

Technische Universität DRESDEN
Fakultät Bauingenieurwesen
Professur für Straßenbau

**Untersuchungen zum Einfluss des Schichtenverbundes auf
die Dauerhaftigkeit von Verkehrsflächenbefestigungen in
Asphaltbauweise mit der Methode der Finiten-Elemente**

Investigation of the Influence of the layer bond on the durability of
asphalt pavements using the finite element method

Dissertation

Von der Fakultät Bauingenieurwesen der
Technischen Universität Dresden zur Erlangung des
akademischen Grades eines Doktor-Ingenieurs (Dr.-Ing.)
genehmigte Dissertation

von

Dipl.-Ing. ^(FH) Sascha Heinz Münz M. Eng.
geb. am 06.12.1974
in Dernbach

Gutachter: Prof. Dr.-Ing. habil. Frohmut Wellner, Technische Universität Dresden
Prof. Dr.-Ing. Ulf Zander, Universität Siegen
Prof. Dr.-Ing. Martin Radenberg, Ruhr-Universität Bochum

Tag der Einreichung: 13. Oktober 2022

Tag der Verteidigung: 14. März 2023

Kurzfassung

Die Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit von Verkehrsflächenbefestigungen ist nicht zuletzt aufgrund der zentralen Funktion der Infrastruktur für das exportorientierte Transitland Deutschland von herausragender Bedeutung. Vor dem Hintergrund der gegenwärtigen geopolitischen Situation und den Zielen der deutschen Nachhaltigkeitsstrategie der Bundesregierung wird mit zunehmender Dynamik an zahlreichen Aspekten zur Optimierung der Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit im Straßenbau in Wissenschaft und Praxis gearbeitet.

Die vorliegende Arbeit hat zum Ziel, den Einfluss des Schichtenverbundes auf die Dauerhaftigkeit und die Nachhaltigkeit von Verkehrsflächenbefestigungen in Asphaltbauweise zu untersuchen, zusammenzuführen, zu bewerten und wenn möglich zu optimieren. Aufgrund der weitestgehend fehlenden Implementierung eines realitätsnahen Modells für den Schichtenverbund in Dimensionierungs- und Prognoserechnungen werden neue Methoden auf Basis der Finite-Elemente-Methode angewendet um den Einfluss des Schichtenverbundes in umfangreichen Berechnungen zu bestimmen.

Im Nachgang zu einer kurzen Einführung zur deutschen Nachhaltigkeitsstrategie folgt eine umfangreiche Recherche zum Stand der Wissenschaft und Technik, in der zunächst mögliche nationale und internationale Verfahren zur Bestimmung realitätsnaher Schersteifigkeiten zwischen zwei Asphaltsschichten dargelegt werden. Im Weiteren werden vorhandene Berechnungsmodelle erläutert und der bisher bekannte Einfluss der Schersteifigkeit auf die Dauerhaftigkeit von Asphaltbefestigungen zusammengefasst. Auf der Grundlage der Recherche konnten bereits vorhandene Erkenntnisse für die vorgesehenen Berechnungen mit der FE-Methode ausgemacht werden.

Anhand von über einhundert FE-Berechnungen zur Bestimmung der Summen nach der Hypothese von MINER an ausgewählten Straßenoberbauten in Asphaltbauweise mit variierender Schichtenverbundqualität wurden die Auswirkungen auf die rechnerische Nutzungsdauer der Asphalttragschicht ermittelt. Die Auswirkungen des Schichtenverbundes konnten durch den Vergleich von Oberbaukonstruktionen mit ein- oder zweilagigen Asphalttragschichten als auch auf unterschiedliche Belastungsklassen aufgezeigt werden.

Auf Grundlage der Ergebnisse weiterer FE-Berechnungen werden erste Optimierungsmöglichkeiten zur Erhöhung der rechnerischen Nutzungsdauer von Asphaltoberbauten dargelegt. Für ausgewählte und zum Teil optimierte Varianten wurden Lebenszyklus- und Lebenszykluskostenberechnungen anhand eines fiktiven Beispiels durchgeführt und im Rahmen eines Ökoprofiles unter dem Gesichtspunkt der Nachhaltigkeit analysiert. Hierzu wurden Auswirkungen aktueller CO₂-Bepreisungen ebenso wie die Erhöhung oder Reduzierung von Treibhausgasemissionen und des Primärenergiebedarfs berechnet und zusammenfassend bewertet.

Die in dieser Arbeit erstmals gewonnenen Ergebnisse zum Einfluss des Schichtenverbundes auf die Dauerhaftigkeit und Nachhaltigkeit von Verkehrsflächenbefestigungen in Asphaltbauweise stellen eine Grundlage für künftige Betrachtungen dar. Sie verdeutlichen zudem die Notwendigkeit weiterführender Forschung zu verhaltensorientierten Prüf- und Berechnungsverfahren sowie zur Umsetzung der erlangten Erkenntnisse in der Praxis.

Abstract

The durability and sustainability of pavements is of signal importance, not least due to the central role the infrastructure plays in Germany for this export-oriented transit country. Given the current geopolitical situation and the objectives set out in the German government's sustainability strategy, work is progressing with ever increasing vigour on numerous aspects of road engineering at the scientific and practical levels to optimise pavement durability and sustainability.

The aim of this paper is to investigate the influence of the layer bond on the durability and sustainability of asphalt pavements. The resultant findings will be collated and evaluated, and, if possible, the influence optimised. Due to the virtually non-existent implementation of any realistic model for the layer bond in dimensioning and forecasting calculations, new methods based on the finite element method will be used in order to determine the influence of the layer bond in extensive calculations.

Following a brief introduction to the German sustainability strategy, there is thorough consideration of the state of the art, which at first sets out the possible national and international methods for determining realistic shear stiffnesses between two asphalt layers. This is followed by a review of the calculation models available and the influence known to date of the shear stiffness on the durability of asphalt pavement structures. The results of the investigation have allowed existing findings to be identified for the calculations envisaged employing the FE method.

With the aid of over one hundred FE calculations to determine the sums according to MINER's hypothesis on selected asphalt pavement structures with varying layer bond quality, the effects on the calculated service life of the asphalt base course were ascertained. It was possible to show the effects of the layer bond by comparing pavement structures with one- or two-layer asphalt base courses as well as on different load categories.

Based on the results of further FE calculations, initial optimisation possibilities to increase the calculated service life of asphalt pavements are presented. For selected and in part optimised variants, life-cycle calculations and life-cycle cost calculations were carried out using a fictitious example and analysed within the scope of an eco-profile in terms of sustainability. This saw not only calculations and an overall assessment of the effects of current CO₂ pricing but also of the increase or reduction in greenhouse gas emissions and of the primary energy demand.

The new findings this dissertation presents on the influence of the layer bond on the durability and sustainability of asphalt pavements form a basis for future considerations. At the same time they make apparent the necessity for further research on behavioural testing and calculation methods and on implementing the lessons learned in practice.