

# Untersuchung und Berechnung der Frosthebungen für die speziellen Randbedingungen einer Baugrundvereisung

Bisherige experimentelle Frosthebungsversuche erfolgten durch das Gefrieren der Oberseite zylindrischer Bodenproben mit einer Frosteindringung in Richtung der Probenunterkante (vgl. Straßenbau). Ausgehend von horizontalen Vereisungsbohrungen im Baugrund, wie sie vermehrt bei innerstädtischen Baumaßnahmen angewendet werden, findet die Frosteindringung aber auch entgegengesetzt in Richtung der Geländeoberkante (GOK) statt. Neben der neunprozentigen Volumenzunahme des Porenwassers hat insbesondere die Eislinnenbildung bei frostempfindlichen Böden Auswirkung auf die mit dem Gefrierprozess verbundenen Frosthebungen an der GOK. Die Untersuchung resultierender Hebungen unter Berücksichtigung eines nach oben gerichteten Frostwachstums erfolgte bisher nicht, sodass die Eislinnenbildung unter den damit zum Standard-Frosthebungsversuch abweichenden Randbedingungen unbekannt ist. Für die Berechnung der Frosthebungen müssen die komplexen physikalischen Vorgänge während der Vereisung berücksichtigt werden. Dazu ist ein Simulationsmodell erforderlich, welches die poro-thermo-hydro-mechanischen Kopplungsphänomene gezielt betrachtet.

Das Ziel des Forschungsvorhabens ist die Ermittlung und Beschreibung des Frosthebungsverhaltens frostempfindlicher Böden infolge Vereisungsmaßnahmen mit horizontaler Gefrierrohranordnung. Dazu sollen experimentelle Frosthebungsversuche durchgeführt werden, die ein Frostwachstum in Richtung der Geländeoberkante simulieren. Die Eislinnenbildung erfolgt in diesem Fall oberhalb der gefrorenen Zone, wobei der Wassertransport zur Frostgrenze hin zusätzlich zum entstehenden Unterdruck (Saugpotential) durch Gravitation beeinflusst wird. Mit experimentellen Versuchen soll überprüft werden, inwieweit dies die Eislinnenbildung beeinflusst. Es wird die zeitliche und räumliche Wasserverteilung in der Bodenprobe sowie der Einfluss bautechnisch relevanter Parameter im Rahmen einer Parameterstudie untersucht. Zusätzlich werden Standard-Frosthebungsversuche durchgeführt, um einen direkten Vergleich der Hebungen und der Eislinnenbildung zu erhalten sowie Unterschiede infolge der Gefrierrichtung herauszuarbeiten. Zu den Versuchen wird ein numerisches Mehrphasenmodell erarbeitet, welches die Frosthebungen mit den verschiedenen physikalischen Effekten und unter definierten Anfangs- und Randbedingungen nachbilden kann. Es wird ein Theorie-Poröser-Medien (TPM)-basiertes Mehrphasenmodell formuliert und mit der Phasenfeldmethode (PFM), zur Modellierung der Eisbildung bzw. des Phasenwechsels von Porenwasser zu Eis in porösen Medien, erweitert. Das TPM-PFM-Modell betrachtet den infolge der Eisbildung reduzierten bzw. verhinderten Fluss der Porenflüssigkeit sowie die ggf. finiten Deformationen des Festkörperskeletts durch Volumenzunahme beim Phasenübergang von Wasser zu Eis. Mithilfe der experimentellen Versuche wird das numerische Modell kalibriert und validiert, sodass Gefrierprozesse beider Versuchsvarianten berechnet werden können.

Projektpartner und finanzieller Förderer: