., *BIM im Untertagebau: Digitales Planen, Bauen und Betreiben von Untertagebauten*, 2019.
- [6] K. C. Zach, *Ein Datenmodell zur digitalen Dokumentation des Bauprozesses im Tunnelbau*. Masterarbeit. Montanuniversität Leoben, 2021.
- [7] G. Kvasina, *Dokumentation bei zyklischem Tunnelvortrieb - Erhebung von wesentlichen Parametern von Bauzeit und Kosten als Grundlage für ein digitales Modell*. Diplomarbeit. TU Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen, 2018.
- [8] M. Türtscher, *Analyse und Prognose von Penetration und Vortriebsgeschwindigkeit bei maschinellen Vortrieben im Festgestein*, Innsbruck: Innsbruck Univ. Press, 2011.