

IQ-Asphalt

Innovative Qualitätssicherung von Baustoffen für Asphaltstraßen

Programm / Ausschreibung	Mobilitätssystem, Mobilitätssystem, Mobilität 2023: Verkehrsinfrastrukturforschung (VIF)	Status	abgeschlossen
Projektstart	01.06.2024	Projektende	31.05.2026
Zeitraum	2024 - 2026	Projektlaufzeit	24 Monate
Keywords	Asphalt; Bitumen; Prüftechnik; Gebrauchsverhalten; Dynamisches Scherrheometer		

Projektbeschreibung

Eine dauerhafte und damit langlebige Straßeninfrastruktur ist das Rückgrat und Voraussetzung für hoch entwickelte Gesellschaften, eine Grundlage für wirtschaftliche Entwicklung und Basis des Mobilitätsbedürfnis von Menschen zu befriedigen. Um die technische Qualität und damit Dauerhaftigkeit sicherzustellen, besteht in Österreich ein umfassendes System zur Qualitätssicherung und Qualitätskontrolle (QS/QK) im Asphaltstraßenbau im Rahmen von Typ-, Kontroll- und Abnahmeprüfungen. Dieses System ist in zahlreichen Normen und Richtlinien geregelt, wobei sowohl rezeptorientierte (empirische), als auch Gebrauchsverhaltensorientierte (GVO, funktionale) Anforderungen an Mischgut und Schichten gestellt werden können. Mit zunehmender Komplexität von Ausgangsstoffen und Rezepturen, etwa durch erhöhte Anteile von Recyclingasphalt (RA), diverse Additive und in Zukunft biogene Bindemittelalternativen, sowie höhere Anforderungen aufgrund verkehrlicher und klimatischer Belastung, geht der für rezeptorientierte Anforderungen notwendige Erfahrungshintergrund Schritt für Schritt verloren. Daher wird der funktionale Ansatz, bei dem Mischgut im Labor so beansprucht wird, wie auf der Straße unter Klima und Verkehr, in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Mit diesem Zugang wird sichergestellt, dass das Mischgut auch unter Laborbedingungen realitätsnah in Bezug auf die Belastungen im Feld beansprucht wird. Materialien mit begrenzter Praxiserfahrung lassen sich so im Labor erproben und anschließend mit hoher Sicherheit im Feld implementieren. Während das aktuelle System der GVO Prüfmethode die Belastungssituation in der Straße gut simuliert, werden andererseits hohe Materialmengen und viel Zeit für Prüfungen benötigt. Dies ist in vielen Fällen im Rahmen von laufenden Bauprojekten nicht praktikabel umsetzbar, zumal die notwendigen, kostenintensiven und komplexen Prüfgeräte in Österreich nur eingeschränkt verfügbar sind.

Gleichzeitig wurden in den letzten Jahren auf Bindemittel- und Mastixebene (Bindemittel und Fülleranteil) zahlreiche Prüfmethode entwickelt, die das relevante Verhalten bei hohen, mittleren und tiefen Temperaturen mit geringem Material- und Zeitaufwand mittels Dynamischen Scherrheometers (DSR) abbilden. Ein Vorteil besteht darin, dass der DSR bereits in vielen Labors zur Standardausrüstung gehört. Im Bereich hoher Gebrauchstemperaturen bestehen etablierte Methoden, für die auch ein Zusammenhang zum Widerstand gegen bleibende Verformungen (Spurrinnenbildung) im Mischgut nachgewiesen sind. Für den Bereich des Widerstands gegen Ermüdung bzw. das Kälteverhalten liegen gute Grundlagen vor. Wesentlich ist nun, Daten- und Wissenslücken für eine Anwendung in der normierten QS/QK zu schließen. Motivation des beantragten Projekts ist es, diese Brücke zwischen Mischgut- und Bindemittel-/Mastix-Ebene im Bereich des mittleren und

tiefen Temperaturbereichs zu schlagen, um das funktionales bzw. GVO Prüfwesen in Österreich weiterzuentwickeln, praxistauglich zu gestalten und für das Normen- und Richtlinienwerk umzusetzen. Materialeinflüsse (etwa das Füller/Bitumen-Verhältnis oder die Füllerart) werden dabei berücksichtigt. Erkenntnisse des Projekts sollen auch dazu dienen, die Dimensionierungsmethodik für Asphaltstraßen weiterzuentwickeln.

Abstract

A durable and long-lasting road infrastructure is the backbone for highly developed societies, a foundation for economic development and the basis for satisfying people's need for mobility. In order to ensure technical quality and thus durability, Austria has a comprehensive system for quality assurance and quality control (QA/QC) in asphalt road engineering as part of type, control and acceptance tests. This system is regulated in standards and guidelines, whereby both recipe-based (empirical) and performance-based (functional) specifications are in place for mixes and layers. With the increasing complexity of constituent materials and mix designs, for example due to increased addition of recycled asphalt pavement (RAP), various additives and, in future, biogenic binder alternatives, as well as higher requirements due to traffic and climatic loading, the empirical background necessary for recipe-based requirements is gradually being lost. For this reason, the functional approach, in which the mix is subjected to the same stresses in the laboratory as on the road under climatic and traffic conditions, will become increasingly important in the future. This approach ensures that the mix is subjected to realistic loads under laboratory conditions. Materials with limited practical experience can be tested in the laboratory and subsequently implemented in the field with a high degree of certainty. While the current system of performance-based test methods simulates the load situation on the road well, large quantities of material and a lot of time are required for testing. In many cases, this is not practicable in the context of ongoing construction, especially as the necessary, cost-intensive and complex testing equipment is only available to a limited extent in Austria.

At the same time, numerous test methods have been developed in recent years at binder and mastic level (binder and filler) that assess the relevant performance at high, intermediate and low temperatures with low material and time expenditure using dynamic shear rheometers (DSR). One advantage is that the DSR is already standard equipment in many laboratories. In the area of high service temperatures, there are established methods for which a correlation to resistance to permanent deformation (rutting) in the mix has also been proven.

It is now essential to close data and knowledge gaps for application in standardized QA/QC. The motivation for the proposed project is to build this bridge between the mix and binder/mastic level in the intermediate and low temperature range in order to further develop the functional specifications in Austria, make it suitable for practical use and implement it in the standards and guidelines. Material influences (such as the filler/bitumen ratio or the type of filler) will be taken into account. Findings from the project will also be used to further develop the pavement design methodology for asphalt roads.

Endberichtkurzfassung

Das umfangreiche experimentelle Programm lieferte neue Erkenntnisse über das Materialverhalten auf den verschiedenen Betrachtungsebenen des Asphaltmischguts, der Mastix und des Bindemittels. Im Bereich des Ermüdungsverhaltens lieferte die zyklische indirekte Zugprüfung (CIT-CY) auf Asphaltenebene eine gute Wertespreizung für die untersuchten Mischgutsorten. Auf der Mastixebene spiegelten die Ergebnisse das makroskopische Verhalten wider, wobei Modifikationen mit einem härteren polymermodifizierten Bitumen (PmB) höhere Schubspannungen ertrugen als klassische Straßenbaubitumen bzw. weichere PmBs. Ein höherer Füllergehalt bewirkte zudem eine Versteifung und Steigerung des Ermüdungswiderstands auf Mastixebene. Beim direkten Vergleich mit aus dem Mischgut extrahierten, rückgewonnenen Stoffen blieb die qualitative Rangfolge der Bindemittelsorten zwar erhalten, allerdings wiesen die rückgewonnenen Mastixproben durchgehend geringere

ertragene Schubspannungen auf als die frisch im Labor hergestellten Varianten.

Hinsichtlich des Tieftemperaturverhaltens zeigten die Abkühlprüfungen auf der Mischgutebene spezifische, von der Gesteinsart und Füllerzusammensetzung abhängige Bruchtemperaturen und Bruchspannungen. Auf der Bindemittel- und Mastixebene wiesen die härteren Bindemittel des Typs PmB 25/55-65 ein steiferes Verhalten mit einem annähernd doppelt so hohen komplexen Schermodul auf. Zudem zeigten sie im Scherrelaxationsversuch eine geringere Relaxationsfähigkeit im Vergleich zu den weicheren Bindemittelsorten, wobei die thermische oder oxidative Alterung im Labor die Relaxationsviskosität aller untersuchten Systeme nochmals deutlich ansteigen ließ.

Die mathematisch-statistische Datenanalyse mittels Spearman-Rangkorrelation, Lasso-Regression und mehrfacher linearer Regression brachte tiefere Zusammenhänge zum Vorschein. Zur Absicherung des CIT-CY wurde ein Vergleich mit dem 4PB durchgeführt, welcher insbesondere im höheren Dehnungsbereich eine sehr gute Übertragbarkeit zeigte. Bei der Ermüdung wurde ein deutlicher prognostischer Zusammenhang zwischen der anfänglichen Asphaltsteifigkeit, den Rezepturparametern wie dem Bindemittel- und Fülleranteil sowie dem Größtkorn und der realen Ermüdungslebensdauer nachgewiesen. Zugleich zeigte eine Überprüfung des erweiterten Modells nach Steineder zur Vorhersage der Asphaltermüdung aus Mastixkennwerten wesentliche Einschränkungen für die Baupraxis, da das mathematische Modell den Ermüdungswiderstand bestimmter Mischgüter systematisch überschätzt, was bei einer rechnerischen Dimensionierung das Risiko einer Unterdimensionierung und damit frühzeitiger Risse birgt.

Für die Kälterisempfindlichkeit lieferte die Lasso-Regression eine sehr hohe Anpassungsgüte zur Vorhersage der Ausfalltemperatur. Das Größtkorn kristallisierte sich hierbei als der einflussreichste strukturelle Faktor heraus, da ein gröberes Gesteinsgerüst die Ausfalltemperatur direkt anhebt und somit das Risiko für Kälterisse im Winter vergrößert. Im Gegensatz dazu wirken der Phasenwinkel des gealterten Bitumens sowie ein höheres Verhältnis von Bitumen zu Füller physikalisch flexibilisierend und wirken der kryogenen Rissbildung entgegen.

Die gewonnenen Erkenntnisse flossen direkt in ein mechanistisches Konzept zur rechnerischen Straßendimensionierung ein, um das Kälteverhalten künftig explizit als Bemessungskriterium im nationalen Regelwerk zu verankern. Für die kältebedingte Einwirkung werden dabei die temperaturabhängigen kryogenen Zugspannungen aus der Abkühlung an der Oberfläche mit den Radlastspannungen der Schwerfahrzeuge kumuliert, welche über die Mehrschichtentheorie berechnet werden. Als praxisnahe thermische Untergrenze wurden die Oberflächendaten von zweihundertzwanzig Frostwächtern aus dem österreichischen Autobahn- und Schnellstraßennetz ausgewertet. Hier ergab sich eine minimale Oberflächentemperatur von etwas über -20°C .

Als Schlussfolgerung des Projekts lässt sich festhalten, dass der CIT-CY erfolgreich als Prüfmethode validiert wurde und die zugehörige Richtlinie unmittelbar vor der Veröffentlichung steht. Für die bautechnische Qualitätskontrolle wird die Verwendung von rückgewonnener, extrahierter Mastix ausdrücklich nicht empfohlen, da sie beim Kälteverhalten nicht dieselbe Rangfolge wie die Ausgangsstoffe abbildet und beim Ermüdungsverhalten zu signifikant veränderten Absolutwerten führt. Zur langfristigen Absicherung der abgeleiteten Modelle und Prognosen wird schließlich empfohlen, den empirischen Datenhintergrund über zukünftige Forschungsprojekte sukzessive weiter auszubauen.

Projektkoordinator

- Technische Universität Wien

Projektpartner

- Nievelt Labor GmbH