



Tunneldrainagen

Wirkungsweise von Mineralsalzlösungen zur
Härtestabilisierung in Tunneldrainagen und
Auswirkung auf die Ökologie im Pummersdorfer
Tunnel

Diplomarbeit

Sommersemester 2017

Harald Lehner, BSc

Et 1510694811

Fachliche Betreuung: Dipl.-Ing. Roman Heissenberger

Formale Betreuung: Dipl.-Ing. Thomas Preslmayr

Vorwort

An dieser Stelle möchte ich mich bei all jenen bedanken, die mich direkt oder indirekt, fachlich und persönlich bei der Erstellung dieser Diplomarbeit unterstützt haben.

Des Weiteren möchte ich mich bei meinem fachlichen Betreuer Dipl. Ing. Roman Heissenberger und meinem formalen Betreuer Dipl.-Ing. Thomas Preslmayr bedanken. Deren Unterstützung hat wesentlich zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen.

Ein besonderer Dank auch an meine Lebensgefährtin. Ohne ihre Unterstützung und ihr Verständnis wäre die Erstellung dieser Diplomarbeit nicht möglich gewesen.

Erklärung zur Veröffentlichung

Der Autor erklärt sich damit einverstanden, dass die FH St. Pölten die vorliegende Arbeit in geeigneter Weise unter Nennung des Autors bzw. in der vorliegenden Originalform als pdf-Datei oder in gedruckter Form veröffentlichen darf.

Eidesstattliche Erklärung

Ich erkläre hiermit an Eides statt, dass ich die vorliegende Diplomarbeit selbständig angefertigt habe. Die aus fremden Quellen direkt oder indirekt übernommenen Gedanken sind als solche kenntlich gemacht.

Die Arbeit wurde bisher weder in gleicher noch in ähnlicher Form einer anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Zusammenfassung

In dieser Diplomarbeit werden, basierend auf Literaturrecherchen, Expertengesprächen, ergänzenden Internetrecherchen, den Daten der Wasseranalysen, der Online-Monitoringstation, Feststoffanalysen, Kamerabefahrungen und der gewässerökologischen Beweissicherung die Problematik der Versinterung von Drainageleitungen untersucht.

Im Speziellen wird die Wirkungsweise von Mineralsalzlösungen zur Härtestabilisierung in den Tunneldrainagen des Pummersdorfer Tunnels sowie ihre Auswirkung auf die Ökologie betrachtet.

Da die Versinterungen bis zu 95 % aus Calciumcarbonat (CaCO_3) bestehen, und Carbonate empfindlich gegenüber Säuren sind, kam in der linkem Ulmendrainage eine 30 %ige Phosphorsäure und in der rechten Ulmendrainage eine 10 %ige Salzsäure, mit dem Ziel der Lösung bestehender Versinterungen bzw. Vermeidung von neuen Versinterungen, zum Einsatz. Durch die Auswertung und Interpretation der gesammelten Daten konnten fundierte Aussagen über die Auswirkungen und die Wirkungsweise der beiden Säuren auf das Tunnelbauwerk und die Ökologie getroffen werden.

In dieser Studie wurden keine negativen Auswirkungen auf die Tunnelstruktur und auf die Ökologie der Pielach festgestellt. Daher wird die Verwendung von Salzsäure empfohlen.

Abstract

This thesis deals with the analysis of problems related to the sintering of drainage pipes. The analysis and the interpretation was performed based on literature reviews, discussions with experts, supplementary internet searches, laboratory data from the drainage water, analysis of solid materials, online monitoring station, camera inspection as well as preservation evidence on the aquatic ecology.

A particular case study was performed on the Pummersdorfer tunnel. The study incorporates analysis of the mode of action of mineral salt solutions for hardening stabilization as well as its impacts on the ecology.

Sintering consists of up to 95 % calcium carbonate (CaCO_3). Carbonates are sensitive to acidic depositions. Therefore, 30 % of phosphoric acid was applied to the left arch drainage and 10 % hydrochloric acid to right arch drainage to reduce existing sintering as well as to avoid new sintering. The analysis and interpretation of the data enabled to make a well-founded statements about the effects and the mode of action of the two acids on the tunnel structure and the ecology.

This study provides evidence showing that no negative impacts on the tunnel structure and the aquatic ecology on the Pielach. Therefore, the use of hydrochloric acid is recommended.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	6
1.1	Problemstellung	6
1.2	Ziel der Arbeit / Forschungsfragen	7
1.3	Methoden	7
1.4	Untersuchungszeitraum	8
2	Grundlagen	9
2.1	Konstruktionsarten im Tunnelbau	9
2.2	Arten der Entwässerung	12
2.2.1	Freie Entwässerung / druckwasserentlastet	13
2.2.2	Druckgeregelte Entwässerung / teilweise druckwasserentlastet	13
2.2.3	Ohne Entwässerung / druckwasserhaltend	13
2.3	Das Bergwasser	15
2.3.1	Einteilung der Bergwässer	15
2.3.2	Wasserführung im Gebirge	16
2.3.3	Einfluss des Bergwassers auf die Versinterung	18
2.3.4	Deszendentes vs. aszendentes Wasser	19
2.3.5	Anforderungen an Entwässerungssysteme	19
2.4	Die Tunneldrainage	20
2.4.1	Temporäre Drainagen	22
2.4.2	Permanente Drainagen	22
2.5	Aufbau und Anforderungen an die Tunneldrainage	22
2.5.1	Die Drainagerohre	24
2.5.2	Die Sinterpackung	25
2.5.3	Kontroll- und Putzschächte	26
2.5.4	Schachtabdeckungen	27
2.5.5	Bergwassersammelleitung	27
3	Versinterungen	28
3.1	Calciumcarbonat – CaCO ₃	29
3.2	Der Versinterungsprozess	31
3.2.1	Versinterung durch kalkübersättigtes Bergwasser	31
3.2.2	Versinterung durch Erhöhung des pH-Wertes des Bergwassers	31
3.2.3	Versinterung durch kohlensaures (kalkaggressives) Bergwasser	32
3.2.4	Versinterung durch Calciumhydroxid-Lösung	32
3.2.5	Versinterung durch Mischwasserbildung	32
3.3	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht	34
3.3.1	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht in Abhängigkeit vom Gehalt an gelöstem anorganischen Kohlenstoff	34
3.3.2	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht in Abhängigkeit von der Temperatur	35

3.3.3	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht in Abhängigkeit vom Kohlendioxid-Gehalt der korrespondierenden Atmosphäre	36
3.3.4	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht in Abhängigkeit vom Absolutdruck	37
3.3.5	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht in Abhängigkeit vom pH-Wert	38
3.3.6	Kalk-Kohlensäure-Gleichgewicht in Abhängigkeit von der Verdunstung	40
3.4	Einfluss von zementgebunden Baustoffen	40
3.5	Postsedimentäre Verfahren zur Beseitigung der Versinterungen	41
3.5.1	Hydraulische Reinigungsverfahren	41
3.5.2	Hydromechanische Reinigungsverfahren	42
3.5.3	Mechanische Reinigungsverfahren	43
3.6	Presedimentäre Verfahren zur Vermeidung der Versinterungen	44
3.6.1	Wasserenthärter	45
3.6.2	Härtestabilisatoren	45
3.6.3	Dispergiermittel	47
4	Härtestabilisierung im Pummersdorfer Tunnel	48
4.1	Der Pummersdorfer Tunnel	49
4.2	Rechtliche Grundlagen und Grenzwerte	50
4.2.1	Richtlinie 2000/60/EG des europäischen Parlaments und des Rates	50
4.2.2	Allgemeine Abwasseremissionsverordnung	51
4.2.3	Indirekteinleiterverordnung	51
4.2.4	Qualitätszielverordnung Chemie Oberflächengewässer	52
4.2.5	Qualitätszielverordnung Ökologie Oberflächengewässer	52
4.2.6	Wasserrechtsgesetz 1959	53
4.2.7	Richtlinien / Verordnungen Naturschutz	54
4.3	Chlorwasserstoffsäure – HCl	54
4.4	Phosphorsäure – H ₃ PO ₄	55
4.5	Die Versuchsanlage	55
4.5.1	Allgemeines	55
4.5.2	Dosierstationen	57
4.5.3	Rohrleitungen	58
4.6	Das Messprogramm	59
4.6.1	Kleines Messprogramm	60
4.6.2	Großes Messprogramm	61
4.6.3	Die Online-Monitoringstation	61
4.6.4	Gewässerökologische Beweissicherung	62
5	Auswertungen und Analysen	63
5.1	Wasseranalysen	63
5.1.1	Chlorid	63
5.1.2	pH-Wert	65
5.1.3	Phosphat	67
5.1.4	Elektrische Leitfähigkeit	68
5.1.5	Gesamthärte	69
5.1.6	Carbonathärte / Hydrogencarbonat	70

5.1.7	Abfiltrierbare Stoffe	71
5.1.8	Absetzbare Stoffe	71
5.1.9	Temperatur	72
5.1.10	Summe Kohlenwasserstoffe	72
5.2	Datenanalyse der Online-Monitoringstation	73
5.2.1	pH-Wert / Temperatur	73
5.2.2	Elektrische Leitfähigkeit	75
5.3	Feststoffanalysen	77
5.4	Kamerabefahrungen	79
5.5	Analyse der linken Ulmendrainage – Phosphorsäure	81
5.6	Analyse der rechten Ulmendrainage – Salzsäure	83
5.7	Messungen in der Pielach	84
5.7.1	Phytobenthos	85
6	Conclusio	86