

**Entwicklung einer Konzeptgrundlage für eine  
vernetzte präoperative Arbeitsvorbereitung von  
Bauleistungen im untertägigen Bergbau und Spezialtiefbau**

---

Von der Fakultät für Geowissenschaften, Geotechnik und Bergbau  
der Technischen Universität Bergakademie Freiberg  
genehmigte

**DISSERTATION**

zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor-Ingenieur

Dr.-Ing.

vorgelegt

von M. Eng. Julia Herhold

geboren am 19.12.1990 in Wiesbaden

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. Helmut Mischo Pr. Eng.

Prof. Dr.-Ing. Stefan Plaum

Prof. Dr.-Ing. Oliver Langefeld

Tag der Verleihung: 29.05.2020

## Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis .....	I
Abbildungsverzeichnis .....	V
Tabellenverzeichnis .....	VII
Formelverzeichnis .....	IX
Abkürzungs- und Kurzzeichenverzeichnis.....	X
1 Einleitung .....	- 1 -
2 Problemstellung und Gang der Arbeit.....	- 3 -
2.1 Zugrundeliegende Problemstellung der Konzeptentwicklung.....	- 3 -
2.2 Gang der Arbeit .....	- 5 -
3 Stand der Technik und theoretischer Hintergrund .....	- 6 -
3.1 Einführung in die Bauwirtschaft.....	- 6 -
3.1.1 Hochbau .....	- 6 -
3.1.2 Tiefbau und Spezialtiefbau .....	- 7 -
3.1.3 Schachtbau .....	- 8 -
3.1.4 Ingenieurbau .....	- 9 -
3.1.5 Tunnelbau .....	- 9 -
3.1.6 Bergbau .....	- 10 -
3.2 Projektorganisation, Bauorganisation und Bauablaufsteuerung.....	- 11 -
3.2.1 Begriffsdefinition „Bauprojekt“.....	- 11 -
3.2.2 Projektbeteiligte .....	- 12 -
3.2.3 Projektabwicklung und Bauablaufplanung bei Bauprojekten.....	- 13 -
3.2.4 Ziele von Bauprojekten und dem zugehörigen Projektmanagement .....	- 15 -
3.3 Arbeitsvorbereitung und Prozessplanung .....	- 17 -
3.3.1 Die Bedeutung der Arbeitsvorbereitung .....	- 17 -
3.3.2 Aufwands- und Zeitbedarfswerte.....	- 21 -
3.3.3 Leistungswerte .....	- 23 -
3.3.4 Zeitliche Betrachtungen einzelner Vorgänge.....	- 25 -
3.3.5 Baustelleneinrichtung .....	- 29 -
3.3.6 Wahl des Bauverfahrens .....	- 33 -
3.3.7 Logistik .....	- 36 -
3.3.7.1 Versorgungslogistik .....	- 38 -

3.3.7.2 Baustellenlogistik .....	- 39 -
3.3.7.3 Entsorgungslogistik .....	- 40 -
3.3.7.4 Informationslogistik .....	- 41 -
3.3.7.5 Just-in-time und Supply Chain Management .....	- 41 -
3.3.8 Produktivität .....	- 42 -
3.3.8.1 Produktivität der betrieblichen Ebene .....	- 43 -
3.3.8.2 Arbeitsproduktivität .....	- 44 -
3.3.8.3 Betriebsmittel- und Stoffproduktivität .....	- 45 -
3.3.8.4 Zusammenhänge zwischen Produktivität, Aufwands- und Leistungswert ..	- 45 -
3.3.8.5 Zusammenhang von Bauzeit und Produktivität .....	- 46 -
3.3.8.6 Messgrößen der Produktivität und Ursachen für Produktivitätsverluste.....	- 47 -
3.4 Building Information Modeling (BIM) .....	- 47 -
3.4.1 Hintergrund und Ansatz .....	- 47 -
3.4.2 Dimensionalität des Modells .....	- 49 -
3.4.3 BIM-Umsetzung für die Bauleistungserbringung unter Tage .....	- 49 -
4 Baumaßnahmen im Sanierungsbergbau und Ingenieurbau .....	- 51 -
4.1 Historischer Kontext des Sächsischen Bergbaus .....	- 51 -
4.1.1 Notwendigkeit zur Sanierung und Sicherung von ehemaligen Bergbaugebieten-	- 52 -
4.2 Ingenieurbauwerke zur Energieversorgung mit Wasserkraft .....	- 54 -
4.3 Bauleistungen an den Beispielen von Absperr- und Ingenieurbauwerken .....	- 55 -
5 Konzeptgrundlage zur vernetzten präoperativen Arbeitsvorbereitung .....	- 57 -
5.1 Allgemeine Herangehensweise .....	- 57 -
5.2 Abgrenzung der Betrachtungen .....	- 58 -
5.3 Angestrebte Nutzungs- und Anwendungsbereiche .....	- 58 -
5.4 Konzept der vernetzten präoperativen Arbeitsvorbereitung .....	- 59 -
5.5 Inhalte der Konzeptgrundlage .....	- 60 -
5.5.1 Entscheidungsmatrix für die Bauverfahrens- und Gerätewahl .....	- 61 -
5.5.2 Netzplan der Baulogistik .....	- 65 -
5.5.2.1 Differenzierung der Logistikbereiche für untertägige Anwendungsfälle.....	- 66 -
5.5.2.2 Optik des Logistiknetzplanes .....	- 69 -
5.5.2.3 Inhalte des Logistiknetzplanes .....	- 70 -
5.5.2.4 Einfluss der Baulogistik auf die Bauleistungsausführung .....	- 79 -
5.5.2.5 Beispieloptik des Logistiknetzplanes .....	- 81 -
5.5.3 Digitales Modell der Baustelle .....	- 91 -

---

5.5.3.1 Grundlagen der BE-Planung .....	- 91 -
5.5.3.2 Grundlagenerstellung des digitalen Baustellenmodells .....	- 92 -
5.5.3.3 Planung der BE-Elemente in Bezug auf das Baustellenmodell .....	- 93 -
5.5.3.4 Zusammenfassung der BE-Planung mittels digitalem Baustellenmodell ....	- 98 -
5.5.4 Digitales Modell der Umgebung.....	- 99 -
5.5.4.1 Optik des Umgebungsmodells .....	- 99 -
5.5.4.2 Nutzen des digitalen Baustellenmodells .....	- 99 -
5.5.5 Datenbank .....	- 100 -
5.5.5.1 Nutzen und Aufgabe der Datenbank .....	- 100 -
5.5.5.2 Vorzuhaltende Datengruppen und Daten .....	- 102 -
5.5.5.2.a Kennzahlen Baustoffbedarf .....	- 102 -
5.5.5.2.b Kennwerte.....	- 103 -
5.5.5.2.c Kenndaten der Baustelleneinrichtungselemente .....	- 108 -
5.5.5.2.d Gerätekenndaten .....	- 109 -
5.5.5.2.e Kenndaten der Baulogistik.....	- 110 -
5.5.5.2.f Projekt- und Baustellendaten .....	- 111 -
5.5.6 Projekthandbuch .....	- 111 -
5.5.7 Vernetzung der Elemente.....	- 113 -
5.6 Elementarfragen zur Vernetzung am Beispiel der Baulogistikplanung .....	- 114 -
6 Projektbezogene Anwendung der vernetzten Arbeitsvorbereitung.....	- 117 -
6.1 Projekt 1: Pumpspeicherkraftwerk (NdD).....	- 117 -
6.1.1 Allgemeine Projektinformationen.....	- 117 -
6.1.2 Projekthandbuch (planungsrelevante Projektinformationen).....	- 120 -
6.1.3 Bauverfahrens- und Gerätewahl (Entscheidungsmatrix) .....	- 122 -
6.1.4 Logistikplanung und Logistiknetzplan .....	- 128 -
6.1.5 BE-Planung (Digitale Modelle: Baustelle und Umgebung) .....	- 135 -
6.1.6 Arbeitskalkulation.....	- 137 -
6.1.7 Datenbank .....	- 139 -
6.1.8 Ergebnisse der Projektuntersuchung – Projekt 1 .....	- 140 -
6.2 Projekt 2: Flutungsdruckdamm (FDD 11).....	- 143 -
6.2.1 Allgemeine Projektinformationen.....	- 143 -
6.2.2 Projekthandbuch (planungsrelevante Informationen).....	- 145 -
6.2.2.1 Bauablauf .....	- 147 -
6.2.3 Bauverfahrens- und Gerätewahl (Entscheidungsmatrix) .....	- 148 -

---

6.2.4 Logistikplanung und Logistiknetzplan .....	- 150 -
6.2.5 BE-Planung (Digitale Modelle: Baustelle und Umgebung) .....	- 153 -
6.2.6 Arbeitskalkulation.....	- 154 -
6.2.7 Datenbank .....	- 156 -
6.2.8 Ergebnisse der Projektuntersuchung – Projekt 2 .....	- 157 -
6.3 Projekt 3: Bauleistungen in einem fiktiven bergbaulichen Gewinnungsbetrieb .....	- 159 -
6.3.1 Ausführung von Bauleistungen in Gewinnungsbetrieben .....	- 159 -
6.3.2 Nutzung der Konzeptgrundlage in aktiven Gewinnungsbetrieben .....	- 160 -
7 Sensitivitätsanalyse – Kritische Bewertung .....	- 163 -
8 Ausblick und zukünftiger Forschungsbedarf .....	- 167 -
9 Zusammenfassung .....	- 170 -
Literatur .....	- 172 -
Anhang .....	i