

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DRESDEN
FAKULTÄT BAUINGENIEURWESEN
INSTITUT STADTBAUWESEN UND STRASSENBAU

Dissertation
Kurzfassung/ Abstract

„Entwicklung und Erprobung von bitumenemulsionsgebundenen Faser-Kaltasphalten zur Herstellung von Asphaltsschichten im Straßenbau“

„Design and testing of fiber-reinforced cold mix asphalt with bitumen emulsion for the production of asphalt layers in road construction“

von
Dipl.-Ing. Matthias Bisse

Betreuende Hochschullehrer:

Prof. Dr.-Ing. habil. F. Wellner
Prof. Dr.-Ing. K. Mollenhauer
Prof. Dr. C. Raab

Tag der Einreichung:

27.11.2025

Tag der Verteidigung:

17.04.2026

Kurzfassung

Die Ergebnisse der vorliegenden Untersuchungen zeigen die Möglichkeit zur Herstellung von Kaltasphalten mit den Sieblinien AC 11 D S, AC 16 B S und AC 22 T S nach den aktuellen Vorgaben der [TL Asphalt-StB 07/13]. Ziel der Untersuchungen war es einen bitumenemulsionsgebundenen Kaltasphalt zu entwickeln, welcher ähnliche Performanceeigenschaften aufweist wie ein äquivalenter Heißasphalt. Ebenfalls sollte die Möglichkeit der Fasermodifizierung des bitumenemulsionsgebundenen Kaltasphaltes erarbeitet werden. Um das Ziel zu erreichen, wurden im Laboratorium Kaltasphaltdeckschichten mit der Sieblinie eines AC 11 D S hergestellt und mit einem AC 11 D S mit einem Bitumen 50/70 als Heißasphaltreferenz verglichen.

Für die Herstellung der Kaltasphaltdeckschichten wurde eine Mischreihenfolge eingeführt, um die Qualität des Kaltasphaltes zu gewährleisten. Mit der Verwendung der Mischreihenfolge konnte die Faserzugabe mit einer homogenen Verteilung der Fasern im Mischgut durchgeführt werden. Bei der Herstellung der verschiedenen Kaltasphaltdeckschichten variierte die Faserart, der Fasergehalt, der Zementgehalt, die Bitumenemulsionsrezeptur sowie der Bindemittelgehalt und das Grundbitumen in der Bitumenemulsion. Anschließend erfolgte der Vergleich der ermittelten Performanceeigenschaften der verschiedenen Kaltasphalte miteinander.

Die verwendeten Bitumenemulsionen C67BP4-DSH-V und C67BP3-REP mit einem Grundbitumen 50/70 erzeugten in den Kaltasphaltdeckschichten die besten Performanceeigenschaften hinsichtlich Steifigkeit und Ermüdung. Deshalb wurde das Bindemittel aus diesen Emulsionen zurückgewonnen und mit verschiedenen DSR-Tests auf dessen rheologischen Eigenschaften untersucht. Dabei konnte festgestellt werden, dass das Bindemittel aus der Bitumenemulsion C67BP3-REP nach der Rückgewinnung (14-tägige Austrocknung der Emulsion) trotz der Polymermodifizierung der Bitumenemulsion mit einer Latexemulsion Instabilitäten bei Temperaturen oberhalb von 50 °C aufwies. Beim Bindemittel aus der Bitumenemulsion C67BP4DSH-V konnte festgestellt werden, dass sich die rheologischen Eigenschaften im Vergleich zum Grundbitumen verbessert haben. Aufgrund dieser Ergebnisse wurden Kaltasphaltdeckschichten mit der Bitumenemulsion C67BP4-DSH-V im Laboratorium mit und ohne Flachsfasern hergestellt und auf Tieftemperaturverhalten sowie auf Verformungsbeständigkeit überprüft. Es konnte gezeigt werden, dass Kaltasphalt nicht zu Kälterissen neigt. Die Fasermodifizierung beeinflusst das Tieftemperaturverhalten nur gering. Wegen der hohen Steifigkeitsmoduln der Kaltasphalte bei höheren Temperaturen ist nicht mit großen plastischen Verformungen zu rechnen.

Für die Evaluation der großtechnischen Herstellung von Kaltasphalten wurde eine Kaltasphaltdeckschicht mit der Bitumenemulsion C67BP4DSH-V hergestellt und Demonstratoren errichtet. Für den ersten Demonstrator wurde das Mischgut in einem DSK-Einbaugerät gemischt, einem Asphaltfertiger übergeben und eingebaut. Anschließend erfolgte die Verdichtung mit einer Tandemwalze. Die Verdichtung erfolgte dabei statisch, da beim Einsatz der Vibrationsbandage, vermutlich durch den elastischen Untergrund, Netzkrisse entstanden sind. Die Faserzugabe erfolgte am Einbaugerät per Hand an der letzten Förderschnecke. Dies konnte jedoch keine gute homogene

Verteilung der Fasern im Kaltmischgut gewährleisten. Für die Errichtung des zweiten Demonstrators wurde das Mischgut in einer Kaltmischanlage hergestellt und auf einer vorbereiteten Betonfläche verteilt. Anschließend erfolgte die Verdichtung des Kaltmischgutes mit einer handgeführten Walze mit Vibration. Bei der Verdichtung mit Vibration konnten visuell keine Netzkrisse an der Oberfläche detektiert werden. Die Fasermodifizierung des Kaltasphaltes erfolgte durch Einmischen der Fasern in die Bitumenemulsion. Visuell konnte eine gute homogene Verteilung der Fasern im Kaltmischgut festgestellt werden.

Aufbauend auf den Ergebnissen aus dem Spaltzug-Schwellversuch wurden Nutzungsdauerprognosen an fiktiven Befestigungsaufbauten gerechnet. Dabei konnte festgestellt werden, dass der Einsatz von Kaltasphaltdeckschichten die berechnete Nutzungsdauer der Asphalttragschicht gegenüber der Heißasphaltreferenz (Asphaltdeckschicht Referenz) verbessern konnte. Bei der Berechnung der Nutzungsdauer eines Befestigungsaufbaus vollständig aus Kaltasphalt konnte kein Befestigungsaufbau die rechnerische Nutzungsdauer von 30 Jahren erreichen. Es konnte festgestellt werden, dass die Ermüdungsbeständigkeit der Kaltasphaltbinderschicht zu schlecht ist und diese oft vor 30 Jahren rechnerisch ermüdet. Durch die Anordnung eines Zugbandes unterhalb der Kaltasphalttragschicht konnte die rechnerische Nutzungsdauer verbessert werden. Zukünftig sollten weitere Untersuchungen zur Verbesserung der Performanceeigenschaften der Kaltasphaltbinderschicht sowie der Kaltasphalttragschicht durchgeführt werden.

Zur Verbesserung der Performanceeigenschaften der Kaltasphalte müsste die Verdichtung, die Bitumenemulsionsrezeptur angepasst werden. Ebenfalls könnte durch den Einsatz von Faserpallets mit entsprechender Suspension das Brechverhalten gesteuert werden. Die Errichtung einer Asphaltbefestigung vollständig aus Kaltasphalt könnte ausgeführt werden, wobei das Bauverfahren und die Sicherstellung des Schichtenverbundes geklärt werden müssen.

Abstract

The results of the present studies demonstrate the feasibility of producing cold-mix asphalt with the gradation curves AC 11 D S, AC 16 B S, and AC 22 T S in accordance with the current specifications of [TL Asphalt-StB 07/13]. The aim of the investigations was to develop a bitumen emulsion-bound cold asphalt that exhibits performance characteristics similar to those of an equivalent hot asphalt. The feasibility of fiber modification of the bitumen emulsion-bound cold asphalt was also to be explored. To achieve this goal, cold asphalt surface courses with the gradation curve of an AC 11 D S were produced in the laboratory and compared with an AC 11 D S using a 50/70 bitumen as the hot asphalt reference.

To produce the cold asphalt surface courses, a mixing sequence was implemented to ensure the quality of the cold asphalt. Using this mixing sequence allowed for the addition of fibers with a homogeneous distribution of the fibers in the mixture. During the production of the various cold asphalt surface courses, the fiber type, fiber content, cement content, bitumen emulsion formulation, as well as the binder content and base bitumen in the bitumen emulsion varied. Subsequently, the determined performance properties of the various cold asphalt mixtures were compared with one another.

The bitumen emulsions C67BP4-DSH-V and C67BP3-REP, based on a 50/70 base bitumen, produced the best performance characteristics in terms of stiffness and fatigue in the cold asphalt surface courses. Therefore, the binder was recovered from these emulsions and its rheological properties were examined using various DSR tests. It was found that the binder from the C67BP3-REP bitumen emulsion, after recovery (14-day drying of the emulsion), exhibited instabilities at temperatures above 50 °C despite the polymer modification of the bitumen emulsion with a latex emulsion. For the binder from the bitumen emulsion C67BP4-DSH-V, it was found that the rheological properties had improved compared to the base bitumen. Based on these results, cold asphalt surface courses were produced in the laboratory using the bitumen emulsion C67BP4-DSH-V, with and without flax fibers, and tested for low-temperature behavior and resistance to deformation. It was demonstrated that cold asphalt is not prone to cold cracking. Fiber modification has only a minor influence on low-temperature behavior. Due to the high stiffness moduli of the cold asphalts at higher temperatures, significant plastic deformation is not expected.

To evaluate the large-scale production of cold asphalt, a cold asphalt surface course was produced using the C67BP4DSH-V bitumen emulsion, and demonstration units were constructed. For the first demonstration unit, the mix was blended in a DSK paver, transferred to an asphalt paver, and laid. Compaction was then performed using a tandem roller. Compaction was performed statically, as the use of a vibrating drum caused mesh cracks, presumably due to the elastic subgrade. The fibers were added manually at the final auger of the paver. However, this could not ensure a good, homogeneous distribution of the fibers in the cold mix. For the construction of the second demonstrator, the mix was produced in a cold mix plant and spread on a prepared concrete surface. The cold mix was then compacted using a hand-guided vibrating roller. During compaction with vibration, no mesh cracks were visually detected on the sur-

face. The fiber modification of the cold asphalt was achieved by mixing the fibers into the bitumen emulsion. Visually, a good, homogeneous distribution of the fibers in the cold mix was observed.

Based on the results of the indirect-tensile test, service life predictions were calculated for hypothetical pavement structures. It was found that the use of cold-mix asphalt surface courses improved the calculated service life of the asphalt base course compared to the hot-mix asphalt reference (hot-mix asphalt surface course reference). When calculating the service life of a pavement structure made entirely of cold asphalt, no pavement structure was able to achieve the calculated service life of 30 years. It was found that the fatigue resistance of the cold asphalt binder course is too poor and that it often fatigues before 30 years, according to calculations. By installing a tension band beneath the cold asphalt base course, the calculated service life was improved. In the future, further studies should be conducted to improve the performance characteristics of the cold asphalt binder course as well as the cold asphalt base course.

To improve the performance characteristics of the cold asphalt, the compaction and the bitumen emulsion formulation would need to be adjusted. Likewise, the fracture behavior could be controlled through the use of fiber pellets with an appropriate suspension. The construction of an asphalt pavement made entirely of cold asphalt could be carried out, although the construction method and the assurance of layer bonding must be clarified.