

Beeinflussung der Frosthebung an Straßendecken durch chemisch-physikalische Behandlung des Bodens

Einleitung

Vortrag anläßlich der Sitzung der Arbeitsgruppe „Untergrund“ der Forschungsgesellschaft für das Straßenwesen, vom 5. Juni 1956, unter Benützung der im Anhang angegebenen Literatur, die mit Unterstützung des Bundesministers für Verkehr vom Vortragenden zusammengestellt wurde.

Die Ergebnisse der Untersuchungen über die Ursachen der Frosthebung beweisen, daß es nur dann zu wesentlichen Frosthebungen kommt, wenn sich Eis in Form von durch ungefrorene Bodenschichten getrennten Eislinsen bildet.

Diese Linsenbildung ist nur möglich, wenn

1. aus der Umgebung Wasser mobilisiert und zu den auskristallisierenden Eiskörpern transportiert wird;
2. der Gefrierpunkt des Wassers erreicht wird.

Die Mobilisierung und der Transport des Wassers werden besorgt von den Kräften, welche an den Grenzflächen Bodenteilchen—Wasser auftreten. Das bedeutet: In seinen tiefen Ursachen sind die für den Zustand der Straßendecken z. T. so schädlich wirkende Frosthebung und Frostblähung ein Problem der Grenzflächenphysik und Grenzflächenchemie.

Man kann die Wanderung des Wassers zu den Stellen der Eiskristallisation unterbinden

1. durch Vergrößerung des Porenvolumens, wodurch die Grenzflächenenergien unter den für einen Wassertransport notwendigen Wert sinken; dies erfolgt durch den Einbau entsprechend grobkörniger Materialien als Frostschuttschicht;
2. durch eine chemisch-physikalische Veränderung des Zustandes an den Grenzflächen Bodenteilchen: Wasser bei gleichbleibend engen Porenräumen, also ohne Einbau einer Frostschuttschicht;
3. durch die Verkleinerung der bestehenden Porenräume auf einen ausreichend kleinen Durchmesser mittels chemischer Zusätze. Der Porendurchmesser ist dann ausreichend klein, wenn die Haftwasserhüllen im Verhältnis zum Kapillarwasser so groß sind, daß eine starke Annäherung an den Kontaktpunkt erreicht wird. In diesem Falle wird infolge der hier auftretenden starken Reibung des aufsteigenden Wassers die Steiggeschwindigkeit des kapillaren Wassers unter die Frosteindringungsgeschwindigkeit in den Boden erniedrigt.

Es bilden sich dann die „Gel-Poren“ (Powers). Das spannungsfreie Porenvolumen (Zunker) geht verloren.

Bei der Erniedrigung des Gefrierpunktes des Wassers muß man wieder unterteilen in eine solche des spannungsfreien Porenvolumens und eine solche des Wassers in den Gel-Poren. Die erstere ist allgemein bekannt (z. B. Erniedrigung des Gefrierpunktes durch Zugabe von Steinsalz oder Calciumchlorid zu Wasser), während die letztere sehr häufig nicht in diesem Ausmaße beachtet wird. Bei dieser wird der Gefrierpunkt deswegen herabgesetzt, weil das in den winzig kleinen Poren vorhandene Wasser aus Haftwasserhüllen, also aus einem Wasser mit einem wesentlich niedrigeren Gefrierpunkt als bei dem normalen Wasser, besteht.

Diese chemischen Beeinflussungsmöglichkeiten zur Verhinderung des Bodenfrostes sind dann vor allem sehr wichtig, wenn

1. ein geeignetes grobporiges Einbaumaterial nicht vorhanden ist oder nur unter hohen Kosten herbeigeschafft werden kann;
2. das Einbringen geeigneter Lösungen in den Straßuntergrund wesentlich billiger kommt als der Einbau frostsicherer Schichten;
3. auf keinen Fall Störungen des Straßen- oder Eisenbahnverkehrs durch die Maßnahmen zur Beseitigung der Frostgefährlichkeit des Untergrundes eintreten sollen.

Sowohl vom Standpunkt der Kostenfrage als auch der Möglichkeit eines von dem Vorhandensein grobkörniger Materialien unabhängigen Straßenbaues erscheint es deshalb für den Bauingenieur nicht ohne praktische Bedeutung, sich näher mit den Möglichkeiten einer chemisch-physikalischen Beeinflussung der Grenzflächenenergien Wasser—Bodenteilchen zu befassen, zumal nicht nur die Frage der Frosthebung, sondern auch andere Probleme, wie Bodenstabilisierung, Bodenverdichtung, ja, man kann sagen, alle Probleme des Grundbaues und der Bodenmechanik, soweit sie die bindigen Böden betreffen, letzten Endes ihre Erklärung in den Grenzflächenkräften des Systems Bodenteilchen—Wasser finden.

A. Theoretischer Überblick

Bevor die bereits durchgeführten praktischen Untersuchungen beschrieben werden, ist es wohl notwendig, zunächst einmal auf die grundsätzlichen Überlegungen über die Ursachen des Wasseranstieges in engen Poren und der Erniedrigung des Gefrierpunktes nach dem heutigen Stande der Forschung einzugehen. Es muß ja unser Bestreben sein, das Warum der einzelnen Erscheinungen soweit als möglich zu ergründen, um eine möglichst planvolle, praktische Untersuchungsarbeit durchführen zu können.

Die erste Frage lautet: „Was ist Grenzflächenenergie, woher kommt sie?“ (I)

Die zweite Frage heißt: „Warum und wie wird Wasser in engen Kapillaren entgegengesetzt der Schwerkraft zu den Eiskristallisationszentren mobilisiert?“ (II)

Drittens müssen wir eine Antwort suchen auf die Frage: „Wie kann man diese mobilisierende Kraft verringern oder völlig beseitigen und damit auch den Wassertransport zu den sich bildenden Eislinsen?“ (III)

Schließlich muß als letzte Frage aufgeworfen werden: „Worauf beruht die Erniedrigung des Gefrierpunktes bei Zugabe von chemischen Verbindungen?“ (IV)

I.

Wenn wir uns nach dem Wesen der Grenzflächenenergie fragen, so ist es notwendig, auf die Grundlagen der Bindung der Materie einzugehen. Es ist wohl allgemein bekannt, daß sich alle Stoffe der Erde, ob fest, flüssig oder gasförmig, ob organisch oder anorganisch aus den kleinsten Bausteinen der