

Diploma Thesis

Documentation of Conventional Tunneling Processes – Survey of Essential Parameters of Construction Time and Costs as the Basis for a Digital Model

Submitted in satisfaction of the requirements for the degree of
Diplom-Ingenieurin
of the TU Wien, Faculty of Civil Engineering

DIPLOMARBEIT

Dokumentation bei zyklischem Tunnelvortrieb – Erhebung von wesentlichen Parametern von Bauzeit und Kosten als Grundlage für ein digitales Modell

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades einer
Diplom-Ingenieurin
eingereicht an der Technischen Universität Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Gabrijela Kvasina

Matr.Nr.: 1026613

unter der Anleitung von

Univ.-Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. **Gerald Goger**

Univ.-Ass. Dipl.-Ing. **Marco Huymajer**

Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement
Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik
Technische Universität Wien,
Karlsplatz 13/234-1, A-1040 Wien

Wien, im Juni 2018

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	iii
Kurzfassung	v
Abstract	vii
1 Einleitung	1
1.1 Aufbau der Diplomarbeit	1
1.2 Motivation	1
1.3 Zielsetzung	3
1.4 Methodik	3
2 Grundlagen des zyklischen Tunnelvortriebs	5
2.1 Tunnelvortriebsmethoden	5
2.2 Zyklischer Vortrieb	6
2.3 Bauablauf im Sprengvortrieb	7
2.3.1 Bohren	9
2.3.2 Sprengen	10
2.3.3 Schuttern	11
2.3.4 Sichern	13
2.4 Die Neue Österreichische Tunnelbaumethode	14
2.4.1 Voraussetzungen für die NÖT	14
2.4.2 Besonderheiten und Vorteile	15
2.5 Geotechnische Planung	16
2.6 Grundlagen der Kostenermittlung im Tunnelbau	19
2.6.1 Personalkosten	19
2.6.2 Gerätekosten	21
2.6.3 Materialkosten	21
2.6.4 Baustellengemeinkosten	21
3 Dokumentationswesen	23
3.1 Anforderungen	23
3.2 Arten der Dokumentation	25
3.3 PQM-Handbuch	28
3.4 Allgemeine Dokumentationsmittel	29
3.4.1 Bautagesbericht	30

3.4.2	Baubuch	32
3.4.3	Planlieferliste	32
3.4.4	Baubesprechungsprotokoll	34
3.4.5	Foto- und Videodokumentation	35
3.4.6	Soll-Ist-Vergleich	35
3.4.7	Behinderungsanzeige	36
3.4.8	Inverzugsetzung	37
3.4.9	Mängelanzeige	37
3.4.10	Feldaufmaßblatt	38
3.5	Tunnelbauspezifische Dokumentation	38
3.5.1	Vortriebsbericht	38
3.5.2	Stützmitteleinbauprotokoll	43
3.5.3	Stundenbericht	46
3.6	Zeitliche Zuordnung	46
4	Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle	49
4.1	Aufbauorganisation einer Tunnelbaustelle	49
4.2	Untersuchung des Dokumentationsprozesses	54
4.3	Grundlagen der BPMN	55
4.4	Verwendete Software	58
4.5	Beschreibung des Dokumentationsprozesses in einem zyklischen Tunnelvortrieb	59
4.5.1	Tunnelvortrieb	59
4.5.2	Bauleitung	61
4.5.3	Abrechnung	63
4.5.4	Vertragsmanagement	65
4.5.5	Kaufmann und Innendienst	67
4.5.6	Personalwesen	67
4.5.7	Geologie	68
4.6	Gesamter Dokumentationsaufwand	69
4.6.1	Zeitanalyse	69
4.6.2	Analyse der Personalkosten	72
4.7	Dokumentationsprozess einer Vergleichstunnelbaustelle	74
4.8	Analoger Dokumentationsprozess	76
4.8.1	Dokumentation der Bautätigkeiten	76
4.8.2	Dokumentation der Stützmaßnahmen	77
4.8.3	Dokumentation der Arbeiterstunden	79
4.8.4	Schwachstellen eines analogen Dokumentationsprozesses	81
4.9	Zukünftige Möglichkeiten der Datenerfassung	81
4.9.1	Digitales Zyklusdiagramm	82
4.9.2	Digitale Baustelle	84
4.9.3	Digitaler Dokumentationsprozess	86
5	Zusammenfassung	93

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich beim Schreiben meiner Diplomarbeit und während meines Studiums unterstützt und begleitet haben.

Mein besonderer Dank gilt Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr.techn. Gerald Goger, der mir das Verfassen meiner Diplomarbeit im Forschungsbereich Baubetrieb und Bauverfahrenstechnik am Institut für Interdisziplinäres Bauprozessmanagement ermöglicht hat. Weiters möchte ich mich bei Assistenten Univ.Ass. Dipl.-Ing. Marco Huymajer für seine Betreuung im Rahmen dieser Arbeit bedanken.

Ein weiteres großes Dankeschön gebührt Herrn Dipl.-Ing. Dr.techn. Kurt Hechenblaickner, der mir Baustellenbesuche ermöglicht hat und Datenmaterial zum Thema zur Verfügung gestellt hat, sowie den Mitarbeitern des untersuchten Unternehmens, die sich Zeit für ausführliche Fachgespräche mit mir genommen haben. Ohne sie wäre diese Diplomarbeit nicht möglich gewesen.

Des Weiteren möchte ich mich bei all meinen Studienkollegen bedanken, die zu sehr guten Freunden geworden sind und mich auf diesem Weg stets unterstützt haben. Sie sorgten dafür, dass die gemeinsame Studienzeit immer eine tolle Erinnerung bleibt. Besonders danken möchte ich Viktoriya, Sebastian, Xiaxia und Michael für das Korrekturlesen dieser Arbeit.

Der weitaus größte Dank gilt meinen Eltern Gordana und Josip, die mir dieses Studium ermöglicht und mich während der gesamten Zeit in jeder Hinsicht unterstützt haben, sowie meinem Bruder Marin und meinem Freund Marko, die mir während meines Studiums zur Seite gestanden sind.

Kurzfassung

Die erfolgreiche Projektsteuerung komplexer Bauprojekte erfordert eine lückenlose Dokumentation einer großen Menge baubetrieblicher und bauwirtschaftlicher Daten. Eine kontinuierliche Aufzeichnung, Verarbeitung und Auswertung dieser Daten gibt Aufschluss über Projektfortschritt sowie Kostenentwicklung, dient als Beweisgrundlage bei der Bearbeitung von Nachträgen und als Wissensbasis für zukünftige Projekte. Der Dokumentationsprozess ist kein standardisierter Prozess, ist jedoch auf den meisten Baustellen ähnlich abgebildet.

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit dem Dokumentationsprozess einer Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb. Dabei wird das Hauptaugenmerk auf den sogenannten Vortriebsbericht, der den Ausgangspunkt der Datenerfassung im zyklischen Tunnelbau darstellt, und die Weiterverwaltung darin enthaltener Informationen gelegt. Trotz der enormen Relevanz der Dokumentation fehlt es derzeit an einer formalen Beschreibung des Dokumentationsprozesses und einer quantitativen Einschätzung des mit analogen Dokumentationstätigkeiten verbundenen Zeit- und Kostenaufwands. Darüber hinaus gibt es keine Richtlinien über die zukünftige Gestaltung eines digitalen Prozesses.

In Form einer Fallstudie wird der Ist-Stand des Dokumentationsprozesses durch Analyse qualitativer Beobachtungen, zur Verfügung gestellter Projektdokumentation und Experteninterviews mit dem Baustellenpersonal erhoben. Kostenschätzungen für die Dokumentationstätigkeit basieren auf Kostensätzen die von einem Bauunternehmen zur Verfügung gestellt wurden. Zu Vergleichszwecken wird ein weiteres Tunnelbauprojekt betrachtet, bei dessen Analyse methodologisch gleichartig vorgegangen wird.

Aufbauend auf den Ergebnissen der Analyse wurde ein Modell des Dokumentationsprozesses vom Vortrieb bis hin zur Ablage erstellt. Dieses Modell gibt Aufschluss über Art und Weise des Informationsflusses zwischen den einzelnen Akteuren des Tunnelbauprojekts und dient als Grundlage einer ebenfalls durchgeführten Analyse der Zeit und Personalkosten des Dokumentationsprozesses. Anhand der gewonnenen Erkenntnisse wird abschließend ein alternativer, digitaler Dokumentationsprozess vorgestellt.

Die aktuelle Vorgehensweise bei der Dokumentation bei Tunnelbauprojekten offenbart mehrere Herausforderungen. Der tradierte papiergebundene Dokumentationsprozess ist durch den Austausch von Daten in nicht maschinenlesbarer Form grundsätzlich fehleranfälliger als ein digitaler Prozess. Nach dem gegenwärtigen Stand der Technik erfolgt die eigentliche Digitalisierung erst nachträglich und nur für einen Teil des Prozesses. Der herkömmliche Dokumentationsprozess unterliegt gerade dem größten Digitalisierungspotential.

Abstract

Successful project management in regards to the execution of complex construction projects requires complete documentation of a vast amount of construction-related data. Continuous recording, processing, and evaluation of this data allows the provision of reliable information about project progress and cost development. In addition, it serves as a basis of proof when handling claims as well as a knowledge base for future projects. The documentation process is not a standardized process, but it is similar on most construction sites.

This thesis deals with the documentation process of a tunnel construction site that is using conventional tunneling methods for excavation. The focus is on the so-called shift report, which represents the starting point of data collection in a conventional tunnel, and the subsequent processing of the information it contains. Despite the enormous importance of documentation, there is currently no formal description of the documentation process, nor a quantitative estimation of the time and costs associated with documentation activities. In addition, there are no guidelines about the future design of a digital documentation process.

By means of a case study, the actual status of the documentation process is surveyed by analyzing qualitative observations, provided project documentation and interviews with construction site personnel. Cost estimates for the documentation activities are based on cost rates provided by the construction company. For comparative purposes, another tunnel construction project was analyzed using the same approach.

Based on the results of the analysis, a model of the documentation process – beginning from tunnel driving to data storage – has been created. This model gives insight into the flow of information between individual participants in the tunneling project, and serves as the basis for a time and cost analysis of the core steps of the documentation process. Based on the findings, an alternative digital documentation process is presented.

The current approach to data collection regarding tunnel construction reveals several challenges. The traditional paper-based documentation process is generally more error-prone than a digital process due to the exchange of data in a non-machine readable form. In a state of the art documentation process, digitization takes place at a later stage and only for certain parts of the process. The conventional documentation process currently holds the greatest potential for digitization.

1 Einleitung

Im folgenden Abschnitt wird zunächst der Aufbau der Diplomarbeit erläutert, das persönliche Interesse an dem Thema kurz dargelegt, auf die Forschungsfrage und eigentliche Zielsetzung sowie die zur Bearbeitung verwendete Methodik eingegangen.

1.1 Aufbau der Diplomarbeit

Kapitel 2 dieser Arbeit befasst sich mit den wesentlichen Grundlagen des zyklischen Tunnelvortriebs. Dabei wird das Hauptaugenmerk dem Bauablauf im Sprengvortrieb gewidmet. Es wird ein kurzer Überblick über das Wesen der Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode sowie die Grundlagen der Kostenermittlung im Tunnelbau gegeben.

In **Kapitel 3** wird auf das Dokumentationswesen und seine Bedeutung sowohl aus der Sicht des Auftragnehmers (AN) als auch des Auftraggebers (AG) eingegangen. Dabei werden die wesentlichen Dokumentationsmittel einer Tunnelbaustelle dargestellt.

Kapitel 4 beschäftigt sich mit der Ist-Datenerfassung einer Baustelle im zyklischen Tunnelvortrieb und behandelt schwerpunktmäßig die Dokumentation der Bautätigkeitsdauer, Stützmaßnahmen und Arbeitsstunden. Um den notwendigen Dokumentationsfluss besser zu verstehen, wird einleitend ein Überblick über die Aufbauorganisation einer Tunnelbaustelle gegeben. Die eigentliche Darstellung des Dokumentationsflusses erfolgt verbal und mithilfe eines grafischen Prozessmodells. Darüber hinaus wird eine Analyse der Zeit und Personalkosten für den gesamten Dokumentationsaufwand durchgeführt. Im Anschluss wird ein kurzer Ausblick auf zukünftige Möglichkeiten der Datenerfassung sowie eine mögliche Umsetzung eines digitalen Dokumentationsprozesses für die untersuchte Baustelle gegeben.

Abschließend werden in **Kapitel 5** die wichtigsten Erkenntnisse zusammengefasst.

1.2 Motivation

Die Baubranche unterliegt heute enormen Anforderungen. Der starke Wettbewerb in der Bauwirtschaft erzeugt einen deutlichen Kosten- und Zeitdruck. Stetig komplexer werdende Bauvorhaben sollen in immer kürzerer Zeit bei möglichst geringen Kosten realisiert

1 Einleitung

werden. Während in anderen Branchen die Prozessqualität, vor allem hinsichtlich Termintreue und Kostensicherheit, dank digitaler Unterstützung verbessert wurde, liegt sie in der Bauwirtschaft stark dahinter. Die Gründe dafür liegen darin, dass Bauprojekte durch folgende Charakteristika gekennzeichnet sind [18]:

- Einzelfertigungen an temporären Standorten
- vergleichsweise kurze Projektlaufzeiten
- hoher Anteil an unterschiedlichen Akteuren auf einer Baustelle
- vielfältige und teilweise immense äußere Einflussfaktoren (z. B. Witterung, Planungsänderungen im Bauverlauf, Einflüsse des öffentlichen Interesses etc.)

Die schwierigen und vielfältigen Projektanforderungen, darunter die verschiedenen geologischen, hydrologischen und baubetrieblichen Randbedingungen, machen jedes Tunnelbauprojekt bis zu einem gewissen Grad zu einem Unikat. Die Wechselwirkung zwischen Bauwerk, Bauprozess, Baugrund und häufig großem Projektumfang spielt für den Erfolg einer Tunnelbaustelle eine äußerst wichtige Rolle. Neben diesen offensichtlichen Faktoren ist ein hohes Maß an Kommunikation zwischen verschiedenen Projektbeteiligten erforderlich. Eine lückenlose Erfassung aller baubetrieblichen Daten und Ereignisse aus der Zusammenarbeit zwischen allen Projektbeteiligten ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche wirtschaftliche Projektentwicklung.

Der Baufortschritt auf Baustellen wird größtenteils handschriftlich mittels papierbasierter Formulare dokumentiert, die in Ordnern auf der Baustelle abgelegt oder nachträglich eingescannt auf Netzlaufwerken gespeichert werden. Die benötigten Informationen werden entweder aus Ordnern herausgesucht oder von Formularen manuell in ein EDV-System übertragen. Diese analoge Art und Weise der Datenerfassung und -verwaltung erfordert grundsätzlich mehr Zeit und ist fehleranfälliger als in einem digitalen Prozess. Derzeit werden auf Baustellen ausgereifte Softwareprodukte lediglich für spezifische Teilaufgaben eingesetzt. Gerade in der Bauwirtschaft besteht ein großes Potential für die Umstellung eines analogen Dokumentationsprozesses auf einen digitalen und den Einsatz digitaler Hilfsmittel. Der Dokumentationsprozess ist durch periodische, routinemäßige Tätigkeiten gekennzeichnet, die dem größten Digitalisierungspotential unterliegen. Die Reduktion von Schnittstellen und der durchgängige Einsatz digitaler Hilfsmittel ermöglicht einen transparenteren Dokumentationsprozess und eine optimierte Zusammenarbeit der Projektbeteiligten. Mithilfe digitaler Arbeitsmittel kann das Geschehen auf der Baustelle aktuell verfolgt und hochwertige Informationen für die Entscheidungsträger geliefert werden. Durch eine intelligente Auswertung und Zusammenführung verschiedener Daten können die Voraussetzungen für die Lösung der bestehenden Probleme verbessert werden. Besonders in der Weiterverwendung der digital erfassten Daten für statistische Auswertungen sowie Prognosemodelle steckt ein erhebliches Potenzial für eine Effizienz- und Qualitätssteigerung bei der Planung und Abwicklung von Bauvorhaben.

Um die bereits entwickelten Methoden und Verfahren in der Praxis zu etablieren, ist der Faktor Mensch entscheidend. Dieser muss bereit sein, die Technologie nicht nur

als Hilfsmittel zu verstehen, sondern die neuen Technologien einzusetzen und damit seine gewohnten Arbeitsweisen zu verändern sowie den Willen zeigen, partnerschaftlich zu agieren. Die Zusammenarbeit aller Projektbeteiligten ist für einen durchgreifenden Erfolg technischer Entwicklungen erforderlich.

1.3 Zielsetzung

Ziel dieser Arbeit ist, den Dokumentationsprozess einer Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb zu analysieren und den Ist-Stand darzustellen. Dabei soll der zeitliche und organisatorische Aufwand der Dokumentation auf Baustellen in Relation zum Nutzen der Datenerfassung beschreiben und mögliche Verbesserungen abgeleitet werden. Dies soll schließlich Aufschluss über mögliche Effizienzsteigerungen beim Dokumentationsprozess geben.

Der Arbeit werden folgende Forschungsfragen zugrunde gelegt:

- Wie sieht die formale Beschreibung des Dokumentationsprozesses einer ausgewählten Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb aus?
- Mit welchem Zeit- und Kostenaufwand ist der Dokumentationsaufwand einer ausgewählten Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb verbunden?
- Welche Möglichkeiten einer verbesserten (digitalen) Datenerfassung im zyklischen Tunnelvortrieb gibt es?

1.4 Methodik

Die methodische Vorgehensweise in der vorliegenden Diplomarbeit gliedert sich im Wesentlichen in drei Arbeitsschritte:

1. Erarbeitung der Grundlagen zum Thema Dokumentation bei zyklischem Tunnelvortrieb
2. Untersuchung des Dokumentationsprozesses einer Tunnelbaustelle mit zyklischem Tunnel in Form einer Fallstudie durch:
 - a) Qualitative Beobachtung
 - b) Auswertung zur Verfügung gestellter Dokumente
 - c) Experteninterviews
3. Schlussfolgerung

1 Einleitung

Im ersten Schritt wurden die notwendigen Grundlagen einerseits zum Thema zyklischer Tunnelvortrieb und andererseits zum Dokumentationswesen bei der Bauausführung erarbeitet. Die in Kapitel 2 und 3 angeführten Grundlagen basieren auf unterschiedlichen Veröffentlichungen wie Büchern, Artikeln aus Fachzeitschriften, Normen und Internetseiten. Im zweiten Schritt wurde der Dokumentationsprozess und der Ist-Stand der Dokumentation einer Großbaustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb in Zusammenarbeit mit dem Baustellenpersonal des untersuchten Bauprojekts analysiert und dargestellt. Dafür wurden drei Baustellenbesuche durchgeführt, zwei für das Hauptprojekt und einen für das zweite zusätzliche Projekt. Das für die Dokumentation zuständige Personal stand für Experteninterviews zur Verfügung, die wertvolle Informationen zum Thema lieferten. Die wesentlichen Ergebnisse dieser Arbeiten werden in Kapitel 4 behandelt. Abgeleitete Schlussfolgerungen finden sich schließlich in Abschnitt 4.9.

2 Grundlagen des zyklischen Tunnelvortriebs

2.1 Tunnelvortriebsmethoden

Tunnelvortriebsmethoden lassen sich in zwei Gruppen, die zyklischen und maschinellen Vortriebsmethoden, unterteilen (Abb. 2.1). Dem zyklischen Vortrieb (auch konventioneller Vortrieb genannt) können Sprengvortrieb, maschineller Vortrieb mittels Teilschnittmaschine (TSM) oder Bagger sowie Messervortrieb zugeordnet werden. Zu den maschinellen Vortriebsmethoden gehören Vortriebsarten mittels Tunnelvortriebsmaschine, Rohrvortrieb und Vorpressverfahren [19].

Nach Girmscheid [17] beeinflussen folgende Parameter die Wahl des Vortriebsverfahrens:

- Ausbruchsklassifizierung mit den dazugehörigen Sicherungsmaßnahmen
- Querschnitt, Länge und Gefälle des Tunnels
- Abbaufähigkeit und Abrasivität des Gesteins bezogen auf die Abbaugeräte
- hydrologische Verhältnisse
- andere Parameter (z. B. erforderliche Vortriebsgeschwindigkeit)

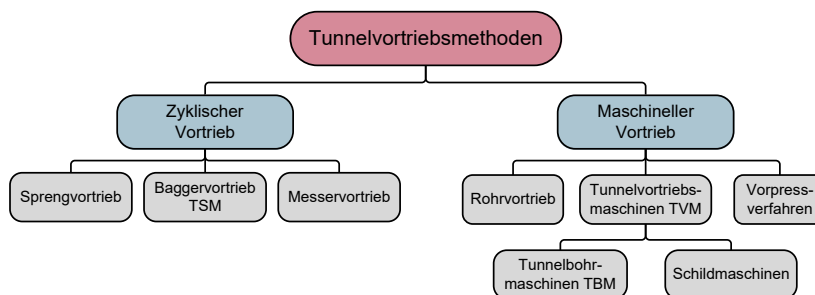


Abbildung 2.1: Tunnelvortriebsmethoden

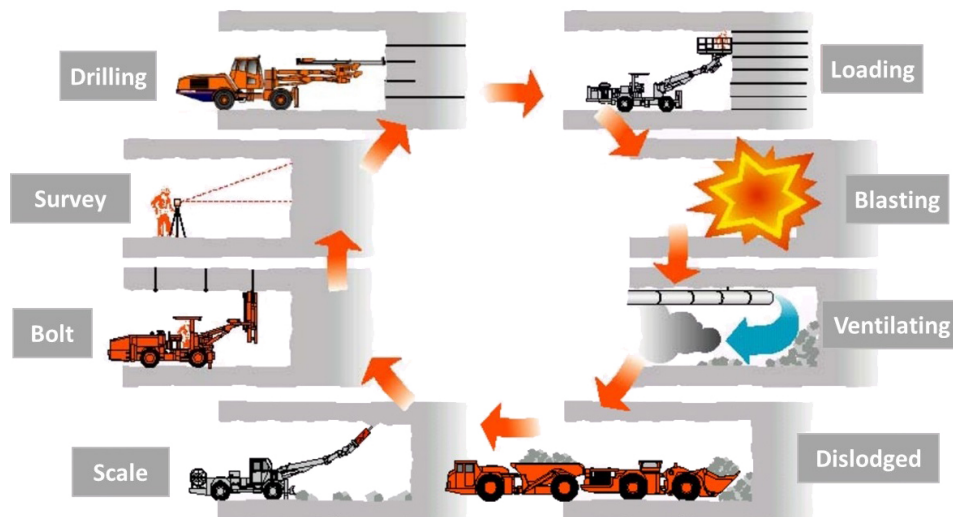


Abbildung 2.2: Zyklus des Sprengvortriebs [5]

2.2 Zyklischer Vortrieb

Der zyklische oder konventionelle Vortrieb gemäß ÖNORM B 2203-1 ist eine Vortriebsart, bei der die einzelnen Arbeitsvorgänge des Lösens, Ladens und des Stützmitteleinbaus im Wesentlichen zeitlich nacheinander und mithilfe von Einzelgeräten ausgeführt werden. Das Lösen erfolgt in der Regel durch Sprengen, mit einem Bagger oder einer Teilschnittmaschine (Abb. 2.2). In den folgenden Abschnitten wird das Hauptaugenmerk auf den Sprengvortrieb gelegt.

Als Vorteil des zyklischen Tunnelvortriebs ist zu nennen, dass verschiedene Querschnitte mit den gleichen Geräten aufgeföhren werden können. Es ist möglich, beliebige Größen und Formen von Tunnelquerschnitten herzustellen und diese entlang der Vortriebsstrecke zu wechseln. Der Einbau von Stützmitteln wie Spritzbeton, Anker und Ausbaubögen kann einfach an auftretende Gebirgsverhältnisse angepasst werden. Dies führt aber auch zu größeren Schwankungen im Bauablauf als z. B. beim Vortrieb mittels Tunnelbohrmaschinen. Ein weiterer, wesentlicher Vorteil ergibt sich durch eine bessere Aufbereitung des Ausbruchsmaterials zu Betonzuschlagsstoffen.

Um wirtschaftliche Vorteile gegenüber anderen Tunnelvortriebsarten zu schaffen, ist es unabdingbar, dass die einzelnen Zyklusschritte sowie der gesamte Zyklus baubetrieblich optimiert aufeinander abgestimmt sind. Der Gesamtprozess mit verschiedenen, aufeinanderfolgenden Teilprozessen ist als ganzheitliches System zu betrachten, welches in weiterer Folge die Steigerung von Kosteneffizienz, Qualität, Vortriebsleistung sowie Arbeitssicherheit zum Ziel hat [17].

Fachbegriffe aus der ÖNORM In nachfolgender Aufzählung werden weitere, für das Thema relevante Fachbegriffe aus der ÖNORM B 2203-1 erläutert [36]:

Abschlag	in einem Zyklus geschaffener Teil des Hohlraumes
Abschlagslänge	mittlere Tiefe des Abschlages
Ausbau	Stützung der Hohlraumlaibung
Gebirge	Teil der Erdkruste, zusammengesetzt aus Festgestein (Fels) oder Lockergestein (Boden), einschließlich der Anisotropien, Trennflächen und Hohlräume mit Füllungen aus flüssigen oder gasförmigen Bestandteilen
Gebirgsart	Gebirge mit gleichartigen Eigenschaften, wie geologische, hydrogeologische oder geotechnische Eigenschaften
Gebirgsverhaltenstyp (GVT)	Bezeichnung für ein Gebirge mit gleichartigem Verhalten in Bezug auf Ausbruch des Gesamtquerschnittes, auf zeitliche und räumliche Verformung und auf Versagensform, ohne Berücksichtigung von Stütz- und Zusatzmaßnahmen
Stützmaßnahmen	Vorkehrungen zur Stützung des Gebirges und zur Sicherung des Hohlraumes
Stützmittel	Elemente der Stützmaßnahmen wie Anker, Spieße, Stahlbögen, Spritzbeton und Bewehrung
Systemverhalten (SV)	Verhalten des Gesamtsystems, resultierend aus Gebirge und gewählten Baumaßnahmen
Vortrieb	Leistungen zur Herstellung eines untertägigen Hohlraumes, insbesondere Lösen, Laden und Verfuhr sowie Stützmitteleinbau
Vortriebsklassen	Einteilung der Vortriebsarbeiten nach den bautechnischen Maßnahmen, welche der Verrechnung des Ausbruches und der Ermittlung der Vortriebsdauer dienen

2.3 Bauablauf im Sprengvortrieb

Wie in Abb. 2.2 und Abb. 2.3 ersichtlich ist, erfolgt der Sprengvortrieb in Form eines wiederholten, diskontinuierlichen Arbeitszyklus, der die Arbeitsschritte wie Bohren, Laden, Verdämmen, Sprengen, Lüften, Schuttern und Sichern umfasst. Diese Tunnelvortriebsmethode kombiniert ingenieurgeologische Konzepte mit handwerklichen Arbeitsmethoden und findet vor allem im Fels mit mittlerer bis hoher Festigkeit Einsatz.

2 Grundlagen des zyklischen Tunnelvortriebs

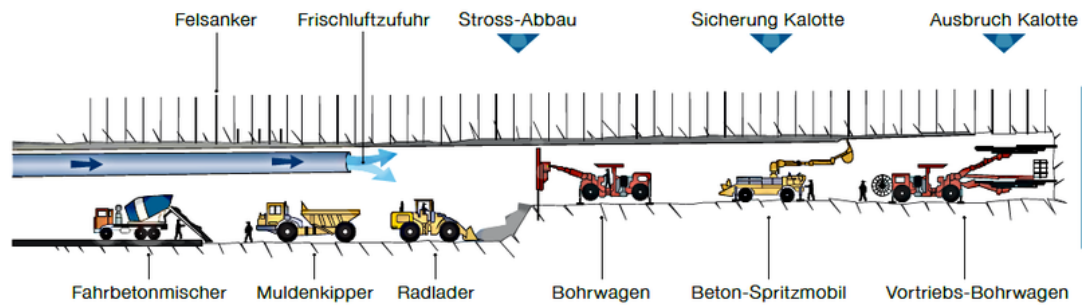


Abbildung 2.3: Sprengvortrieb [9]

Die Genauigkeit der Bohrlöcher sowie die gewählte Ladung der Bohrlöcher sind entscheidende Faktoren für den Erfolg beim Sprengvortrieb. Dazu sind leistungsfähige Bohrgeräte mit Ladekorb zum Laden und Besetzen der Bohrlöcher von großer Bedeutung [17]. Sowohl neue Entwicklungen im Bereich der Sprengtechnik als auch die ständige Verbesserung der Gerätetechnik, insbesondere für das Bohren, haben zur erheblichen Steigerung der Leistungsfähigkeit des Sprengvortriebs in den letzten Jahren geführt [29].

Der Sprengvortrieb ist durch folgende Grundsätze charakterisiert [17]:

- Mechanisierte und teilweise manuelle, zyklische Arbeit
- Sehr anpassungsfähiger und flexibler Bauprozess hinsichtlich des Ausbruchs jeglicher Querschnittsformen, der Zwischenaufweitungen und der Installation verschiedener Arten der temporären Sicherung
- Mittleres Niveau der mechanisierten und automatisierten Prozesse sowie der Arbeitssicherheit während der Installation der temporären Sicherung und des Schutterns in den noch ungesicherten Bereichen direkt nach dem Sprengen
- Kurze Mobilisationszeit aufgrund der einfachen Standardausrüstungskomponenten
- Mittlere Leistung, hohe Gesamtarbeitskosten aber geringe Gesamtinvestitionskosten

Der Sprengvortrieb zeigt meist eine mittlere Kosteneffizienz bei einer Tunnellänge von mehr als drei Kilometern, die aber mit zunehmender Tunnellänge abnimmt. Andererseits weist der Sprengvortrieb jedoch ein hohes, ungenutztes Leistungspotential in Bezug auf gleichzeitige, verbesserte zyklische Arbeit und besonders auf die Verbesserung der Logistik des rückwärtigen Vortriebsbereichs auf [17].

2.3.1 Bohren

Die Herstellung von Löchern unter Zuhilfenahme von Bohrwerkzeugen wird als Bohren (engl. *Drilling*) bezeichnet. Zur Aufnahme der Sprengstoffladung und somit zum Abbau der Ortsbrust im Sprengvortrieb werden Bohrlöcher hergestellt. Die Bohrtechnik dient als Mittel für die Sprengtechnik und daher sind diese beiden Techniken im Tunnelbau immer gemeinsam zu betrachten. Durch eine ausreichende Anzahl und richtige Anordnung der Bohrlöcher können die festgelegten Abschlagstiefen erreicht werden. Beim Tunnelvortrieb kommen folgende Arten von Bohrungen zum Einsatz [29]:

Sprengbohrung	Bohrlöcher zur Aufnahme der Sprengstoffladung, Leerbohrungen zur Begrenzung der Sprengwirkung
Ankerbohrung	Bohrlöcher zur Aufnahme von Felsankern zur Gebirgssicherung
Entlastungsbohrung	Bohrungen zur Druckwasserentlastung und -entspannung
Erkundungsbohrung	Vorausbohrungen zur Feststellung von Störungen und wasserführenden Schichten
Geotechnische Bohrung	Bohrlöcher zur Aufnahme von geotechnischen Messeinrichtungen

In Abhängigkeit vom verwendeten Bohrgerät und der Sprengstoffart können Bohrl Lochdurchmesser zwischen 17 und 127 mm hergestellt werden, üblich sind Durchmesser von 45 bis 52 mm [17]. Die Bohrlöchlänge entspricht je nach Tunnelquerschnitt in etwa der Abschlaglänge von ca. 1 bis 5 m [23]. Die Einflussfaktoren der Bohrbarkeit des Gesteins, die üblicherweise als die Summe der zusammenhängenden Auswirkungen des Bohrfortschritts und des Bohrstahlverbrauchs definiert wird, sind in Abb. 2.4 dargestellt [29].

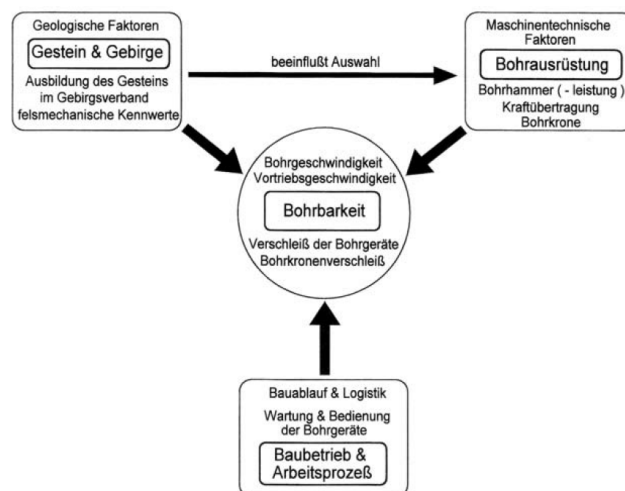
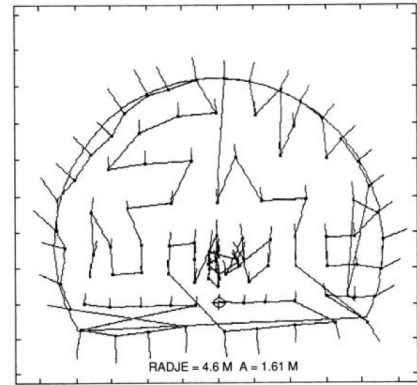


Abbildung 2.4: Einflussfaktoren auf die Bohrbarkeit [29]



(a) 4-armiger Bohrwagen (3 Bohrarme und zusätzlich eine Hebebühne) [3]



(b) Dokumentation eines aufgezeichneten Bohrvorganges [29]

Abbildung 2.5: Bohrbetrieb

Die Bohrlöcher im Tunnelbau werden heutzutage mit modernen, hauptsächlich radfahrbaren, dieselbetriebenen Bohrwägen mit elektrohydraulischer Bohrausrüstung hergestellt. Je nach aufzufahrender Querschnittsgröße und erforderlicher Bohrleistung kommen Bohrwägen oder sogenannte Jumbos mit bis zu drei Bohrarmen zum Einsatz. Größere Bohrjumbos können zusätzlich auch Hilfsarme mit Arbeitsplattformen aufnehmen (Abb. 2.5). Der Bohrvorgang kann bei modernsten Geräten mit einer Computersteuerung vollautomatisch erfolgen, wodurch eine bessere Bohrgenauigkeit und somit ein besseres Sprengergebnis erreicht werden kann. Jedoch soll weiterhin im Falle einer Störung oder eines Ausfalls der Elektronik jeder Bohrvorgang stets manuell durchführbar sein [29].

2.3.2 Sprengen

Nach der Herstellung der Sprenglöcher sind folgende Arbeitsschritte vor dem Sprengen im Tunnelbau durchzuführen [17]:

- Bohrloch freiblasen und reinigen
- Laden des Bohrlochs mit Sprengstoff und Zündmittel
- Zündsystem anbringen
- Verdämmen
- Zündkreis prüfen
- Zünden



(a) [6]



(b) [7]

Abbildung 2.6: Laden des Bohrlochs mit Sprengstoff und Zündmittel

Unter Laden (engl. *Loading*) versteht man das Einbringen des Sprengstoffs in das Bohrloch (Abb. 2.6). Vor dem Beginn des Ladens wird das Bohrloch von etwaigem Material gereinigt und auf seine Richtung, Tiefe und Beschaffenheit geprüft. Je nach Sprengstoffart erfolgt das Laden durch Einschieben und Andrücken mit dem Holz-, Kunststoffladestock oder einer pneumatischen Lademaschine für Schlagpatronen, weiters durch Einblasen bei pulverförmigem Sprengstoff oder durch Einpumpen bei zahnpasteartigen Emulsionssprengstoffen [17].

Nach dem Laden wird die Sprengladung mit einem Verdämmmaterial (Sand, Lehm, Wasser) besetzt, um das Bohrloch dicht zu verschließen. Besetzen oder Verdämmen verhindert ein frühzeitiges Ausblasen der bei der Umsetzung des Sprengstoffes entstehenden Sprenggase und erhöht damit die Sprengwirkung auf die Bohrlochwandung und das umgebende Gestein [17].

Um Fehlzündungen oder verspätete Zündungen zu vermeiden und somit die Arbeitssicherheit zu erhöhen, muss vor der Zündung der Zündkreislauf überprüft werden. Erst wenn der Sprengmeister dafür gesorgt hat, dass sich keine Arbeiter in der Gefahrenzone befinden, kann die Explosion durch eine Zündmaschine ausgelöst werden. Zu Reduzierung der toxischen Gase erfolgt nach jeder Sprengung eine vorgeschriebene Ventilationspause von ca. 15 Minuten [17].

2.3.3 Schuttern

Das Laden und der Abtransport des durch die Sprengung entstandenen Ausbruchmaterials wird als Schuttern (engl. *Mucking*) bezeichnet. Der Schuttervorgang liegt insbesondere im Sprengvortrieb am kritischen Weg, und kann je nach Gebirgstyp und Abschlagstiefe bis zu 40 % der Dauer des Arbeitszyklus ausmachen. Die Wahl des Schutterbetriebs hat einen wesentlichen Einfluss auf die Vortriebsleistung und damit auf die Gesamtbauzeit

2 Grundlagen des zyklischen Tunnelvortriebs

und Kosten. Eine geeignete Kombination von Lade- und Transportgeräten ist projektspezifisch nach folgenden Kriterien zu wählen [29]:

- dem zur Verfügung stehenden Lichtraum im Quer- und Längsschnitt, sowie dessen Einschränkungen durch Ver- und Entsorgungsinstallationen
- den Transportentfernungen und Steigungsverhältnissen
- dem Ausbruchsvolumen pro Ausbruchsquerschnitt
- den Kennwerten des Ausbruchsmaterials (Korngröße, Kornform und Kornverteilung)

Die Aufgabe der Ladegeräte liegt in der Aufnahme des gelösten Gesteinsmaterials und dessen Übergabe an die Transportgeräte. Die Ladegeräte lassen sich nach verschiedenen Kriterien unterteilen. In folgender Aufzählung ist eine grobe Einteilung nach dem Einsatzbereich gegeben [17]:

- Hochlöffelbagger für sehr große Tunnel und Kavernen; $\varnothing > 10\text{--}12\text{ m}$
- Radlader für große Tunnel; $\varnothing > 9\text{ m}$
- Tunnelladebagger für Tunnel ab $\varnothing > 7\text{ m}$
- Seitenkipp-Radlader für Tunnel $\varnothing > 6\text{--}9\text{ m}$
- Stollenfahrlader für Stollen $\varnothing > 4\text{--}6\text{ m}$
- Universalgeräte für Stollen $\varnothing > 4\text{--}7\text{ m}$



Abbildung 2.7: Tunnelbagger [28]

Die Aufgabe der Transportgeräte ist der Abtransport des gelösten Gesteinsmaterials vom Vortriebsbereich im Tunnel zum Zwischenlager in Portalnähe. Die Transportgeräte können grundsätzlich in drei Gruppen unterteilt werden:

- Gleisloser Betrieb oder Radbetrieb
 - Muldenkipper
 - Fahrlader
- Gleisbetrieb
 - Schütterzüge
 - Bunkerzüge
- Materialtransport mit Förderbändern

2.3.4 Sichern

In einem Tunnel mit vorübergehend standfestem Gebirge wird die Sicherung nach dem Ausbruch eingebaut. Konventionelle Stützmittel dienen der unmittelbaren Ausbruchssicherung und haben die Aufgabe, die Eigentragsfähigkeit des Gebirges im Zuge des Vortriebszyklus zu ermöglichen, zu unterstützen und zu verbessern. Diese Stützmaßnahmen besitzen i. d. R. nicht mehr als etwa eine Abschlagstiefe vorausseilende Wirkung. Zu den konventionellen Sicherungsmitteln gehören Spritzbeton, Bewehrung, Anker, Spieße, Dielen und Tunnelbögen.

Zum Einbau dieser Stützmaßnahmen kommen konventionelle Geräte für die Anker- und Sprenglochbohrung zum Einsatz. Der Spritzbeton kann mittels einer Spritzmaschine aufgetragen werden, die Tunnelbögen und Bewehrungsmatten werden mit einem Radlader oder speziellen Hebebühnen (Abb. 2.8) eingebaut.



Abbildung 2.8: Einbau der Bewehrungsmatten mittels Hebebühne

Spezielle Sicherungsmaßnahmen können im Gebirge mit einer Standzeit geringer als die notwendige Zeit zum Einbau der Sicherung erforderlich sein. Weiterhin werden diese bei der Forderung eines setzungsarmen Vortriebs in Bereichen geringer Überdeckung beim Unterfahren von bestehenden Bauwerken sowie teilweise im Grundwasserbereich eingesetzt. Diese Stützmaßnahmen wirken i. d. R. weit vorausseilend und ermöglichen das Herstellen eines vor der Ortsbrust wirkenden Schirmgewölbes, unter dessen Schutz der weitere Vortrieb konventionell erfolgen kann. Zu den speziellen Sicherungsmaßnahmen zählen Rohrschirme, DSV-Schirme, Injektionen und Gefrierverfahren, die mittels Spezialgeräte eingebaut werden [19].

2.4 Die Neue Österreichische Tunnelbaumethode

Erfolgt beim Spreng-, Bagger- oder TSM-Vortrieb die Sicherung mittels Spritzbeton und eventuell Anker und Ausbaubögen, so spricht man von Spritzbetonweise, der sog. Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode (NÖT) oder New Austrian Tunneling Method (NATM) [24]. Diese Methode beruht auf einem Konzept, welches das den Tunnel umgebende Gebirge (Fels oder Boden) durch Aktivierung eines Gebirgstragringes als wesentlich tragender Bauteil in der Gesamtkonstruktion des Tunnels macht. Demnach müssen einige Grundsätze berücksichtigt werden [13]:

- Berücksichtigung des geomechanischen Gebirgsverhaltens
- Vermeidung von ungünstigen Spannungs- und Verformungszuständen durch den zeitgerechten Einbau geeigneter Stützmittel
- Rechtzeitig eingebrachter und statisch wirksamer Sohlschluss, welcher dem Gebirgstragring die statische Funktion der geschlossenen Röhre verleiht
- Optimierung des Ausbauwiderstandes abhängig von den zulässigen Verformungen
- Messtechnische Beobachtung und Überwachung zur Kontrolle sowie zur Optimierung

2.4.1 Voraussetzungen für die NÖT

Grundsätzlich ist eine ausreichend lange Standzeit des Gebirges von der Freilegung des jeweiligen Hohlraumabschnitts bis zum Einbau der Sicherungsmittel die wesentliche Voraussetzung für die Anwendbarkeit der NÖT. Falls dies nicht möglich ist, müssen entweder in den Ausbau integrierbare Maßnahmen oder eigenständige Bauhilfsmaßnahmen ergriffen werden.

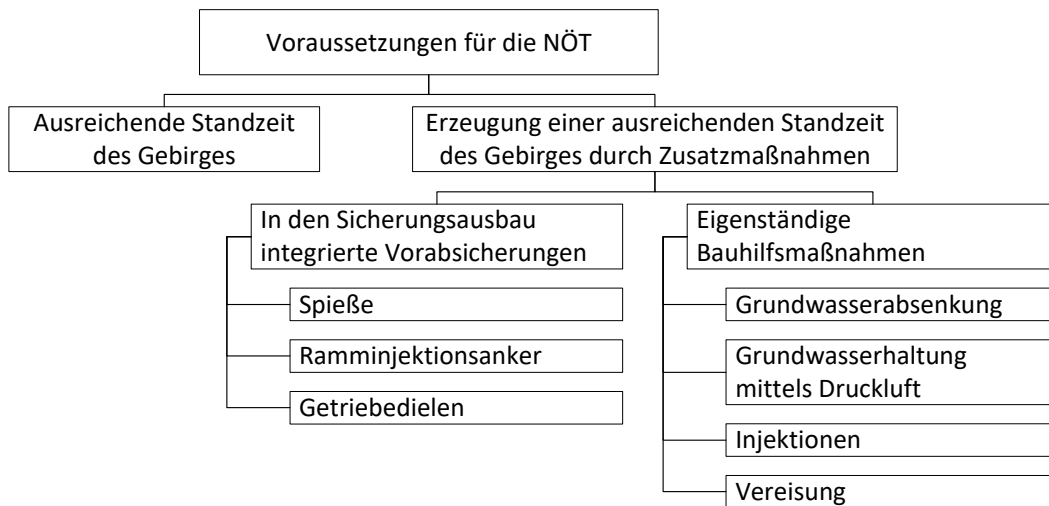


Abbildung 2.9: Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der NÖT [19]

2.4.2 Besonderheiten und Vorteile

Nach Goger [19] beschreiben folgende Grundsätze die wesentlichen Besonderheiten des Bauablaufs bei der NÖT:

- Die NÖT nützt die Eigentragfähigkeit des Gebirges (Fels/Boden) durch Mobilisierung der Festigkeit des den Hohlraum umgebenden Gebirges
- Der Tunnelausbruch wird in Teilschritten (Kalotte, Strosse, Sohle; evtl. jeweils auch Teilflächenöffnungen) ausgeführt, wobei die offenen Flächen sofort nach dem Ausbruch mit Spritzbeton versiegelt werden. In Folge wird eine Außenschale aus bewehrtem Spritzbeton eingebaut.
- Der Ausbau hat eine definierte Festigkeit, um eine kontrollierte Entspannung um den Hohlraum zuzulassen, die eine Minimierung der Schnittkräfte bewirkt und damit eine kosteneffiziente Konstruktion ermöglicht.
- Zusätzlich werden verschiedene Stützmittel für Laibung, Ortsbrust und vorausseilend Bodenverbesserungsmaßnahmen verwendet, um die Stabilität und Sicherheit des Tunnelvortriebes zu gewährleisten und Oberflächensetzungen zu minimieren.
- Für sehr ungünstige Untergrundverhältnisse wurden in der Vergangenheit spezielle Methoden entwickelt, wie Bodenvereisung, Vortrieb unter Druckluft etc.

2.5 Geotechnische Planung

Die Richtlinie [32] der Österreichischen Gesellschaft für Geomechanik (ÖGG) unterscheidet zwei Phasen der geotechnischen Planung, die Phase der Planung und der Bauausführung. Das Ziel ist eine sichere und wirtschaftliche Optimierung der Bauausführung unter Nutzung der vor Ort anstehenden Gebirgsverhältnisse und dabei die Sicherheitserfordernisse, Langzeitstabilität sowie geforderten Umwelterfordernisse zu gewährleisten.

In der Phase der Planung werden die erwarteten Gebirgseigenschaften, die Einteilung in Gebirgsarten sowie die Ermittlung des erwarteten Gebirgsverhaltens (Gebirgsverhaltenstypen), die Festlegung der bautechnischen Maßnahmen unter Berücksichtigung der aktuellen Randbedingungen, die Prognose des Systemverhaltens und die Ermittlung der Vortriebsklassen gemäß ÖNORM B2203-1. In einem geotechnischen Bericht sind die Ergebnisse der Planung zusammengefasst sowie die der Planung zugrunde gelegten Annahmen und Rahmenbedingungen nachvollziehbar dargestellt.

Die tatsächlichen Gebirgsverhältnisse werden erst in der Phase der Bauausführung angetroffen, die geotechnischen relevanten Gebirgsparameter erfasst und ausgewertet. Darauf basierend wird unter Berücksichtigung der tatsächlichen Verhältnisse das aktuelle Systemverhalten im Ausbruchsbereich nach den Vorgaben der Planung abgeschätzt und die bautechnischen Maßnahmen unter Beachtung der Vorgaben des tunnelbautechnischen Rahmenplans und des geotechnischen Sicherheitsmanagementplans festgelegt. Der für die Ausbaufestlegung vor Ort notwendige Prozess wird in den Richtlinien der ÖGG anhand eines Flussdiagrammes dargestellt (Abb. 2.10). Dieser erfolgt laut den Richtlinien der ÖGG in folgenden vier Hauptschritten:

1. Bestimmung der aktuellen Gebirgsart und Prognose der Gebirgsverhältnisse
2. Abschätzung des Systemverhaltens im Ausbruchsbereich
3. Festlegung von Ausbruch und Stützung und Prognose des Systemverhaltens im gesicherten Bereich
4. Überprüfung des Systemverhaltens

Auf der Grundlage der zunehmenden Kenntnis des anstehenden Baugrunds sollte eine laufende Fortschreibung der geotechnischen Planung, insbesondere des tunnelbautechnischen Rahmenplanes für die noch nicht aufgefahrenen Bereiche des Hohlraumbauwerkes vorgenommen werden. Darüber hinaus muss in beiden Phasen die endgültige Entscheidung der auszuführenden Baumaßnahmen auf Basis der Planung und aller vor Ort gewonnenen Informationen getroffen sowie nachvollziehbar begründet und dokumentiert werden.

Das Ergebnis der Ausbaufestlegung ist ein Formblatt (Abb. 2.11), das immer einem Abschlag vorausgeht. Daher ist es notwendig, für jeden Abschlag eine gültige Ausbaufestlegung zwischen AN und der örtlichen Bauaufsicht (ÖBA) einvernehmlich festzulegen. Um die gewonnenen Erkenntnisse mit dem prognostizierten Gebirgsverhalten zu vergleichen

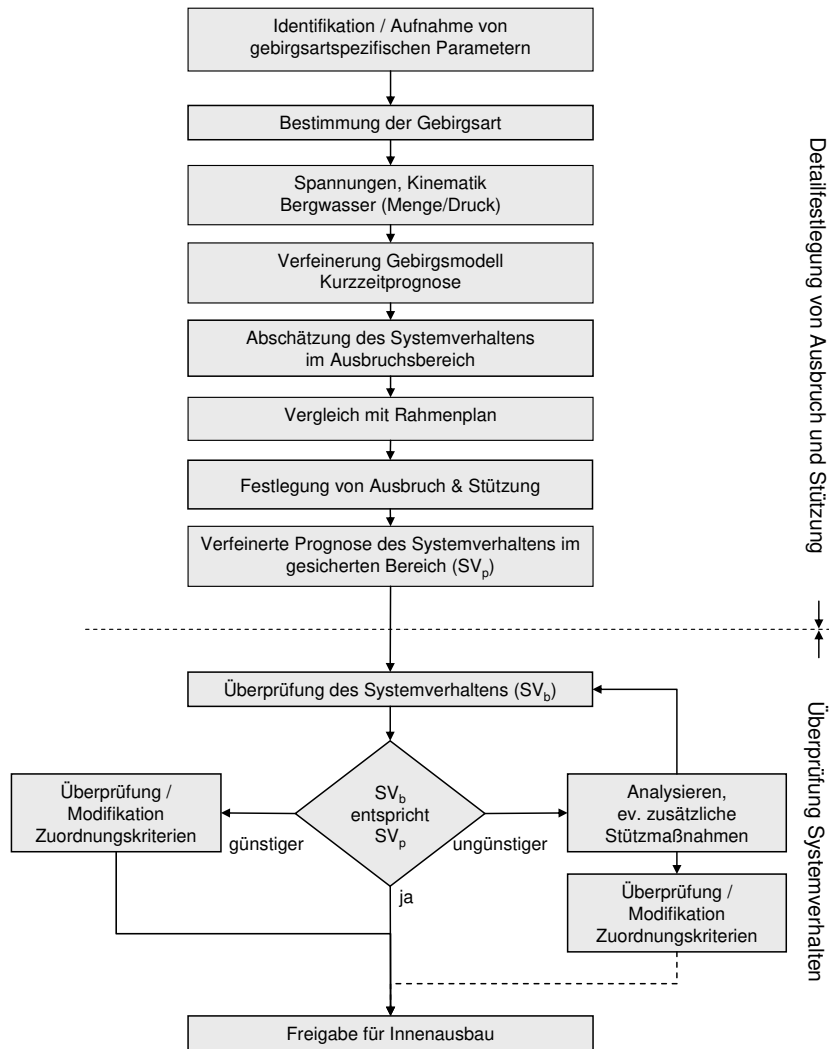


Abbildung 2.10: ÖGG-Richtlinie — Phase 2 (Bauausführung) [32]

2 Grundlagen des zyklischen Tunnelvortriebs

AUSBAUFESTLEGUNG			
KALOTTE	Datum:	Blatt Nr.:	5
Station QS: von <u>35,50</u> m bis _____ m	um radial in [cm]: <u>5</u> cm	VK: <u>K-Q31+35_K 7/2,57</u> Typ: <u>B2</u>	
Abschlagsl.: > <u>0,80</u> ≤ <u>1,00</u> m	Brustkeil: -	Öffnen in TF: -	
Bogen: - [Typ]	BstG: <u>AQ 50 / 1 Lage</u> [Typ/Lagen]	SpB Stärke: <u>10</u> cm [ds]	
Brustversiegelung: <u>5 cm</u> / <u>n. Erf. *)</u> [ds/Fläche]		BstG: - / - [Typ/Fläche]	
Brustanker: - [Typ BL/Länge/Stück]			
Fußverbreiterung: -		Anschlussbew. 50/50: -	
temp. Sohlgewölbe: - cm [ds]	BstG: - / - [Typ/Lagen]		
Anker [Typ]	Radialanker **)		Voraus Sicherung
Bruchlast	gef. RRA 100kN	gef. RRA 100kN	Rohrspieße
Länge	3	3 m	Länge
Anzahl	4	n. Erf. ***)	Anzahl
Abstand	2m	var.	Durchmesser
Verpressgut	-	-	Wandstärke
			Abstand
<p>Anmerkungen: Achse QS 35 bei Station NORD 12783,2185 m bzw. km 57+025,923 (160_TU-06-0110-F03) Station QS 0,00 = Achse Streckentunnel Nordröhre</p> <p>Die Arbeitsfuge zwischen Kalotte und Strosse muss in radiale Richtung ausgebildet sein</p> <p>*) Nach geotechnischer Erfordernis in Abstimmung mit der ÖBA **) Der Abstand zwischen den Radialankern ist in Umfangsrichtung variabel bzw. den geotechnischen Verhältnissen anzupassen ***) Nach geotechnischer Erfordernis in Abstimmung mit der ÖBA senkrecht auf Trennflächen</p> <p>Es gelten unter anderem die Pläne 139_TU-08-1261-F00, 160_TU-10-1001-F05 sowie 139_TU-10-1134-F00. Anzahl der Messpunkte / Messquerschnitt und Abstand lt. Messanweisung GT-U Nr. 140.</p>			

Abbildung 2.11: Ausbaufestlegung [38]

und diese in die Ausbaufestlegung aufzunehmen, wird nach dem Abschlag eine Aufnahme der geologischen und hydrologischen Verhältnisse von einem Geologen durchgeführt (Abb. 2.12).

2.6 Grundlagen der Kostenermittlung im Tunnelbau

Kosten für Bauleistungen setzen sich aus vier verschiedenen Kostenanteilen zusammen, die in diesem Abschnitt dargestellt werden. Diese Kostenarten werden der Reihe nach und anteilig an den Gesamtkosten mit Ausnahme der Baustellengemeinkosten angeführt [31].

2.6.1 Personalkosten

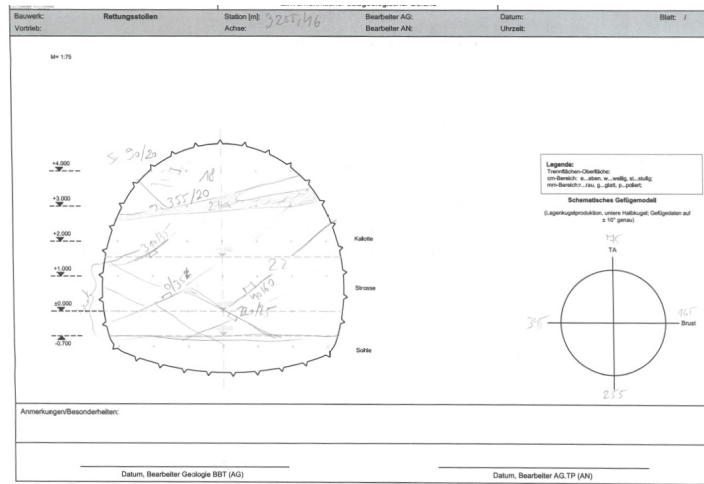
Personalkosten umfassen die Gehaltskosten für Angestellte und Lohnkosten für Arbeiter, wobei bei Arbeitern zwischen produktivem und unproduktivem Personal unterschieden wird. Bei den Personalkosten werden nur die Kostenanteile für die produktive Arbeit berücksichtigt, da diese direkt über die Positionen für den Vortrieb abgerechnet werden können. Die Kosten für Personal, das nicht direkt an den Vortriebsarbeiten beteiligt ist, wie Polier und Angestellte, müssen auf diese Positionen umgelegt oder in den Baustellengemeinkosten einkalkuliert werden. Die Höhe des Lohns und des Gehaltes ist in unterschiedlichen Kollektivverträgen geregelt und wird jährlich angepasst. Der Mittellohnpreis (MLP) für die Arbeitsstunde wird mithilfe des sogenannten Kalkulationsformblattes K3 ermittelt [31].

Der Mittellohnpreis kann überschlägig gemäß der in Tabelle 2.1 zusammengestellten Grundformel berechnet werden.

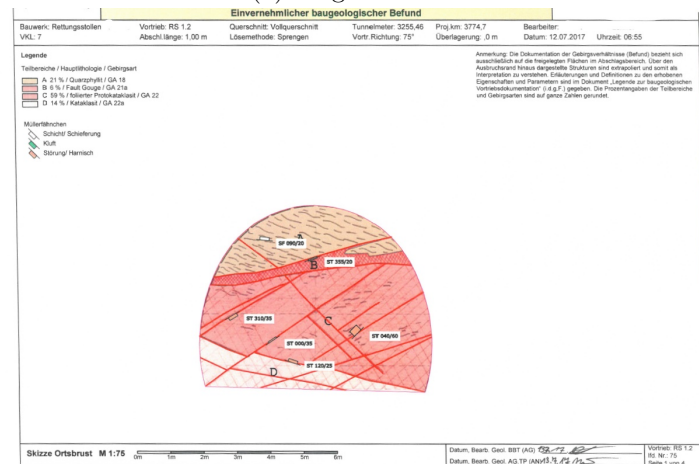
	Kollektivvertraglicher Mittellohn	
+	Aufzahlungen aus Zusatzkollektivverträgen	ca. 10 %
+	Überkollektivvertraglicher Mehrlohn	ca. 15-20 %
+	Mehrarbeit-, Schichtarbeit- und Erschwerniszulagen	ca. 5-10 %
+	andere abgabenpflichtige Lohnbestandteile	ca. 5-10 %
=	Mittellohn (ML)	
+	andere nicht abgabenpflichtige Lohnbestandteile	ca. 5-10 %
+	Lohnnebenkosten	ca. 90-100 % auf ML
=	Mittellohnkosten (MLK)	
+	Gesamtzuschlag	ca. 10-20 % auf MLK
=	Mittellohnpreis (MLP)	

Tabelle 2.1: Grundformel Mittellohnpreis

2 Grundlagen des zyklischen Tunnelvortriebs



(a) Originalskizze



(b) Skizze aus TUGIS.NET



(c) Fotodokumentation

Abbildung 2.12: Einvernehmliche geologische Aufnahme

2.6.2 Gerätekosten

Die Gerätekosten umfassen die Kosten für Abschreibung und Verzinsung sowie für Instandhaltung (Reparatur) der Geräte. Diese Kostenanteile sind entweder aus betriebsinternen Aufzeichnungen bekannt oder werden der Österreichischen Baugeräteliste (ÖBGL) entnommen. Bei Eigengeräten ergeben sich die zeitbezogenen Gerätekosten aus der Summe der Abschreibungs-, Verzinsungs- und Reparaturanteile, bei Fremdgeräten aus der Gerätemiete. Für die Kalkulation der Gerätekosten kann entweder die Neuwertmethode oder die ÖBGL-Methode angewendet werden. Hinsichtlich ihrer Zuordnung im Leistungsverzeichnis (LV) können Geräte in Leistungsgeräte und Vorhaltegeräte unterschieden werden. Die Vorhaltegeräte sind über die zeitgebundenen Baustellengemeinkosten zu verrechnen [31, 33].

2.6.3 Materialkosten

Materialkosten umfassen die Kosten, die dem Material zuzurechnen sind. Diese ergeben sich durch den Materialverbrauch und die monetäre Bewertung der Verbrauchsmenge. Der Anteil der Materialkosten an den Gesamtkosten spielt eher eine untergeordnete Rolle. Durch spezielle Rabatte, Liefervereinbarungen, Rahmenverträge, Lagerhaltung und Ausnutzung von Skonti ergibt sich jedoch ein großer Spielraum bei der Preisgestaltung des Verbrauchsmaterials [31].

Bei einem Sprengvortrieb fallen unter Materialkosten alle Kostenanteile für Sicherungsmaßnahmen wie Spritzbeton, Baustahlgitter, Anker, Tunnelbögen und Spieße. Die eingebaute Menge der Stützmittel variiert in Abhängigkeit von den einzelnen Vortriebsklassen.

2.6.4 Baustellengemeinkosten

Unter Baustellengemeinkosten werden jene Kostenanteile der Gesamtkosten einer Baustelle erfasst, die den einzelnen Einzel- oder Teilleistungen des Leistungsverzeichnisses nicht direkt zugewiesen werden können.

Die Baustellengemeinkosten gliedern sich in [33]:

1. einmalige Kosten der Baustelle
2. zeitgebundene Kosten der Baustelle
3. Gerätekosten der Baustelle
4. sonstige Kosten der Baustelle

2 Grundlagen des zyklischen Tunnelvortriebs

Einmalige Kosten der Baustelle sind Kosten, die einmalig über die gesamte Baudauer anfallen und bei vorhandener Leistungsbeschreibung unabhängig von Ausschreibungsmengen und Bauzeit sind. Dazu gehören Kosten für die Baustelleneinrichtung und -räumung (Ladearbeiten, Auf- und Umstellen, Abbau von Geräten, Unterkünften etc.) sowie Kosten der Erschließung und Inbetriebsetzung der Baustelle.

Zeitgebundene Kosten der Baustelle sind im Gegensatz zu den einmaligen Kosten nicht mengenmäßig gebunden, sondern bauzeitabhängig. Diese fallen bei der Leistungserbringung in annähernd gleichbleibender Höhe je Zeiteinheit an und laufen auch bei Bauunterbrechungen weiter. Hierzu gehören insbesondere Gehaltskosten der Angestellten (z. B. Bauleiter, Techniker, Baukaufmann, Polier), zeitgebundene Lohnkosten für unproduktives Baustellenpersonal, Reisekosten, sonstige Kosten der Baustelle (z. B. Mieten, Beleuchtung, Telefon, Beheizung), Betriebskosten besonderer Anlagen wie Unterkünfte, Kantine, Versorgungsanlagen sowie von Vorhaltegeräten und Baustellenfahrzeugen.

Zu den Gerätekosten der Baustelle gehören Kosten für Abschreibung und Verzinsung sowie Instandhaltung der Geräte, soweit diese Kosten nicht in den Leistungspositionen erfasst sind.

Sonstige Kosten der Baustelle umfassen alle Kosten, die über den üblichen Leistungsumfang des AN hinausgehen (z. B. Kosten der Planung, Aufnahme des Probetriebes, Einschulung, Dokumentation und dgl.).

Die Baustellengemeinkosten können entweder als eigene Position im LV berücksichtigt oder auf die maßgebenden Leistungspositionen als Umlage aufgeteilt werden.

3 Dokumentationswesen

Gemäß Kalusche [21] beinhaltet Dokumentation „*die langfristige Sicherung von wesentlichen Informationen über ein Projekt*“, mit dem Ziel der Aufbewahrungspflicht nachzukommen und eine Auswertung der Projektarbeit zu ermöglichen. Dadurch können wertvolle Daten und Kennwerte für zukünftige Projekte gewonnen werden.

Grundsätzlich sind zwei Informationskomplexe auf einer Baustelle in einer Dokumentation zu erfassen [40]:

- der Zustand der Baustelle und der Leistungsstand zu einem gewissen Zeitpunkt, insbesondere, wenn diese später nicht mehr nachvollziehbar sind
- der Einsatz der Kapazitäten, um die Auswirkungen von Leistungsstörungen später bewerten zu können

In den folgenden Abschnitten werden nun die wichtigsten Dokumentationsmittel einer Baustelle näher dargestellt. Es werden Anforderungen an das Dokumentationswesen sowohl aus der Sicht des AN als auch des AG beschrieben.

3.1 Anforderungen

Mit der Dokumentation wird darauf abgezielt, die Sensibilität aller Projektbeteiligten durch ein frühzeitiges Erkennen von Soll-Ist-Abweichungen zu erhöhen. Eine baubegleitende Dokumentation ermöglicht Leistungsverzögerungen und deren Ursachen im Bauverlauf zu erkennen und dazu nötige Lösungsmaßnahmen zu finden. Im Falle eines durch Bauablaufstörungen entstandenen Schadens dient die Dokumentation als Beweismittel zur Beurteilung und Bewertung der Auswirkungen sowie als Grundlage der Begutachtung. Insofern hat die Dokumentation folgende Aufgaben zu erfüllen [20]:

- Nachprüfbare Belege schaffen und somit die Glaubwürdigkeit erhöhen
- Plausibilitätsprüfungen durch systematischen Aufbau erleichtern
- Eindeutigkeit der technischen und rechtlichen Bedingungen des Baugeschehens gewährleisten
- Transparente Darstellung für beide Vertragspartner schaffen

3 Dokumentationswesen

- Rechtzeitige Einleitung von Nachsteuerungsmaßnahmen bei erkannten Störungen ermöglichen

Der Anspruch an das Dokumentationswesen besteht in einer möglichst lückenlosen und realitätsnahen Darstellung des Bauablaufs, in Form einer überschaubaren und aktualisierbaren Dokumentation. Im Rahmen eines Dokumentationssystems werden die anzuwendenden Dokumentationsmittel festgelegt, ein systematischer Aufbau der Bezeichnung dieser Mittel definiert sowie eine Fortschreibung der Unterlagen im Bauverlauf ermöglicht.

Der AN dokumentiert die bereits erbrachte Leistung und nutzt die Dokumentation als Nachweis einer Mängelfreiheit und der geforderten Qualität. Die Dokumentation bildet die Basis für seine Vergütung. Eventuelle Störungen des Bauablaufs und die Ursachen bei Terminüberschreitungen können durch eine einwandfreie Dokumentation leichter nachgewiesen werden. Der AG verwendet die Dokumentation zur Kontrolle und Überwachung der von ihm in den Ausschreibungsunterlagen definierten auszuführenden Leistungen und zur schnelleren Entscheidungsfindung.

Während der Bauausführung übt der AN eine aktive Dokumentationsrolle aus, wohingegen der AG nur eine passive, kontrollierende Rolle einnimmt. Der AG hat in der Projektvorbereitungsphase die Leistungen sowie Anforderungen an das Dokumentationssystem zu definieren und nimmt somit eine aktive Rolle dabei ein [22]. In Abb. 3.1 ist das Anforderungsprofil an ein Dokumentationssystem aus der Sicht des AG und AN grafisch dargestellt.

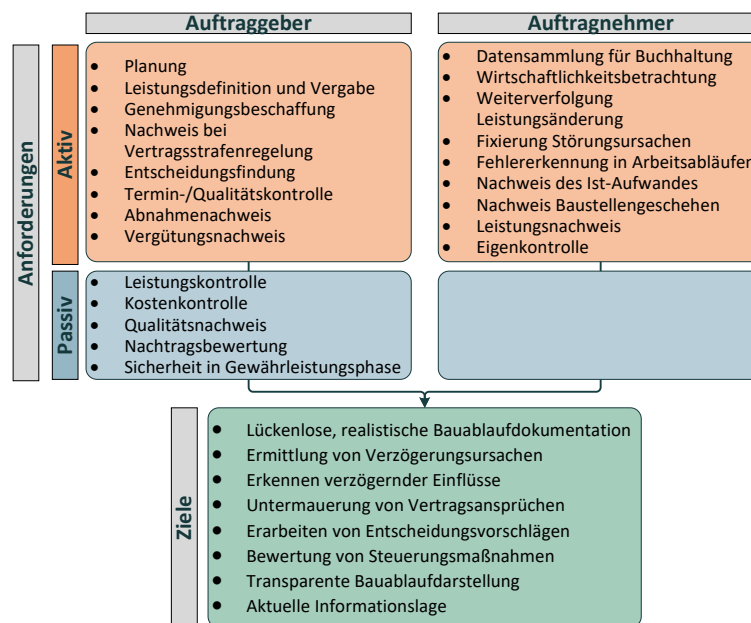


Abbildung 3.1: Anforderungsprofil an die Dokumentation aus AG/AN-Sicht [20]

3.2 Arten der Dokumentation

Die Dokumentation wichtiger Umstände und Ereignisse erfolgt in der Regel im Eigeninteresse jedes Vertragspartners, um Beweisfragen beantworten zu können.

In der ÖNORM B 2118 [34] wird unter Punkt 6.2.7 beschrieben, was und wie zu dokumentieren ist: *„Vorkommnisse (Tatsachen, Anordnungen und getroffene Maßnahmen), welche die Ausführung der Leistung oder deren Abrechnung wesentlich beeinflussen sowie Feststellungen, die zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr getroffen werden können, sind nachweislich festzuhalten. Die Vertragspartner sind verpflichtet, an einer gemeinsamen Dokumentation mitzuwirken. Die Dokumentation allein stellt kein Anerkenntnis einer Forderung dar.“*

Weiters definiert die ÖNORM, dass Ziele und Umfang der Dokumentation in der jeweiligen Partnerschaftssitzung in angemessener Weise festzulegen sind. Alle bestehenden Dokumentationslücken können bis zu dieser Partnerschaftssitzung durch andere Nachweise geschlossen werden.

Der jeweilige Vertragspartner trägt die Kosten für die Routedokumentation, die er durchführt oder gemäß Vertrag durchzuführen hat. Eine Routedokumentation ist die Dokumentation, die auch ohne Vorliegen einer Mehr- oder Minderkostenforderung auf der Baustelle durchgeführt wird [35].

Baubuch und Bautagesbericht sind zwei in der ÖNORM B 2118 normierte Dokumentationsarten und stellen eine vom AG und AN gemeinsam geführte Dokumentation dar. Das Baubuch wird dabei vom AG und die Bautagesberichte vom AN geführt. Neben diesen beiden Standarddokumentationsformen kommen auch weitere Dokumentationsunterlagen wie Protokolle und Fotos zur Anwendung. Wichtig ist es, dass derartige Dokumentationsmittel auch dem anderen Vertragspartner zur Kenntnis gebracht werden, um die Beweiskraft im Streitfall erhöhen zu können [26].

Folgende Dokumentationsmittel stehen im Wesentlichen bei der Durchführung eines Bauprojekts zur Verfügung:

- Bautagesberichte
- Baubuch
- Planlieferlisten
- Besprechungsprotokolle
- Foto- und Videodokumentation
- Soll-Ist-Vergleiche
- Behinderungsanzeigen
- Inverzugsetzung

3 Dokumentationswesen

- Mängelanzeigen
- Feldaufmaßblätter

Bei der Durchführung eines Tunnelbauprojekts kommen noch folgende Dokumentationsmittel zum Einsatz:

- Vortriebsberichte
- Stützmittelprotokolle
- Stundenberichte

Die Bautagesberichte, das Bautagebuch sowie alle anderen Zusatzberichte werden tagesaktuell von der Bauleitung geführt und soweit nötig vom Auftraggeber zeitnah unterschrieben oder ihm jedenfalls zur Information übermittelt. Die Bauleitung ist verantwortlich, alle während der Bauausführung auftretenden Umstände, die in weiterer Folge Erschwernisse und Behinderungen verursachen und vor allem Feststellungen, die zu einem späteren Zeitpunkt nicht mehr nachvollziehbar sind, lückenlos in diesen Berichten zu dokumentieren. Gemeinsam bilden sie die Basis für den Nachweis von geänderten Verhältnissen.

Der Vortriebsbericht mit dem Zyklusdiagramm stellt die wesentliche Grundlage für die Datenerfassung in einem Tunnelvortrieb dar. Der Fokus innerhalb dieser Diplomarbeit liegt deshalb auf diesem Bericht und seinem Aufbau.

Das umfassende Berichtswesen auf einer Baustelle kann gegebenenfalls in ein internes und externes Berichtswesen unterschieden werden [16]:

intern	extern
Bautagebuch	Leistungsmeldung
Leistungsmeldung	Terminkontrolle
Termin- und Kostenkontrolle	Nachtragsmeldungen
Arbeitssicherheitsrapporte	Zwischenabnahmen
Nachtragsmeldungen	Rechnungsstellung und Zahlungskontrolle
Rechnungsstellung und Zahlungskontrolle	

Das interne Berichtswesen ermöglicht einen stetigen Informationsfluss zwischen unternehmensinternen Stellen und bildet eine Basis für das Vertrauen zwischen den am Projekt beteiligten Führungskräften und der Unternehmensführung. Durch eine zweckmäßige interne Kommunikation und Dokumentation können die Abweichungen von den Soll-Vorgaben frühzeitig erkannt, die notwendigen Maßnahmen getroffen und somit das Ergebnisziel erreicht werden.

Das externe Berichtswesen wendet sich in erster Linie an den Bauherrn, seine Vertreter oder beteiligte Ingenieurbüros.

Weiters unterscheidet die ÖNORM B 2203-1 folgende Arten der Dokumentation bei der Ausführung von Untertagebauarbeiten im zyklischen Tunnelvortrieb:

Die **ingenieurgeologische Dokumentation** wird im Zuge der Vortriebsarbeiten von einem Geologen geführt und erfasst die geologischen und hydrogeologischen Verhältnisse des Gebirges. Sie bildet die Grundlage für die Festlegung der Vortriebsmaßnahmen und ermöglicht den Vergleich der prognostizierten Verhältnisse mit den tatsächlichen Verhältnissen.

Die **geotechnische Dokumentation** beinhaltet die Ergebnisse der geotechnischen Messungen sowie deren Interpretation und Umsetzung bei den Vortriebsarbeiten, die von einem Geotechniker in Form von Berichten oder Besprechungsprotokollen dokumentiert werden.

Die **tunnelbautechnische Dokumentation** kann je nach Vortriebsart für die einzelnen Querschnitte folgende Angaben umfassen:

- Vortriebsklassen, Systemverhalten
- Art und Umfang der einzelnen Stützmittel
- Sondermaßnahmen
- Sohlausbildung
- Ort und Art der Hauptmessquerschnitte
- Ergebnisse der Verformungsmessungen
- Bergwasserzutritte im Vortriebsbereich
- Ganglinie der Wassermengen am Portal
- Entwässerungen und Abdichtungen
- Betongüte, Bewehrung, Dicke der Innenschale
- Art und Ort der Messquerschnitte in der Innenschale
- Verformungsgeschwindigkeit zum Zeitpunkt des Einbaus der Innenschale
- Hinweise auf Standsicherheitsberechnungen
- Besonderheiten

1	BAUEINLEITUNG		
2	ORGANISATION		
3	VERTRAGSWESEN		
4	LENKUNG DER DOKUMENTE		
5	PROJEKTRISIKEN		
6	ARBEITSVORBEREITUNG		
7	ARBEITSSICHERHEIT & UMWELT		
8	BESCHAFFUNG		
9	BEHANDLUNG ABWEICHUNGEN		
10	BAUDOKUMENTATIONEN; ENDBERICHTE		

	4.1	Erstellung von Dokumenten
	4.1.1	Mustervorlage Dokument
	4.2	Änderung von Dokumenten
	4.2.1	Änderungsliste Dokumente
	4.3	Dokumentenfluss intern und extern
	4.3.1	Ablageordnung
	4.3.2	Lenkung Dokumente
	4.3.3	Postlaufkonzept
	4.4	Berichte intern und extern
	4.4.1	Liste der internen und externen Berichte
	4.5	Planungsmanagement, Planlieferung
	4.5.1	Planaufschema
	4.5.2	Plankopf
	4.5.3	Planliste/Planbuch
	4.6	Vorlagen
	4.6.1	Zusammenstellung Vorlagen

Abbildung 3.2: PQM-Inhaltsverzeichnis [38]

3.3 PQM-Handbuch

Die Grundzüge des Dokumentationssystems sind in einem Projektqualitätsmanagement-handbuch (PQM-Handbuch) festgeschrieben. Dieses Handbuch dient als Hilfsmittel, welches allgemeine Projektinformationen und Regelungen für die Aufbau- und Ablauforganisation sowie die Kommunikation zwischen den Projektbeteiligten zusammenfasst.

Das Handbuch enthält Vorgaben für die Beschreibung der Arbeitsabläufe und der zu erbringenden Leistungen, Vorgaben für das Codierungssystem sowie wesentliche Termine. Mithilfe von Organigrammen, Flussdiagrammen, Matrizen, Vordrucken und Standardformularen werden Anweisungen für den Umgang mit den Informationen und deren Verteilung definiert. Demzufolge wird das Handbuch am Projektbeginn zur strukturierten Ablage der Informationen festgelegt und mit fortlaufender Projektdauer ergänzt [22].

Sämtliche, relevante, interne und externe Berichte, die bei der Bauausführung zur Anwendung kommen sind in einer Liste im PQM-Handbuch zusammengestellt. Dabei wird die Häufigkeit der Erstellung (täglich, wöchentlich, monatlich, nach Bedarf usw.) sowie der Ersteller dieser definiert. Alle Vorlagen für diese Berichte sind im PQM-Handbuch enthalten.

In Abb. 3.2 ist die Gliederung eines PQM-Handbuchs einer Baustelle auszugsweise dargestellt.

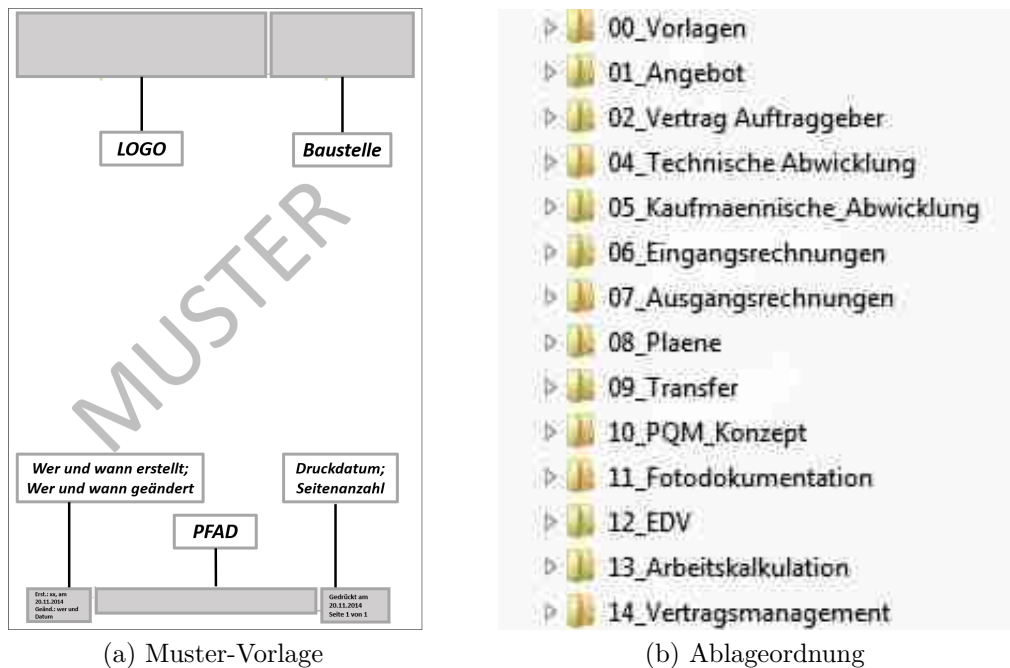


Abbildung 3.3: Beispiele aus einem PQM-Handbuch [38]

Bei der Erstellung der Dokumente soll eine allgemeine Struktur eingehalten werden. Im PQM-Handbuch wird eine Mustervorlage dafür definiert. Jedes Dokument sollte allgemeine Informationen wie Projektlogo, Baustellennamen, Datum der Erstellung/Änderung, Name des Erstellers, Pfad des Speicherortes, Druckdatum, Seitenanzahl usw. enthalten (Abb. 3.3).

Gegebenenfalls ist eine einheitliche Ablageordnung der Dokumentation die Grundvoraussetzung für die Funktionalität eines projektspezifischen Qualitätsmanagementsystems. Eine solche Struktur ist im PQM-Handbuch festgelegt und sollte im Rahmen der Projektabwicklung eingehalten werden (Abb. 3.3). Deren Zweck ist eine qualitativ hochwertige Abwicklung eines Projektes in jeglicher Hinsicht zu ermöglichen. Dies ist nicht nur für die Dokumentation des Projektes wesentlich, sondern auch für eine strukturierte interne Kommunikation und einen reibungslosen Informationsaustausch. Im PQM-Handbuch ist dazu auch eine Liste mit Zugriffsrechten des Baustellenpersonals auf die auf einem Netzlaufwerk abgelegten Daten vorgegeben.

3.4 Allgemeine Dokumentationsmittel

Die in Kapitel 3.2 bereits aufgelisteten Dokumentationsmittel werden in diesem Abschnitt im Detail beschrieben und mit Beispielen aus der Praxis veranschaulicht.

3.4.1 Bautagesbericht

Der Bautagesbericht ist ein wesentliches Dokumentationsmittel, mit dem der tatsächliche Bauablauf mit allen wichtigen, die vertragliche Leistung betreffenden Tatsachen sowie alle sonstigen charakteristischen Einflüsse und Störungen des Bauablaufs fortlaufend dokumentiert werden. Dieser Bericht ist vom AN zu erstellen und an den AG oder seinen bevollmächtigten Vertreter zeitnah zur Prüfung und Bestätigung zu übergeben. Somit können etwaige Unstimmigkeiten kurzfristig durch Abstimmung ausgeschlossen werden. Da er ein beidseitig von AN und AG unterschriebener, anerkannter Dokumentationsnachweis ist, dient er als ein hilfreiches schriftliches Beweisstück, vor allem für den Nachweis von Verzögerungen und Mehrkosten [40].

Die Führung von Bautagesberichten muss nicht gesondert vertraglich geregelt werden, wenn die ÖNORM B 2110 im Vertrag vereinbart wird. Durch die Vereinbarung der ÖNORM B 2110 sind die in der Norm enthaltenen Rechte und Pflichten gültig. Die Bautagesberichte werden in der Regel vom Bauleiter oder Polier des AN geführt [26].

Der Bautagesbericht sollte in Form eines strukturierten Berichtsformulars so aufgebaut werden (Abb. 3.4), dass gleichartige Eintragungen immer an der gleichen Stelle zu finden sind. Für den AG wird die Überprüfung der Angaben durch die Übersichtlichkeit stark vereinfacht. Folgende Inhalte sind in den Bautagesberichten zusammengefasst darzustellen [40]:

- Datum
- Baustelle und Objekt
- Äußere Umstände wie Witterung, Wasserstände usw.
- Eingesetzte Ressourcen: Arbeitskräfte, Führungspersonal, Großgeräte, zusätzliche Baustelleneinrichtung und eingesetzte Subunternehmer
- Tägliche Arbeitszeit, Nachtschicht usw.
- Ausfallzeiten und ihre Ursache
- Wesentliche Tätigkeiten und Fertigstellungsdaten für genau bezeichnete Arbeitsabschnitte
- Anordnungen des AG wie z. B. Leistungsänderungen oder zusätzliche Leistungen sowie Anordnungen über die Bauzeit oder den Bauablauf
- Störungen und Verzögerungen des geplanten Bauablaufs
- Dauer der Behinderung oder des Stillstandes und der unmittelbar davon betroffenen Ressourcen
- Eintragung des Endes der Behinderung, weil nur hierdurch später die Eingrenzung des Störeinflusses möglich ist

BAUTAGESBERICHT													NR.: 873											
Baustelle													am		Donnerstag, 13.07.2017									
Wetter: bewölkt													bewölkt		bewölkt									
Temperatur: 07:00 Uhr 15°C													12:00 Uhr 20°C		17:00 Uhr 22°C									
	Personalstand											Geräte												
	Bauführer	Polier	Drittelführer/VA	Mineure/Facharbeiter	Maschinisten	Hilfsmeister	Schlosser/Mechaniker	Elektriker	Magaziner	Platzwart	Vermesser	GESAMT	Bohrwagen	Bohrsystem/Drill Tools	Tunnelbagger/Bagger	Radlader	Spritzmobil	Hebebühnen	Gabelstapler	Muldenkipper / LKW	Brecher	Telekran/Dumper	sonstige Fahrzeuge	
Allgemein	1	2				1	7	4	2	3	2	22												
VT OST			3	11								14	1		1	2	1	1	1				1	
VT WEST			3	11								14	1	1	1	2	1	1	1				1	
VT NHS			2	7								9	1		1	1	1	1						
INNENSCHALE		1	1	2								4			1	1								2
Abdichtung			1	2								3												2
Gregorbau		1			2							3		1	1						1			
Weber		1			44							45			3									
AF/Erdbau	gesonderter BTB																							

Obertage Werkstatt

Wartung und Betrieb GSA Sillschlucht
 Wartung und Betrieb Sicherheitseinrichtungen, Personenerfassung+Ortung
 Wartung und Betrieb BE-Fläche - Werkstatt Obertage
 Betrieb Mischanlage

Untertage

Vortrieb 4.4		Station	bis	Station	lfm	
RV	Strosse	1.661,07		1.674,67	13,60	
Vortrieb 4.8		Station	bis	Station	lfm	
AV	Strosse	1.385,09		1.401,45	16,36	FTW_08_ET
AV	4.11 Strosse	10,97		14,37	3,40	
Vortrieb 5.1			bis		lfm	
RM	Kalotte	551,51		546,31	5,20	
	Strosse	-		-	-	

EKS Kontrolle Stollenröhre Überfahrt 5.1
Wasserhaltung alle Vortriebe, EKS und ZTA
Wartung + Betrieb Zwischendeponie 4.6, Brecheranlage und Förderbandanlage

Innenschale	Blickrichtung Brenner		
	links (Ost)	rechts (West)	Sonstiges:
Innenschale West 4.8			
Ulmendrainage	Drainagekies BL264-280 rechts,	Vorbereitung Schachtringraumverfüllung	
Abdichtungsstreifen	-	-	Abdichter > BE
Bewehrung	-	-	

Deponie

Schutterbetrieb
 Verfuhr, Einbau und Verdichten Ausbruchmaterial > gesonderter BTB AF/Erdbau

Für den AN	Für die ÖBA
14.07.2017	

Abbildung 3.4: Bautagesbericht einer Tunnelbaustelle

Gemäß der ÖNORM B 2118 sind die Bautagesberichte dem AG direkt oder seinem Bevollmächtigten ehestens, zumindest jedoch innerhalb von sieben Tagen, nachweislich zu übergeben. Wird gemäß vertraglicher Vereinbarung kein Baubuch geführt, kann auch der AG seinerseits Eintragungen in den Bautagesberichten vornehmen. Die eingetragenen Angaben gelten dann als bestätigt, wenn der andere Vertragspartner nicht innerhalb von 14 Tagen ab dem Tag der Übergabe schriftlich dagegen Einspruch erhebt [35].

3.4.2 Baubuch

Das Baubuch wird vom Auftraggeber oder seinen Bevollmächtigten auf der Baustelle geführt. Die Führung des Baubuches hat nach vertraglicher Vereinbarung zu erfolgen. Die vom AG getroffenen Anordnungen und alle für die Projektabwicklung wichtigsten Tatsachen und Feststellungen werden fortlaufend in das Baubuch eingetragen. Gegebenenfalls werden vom AG folgende Inhalte eingetragen und dokumentiert [26]:

- Planübergaben
- Anordnungen
- Feststellungen aus der Überwachungstätigkeit
- Leistungsfortschritt, soweit er speziell dokumentationsbedürftig ist
- Baubesichtigungen und Besuche

Dem Auftragnehmer ist die Einsicht in das Baubuch am Erfüllungsort in der Regel an jedem Arbeitstag zu ermöglichen. Ist der AG oder sein Vertreter jedoch nicht täglich auf der Baustelle anwesend, ist die Einsicht zumindest einmal wöchentlich zu gewähren. Der AN ist auch berechtigt, seinerseits Eintragungen über wichtige Vorkommnisse in das Baubuch vorzunehmen. Der AN hat eine Einspruchsfrist von 14 Tagen ab dem Tag, an dem er von diesen Kenntnis erlangen könnte. Ein Einspruch ist in schriftlicher Form entweder mittels Eintragung im Baubuch oder per Brief zu erheben.

3.4.3 Planlieferliste

Eine rechtzeitige und richtige Bereitstellung der freigegebenen Ausführungspläne ist eine wesentliche Aufgabe des AG und eine Grundvoraussetzung für die Durchführung der Bauarbeiten.

Für den terminlichen Ablauf der Baustelle ist eine Terminplanung der Bereitstellung von Planunterlagen von großer Bedeutung. Damit können Liefertermine unter Berücksichtigung des Baufortschritts in einem Terminplan festgelegt werden. Die so definierten Soll-Termine werden in einer Planlieferliste zusammengefasst. Hierzu werden die tatsächlichen Planliefertermine kontinuierlich in die Liste eingetragen und mit den Soll-Terminen verglichen. Die Gegenüberstellung dieser Termine ermöglicht eine laufende

Kontrolle der eventuellen Verzögerungen der Lieferung und Sicherstellung, dass alle Pläne für den aktuellen Arbeitsabschnitt ohne Einschränkung vorliegen [40].

Bei der Bearbeitung einer Planlieferliste sind folgende Angaben zu beachten [22]:

- Planbezeichnung und Plannummerierung
- Plan-Indexeintragungen für überholte Pläne
- Soll- und Ist-Liefertermine
- Status und Freigabedatum
- Empfänger und Weitergabedatum
- Bearbeitungsstand

Auftraggeber:				Baustelle:				
Planlieferungsliste			Blatt- Nr.		Stand			
Plan-Nr.	Index	Planbezeichnung	SOLL- Liefertermin	IST- Liefertermin	Status	Bemerkung	Weitergabe	
							an	am

Abbildung 3.5: Planlieferliste

Elektronisches Management der Planung

Heutzutage kommen Programmpakete zur Anwendung, die durch Nutzung moderner Kommunikationsmedien eine effektive Steuerung und Archivierung von Plänen erlauben. Hierbei werden in einer zentralen Datenbank alle Informationen über den Werdegang eines Planes von der ersten Version bis zum Ausführungs- oder Bestandsplan inkl. aller Planänderungen gesammelt.

Zunächst werden Arbeitsschritte für die Planerstellung definiert und den für die jeweilige Aufgabe zuständigen Personen zugeordnet, um einen transparenten und nachvollziehbaren Planlauf für alle zu erzielen. Die entsprechenden Personen werden über den aktuellen Planungsstand informiert und ihnen die Pläne nach Beendigung eines Arbeitsschrittes automatisch weitergeleitet. Eine aufwendige Suche der Pläne oder eine Erstellung von Planlieferungs- oder Planänderungslisten ist nicht mehr notwendig. Ferner ist eine elektronische Planfreigabe möglich, sodass nur vollständig geprüfte Pläne zur Ausführung auf die Baustelle kommen. Darüber hinaus können jedem Plan oder Planpaket zusätzliche Informationen wie z. B. Erläuterungs- oder Prüfberichte zugeordnet werden [40].

3.4.4 Baubesprechungsprotokoll

Besprechungen sind ein wichtiger Informationsträger, der in regelmäßigen Zyklen einen direkten Informationsaustausch ermöglicht. Einerseits wird aufgrund der Teilnehmer zwischen internen und externen Besprechungen unterschieden. Andererseits können aufgrund des Inhalts rein technische (Entscheidungen zur Planung und Ausführung bestimmter Abschnitte, Bauteile oder Details) aber auch projektübergreifende Besprechungen (Abstimmung von Kosten, Terminen und Standards) durchgeführt werden. Intern finden Besprechungen zwischen der Baustellenführung, den Bauleitern, Polieren, technischen Angestellten usw. statt. Externe Besprechungen werden mit dem Bauherrn, mit Subunternehmen, Ingenieuren oder Behörden durchgeführt.

Ort: ARGE-Besprechungszimmer, Baubüro		Verfasser:	
		Datum: 28.11.2017 16:00 – 17:30 Uhr	
Teilnehmer: siehe Teilnehmerliste		Verteiler: Teilnehmer	
Punkt	Text	Zuständig	Termin
	Allgemeines		
	Auffrischung Kurs Ersthelfer.	Alle	erledigt
1	Termine		
	Planungsbesprechung mit AG hat am 30.08.2017 stattgefunden. Nächste Planungsbesprechung nach Bedarf bzw. Abstimmung mit BL.		

Abbildung 3.6: Besprechungsprotokoll (Auszug) [38]

Hinsichtlich der Organisation sind zunächst der Besprechungszyklus, Besprechungsart, der Teilnehmerkreis und der Protokollführer festzulegen. In der Regel wird von der Projektleitung eine auf bisherige Besprechungen aufbauende Tagesordnung vorbereitet.

Eine Besprechung ist in Form eines Ergebnisprotokolls mit klarer Struktur, Datum, Titel sowie einer fortlaufenden Nummerierung zu dokumentieren. Die besprochenen Themen und erreichten Ergebnisse mit klaren Terminvorgaben für abgestimmte Aktivitäten sind zu protokollieren. Anschließend ist der Termin für die nächste Sitzung festzulegen [22, 16].

Darüber hinaus ist es wichtig, dass Hinweise über erkennbare Leistungsänderungen, Behinderungen oder mögliche Verzögerungen sowie Nachforderungen in das Protokoll aufgenommen werden. Damit können Differenzen wegen der Korrektheit und des rechtzeitigen Vorhandenseins der Information vermieden werden. Ferner sollten die Besprechungsprotokolle jedem Beteiligten unmittelbar zur Verfügung stehen, um Auffassungsdifferenzen oder Korrekturwünsche bei der nächsten Besprechung klären zu können [40].

3.4.5 Foto- und Videodokumentation

Zur Dokumentation der erbrachten Leistung, aber auch zum Nachweis im Falle von Leistungserschwernissen und Verzögerungen des Bauablaufs eignet sich eine Foto- oder Videodokumentation. Diese Art der Dokumentation ist insbesondere dann hilfreich, wenn der angetroffene Zustand später nicht mehr ersichtlich ist.



2.4 FENSTERSTOLLEN AMPASS



Fensterstollen Ampass, Deckelstrecke / finestra Ampass, tratto con coperta

2.4 FINESTRA AMPASS



Kreuzungsbereich Fensterstollen – Rettungsstollen / zona d'incrocio finestra – cunicolo di soccorso

Abbildung 3.7: Fotodokumentation (Auszug) [38]

Eine baubegleitende Fotodokumentation sollte möglichst durchgängig an zu Beginn festgelegten Standpunkten erfolgen, um die aufgenommenen Daten später vergleichen zu können. Besonders wichtig ist, auf eine ausreichende Beschriftung der Bildaufnahmen zu achten. Dabei sollten der Zeitpunkt, Ort, Inhalt des Bildes sowie zusätzliche Kommentare dokumentiert werden.

Heutzutage ermöglichen die am Markt erhältlichen digitalen Geräte eine einfache EDV-gestützte chronologische Archivierung der Bilder und Metadaten. Bei einem Tunnel mit bestimmten geologischen Erschwernissen (z. B. Gebirgsschlag) können beispielsweise anhand der Videodokumentation mit einer mobilen oder stationären Kamera wertvolle Daten aufgenommen werden [22].

3.4.6 Soll-Ist-Vergleich

Auf der Baustelle werden Soll-Ist-Vergleiche zur Erkennung der Abweichungen von vertraglich vereinbarten Soll-Werten durchgeführt. Dabei werden die tatsächlich erbrachten

Ist-Werte laufend den Soll-Werten gegenübergestellt, um Abweichungen frühzeitig zu erkennen. Die Vergleiche werden im Allgemeinen im Monatsrhythmus durchgeführt. Darüber hinaus kontrolliert der AG, ob die vertraglich vereinbarte Qualität zum vereinbarten Termin vom AN erzielt wird. Für den AN ist der Soll-Ist-Vergleich ein wesentliches Instrument zur Kostenkontrolle. Werden anhand der Soll-Ist-Vergleiche die Ursachen der Abweichungen identifiziert, können entsprechende Maßnahmen für das Erreichen des Ergebnisziels getroffen werden [22].

Um einen Soll-Ist-Vergleich anzustellen, sind einige wesentliche Grundlagen hinsichtlich der Definition der Soll-Werte und der Gewinnung der Ist-Werte festzulegen [20]:

Soll-Werte

- Festlegung der **Vergleichsart**, entweder nach Mengen (z. B. Arbeitsstunden) oder nach Werten (z. B. Kosten)
- Definition des **Vergleichszeitpunktes** (während oder nach Leistungserstellung)
- Entscheidung des **Vergleichsbereiches** (Gesamtbaustelle, Einzelabschnitte, Bauteile oder das Gesamtunternehmen)

Ist-Werte

- **Vorgabe einer Dokumentation**, die Angaben über den Verbrauch an Produktionsmitteln und über die erbrachte Leistung enthält
- **Untergliederung** der Positionen **des Leistungsverzeichnisses**, da oft mehrere Arbeitsgänge in Mischpositionen zusammengefasst sind

Der Terminplan ist ein wesentliches Instrument zur Steuerung des Bauablaufs sowie zur Erkennung von Behinderungen und Verzögerungen. Die tatsächlichen Ausführungstermine (Ist-Termine) müssen laufend in den Soll-Terminplan eingetragen werden, um einen Soll-Ist-Abgleich anzustellen. Der Soll-Terminplan stellt dabei eine unveränderte Grundlage dar. Durch eine konsequente Dokumentation der Ist-Daten im Terminplan wird erkennbar, welche Tätigkeiten Verzögerungen bewirken. Ferner wird ersichtlich, wie und in welchem Maße sich diese Verzögerungen auf den Gesamtablauf auswirken könnten. Damit können beide Vertragspartner diese Störungen frühzeitig erkennen und Entscheidungen über notwendige Maßnahmen treffen [20].

3.4.7 Behinderungsanzeige

Behinderungsanzeigen sind das wichtigste Mittel zur Dokumentation und Beurteilung gestörter Bauabläufe. Mithilfe eines Behinderungsschreibens wird eindeutig auf eine Leistungsänderung oder Behinderung hingewiesen, wodurch spätere Auseinandersetzungen über die Zuweisung der daraus entstehenden Mehrkosten vermieden werden.

Rechtzeitig vorgelegte Behinderungsschreiben ermöglichen beiden Vertragspartnern, frühzeitig Steuerungsmaßnahmen zu setzen und somit die aus der Behinderung entstehenden Kosten zu minimieren [20].

In der Regel sind drei Behinderungsschreiben an den AG oder seinen bevollmächtigten Vertreter zu schicken: die Ankündigung einer Behinderung, der Eintritt einer Behinderung sowie der Wegfall einer Behinderung. Eine lückenlose Dokumentation wird in der Praxis, trotz Negativerfahrungen hinsichtlich schlecht dokumentierter Behinderungen, weiterhin selten geleistet. Formuliert werden am häufigsten nur Ankündigungen von Behinderungen, sodass dem AN die Grundlage für den Nachweis einer Mehrkostenforderung infolge eines gestörten Bauablaufes nicht vorliegt [22].

Folgende Angaben sind in einer Behinderungsanzeige zu dokumentieren [40]:

1. Beginn der Arbeiten
2. Ort und betroffene Arbeiten
3. Gründe der Behinderungen
4. Voraussichtliche Dauer der Behinderung
5. Mögliche Folgen der Behinderung
6. Vergleich zum Soll-Ablauf der Arbeiten

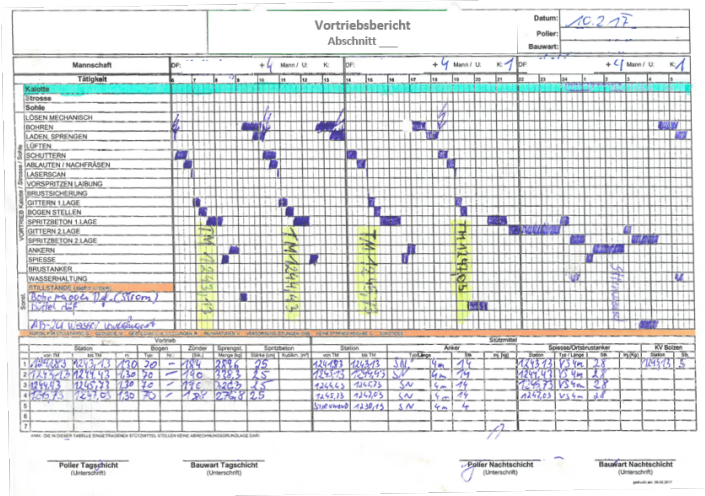
3.4.8 Inverzugsetzung

Die Inverzugsetzung stellt das Äquivalent des Auftraggebers zur Behinderungsanzeige des Auftragnehmers dar. Anhand einer Inverzugsetzung wird der AN vom AG auf etwaige Terminabweichungen hingewiesen und zur Abhilfe aufgefordert. Somit dient die Inverzugsetzung dem AN gleichzeitig als Grundlage für die Durchsetzung etwaiger Ansprüche aus Terminverspätungen [22].

3.4.9 Mängelanzeige

Die während der Bauausführung und insbesondere bei der Abnahme vorhandenen Mängel sind anhand der Mängelanzeigen zu dokumentieren. Dabei hat der AG die Mängel nach Art, Umfang und örtlicher Lage genau zu beschreiben und dem AN schriftlich mitzuteilen. Wird der Mängelbeseitigungsanspruch des AG durch eine entsprechende Anzeige fällig, entsteht die Mängelbeseitigungspflicht des AN. Dieser ist verpflichtet, die entstehenden Kosten für die Beseitigung der vorhandenen Mängel der vertraglichen Leistung selbst zu tragen.

3 Dokumentationswesen



(a) Vorderseite

Mannschaftsstunden								
Name	Anwesend	Urlaub	Pflegeurlaub	Arbeitsunfall	Krank	Abwesend	Bemerkungen	Summe Stunden
Mineur 1	X							140
Mineur 2	X							140
Mineur 3	X							140
Mineur 4	X							140
Mineur 5	X							140
SONSTIGES								
Gesamtstunden								140

(b) Rückseite

Abbildung 3.10: Vortriebsbericht Beispiel 2 [38]

Allgemeine Informationen

Folgende allgemeine Informationen sind in jedem Vortriebsbericht enthalten:

- **Berichtsname:** Alle auf der Baustelle geführten Berichte sind zur Gesamtübersicht in einer Liste angeführt. Dabei wird jeder Bericht zur leichteren Identifikation und Zuordnung mit einer eindeutigen Bezeichnung versehen.
- **Projektname und Projektnummer:** Die offizielle Projektnummer dient zur eindeutigen Identifikation der Baustelle und vereinfacht die Suche nach dem Projekt in einer internen Projektinformationsplattform.
- **Projektlogo:** Das spezifische Projektlogo (Logo des ausführenden Unternehmens oder Logos der ARGE) sowie eventuell das Logo des AG oder der ÖBA sind zu hinterlegen.
- **Projektbereich:** Der Bereich (z. B. Vortrieb NATM) für welchen der Bericht erstellt wird, ist eindeutig zu bezeichnen.
- **Bereichsbezeichnung:** Der genaue Arbeitsort muss den Bereich, den Abschnitt, das Objekt und das Bauteil bezeichnen, damit die Daten strukturiert abgelegt und später ausgewertet werden können. Die genaue Struktur und Unterteilung eines Projektbereiches ist im Voraus zu definieren und erstellen.

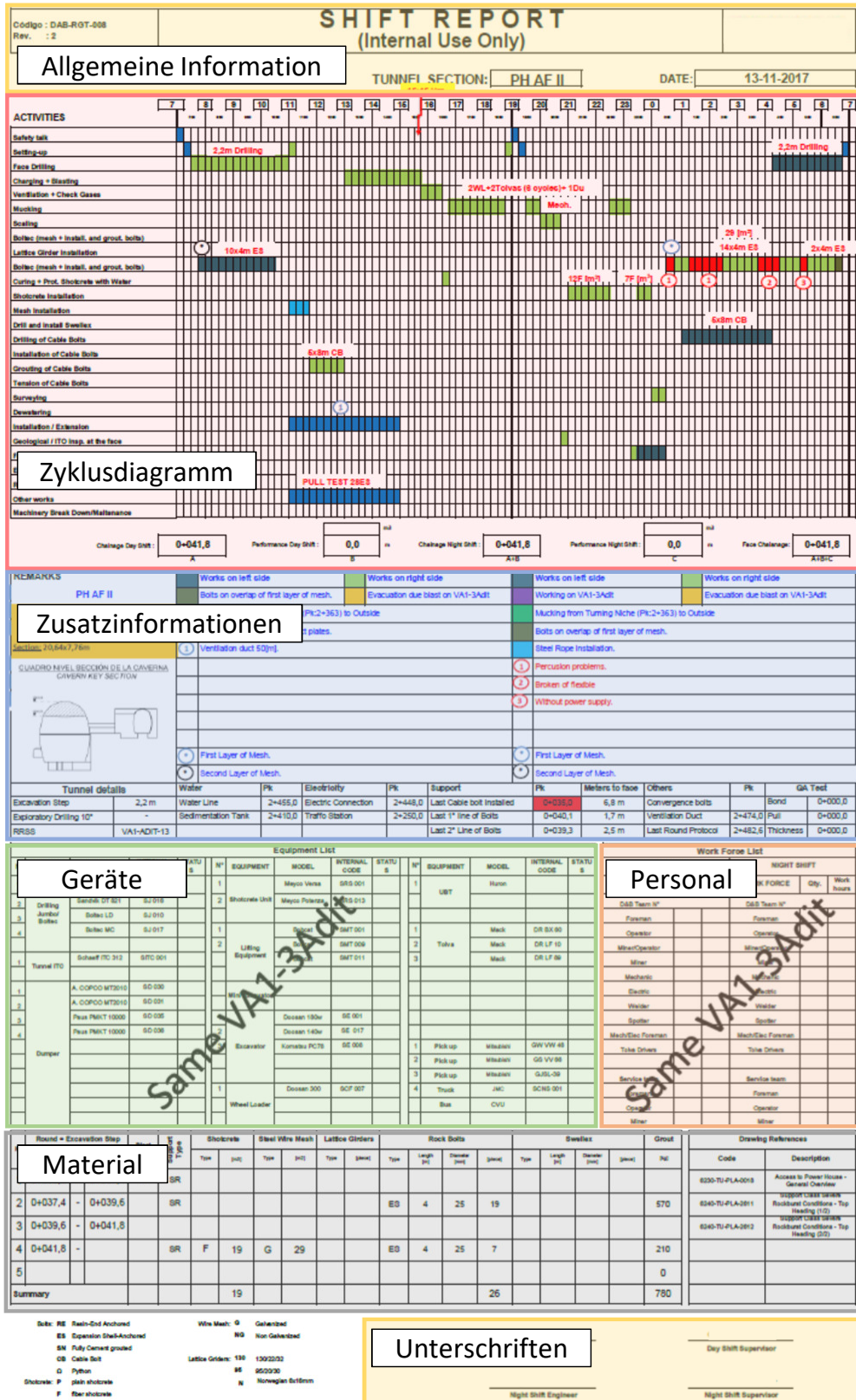


Abbildung 3.11: Vortriebsbericht einer Tunnelbaustelle

Zyklusdiagramm

Der Hauptbestandteil eines Vortriebsberichts ist das sogenannte Zyklusdiagramm, welches die einzelnen Tätigkeiten chronologisch über einen 24-stündigen Zeitraum darstellt. Vertikal sind die einzelnen Tätigkeiten des Vortriebszyklus aufgelistet und horizontal die für deren Ausführung benötigte Zeit in Minuten angegeben. Zur vereinfachten Erfassung werden die Tätigkeitsdauern im Regelfall aufgerundet in das Zyklusdiagramm eingetragen. Die Zeitaufnahme beginnt mit der ersten Schicht am Morgen und endet mit der letzten Schicht am Morgen des darauffolgenden Tages. Der Bericht wird abschließend vom jeweiligen Verfasser und Genehmiger pro Schicht unterschrieben.

Das Zyklusdiagramm beinhaltet folgenden Informationen:

- **Datum und Wochentag**
- **Berichtsnummer:** Jedes Dokument ist zur kontinuierlichen Fortführung und Kontrolle der Berichte fortlaufend nummeriert.
- **Tätigkeiten:** Eine für jeden operativen Bereich im Voraus definierte Struktur der Aktivitäten und Tätigkeiten ermöglicht eine nachvollziehbare Erfassung der einzelnen Arbeitsvorgänge auf der Baustelle.
- **Zeitangaben:** Die Dauer der einzelnen Aktivitäten und Tätigkeiten ist möglichst genau zu erfassen.
- **Stillstand:** Etwaige Störungen, die zu einem Stillstand führen werden gesondert vermerkt.
- **Abschlagslänge:** Die in einem Abschlag erreichte Abschlagslänge sowie genaue Tunnelmeter der Ortsbrust, vor und nach dem Abschlag, werden in jedem Bericht dokumentiert.
- **Zusatzinformationen:** Diese umfassen Anmerkungen und Notizen, die direkt mit einer Tätigkeit zusammenhängen, sowie sonstige Anmerkungen, wie außergewöhnliche Zusatzinformationen zum Arbeitsablauf, die nicht einer Tätigkeit oder Aktivität direkt zugeordnet werden können.
- **Schichtbezeichnung:** Die Schicht eines Tages wird entweder durch einen Namen oder durch den Zeitraum an dem sie stattfindet qualifiziert (Abb. 3.12). Überdies wird Name des zuständigen Poliers dokumentiert.
- **Sonstiges:** Dies umfasst Angaben wie z. B. Stationierung von Baustelleneinrichtung (Wasser, Strom, Rettungskammer, Ventilation usw.).

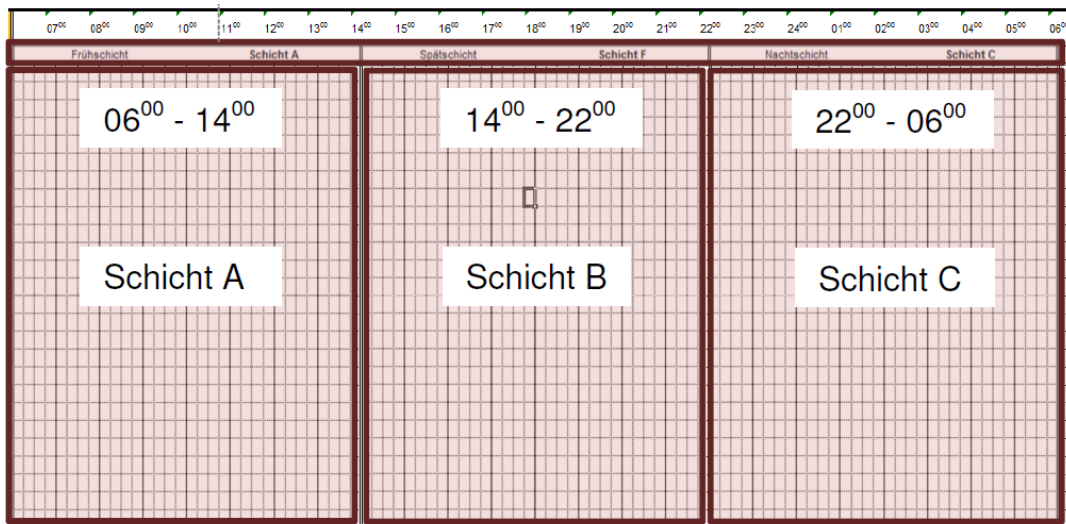


Abbildung 3.12: Schichtbezeichnung

Personal- und Gerätedaten

Neben der genauen Schichtbezeichnung ist eine Personalliste pro Schicht zu führen. Dabei kann der Personalstand und die Anzahl der Arbeiter nach Typ pro Schicht dokumentiert oder eine genaue Stundenerfassung für jeden Arbeiter pro Mannschaft geführt werden. Alle im Tunnel verwendeten Geräte können aufgelistet und die Anzahl der in einem Zyklus eingesetzten Geräten pro Schicht dokumentiert werden.

Materialdaten

In einem Vortriebsbericht werden Angaben zu den eingebauten Stützmitteln sowie die für die Sprengung verwendeten Zünder und Sprengstoffmenge erfasst. Dabei werden der Einbaubereich mit der genauen Angabe des Tunnelmeters des Anfangs und Endes, Typ, Länge und die eingebaute Menge für alle Materialien dokumentiert. Als Stützmittel können Materialien wie Spritzbeton, Anker, Bogen, Spieße/Ortsbrustanker oder KV-Bolzen verwendet und dokumentiert werden. Die eingebauten Stützmittel werden in einem getrennten Protokoll, dem Stützmitteleinbauprotokoll (Abschnitt 3.5.2), weiter erfasst und sowohl vom AN als auch vom AG genehmigt.

3.5.2 Stützmitteleinbauprotokoll

Das Stützmitteleinbauprotokoll ist ein weiteres wesentliches Dokumentationsmittel im zyklischen Tunnelvortrieb. Die eingebauten Stützmittel werden täglich für jeden Abschlag detailliert und ihrem Typ sowie ihrer Menge nach dokumentiert. Dieses Protokoll

3 Dokumentationswesen

enthält die Ist-Mengen und bildet die Basis für die Abrechnung. Die Stützmaßnahmen werden vom AG und AN vor Ort einvernehmlich festgelegt und das Protokoll von beiden Vertragspartner unterschrieben.

Abb. 3.13 zeigt beispielhaft eine Formatvorlage für die Erfassung der Stützmittel auf einer Tunnelbaustelle. Die Formatvorlage kann, abhängig von der Baustelle, eine andere Form haben, jedoch sind die Kerninformationen prinzipiell gleich (Abb. 3.14). Folgende Informationen sind in jedem Protokoll enthalten:

- **Stützmitteldaten** Mengen, Typ und Einheit der eingebauten Stützmittel sowie wesentliche Anmerkungen bezüglich des Stützmitteleinbaus werden dokumentieren.
- **Allgemeine Informationen:** Allgemeine Informationen wie Abschlagsnummer, -zeit, -datum, -länge, Vortrieb und die zugrundeliegende Ausbaufestlegung werden festgehalten.

4.11	Abschlagsnummer	215	Projektlogos	
Vortrieb	Ka (St) / So			
Ausbaufestlegung Nummer				
4.11 ST 001				
Baulos -				

SÜTZMITTELEINBAUPROTOKOLL

Abschlag / Sprengzeitpunkt		Abschlagslänge:	2,61
Datum	Uhrzeit	von Tunnelmeter:	21,17
		bis Tunnelmeter:	23,78

Kurztext	EH	Angabe Bauwart		Anmerkungen
Gitterträger	m	Ja / Nein / Typ	70/20/30	
Baustahlgitter beseitige Lage	kg	Typ	AQ 50	
Baustahlgitter hohlraumseitig	kg	Typ	AQ 50	
Baustahlgitter Ortsbrust	kg	Typ / aufgem. Fläche		
Systemanschlussbewehrung	lfm	2 x Abschlagslänge	2 x 3,40	
Anschlusseisen	lfm			
Spritzbeton, Laibung	m ²	Dicke	25cm	
Stützmittel		der Fläche	5cm/100%	
		/ Typ / Anzahl	4m / SN / 4Stk	
Verpr./ Injiz. Zementsuspension	kg			225kg

Abbildung 3.13: Stützmitteleinbauprotokoll Beispiel 1 — Auszug [38]

<input checked="" type="checkbox"/> zyklische Vortriebe im Bereich Nothaltestelle <input checked="" type="checkbox"/> Kalotte <input type="checkbox"/> Str.+Soh.		Abschlags Nr.: 301	
QUERSCHLAG NR.: 351		von Stat.: <u>41.50</u> bis Stat. <u>42.50</u> <small>Stat.=0,00 entspricht Tunnelachse Nordröhre</small>	
FLUCHTSTOLLEN NR.: /			
Datum: 09.06.2016 J		Polier/Drittelführer: _____	
gültige Ausbaufestlegung Nr.: BLS J		ausgeführte Abschlagslänge: 1,0 m	
<div style="text-align: center;"> </div> <p>Öffnen in Teilflächen: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein</p> <p>Anzahl der Teilflächen: _____</p> <p>Geol. Mehrausbruch: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein</p>	Ortsbrustsicherung:		
	Spritzbeton: <u>100</u> [%] Stärke: <u>5</u> [cm] davon: _____ [m²] Stärke: _____ [cm] BstG.: _____ [m²] Type: _____ Brustanker: Typ: _____ Länge: <u>1</u> [m] _____ [Stk.] Typ: _____ Länge: <u>1</u> [m] _____ [Stk.] Ankerplatte nachsetzen: _____ [Stk.] Brustkeil: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Mixed Face: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein Lastverteilungselement: <u>1</u> [m] <input type="checkbox"/> neu <u>1</u> [Stk.] <input type="checkbox"/> gebraucht <u>1</u> [Stk.]		
Spritzbeton: Firste/Kämpfer/Ulme d= <input type="checkbox"/> 5 <input checked="" type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 30 _____ [cm] Spritzbeton Kalottensohle d= <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 30 _____ [cm] Spritzbeton Sohle d= <input type="checkbox"/> 5 <input type="checkbox"/> 10 <input type="checkbox"/> 15 <input type="checkbox"/> 20 <input type="checkbox"/> 25 <input type="checkbox"/> 30 _____ [cm] Kalottenfußverbreiterung: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein		Spiesse: _____ Stk. _____ [m] Typ _____ <input type="checkbox"/> vermörtelt <input type="checkbox"/> unvermörtelt e= _____ m od. _____ [m] ges.Abwickl.	
Baustahlgitter Firste, Kämpfer, Ulme: 1. Lage <u>AQ60*</u> 2. Lage _____ Baustahlgitter Kalottensohle: 1. Lage _____ 2. Lage _____ Baustahlgitter Sohlengewölbe: 1. Lage _____ 2. Lage _____ Stabstahl: d= _____ [mm] Länge: _____ [m] Stück: _____		Systemanschluss Kalotte-Strosse <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein Systemanschluss Kalottensohle: <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein	
Ausbaubögen: <input type="checkbox"/> 50/20/30 <input type="checkbox"/> 70/20/30 <input type="checkbox"/> 95/26/34			
Anker: Typ/Ø <u>SW-100 kN</u> Länge <u>3m</u> Stk. <u>4</u> Stat. <u>42,00</u> <small>(SN, IBO, SW)</small> Typ/Ø _____ Länge _____ Stk. _____ Stat. _____ Typ/Ø _____ Länge _____ Stk. _____ Stat. _____			
Injektiongut - Anker: Typ/kg _____ [kg] Typ/kg _____ [kg] - Brustanker: Typ/kg _____ [kg] Typ/kg _____ [kg] - Spieße: Typ/kg _____ [kg] Typ/kg _____ [kg]			
Vermessung: <input type="checkbox"/> KV-Bolzen Stat.: _____ <input type="checkbox"/> neu setzen <input type="checkbox"/> umsetzen <input type="checkbox"/> ersetzen <input type="checkbox"/> _____ Stat.: _____ <input type="checkbox"/> neu setzen <input type="checkbox"/> umsetzen <input type="checkbox"/> ersetzen			
Zusatzblätter Zusatzblatt Entwässerung Bohrungen Versuche <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein Zusatzblatt geologischer Mehrausbruch <input type="checkbox"/> ja <input checked="" type="checkbox"/> nein			
sonstige Bemerkungen/Stützmittel: _____ _____ _____			

Abbildung 3.14: Stützmitteleinbauprotokoll Beispiel 2 [38]

3.5.3 Stundenbericht

Die Zeiterfassung der Aktivitäten der Arbeiter wird ab dem operativen Baubeginn täglich anhand der Stundenberichte durchgeführt. Der Personaleinsatz und die geleisteten Arbeitsstunden sind nach Bereich oder Bauobjekt, Tätigkeit, Lohnkategorie sowie Firmenzugehörigkeit kategorisiert erfasst. Weiters werden die Gesamtstunden, Überstunden sowie Erschwerniszuschläge dokumentiert. Gegebenenfalls werden auch Krankheitsstunden oder zu vergütende Wegezeiten erfasst. Die Stundenmeldung wird dann an die lohn-berechnende Stelle weitergeleitet.

Erfasser:		Poliere		Dienort: 4.8		Vortrieb										Monat:		Okt.16																			
		Firma				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
Name:	Beschäftigt als	Stunden	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo				
Drittelführer	Firmenname	Gesamtstunden																																		0	
Funktion	Mineur-Drittelführer	Untertagestunden																																		0	
Kost	011 / H9CV	Nachtstunden																																		0	
BAS Schlüssel	BAS	Zulage Erschwernis																																		0	
Mineur	Firmenname	Gesamtstunden																																		0	
Funktion	Mineur	Untertagestunden																																		0	
Kost	011 / H9CV	Nachtstunden																																		0	
BAS Schlüssel	BAS	Zulage Erschwernis																																			0
Mineur	Firmenname	Gesamtstunden																																		0	
Funktion	Mineur	Untertagestunden																																		0	
Kost	011 / H9CV	Nachtstunden																																		0	
BAS Schlüssel	BAS	Zulage Erschwernis																																		0	
Mineur	Firmenname	Gesamtstunden																																		0	
Funktion	Mineur	Untertagestunden																																		0	
Kost	011 / H9CV	Nachtstunden																																		0	
BAS Schlüssel	BAS	Zulage Erschwernis																																		0	
																																				0	
																																				0	
																																				0	
																																				0	

Legende:		
G Konsum Zeitausgleich	F Feiertag	N Nacht % (Nacht von 22:00-06:00 maximal 8 Std.)
H Konsum Einarbeitung	K Krank	N Schichtregie
S Schlechtwetter	M Arbeitsunfall	Üz Überstunden (05:00 bis 20:00) 50%
T Arzt-Ampulatorium	P Pflegefreistellung	Üb Überstunden (20:00 bis 05:00) 100%
V Vorbereitungsstunden	U Urlaub	S Sonntag 100%
Z Arbeitsversäumnis laut KV	R unbezahlter Urlaub	Ut Arbeiten unter Tag 25%
Z (Geburt, Hochzeit.....)	B Blautage	S Schmutz 10%
D Dekadenabgang, kurze W.	W Wehrdienst	

Abbildung 3.15: Stundenbericht

3.6 Zeitliche Zuordnung

Die bereits in diesem Kapitel beschriebenen Dokumentationsmittel können den einzelnen Projektphasen, beginnend mit der Phase der Projektentwicklung, über die Planung, Bauvorbereitung, Realisierung bis zu den Phasen der Inbetriebnahme und Nutzung, zugeordnet werden. Der Planungsstand und die Planliefertermine werden von der Planungsphase bis kurz vor Abschluss der Realisierung durch Planlieferlisten ständig kontrolliert.

Die Führung der Bautagesberichte beginnt bereits bei der Bauvorbereitung und läuft täglich bis zum Ende der Abnahmen. Besprechungen und die Besprechungsprotokolle werden während des gesamten Bauablaufs in regelmäßigen Zeitabständen geführt. Vor Beginn der Arbeiten durchgeführte Bestandsaufnahmen in Form von Foto- und Videodokumentation dienen als Planungsgrundlagen und der Beweissicherung für den Fall einer Beschädigung fremden Eigentums. Baubegleitend in einer späteren Phase sowie am Beginn der Nutzungsphase wird häufig eine Foto- und Videodokumentation geführt. Um Abweichungen rechtzeitig erkennen zu können, sind regelmäßige Soll-Ist-Vergleiche erforderlich. Etwaige Störungen während der Planung, Bauvorbereitung, Ausführung und Inbetriebnahme werden möglichst zeitnah durch Behinderungsanzeigen oder Inverzugsetzungen dokumentiert. Beginnend mit der Planungsphase bis zur Fertigstellung werden diese im Allgemeinen im Monatsrhythmus durchgeführt. Vorhandene Mängel werden während der Realisierung, aber insbesondere bei der Abnahme mit Mängelanzeigen festgehalten. Die Terminplanung ist ein dynamischer Prozess, der mit unterschiedlichem Detaillierungsgrad die Abwicklung des Projektes über den gesamten Bauablauf wiedergibt. Während der Realisierung des Tunnelbauprojekts werden Vortriebsberichte, Stützmittelprotokolle sowie Stundenberichte täglich geführt. Sämtliche Leistungen, die während der Ausführung auftreten, werden durch Feldaufmaßblätter dokumentiert. Abb. 3.16 stellt eine Übersicht über die zeitliche Zuordnung der einzelnen Dokumentationsmittel im Bauablauf dar.

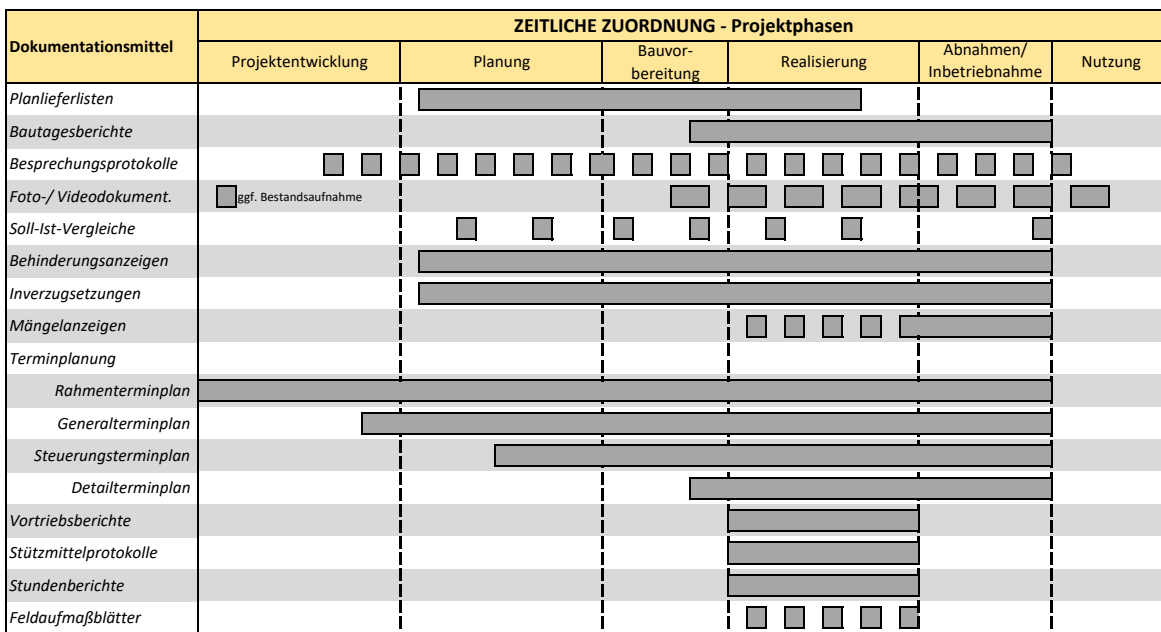


Abbildung 3.16: Zeitliche Zuordnung der Dokumentationsmittel [22]

4 Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle

Das Ziel dieses Kapitels besteht darin, den Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle mit zyklischem Vortrieb anhand eines realen Projektes darzustellen. Es handelt sich dabei um ein Tunnelbauprojekt aus Österreich, dessen Projektdaten aufgrund des Datenschutzes nicht genannt werden können. Da der Dokumentationsprozess kein standardisierter Prozess ist, kann die Art und Weise der Datenerfassung von Baustelle zu Baustelle abweichen, ist jedoch auf den meisten Baustellen im Grunde ähnlich realisiert. Zu Vergleichszwecken wird in Abschnitt 4.7 der Dokumentationsprozess einer zweiten Baustelle desselben Bauunternehmens beschrieben.

4.1 Aufbauorganisation einer Tunnelbaustelle

Abb. 4.1 zeigt ein übliches Organigramm einer Tunnelbaustelle. Um die Voraussetzung für das Verständnis des Dokumentationsflusses zu schaffen, wird im Folgenden auf die Tätigkeiten der wesentlichen Projektbeteiligten eingegangen.

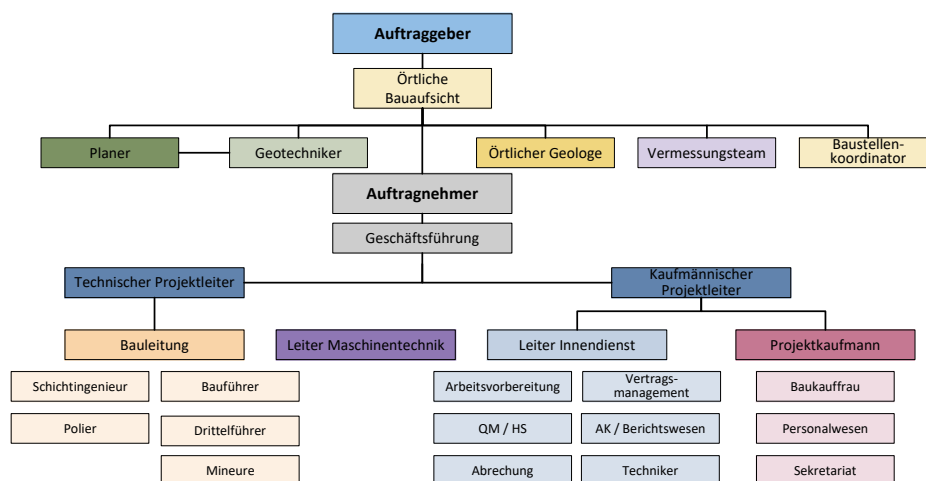


Abbildung 4.1: Organisationsdiagramm einer Tunnelbaustelle [38]

Auftraggeber

Die ÖNORM [37] definiert den Auftraggeber als „jede natürliche oder juristische Person, die vertraglich an einen AN einen Auftrag zur Erbringung von Leistungen gegen Entgelt erteilt oder zu erteilen beabsichtigt“. Der Auftraggeber bedient sich zumeist eines Vertreters auf der Baustelle, dem Baumanagement. Dieser vertritt die Interessen des Auftraggebers.

Auftragnehmer

Der Auftragnehmer ist „jeder Unternehmer, mit dem vertraglich vereinbart wird, dem AG eine Leistung gegen Entgelt zu erbringen“ [37].

Örtliche Bauaufsicht

Die Örtliche Bauaufsicht (ÖBA) vertritt die Interessen des Bauherrn vor Ort und übt das Hausrecht auf der Baustelle aus. Die ÖBA übernimmt vorrangig die örtliche Überwachung und Überprüfung der zu erbringenden Leistung, kontrolliert alle Lieferungen und Leistungen sowie sämtliche Projektmitglieder und überwacht die Einhaltung der Vorschriften und des Terminplanes. Sie hat die direkte Verhandlungstätigkeit mit den ausführenden Unternehmen durchzuführen, das Baubuch zu führen und sämtliche Protokolle sowie alle Rechnungen zu prüfen. Schlussendlich ist die ÖBA unmittelbar nach der Fertigstellung für die Schlussabnahme des Bauwerkes im Einvernehmen mit der Oberleitung zuständig [30].

Örtlicher Geologe

Die örtlichen Geologen sind für geologische Berichte, Erstellung der geologischen Längsschnitte, Plandarstellung sowie Ortsbrustdokumentation zuständig. Nach dem Abschlag führen sie die Ortsbrustaufnahmen durch und erfassen Informationen über Lithologie, Trennflächen, Bergwasserverhältnisse, Gebirgsverhalten etc. nach dem Abschlag [38].

Projektleitung des AN

Die Projektleitung ist i. d. R. direkt der Geschäftsleitung unterstellt. Sie ist für den technischen und wirtschaftlichen Erfolg der Baustelle verantwortlich. Es wird zwischen einem technischen und einem kaufmännischen Projektleiter unterschieden.

Die technische Projektleitung ist für die technische Abwicklung des Projektes verantwortlich. Die Hauptaufgaben sind die Steuerung der gesamten Baustelle, Verhandlungen mit Auftraggebern und Subunternehmern, zeitgerechte Bereitstellung aller erforderlichen Ressourcen (Personal, Geräte, Materialien), Bauzeit- und Qualitätscontrolling, Nachtragsmanagement und Abrechnung.

Die kaufmännische Projektleitung hat den gesamten Einkauf, den Rechnungs- und Zahlungsverkehr, Lohn- und Gehaltsabrechnungen, Bilanzen und die Baubetriebsrechnung durchzuführen [12].

Bauleiter

Der Bauleiter ist der eigentliche „Manager“ einer Baustelle, der vor Ort für die Leitung, Führung und Beaufsichtigung der Baustelle hauptverantwortlich ist. Er ist direkt der Geschäftsführung des Bauunternehmens unterstellt und repräsentiert die Baustelle dem Auftraggeber, den Behörden und Dritten gegenüber nach außen. Im Baustellenorganigramm ist er der Vorgesetzte des angestellten und gewerblichen Baustellenpersonals und darüber hinaus eine wichtige Ansprechperson und Schnittstelle für die Mitarbeiter auf der Baustelle. Er hat vor allem umfangreiche Aufgaben hinsichtlich Organisation und Koordination des Bauablaufs und des Ressourceneinsatzes zu erfüllen. Ferner sorgt der Bauleiter für die technisch einwandfreie Bauausführung und die konkrete Erstellung der Bauleistung auf der Baustelle sowie für die Einhaltung der Kosten, Termine und Gesetze. Zusammen mit dem Projektleiter ist er für das Erreichen der vorgegebenen wirtschaftlichen Ergebnisse der Baustelle verantwortlich [12, 30].

Die Aufgaben der Bauleitung umfassen u. a. [42]:

- Baustellenberichtswesen wie Bautagebuch führen
- Qualität der Bauausführung überwachen
- Sicherheit der Baustelle gewährleisten
- Personalangelegenheiten auf der Baustelle klären
- Behinderungen sowie Nachträge erkennen und kostenmäßig erfassen
- Aufmaße und Abnahmen durchführen
- Probleme lösen, z. B. mit Subunternehmern, Nachbarn oder Behörden

Bauführer

Bei großen Baustellen werden einem Bauleiter oft ein oder mehrere Bauführer unterstellt, deren Hauptaufgabe in der Arbeitsvorbereitung und Anweisung der Poliere und derer Arbeitspartien liegt. Der Bauführer sorgt dafür, dass die nötigen Baupläne rechtzeitig am richtigen Ort vorliegen, kontrolliert den Arbeitsfortschritt und führt gemeinsam mit den Polieren die Arbeitspartien. Im Falle eines Maschinenschadens oder geologischen Problems, wendet sich der Polier an seinen Bauführer um das weitere Vorgehen zu besprechen. Daher muss er umfassende Kenntnisse über erforderliche Maßnahmen im zyklischen Tunnelvortrieb besitzen, um sicher zu stellen, dass effektiv auf geologische Bedingungen während des Vortriebs reagiert werden kann [15, 38].

Schichtingenieur

Die Schichtingenieure oder Schichtbauleiter werden bei größeren Baustellen zur Unterstützung der Bauleitung und Leitung der Ausführung eingesetzt. Ihr Aufgabenbereich umfasst die Führung wesentlicher Teile der Dokumentation der Baustelle wie die Erstellung der Bautagesberichte, Sprengschemen und Bohrpläne, Feldaufmaßblätter sowie Dekadenpläne. Sie führen Soll-Ist-Vergleiche von Bauzeit und Material und sammeln Grunddaten für die Nachkalkulation [38].

Polier

Der Polier ist in der Baustellenorganisation dem Bauleiter oder Schichtbauleiter untergeordnet und den Drittführern und Mineuren übergeordnet und fungiert als das direkte Bindeglied zwischen der Bauleitung und den gewerblichen Arbeitern. Er befasst sich hauptsächlich mit der Organisation, Überwachung und Protokollierung des gewerblichen Personal- und Geräteeinsatzes sowie der Bautätigkeiten. Er ist ein wesentlicher Beteiligter auf der Baustelle, da er häufig die höchsten praktischen Fähigkeiten und Erfahrungen besitzt [12, 30].

Drittführer und Mineur

Der Drittführer ist der Vorarbeiter oder Partieführer einer Arbeitsschicht. Er erledigt mit seiner Mannschaft vom Polier oder Bauführer zugewiesene Aufgaben. Neben der Leitung der Tunnelmannschaft, hat er den Sprengvortrieb vorzubereiten, zu überwachen und durchzuführen sowie für die Sicherheit zu garantieren. Er ist zusammen mit der Partie dem Polier unterstellt.

Die Arbeitspartie oder Tunnelmannschaft ist eine Gruppe von gewerblichen Arbeitern, die die eigentlichen Bauarbeiten ausführt. Unter einem Mineur versteht man die Tunnelbauer, die in einem Tunnelvortrieb an vorderster Front arbeiten. Er muss die unterschiedlichsten Baugeräte bedienen, die notwendigen Stützmaßnahmen einbauen sowie die Sprengarbeiten durchführen können und arbeitet meistens im Schichtbetrieb [15].

Baukaufmann

Der Baukaufmann nimmt die Abwicklung aller operativen, kaufmännischen Baustellengängen wahr. Die Tätigkeiten sind sehr vielfältig und umfassen u. a. das betriebliche Rechnungswesen und in erster Linie die Kosten- und Leistungsrechnung nach Arten und Kostenstellen. Auf der Baustelle sollen die Kosten nicht nur vollständig, sondern auch periodengerecht für den betrachteten Zeitraum erfasst werden. Weitere zu erfüllende Aufgaben sind die Rechnungsprüfung und -buchungen, Ermittlung des Erfolges mittels Gewinn- und Verlustrechnung (GuV), Materialeinkauf- und Verwaltung, Mitwirkung bei der Beschaffung und Vergabe von Subunternehmerleistungen, das Berichtswesen und laufende Soll-Ist-Vergleiche im Rahmen des Baustellen-Controllings, Personalverwaltung und -abrechnung sowie Erledigung von Bauversicherungsangelegenheiten [1].

Innendienst

Der Innendienst unterstützt die Projektleitung bei der Führung der Baustelle in technischer und wirtschaftlicher Hinsicht [38].

Abrechnung

Unter Abrechnung versteht der AG primär die Rechnungslegung in Form von vorgelegten Rechnungen, wie den Abschlagsrechnungen und Schlussrechnungen. Die Basis jeder Rechnung bildet die erbrachte Leistung, die periodisch bei einem Einheitspreisvertrag mit den Positionen des Leistungsverzeichnisses abgerechnet wird. Für den Auftragnehmer dient das Aufmaß als Grundlage für die Mengenermittlung und Abrechnung der tatsächlich ausgeführten Bauleistungen sowie für den Anspruch auf seine Vergütung. Darüber hinaus bilden die Aufmaßblätter die Grundlage für die Überwachung und Kontrolle durch den Auftraggeber vor der Veranlassung von Zahlungen für ausgeführte Leistungen [2].

Vertragsmanagement

Die Hauptaufgabe des Vertragsmanagements liegt in der genauen Kenntnis der kompletten Vertragsunterlagen. Dies ist eine Voraussetzung für das sofortige Erkennen von Abweichungen vom vertraglichen Bau-Soll und eventuellen Störungen des geplanten

Bauablaufs, die zu dokumentieren und zeitnah zu melden sind. Dies ermöglicht es, Gegenmaßnahmen zu setzen und ist vor allem für die Durchsetzung oder Abwehr von Nachtragsforderungen entscheidend, die sich aus Mengenänderungen, geänderten oder zusätzlichen Leistungen sowie Behinderungen ergeben können. In diesem Fall ist das Vertragsmanagement für die Erstellung der Nachträge verantwortlich. Deswegen sind die Baustellendokumentation, Erstellung und Fortschreibung des Terminplanes, Führung des Bautagebuches sowie Überprüfung des Inhalts der Baubesprechungsprotokolle ein wesentlicher Bestandteil des Vertragsmanagements [14].

Arbeitskalkulation

Nach der Auftragserteilung beginnt die Arbeitskalkulation (AK), mit der die Bauleistung mit machbaren, von akquisitorischen und spekulativen Elementen bereinigten Aufwands- und Leistungswerten sowie marktgerechten Lohn-, Geräte- und Materialkosten bewertet wird [30]. Im Rahmen der Arbeitskalkulation werden zuerst nach Optimierung von Bauverfahren und Verhandlungen mit den Materiallieferanten und Subunternehmen die Kalkulationsansätze korrigiert. Weiters werden die Mengenansätze der LV-Positionen im Rahmen der Abrechnung den abgerechneten Mengen angepasst. Dadurch ergeben sich die Soll-Kosten-Vorgaben, die den Ausgangspunkt für die aktuelle Ergebnisrechnung (Gewinn oder Verlust), Soll-Ist-Vergleiche sowie das Baustellen-Controlling darstellen. Die Arbeitskalkulation ist während der Bauausführung fortzuschreiben und dient ausschließlich innerbetrieblichen Zwecken [11].

Personalwesen

Das Personalwesen unterstützt die Projektleitung bei der personellen Organisation und Abwicklung der Baustelle. Die wesentlichen Aufgaben sind die Personalverwaltung, Erstellung und Führung der Personalakten und allgemeinen Personalinformationen, Koordination der Unterkünfte sowie Stundenerfassung der Arbeiter für die Lohnabrechnung [38].

4.2 Untersuchung des Dokumentationsprozesses

Der in diesem Abschnitt dargestellten Dokumentation einer Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb wurden folgende Fragen zugrunde gelegt:

1. Welche Daten werden gesammelt?
2. Wie werden die Daten gesammelt?
3. Von wem und zu welchem Zeitpunkt werden die Daten gesammelt?

4. Was wird tatsächlich von diesem Datenmaterial verwendet?
5. Welche Software kommt zum Einsatz?
6. Wo sind die Schnittstellen?
7. Welche Datenformate kommen dabei zum Einsatz?
8. Wem gehören die Daten?
9. Wie groß ist der zeitliche und organisatorische Aufwand?

Abb. 4.2 zeigt die zu untersuchenden Bereiche und Abteilungen der Baustelle und stellt eine Übersicht der Antworten zu den oben genannten Fragen dar.

Im Rahmen der Analyse wurden folgende Bereiche untersucht:

- Tunnelvortrieb und Bauleitung
- Abrechnung
- Vertragsmanagement
- Kaufmännische Leitung
- Geologie
- Personalabteilung

Das Ziel ist es, den zeitlichen sowie organisatorischen Aufwand der Dokumentation auf der Baustelle in Relation zum Nutzen der Datenerfassung zu beschreiben und mögliche Verbesserungen abzuleiten. Im Rahmen dieser Arbeit wird der Fokus auf folgende drei wesentliche Dokumente und Protokolle gelegt:

- Vortriebsbericht
- Stundenbericht
- Stützmitteleinbauprotokoll

4.3 Grundlagen der BPMN

Der umfangreiche Dokumentationsprozess wurde mithilfe der Business Process Model and Notation (BPMN, deutsch *Geschäftsprozessmodell und -notation*) dargestellt (Abb. 4.5), deren Grundlagen im folgenden Abschnitt näher erläutert werden.

Die BPMN ist eine grafische Spezifikationsprache, die es unter Einsatz von Symbolen ermöglicht, verschiedene Geschäftsprozesse und Arbeitsabläufe zu beschreiben. Das Ziel ist eine grafische und einheitliche Modellierung, Darstellung sowie Dokumentation eines

4 Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle

ABTEILUNG	Vortrieb VT	Abrechnung AR	Vertrags- management VM	Kaufmännische Leitung KM	Geologie GEO	Personalwesen PM
1. Welche Daten werden gesammelt?	Tunnel:manager, Tagesberichte, Schichtdiagramme, Fotodokumentation	Feldaufmaßblätter, Abrechnungsvereinbarungen	Auswertungen, Analysen, Nachträge,...	Einkauf, Aufwand	Ortsbrustaufnahmen, Bohrungen, Proben,...	Personaleinsatz,...
2. Wie werden die Daten gesammelt?	analog + digital intern + extern	analog intern	digital intern	analog + digital intern + extern (Konzern)	analog + digital extern	analog + digital intern + extern (Konzern)
3. Von wem und zu welchem Zeitpunkt werden die Daten gesammelt?	baubegleitend von Schichtingenieuren, Dateneingabe durch Praktikanten	kontinuierlich, im Zuge der Abrechnung	im Zuge der Auswertung	kontinuierlich	baubegleitend durch Geologenteam	kontinuierlich
4. Was wird tatsächlich von diesem Datenmaterial verwendet?	Leistungskontrolle, ...	Rechnungen, Controlling	Nachträge	Nachkalkulation	Tunnelbänder, einvernehmliche Dokumentation	Ressourcenplanung
5. Wo sind die Schnittstellen?	VT, AR, GEO, KM	VT, VM, KM	Auswertungen, Analysen, Nachträge,...	HR	VT, VM	KM
6. Welche Datenformate kommen dabei zum Einsatz?	jpg xlsx doc tilos	xlsx itwo	xlsx doc tilos itwo	xlsx itwo	doc xlsx drw xml	xlsx doc
7. Wem gehören die Daten?	AN	AN	AN	AN	AG; AN	AN
8. Wie groß ist der zeitliche bzw. organisatorische Aufwand?	5 - 10 Pers.	1 Pers.	4 - 6 Pers.	4 - 5 Pers.	2 - 4 Pers.	1 - 2 Pers.

Abbildung 4.2: Analyse der Dokumentation des Bauprojektes

Geschäftsprozesses zu schaffen [4]. Das Business Process Diagram (BPD) ist ein grafisches Prozessmodell, das auf einem Flussdiagramm basiert und aus einer Reihe von grafischen Elementen besteht.

BPMN-Elemente

Die grafischen BPMN-Elemente sind in Abb. 4.3 dargestellt und lassen sich in folgende vier Gruppen unterteilen [27, 41]:

- Flow Objects (*Fluss-Objekte*)
- Connecting Objects (*Verbindende Objekte*)
- Participants (*Teilnehmer*)
- Artifacts (*Artefakte*)

Flow Objects gliedern sich in folgende drei Kernelemente (Abb. 4.3a):

Event Ein Event (*Ereignis*) ist etwas, das während eines Geschäftsprozesses auftreten kann, wie beispielsweise eine Ursache (Auslöser) oder eine Auswirkung (Ergebnis). Nach ihrer Position im Geschäftsprozess werden *Start-, Intermediate- und End-Events* unterschieden.

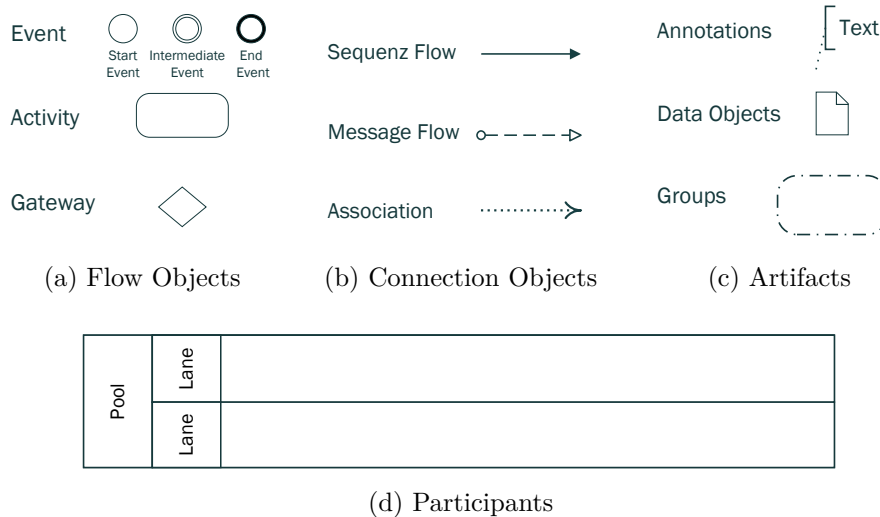


Abbildung 4.3: BPMN-Elemente

Activity Eine Activity (*Aktivität*) beschreibt eine Aufgabe oder einen Teilprozess, die bzw. der in einem Geschäftsprozess zu erledigen ist.

Gateway Ein Gateway (*Zugang*) dient entweder der Verzweigung eines Sequenzflusses oder der Zusammenführung mehrerer Prozessabläufe.

Connecting Objects verbinden die einzelnen BPMN-Elemente in einem Geschäftsprozessdiagramm. Diese Elemente werden in folgende drei Arten unterschieden (Abb. 4.3b):

Sequence Flows Sequence Flows (*Sequenzflüsse*) verbinden Fluss-Objekte miteinander und definieren in welcher Reihenfolge die einzelnen Aktivitäten in einem Prozess ausgeführt werden.

Message Flows Ein Message Flow (*Nachrichtenfluss*) stellt den Informationsaustausch zwischen zwei Prozessteilnehmern, den Lanes, Pools oder deren Elementen in einem BPMN-Diagramm dar.

Associations Eine Association (*Assoziation*) wird verwendet, um Daten, Texte und andere Artefakte mit Fluss-Objekten zu verknüpfen. Außerdem können diese auch Inputs oder Outputs mit einer Aktivität assoziieren.

Participants in einem Prozess werden durch Pools und deren Unterteilungen, den sogenannten Lanes, dargestellt (Abb. 4.3d). Diese Elemente repräsentieren die Prozessbeteiligten und deren Rollen in einem Geschäftsprozess. Sie können einen Teilnehmer, eine Organisation oder ein System darstellen.

Artifacts erlauben mithilfe von folgenden Elementen zusätzliche Informationen in das Geschäftsprozessmodell einzubringen (Abb. 4.3c):

- Annotations** Annotations (*Annotationen*) sind Anmerkungen oder Kommentare, die zusätzliche Textinformationen zu einem Element eines Geschäftsprozesses bereitstellen.
- Data Objects** Ein Data Object (*Datenobjekt*) ist durch Assoziationen mit den Aktivitäten verbunden und stellt grafisch dar, welche Daten von einem Geschäftsprozess benötigt, bearbeitet oder erzeugt werden.
- Groups** Groups (*Gruppierungen*) fassen einzelne Elemente eines Geschäftsprozesses zusammen, um einen visuellen Überblick zu schaffen.

4.4 Verwendete Software

Auf der Baustelle werden im Rahmen der Dokumentation verschiedene Softwares verwendet.

- iTWO** ist eine projektbezogene, baubetriebliche Software und deckt das Aufgabenspektrum in der Ausschreibung, Vergabe und Abrechnung für Nachunternehmerleistungen, Kalkulation und Baumanagement ab. In der Ausführungsphase auf der Baustelle wird die Software v. a. zur Abrechnung, Bauabrechnung und Prüfrechnung für Subunternehmer, Arbeitskalkulation, Mengen- und Leistungsermittlung sowie Projektcontrolling mit Soll-Ist-Vergleichen verwendet.
- Tunnel:manager** ist ein Programm, das im Untertage- und Tunnelbau zur Erfassung beliebiger Projektdaten eingesetzt wird. Nach der Dateneingabe auf Basis von Vorlagen, können umfangreiche Informationsanalysen sowie eine Vielzahl von Berichten erstellt werden. Es können u. a. Vortriebsklassen ermittelt sowie der zu erwartenden Ressourcenverbrauch abgeschätzt werden [39].
- AS/400** ist eine Buchhaltungssoftware.
- TUGIS.NET** ist eine Software, die auf der Baustelle von den Geologen zur Digitalisierung von Ortsbrustaufnahmen sowie zur Erstellung von geologischen Berichten verwendet wird.
- Personalsoftware** ist eine eigenentwickelte Software, die primär zur Lohndatenerfassung des gewerblichen Personals und dem anschließenden Leistungscontrolling auf der Baustelle dient. Sie eignet sich besonders für die Erfassung, Auswertung und Weiterverarbeitung von Personaldaten.
- Abex** ist eine Software, die vorrangig zur Adressverwaltung sowie Verwaltung der wichtigsten Personaldaten und -dokumente verwendet wird. Sie dient nicht nur baustelleninternen Zwecken, sondern ermöglicht einen zentralen Zugriff auf die Personaldaten des gesamten

4.5 Beschreibung des Dokumentationsprozesses in einem zyklischen Tunnelvortrieb

Unternehmens (z. B. zur schnellen Suche nach sprengberechtigten Personen) [8].

Tilos ist ein Projektmanagementsystem, insbesondere für lineare Infrastrukturprojekte, das zur Erstellung von Terminplänen in Form von Weg-Zeit-Diagrammen und dadurch einer optimalen Darstellung der Vorgänge entlang der Strecke dient.

In den folgenden Prozessmodellen wird die bei einer Aktivität verwendete Software durch eine entsprechende Farbe gekennzeichnet. Diese Zuordnung ist Abb. 4.4 zu entnehmen.











Handschriftlich		AS/400	
Excel		TUGIS.NET	
Word		Personalsoftware	
iTWO		Abex	
Tunnel:manager		Tilos	

Abbildung 4.4: Legende

4.5 Beschreibung des Dokumentationsprozesses in einem zyklischen Tunnelvortrieb

Das Ergebnis der Dokumentationsprozessanalyse auf der Tunnelbaustelle ist ein BPMN-Diagramm, welches in Abb. 4.5 zu sehen ist. Die Grundstruktur besteht aus zwei Pools. Einerseits repräsentiert ein Pool mit seinen Lanes die einzelnen Abteilungen des bauausführenden Unternehmens. Andererseits wurde die ÖBA und Vortriebsgeologie als Vertreter des AGs als zweiter Pool dargestellt. Dieser Dokumentationsprozess wird hier nun genauer beschrieben.

4.5.1 Tunnelvortrieb

Der Abschlag im Tunnel wurde als das Startevent dargestellt. Dieses Ereignis bezeichnet den Beginn einer kontinuierlichen Datenerfassung. In diesem Prozess werden zuerst die Daten für den Vortriebsbericht erfasst. Dieser Bericht stellt ein Formblatt dar, welches täglich vom jeweiligen Schichtdrittelführer handschriftlich ausgefüllt wird. Er arbeitet mit seiner Tunnelmannschaft aktiv mit und notiert die jeweiligen Arbeitsaktivitäten in seinem Notizbuch. In den Pausen zwischen den Arbeitsvorgängen füllt er die in einem

4 Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle

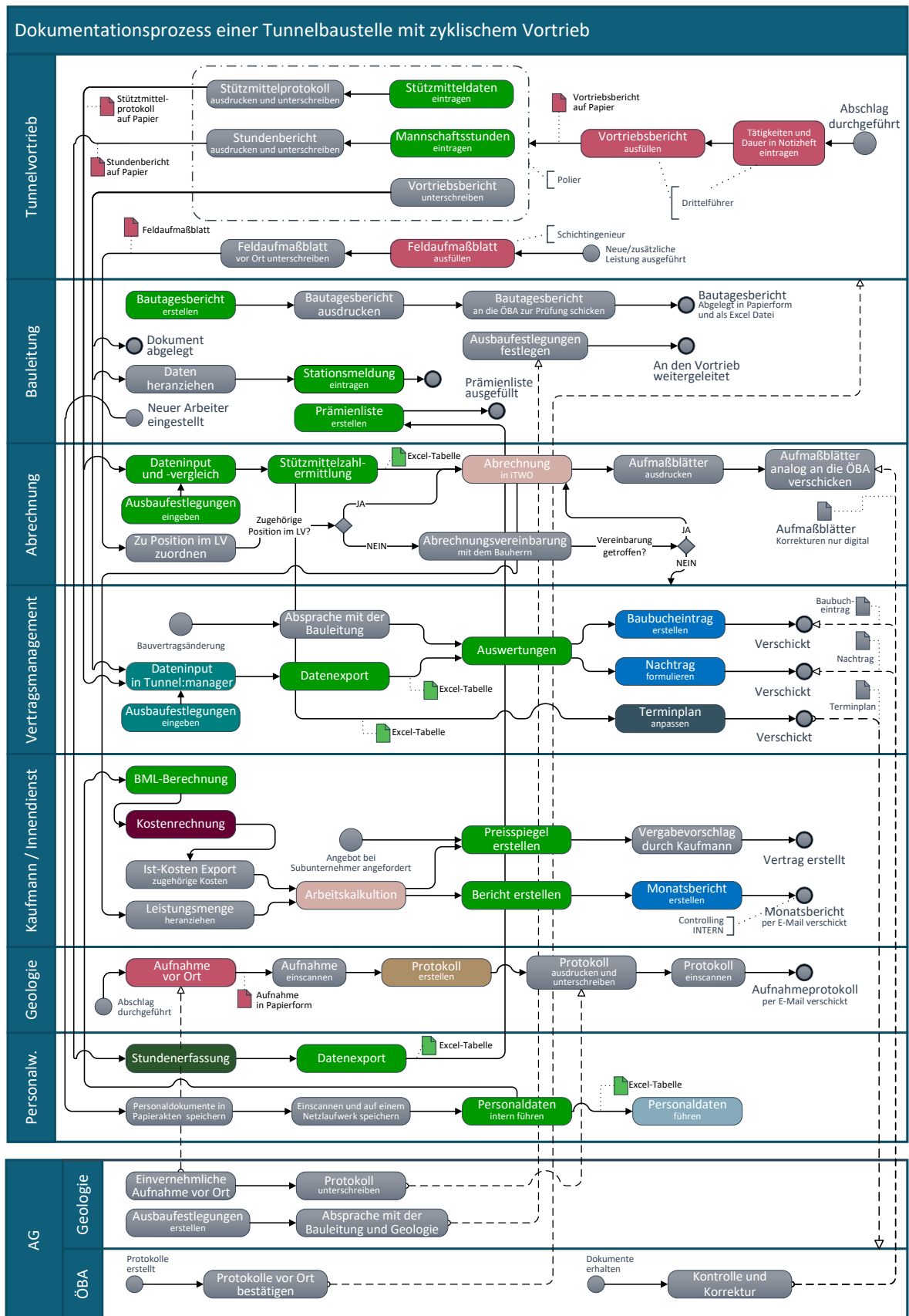


Abbildung 4.5: Dokumentationsprozess auf einer Tunnelbaustelle

Baucontainer aufliegende Papiervorlage aus. Auf der Vorderseite werden die Vortriebszeiten der einzelnen Aktivitäten sowie die Stützmittelart und -menge dokumentiert. Auf der Rückseite werden die Mannstunden erfasst (Abb. 4.6). Dieser Bericht erfasst die Daten eines 24-stündigen Zeitraums, beginnend mit der Frühschicht von 6 bis 14 Uhr, der Spätschicht bis 20 Uhr und abschließend mit der Nachtschicht bis 6 Uhr Früh. In Abb. 4.7 ist eine detaillierte Übersicht des Berichtinhalts grafisch dargestellt.

Nach Beendigung der Schicht legt der Drittführer das ausgefüllte Formblatt dem jeweiligen Schichtpolier zur Kontrolle und Bestätigung vor. Der Bericht wird abschließend von zwei Schichtpolieren sowie von zwei Bauwarten, die den AG als Aufsicht vertreten, unterschrieben. Im nächsten Schritt werden diese manuell erfassten Daten vom Polier in die entsprechenden Excel-Vorlagen eingetragen. Die Mannschaftsstunden werden in eine zusätzliche Excel-Tabelle eingefügt, ausgedruckt und im Papierformat als Stundenbericht weitergeleitet (Abb. 4.8a). Die Stützmitteldaten werden in einer Excel-Tabelle für das Stützmitteleinbauprotokoll zusammengefasst (Abb. 4.8b). Nach dem Ausdrucken wird das Protokoll sowohl vom AN als auch vom AG unterschrieben. Die Erfassung dieser Daten im Tunnelvortrieb wurde damit beendet, der Dokumentationsprozess setzt sich jedoch, wie in den folgenden Abschnitten beschrieben fort.

4.5.2 Bauleitung

Die Aktivitäten der Bauleitung stehen in direktem Zusammenhang mit dem Vortrieb. Nach Fertigstellung und Unterfertigung der Vortriebsberichte werden diese von der Bauleitung erneut kontrolliert und in einem Ordner abgelegt.

Anhand der Daten aus dem Vortriebsbericht wird täglich in einer Excel-Tabelle eine interne Stationsmeldung (Abb. 4.9) geführt. Diese Meldung gibt einen Überblick der einzelnen Vortriebe mit der Angabe der aktuellen Ortsbrustkilometrierung, erreichten Abschlagslängen, Vortriebsklassen sowie wichtigsten Bemerkungen. Die Stationsmeldungen werden auf einem Netzlaufwerk zur internen Verwendung abgelegt.

Die Bautagesberichte werden von den Schichtingenieuren anhand der im Tunnelvortrieb erstellten Protokolle in einer Excel-Vorlage eingetragen (Abb. 3.4). Nach dem Ausdrucken und Verschicken an die ÖBA werden diese von der ÖBA geprüft und in Papierform abgelegt.

Die Bauleitung ist weiters für die Einstellung und Einteilung neuer Arbeiter zuständig. Die Personalunterlagen eines neuen Arbeiters werden an die Personalabteilung zur Bearbeitung weitergeleitet. Es erfolgen laufend Auswertungen mithilfe von Excel, wie z. B. Auswertung der gesamten Mannstunden pro Arbeitsschicht oder die Vortriebsleistungen einzelner Mannschaften. Anhand der Stundenerfassung der Personalabteilung werden außerdem Prämienlisten in Excel geführt.

4.5 Beschreibung des Dokumentationsprozesses in einem zyklischen Tunnelvortrieb

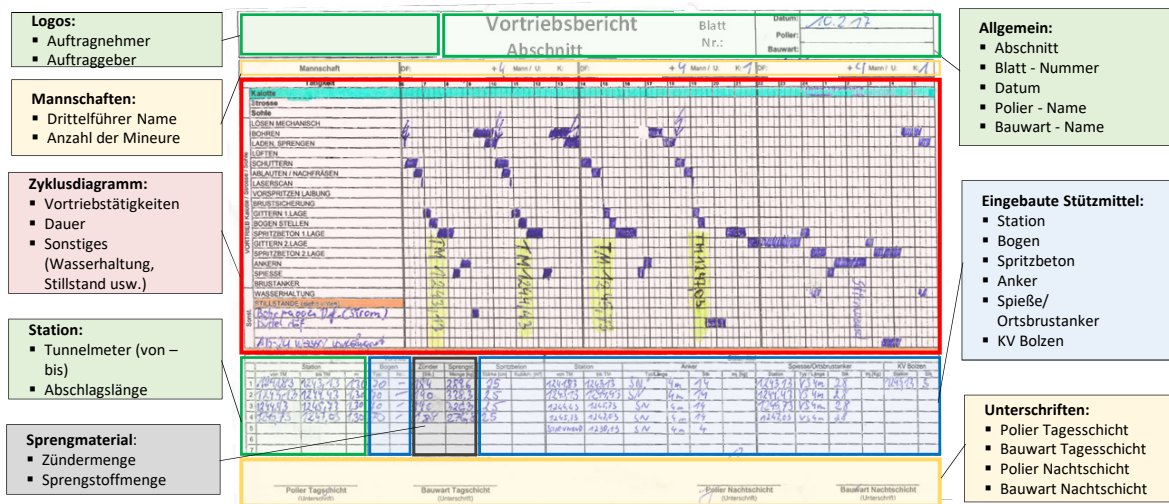


Abbildung 4.7: Vortriebsbericht einer Tunnelbaustelle

Die Schichtingenieure sind darüber hinaus für die Erstellung der Feldaufmaßblätter verantwortlich (Abb. 3.8). Diese sind von der ÖBA zu bestätigen und danach an die Abrechnung weiterzuleiten.

Weiters nehmen Schichtingenieure mit der ÖBA, den Geologen, Geotechnikern und Vermessern täglich an einer Geotechnikbesprechung teil, um sämtliche Vortriebsdaten der Geologen, Geotechniker und des AN zu analysieren und falls erforderlich, eine neue Ausbaufestlegung anzuordnen. Die Bauleitung teilt das Ergebnis der Vortriebsmannschaft mit und setzt die angeordneten Maßnahmen vor Ort um.

Andere Aktivitäten umfassen Aufgaben wie Prüfung und Bestätigung der von der Aufsicht erstellten Abnahmeprotokolle, Erstellen der Wochenberichte an den AG, Erstellen der Bohrpläne und Sprengschemen, Vorbereiten der Nachkalkulation in Excel durch die Schichtingenieure, die Materialbestellung und -prüfung durch einen Bauführer, das Organisieren der Geräte durch den Polier oder durch den Bauführer mit dem Maschinenmeister. Der Bauleiter kümmert sich außerdem um den Termin- und Kostenrahmen.

4.5.3 Abrechnung

Die Dateneingabe erfolgt kontinuierlich durch Hinzufügen von Mengen zu den Positionen des Leistungsverzeichnisses. Die vom AG vorgegebenen Ausbaufestlegungen werden im Voraus in Excel in Form einer Tabelle vorgelegt. Die erste Schnittstelle im Flussdiagramm ergibt sich mit dem Tunnelvortrieb. Die bereits in Excel eingegebenen Daten der Ausbaufestlegungen werden mit den Stützmitteleinbauprotokollen verglichen und bei Änderungen angepasst. Das Ziel ist, diese Daten in einer Excel-Tabelle nach bestimmten

4 Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle

**Stundenbericht
ARGE**

Erfasser:		Poliere		Dienstort: 4.8		Vortrieb														Monat: Okt.16																
Firma				01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	Summen	
Name:		Beschäftigt als		Stunden		Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	Mo	Di	Mi	Do	Fr	Sa	So	
Ortschaffner		Firmenname		Gesamtstunden																															0	
Funktion		Mitarbeiter		Untertagestunden																														0		
Kosten		D11 / H9CV		Nachtstunden																														0		
BAS Schlüssel		BAS		Zulage Erschwernis																														0		
Mitarbeiter		Firmenname		Gesamtstunden																														0		
Funktion		Mitarbeiter		Untertagestunden																														0		
Kosten		D11 / H9CV		Nachtstunden																														0		
BAS Schlüssel		BAS		Zulage Erschwernis																														0		
Mitarbeiter		Firmenname		Gesamtstunden																														0		
Funktion		Mitarbeiter		Untertagestunden																														0		
Kosten		D11 / H9CV		Nachtstunden																														0		
BAS Schlüssel		BAS		Zulage Erschwernis																														0		
Mitarbeiter		Firmenname		Gesamtstunden																														0		
Funktion		Mitarbeiter		Untertagestunden																														0		
Kosten		D11 / H9CV		Nachtstunden																														0		
BAS Schlüssel		BAS		Zulage Erschwernis																														0		
Mitarbeiter		Firmenname		Gesamtstunden																														0		
Funktion		Mitarbeiter		Untertagestunden																														0		
Kosten		D11 / H9CV		Nachtstunden																														0		
BAS Schlüssel		BAS		Zulage Erschwernis																														0		
Mitarbeiter		Firmenname		Gesamtstunden																														0		
Funktion		Mitarbeiter		Untertagestunden																														0		
Kosten		D11 / H9CV		Nachtstunden																														0		
BAS Schlüssel		BAS		Zulage Erschwernis																														0		
Mitarbeiter		Firmenname		Gesamtstunden																														0		
Funktion		Mitarbeiter		Untertagestunden																														0		
Kosten		D11 / H9CV		Nachtstunden																														0		
BAS Schlüssel		BAS		Zulage Erschwernis																														0		

Legende:	
G Konsum Zeitausgleich	F Feiertag
H Konsum Erneuerung	K Kran
S Schichtwechsel	M Arbeitsmittel
T Zeit-Verlust	P Pfingstfeier
V Vorbereitungsstunden	U Urlaub
Z Arbeitsmittel (z.B. KV)	R Arbeitsmittel (z.B. KV)
Z (Sicht, Hochdruck...)	S Stütze
D (Sicht, Hochdruck...)	W Wohnort
D (Sicht, Hochdruck...)	W Wohnort

(a) Stundenbericht

4.11	Abschlagnummer	215	Örtliche Bauaufsicht
Vortrieb	Ka	St	
Ausbaufestlegung Nummer			
4.11 ST 001			

SÜTZMITTELEINBAUPROTOKOLL

Abschlag / Sprengzeitpunkt		Abschlagslänge:		2,61
Datum	Uhrzeit	von Tunnelmeter:	21,17	
13.07.2017		bis Tunnelmeter:	23,78	
Nachtsprengverbot	<input checked="" type="checkbox"/> ja			
Kurztext	EH	Angabe Bauart	Anmerkungen	
Gitterträger	m	ja / Nein / Typ	70/20/30	
Baustahlträger berseitsige Lage	kg	Typ	AQ 50	
Baustahlträger hochraumseitig	kg	Typ	AQ 50	
Baustahlträger Ortsbrust	kg	Typ / aufgem. Fläche		
Systemschlusbewehrung	lfm	2 x Abschlagslänge	2 x 3,40	
Anschlüsse	lfm			
Spritzbeton, Laibung	m³	Dicke	25cm	
Spritzbeton, Ortsbrust, Dicke in cm	m³	D / % der Fläche	5cm/100%	
Anker	Stk	Länge / Typ / Anzahl	4m / SN / 45tk	
Verg./ injiz. Zementsuspension	kg		225kg	
Trockenbohren Anker	lfm	Laufmeter trocken		
Ortsbrustanker	Stk	Länge / Typ / Anzahl		
Verg./ injiz. Zementsuspension Ortsbrustanker	kg			
Trockenbohren Ortsbrustanker	lfm	Laufmeter trocken		
Ortsbrustanker kürzen	Stk	Anzahl		
Ortsbrust-Ankerplatten nachsetzen	Stk	Anzahl		
Spiele	Stk	Länge / Typ / Anzahl		
Trockenbohren Spiele	lfm	Laufmeter trocken		
Verg./ injiz. Zementsuspension	kg	Ges.-kg für Spiele/Typ		
Brustkern	-	ja / Nein		
Teillflächen (inklusive Brustkern)	Stk	ja/ Anzahl / Nein		
Kalottenfußverbrüderung, Tiefe in cm	-	ja/ Nein / Tiefe		
Drainage Sohle	-	ja / Nein		
Wasserschwernis	l/s	Liter pro Sekunde		
Geologisch bedingter Mehrbruch	-	ja / Nein /		
Anteil Festgestein (von Ortsbrustfläche)	%		100%	
Lastverteilerschienen	Stk	Typ / Länge		
KV Bolzen	Stk			

Anmerkung: 1. Stützmaßnahmen wurden einvernehmlich zwischen AG und AN vor Ort festgelegt und festgehalten

für AN/ARGE	für AG/OBA	AZ
Datum:	Datum	Leistung verrechnet im AZ
		LZ
		Leistung eintrachtet in LZ

(b) Stützmitteleinbauprotokoll

Abbildung 4.8: Datenerfassung in Excel

4.5 Beschreibung des Dokumentationsprozesses in einem zyklischen Tunnelvortrieb

Stand der Arbeiten														Leistungen bis	01.04.2017 - 06:00	Monat:	April 2017
D a t u m	Baustellename													D a t u m			
	Vortriebsname																
	Kalotte						Strosse						Bemerkungen				
VT	SVT/ VKL	Station bis	IST m/AT	Soll m/AT	Delta m/AT	SVT/ VKL	Station bis	IST m/AT	Soll m/AT	Delta m/AT							
31.03.17	4,8	VKL 5	2.952,17	6,80	4,24	2,56	VKL 6	1.018,75	13,00	10,58	2,42	Kalotte RV / Strosse RV	31.03.17				
01.04.17	4,8	VKL 5	2.958,97	6,80	4,24	2,56						Kalotte RV	01.04.17				

Abbildung 4.9: Auszug aus einer Stationsmeldung

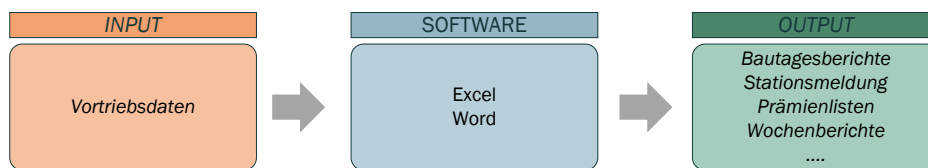


Abbildung 4.10: Dateninput und -output in der Bauleitung

Kriterien zusammenzufassen um am Monatsende die Abrechnungssumme zu bilden und diese in iTWO zu übertragen.

Die im Vortrieb erstellten Feldaufmaßblätter werden zur Bearbeitung herangezogen, indem zum Inhalt zugehörige Positionen im LV gesucht werden, mit dem Ziel, diese später abrechnen zu können. Für nicht bestehende und/oder neue, zusätzliche Leistungen kommt es zu den Abrechnungsvereinbarungen mit der ÖBA oder Nachträgen, wodurch sich eine Schnittstelle mit dem Vertragsmanagement ergibt.

Die von der Aufsicht erstellten und von der Bauleitung geprüften Abnahmeprotokolle werden zur Abrechnung herangezogen. Um die Abnahmen dem richtigen Leistungsabrechnungszeitraum zuordnen zu können, ist der Zeitpunkt der Protokollerstellung relevant.

Der eigentliche Output der Abrechnung sind die monatlich in Papierform erstellten Aufmaßblätter (Abb. 4.11). Die ÖBA überprüft diese Blätter schriftlich und schickt sie zur Korrektur zurück. Um die Aufmaßblätter nicht erneut auszudrucken, bearbeitet und versendet die Abrechnung diese digital. Die ÖBA vergleicht diese schließlich in digitaler Form.

4.5.4 Vertragsmanagement

Der Bauvertrag ist die Grundlage für den Soll-Ist-Vergleich. Die Soll-Daten ergeben sich durch den Bauvertrag. Abweichungen vom Bauvertrag sind im Rahmen des Vertrags-

4 Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle

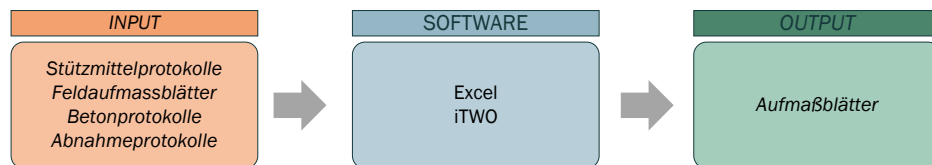


Abbildung 4.11: Dateninput und -output in der Abrechnung

managements zu analysieren. Die Ist-Daten sind die Vortriebsdaten, genauer gesagt der Aufwand und die Leistung. Diese Daten werden in das Programm Tunnel:manager kontinuierlich eingetragen. Anschließend werden diese Daten ins Excel-Format exportiert, damit bei Bedarf die benötigten Auswertungen, wie z. B. Ermittlung der durchschnittlichen Leistungswerte, durchgeführt werden können. Von der Abrechnungsabteilung werden neu auftretende Positionen ausgewiesen, die vorerst besprochen werden und, falls es zu einem Nachtrag kommt, dieser in freier Form in Word erfasst wird. Die Baubucheintragungen und Meldungen von Mehrkosten werden in Word erstellt und beide Dokumente an die ÖBA zur Prüfung analog und digital verschickt.

Der AG gibt bei der Ausschreibung einen Terminplan vor. Der AN gibt einen Angebotszeitplan ab. Durch eine Vereinbarung zwischen AG und AN entsteht ein Vertragsbauzeitplan, der im Regelfall alle zwei bis drei Monate aufgrund Änderungen oder Zusatzaufträgen fortgeschrieben und aktualisiert wird. Die notwendigen Daten werden von der Abrechnung übernommen. Die Grundlage dafür bildet eine Excel-Liste (ZGK-Tabelle), in der die erwirtschaftete Bauzeit (Soll-Zeit) und Ist-Zeit eingetragen sind. Zur Erstellung des Terminplans wird diese Liste übernommen und um zusätzliche Informationen, wie Abgänge oder Zusatzzeiten, ergänzt und anschließend in Tilos importiert. Es werden zwei Terminpläne erstellt: einer für die Abrechnung und ein weiterer für die Nachträge und eingereichten Mehrkostenforderung (MKF), wobei in diesem Fall die Soll-Zeit im Terminplan verlängert wird. An die ÖBA wird der Terminplan zur Überprüfung in zwei Formen, als Excel-Liste (von der Abrechnung) sowie der Terminplan aus Tilos im PDF-Format, geschickt.

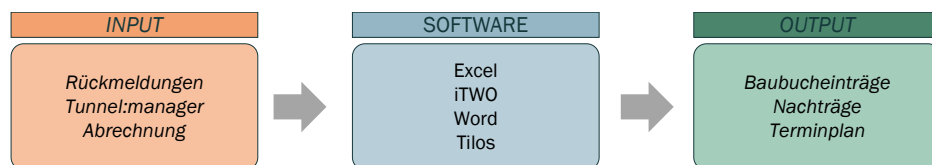


Abbildung 4.12: Dateninput und -output im Vertragsmanagement

4.5.5 Kaufmann und Innendienst

Die kaufmännische Leitung ist in erster Linie für die Kostenrechnung auf der Baustelle zuständig, wofür die Software AS/400 zum Einsatz kommt.

Zusammen mit der Personalabteilung werden die Personaldaten in einer Excel-Liste sowie in Abex geführt. In Excel wird intern eine Bruttomittelohnabrechnung erstellt. Es handelt sich dabei um eine Analyse der Arbeiter nach deren Typ und Anzahl sowie deren monatlichen Stunden und Lohnkosten, mit dem Ziel den Bruttomittelohn jedes Typs und der gesamten Baustelle zu ermitteln.

Der Kaufmann und Innendienst ist ferner bei der Materialbeschaffung involviert. Das Material wird bei möglichen Lieferanten angefragt und konkrete Angebote eingeholt. Der Innendienst zieht Budgets aus iTWO um einen Preisspiegel zu erstellen. Der Kaufmann macht einen Vergabevorschlag und wenn dieser genehmigt wird, erstellt er einen Vertrag.

Subunternehmer liefern das Material. Die zuständige Person vom Vortrieb übernimmt den Lieferschein und leitet diesen an den Kaufmann weiter. Basierend auf dem Lieferschein werden Rechnungen meistens per Post verschickt. Nach einem Vergleich der Rechnung mit dem Lieferschein wird erstere einer Kostenstelle zugeordnet. Nach der Freigabe der Rechnung, wird diese in das Rechnungszentrum geschickt, wo sie nochmal geprüft, eingescannt und abgelegt wird.

Im Rahmen der Arbeitskalkulation wird ein Controlling-Berichtswesen monatlich durchgeführt. Nach der Abrechnung in iTWO entspricht die abgerechnete Menge der Leistungsmenge für die Arbeitskalkulation. Der Kaufmann erstellt mit AS/400 eine Exportdatei, die sogenannte Ist-Kostendatei (IKO). Damit werden in iTWO die zugehörigen Kosten den Mengen zugeordnet und ein Bericht erstellt, der als Excel-Liste am Server abgelegt wird und monatlich an ARGE-Partner und Projektmonitoring zum Controlling gesendet wird. Intern wird ein monatlicher Bericht in Word erstellt und als PDF-Datei per E-Mail verschickt.

4.5.6 Personalwesen

Die Personaldaten im Papierformat werden in einem Papierakt sowie eingescannt auf einem Netzlaufwerk abgelegt. Die Personaldaten werden in einer Excel-Liste zur baustelleninternen Verwendung und in Abex eingegeben. Der Arbeitsvertrag mit der richtigen Gehaltseinstufung und Personendaten wird vorbereitet und von der Bauleitung, dem Kaufmann und Rechnungszentrum unterschrieben. Der Stundenbericht (Abb. 4.8a) wird vom Polier erstellt und im Papierformat an die Personalabteilung geschickt. Die Stunden werden dann i. d. R. am Monatsende mit der Personalsoftware für jeden Arbeiter erfasst. Zur Durchführung der weiteren Lohnabrechnung und Erstellung der Lohnzettel hat das Rechnungszentrum Zugriff auf die Personalsoftware. Da die Personalsoftware

nur eine reine Stundenerfassung ermöglicht, werden die Daten für Excel exportiert und zur Erstellung der Prämienlisten an die Bauleitung geschickt.

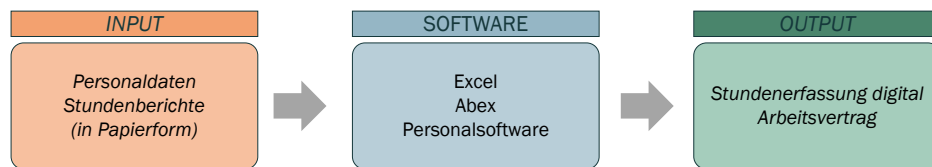


Abbildung 4.13: Dateninput und -output im Personalwesen

4.5.7 Geologie

Nach jedem Abschlag wird die Ortsbrust von einem Geologen aufgenommen. Die Vortriebsgeologen des AG führen mindestens eine Aufnahme pro Vortrieb und Tag durch, die auf einem gemeinsamen Server abgelegt wird. Die Geologen des AN führen gewöhnlich eine Aufnahme für jeden Vortrieb pro Woche durch. Wie viele Aufnahmen gemacht werden müssen, wird vertraglich vereinbart. In erster Linie wird die Information über die Sprengung entweder von einem Web Monitoring (die Erschütterungen werden durch Geophone aufgezeichnet) oder vom Polier empfangen. Vor allem an den Stellen ohne Geophone (nicht bebaute Gebiete) teilt er diese Information telefonisch mit.

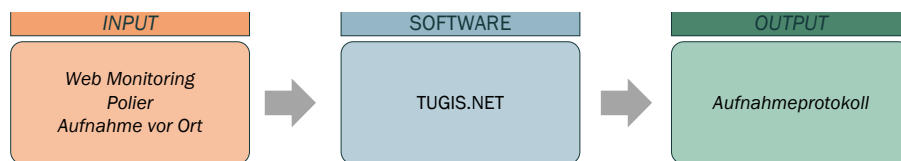


Abbildung 4.14: Dateninput und -output in der Geologie

Die einvernehmliche Aufnahme der Daten wird gemeinsam mit den Vortriebsgeologen vor Ort besprochen und erfolgt zumeist mehr oder weniger standardisiert in Form eines geologischen Aufnahmeblattes. Wie in Abbildung 2.7 ersichtlich, wird die Ortsbrust sowohl handschriftlich als auch fotografisch aufgenommen. Für eine bessere Darstellung, wird die im Tunnel handschriftlich angefertigte Originalskizze eingescannt und in TUGIS.NET importiert. Mithilfe dieses Programms wird die Skizze sauber gezeichnet und die Position der einzelnen Trennflächen anhand von Fotos kontrolliert. Die digitalisierte, ausgedruckte, von beiden Seiten (AN und AG) unterschriebene Aufnahme wird eingescannt und per E-Mail verschickt. Das Original wird nicht mehr eingescannt, sondern zusammen mit den ausgedruckten Protokollen abgelegt. Das Ziel ist ein Soll-Ist-Vergleich zwischen den Prognoseplänen, den Vertragsplänen und dem Ist-Zustand zu machen. Dies ist sowohl für die Bauleitung als auch die Nachtragsbehandlung von Bedeutung.

4.6 Gesamter Dokumentationsaufwand

Resultierend aus Experteninterviews mit dem Baustellenpersonal wurde eine Zeit- und Kostenanalyse des Dokumentationsprozesses im zyklischen Tunnelvortrieb durchgeführt. Das Ziel dieses Kapitels ist die Darstellung des aktuellen Aufwands für die wesentlichen Dokumentationstätigkeiten auf der untersuchten Baustelle.

4.6.1 Zeitanalyse

Abb. 4.15 zeigt eine grobe Zeitanalyse für die wesentlichen Aktivitäten des Dokumentationsprozesses auf der Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb.

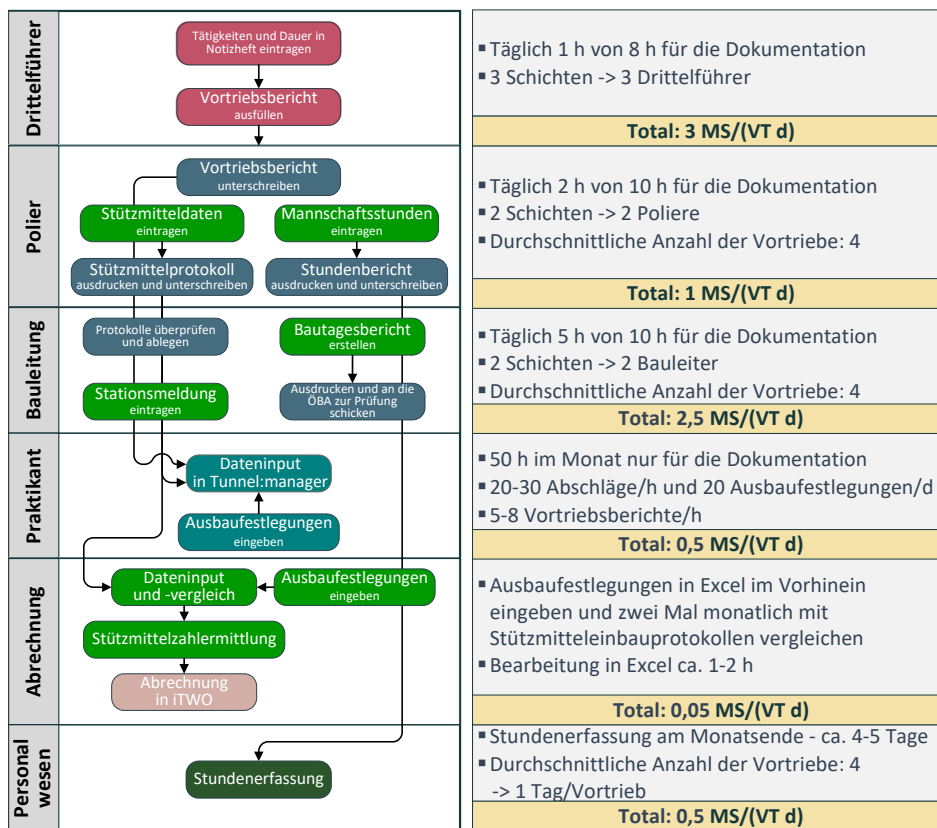


Abbildung 4.15: Zeitanalyse für die Dokumentation

Die Dauer wurde auf Grundlage von Daten abgeschätzt, die in Form von Experteninterviews mit dem Baustellenpersonal erhoben wurden. Da es nicht möglich ist, für jede einzelne Aktivität im Dokumentationsprozess eine exakte Dauer anzugeben, wurde der Einfachheit halber der Gesamtaufwand für die Dokumentation für die zuständigen

Mitarbeiter abgeschätzt (Abb. 4.16). Wichtig ist anzumerken, dass das für die Dokumentation zuständige Baustellenpersonal in unterschiedlichen Schichtbetrieben arbeitet und die Datenerfassung nicht immer täglich durchführt. Die Drittführer, Poliere sowie Schichtbauleiter sind täglich mit der Dokumentation beschäftigt, während bei der Abrechnung und Personalabteilung die Datenerfassung in der Regel in der Mitte und am Ende des Monats erfolgt. Bei dem untersuchten Projekt wurden im Durchschnitt vier Vortriebe gleichzeitig ausgeführt. Der gesamte Dokumentationsaufwand wird für jeden Mitarbeiter in Mannstunden (MS) pro Vortrieb (VT) und Tag umgerechnet und im Folgenden als $MS/(VT\ d)$ notiert.

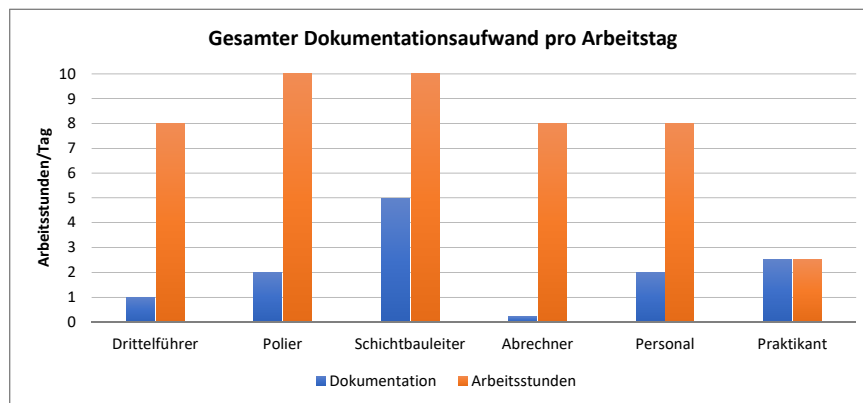


Abbildung 4.16: Zeitanalyse für die Dokumentation

Drittführer

Der Tunnelvortrieb wird beim behandelten Projekt in drei Schichten durchgeführt und in erster Linie von drei verschiedenen Drittführern dokumentiert. Nach Angaben des Bauleiters benötigt ein Drittführer ungefähr eine von acht Arbeitsstunden täglich für die Dokumentation der Tätigkeitsdauer, eingebauten Stützmittel sowie Mannschaftsstunden. Damit ergeben sich insgesamt $3\ MS/(VT\ d)$ für die Dokumentation und Fertigstellung eines Vortriebsberichts.

Polier

Die Poliere arbeiten im Zweischichtbetrieb und sind gleichzeitig für alle vier Vortriebe zuständig. Gemäß einer Abschätzung des befragten Bauleiters benötigen sie täglich zwei von zehn Arbeitsstunden für die Dokumentation. Daraus ergibt sich ein Dokumentationsaufwand von $0,5\ h$ pro VT und Schicht oder $1\ MS/(VT\ d)$.

Bauleitung

Bei der Bauleitung sind primär die Schichtingenieure für die Dokumentation verantwortlich. Sie arbeiten wie Poliere im Zweischichtbetrieb und beschäftigen sich mehr als 50 % der Arbeitszeit ausschließlich mit der Dokumentation. Nach Angaben eines

Schichtbauleiters sind durchschnittlich bis zu fünf von zehn Arbeitsstunden für die Dokumentation erforderlich. Bei vier gleichzeitigen Vortrieben beschäftigt sich ein Schichtbauleiter während seiner Schicht 1,25 h mit der Dokumentation eines Vortriebs, somit 2,5 MS/(VT d).

Praktikant

Die Eingabe der Daten des Vortriebsberichts in Tunnel:manager, die eigentliche Digitalisierung, ist mit großem Zeitaufwand verbunden und wird von einem teilzeitbeschäftigten Praktikanten durchgeführt. Er ist während eines Teils der Projektlaufzeit zu zehn Arbeitstagen pro Monat und fünf Stunden täglich beschäftigt. Nach Einschätzung des Praktikanten kann die Eingabe von 100 bis 150 Abschlüge/Tag (oder 20 bis 30 Abschlüge/h) und 20 Ausbaufestlegungen/Tag bewältigt werden. Unter der Annahme, dass ein Vortriebsbericht drei bis fünf Abschlüge beinhaltet, können somit fünf bis acht Vortriebsberichte pro Stunde digitalisiert werden. Daraus kann abgeschätzt werden, dass 0,125 bis 0,20 Mannstunden pro Vortriebsbericht für die Dateneintragung in Tunnel:manager notwendig sind. Wenn man noch die Zeit für das Nachbessern sowie die Digitalisierung der Ausbaufestlegungen und den Vergleich mit den Stützmitteleinbauprotokollen berücksichtigt, ergeben sich 0,5 MS/(VT d).

Der untersuchte Tunnel besteht aus ca. 25 000 Abschlügen und ca. 2000 Ausbaufestlegungen, die mit Tunnel:manager dokumentiert werden müssen. Nach eigenen Angaben gelingt es dem Praktikanten, im Durchschnitt 25 Abschlüge/h und 20 Ausbaufestlegungen/Tag zu digitalisieren. Daraus ergibt sich, dass er für die Digitalisierung der Zyklusdiagramme 1000 h und der Ausbaufestlegungen ca. 100 Tage benötigt. Dividiert durch seine 50 h/Monat oder 5 Arbeitstage/Monat ergibt jeweils 20 Monate für diese beiden Aktivitäten. Bei einer Teilzeitbeschäftigung ergibt sich daraus eine Summe von 40 Monaten, die nur für die nachträgliche Digitalisierung der Zyklusdiagramme und eingebauten Stützmaßnahmen benötigt werden.

Abrechnung

Bei der Abrechnung werden für die Stützmittelberechnung Excel-Tabellen herangezogen, die im Voraus, basierend auf Daten der Ausbaufestlegungen, angelegt werden. Der Abrechner vergleicht die Stützmitteleinbauprotokolle zweimal monatlich mit den Excel-Tabellen und passt diese gegebenenfalls an. Die gesamte Bearbeitung der Daten nimmt der Einschätzung des Abrechners nach monatlich vier Stunden in Anspruch, womit sich bei vier Vortrieben eine Mannstunde pro Vortrieb und Monat ergibt. Unter der Annahme von 20 Arbeitstagen im Monat, lässt sich der Arbeitsaufwand mit 0,05 MS/(VT d) beziffern.

Personalwesen

Die Stundenerfassung der Arbeiter mithilfe der Personalsoftware erfolgt durch die Personalabteilung. Diese Arbeit wird am Monatsende durchgeführt und dauert laut Angaben eines Mitarbeiters der Personalabteilung bis zu fünf Tage für alle Arbeiter und Vortriebe.

Bei durchschnittlich vier Vortrieben, beträgt der Arbeitsaufwand für die Stundenerfassung eines Vortriebes 1,25 Arbeitstage zu acht Arbeitsstunden. Unter der Annahme von 20 Arbeitstagen im Monat, ergeben sich 0,5 MS/(VT d) für diese Tätigkeit.

4.6.2 Analyse der Personalkosten

In diesem Abschnitt wird ausgehend von der Analyse des Zeitaufwandes für die Dokumentationstätigkeiten eine Analyse der Personalkosten durchgeführt. Die folgende Berechnung basiert auf den Kostensätzen in Euro je Stunde zuzüglich eines Zuschlages von 10 %, die von der untersuchten Baustelle als Bruttolohnsätze angegeben wurden. Bei der Analyse der Kosten für den untersuchten Dokumentationsprozess wurden nur die Lohnkosten berücksichtigt. Die abgeschätzten Kostensätze für die Ermittlung der Dokumentationskosten sowie die Gesamtkosten pro Tag und Monat sind in Tabelle 4.1 dargestellt. Für die Berechnung der monatlichen Gesamtkosten wurde von vier Vortrieben ausgegangen.

Die grafische Auswertung und Gegenüberstellung der Zeit- und Kostenanalyse erfolgt in Form eines Kreisdiagrammes, wie in Abb. 4.17 zu sehen ist. Daraus ist ersichtlich, dass der Drittführer, der erste für die Datenerfassung zuständige Mitarbeiter im Dokumentationsprozess, auch die größten Kosten verursacht. Hohe Kosten entstehen auch beim Schichtbauleiter, bei dem der Zeitanteil für die Dokumentation ebenfalls sehr hoch ist. Anhand der Kostenschätzung und Zeitanalyse kann festgestellt werden, dass vor allem der Zeitaufwand für einen analogen Dokumentationsprozess einen wesentlichen Teil der Arbeitszeit ausmacht.

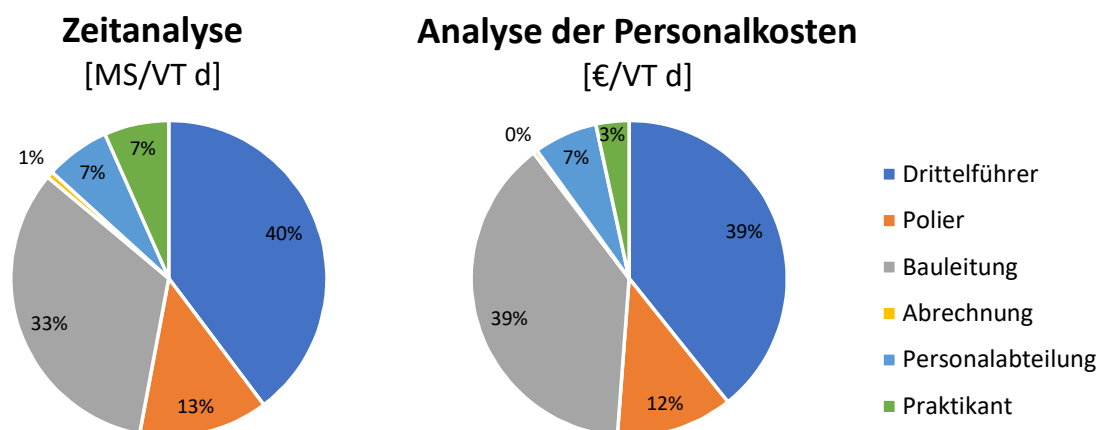


Abbildung 4.17: Zeit- und Kostenanalyse der Dokumentation

	Zeit		Kosten			
	MS/(VT d)	€/h	€/(VT d)	d/Monat	€/(VT Monat)	€/Monat
Drittleiter	3,0	74,40	223,20	30	6.696,00	26.784,00
Polier	1,0	67,90	67,90	30	2.037,00	8.148,00
Bauleitung	2,5	87,40	218,50	30	6.555,00	26.220,00
Abrechnung	0,05	48,50	2,40	20	48,50	194,00
Personalabteilung	0,5	74,40	37,20	20	744,00	2.976,00
Praktikant	0,5	38,50	19,30	10	192,50	770,00
Summe	7,6		568,50		16.273,00	65.092,00

Tabelle 4.1: Personalkosten der Dokumentation

4.7 Dokumentationsprozess einer Vergleichstunnelbaustelle

Im folgenden Abschnitt wird als zusätzliches Beispiel der Dokumentationsprozess einer zweiten Baustelle mit einem geringeren Anteil an zyklischem Tunnelvortrieb desselben Bauunternehmens mithilfe der Business Process Model and Notation dargestellt. Dabei wurden nur die wesentlichen Dokumentationstätigkeiten aus dem Tunnelvortrieb, der Bauleitung, Abrechnung sowie Personalabteilung dargestellt. Aus Abb. 4.18 ist ersichtlich, dass der Dokumentationsprozess, wenngleich auch kein standardisierter Prozess, im Wesentlichen sehr ähnlich abgebildet ist.

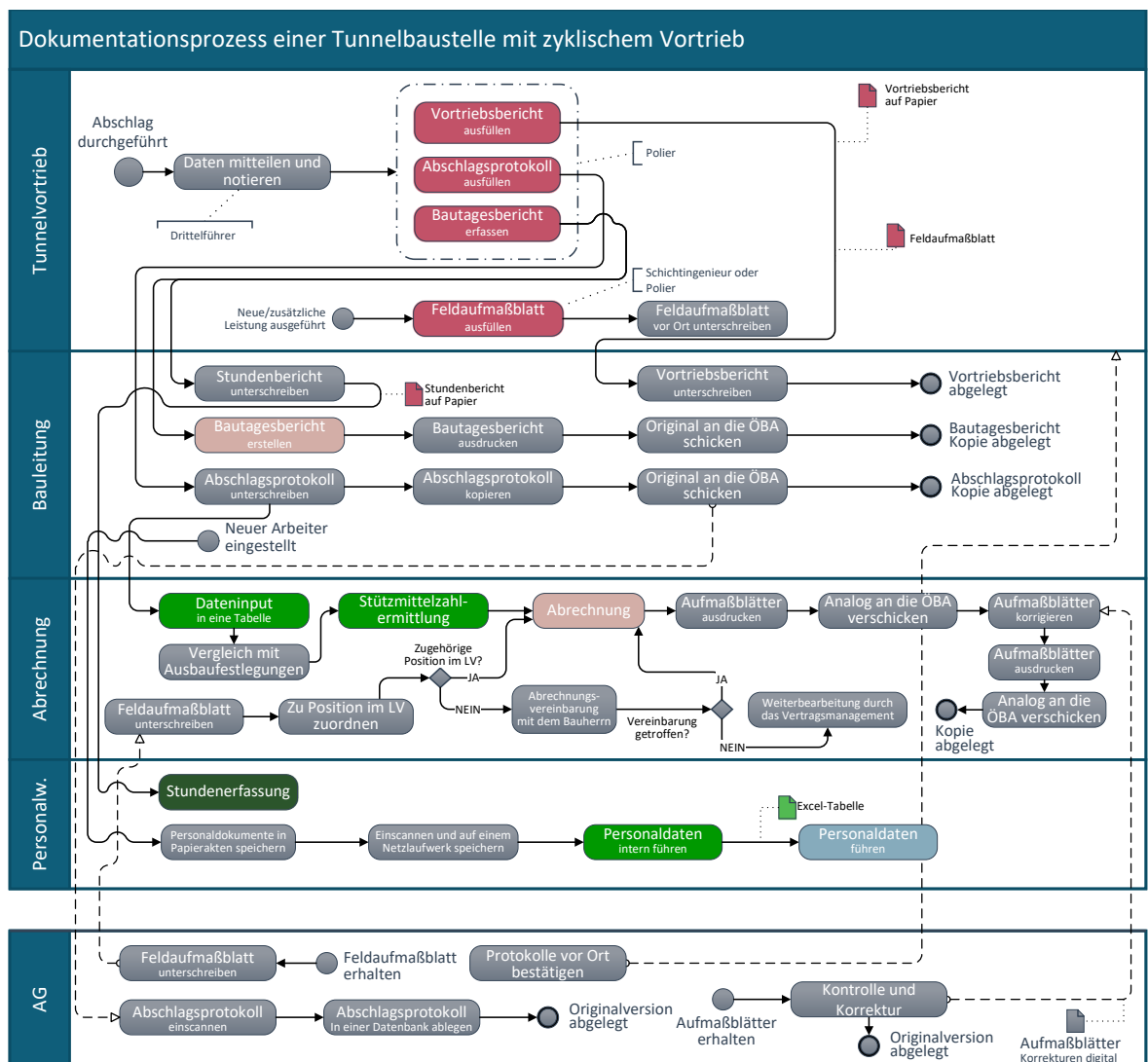


Abbildung 4.18: Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle — Beispiel 2

4.7 Dokumentationsprozess einer Vergleichstunnelbaustelle

Der Vortriebsbericht stellt wiederum ein Formblatt dar, welches täglich vom jeweiligen Schichtpolier handschriftlich ausgefüllt wird (Abb. 4.19). Da die Poliere gleichzeitig für mehrere Vortriebe zuständig sind, teilen die Schichtdrittführer die Informationen über die Tätigkeitsdauer sowie eingebaute Stützmittel den Polieren mit. Abschließend wird der Bericht sowohl vom AG als auch vom AN unterschrieben, das Original bei der ÖBA und eine Kopie beim AN abgelegt. Eine weitere Digitalisierung des Berichts mithilfe eines Programms wird nicht durchgeführt. Nur bei Bedarf werden die benötigten Daten in Excel zusammengefasst. Im Vergleich zum ersten Projekt ist der Drittführer nicht direkt für die Dokumentation verantwortlich, sondern informiert nur den für die Dokumentation zuständigen Polier.

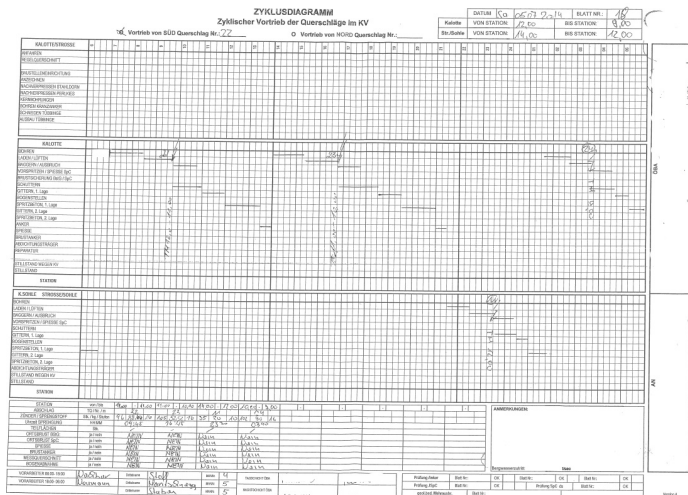


Abbildung 4.19: Vortriebsbericht

Die Poliere erstellen zusammen mit den Drittführern die Stützmitteleinbauprotokolle (auch Abschlagsprotokolle genannt), die im nächsten Schritt von den Schichtbauleitern kontrolliert und unterschrieben werden. Die Protokolle werden anschließend ebenfalls von der ÖBA geprüft, in Originalversion abgelegt sowie eingescannt in einer zentralen Datenbank gespeichert. Eine Kopie des Protokolls wird beim AN archiviert.

Die Abrechnung des AN vergleicht die Protokolldaten mit den Ausbaufestlegungen und trägt diese in eine Excel-Vorlage ein. Anhand dieser Excel-Tabelle werden die Stützmitteleinbauzahlen sowie Vortriebsklassen berechnet und in iTWO übertragen. Nach der Fertigstellung der Aufmaßblätter in iTWO werden diese ausgedruckt und in Papierform an die ÖBA zur Kontrolle und Korrektur geschickt. Die Korrekturen werden im PDF-Format retourniert, nachgebessert und wiederum in Papierform der ÖBA zum Unterfertigen vorgelegt. Das Original bleibt bei der ÖBA und die Kopie wird beim AN abgelegt.

Feldaufmaßblätter werden von den Polieren und den Schichtbauleitern erstellt. Die Feldaufmaßblätter werden immer doppelt unterschrieben, vor Ort vom Schichtbauleiter des AN und vom Bauwart des AG und schließlich von der Abrechnung. Erst nach Bestätigung

des Abrechners des AG und jenem des AN, können die für die Abrechnung relevanten Feldaufmaßblätter vom AN tatsächlich verrechnet werden. Die Bautagesberichte werden zunächst von den Polieren handschriftlich erfasst und dann von den Schichtbauleitern in korrigierter Version in iTWO übertragen, ausgedruckt und das Original an die ÖBA verschickt.

Die Stundenerfassung der Arbeiter wird im Bautagesbericht am Papierblatt von den Drittführern geführt und von den Polieren kontrolliert. Die Bauführer erstellen anhand dieser Daten zwei Mal wöchentlich einen handschriftlichen Stundenbericht den sie in Papierform an die Personalabteilung weiterleiten. Dort wird die Arbeitszeit in die Personalsoftware eingetragen, was bis zu einer Woche im Monat in Anspruch nimmt.

4.8 Analoger Dokumentationsprozess

Nachfolgend wird im Detail auf die notwendigen Schritte bei der Dokumentation der Bautätigkeitsdauer, Stützmaßnahmen und Arbeitsstunden der Arbeiter in einem analogen Dokumentationsprozess anhand der ersten untersuchten Tunnelbaustelle eingegangen. Der analoge Dokumentationsprozess erfordert momentan viele Zwischenschritte in Form von Übertragungen der Daten. Projektbeteiligte müssen die Projektdaten mehrmals neu eingeben und im weiteren Projektverlauf manuell abgleichen. Im untersuchten Dokumentationsprozess findet eine teilweise Digitalisierung statt, jedoch zu einem späteren Zeitpunkt. Der herkömmliche Dokumentationsprozess ist durch periodische, routinemäßige Tätigkeiten gekennzeichnet, die dem größten Digitalisierungspotential unterliegen. Darüber hinaus zeigt die Untersuchung der Vergleichsbaustelle, dass der Prozess gerade dieser Dokumentationstätigkeiten ähnlich gestaltet ist, obwohl es sich nicht um einen standardisierten Prozess handelt. Großes Optimierungspotential liegt daher in der Standardisierung und Digitalisierung dieser Dokumentationstätigkeiten im zyklischen Tunnelvortrieb.

4.8.1 Dokumentation der Bautätigkeiten

Die Arbeitsaktivitäten werden zunächst während der Bauarbeiten im Tunnel durch den jeweiligen Schichtdrittführer in seinem Notizbuch notiert. Er arbeitet mit der eigenen Tunnelmannschaft aktiv mit. In den Pausen zwischen den Arbeitsvorgängen füllt er im nächsten Schritt die in einem Baucontainer vorliegende Papiervorlage handschriftlich aus (Abb. 4.20). Die horizontale Achse des Zyklusdiagramms ist zur vereinfachten Erfassung der Tätigkeitsdauer in einen 15-minütigen Raster aufgeteilt. Im dritten Schritt wird der Vortriebsbericht vom jeweiligen Schichtpolier sowie Bauwart kontrolliert und unterschrieben. Eine letzte Kontrolle wird von den Schichtingenieuren gemacht.

Die Bautätigkeiten werden zu einem späteren Zeitpunkt in das Programm Tunnel:manager übertragen. Die verschiedenen Tätigkeiten sind im Programm schon im Voraus angelegt

und müssen gewählt werden, um die Dauer einzugeben. Nachdem dies mit einem noch höheren Arbeitsaufwand verbunden wäre, wird bei der Dateneingabe derzeit nur die absolute Dauer der Einzeltätigkeiten eingetragen und nicht deren Start- und Endzeitpunkte. Zur Weiterverarbeitung der digital erfassten Daten werden diese bei Bedarf für nötige Auswertungen und Analysen im Programm Tunnel:manager als Excel-Datei exportiert (Abb. 4.20). Aufgrund der fixen Funktionalität und unzureichender Flexibilität des Programms wird die Datenverarbeitung und -aufbereitung selbst mit Excel durchgeführt.

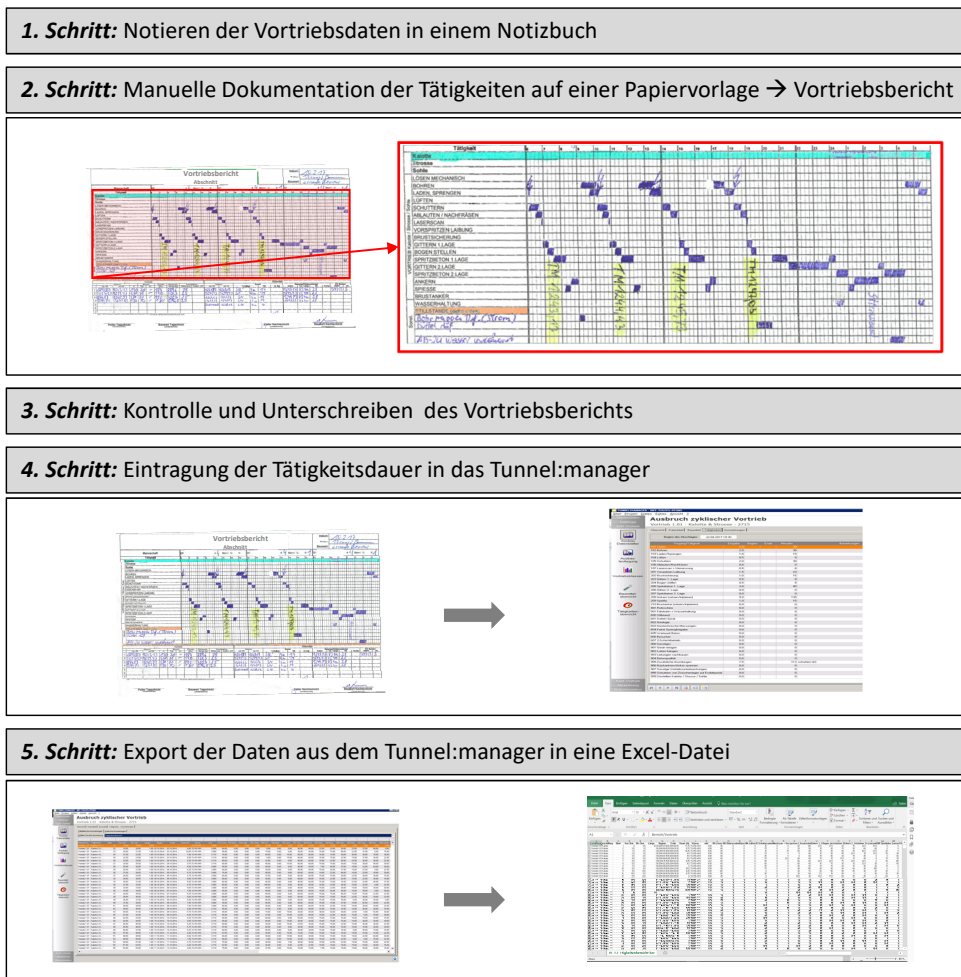


Abbildung 4.20: Schritte bei der Dokumentation der Bautätigkeiten

4.8.2 Dokumentation der Stützmaßnahmen

Die erste Erfassung der eingebauten Stützmaßnahmen erfolgt während der Bauarbeiten durch den jeweiligen Schichtdrittelführer, indem er die Daten in seinem Notizbuch no-

4 Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle

tiert. Wie in Abb. 4.21 zu sehen ist, füllt er in einem zweiten Schritt die Papiervorlage für den Vortriebsbericht aus und trägt die Stützmitteldaten handschriftlich in die dafür vorgesehenen Positionen ein. Im nächsten Schritt werden die vom Drittführer erfassten Daten des Vortriebsberichts vom jeweiligen Schichtpolier zunächst geprüft. Der Polier trägt diese Stützmitteldaten in eine Excel-Tabelle ein und erstellt das Stützmitteleinbauprotokoll, das von ihm ausgedruckt und von ihm und der ÖBA unterschrieben in Papierform an verschiedene Instanzen weitergeleitet wird.

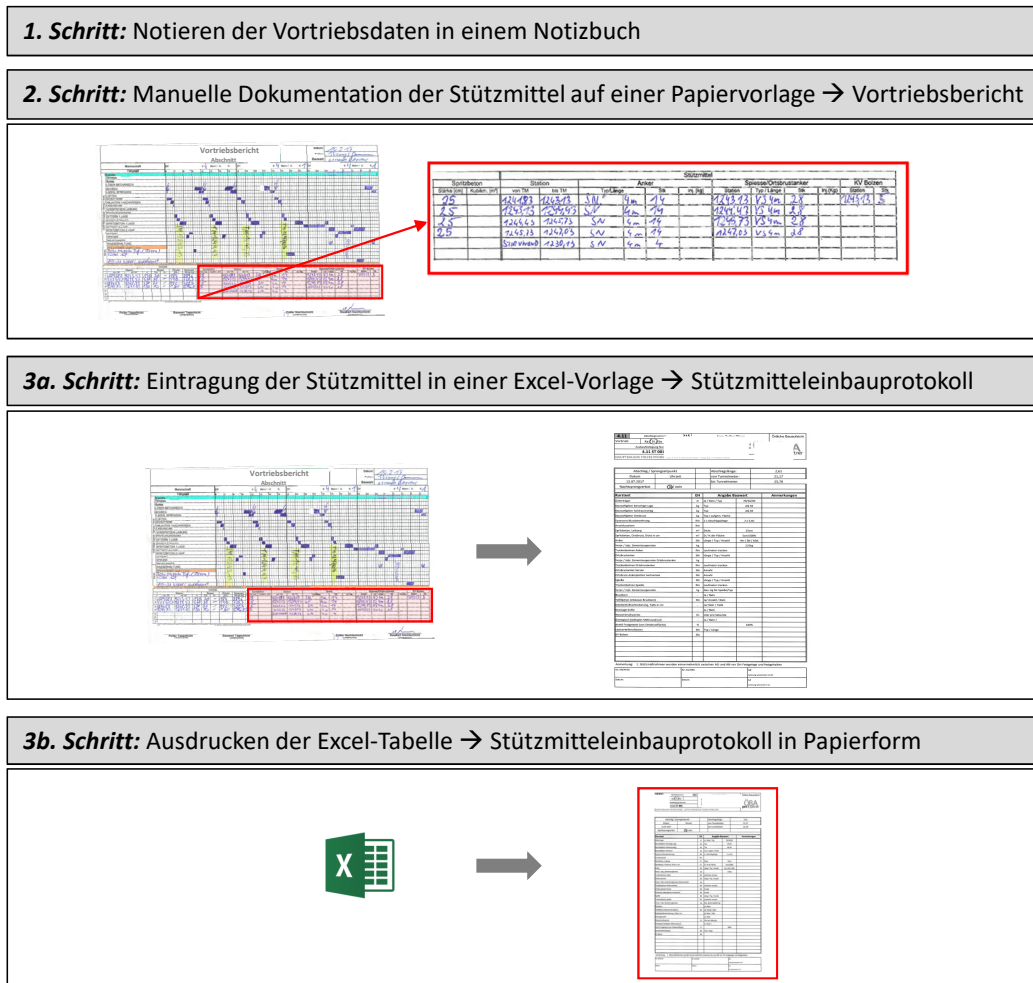


Abbildung 4.21: Stützmittelerfassung durch den Drittführer und Polier

In der Abrechnung werden im Voraus die Daten der Ausbaufestlegungen in einer Excel-Vorlage angelegt, die zur Ermittlung der Stützmittelzahlen für die Abrechnung dient (Abb. 4.22). Die Stützmitteleinbauprotokolle werden zur Kontrolle herangezogen. Bei einer Änderung der Daten im Vergleich zur Ausbaufestlegung werden die Daten in der Excel-Tabelle entsprechenden angepasst. Eine Vereinheitlichung der Abrechnung gestal-

tet sich schwierig, da sie auf Grundlage der Ausschreibung nach den Vorgaben des AG erfolgt. Mit einer fixen Funktionalität ausgestattet erweist sich Tunnel:manager als nicht ausreichend flexibel um mit der Vielfalt bei der Abrechnung umzugehen. Aus diesem Grund kommen bei der Abrechnung bevorzugt Excel-Tabellen zur Verwendung, da sie flexibler und praktikabler für die Berechnung der Stützmittel sind. Der nächste Schritt läuft ähnlich wie bei der Abrechnung ab. Zunächst werden die Daten der Ausbaufestlegungen von einem Praktikant im Tunnel:manager angelegt und später mit den Stützmitteleinbauprotokollen verglichen und angepasst (Abb. 4.22).

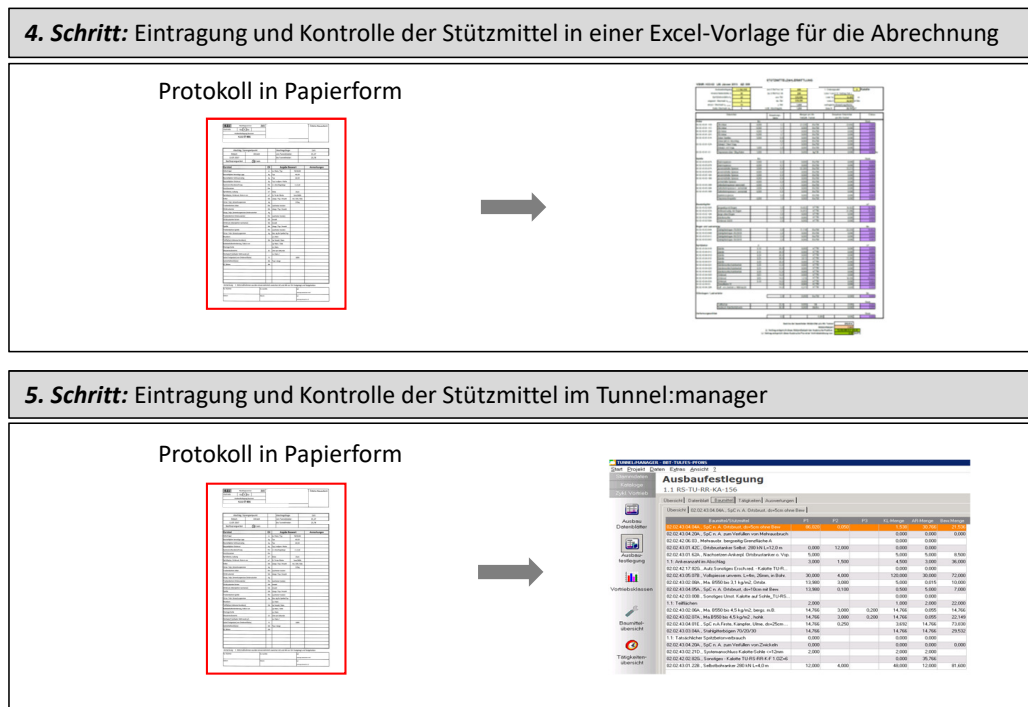


Abbildung 4.22: Stützmitteleintragung durch den Abrechner und Praktikanten

4.8.3 Dokumentation der Arbeiterstunden

Die Drittführer erfassen die Anwesenheit ihrer Mannschaften oder den Grund der Abwesenheit (z. B. Urlaub, Arbeitsunfall, Krankheit etc.). Im zweiten Schritt werden die Mannschaftsstunden vom jeweiligen Polier in einer Excel-Vorlage eingetragen. Hier werden die Stunden nach Gesamt-, Untertage- oder Nachtstunden sowie die Zulage für Erschwernis erfasst. Nach der Erstellung des Stundenberichts am Monatsende druckt der Polier diesen aus und leitet ihn in Papierform an die Personalabteilung weiter (Abb. 4.23). Am Monatsende trägt die Personalabteilung die Stunden für jeden Arbeiter in die Personalsoftware ein, die ausschließlich der Stundenerfassung und in weiterer

4 Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle

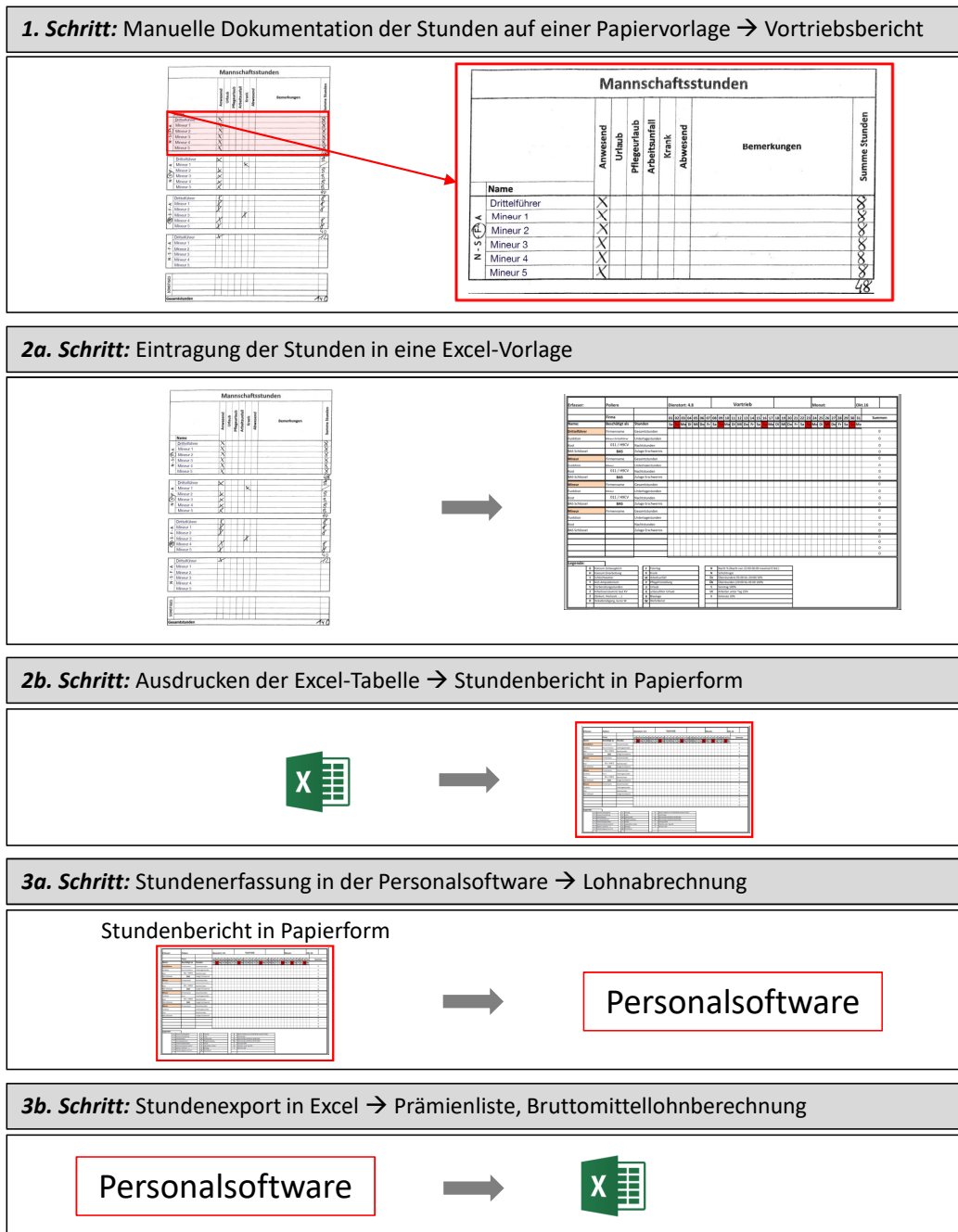


Abbildung 4.23: Schritte bei der Stundenerfassung

Folge der Lohnabrechnung dient. Zum Erstellen von Prämienlisten und zur weiteren Analyse werden die erfassten Stunden wiederum in das Excel-Format exportiert und der Bauleitung übermittelt.

4.8.4 Schwachstellen eines analogen Dokumentationsprozesses

Aus dem Flussdiagramm Abb. 4.5 und den diskutierten Schritten, die bei einer analogen Datenerfassung notwendig sind, können folgende Schwachstellen in einem analogen Dokumentationsprozess abgeleitet werden:

- Mehrfache Dokumentation der selben Daten
- Dokumentation durch verschiedene Personen
- Doppelte Erfassung in Papierform: Notizbuch und Papiervorlage
- Ungenauigkeiten bei der handschriftlichen Zeiterfassung
- Unleserlichkeit handschriftlicher Aufzeichnungen
- Möglichkeit von Eingabefehlern und Datenverlust bei der Datenübertragung in die Software
- Verwendung verschiedener Excel-Tabellen
- Verwendung verschiedener Softwareprodukte

Auf der untersuchten Baustelle werden bestimmte Informationen, die täglich für alle Vortriebe erfasst werden, erst zu einem späteren Zeitpunkt digitalisiert. Daher besteht zwischen dem Entstehen und der digitalen Verfügbarkeit der Daten ein zeitlicher Versatz. Die nachträgliche Digitalisierung der Zyklusdiagramme ist derzeit mit einem hohen Zusatzaufwand verbunden (Abb. 4.15). Derzeit verwendete Softwarewerkzeuge sind zu meist für die Vielfalt notwendiger Auswertungen nicht ausreichend flexibel. Aus diesem Grund und wegen der einfachen Handhabung wird bei der Durchführung von Berechnungen und Analysen häufig auf Excel zurückgegriffen.

4.9 Zukünftige Möglichkeiten der Datenerfassung

Die Dokumentation der Bautätigkeiten auf Tunnelbaustellen erfolgt immer noch überwiegend analog in Papierform. Auf Grundlage der am untersuchten Projekt gewonnenen Erkenntnisse, wird im folgenden Abschnitt ein digitaler Dokumentationsprozess vorgestellt. Es wird ein kurzer Ausblick auf zukünftige Möglichkeiten der Datenerfassung gegeben und das Konzept der digitalen Baustelle vorgestellt. Dabei sollen neue Bausoftwarelösungen mit der Funktionalität zur mobilen Erfassung von Zeit, Aufmaß, Bautagesberichte, Ressourcenplanung etc. eine medienbruchfreie, digitale Prozesskette vom Büro auf die Baustelle und zurück ermöglichen. Neue Technologien sollen rationellere Abläufe sowie eine höhere Termin- und Kostensicherheit in der Bauwirtschaft schaffen. Die Daten sollten laufend digital erfasst werden und nahe der Echtzeit visualisiert und ausgewertet sowie während des Projektes dauerhaft zur Auswertung zur Verfügung stehen.

4.9.1 Digitales Zyklusdiagramm

Das Zyklusdiagramm stellt den Ausgangspunkt der Datenerfassung (Dokumentation) im zyklischen Tunnelvortrieb dar. Ziel ist die Schaffung einer digitalen Erfassung der für das Zyklusdiagramm notwendigen Daten im untersuchten Bauunternehmen. Zur effizienten Erfassung und Darstellung dieser Daten soll zunächst die Dateneingabe durch mehrere Optionen gewährleistet werden:

1. Direkte Eingabe durch Markieren der Felder (Abb. 4.24)
 - a) Berührung des entsprechenden Feldes auf dem Tablet oder Smartphone mit dem Eingabestift
 - b) Berührung des entsprechenden Feldes auf dem Tablet oder Smartphone mit dem Finger
2. Durch Klicken auf die entsprechende Aktivität – Zeitangaben von-bis (Abb. 4.25)
 - a) „Apple“ System (Tablet, Smartphone)
 - b) Eingabe mit der Tastatur (PC)

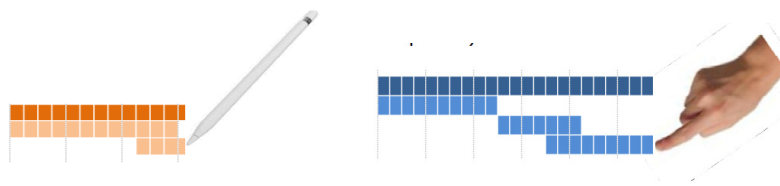


Abbildung 4.24: Dateneingabe durch Markieren der Felder

Im Rahmen einer Bachelorarbeit [25] wurde eine Fallstudie „GanttClient“ durchgeführt und eine Web-Applikation zur Erfassung von Arbeitsdaten im Tunnelbau entwickelt (Abb. 4.25). Hauptziel dieser Fallstudie war eine Applikation zu erstellen, welche eine möglichst einfache Erfassung der Zeitinformationen einzelner Aktivitäten erlaubt, um spätere Statistikauswertungen durchführen sowie Gantt-Diagramme zur Visualisierung der Arbeitsschritte erstellen zu können.

Abb. 4.25 zeigt ein Webinterface, welches die Erfassung der Anfangs- sowie der Endzeit einzelner Aktivitäten ermöglicht. Da ein Bauabschnitt aus mehreren Abschlügen besteht, die wiederum aus mehreren Aktivitäten bestehen, sollten diese in der Applikation hinzugefügt und verändert werden können. Die Applikation muss unter den im Tunnel vorherrschenden Bedingungen bedien- und verwendbar sein, weil die Datenerfassung vor Ort stattfindet. Um nur befugten Personen Zugriff auf das System zu gewähren, wurde ferner ein Authentifizierungsmechanismus implementiert. Das Abrufen und Ändern

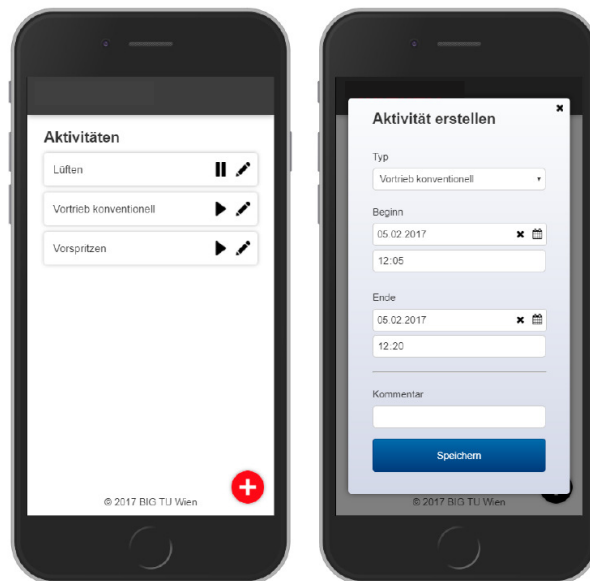


Abbildung 4.25: Dateneingabe mit einem Smartphone [25]

der Daten sowie alle weiteren Operationen werden über eine vorhandene Schnittstelle durchgeführt.

Responsive Webdesign soll bei höheren Auflösungen und größeren Bildschirmgrößen, wie dies beispielsweise bei Tabletcomputern der Fall ist, eine benutzerfreundliche Datenerfassung ermöglichen. In Abb. 4.26 ist eine Vorschau der laufenden Aktivitäten sowie die zurzeit aktive Aktivität „Lüften“ zu sehen. Die Applikation erlaubt überdies eine Messung der Aktivität in Echtzeit, die über den Stop-Button oder über die Bearbeitungsfunktion beendet werden kann.

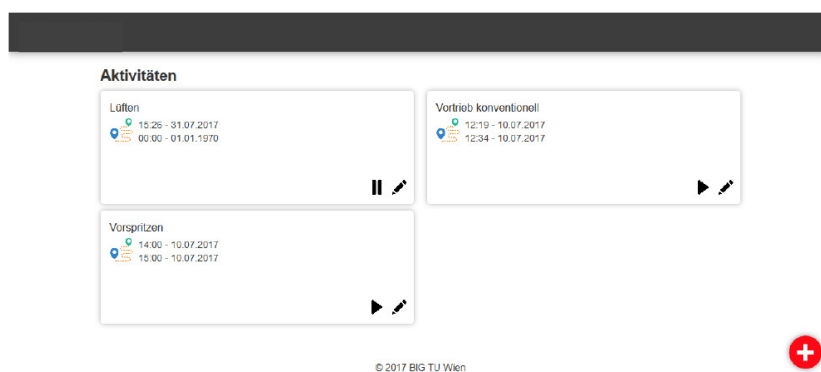


Abbildung 4.26: Dateneingabe mit einem Tablet [25]

4.9.2 Digitale Baustelle

Aufgrund des Unikatcharakters von Bauprojekten und der starken Fragmentierung der Bauwirtschaft sind sowohl Prozesse als auch das Informationsmanagement auf Baustellen noch immer kaum standardisiert. Diese Gründe stellen jedoch kein Hindernis für eine Verbesserung und den Einsatz digitaler und elektronischer Hilfsmittel zur Effizienzsteigerung in der Bauausführung dar. Ziele der digitalen Baustelle liegen in der durchgängigen Erfassung, Verarbeitung und zentralen Verwaltung aller sowohl für die Planung als auch Ausführung eines Bauvorhabens relevanter Daten. Obwohl für Teilaufgaben zwar ausgereifte, hoch spezialisierte Softwaresysteme bereits eingesetzt werden, ist die beim Austausch von Daten erreichte Informationstiefe jedoch ungenügend. Ein informationsreiches, digitales Modell der Baustelle soll die Grundlage für einen verbesserten digitalen Informationsfluss bilden sowie eine intelligente Verwaltung der Daten gewährleisten. Zu den heute bereits auf Baustellen angewandten digitalen Methoden zählen RFID-Chips (Radio-Frequency Identification), Laserscanning, Videoauswertung und GPS-Tracking (Global Positioning System). Eine detaillierte Beschreibung der Möglichkeiten und Methoden würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen, jedoch soll ein kurzer Überblick über das Thema Identifikationstechnologien gegeben werden. Es wird an dieser Stelle auf die Literatur [18] verwiesen.

Um den Menschen im Dokumentationsprozess möglichst zu entlasten, wäre die automatische Erfassung der Daten durch Maschinen selbst ein weiterer Schritt in Richtung optimaler Datenerfassung. Alle Maschinen und Werkzeuge im Tunnelbau sollten dabei vernetzt werden und zusätzlich über ausreichend Sensoren und Intelligenz verfügen, um ihre aktuelle Tätigkeit, ihre Position sowie den erreichten Fortschritt zu erkennen. Der Mensch sollte dabei nur eine Kontrollfunktion ausüben und die erfassten Daten überprüfen. Weiters soll die Dokumentation und Weitergabe von Prozessdaten an ein zentrales IT-System mit geeigneten Technologien vereinfacht und beschleunigt werden. Dadurch wäre eine effiziente, proaktive Steuerung des Bauablaufs mit aktuellen Informationen in Echtzeit möglich [18].

Während der Bauausführung werden viele Daten und Informationen zur Steuerung und Kontrolle der Baustelle möglichst in Echtzeit benötigt. Der Einsatz von Identifikationstechnologien wie z. B. RFID ermöglicht eine schnelle und sichere Datenerfassung. Günthner und Borrmann [18] nennen folgende Anforderungen an die Datenverwaltung und Identifikationstechnologie:

- Die Identifikationstechnologie muss den rauen Bedingungen der Baustelle standhalten.
- Die Geräte (Hard- und Software), die zur Identifikation der Bauteile auf der Baustelle eingesetzt werden, müssen einfach und intuitiv zu bedienen sein und den bisherigen Arbeitsprozess vereinfachen.
- Das System muss online und offline funktionieren, da nicht davon ausgegangen werden kann, dass zu jeder Zeit eine Funkverbindung vorhanden ist.

- Informationen müssen in Form von Text, Bildern und Ton aufgenommen und versendet werden können.
- Das zentrale Verwaltungssystem muss den Baufortschritt in jeder Phase abbilden und die Verknüpfung zwischen den realen Daten und den digitalen Daten herstellen.

Abb. 4.27 zeigt wie der Aufwand bei der Datenerfassung durch den Einsatz verschiedener Technologien reduziert und zugleich eine höhere Datenqualität und Datenaktualität erreicht werden kann. Die Technologien ermöglichen, die Lücke zwischen realer und digitaler Baustelle zu überbrücken, indem Prozessdaten automatisiert erfasst und mit einer entsprechenden Datenübertragungstechnologie in Echtzeit an übergeordnete Systeme weitergeleitet werden.

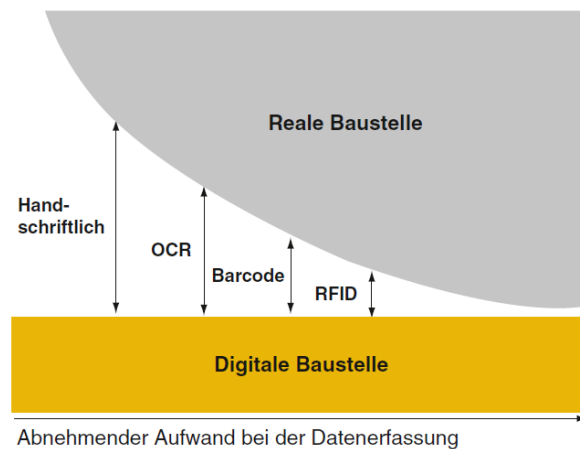


Abbildung 4.27: Informatorische Lücke zwischen digitaler und realer Baustelle [18]

Radio-Frequency Identification (RFID) ist eine Identifikationstechnologie mit besonders großem Potential in der Bauwirtschaft. Elektromagnetische Wechselfelder ermöglichen dieser Technologie ein sichtkontaktfreies Lesen und Schreiben von Informationen. Eine Vision von der digitalen Baustelle wäre, Informationen aus der Bauausführung mithilfe mobiler Baudatenerfassung auf Basis von RFID zu erfassen und in Echtzeit an das zentrale Datenmanagementsystem zu übermitteln. Einige Einsatzszenarien in der Bauwirtschaft sehen eine etablierte Anwendung dieser Technologie z. B. bei der Personenkontrolle und Überprüfung der persönlichen Schutzausrüstung mit einem RFID-Transponder vor. Dadurch könnte eine bessere Kontrolle von Personalströmen und die Erhöhung der Sicherheit auf der Baustelle erreicht werden. Derartige RFID-basierte Systeme wurden bereits realisiert, jedoch ergeben sich aufgrund von Datenschutzbestimmungen in der Praxis noch immer Probleme für einen erfolgreichen Einsatz. Der Materialfluss auf dem Bauhof kann mit RFID-Transpondern verfolgt werden, indem Ladeeinheiten und Ladegut mit diesen ausgerüstet werden. Des Weiteren könnte die Datenerfassung bei Kleingeräten automatisch erfolgen und transparenter werden. Besonders großes Potenzial dieser

Technologie liegt in einer effizienten Geräte- und Maschinenverwaltung, da die Geräte- und Maschinenkosten bei Tiefbauprojekten ca. 30 % der Gesamtkosten betragen. Durch den Einsatz von RFID-Technologie können in Verbindung mit Maschinendaten Rückschlüsse auf konkrete Einsatzbedingungen gezogen und Wartungsaufwände angepasst werden. Durch die geräteindividuelle Dokumentation der Einsatzzeiten kann die Verfügbarkeit der Geräte und Maschinen erhöht sowie eine Homogenisierung der Auslastung erreicht werden. Diese Beispiele zeigen, dass es vielfältige Szenarien für den Einsatz von RFID auf Baustellen gibt und dass hohes Potential in der Nutzung digitaler und elektronischer Hilfsmittel für die Verbesserung der Bau- und Logistikprozesse steckt [18].

Bei vielen Einsatzszenarien könnten sicherlich viele andere Technologien wie z. B. der Barcode verwendet werden. Das Ziel ist letztendlich, Medienbrüche und Informationsverluste zu vermeiden, indem eine Verbindung zwischen realen Materialflüssen und digitalen Informationsfluss hergestellt wird [18]. Eine Datenerfassung auf den Baustellen alleine reicht jedoch nicht aus, den Baufortschritt zu dokumentieren. Einen Mehrwert bieten diese Technologien nämlich erst, wenn sie automatisiert an ein zentrales System weitergegeben und den am Bau Beteiligten zur Verfügung gestellt werden. Eine frühzeitige Einbindung aller Beteiligten von Logistikexperten über IT-Spezialisten bis zum Anwender ist eine Voraussetzung für eine erfolgreiche Integration.

Die Potenziale und Möglichkeiten des Einsatzes neuer Technologien sind prinzipiell gegeben. Es liegt an den Projektverantwortlichen, die Mitarbeiter zu motivieren, diese anzuwenden und zu einer erfolgreichen Umsetzung werden zu lassen.

4.9.3 Digitaler Dokumentationsprozess

Durch die Nutzung mobiler Hard- und Software sowie drahtloser Kommunikationstechnologien könnten folgende Ziele erreicht werden:

- effiziente Datenerfassung vor Ort
- durchgängiger Datenfluss
- Onlinezugriff auf Projektinformationen
- schnellere und zuverlässigere Protokollbearbeitung
- kurze Informationswege und automatischer Datenabgleich
- Korrektur und Freigabe der Dokumentation erfolgt digital
- Entfall der handschriftlichen Dokumentation
- Entfall nachträglicher, fehleranfälliger Dateneingabe im Büro
- Entfall des Ausdrucks von Berichten in Papierform
- Reduktion des Dokumentationsaufwandes und Entlastung des Baustellenpersonals bei den Dokumentationstätigkeiten

- Bessere Übersichtlichkeit für alle Beteiligten und vernetztes Arbeiten
- Qualitätssteigerung der Bauausführung

Weiters könnten dadurch Informationen genau dort eingegeben, abgerufen, angezeigt oder modifiziert werden, wo sie gerade anfallen oder benötigt werden. Internet-basierte IT-Dienste, auch Cloud-Computing genannt, erlauben eine Ablage der Programme und Daten auf Servern im Internet. Dies bietet einige Vorteile im Vergleich zur Speicherung auf dem eigenen Rechner, wie plattform-, zeit- und ortsunabhängiger Zugriff auf Programme und Daten. Diese können unterwegs mit mobilen Rechnern, von der Baustelle oder von zu Hause aus abgerufen werden, sofern vor Ort eine ausreichend schnelle mobile Internetverbindung vorhanden ist [10].

Der Dokumentationsprozess der untersuchten Baustelle könnte durch die Nutzung mobiler Hard- und Software optimiert werden. Alle Daten und Informationen könnten einfach digital erfasst, in einem zentralen System gespeichert und damit für die weitere Verwendung, Bearbeitung und Freigabe den Projektbeteiligten zur Verfügung gestellt werden. Eine Vision des zukünftigen, digitalen Dokumentationsprozesses auf der Baustelle im zyklischen Tunnelvortrieb ist in Abb. 4.28 dargestellt. In diesem Prozess wäre der Drittführer für die Datenerfassung vor Ort mit einer einfach zu bedienenden Eingabemaske auf einem Tablet oder Mobiltelefon zuständig. Seine handschriftlichen Notizen und papierbasierten Protokolle würden dadurch komplett entfallen. Er würde in erster Linie ein digitales Zyklusdiagramm, wie bereits in Abb. 4.25 und 4.26 dargestellt, erstellen. Weiters würde er die eingebauten Stützmittel sowie die Arbeitszeiten der Mannschaft erfassen, um einen digitalen Vortriebsbericht zu erstellen. Der digitale Vortriebsbericht würde automatisch auf einer Onlineplattform gespeichert, wo eine Freigabe durch den Polier des AN sowie Bauwart des AG auf deren Tablet, PC oder Handy erfolgen würde. Eine nachträgliche Datenübertragung durch einen Praktikanten wäre somit nicht mehr notwendig. Die für das Stützmittelprotokoll sowie den Stundenbericht notwendigen Daten würden automatisch vom digitalen Vortriebsbericht übernommen werden. Der Polier wäre für eine detaillierte Datenergänzung sowie Freigabe des Stützmittelprotokolls und Stundenberichts zuständig. Der AG hätte Zugriff auf die gemeinsam zu erstellenden Protokolle und könnte sie jederzeit online abrufen, überprüfen, korrigieren und freigeben. Nach der Freigabe würden die eingebauten Stützmaßnahmen automatisch zur Abrechnung weitergeleitet und mit den bereits vorgelegten Ausbaufestlegungen verglichen werden. Der Abrechner kontrolliert die ermittelte Stützmittelzahl und gibt diese für die Abrechnung frei. Die erstellten Aufmaßblätter werden digital zur Korrektur und Prüfung an die ÖBA geschickt. Die Änderungen durch die ÖBA würden automatisch im System ersichtlich werden. Das Ausdrucken der Protokolle sowie das Versenden und Retournieren der Aufmaßblätter in Papierform würde entfallen. Die Personalabteilung wäre bei der Stundenerfassung entlastet und würde nun mehr eine Kontrollfunktion ausüben und den digitalen Stundenbericht zur Lohnverrechnung freigeben. Weiters würden auch die Feldaufmaßblätter sowie Bautagesberichte digital erstellt und von den Schichtbauingenieuren kontrolliert und freigeben werden.

4 Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle

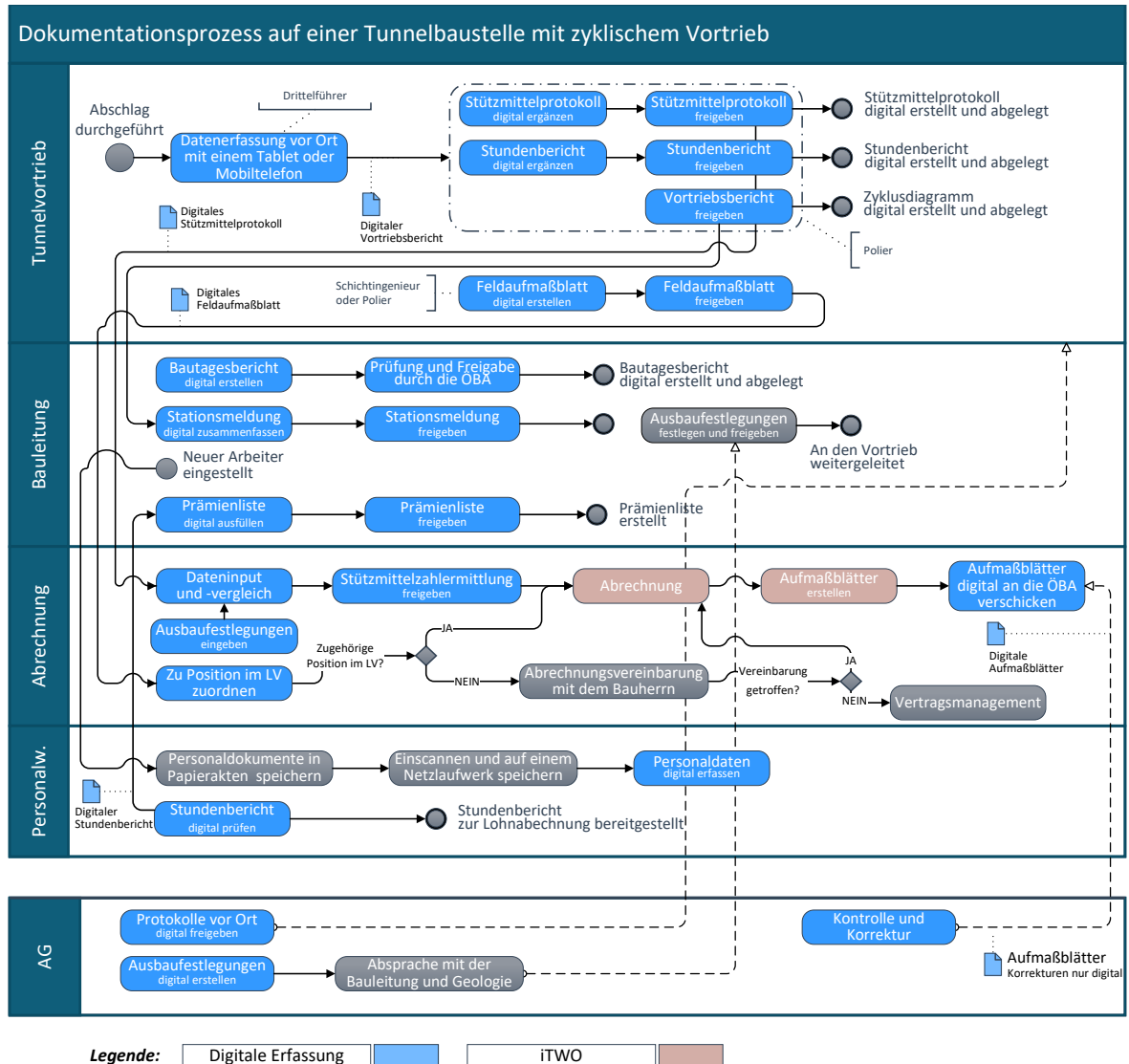


Abbildung 4.28: Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle — Beispiel 3

Ein Websystem würde eine Workflow-basierte Bearbeitung der Dokumentation ermöglichen. Der AG und AN kann in diesem System die für die Dokumentationstätigkeiten zuständigen Mitarbeiter und deren Benutzerrollen definieren. Durch eine klare und hierarchische Vergabe von Rollen an die entsprechenden Akteure, kann die Dokumentation kommentiert, geprüft, digital signiert und freigegeben werden. Ebenfalls ist es möglich, einen Prüfvorgang zu unterbrechen, die bisherigen Eintragungen zu speichern und die Bearbeitung später fortzusetzen. Indem die Protokollbearbeitung besser nachvollziehbar und der Status der Bearbeitung klar ersichtlich ist, ermöglicht dies einen transparenteren Dokumentationsprozess. Alle Daten, die auf der Baustelle entstehen, können auf einer Plattform strukturiert und digital für die weitere Bearbeitung gesammelt und abgespeichert werden (Abb. 4.29).

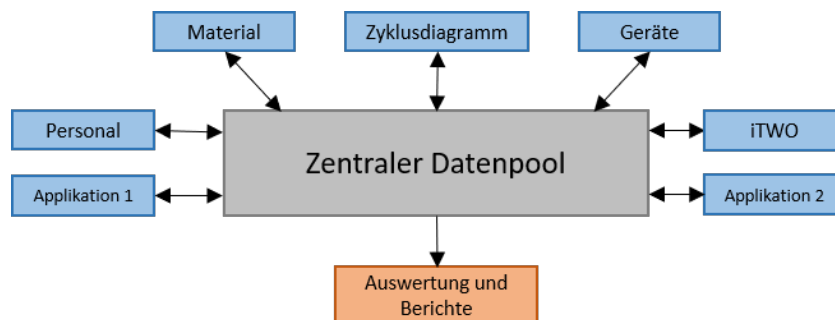


Abbildung 4.29: Datenmanagement [38]

Ein wesentlicher Vorteil eines digitalen Dokumentmanagements ist die zeitnahe Verfügbarkeit der aktuellen Informationen, welche die Basis für die optimale Steuerung des Tunnelvortriebs und die Risikominimierung darstellt. Notwendige Datenauswertungen wie z. B. Stillstandauswertungen könnten effizient und schnell mit wenigen Mausklicks durchgeführt werden. Der Zeitaufwand für die tägliche Papierarbeit wäre erheblich reduziert und ein einheitliches Berichtswesen über die gesamte Bauzeit erreicht (Abb. 4.30).

Abb. 4.31 zeigt eine grobe Zeitanalyse für die wesentlichen Aktivitäten eines digitalen Dokumentationsprozesses auf der Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb. Die Dauer wurde auf Grundlage der bei der Durchführung dieser Arbeit gesammelten Erfahrungen abgeschätzt. Hinsichtlich der geschätzten Dauer für die Dokumentationstätigkeiten ist zu sagen, dass der Zeitaufwand des Drittführers im Wesentlichen gleichbliebe, da er weiterhin vor Ort für die Datenerfassung zuständig wäre. Eine bedeutende Entlastung würde bei den Polieren, Schichtbauleitern, Abrechnern und der Personalabteilung erfolgen, da sie im digitalen Dokumentationsprozess hauptsächlich für die digitale Ergänzung, Kontrolle und Freigabe der Dokumente zuständig wären. Der beim analogen Dokumentationsprozess für die Datenübertragung von den Vortriebsberichten in eine zusätzliche Software zuständige Praktikant würde in einem digitalen Dokumentationsprozess entfallen.

4 Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle

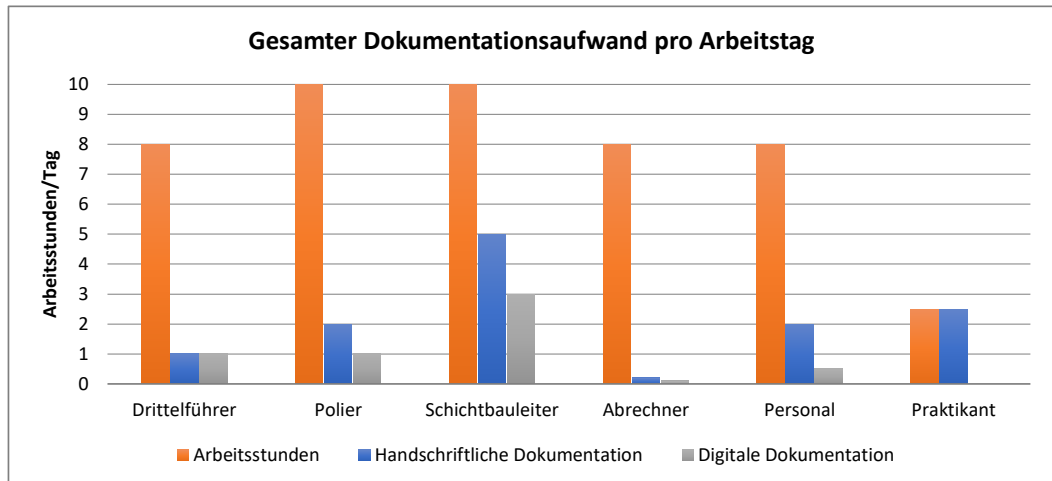


Abbildung 4.30: Zeitanalyse für die Dokumentation

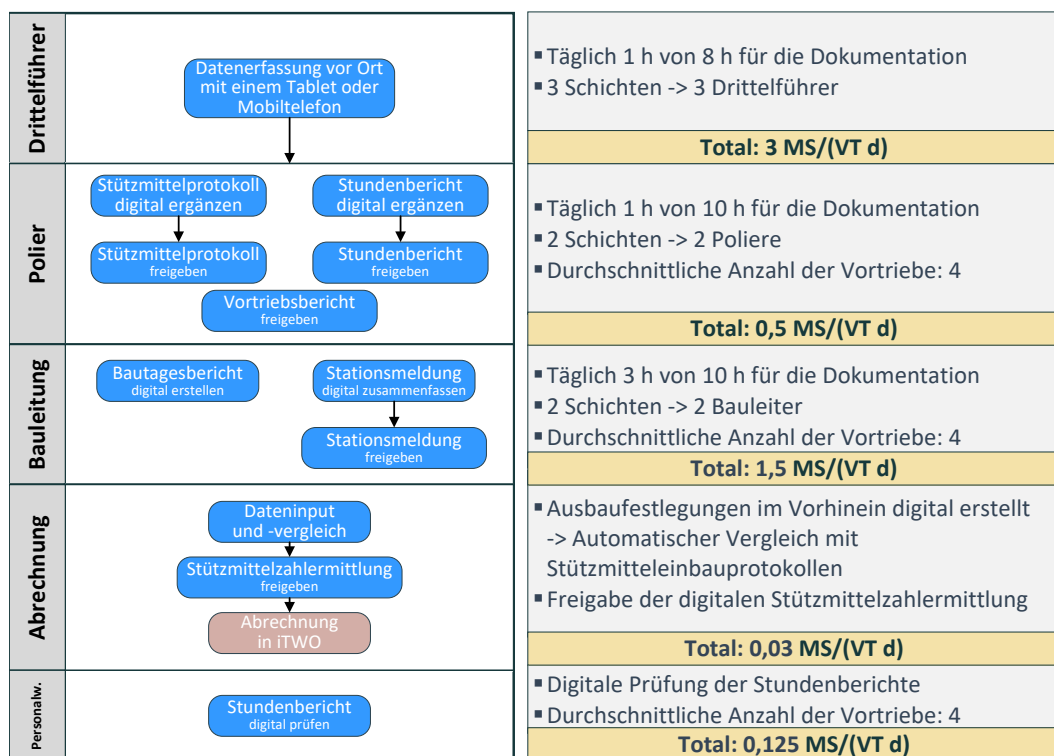


Abbildung 4.31: Zeitanalyse für die digitale Dokumentation

Ausgehend von der groben Abschätzung des Zeitaufwandes für die digitalen Dokumentationsstätigkeiten wird eine Analyse der Personalkosten durchgeführt. Die folgende Berechnung basiert wie Tabelle 4.1 auf Kostensätzen in Euro je Stunde zuzüglich eines Zuschlages von 10 %, die von der untersuchten Baustelle als Bruttolohnsätze angegeben wurden. Bei der Berechnung der Kosten eines digitalen Dokumentationsprozesses wurden nur die Lohnkosten der für die Dokumentation zuständigen Mitarbeiter berücksichtigt.

Die grafische Auswertung und Gegenüberstellung der Analyse der Personalkosten des Ist-Dokumentationsprozesses der untersuchten Baustelle und eines digitalen zukünftigen Dokumentationsprozesses ist in Abb. 4.32 zu sehen. Daraus ist ersichtlich, dass die Kosten für den Drittführer, der weiterhin der erste für die Datenerfassung zuständige Mitarbeiter im Dokumentationsprozess bliebe, unverändert wäre. Die Kosten für den Praktikanten entfielen, während sie sich bei den restlichen Mitarbeitern reduzierten.

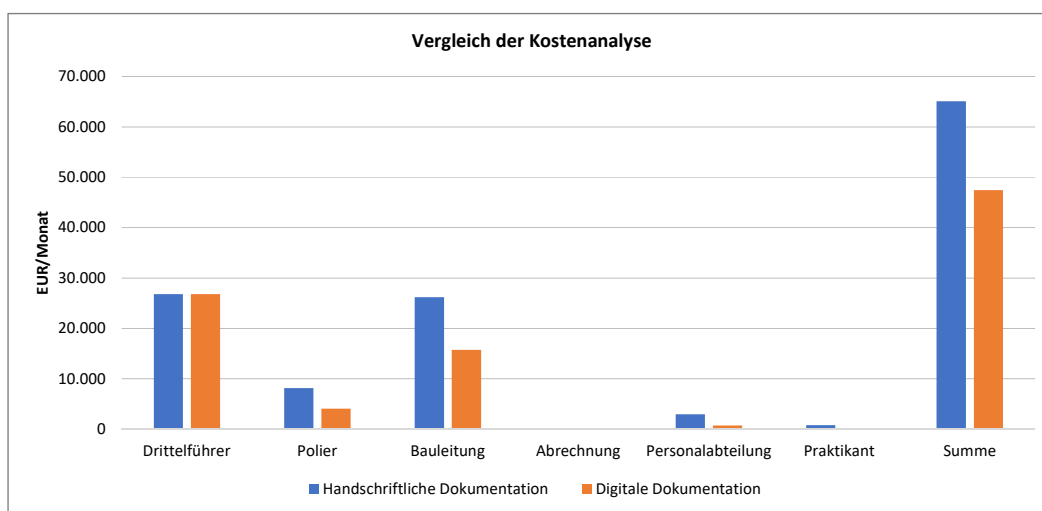


Abbildung 4.32: Vergleich der Personalkosten der für die Dokumentation

	Zeit		Kosten			
	MS/(VTd)	€/h	€/(VTd)	d/Monat	€/(VT Monat)	€/Monat
Drittelführer	3,0	74,40	223,20	30	6.696,00	26.784,00
Polier	0,5	67,90	34,00	30	1.018,50	4.074,00
Bauleitung	1,5	87,40	131,10	30	3.933,00	15.732,00
Abrechnung	0,03	48,50	1,50	20	29,10	116,40
Personalabteilung	0,125	74,40	9,30	20	186,00	744,00
Praktikant	0,0	38,50	0,00	10	0,00	0,00
Summe	5,2		399,00		11.862,60	47.450,40

Tabelle 4.2: Personalkosten der digitalen Dokumentation

5 Zusammenfassung

Im folgenden Abschnitt werden die gewonnenen Erkenntnisse bezüglich Dokumentationsprozess im zyklischen Tunnelvortrieb zusammengefasst und die eingangs gestellten Forschungsfragen beantwortet.

Beantwortung der Forschungsfragen

Forschungsfrage 1: *Wie sieht die formale Beschreibung des Dokumentationsprozesses einer ausgewählten Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb aus?*

Der Dokumentationsprozess des untersuchten Bauprojekts wird ausführlich in Abschnitt 4.5 erläutert. Die wesentlichen Dokumentationstätigkeiten werden mithilfe der Business Process Model and Notation dargestellt (Abb. 4.5). Bei der Untersuchung eines weiteren gleichartigen Projektes wird ersichtlich, dass der Dokumentationsprozess von Baustelle zu Baustelle abweichen kann, aber im Großen und Ganzen ähnlich realisiert ist.

Forschungsfrage 2: *Mit welchem Zeit- und Kostenaufwand ist der Dokumentationsaufwand einer ausgewählten Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb verbunden?*

Zeit- und Kostenaufwand werden auf Grundlage von Daten abgeschätzt, die in Form von Experteninterviews mit dem Baustellenpersonal erhoben wurden. Der analoge Dokumentationsprozess ist grundsätzlich mit einem beträchtlichen Zeit- (Abb. 4.16) und Kostenaufwand (Tabelle 4.1) verbunden. In einem analogen Dokumentationsprozess müssen Projektbeteiligte die Projektdaten mehrmals neu erfassen und im weiteren Projektverlauf gegenseitig manuell abgleichen. Informationen werden überwiegend vor Ort in Papierform erfasst und erst nachträglich digitalisiert. Das erfordert viel Zeit und kann zu Fehlern und Datenverlust führen.

Forschungsfrage 3: *Welche Möglichkeit einer verbesserten (digitalen) Datenerfassung im zyklischen Tunnelvortrieb gibt es?*

In Abschnitt 4.9 wird ein kurzer Ausblick auf zukünftige Möglichkeiten der Datenerfassung gegeben und das Konzept der digitalen Baustelle erläutert. Darüber hinaus wird eine Vision eines zukünftigen, digitalen Dokumentationsprozesses für Tunnelbauprojekte mit zyklischem Tunnelvortrieb vorgestellt (Abb. 4.28). Der verbesserte, digitale Dokumentationsprozess ist dadurch gekennzeichnet, dass alle Bereiche der Baustelle digital miteinander verbunden sind und die Aufbereitung, Speicherung und Verwaltung der

Informationen mit einem benutzerfreundlichen Softwarewerkzeug erfolgen. Durch digitales Datenmanagement wird das Baustellenpersonal im Dokumentationsprozess zeitlich entlastet und der Kostenaufwand sowie die Fehleranfälligkeit reduziert.

Zusammenfassung und Ausblick

Im Zuge der Diplomarbeit wurde der Dokumentationsprozess zweier verschiedener Tunnelbaustellen eines bauausführenden Unternehmens untersucht. Anhand qualitativer Beobachtungen, zur Verfügung gestellter Projektdokumentation und Experteninterviews mit dem zuständigen Baustellenpersonal wurden die auftretenden Prozesse der wesentlichen Dokumentationstätigkeiten im Detail analysiert und mithilfe der BPMN modelliert.

Das Hauptaugenmerk dieser Arbeit wurde auf den Vortriebsbericht, der den Ausgangspunkt der Datenerfassung im zyklischen Tunnelbau darstellt und die Weiterverwaltung darin enthaltene Informationen gelegt. Anhand der untersuchten Projekte wurde der zeitliche und organisatorische Aufwand eines analogen Dokumentationsprozesses veranschaulicht. Im Rahmen der Kostenanalyse wurden jedoch nur die Lohnkosten berücksichtigt. Wie sich ein digitales Datenmanagement auf die dafür aufzuwendenden Kosten und dem damit verbundenen Nutzen in Form von Kosteneinsparung, Prozessoptimierung und Qualitätsverbesserung auf ein Unternehmen auswirkt, sollte genauer untersucht werden. Um neue Technologien auf Baustellen einzusetzen und der digitalen Baustelle einen Schritt näher zu kommen, bedarf es außerdem einer detaillierten Analyse der Prozessabläufe aller Projektbeteiligten. Als Grundlage für die Vereinheitlichung des Berichtswesens müssen zu Beginn die Mindestanforderungen der Anwender durch enge Zusammenarbeit mit Ingenieuren und Entwicklern untersucht und definiert werden. In weiterer Folge soll ein digitales Dokumentmanagement entwickelt werden, das universell auf allen Baustellen einsetzbar und an die speziellen Anforderungen einer Baustelle anpassbar ist.

Die Digitalisierung der Vorgänge ist nur in wenigen Bereichen auf der ersten untersuchten Baustelle vorhanden während es auf der zweiten untersuchten Baustelle desselben bauausführenden Unternehmens keine digitalen Vorgänge gibt. Der analoge Dokumentationsprozess erfordert momentan viele Schnittstellen und ist mit einem Zeit- und Kostenaufwand verbunden. Generell ist ein hohes Optimierungspotential hinsichtlich der Nutzung mobiler Endgeräte mit entsprechender Software im Dokumentationsprozess einer Baustelle mit zyklischem Tunnelvortrieb vorhanden. Dadurch könnten die Daten und Informationen von allen Bereichen der Baustelle einfach strukturiert und digital gesammelt, auf einer zentralen Plattform gespeichert und dem operativen Baustellenpersonal die Verwaltung dieser Daten in Echtzeit ermöglicht werden. Der Zeitaufwand für die tägliche Papierarbeit wäre erheblich reduziert und ein einheitliches Berichtswesen über die gesamte Bauzeit erreicht.

Es ist davon auszugehen, dass die Digitalisierung zukünftig in allen Bereichen der Bauwirtschaft weiter an Bedeutung gewinnen wird. Vor allem vor Ort auf den Baustellen bietet Digitalisierung aufgrund höherer Geschwindigkeit, Effizienz und Genauigkeit der Datenerfassung viele Vorteile. Durch die Verwendung digitaler Hilfsmittel kann das Baustellenpersonal, insbesondere Schichtbauleiter und Techniker, bei seinen routinemäßigen Tätigkeiten unterstützt und der Anteil der Dokumentationstätigkeiten gesenkt werden. Ziel ist, die Potentiale der Digitalisierung zu erkennen und sich die Vorteile zu Nutzen zu machen. Digitale Hilfsmittel ersetzen keine Fachkräfte und Bauingenieurinnen und -ingenieure, sondern dienen als hilfreiche Werkzeuge um das komplexe und risikoreiche Baugeschehen erfolgreich abwickeln zu können.

Akronyme

- AG** Auftraggeber. 1, 59
- AK** Arbeitskalkulation. 54
- AN** Auftragnehmer. 1
- BPD** Business Process Diagram. 56
- BPMN** Business Process Model and Notation. 55, 74
- GPS** Global Positioning System. 84
- GuV** Gewinn- und Verlustrechnung. 53
- LV** Leistungsverzeichnis. 21
- MKF** Mehrkostenforderung. 66
- MLP** Mittellohnpreis. 19
- MS** Mannstunden. 70
- NATM** New Austrian Tunneling Method. 14
- NÖT** Neuen Österreichischen Tunnelbaumethode. 14
- RFID** Radio-Frequency Identification. 84, 85
- TSM** Teilschnittmaschine. 5
- VT** Vortrieb. 70
- ÖBA** Örtliche Bauaufsicht. 16, 50, 59
- ÖBGL** Österreichische Baugeräteliste. 21
- ÖGG** Österreichische Gesellschaft für Geomechanik. 16

Abbildungsverzeichnis

2.1	Tunnelvortriebsmethoden	5
2.2	Zyklus des Sprengvortriebs [5]	6
2.3	Sprengvortrieb [9]	8
2.4	Einflussfaktoren auf die Bohrbarkeit [29]	9
2.5	Bohrbetrieb	10
2.6	Laden des Bohrlochs mit Sprengstoff und Zündmittel	11
2.7	Tunnelbagger [28]	12
2.8	Einbau der Bewehrungsmatten mittels Hebebühne	13
2.9	Voraussetzungen für die Anwendbarkeit der NÖT [19]	15
2.10	ÖGG-Richtlinie — Phase 2 (Bauausführung) [32]	17
2.11	Ausbaufestlegung [38]	18
2.12	Einvernehmliche geologische Aufnahme	20
3.1	Anforderungsprofil an die Dokumentation aus AG/AN-Sicht [20]	24
3.2	PQM-Inhaltsverzeichnis [38]	28
3.3	Beispiele aus einem PQM-Handbuch [38]	29
3.4	Bautagesbericht einer Tunnelbaustelle	31
3.5	Planlieferliste	33
3.6	Besprechungsprotokoll (Auszug) [38]	34
3.7	Fotodokumentation (Auszug) [38]	35
3.8	Feldaufmaßblatt [38]	38
3.9	Vortriebsbericht Beispiel 1 [38]	39
3.10	Vortriebsbericht Beispiel 2 [38]	40
3.11	Vortriebsbericht einer Tunnelbaustelle	41
3.12	Schichtbezeichnung	43
3.13	Stützmitteleinbauprotokoll Beispiel 1 — Auszug [38]	44
3.14	Stützmitteleinbauprotokoll Beispiel 2 [38]	45
3.15	Stundenbericht	46
3.16	Zeitliche Zuordnung der Dokumentationsmittel [22]	47
4.1	Organisationsdiagramm einer Tunnelbaustelle [38]	49
4.2	Analyse der Dokumentation des Bauprojektes	56
4.3	BPMN-Elemente	57
4.4	Legende	59
4.5	Dokumentationsprozess auf einer Tunnelbaustelle	60
4.6	Vortriebsbericht	62

4.7	Vortriebsbericht einer Tunnelbaustelle	63
4.8	Datenerfassung in Excel	64
4.9	Auszug aus einer Stationsmeldung	65
4.10	Dateninput und -output in der Bauleitung	65
4.11	Dateninput und -output in der Abrechnung	66
4.12	Dateninput und -output im Vertragsmanagement	66
4.13	Dateninput und -output im Personalwesen	68
4.14	Dateninput und -output in der Geologie	68
4.15	Zeitanalyse für die Dokumentation	69
4.16	Zeitanalyse für die Dokumentation	70
4.17	Zeit- und Kostenanalyse der Dokumentation	72
4.18	Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle — Beispiel 2	74
4.19	Vortriebsbericht	75
4.20	Schritte bei der Dokumentation der Bautätigkeiten	77
4.21	Stützmittelerfassung durch den Drittelführer und Polier	78
4.22	Stützmitteleintragung durch den Abrechner und Praktikanten	79
4.23	Schritte bei der Stundenerfassung	80
4.24	Dateneingabe durch Markieren der Felder	82
4.25	Dateneingabe mit einem Smartphone [25]	83
4.26	Dateneingabe mit einem Tablet [25]	83
4.27	Informativische Lücke zwischen digitaler und realer Baustelle [18]	85
4.28	Dokumentationsprozess einer Tunnelbaustelle — Beispiel 3	88
4.29	Datenmanagement [38]	89
4.30	Zeitanalyse für die Dokumentation	90
4.31	Zeitanalyse für die digitale Dokumentation	90
4.32	Vergleich der Personalkosten der für die Dokumentation	91

Tabellenverzeichnis

2.1	Grundformel Mittellohnpreis	19
4.1	Personalkosten der Dokumentation	73
4.2	Personalkosten der digitalen Dokumentation	92

Literaturverzeichnis

- [1] <https://www.bauprofessor.de/Baukaufleute/c33f8d85-69b2-47ba-95cb-2f560a817cbc>. Zugriff 30.11.2017.
- [2] <https://www.bauprofessor.de/Abrechnung/cf58d766-d5a0-47dc-bb27-cf01d8566349>. Zugriff 30.11.2017.
- [3] *Bohrwagen*. http://www.tunnel-online.info/imgs/100835513_7e26d1afa6.jpg. Zugriff 26.11.2017.
- [4] *Business Process Model and Notation*. https://de.wikipedia.org/wiki/Business_Process_Model_and_Notation. Zugriff 19.10.2017.
- [5] *Drill and Blast*. <http://www.railsystem.net/wp-content/uploads/2017/05/drill-and-blast-5.jpg>. Zugriff 23.11.2017.
- [6] *Laden und Sprengen*. <http://www.railsystem.net/wp-content/uploads/2017/05/loading-and-blasting-1.jpg>. Zugriff 23.11.2017.
- [7] *Laden und Sprengen*. <http://bilder.augsburger-allgemeine.de/img/incoming/crop31809007/991478658-ctopTeaser-w1200/Brenner-Basistunnel.jpg>. Zugriff 23.11.2017.
- [8] Abex Software AG: *Abex Visual-Adress (Adressverwaltung, CRM- ERP- Programm)*. Zugriff 09.02.2018.
- [9] AlpTransit Gotthard AG: *Sprengvortrieb*. <http://www.styria-mobile.at/home/forum/index.php/topic,2249.0.html>. Zugriff 07.12.2017.
- [10] Behaneck, Marian: *Baustelle 4.0: Erst digital, dann real bauen*. <http://www.architektur-online.com/kolumnen/edv/baustelle-4-0-erst-digital-dann-real-bauen>. Zugriff 02.03.2018.
- [11] Berner, Fritz, Bernd Kochendörfer und Rainer Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 2. Leitfaden des Baubetriebs und der Bauwirtschaft*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2. Aufl. 2013 Auflage.
- [12] Berner, Fritz, Bernd Kochendörfer und Rainer Schach: *Grundlagen der Baubetriebslehre 3: Baubetriebsführung*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2. Auflage, 2015.

- [13] Dietmar, Adam: *Vorlesungsunterlagen Fels- und Tunnelbau, Teil 3 – Tunnelbau im Festgestein und Lockergestein*. TU Wien, Institut für Geotechnik, Wien, 2016.
- [14] Elwert, Ulrich und Alexander Flassak: *Nachtragsmanagement in der Baupraxis; Grundlagen – Beispiele – Anwendung*. Vieweg+Teubner: Wiesbaden, Wiesbaden, 2010.
- [15] Fachverband Infra, FGU Fachgruppe für Untertagbau: *Jobs mit Tiefgang, Berufe im Untertagbau*, 2008.
- [16] Girmscheid, Gerhard: *Angebots- und Ausführungsmanagement-prozessorientiert*. VDI-Buch. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 3. Aufl. 2015 Auflage.
- [17] Girmscheid, Gerhard: *Bauprozesse und Bauverfahren des Tunnelbaus*. Ernst, Berlin, 3., 2013 Auflage, 2013.
- [18] Günthner, Willibald und André Borrmann: *Digitale Baustelle- innovativer Planen, effizienter Ausführen : Werkzeuge und Methoden für das Bauen im 21. Jahrhundert*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011.
- [19] Goger, Gerald und Georg Hans Jodl: *Studienblätter zur Vorlesung Bauverfahren im Tunnel- und Hohlraumbau*. TU Wien, Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, Wien, 2016.
- [20] Heiermann, Wolfgang und Rolf Balzer: *Baubegleitende Rechtsberatung: Planung, Durchführung, Nutzung*. Beck, München, 2002.
- [21] Kalusche, Wolfdietrich: *Projektmanagement für Bauherren und Planer*. Bauen und Ökonomie. De Gruyter Oldenbourg, Berlin, 4., aktualisierte und erweiterte Auflage. Auflage, 2016.
- [22] Kochendörfer, Bernd, Jens H Liebchen und Markus G Viering: *Bau-Projekt-Management Grundlagen und Vorgehensweisen*. Vieweg+Teubner Verlag : Imprint: Vieweg+Teubner Verlag, Wiesbaden, 4., überarbeitete und aktualisierte Auflage. Auflage, 2010.
- [23] Kolymbas, Dimitrios: *Geotechnik : Tunnelbau und Tunnelmechanik : eine systematische Einführung mit besonderer Berücksichtigung mechanischer Probleme*. Springer, Berlin [u.a.], 1998.
- [24] Kolymbas, Dimitrios: *Geotechnik: Bodenmechanik, Grundbau und Tunnelbau*. Springer Berlin Heidelberg Imprint: Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg, 4. Aufl. 2016. Auflage, 2016.
- [25] Korath, Christoph und Markus Mann: *Bachelorarbeit: Webbasierte Schnittstellen für Daten Monitoring und Akquirierung im IoT Umfeld*. TU Wien, Fakultät für Informatik, 2017.

- [26] Kropik, Andreas: *Die Dokumentation der Bauleistung, Artikel aus der Österreichischen Bauzeitung*. -.
- [27] Labun, Eugen: *Geschäftsprozessmanagement: Einführung in »Business Process Modelling Notation« (BPMN)*. 2010.
- [28] Liebherr: *Tunnelbagger*. <https://www.liebherr.com/de/aut/produkte/baumaschinen/erdbewegung/raupenbagger/details/68918.html>. Zugriff 26.11.2017.
- [29] Maidl, Bernhard: *Handbuch des Tunnel- und Stollenbaus : 1. Konstruktionen und Verfahren*. Verl. Glückauf, Essen, 3., vollst. überarb. und erg. Aufl. Auflage, 2004.
- [30] Oberndorfer, Wolfgang und Hans Georg Jodl: *Handwörterbuch der Bauwirtschaft : interdisziplinäre Begriffswelt des Bauens*. Wien, 3., völlig neu bearb. u. erw. Aufl., stand 2009-11-15. Auflage, 2010.
- [31] Schönwälder, Arthur: *Diplomarbeit: Variantenstudie zur Kosten- und Leistungsermittlung im Tunnelbau : Erstellung eines Berechnungsprogramms*. TU Wien, Institut für interdisziplinäres Bauprozessmanagement, 2010.
- [32] Österreichische Gesellschaft für Geomechanik: *Richtlinien für die Geomechanische Planung von Untertagebauarbeiten mit zyklischem Vortrieb*. Salzburg, Oktober 2008.
- [33] Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM B 2061, Preisermittlung für Bauleistungen Verfahrensnorm*.
- [34] Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM B 2110, Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen*.
- [35] Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM B 2118, Allgemeine Vertragsbestimmungen für Bauleistungen unter Anwendung des Partnerschaftsmodells, insbesondere bei Großprojekten*.
- [36] Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM B 2203-1, Untertagebauarbeiten - Werkvertragsnorm, Teil 1: Zyklischer Vortrieb*. Wien, 2001-12-01.
- [37] Österreichisches Normungsinstitut: *ÖNORM B 2050, Vergabe von Aufträgen über Leistungen Ausschreibung, Angebot, Zuschlag*, 2006-11-01.
- [38] Strabag SE: *Repräsentative Baustelle in Österreich*. 2017.
- [39] Tunnelbau Ziviltechniker G.m.b.H., IGT Geotechnik und: *Produktbroschüre TUNNEL:Manager*, o. D.
- [40] Vygen, Klaus, Eberhard Schubert und Andreas Lang: *Bauverzögerung und Leistungsänderung : rechtliche und baubetriebliche Probleme und ihre Lösungen*. Werner, Köln, 5., neubearb. u. erw. Aufl. Auflage, 2008.

- [41] White, Stephan A. und Derek Miers: *BPMN Modeling and Reference Guide: Understanding and Using BPMN*. Future Strategies Inc., Book Division, 2008.
- [42] Zilch, Konrad, Claus Jurgen Diederichs, Rolf Katzenbach, Klaus J; Beckmann, Konrad Zilch, C. Diederichs, Rolf Katzenbach und Klaus Beckmann: *Handbuch für Bauingenieure: Technik, Organisation und Wirtschaftlichkeit*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012.