

M
A
S
T
E
R
A
R
B
E
I
T

Einfluss der Präventivstreuung auf die Eisbildung

Verfasser:

Michael Kotz

B.Sc.

Masterarbeit für das Fachgebiet
VERKEHRSWESSEN

Betreuung:

Ronald Blab

Univ.Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.

Wolfgang Kluger-Eigl

Dipl.-Ing. Dr. techn.



The logo for the Institute for Transport Science (Ve) features a stylized 'V' and 'e' in a bold, sans-serif font. The 'V' is white with a black outline, and the 'e' is solid black. Below the logo, the text reads: Institut für Verkehrswesen, Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur, Universität für Bodenkultur Wien.
Institut für Verkehrswesen
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur
Universität für Bodenkultur Wien

Ehrenwörtliche Erklärung

Ich versichere, dass ich die eingereichte Masterarbeit selbstständig verfasst, keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt und ich auch sonst keiner unerlaubten Hilfsmittel bedient habe. Ich versichere ferner, dass ich diese Masterarbeit bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als wissenschaftliche Arbeit vorgelegt habe.

Wien,

Kurzfassung

Das Ziel des Winterdienstes ist die Sicherstellung der Benutzbarkeit der Straßen bei Eisbildung und Schneefall. Neben vorbereitenden und abschließenden Maßnahmen ist die Hauptaufgabe des Winterdienstes das Räumen und Streuen der Straßen. Der Einsatz von auftauenden Streumitteln als zentrales Streugut hat sich dabei über die Jahre bewährt. Ihre Wirkungsweise besteht in der Herabsetzung des Gefrierpunkts der resultierenden Lösung aus Wasser und Salz.

Hoffmann et al. (2011) entwickelten einen Flaschenversuch zur Feststellung der Gefrierpunkte verschiedener Salzkonzentrationen. Die dabei vorherrschenden Bedingungen eignen sich zwar zur Ermittlung des Gefrierpunkts, stellen aber keine realistischen Bedingungen dar, um den Zeitpunkt der Eisbildung zu ermitteln. Daher war das Ziel die Erprobung eines Laborverfahrens für dünne Wasserfilme bei realen Umgebungstemperaturen. In weiterer Folge sollten die beiden Versuchstypen verglichen und eine Einschätzung des Einflusses einer präventiven Streuung auf die Eisbildung gegeben werden.

Dabei wurden dünne Wasserfilme unterschiedlicher Salzkonzentration in Petrischalen gefroren. Das verwendete Streumittel war Natriumchlorid. Der Temperaturverlauf wurde während des Gefriervorgangs kontinuierlich aufgezeichnet. Das Ergebnis waren die Gefrierverläufe der Proben, aus denen der Gefrierpunkt und der Kristallisationsbeginn bestimmbar sind. Das Kristallisationsende konnte anhand der verwendeten Messmethode nicht definiert werden.

Die Gefrierpunktmessung unterliegt einer Beeinflussung durch die Umgebungstemperatur. Dennoch ergab sich für einen Temperaturbereich bis $-6,2\text{ °C}$ eine gute Übereinstimmung der Ergebnisse mit denen des Flaschenversuches. Die Aufzeichnung des Kristallisationsbeginns wurde durch den Einfluss der Umgebungstemperatur nicht betroffen. Die Auswertung zeigte eine Verzögerung der Kristallisation für einen Temperaturbereich bis $-6,2\text{ °C}$. Der geringe Zeitgewinn relativiert allerdings den Mehraufwand von größeren Streumengen und häufigeren Streufahrten nicht.

Die Gefrierpunktreduktion bleibt die beste Möglichkeit eine Glättebildung zu vermeiden. Die größte Wirkung trotz moderater Streumenge entfaltet die Präventivstreuung in der Bekämpfung von Reifbildung. Zusätzlich kann die präventive Streuung durch alternative Streumethoden, wie eine kombinierte oder flüssige Streuung, optimiert werden.

Abstract

The aim of the winter service is the securing of the usability of the streets during conditions like ice and snowfall. Beside preparing and final actions, the major task of the winter service is the clearing and the gritting of the streets. The application of de-icing salt as a central grit has proved itself over the last years. Its mode of action consists in lowering the freezing point of the resulting solution of water and salt.

Hoffmann et al. (2010) developed a bottle test to observe the freezing point of different salt concentrations. The prevailing conditions are suitable for the determination of the freezing point, but do not represent realistic conditions for determining the exact time of freezing. Hence, the aim of this study was the proof testing of a laboratory method for thin water films at real surrounding temperatures. Furthermore, both test types should be compared and an assessment of the influence of a preventive salting on the ice formation should be given.

In the process, thin water films of different salt concentration were frozen in petri dishes. The used salt was sodium chloride. The temperature gradation was recorded continuously during the freezing process. The results were the freezing curves of the different samples, from which the freezing point and the beginning of the crystallisation were determinable. Though, the end of the crystallisation could not be defined exactly by using the selected measuring method.

The freezing point measurement was affected by the surrounding temperature. Still, it showed a good correspondence to the results of the bottle test within a temperature range until $-6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. The recording of the beginning of the crystallisation was not affected by the surrounding temperature. The evaluation shows a delay of the crystallisation for a temperature range until $-6.2\text{ }^{\circ}\text{C}$. However, the low gain in time does not relativize the additional expenses of larger salt amounts and more frequent gritting service.

The freezing point reduction remains the best possibility to avoid ice formation. Despite moderate salt amounts, the preventive salting is most suitable for the fight against the beginning of hoarfrost. In addition, the preventative salting can be optimized by alternative gritting methods, like a combined or liquid dispersion.

Vorwort

Zu Beginn möchte ich mich bei Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ronald Blab, dem Leiter des Instituts für Verkehrswissenschaften der Technischen Universität Wien bedanken. Seine Vorlesung „Straßenbautechnik“ an der Universität für Bodenkultur Wien war es, die mein Interesse für den Tiefbau weckte und mich mein Studium in diesem Bereich vertiefen ließ.

Ein besonderer Dank gilt Herrn Dipl. Ing. Dr. techn. Wolfgang Kluger-Eigl für seine ausgezeichnete Betreuung während der gesamten Bearbeitungszeit. Er trug wesentlich zur Organisation und Koordination der Laborversuche und der vorliegenden Diplomarbeit bei. Bei Fragen stand er stets mit seinem Fachwissen zur Verfügung.

Weiters möchte ich dem gesamten Team des Labors des Forschungsbereichs Straßenwesen danken. Ihre offene und freundliche, fast schon familiäre Art ermöglichte es mir, mich rasch in diese engagierte Truppe zu integrieren. Namentlich erwähnt seien vor allem mein Laborbetreuer David Valentin und Dipl. Ing. Daniel Steiner, die mir bei Fragen und Problemen stets Rede und Antwort standen.

Zu guter Letzt möchte ich auch noch meine Familie herausheben. Besonderer Dank gilt meinen Eltern, die mir das Studium ermöglichten und mich während meiner Studienzeit unterstützten. Auch meine Schwester sei erwähnt, die mir im Laufe meines Studiums stets mit ihrer wissenschaftlichen Meinung zur Seite stand.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
1.1	Ausgangslage	1
1.2	Fragestellung und Zielsetzung.....	4
1.3	Methodische Herangehensweise	5
1.3.1	Literaturrecherche	5
1.3.2	Laborversuche	5
2	Chemische und physikalische Grundlagen	6
2.1	Lösungen.....	6
2.2	Dampfdruck von Lösungen.....	6
2.3	Gefrierpunktserniedrigung von Lösungen	8
2.4	Gefrierverlauf von Lösungen	10
2.4.1	Abkühlung	10
2.4.2	Unterkühlung und Kristallisationsbeginn	11
2.4.3	Erstarren.....	12
3	Rahmenbedingungen des Winterdienstes	13
3.1	Aufgaben	13
3.1.1	Vorbereitende Maßnahmen.....	13
3.1.2	Wetterbeobachtung und Straßenzustandsmeldungen.....	13
3.1.3	Schneeräumung und Streuung.....	14
3.1.4	Abschließende Maßnahmen	18
3.2	Interessengruppen	18
4	Streumittel	20
4.1	Abstumpfende Streumittel.....	20
4.2	Auftauende Streumittel.....	22
4.2.1	Natriumchlorid	23
4.2.2	Kalziumchlorid.....	25
4.2.3	Magnesiumchlorid.....	26
4.2.4	Weitere Taumittel	26
4.3	Taumittelausbringung	28
4.3.1	Trockensalzstreuung	30
4.3.2	Feuchtsalzstreuung	30
4.3.3	Solestreuung.....	31
4.3.4	Variable Streuung.....	32

5	Restsalzmenge	33
5.1	Streuverluste nach der Ausbringung.....	33
5.2	Streuverluste durch den Verkehr.....	34
5.3	Einflussfaktoren.....	35
6	Laborprüfungen zur Simulation der Eisbildung	37
6.1	Entwicklung der Prüfmethodik.....	37
6.1.1	Abgießverfahren.....	38
6.1.2	Teconer RCM411.....	38
6.1.3	Kontinuierliche Datenerfassung.....	39
6.2	Versuchsprogramm.....	41
6.2.1	Szenarien.....	42
6.2.2	Wetterszenarien am Beispiel von -3,7 °C.....	43
6.2.3	Randomisierung.....	46
6.3	Versuchsaufbau.....	47
6.3.1	Taumittel.....	47
6.3.2	Klimaschrank.....	47
6.3.3	Versuchsdurchführung.....	50
6.3.4	Erfahrungen und Optimierung der Versuchsdurchführung.....	50
7	Ergebnisse und Interpretation	52
7.1	Gefrierverläufe.....	52
7.2	Gefrierpunkt.....	55
7.3	Kristallisationsbeginn.....	58
7.4	Versuchsende.....	61
7.5	Vergleich Flaschenversuch.....	67
7.6	Vergleich Pt100 vs. TE.....	70
7.7	Erkenntnisse und Anwendungsbereiche.....	72
7.7.1	Anwendung der Präventivstreuung bei erwartetem Schneefall.....	72
7.7.2	Anwendung der Präventivstreuung bei erwarteter Reifbildung.....	73
8	Zusammenfassung	74
	Literaturverzeichnis	76
	Abbildungsverzeichnis	79
	Tabellenverzeichnis	82
	Anhang A	83
	Anhang B	97