

Untersuchungen zur Wasserdurchlässigkeit von
Tagschichten ohne Bindemittel in
Straßenbefestigungen

Investigations regarding the Water Permeability of
Unbound Granular Layers in Pavement Structures

Von der Fakultät Bauingenieurwesen
der Technischen Universität Dresden
zur Erlangung der Würde eines
Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
eingereichte

Dissertation

vorgelegt von Dipl.-Ing. Mike Wolf
geb. am 11.07.1966 in Radebeul

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Frohmut Wellner
Prof. Dr.-Ing. Martin Radenberg

Tag der Einreichung: 19. Mai 2014

Tag der Verteidigung: 29. August 2014

KURZFASSUNG

Ziel der vorliegenden Dissertation war die Erweiterung der Kenntnisse über die Wasserdurchlässigkeit von Tragschichten ohne Bindemittel (ToB) in Straßenbefestigungen.

Für ToB wird in den Regelwerken des Straßenbaus neben einer ausreichenden Tragfähigkeit auch eine ausreichende Wasserdurchlässigkeit gefordert. Während für die Tragfähigkeit je nach Bauweise, Bauklasse und Schichtdicke konkrete Anforderungen an den E_{v2} -Wert bestehen, gibt es derartig konkrete Forderungen für die Wasserdurchlässigkeit bisher nicht. Dies liegt einerseits daran, dass deren Prüfung noch nicht verbindlich geregelt ist. Andererseits liegen kaum Erkenntnisse vor, welche Wasserdurchlässigkeiten mit ToB unter Praxisbedingungen überhaupt erzielt werden können, wenn gleichzeitig die Anforderungen an Verformungsmodul und Verdichtungsgrad zu erfüllen sind.

Im Rahmen der Dissertation wurde untersucht, wie die Wasserdurchlässigkeit von ToB unter Baustellenbedingungen geprüft werden kann und welcher Zusammenhang zwischen Verformungsmodul und Wasserdurchlässigkeit besteht und ob diese Eigenschaften baustofftechnisch oder bautechnologisch beeinflussbar sind. Dazu wurden bei einer Vielzahl von Baumaßnahmen beim Ausbau des Autobahnnetzes in den neuen Bundesländern baubegleitende Messungen auf Tragschichten durchgeführt. Außerdem wurden auf verschiedenen ToB-Versuchsfeldern in einem Lysimeter Vergleichsuntersuchungen mit den Prüfgeräten Tropf-, Doppelring- und Standrohr-Infiltrometer durchgeführt. Die Hauptuntersuchungen fanden auf zwei Versuchsstrecken in Schotterwerken statt. Untersucht wurde zunächst, wie sich die Variation der Parameter Korngrößenverteilung, Kornform und Sandtyp sowie Verdichtungswassergehalt und Verdichtungsgrad auf die Eigenschaften der ToB im Neuzustand auswirken. Im weiteren Verlauf wurden die Auswirkungen definierter Beanspruchung durch Bauverkehr untersucht.

Die Untersuchungen haben gezeigt, dass die Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes grundsätzlich mit allen drei getesteten Infiltrometern möglich ist. Für die Bewertung der Wasserdurchlässigkeit sind mehrere Messungen erforderlich um Einflüsse aus Inhomogenitäten zu kompensieren. Es wird empfohlen, sich bei der Anzahl der Durchlässigkeitsmessungen und bei der Auswahl der Messpunkte an den Tragfähigkeitsmessungen zu orientieren. Ein Einfluss der Korngrößenverteilung auf Wasserdurchlässigkeit und Tragfähigkeit ließ sich unter Baustellenbedingungen nur für ein

sandarmes Baustoffgemisch nachweisen. Die vermuteten und z. T. im Labor nachweisbaren Einflüsse aus Kornform, Sandtyp (Natursand oder Brechsand) und Verdichtungswassergehalt sind unter Praxisbedingungen von untergeordneter Bedeutung. Bei Beanspruchung mit baustellenüblichem Bauverkehr nahmen i. d. R. die Tragfähigkeiten zu und die Wasserdurchlässigkeiten deutlich ab und dies weitgehend unabhängig vom Ausgangsniveau. Anfängliche Unterschiede zwischen den Gemischen bzw. Schichten wurden dabei ausgeglichen. Dem Bauverkehr kommt deshalb bei der Beeinflussung der Wasserdurchlässigkeit große Bedeutung zu.

Ein eindeutiger Zusammenhang zwischen Tragfähigkeit (Verformungsmodul E_{v2}) und Wasserdurchlässigkeit (Infiltrationsbeiwert k_i) konnte nicht nachgewiesen werden. Ursächlich dafür ist, dass es Einflüsse gibt, die nur eine der beiden Eigenschaften beeinflussen (z.B. Einfluss der Schichtdicke auf die Tragfähigkeit oder Einfluss der Kornverfeinerung an der Oberfläche auf die Durchlässigkeit). Es ist jedoch möglich, durch eine rechnerische Berücksichtigung der Schichtdicke der ToB und des Verformungsmodul der Unterlage einen Zusammenhang zwischen dickenabhängigem „Tragfähigkeits-zuwachs“ und Wasserdurchlässigkeit von ToB aufzuzeigen. Für die hier untersuchten Baustoffgemische konnten jeweils tendenzielle Beziehungen zwischen „Tragfähigkeitszuwachs“ und Wasserdurchlässigkeit beschrieben werden. Es hat sich gezeigt, dass die Messgrößen Infiltrationsbeiwert k_i und Verformungsmodul E_{v2} unter Baustellenbedingungen erheblichen Veränderungen unterliegen. Für die Bewertung einer ToB hinsichtlich dieser beiden Eigenschaften ist es deshalb von Bedeutung, zu welchem Zeitpunkt (Zustand) diese Messgrößen ermittelt werden. Deutlich wurde auch, dass weder die Einhaltung einer bestimmten Grenzsieblinie noch der Nachweis einer bestimmten Wasserdurchlässigkeit im Labor eine ausreichende Sicherheit bieten, dass auch unter Einbaubedingungen eine hohe Wasserdurchlässigkeit gewährleistet ist. Wenn also die Wasserdurchlässigkeit von ToB von Interesse ist, sind Feldprüfungen zur Bestimmung des Infiltrationsbeiwertes k_i erforderlich.

ABSTRACT

This dissertation presents the results of research performed into the investigation of the water permeability of Unbound Granular Layers (UGL) of pavements.

According to the guidelines sufficient water permeability and bearing capacity is required for the UGL. The bearing capacity is described by a specific E_{v2} -value in dependence on the traffic volume, pavement structure and layer thickness while there is no value available yet for sufficient water permeability. An officially proved testing procedure for the water permeability is not available yet. Another reason for that is that it is not clarified so far what value represents sufficient water permeability in-situ for a defined pavement structure. At the same time defined values regarding the degree of compaction and bearing capacity must be reached.

Aim of the research was to investigate the interrelationship between the bearing capacity and the water permeability of UGL. This research should gain knowledge regarding the parameters influencing the bearing capacity on one side and the water permeability on the other side. At 8 test sections the water permeability of UGL was measured using a lysimeter and the testing equipment double ring, drop- and stand pipe infiltrometer.

The investigations were undertaken on two test sections in gravel pits. The water permeability of UGL in dependency of the grading, the grain shape and the type of sand as well as the influence of the traffic during pavement construction was investigated.

The double ring, drop- and modified stand pipe infiltrometer are appropriate testing procedures for determining the infiltration value for UGL. To compensate any inhomogeneity it is required to undertake several measurements at one test section. It is anticipated that the number of measuring points required should be chosen in the same way as it is done to the measurement of the bearing capacity.

The bearing capacity and water permeability is influenced by the shape of the grains, the grading etc. as well as by the construction process (degree of compaction, layer thickness, compaction equipment). At the construction side the influence of these parameters are not that significant. After a short time of trafficking, the bearing capacity is increasing. A significant increase of the bearing capacity was measured after a relatively short time that the pavement

was loaded during construction. The differences in the bearing capacity measured in the beginning are negligible after a short time.

The development of the water permeability is similar. In dependence on the initial value, the water permeability under traffic during construction is decreasing. Again, differences in the water permeability measured in the beginning are negligible after a short time. For UGL with a low sand content it was found that the grading has an influence on the water permeability and the bearing capacity. This advantage was eliminated because of the use of the pavement during construction. Already a low amount of traffic during pavement construction will affect the water permeability. Hence, the traffic during pavement construction is very important regarding the development of the water permeability of UGL.

A direct relationship between the bearing capacity (E_{v2} -value) and the water permeability (k_i -value) was not found. Reason for this is that parameters are existing that are influenced by one of the properties only (e.g. influence of the layer thickness on the bearing capacity, influence of the particle crushing on the surface of the UGL on the water permeability). It was found that there is a dependency between the growth of the bearing capacity and the water permeability. With increasing growth of the bearing capacity the water permeability is decreasing. However, the proportion of variability is relatively low as expected. Furthermore, the water permeability and the bearing capacity (E_{v2} -value) and the water permeability k_i are changing during construction of the pavement. Hence, it is very important to consider the time of the measurement of these values in dependence of the trafficking of the UGL. A high water permeability of a UGM measured in the laboratory or a grading within the limits does not guarantee a sufficient water permeability of the UGL in the field. Field tests to determine the k_i -values are required, if the water permeability of a UGL is of high importance.