

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN
INSTITUT STADTBAUWESEN UND STRASSENBAU
PROFESSUR FÜR STRASSENBAU

DISSERTATION

ASPHALT-REGENERATION

MIT HILFE DER RADIOWELLENTECNOLOGIE

-

Asphalt-Regeneration utilizing radio wave technology

VON
ARLT, MARTIN

vorgelegt von:

Martin Arlt, M.Sc.

geb. 21.11.1984 in Leipzig

Gutachter:

Prof.: Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. Frohmüt Wellner

Prof.: Prof. Dr.-Ing. Bernd Karwatzky

Prof.: Prof. Dr.-Ing. Ines Dragon

Tag der Verteidigung: 01.02.2022

Kurzfassungen der Dissertation

ASPHALT-REGENERATION MIT HILFE DER RADIOWELLENTECHNOLOGIE

Die Straßenerhaltung spielt im Vergleich zum Straßenneubau derzeit eine wichtigere Rolle. Der Bundesverkehrswegeplan bis 2030 legt den Fokus auf den Erhalt des Straßennetzes sowie auf die Beseitigung von Engpässen im bestehenden Netz. Bei einem zugleich weiter steigenden Personen- und Güterverkehrsaufkommen führt dies zu einer stärkeren Beanspruchung der bestehenden Infrastruktur und somit entweder zu kürzeren Erneuerungszyklen oder zu einem Bedarf an widerstandsfähigeren Straßenaufbauten. Um den Verkehrsteilnehmern ein sicheres und dauerhaftes Verkehrsnetz mit möglichst wenigen Beeinträchtigungen durch Sanierungsmaßnahmen bieten zu können, sind neue Wege zum Erhalt der Infrastruktur erforderlich.

Eine bisher wenig betrachtete Möglichkeit zur Verlängerung der Nutzungsdauer von Straßenbefestigungen aus Walzasphalt ist die In-situ-Erwärmung des Straßenkörpers, um über die dadurch in ihrer Viskosität herabgesetzte Bitumenphase vorhandene Risse zu verschließen. Die derzeit zur Verfügung stehenden Erwärmungsmethoden, wie etwa Gasbrenner und Infrarotstrahler oder auch die aus der aktuellen Forschung bekannten Induktions- und Mikrowellentechnologie, bieten jedoch keine effektiven und schonenden Möglichkeiten zur tiefgreifenden Reduzierung der Viskosität des Bindemittels im Asphalt. Diese Methoden erwärmen den Asphalt entweder über Wärmeleitungsvorgänge aus einem überhitzten Medium heraus oder benötigen für den effektiven Einsatz eine spezielle Modifikation des Asphaltes. Somit ist der Einsatz dieser Technologien entweder sehr zeitaufwendig oder sie können nicht in jedem Fall zur Anwendung kommen.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit der Regeneration von Asphalt mit Hilfe der dielektrischen Erwärmung durch die Radiowellen-Technologie. Im Rahmen der Arbeit wurde gezeigt, dass mit diesem Verfahren eine substanzielle Verlängerung der Nutzungszeit von Straßenbefestigungen aus Walzasphalt zumindest theoretisch möglich ist. Die Nutzung der Radiowellen-Technologie ermöglicht es dabei, Asphalte über die Gesteinsphase schonend bis in tiefe Schichten zu erwärmen. Eine spezielle Modifizierung des Asphaltgemisches ist dafür nicht erforderlich.

Es konnte gezeigt werden, dass sich die prognostizierten Nutzungsdauern der Straßenaufbauten bei gleicher Verkehrsbelastung nach zwei Regenerationszyklen verdoppeln. Die durchgeführten Berechnungen belegen aber gleichzeitig auch eine Abhängigkeit der Regeneration vom Bindemittel. So steigt mit zunehmendem Bindemittelgehalt die auf den Ausgangszustand bezogene relative Nutzungsdauer der Straßenbefestigungen. Dabei legen die Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen zur Prognose des Ermüdungsversagens den Schluss nahe, dass sich die thermische Beanspruchung während der Regeneration positiv auf das Ermüdungsverhalten auswirkt.

Im Hinblick auf eine mögliche verfahrenstechnische Anwendung zeigen die im Rahmen dieser Arbeit durchgeführten Untersuchungen negative Auswirkungen vor allem durch eine während der Makrorissbildung verursachte Schädigung der Gesteinsphase. Die durchgeführten

Versuchsreihen zeigen wesentliche Veränderungen der Materialeigenschaften vom Ausgangszustand zum ersten Regenerationszyklus und in den folgenden nur eine vergleichsweise geringe Beeinflussung durch die Regeneration. Somit wäre auf Basis der durchgeführten Versuche zur Optimierung der Nutzungszeit von Straßenbefestigungen aus Walzasphalt eine Regeneration vor Eintritt eines Makrorisses sinnvoll.

Durch die Vermeidung eines kompletten Aus- und Wiedereinbaus der Asphaltsschichten lassen sich zudem die Bauzeiten deutlich verkürzen. Zusätzlich werden bei der In-situ-Erwärmung und Asphalt-Regeneration die Rohstoffressourcen (Gesteine und Bitumen) geschont. Aus diesem Grund kann das Verfahren der Asphalt-Regeneration mit Hilfe der Radiowellen-Technologie bei 13,56 MHz für die betrachteten Schadenskriterien insgesamt als positiv bewertet werden.

Abstract

Asphalt-Regeneration utilizing radio wave technology

The maintenance of road infrastructure has received more and more attention during the last years. The Federal Transport Infrastructure Plan up to 2030 focuses on maintaining the road network and eliminating bottlenecks in the existing network. At the same time passengers and freight traffic volumes are predicted to rise, which will lead to greater stress on the existing infrastructure and this require shorter renewal cycles or more resilient road structures. In order to provide road users with a safe and durable transportation network with as little disruption as possible from rehabilitation activities, new ways to maintain infrastructure are needed.

One option for extending the service life of rolled asphalt road pavements that has received little attention so far, is the in-situ heating of the road body in order to seal existing cracks by reducing the viscosity of the bitumen phase. However, the heating methods currently available, such as gas burners and infrared radiators or the induction and microwave technology known from current research, do not offer effective and gentle ways of profoundly reducing the viscosity of the binder in the asphalt. These methods either heat the asphalt via heat conduction processes from a superheated medium or require a special modification of the asphalt for effective use. Thus, the use of these technologies is either very time consuming or they cannot be applied in every case.

The Thesis deals with the regeneration of asphalt using dielectric heating by radio wave technology. Within the scope of the research it was shown that with this method a substantial extension of the service life of road pavements made of rolled asphalt is possible, at least theoretically. The use of radio wave technology makes it possible to gently heat asphalt through the rock phase down to deep layers. No special modification of the asphalt mixture is required.

Within the scope of the work, it was shown that the predicted service life of the road structures doubles after two regeneration cycles under the same traffic load. At the same time, the calculations also show that regeneration is dependent on the binder. Thus, with increasing binder content, the relative service life of the road pavements increases in relation to the initial condition. The results of the fatigue failure prediction tests suggest that thermal stress during regeneration has a positive effect on fatigue behaviour.

With regards to a possible process engineering application, the investigations carried out within the scope of this thesis show negative effects mainly due to damage to the rock phase caused during macrocrack formation. The series of tests carried out show significant changes in the material properties from the initial state to the first regeneration cycle and in the following ones only a comparatively minor influence by the regeneration is shown. Based on the tests conducted to optimize the service life of rolled asphalt road pavements, regeneration before the occurrence of a macrocrack is more useful.

By avoiding the complete removal and reinstatement of the asphalt layers, construction times can also be significantly reduced. In addition, in-situ heating and asphalt regeneration conserve raw material resources (rock and bitumen). These reasons, the asphalt regeneration process using radio wave technology at 13.56 MHz can be rated as positive overall for the damage criteria considered.