

Einflüsse von tiefen Temperaturen auf Straßenaufbauten in Wien unter besonderer Berücksichtigung der Frosteindringung

Verfasser:

Heinz Brian Kreis
BSc.

Masterarbeit für das Fachgebiet
VERKEHRSWESEN

Betreuung:

Ronald Blab
o. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn.

Barbara Gagliano
Projektass. Dipl.-Ing.




Institut für Verkehrswesen
Department für Raum, Landschaft und Infrastruktur
Universität für Bodenkultur Wien

Kurzfassung

Derzeit erfolgt in Österreich die Bemessung des Straßenoberbaus, der die Aufgabe hat, die Belastungen aus dem Verkehr schadlos an den Untergrund abzuleiten, anhand standardisierter Bemessungstabellen. Dabei werden örtliche Verhältnisse, wie die Frosteinwirkung aufgrund von Temperaturen unter 0 °C, nicht gesondert beachtet. Diese haben jedoch einen wesentlichen Einfluss auf die notwendigen Schichtdicken der Frostschuttschicht des Straßenoberbaus. Im Rahmen dieser Masterarbeit werden daher die während einer maßgebenden Kälteperiode auftretenden Frosteindringungstiefen in für Wien typischen Asphalt- und Betonstraßen mithilfe eines dafür entwickelten Tools simuliert. Diese Simulationen dienen in weiterer Folge als Grundlage für Empfehlungen zur Schichtdickenoptimierung der Frostschuttschicht an Straßenoberbauten von Wien.

Zu Beginn werden die für das Straßenklima wichtigsten meteorologischen Einflussfaktoren identifiziert und die für den Wärmetransport im Straßenkörper verantwortlichen physikalischen Vorgänge beschrieben. Unter besonderer Berücksichtigung von Temperaturen unter 0 °C, lassen sich so deren Wirkungen auf die Schichten des Straßenkörpers betrachten. Die vorgestellten angewendeten Methoden beinhalten sowohl den Stand der Technik in Deutschland, Österreich und der Schweiz hinsichtlich der Bemessung des Straßenoberbaus, als auch das Differenzenverfahren zur Ermittlung realitätsnaher Temperaturverläufe im Straßenkörper. Durch Anwendung des Differenzenverfahrens mithilfe eines dafür entwickelten Tools, lässt sich die Eindringungstiefe des Frostes, unter Berücksichtigung der dafür bestimmten charakteristischen Daten für das Stadtgebiet von Wien, berechnen.

Die im Rahmen dieser Masterarbeit durchgeführte Simulation der Frosteindringung zeigt, dass im Analysezeitraum die größten Frosteindringungstiefen an Regelaufbauten im locker bebauten Stadtrand mit hydraulisch gebundenen Tragschichten (halbstarrer Oberbau) vorzufinden sind. Der von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) für den frostsicheren Straßenoberbau als Mindestdicke empfohlene Richtwert von 60 % der maximalen Frosteindringungstiefe kann in der Simulation teilweise bestätigt werden. Die Frosteindringungstiefe weist eine hohe Sensitivität auf Änderungen der Wärmeleitfähigkeit des Untergrundes, des Wassergehaltes der ungebundenen Schichten und der Temperatur der tieferen Untergrundschichten auf. Die Ergebnisse der Simulation lassen, in Abhängigkeit der Frostempfindlichkeit des Untergrundes und der Lastklasse, Schichtdickenreduktionen an Frostschuttschichten bestimmter Bautypen in Wien zu.

Abstract

At present, pavement structures which harmlessly divert traffic loads onto the subgrade are designed in Austria based on standardized pavement catalogs. Although they have a significant impact on the required thickness of the pavement layers, certain local conditions such as frost resulting from temperatures below 0 °C are not taken into consideration specifically. This master's thesis will therefore simulate frost penetration during a design period into standard asphalt and concrete pavements in Vienna. By using a tool specifically designed for this purpose this simulation serves an optimization of pavement subbase layer thickness in Vienna.

First, the most important meteorological factors that influence the pavement's climate are identified and the physical process of heat transmission in the pavement structure is characterized. This permits an analysis of the influences and impacts of low temperatures in each layer of the pavement structure. The applied methods include state of the art pavement design procedures in Germany, Austria and Switzerland, as well as the difference method in order to calculate realistic temperature profiles in pavement structures. By applying the difference method along with typical data from the city of Vienna in a specifically developed software tool, frost levels can be calculated.

This thesis shows that the highest frost levels during the analysis period can be found in pavements with a hydraulically bounded base course (semi rigid pavement) located in thinly populated areas on the periphery of Vienna. The recommended minimum thickness for the pavement structure - defined as 60 % of the maximum frost penetration - in order to be considered frost-proof by the German Road and Transportation Research Association (FGSV) can be partially confirmed. Frost levels are highly sensitive to variations in the thermal conductivity of the subgrade, the moisture content of the unbounded layers and the temperature of deeper subgrade layers. The results of the simulation allow subbase layer thickness reductions for certain pavement types in Vienna, depending on the load class and the susceptibility of the subgrade to frost action.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ronald Blab für die Möglichkeit bedanken, diese Masterarbeit an seinem Institut zu bearbeiten. Ebenso gebührt mein herzlicher Dank an Dipl.-Ing. Barabara Gagliano für ihren überaus engagierten Beistand. Mit ihrer raschen und kompetenten Unterstützung hat sie einen äußerst wertvollen Beitrag zu dieser Masterarbeit geleistet.

Zum Abschluss möchte ich diese Masterarbeit meinen Freunden und Familie widmen – im Speziellen meinem verstorbenen Vater Herbert Kreis und meiner Freundin Mag. Agnes Kuderer für ihre Geduld und Unterstützung, sowie meiner Mutter Melchora Kreis, ohne die ich diesen akademischen Weg nicht hätte beschreiten können.

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	3
1.1. Hintergrund und Motivation	3
1.2. Vorgehensweise.....	4
2. Einflussfaktoren auf die Frosteindringung in den Straßenkörper.....	7
2.1. Klimaelemente	7
2.1.1. Lufttemperatur.....	7
2.1.2. Wind.....	9
2.1.3. Strahlung.....	11
2.1.4. Niederschlag	16
2.2. Wärmetransport und Energiehaushalt im Straßenkörper.....	17
3. Wirkungen tiefer Temperaturen im Straßenkörper.....	23
3.1. Asphaltsschichten	23
3.2. Hydraulisch stabilisierte Schichten und Betondecken.....	26
3.3. Ungebundene Schichten	28
3.4. Frosteinwirkung.....	33
3.5. Frostschäden	35
4. Angewendete Methoden.....	41
4.1. Grundlagen zur Bemessung des Straßenoberbaus	41
4.2. Normen und Richtlinien zur Bemessung des Straßenoberbaus.....	42
4.2.1. RStO 12	43
4.2.2. RVS 03.08.63.....	48
4.2.3. SN 640 324	51
4.2.4. Weitere technische Regelwerke	58
4.3. Differenzenverfahren zur Berechnung der Temperaturverteilung	62
5. Charakteristische Daten für Wien	67
5.1. Klimacharakteristik von Wien	67
5.2. Bemessungswinter	73
5.3. Bodenkennwerte für Wien	79
5.4. Regelaufbauten für das Wiener Stadtgebiet.....	82
5.4.1. Regelaufbau von Straßenoberbauten mit bituminöser Befestigung	82
5.4.2. Regelaufbau von Straßenoberbauten mit Betondecke	86
6. Frosteindringung in für Wien typische Regelaufbauten.....	89
6.1. Tool für die Ermittlung der Frosteindringtiefe	89

6.2. Rahmenbedingungen für die Simulation der maßgeblichen Frosteindringung bei Regelaufbauten in Wien.....	92
6.2.1. Straßen mit bituminöser Befestigung.....	93
6.2.2. Straßen mit Betondecke.....	113
6.3. Sensitivitätsanalyse.....	127
6.3.1. Thermophysikalische Parameter der ungebundenen Schichten.....	127
6.3.2. Wassergehalt der ungebundenen Schichten.....	130
6.3.3. Bodentemperatur in 2 m Tiefe.....	131
7. Empfehlungen für die Schichtdickenfestlegung von Frostschutzschichten in Wien.....	132
8. Zusammenfassung und Ausblick.....	133
8.1. Ausgangslage.....	133
8.2. Methodik.....	133
8.3. Ergebnisse.....	134
8.4. Ausblick.....	134
Literaturverzeichnis.....	136
Abbildungsverzeichnis.....	140
Tabellenverzeichnis.....	146
Anhang A.....	148
Anhang B.....	149
Anhang C.1.....	156
Anhang C.2.....	162
Anhang C.3.....	168
Anhang C.4.....	171