

Untersuchungen zur Echtzeitbetriebsüberwachung im untertägigen Bergbau

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 Dipl.-Ing. Tobias Krichler

geboren am 15.11.1990 in Rodewisch

Gutachter: Professor Helmut Mischo, Freiberg

Professor Martin Sobczyk, Freiberg

Tag der Verleihung: 09.12.2021

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|------|
| Abbildungsverzeichnis | XI |
| Tabellenverzeichnis | XIII |
| Abkürzungsverzeichnis | XV |
| 1 Einleitung | 1 |
| 1.1 Definition Problemstellung..... | 2 |
| 1.2 Methodisches Vorgehen..... | 4 |
| 2 Einführung in die Datenkommunikation | 7 |
| 2.1 Zeitstrahl der Datenübertragung und –auswertung | 7 |
| 2.2 OSI-Modell der Kommunikation am Beispiel des Ethernets | 9 |
| 2.3 Netzwerktopologien | 12 |
| 2.4 Übertragungsmedien..... | 15 |
| 2.5 Grundlagen der Datentypen in der Rechentechnik..... | 18 |
| 2.6 Grundlagen der Fehlererkennungsverfahren | 20 |
| 2.7 Einfluss auf die untertägige Netzwerkinfrastruktur..... | 23 |
| 3 MoSc – A modern SCADA System | 25 |
| 3.1 Realisierungen weltweit..... | 25 |
| 3.2 Voruntersuchungen zum Stand der Technik..... | 28 |
| 3.3 OPC Unified Architecture | 33 |
| 3.4 Die Grubenwarte | 39 |
| 3.4.1 Software-Plattform .Net Core | 40 |
| 3.4.2 Datenbankmanagementsystem Firebird DB | 40 |
| 3.4.3 Webapplikationsframework Angular und Programmierschnittstelle WebGL | 41 |
| 3.4.4 Funktionsweise der Grubenwarte | 41 |
| 4 Technische Realisierung einer Datenkommunikation unter Tage | 44 |

| | | |
|-------|---|----|
| 4.1 | Abdeckungs- und Übertragungstests via TTE | 45 |
| 4.2 | Aufbau eines WLAN-Netzwerkes..... | 48 |
| 4.3 | Grenzen der beschriebenen Technologien | 52 |
| 5 | Theoretische Entwicklung eines dezentralen Kommunikations- und Datenübertragungssystems für Anlagen, Tunnel und Bergwerke | 55 |
| 5.1 | Allgemeine Anforderungen an das neu entwickelte System..... | 55 |
| 5.2 | Beschreibung des gewählten Lösungsansatzes | 56 |
| 5.3 | Stand der Technik | 60 |
| 5.3.1 | Auswertung der Marktrecherche | 62 |
| 6 | Beschreibung der DeKomDa-Datenübertragung anhand einer realisierten Konfiguration | 63 |
| 6.1 | Verwendetes Protokoll | 63 |
| 6.1.1 | Aufbau des Protokolls..... | 63 |
| 6.1.2 | Erläuterung der Kommunikation an einem Beispiel | 72 |
| 6.2 | Messstation | 77 |
| 6.2.1 | Programmablaufplan einer Messstation | 83 |
| 6.3 | Data Collector..... | 85 |
| 6.3.1 | Programmablaufplan (Programm#1) eines Data Collectors | 87 |
| 6.4 | Evaluation Tool..... | 88 |
| 6.4.1 | Programmablaufplan des Evaluation Tools..... | 89 |
| 6.5 | Datenkommunikation nach über Tage | 90 |
| 6.5.1 | Programmablaufplan (Programm#2) eines Data Collectors | 91 |
| 6.5.2 | Programmablaufplan des Hauptrechners..... | 93 |
| 7 | Beschreibung der Entwicklung und Entwicklungsfortschritte | 95 |
| 7.1 | Probleme und Lösungen bei den ersten Prototypen..... | 95 |
| 7.2 | Durchführung und Auswertung der Feldtests..... | 98 |

| | | |
|-------|---|-----|
| 7.3 | Theoretische maximale Datenrate bei der Kommunikation zwischen Messstation und Data Collector | 100 |
| 7.4 | Langzeitversuch in Einsatzumgebung | 102 |
| 7.4.1 | Planung des Langzeitversuches..... | 102 |
| 7.4.2 | Installation des Langzeitversuches..... | 104 |
| 7.4.3 | Auswertung des Langzeitversuches..... | 106 |
| 8 | Zusammenfassung der Versuchsergebnisse | 110 |
| 8.1 | Erfolgsaussichten | 110 |
| 9 | Kritische Bewertung des dezentralen Kommunikationssystems | 112 |
| 10 | Zusammenfassung und Ausblick | 116 |
| 10.1 | Zusammenfassung | 116 |
| 10.2 | Ausblick | 118 |
| | Referenz..... | i |
| | Anhang..... | ix |