

Niederschlagung von Nitrosegasen aus Sprengschwaden durch Bedüsung

Dissertation

Zur Erlangung des Doktorgrades
der Ingenieurwissenschaften

Vorgelegt von

Dipl.-Ing. Alexander Hutwalker
aus Leer, Deutschland

genehmigt von der Fakultät für
Energie- und Wirtschaftswissenschaften
der Technischen Universität Clausthal

Tag der mündlichen Prüfung
11. November 2019

Inhaltsverzeichnis	VII
Abbildungsverzeichnis	XI
Tabellenverzeichnis	XIII
Verzeichnis der Abkürzungen und Formelzeichen	XV
1 Einleitung und Motivation	1
2 Grundlagen und Systemauswahl zur Reduzierung von Nitrosegasen aus Sprengschwaden unter Tage	7
2.1 Sprengstoffe	7
2.1.1 Sprengstoffkenngrößen und Begriffsdefinitionen	9
2.1.2 Sprengstoffumsetzung	13
2.2 Diffusion und Absorption	19
3 Konzeptentwurf zur NO_x-Abscheidung aus Sprengschwaden	23
3.1 Aktuelle Maßnahmen im Umgang mit Sprengschwaden	23
3.2 Definition von Systemanforderungen	27
3.2.1 Technische Anforderungen	27
3.2.2 Sicherheitsbezogene Anforderungen	28
3.2.3 Priorisierung der Anforderungen	29
3.3 Systemauswahl	30
4 Stand der Wissenschaft und Technik	33
4.1 Darstellung relevanter Arbeiten	33
4.2 Wissenschaftlicher Erkenntnisgewinn	37
5 Methodik und Konzept	39
5.1 Konzeption und Aufbau der Messzelle	39
5.1.1 Bedüsungssystem	41
5.1.2 Messtechnik	43
5.1.3 Prüfgas	44
5.1.4 Validierung	46
5.2 Messtechnik für Sprengschwadenmessungen	47
5.2.1 Grundlagen	47
5.2.2 Schwefelmessungen	49
5.2.3 Fazit der Schwefelmessungen und Messgeräteauswahl	51
5.3 Konzept für Messungen am Sprengtunnel	54
5.3.1 Bedüsungssystem im Schwadenkanal	56
5.3.2 Messtechnik im Schwadenkanal	57

5.4 Konzept zur in-situ Messung im Sprengvortrieb	58
5.4.1 Konzept des Bedüsungssystems	60
5.4.2 Düsenauswahl	61
5.4.3 Anforderungsbewertung des Sprühsystems	64
6 Absorptionsmittelauswahl	67
6.1 Wasser	67
6.2 Wasserstoffperoxid	69
6.2.1 Versuche ohne UV-C Strahlung	70
6.2.2 Versuche mit UV-C Strahlung	71
6.3 Natronlauge	72
6.4 Natriumsulfit	74
6.5 Fazit der Laborergebnisse	77
6.5.1 Abscheideleistung	77
6.5.2 Gefährdung der Belegschaft	79
6.5.3 Gefährdung der Grubensicherheit	81
6.5.4 Auswahl eines Absorptionsmittels	82
7 Messungen mit Sprengschwaden	83
7.1 Schwadenkanal	83
7.1.1 Bedingungen während der Messungen	84
7.1.2 Ergebnisse	85
7.2 In-situ Messungen im Sprengvortrieb unter Tage	87
7.2.1 Bestimmung der Absorptionsmittelkonzentration	87
7.2.2 Situation vor Ort	89
7.2.3 Ergebnisse der In-situ Messungen	92
8 Interpretation und Bewertung der Ergebnisse	95
8.1 Absorptionsmessungen	95
8.1.1 Laborversuche	95
8.1.2 Absorptionsmessungen mit Sprengschwaden	96
8.2 Erfüllung der definierten Anforderungen	99
8.2.1 Technische Anforderungen	99
8.2.2 Sicherheitsbezogene Anforderungen	101
8.2.3 Zusammenfassung der Anforderungserfüllung	103
8.3 Fazit	104
9 Ausblick	107
9.1 Weitere Untersuchung zur NO _x -Abscheidung	107
9.2 Potentielle Einsatzmöglichkeiten	107
9.2.1 Einsatzmöglichkeiten in Sprengschwaden	108

9.2.2 Stickoxide aus Dieselmotoremissionen	115
9.2.3 Kombinierte Staub- und NO _x -Abscheidung	117
9.2.4 Fazit der Betrachtung potentieller Einsatzmöglichkeiten	120
10 Zusammenfassung	121
11 Quellenverzeichnis	123
12 Anhang	i