

- Nähte und Fugen – Theorie und Praxis
- Asphalt-Recycling im Heißmischgut
- Asphaltbewehrung – langjährige Erfahrungen über den erfolgreichen Einsatz im Asphaltstraßenbau
- Implementierung von Rejuvenatoren in die österreichische Spezifikation

GESTRATA 

JOURNAL

Das Asphalt-Magazin

März 2022, Folge 161

Asphalt verbindet Menschen und Welten



INHALT

GESTRATA Bauseminar 2022 Nähte und Fugen – Theorie und Praxis	04 – 08
GESTRATA Bauseminar 2022 Asphalt-Recycling im Heißmischgut – Ein Energie-Sparschwein	10 – 13
GESTRATA Bauseminar 2022 Asphaltbewehrung – langjährige Erfahrungen über den erfolgreichen Einsatz im Asphaltstraßenbau	15 – 19
GESTRATA Bauseminar 2022 Implementierung von Rejuvenatoren in die österreichische Spezifikation	21 – 25





Von Dipl.-Ing. Markus Buchegger & Dr.-Ing. Reha Çetinkaya

Nähte und Fugen – Theorie und Praxis

ASPHALTBEFESTIGUNGEN BESTEHEN AUS MEHREREN SCHICHTEN UND/ODER LAGEN DIE ÜBEREINANDER ZU EINEM KOMPAKTEN BAUKÖRPER VERBUNDEN SIND. AUS ÖRTLICHEN RANDBEDINGUNGEN ODER ERFORDERNISSEN AUS DEM BAUABLAUF WERDEN DIESE SCHICHTEN ABSCHNITTSWEISE BZW. IN EINZELNEN BAHNEN EINGEBAUT. HIERBEI ENTSTEHEN ANSCHLÜSSE ZU BEREITS BEFESTIGTEN BAUELEMENTEN WIE BSPW. ZU ANDEREN ASPHALTSCHICHTEN, VORHANDENEN RANDBEBAUUNGEN ODER IM ASPHALTKÖRPER EINGEBRACHTEN ENTWÄSSERUNGSEINRICHTUNGEN.

Für die Erstellung von dauerhaften Asphaltbefestigungen ist die ordnungsgemäße Abdichtung unerlässlich. Werden die Anschlüsse nicht mit den notwendigen baulichen Maßnahmen oder nur un-

zureichend abgedichtet, so sind die zu erwartenden Schäden durch den Wasser- und Luftsauerstoffeintritt nur eine Frage der Zeit. Abbildung 1 zeigt links eine ordnungsgemäß ausgeführte Fugenausbildung zwischen Asphaltkörper und Entwässerungseinrichtung und rechts eine mit Fugen ausgebildete Aufgrabung nach mehreren Jahren Nutzungsdauer. Die in diesen beiden Fällen ausgeführten Anschlüsse weisen auch nach mehreren Jahren in Betrieb keinerlei Auffälligkeiten bzw. Schäden auf und sind vollkommen intakt.

Abbildung 2 zeigt demgegenüber auf der linken Seite eine im Asphaltkörper eingebaute Entwässerungseinrichtung ohne Fugenausbildung. An den Kontaktflächen zwischen Asphaltenschicht und dem Einbauelement können kleinere Ausbruchzonen (siehe rote Pfeile) sowie eine umlaufend offene Fuge erkannt werden. In diesen Ausbruchzonen und Fugen dringt das Oberflächenwasser kontinuierlich ein und führt zur Beschädigung der intakten sowie bereits vorgeschädigten Bereiche. Wie ein Anschluss zwischen zwei Asphaltenschichten mit fehlender Fugenausbildung nach mehreren Jahren Nutzungsdauer ausse-

hen kann, zeigt das rechte Bild in Abbildung 2. Die quer zur Fahrtrichtung ausgeführte Aufgrabung weist an den Anschlüssen größere Ausbruchzonen und Risse entlang der Kante auf. Bei dieser

Baumaßnahme wurde auf eine ordnungsgemäße Fugenausbildung verzichtet. Der am Rand beginnende Schaden weitet sich in Form von Rissen auf die intakte Asphaltfläche aus und schädigt vorher intakte Bereiche.



Abbildung 1: Ordnungsgemäß ausgeführte Fugen zwischen einer Entwässerungseinrichtung und Asphaltbefestigung (linkes Bild) sowie an einer Aufgrabung (rechtes Bild) nach mehreren Jahren Nutzungsdauer

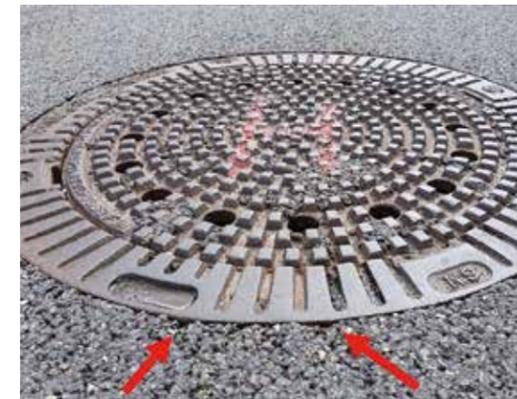


Abbildung 2: Fehlende Fugenausbildung an einer Entwässerungseinrichtung im Asphaltkörper (linkes Bild) und bereits stark geschädigte Aufgrabung an den Anschlussstellen aufgrund fehlender Fugenausbildung (rechtes Bild)

Der Schadensmechanismus im Anschlussbereich zwischen einer Aufgrabung und einer bestehenden Asphaltenschicht, wie in Abbildung 2 erkennbar, wird im Folgenden in den entscheidenden Entwicklungsphasen schematisch dargestellt und erklärt (siehe Abbildung 3).

Zu Beginn wird eine Aufgrabung mit einem Rückschnitt durch mehrere Asphaltenschichten durchgeführt. Nach Abschluss der Bauarbeiten in der Leitungszone und der Wiederherstellung der Trag-schicht ohne Bindemittel, werden die zu erneuernden Asphalt-schichten eingebaut. Nach dem Einbau der heißen Asphaltdeckschicht, zieht sich diese beim Erkalten zusammen und erste feine Risse entstehen im Anschlussbereich.

Oberflächenwasser dringt im Laufe der Zeit in diese feinen Risse ein und wäscht den Bindemittelfilm aus. Zusätzlich wird durch den zugänglichen Luftsauerstoff die Alterung des bitumenhaltigen Bindemittels durch Oxidationsprozesse beschleunigt. Parallel dazu

führt in den Kälteperioden auffrierendes Wasser zur Vergrößerung der feinen Risse, so dass erste Kanten-/bzw. Kornausbrüche im Anschlussbereich beobachtet werden können. Der sich permanent ausweitende Riss führt zusätzlich zu einem Eindringen des Wassers zwischen die Asphalt-schichten.

Die für einen besseren Schichtenverbund sorgende Bitumenemulsion wird nunmehr ausgewaschen. Durch das flächige Eindringen des Oberflächenwassers weiten sich die Risse mit fortlaufender Zeit in dem Randbereich immer weiter aus, so dass typische Sichelrisse an den Anschlussstellen erkannt werden.

Die fehlende ordnungsgemäße Fugenabdichtung führt langfristig zu einem frühzeitigen Sanierungsbedarf, der auch die angrenzende intakte Asphaltbefestigung in Mitleidenschaft zieht.

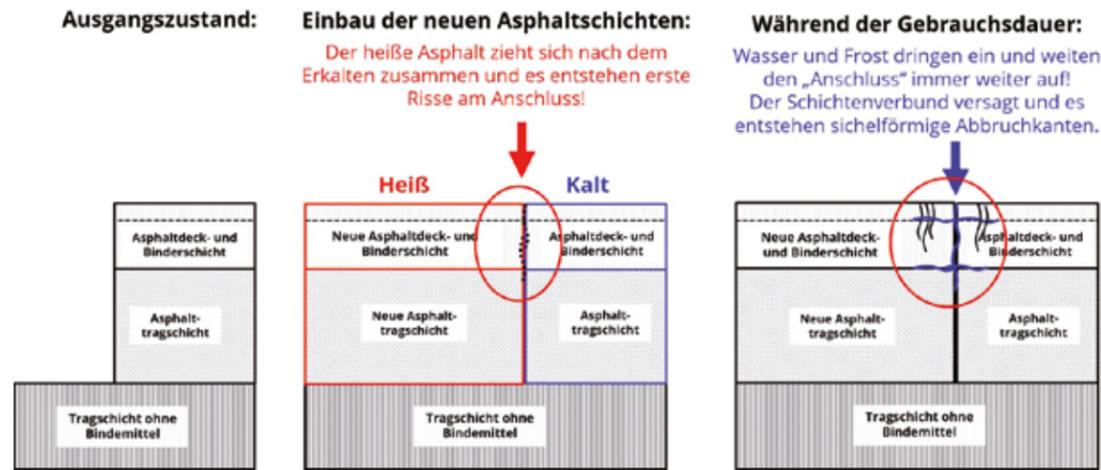


Abbildung 3: Entstehung von Schäden an Anschlussstellen ohne Fugenausbildung an Aufgrabungen in Abhängigkeit der Entwicklungsphasen

Gemäß der Zusätzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt (ZTV Asphalt-StB 07/13) in Deutschland sind Anschlüsse als Fugen auszubilden, wenn Asphaltmischgutarten mit unterschiedlichen Eigenschaften (z. B. Walz- an Gussasphalt) oder Asphaltdecken und Einbauten (z.B. Bordsteine, Schächte oder ähnliches) aneinander stoßen. Demnach sind die in Abbildung 2 dargestellten Anschlussstellen entgegen der Vorgaben im Regelwerk gebaut worden.

Insbesondere im kommunalen Bereich in Deutschland können sehr häufig fehlerhaft ausgeführte Anschlüsse beobachtet werden. Wenig überraschend treten in diesen Fällen auch häufig frühzeitige Schäden wie in Abbildung 2 auf der rechten Seite auf, die mit entsprechender Fugenausbildung hätten vermieden werden können [ZTV Asphalt-StB 07/13].

Im Arbeitspapier Nr. 5 der „Forschungsgesellschaft Straße – Schiene – Verkehr“ für die „Ausbildung von Rändern, Nähten, Anschlüssen und Fugen im Asphaltstraßenbau“ in Österreich, müssen Anschlüsse von Asphalt an Baustoffen mit unregelmäßigen Oberflächen durch einen nachträglichen Fugenverguss oder ein Bitumenfugenband hergestellt werden. Dies betrifft alle Anschlüsse an Leistensteinen, Bordsteinen, Fräskanten bei Beton oder Asphalt. Bei Einbauten (Schächte, Einlaufgitter, Schieber usw.) sollen hingegen nach Möglichkeit Fugen ausgebildet werden [Arbeitspapier Nr.5].

Fugen können mit Fugenmassen oder Fugenbändern ausgebildet werden. Ein entscheidender Unterschied zwischen einem Bitumenfugenband und einer nachträglich vergossenen Fuge ist die Gewissheit, dass ein Fugenband immer an der richtigen Stelle – also direkt an der entstandenen Fuge – angeordnet wird. Bei nachträglich geschnittenen und vergossenen Fugen kommt es durchaus zu einem „Danebenschneiden“. Dabei wird der Anschluss nicht richtig getroffen und

es wird ein neuer Anschluss geschnitten sowie anschließend vergossen. Nachträglich entstehen an den nicht abgedichteten ursprünglichen Anschlussstellen die oben beschriebenen Schäden.

Ein weiteres Schadenspotenzial liegt in der Anordnung der Fugen in Rollspuren. Mit Erscheinen der „Technischen Regeln für Arbeitsstätten für die Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr (Straßenbaustellen)“ – kurz ASR 5.2 – im Jahre 2018 in Deutschland, wurde es bei einigen Baumaßnahmen notwendig die Fugen in den späteren Rollspuren anzuordnen. Dem Arbeitsschutz wird in diesen Fällen richtigerweise der Vorrang gegenüber den technischen Anforderungen aus den Regelwerken gegeben. Diese in den Rollspuren angeordneten Fugen wurden geschnitten und mit Heißvergussmassen verfüllt. Bei hohen Temperaturen in Kombination mit stehenden LKW-Verkehr auf den Fugen bei Staubbildung, konnte das „Herausziehen“ der Heißvergussmassen beobachtet werden. Dies führte wiederum zu einer großflächigen Verschmutzung der Fahrbahnoberfläche, die anschließend gereinigt werden musste. Daher ist die richtige Materialauswahl bei besonders beanspruchten Fugen, wie in diesen Fällen, besondere Beachtung zu schenken um unerwünschte Überraschungen zu vermeiden [ASR 5.2].

Längsnähte sind Kontaktflächen zwischen einzelnen Asphaltdecken mit vergleichbaren Eigenschaften die beim bahnenweisen Einbau entstehen. Quernähte entstehen bei Arbeitsunterbrechungen bzw. bei Tagesanschlüssen hintereinander. Nähte dienen als zusammenschließende und abdichtende Verbindung zwischen den Asphaltdecken. Im Gegensatz zu Fugen können allerdings Nähte keine thermischen Längsänderungen der angrenzenden Asphaltbefestigungen ausgleichen. Für eine gute Nahtqualität ist eine raue, leicht abgeschrägte und mit ausreichend dicken Bindemittelfilmen ausgestattete Nahtflanke vorteilhaft.

Vor dem Einbau einer neuen heißen Asphaltdecke an einer bereits erkalteten Nahtflanke ist eine Vorbehandlung dieser durch Auftragen von bitumenhaltigen Massen erforderlich. Diese müssen in



Abbildung 4: Eine in der Rollspur angeordnete schadhafte Fuge mit Heißvergussmasse (linkes Bild) und eine mit aus den Fugen rausgezogene Heißvergussmasse verschmutzte Fahrbahnoberfläche auf einer Bundesautobahn (rechtes Bild)

Beim Einbau „heiß“ an „heiß“ mit gestaffelt fahrenden Fertignern ist eine Vorbehandlung der Nahtflanke gemäß den Regelwerken weder in Deutschland noch in Österreich notwendig. Dabei ist jedoch zu beachten, dass die Fertiger höchstens im Abstand von einer „Fertigerlänge“ fahren dürfen.

In den aktuellen Regelwerken in Deutschland müssen Nähte bei übereinander liegenden Asphaltdecken mit einem Versatz von 15 cm angeordnet werden.

In Österreich liegt der geforderte Versatz gemäß dem Arbeitspapier Nr. 5 bei 20 cm. Aufgrund zahlreicher Schadensfälle in Deutschland mit aufgehenden und/oder durchschlagenden Nähten wird derzeit die Streichung des geforderten Versatzes in der nächsten Regelwerksgeneration gefordert.

Demgegenüber haben die derzeitigen Erfahrungen eine geringere Schadensanfälligkeit bei übereinander angeordneten Nähten aufgezeigt. Demnach sollen Nähte zukünftig in Deutschland übereinander angeordnet werden. Dadurch sollen diese Schadensbilder vermieden werden.

Die Hauptaufgabe von Nähten und Fugen ist die dauerhafte Versiegelung der Anschlussstellen. In der Praxis fehlen allerdings sehr häufig konstruktive Maßnahmen um diese potenziellen Schwachstellen abzudichten. Bei Anblick dieser Schwachstellen kann die Frage gestellt werden „Wie viel Wasser dringt durch eine Fuge in der Asphaltbauweise in die Straßenkonstruktion ein“? Dieser Fragestellung ist eine im September 2021 abgeschlossene wissenschaftliche Studie im Rahmen einer Masterarbeit an der Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule in Aachen nachgegangen. Hierbei wurde ein Infiltrometer zur Erfassung der Wasserinfiltrationsraten in Liter je Minute und Anschlusslänge in Meter ent-

wickelt. Auf einer eigens für diese Fragestellung gebauten Erprobungsstrecke wurden Untersuchungen durchgeführt, bei denen verschiedene Szenarien berücksichtigt wurden.

Die Teststrecke wurde als ein Einschichtsystem mit einer Schichtdicke von 6 cm mit einem AC 11 DS gemäß der ZTV Asphalt-StB 07/13 sowie einem Bindemittel der Sorte 50/70 erstellt.

Hauptaugenmerk wurden auf Anschlusszenarien im kommunalen Asphaltstraßenbau gelegt. Dazu wurden Anschlüsse der Asphaltbefestigung mit und ohne Fugenausbildung an Straßenentwässerungseinrichtungen, Randeinfassungen, Schächten, Schieberkappen, Flickstellen und Entwässerungsrinnen gebaut. Die Fugenausbildung wurde einheitlich mit Bitumenfugenbändern hergestellt [Meinel; 2021].

An insgesamt 44 Messstellen und 436 Einzelmessungen wurden zahlreiche Durchflussraten ermittelt. Dabei wurden 20 Messstellen mit einer fehlenden Fugenausbildung und 24 Messstellen mit einer ordnungsgemäß ausgebildeten Fugenkonstruktion untersucht. Die ermittelten Daten wurden mittels statistischer Auswertungsmethoden analysiert und bewertet. In der Abbildung 5 sind die ermittelten Durchflussraten als Mittelwerte der jeweiligen Messstellen aufgeführt. Dabei wurde in Abhängigkeit der verschiedenen Einbauszenarien in einen so genannten 0-Fall – keine Fugenkonstruktion und dem 1-Fall – ordnungsgemäße Fugenkonstruktion gemäß technischem Regelwerk unterschieden [Meinel; 2021]. Die ermittelten Durchflussraten bei fehlenden Fugenkonstruktionen weisen Werte von bis zu 111 l/min*m auf. Eine Fugenkonstruktion mit Bitumenfugenband reduzierte bei jedem untersuchten Einbauszenario die Durchflussraten signifikant. Mit Werten zwischen 0,02 bis 2,4 l/min*m konnte durch die konstruktive

Fugenausbildung eine Reduzierung der Infiltrationswerten von im Mittel 99% bestimmt werden [Meinel; 2021].

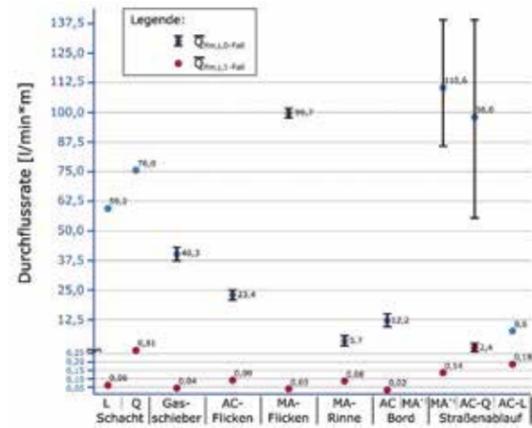


Abbildung 5: Durchflussraten in Abhängigkeit verschiedener Einbauszenarien [Meinel; 2021]

Anschlüsse im Asphaltstraßenbau sind besondere Schwachstellen, wenn sie nicht mit der notwendigen Sorgfalt hergestellt werden.

Die vorzeitigen Schäden sind in diesen Fällen nur eine Frage der Zeit. Während die Asphaltbefestigungen in der Fläche noch vollkommen intakt sind, können bei fehlenden Fugenkonstruktionen vorzeitige Sanierungsarbeiten notwendig werden.

Für eine dauerhafte und nachhaltige Asphaltbauweise sind den Anschlüssen besondere Sorgfalt zu widmen.

Literatur:

ZTV Asphalt-StB 07/13:
„Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt“; Forschungsgesellschaft für Straßen und Verkehrswesen; Köln; Ausgabe 2007/ Fassung 2013

Arbeitspapier Nr. 5:
„Arbeitspapier Nr. 5 der FSV: Ausbildung von Rändern, Nähten, Anschlüssen und Fugen im Asphaltstraßenbau“; Österreichische Forschungsgesellschaft Straße, Schiene und Verkehr; Wien; Ausgabe 2013

ASR 5.2:
„Technische Regeln für Arbeitsstätten für die Anforderungen an Arbeitsplätze und Verkehrswege auf Baustellen im Grenzbereich zum Straßenverkehr (Straßenbaustellen)“; Bundesanstalt für Arbeitsmedizin; Dortmund; Ausgabe 2018

TL Sbit-StB 15:
„Technische Lieferbedingungen für Sonderbindemittel und Zubereitungen auf Bitumenbasis“ (TL Sbit-StB); Forschungs-gesellschaft für Straßen und Verkehrswesen; Köln; Ausgabe 2015

Meinel, 2021:
„Experimentelle und theoretische Analyse zur Wasserdurchlässigkeit von Fugen in der Asphaltbauweise“; Philipp Sebastian Meinel; Masterarbeit am Lehrstuhl und Institut für Straßenwesen Aachen (ISAC) der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen (RWTH); Aachen; 2021

Autoren:

Dipl.-Ing. Markus Buchegger
DENSO Dichtungstechnik GmbH & Co. KG
Franzensthalstraße 27
2435 Ebergassing / Österreich

Dr.-Ing. Reha Çetinkaya
DENSO GmbH
Felderstr. 24
51371 Leverkusen / Deutschland



Asphalt-Recycling im Heißmischgut – Ein Energie-Sparschwein

Die Verwendung von Ausbaumasphalt als Recyclingasphalt (RA, international „reclaimed asphalt pavement – RAP“) zu frischem Asphaltmischgut ist eine Bauweise, die Potenzial hat, natürliche Ressourcen sparend einzusetzen und gleichzeitig Energie und Treibhausgasemissionen einzusparen.

International wird die Recycling-Bauweise in vielen Ländern, unter anderem in den Niederlanden, Deutschland und den USA, bereits seit einigen Jahrzehnten erfolgreich eingesetzt. In Österreich besteht ein gewisser Erfahrungshintergrund mit begrenzten RA-Zugaben (bis max. 30 M%) in Binder- und Tragschichtmischgut mittels Kaltzugabe in Chargenmischanlagen.

Doch inwiefern ist der Einsatz von Recyclingasphalt in der Lage die Treibhausgasemissionen zu reduzieren? Gibt es weitere Stellschrauben zur Beeinflussung des Energieverbrauchs bzw. in weiterer Folge der Emission von Treibhausgasemissionen?

schung erlaubt die Zugabe von RA kalt oder heiß. Bei Ersterem wird der kalte RA direkt dem Mischer beigegeben und dort mit dem überhitzten Neumineral miterwärmt. Heißzugabe ist die Zugabe von RA durch vorherige Erwärmung und Trocknung. Hierbei wird nochmals unterschieden in die gemeinsame Erhitzung von RA und Neumineral in der Trockentrommel (Mittenringzugabe) und in die Zugabe des separat erhitzten RA in den Mischer (Paralleltrommel).

Mit Hilfe verschiedener Asphaltmischanlagen wurden unter anderem Mischgutrezepte, Zugabearten, Transportweiten, Materialfeuchtigkeiten gesammelt und ausgewertet, mit dem Ziel ein System zu modellieren, dass eine Abschätzung des Treibhauspotenzials der gesamten Asphaltproduktion – von der Gewinnung der Ausgangsmaterialien bis zum Transport zur Baustelle – unter Berücksichtigung der einflussreichsten Faktoren erlaubt.

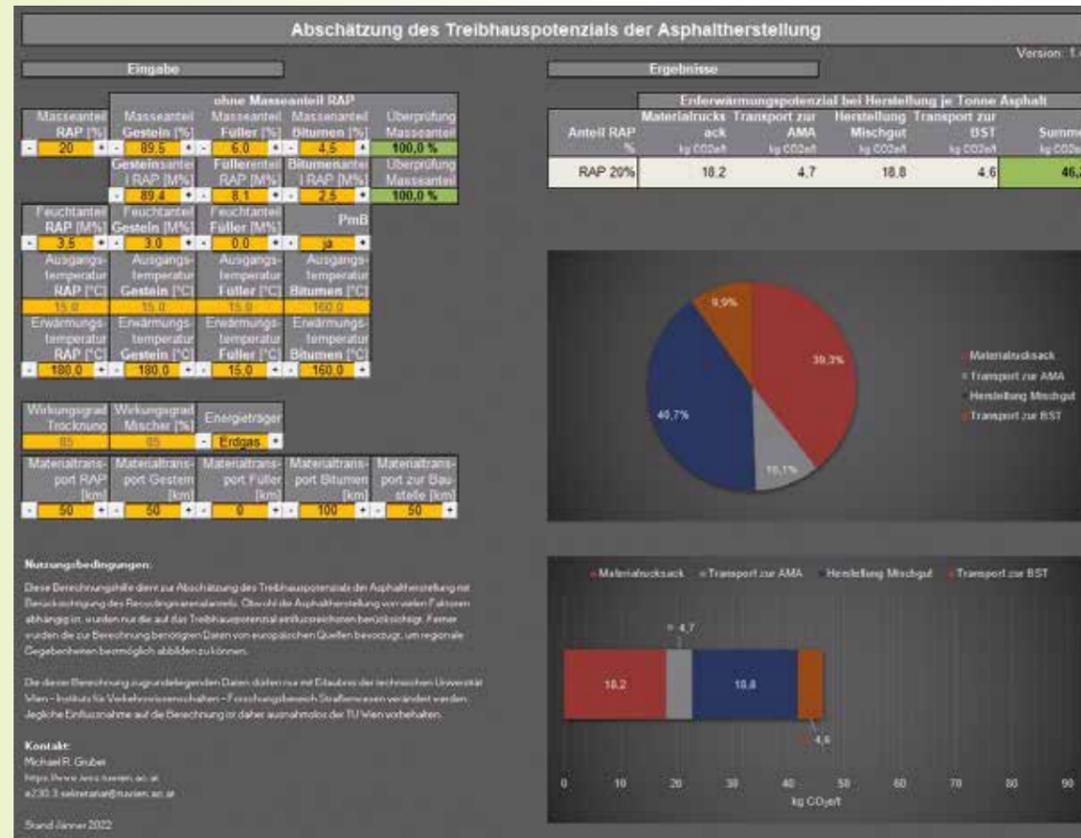


Abbildung 1 – Tool zur Abschätzung des Treibhauspotenzials je Tonne Asphalt

METHODIK

Zur Klärung dieser Fragen wurde die Herstellung von Asphalt anhand mehrerer Mischanlagen, unter besonderer Berücksichtigung der Zugabe von RA, untersucht. Die in Österreich übliche Chargenmi-

TREIBHAUSPOTENZIAL

Die Klimaerwärmung wird durch den Treibhauseffekt vorangetrieben, indem von der Erde reflektierte Wärmestrahlung nicht mehr ins Weltall abgestrahlt werden kann, sondern durch Treibhausgase sowie

Wasserdampf wieder auf die Erdoberfläche zurückreflektiert wird und damit zur Erderwärmung beiträgt. Die dafür hauptverantwortlichen Gase (Kohlenstoffdioxid CO₂, Methan CH₄ sowie Distickstoffmonoxid N₂O) bleiben unterschiedlich lange in der Atmosphäre und wirken dort unterschiedlich stark. Die vereinfachte Bewertung durch Gewichtung der verschiedenen Gase sowie Normierung auf Kohlenstoffdioxid ermöglicht die Darstellung des sogenannten Treibhauspotenzials durch die Einheit CO₂-Äquivalent (Englisch CO₂ equivalent – kurz CO₂e). Um das Treibhauspotenzial der Asphaltherstellung übersichtlich zu strukturieren, wurde in die Kategorien Materialrucksack, Materialtransport und Mischgutherstellung unterschieden.

MATERIALRUCKSACK

Der Materialrucksack stellt jenes Treibhauspotenzial dar, dass die zur Asphaltproduktion benötigten Ausgangsmaterialien bereits vor Anlieferung zur Asphaltmischanlage erworben haben. Im Folgenden wird auf die zwei Hauptmaterialien von Asphalt – Gestein und Bitumen – genauer eingegangen.

Das Treibhauspotenzial zur Bereitstellung einer Tonne Gestein liegt in Europa zwischen 2,36 kg und 3,22 kg CO₂e und beinhaltet die Herstellungsschritte Abbau, innerbetrieblichen Transport, (Vor)Brechen, Waschen, Sieben und Klassifizieren.

Recyclingmaterial mit 1,1 kg bis 1,9 kg CO₂e je Tonne beinhaltet den Ausbau (i.d.R. Fräsen), die Aufbereitung und Klassifizierung.

Die Treibhauspotenzialbewertung von Bitumen, ausgehend vom zurechenbaren Anteil der Rohölförderung über die Raffinierung bis hin zur Bereitstellung in Tanks, liegt bei 150 kg bis 450 kg CO₂e je Tonne. Aufgrund von komplexen Beurteilungen der Systemgrenzen und Anrechenbarkeit der Treibhausgaslast, sowie der unterschiedlichen Rohölförderungsverfahren und Verwertbarkeit verschiedener Rohöle, schwankt der Materialrucksack von Bitumen deutlich.

TRANSPORT ZUR MISCHANLAGE

Auch der Antransport der zur Asphaltproduktion benötigten Ausgangsstoffe mittels LKW trägt zum Treibhauspotenzial bei. Zur Modellierung des Transports ist die Hinfahrt als voll beladen und die Rückfahrt als nicht beladen festgelegt – dies entspricht einer 50 %-Beladung der LKW. In den Vergleichsszenarien wurde eine übliche Entfernung von 50 km für Gestein und RA, sowie 100 km für Bitumen definiert.

HERSTELLUNG DES MISCHGUTS

Die Herstellung des Mischguts umfasst jene Energieaufwände, ausgedrückt als Treibhauspotenzial in kg CO₂e, die zur Trocknung, Erwärmung und Mischung der Ausgangsmaterialien notwendig sind. Hierbei spielt insbesondere die Trocknungs- und Erwärmungsphase eine große Rolle, denn die Verdampfung des im Gestein und im RA enthaltenen Wassers benötigt viel Energie, welche in der Trockentrommel durch Befeuern mittels unterschiedlicher Energieträger (i.d.R. Erdgas, Heizöl oder Steinkohle) bereitgestellt wird. Dieser Vorgang ist ein kom-

plexer thermodynamischer Prozess und wurde im Berechnungsmodell vereinfacht durch Betrachtung des theoretisch notwendigen Energiebedarfes bei gleichzeitiger Berücksichtigung der tatsächlichen Energieverbräuche in der Praxis.

EURO SCHADSTOFFKLASSEN

Zusätzlich zur Auswirkung des Transports auf das Treibhauspotenzial sollte der Einfluss von LKW-EURO-Schadstoffklassen berücksichtigt werden. Im Zuge der Untersuchung wurde aufgezeigt, dass die EURO-Schadstoffklassen selbst keine nennenswerte Wirkung auf das Treibhauspotenzial haben, jedoch starken Einfluss auf die Luftqualität. Somit kann der Transport durch LKW mit strengeren EURO-Klassen, besonders für Luftschadstoffe wie Stickoxide NO_x und Schwefeldioxide SO₂, einen Beitrag zur Verbesserung der Luftqualität liefern.

ERGEBNISSE

Eine genaue Bezifferung der Verringerung des Treibhauspotenzials ist aufgrund der vielen Einflussmöglichkeiten und der sich daraus ergebenden Kombinationen schwer möglich, daher wurde ein Tool zur Berechnung der Treibhausgasemissionen entwickelt (siehe Abbildung 1). Dieses erlaubt den Vergleich unterschiedlicher Szenarien miteinander und ermöglicht einen Überblick der Einsparungsmöglichkeiten durch Variation einzelner Faktoren unter Festhaltung aller anderen modellierten Einflüsse. Die folgenden Ergebnisse beziehen sich auf ein Basisszenario, dessen Rahmenbedingungen in Tabelle 1 ersichtlich sind.

ENERGIETRÄGER

Ein wesentlicher Faktor zur Reduktion der Treibhausgasemissionen ist die Wahl des Energieträgers zur Befuerung der Trockentrommel. Wie in Abbildung 2 zu erkennen, ist hier derzeit Erdgas der emissionsärmste Energieträger. Heizöl und Steinkohle erhöhen das Treibhauspotenzial der Herstellungsphase um 27 % bzw. 46 %. Gänzlich gesehen wird damit eine Erhöhung um 15 % bzw. 26 % der gesamten Asphaltproduktion verursacht.

TRANSPORT

Dem hohen Gesteinsanteile im Asphalt geschuldet, wurde beim Betrachten der Transportweite nur Augenmerk auf den Gesteins- bzw. RA-Transport gelegt. Abbildung 3 zeigt, dass eine signifikante Erhöhung des Treibhauspotenzials durch Vergrößerung der Transportweite bewirkt wird. Eine Erhöhung der Transportdistanz von 25 km des Basisszenarios auf 100 km bewirkt eine Verstärkung der Treibhausgase um den Faktor 3,5 in der Transportphase. Für die gesamte Asphaltproduktion bedeutet dies eine Erhöhung um 19 %.

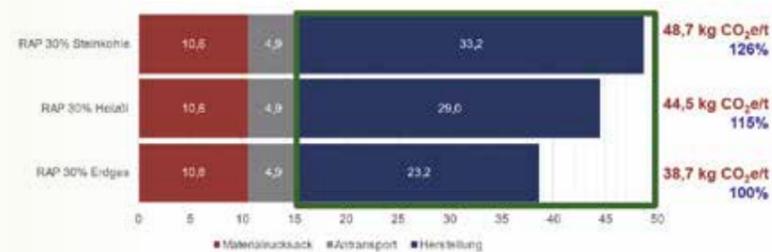


Abbildung 2 – Einfluss der Energieträger auf das Treibhauspotenzial je Tonne Asphalt

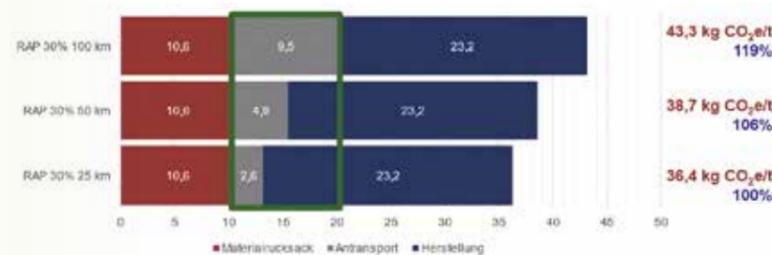


Abbildung 3 – Einfluss der Transportweite auf das Treibhauspotenzial je Tonne Asphalt

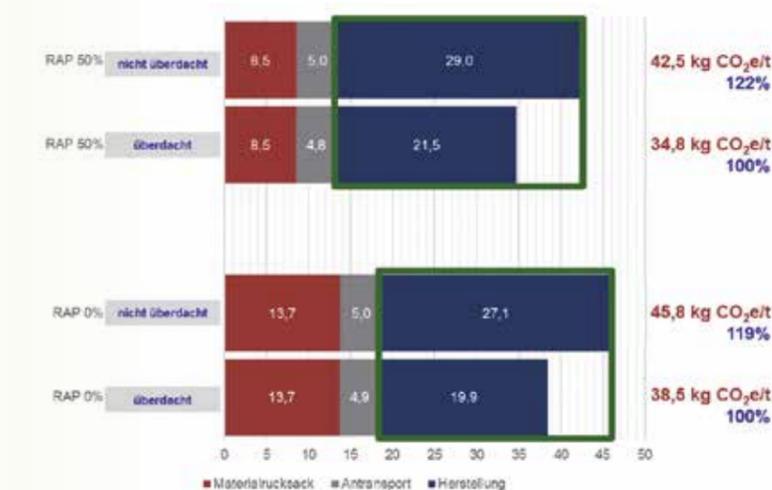


Abbildung 4 – Einfluss der Materialfeuchte und des RA auf das Treibhauspotenzial je Tonne Asphalt

	Gestein	Füller	Bitumen	RAP
Anteile Mischgut inkl. RAP	92,5%	3,0%	4,5%	-
Materialanteile RAP	91,5%	5,0%	3,5%	-
Materialfeuchte	3%	0%	-	6%
Lagerungstemperatur	15°C	15°C	160°C	15°C
Mischguttemperatur	180°C	180°C	160°C	180°C
Delta T.	165°K	165°K	0°K	165°K
Materialantransport	50 km	50 km	100 km	50 km

Tabelle 1 – Eigenschaften des Asphaltmischguts im Ausgangsszenario

MATERIALFEUCHTIGKEIT

Aufgrund des großen Einflusses der Trocknungs- und Erwärmungsphase auf das Treibhauspotenzial wurden in Abbildung 4 zwei Szenarien unterschieden: überdachtes Gestein bzw. RA mit 3 M% Feuchte und nicht überdachtes Material mit 6 M% Feuchte. Bei Trocknung und Erwärmung auf eine Zieltemperatur von 180 °C erhöht die Trocknung des feuchteren Materials das Treibhauspotenzial in der Herstellungsphase um 35 % und um ungefähr 20 % in der gesamten Asphaltproduktion.

RECYCLINGASPHALT

Je nach unterschiedlichen Eigenschaften des RA (Bitumengehalt, Sieblinie, Feuchtigkeit) ist die Einsparungsmöglichkeit bei reiner Betrachtung des Materialrucksacks bis zu 40 % – siehe Szenario in Abbildung 4. Aufgrund des gravierenden Anteils der Trocknungs- und Erwärmungsphase am Treibhauspotenzial der gesamten Asphaltproduktion verringert sich bei gänzlicher Betrachtung der Asphaltproduktion jedoch die Einsparungsmöglichkeit des RA auf 10 % (hier 38,5 kg CO₂e/t bei 0 % RA im Vergleich zu 34,8 kg CO₂e/t bei 50 % RA).

ZUSAMMENFASSUNG

Zusammengefasst sind je nach Szenario die relativen Anteile der Kategorien Materialrucksack, Materialtransport und Herstellung verschieden stark einflussreich auf das Treibhauspotenzial der gesamten Asphaltproduktion. Darauf bezogen bewirkt die Wahl des Energieträgers, gefolgt von der Trockenhaltung bzw. Überdachung des Gesteinsmaterials und Recyclingasphalts die größte Einsparungsmöglichkeit.

Der Einsatz von Recyclingasphalt ermöglicht eine große Verringerung des Treibhauspotenzials bei Betrachtung des Materialrucksacks. Dieser Einfluss wird jedoch aufgrund des meist geringen Anteils des Materialrucksack an der gesamten Asphaltproduktion verkleinert. Hervorzuheben ist zudem, dass andere Vorteile von Recyclingasphalt, wie die Einsparung von Primärenergie oder die geringere Flächenbeanspruchung nicht in dieser Studie betrachtet wurden.

Die hohe Anzahl an Einflussfaktoren in der Asphaltproduktion auf das Treibhauspotenzial macht die Darstellung einzelner Szenarien unmöglich, daher wurde mit dem Tool zur Abschätzung des Treibhauspotenzials eine Möglichkeit geschaffen individuelle Rahmenbedingungen festzulegen und verschiedene Produktionsfaktoren hinsichtlich ihrer Effektivität vergleichend zu bewerten.

Dipl.-Ing. Michael Gruber
TU Wien, Institut für Verkehrswissenschaften,
Forschungsbereich Straßenwesen
michael.gruber@tuwien.ac.at

Assoc.Prof. Dr. Bernhard Hofko
TU Wien, Institut für Verkehrswissenschaften,
Forschungsbereich Straßenwesen
bernhard.hofko@tuwien.ac.at

www.ivws.tuwien.ac.at



Asphaltbewehrung – langjährige Erfahrungen über den erfolgreichen Einsatz im Asphaltstraßenbau

Sanierung von Asphaltflächen

Eine der häufigsten Schadensursachen im Asphaltstraßenbau stellt das Durchschlagen von Reflexionsrissen dar. Unter Einfluss der Verkehrsbelastung, tageszeitlichem Frost-Tau-Wechsel und der jahreszeitlich bedingten Temperaturschwankungen setzen sich diese Risse aus der Trag- und Binderschicht bis an die Straßenoberfläche fort. Dringt durch diese Risse schließlich Wasser in den Straßenaufbau ein, verschlechtert sich sein Zustand rasant.

Bei der Sanierung einer rissigen Straße nach herkömmlicher Methode wird häufig die Binder- und Deckschicht erneuert. Eine solche Komplettanierung ist jedoch nicht immer notwendig. Ist die Tragfähigkeit der rissigen Unterlage ausreichend, kann anstelle des Herausfräsens und Ersetzens des Binders, eine Asphaltbewehrung direkt auf dieser Schicht aufgebracht werden. Anschließend wird die neue Asphaltdeckschicht eingebaut.

Durch die bewehrende Wirkung des Geotitters wird die Substanz des vorhandenen Asphaltpaketes längerfristig erhalten. Instandsetzungsintervalle werden vergrößert und es kommt zu einer deutlichen Verlängerung der Nutzungsdauer der Asphalt-schichten. Grundlegend ist allerdings, dass vor Auswahl der geeigneten Asphalteinlage eine ordnungsgemäße Zustandserfassung der vorhandenen Fahrbahn erfolgen muss.

Bewehrende Wirkung durch Übernahme von Zugspannungen

Die Asphaltbewehrung verzögert bzw. unterbindet das Durchschlagen vorhandener Risse in die neue Deckschicht, indem sie Zugspannungen aufnimmt und eine lokale Überbelastung des Asphalts verhindert (Bild 1). Ein solches mehrschichtiges Asphalt-system kann bewehrt werden, wenn es gelingt, das Bewehrungsgitter so im Asphalt zu verankern, dass es in der Lage ist, Zugkräfte aufzunehmen. Die Funktion der Asphaltbewehrung wird genauer in [1-4] beschrieben.

Für eine bewehrende Funktion muss die Asphaltbewehrung im Bereich der Zugspannungen verlegt werden und ein kraftschlüssiger Verbund stattfinden, so dass die Spannungen von einem Baustoff zum anderen übertragen werden können [4]. Der Schichtenverbund ist von der Verzahnung, Verklebung und Reibung der Asphalt-schichten abhängig. Eine gute Asphaltbewehrung kann diese Eigenschaften durch die Größe der Maschenweite und die Anwendung von speziellen Coatings (z. B. Bitumenbeschichtungen) fördern.

Regelwerke und Empfehlungen

Für eine korrekte Anwendung müssen Asphalteinlagen bestimmte Anforderungen erfüllen, welche in Regelwerken erläutert werden. Ein Regelwerk ist die Europäische Norm ÖNORM EN 15381 „Geotextilien

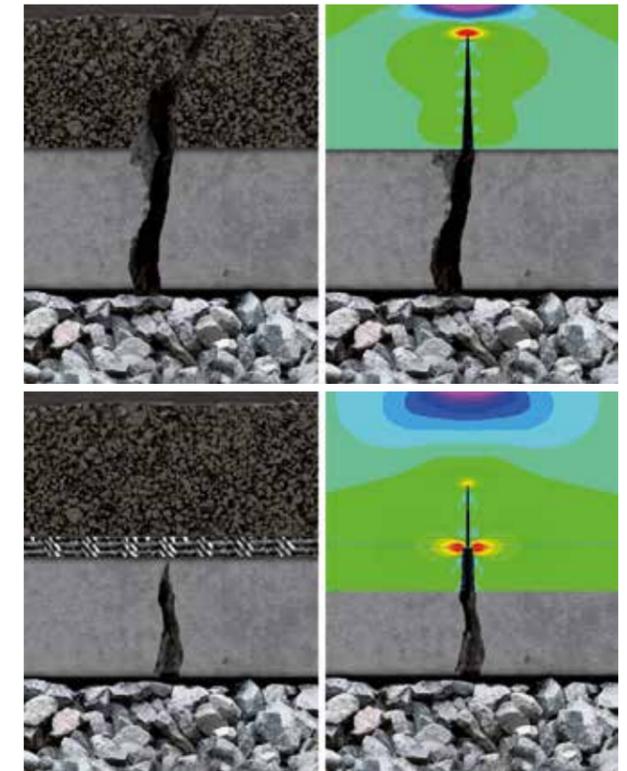


Bild 1: Aufnahme von Zugspannungen durch PET-Bewehrungsgitter – Vergleich unbewehrt und bewehrt [1]

und geotextilverwandte Produkte – Eigenschaften die für die Anwendung beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich sind“ [5].

Diese Norm legt die relevanten Eigenschaften von metallischen und nicht-metallischen Geotextilien und geotextilverwandten Produkten sowie die geeigneten Prüfverfahren zur Bestimmung dieser Eigenschaften fest.

Die bestimmungsgemäße Anwendung besteht in der Erfüllung einer oder mehrerer der folgenden Funktionen: Bewehren, Spannungsentlastung und Abdichten. Hierbei ist zu beachten, dass die Funktionen nicht einfach aufaddiert werden können. Eine Bewehrung findet nur bei einem kraftschlüssigen Verbund statt. Die ÖNORM EN 15381 legt u. a. Anforderungen fest, die von Herstellern und Händlern zur Darstellung von Produkteigenschaften zu beachten sind. Diese Europäische Norm kann auch von Planern und anderen Interessenten angewendet werden und ermöglicht ihnen, festzulegen, welche Funktionen und Anwendungsbedingungen relevant sind.

Das österreichische Regelwerk RVS 08.16.02 bezieht sich auf den Einsatz von Asphaltvlies (Vliesstoffen) im Asphaltstraßenbau. Asphaltbewehrungen (z. B. Gitter, Gittergewebe oder Verbundstoffe) werden in diesem Dokument nicht behandelt. Für den Anwendungsbereich Asphaltbewehrung entspricht das „Arbeitspapier für die Verwendung von Vliesstoffen,

Gittern und Verbundstoffen im Asphaltstraßenbau“ FGSV 770 [4] in Deutschland dem aktuellen Stand der Technik. Dieses Arbeitspapier definiert die Eigenschaften, Prüfverfahren und Werte, die für den Einsatz einer Asphaltbewehrung sinnvoll sind und gilt somit als Grundlage zur Beurteilung der eingesetzten Materialien im Asphaltstraßenbau.

Relevante Eigenschaften

Gemäß ÖNORM EN 15381 muss eine Leistungsbeschreibung festlegen, welche Funktionen und Anwendungsbedingungen zutreffen. Der Hersteller eines Produktes muss also die erforderlichen Angaben, beruhend auf den Anforderungen und Prüfverfahren der Norm, zur Verfügung stellen. Diese besonderen Anwendungsbedingungen werden in der Norm aufgeführt, auf die wichtigsten (z. B. Zugfestigkeit, Einbaubeschädigung, Alkali- und Witterungsbeständigkeit) wird im Folgenden eingegangen.

Bestimmung der Zugfestigkeit

Die Europäische Norm [5] gibt vor, die Zugkraft und die Höchstzugkraftdehnung gemäß EN ISO 10319 „Geokunststoffe – Zugversuch am breiten Streifen“ zu prüfen. Allerdings gibt es den Hinweis, dass sie

für bestimmte Zwecke nicht geeignet sein kann. In diesen Fällen sind andere Verfahren (z. B. die EN ISO 13934-1 oder die ASTM D 6637-01) anzuwenden. Auf jeden Fall sind Prüfungen der Zugfestigkeit an Fertigprodukten durchzuführen. Hierdurch soll vermieden werden, dass Hersteller nur theoretische Zugfestigkeiten angeben, die nicht am Endprodukt geprüft wurden.

Widerstand gegen Einbaubeschädigung Die ÖNORM EN 15381 weist darauf hin, dass „Beschädigung beim Einbau“ bei der Verlegung, des Überbaus und bei der Verdichtung des Asphalts stattfindet. Entsprechende Prüfverfahren sind noch in Vorbereitung.

Während des Asphalteinbaus werden Asphaltbewehrungen hohen Zug-, Druck- und Scherbelastungen ausgesetzt (Bild 2). Um dauerhaft eine hohe Zugfestigkeit zu gewährleisten, sollten sie besonders widerstandsfähig und robust gegen Einwirkungen von außen sein. Auch die Art der Unterlage (z. B. gefräst oder eine saubere Ausgleichsschicht) spielt hierbei eine wichtige Rolle. Gerade unbeschichtete Produkte oder aus sehr spröden Rohstoffen sind besonders anfällig gegen äußere Einflüsse.



Bild 2: Einflüsse auf die Beschädigung beim Einbau in der Praxis

Alkalibeständigkeit

Angaben zur Alkalibeständigkeit sind für alle Funktionen erforderlich, wenn das zu verwendende Produkt in direktem Kontakt mit einer ungeschützten Beton- oder mit einer zementverstärkten Oberfläche ist.

Grundsätzlich kann eine wirksame Zugfestigkeit also erst nach Abzug der Festigkeitsverluste durch die bei besonderen Anwendungsbedingungen (z. B. Einbauschädigung, Kontakt mit Wasser) auftretenden Festigkeitsverluste ermittelt werden. Gerade bei den unterschiedlichen Rohstoffen und Produkten kann es zu mehr oder weniger großen Unterschieden kommen.

Ausgeführte Baumaßnahmen Raidinger Straße (L 227), Österreich

2008 musste der stark rissige Asphaltbelag der Raidinger Straße (L 227) in Lackenbach (Bezirk Oberpul-

endorf, österreichisches Burgenland) im Rahmen von Instandsetzungsmaßnahmen saniert werden (Bild 4). Um die Entstehung von Reflexionsrissen aufgrund der ebenfalls rissigen Trag- und Binderschicht zu verzögern, entschied sich das Bau- und Betriebsdienstleistungszentrum Nord (BBN) eine Asphaltbewehrung einzusetzen. Hierdurch sollte ein schnelles Durchschlagen der vorhandenen Risse in die neue Deckschicht verhindert und die zukünftige Nutzungsdauer der Straße verlängert werden.

Über eine Länge von ca. 1.650 m wurde bei der Sanierung die Asphaltbewehrung HaTelit C 40/17 eingesetzt. HaTelit C 40/17 ist ein Asphaltbewehrungsgitter aus hochmodulen Polyestergeräten (PET) in Verbindung mit einem ultra-leichten Vliesstoff (< 20 g/m²), der lediglich der einfacheren Verlegung dient. Das Gitter und der Vliesstoff sind, zur Erreichung eines optimalen Schichtenverbundes, vollständig mit einer polymermodifizierten Bitumenbeschichtung (Bitumenanteil > 65 %) versehen. Bei fachgerechtem



Bild 3: Kurz vor Einbau der Asphalttschicht



Bild 4: Zustand der Raidinger Straße vor der Sanierung (2008)

Einbau bleibt ein sehr guter Haftverbund erhalten, der für die Wirksamkeit einer Bewehrung grundlegend ist.

Zum Profilausgleich wurden zunächst 2-3 cm der vorhandenen Deckschicht abgefräst und anschließend eine Asphaltausgleichsschicht eingebaut. Darauf wurde entsprechend der Einbauanleitung Bitumenemulsion angesprüht und die Asphaltbewehrung vollflächig verlegt (Bild 3). Die Verlegung des Bewehrungsgitters erfolgte durch Mitarbeiter der zuständigen Straßenmeisterei. Im Anschluss an die Verlegung wurde die gesamte Fläche mit einer 7 cm starken Asphalttschicht (BT16) überbaut.

Nach 7 Jahren war die Straße in einem hervorragenden Zustand und auf der kompletten bewehrten Fläche wurden keine Risse gefunden (Bild 5).



Bild 5: Zustand der Raidinger Straße 7 Jahre nach der Sanierung (2015)

Flughafen Perth, Australien

Der Flughafen Perth zählt in seiner Funktion als Drehkreuz zu den wichtigsten Flughäfen in Australien. Nach wiederholten Erhaltungsarbeiten über viele Jahre, war es im Jahr 2009 erforderlich, den stark gerissenen Bereich der Start- und Landebahn RWY 06 zu sanieren, um die Funktionalität und die uneingeschränkte Verfügbarkeit wiederherzustellen und den Instandhaltungsaufwand zu minimieren (Bild 7). Der Aufbau bestand aus 30 cm alten Betonplatten aus dem Jahr 1960, die später mit einer 2 cm dünnen Asphalttschicht überbaut wurden.

Aufgrund der extrem hohen Belastung und der Anzahl der vorhandenen Risse im bestehenden Belag war eine erneute erfolgreiche Sanierung mit lediglich einer Asphaltdeckschicht nicht zu erwarten. Ein schnelles Durchschlagen der vorhandenen Fugen und Rissen aus der Unterlage in die neue Deckschicht sollte verhindert werden.

Um die Reflexionsrisse wirksam zu verzögern und die Nutzungsdauer des sanierten Bereiches zu verlängern, wurde die Asphaltbewehrung HaTelit C 40/17 eingesetzt. Das Sanierungsverfahren beinhaltete zunächst die Behandlung der vorhandenen Unterlage und den Einbau einer 2,5 cm dicken Asphalttschicht. Darauf wurde das Bewehrungsgitter entsprechend der Einbauanleitung verlegt und anschließend mit einer 4 cm Asphaltdeckschicht überbaut (Bild 6).

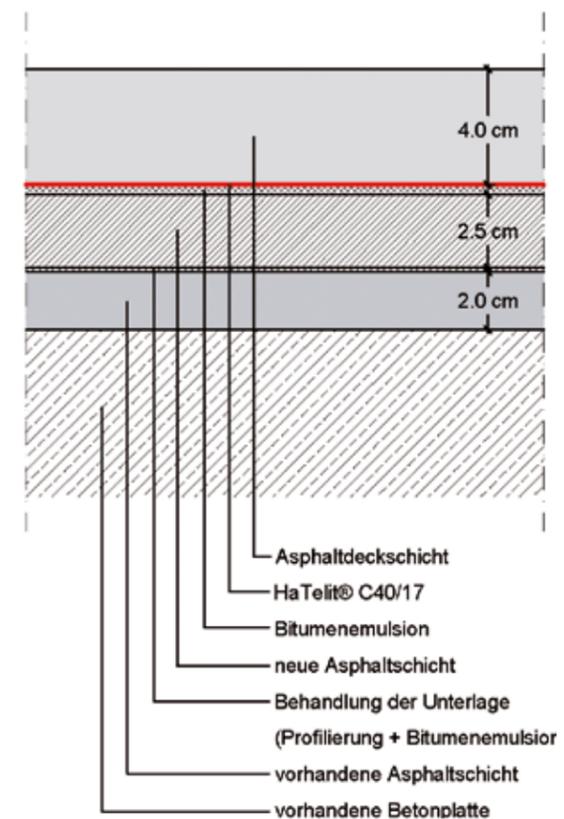


Bild 6: Geplanter Aufbau der Start- und Landebahn

Im Jahr 2017, ca. acht Jahre nach der Sanierung, wurde im Rahmen eines Routinechecks der Zustand des sanierten Bereiches überprüft und für sehr gut befunden (Bild 8). Die Fortsetzung der Risse aus der ehemals vorhandenen Unterlage und deren Fugen (Reflexionsrisse) konnte nachweislich verhindert werden. Dies übertraf die Erwartungen der zuständigen Flughafenbehörde bei weitem. Diese bestätigte, dass die Sanierung des vormals sehr schwierigen Zustands der Start- und Landebahn RWY 06 mit dem PET-Bewehrungsgitter sehr erfolgreich verlaufen war.

Kostenvergleich der beiden Sanierungsvarianten allgemeingültig

Eine aktuelle umfassende Analyse der Kosten verschiedener Sanierungsvarianten wurde anhand einer Bachelorarbeit durchgeführt [6]. Hierin wurde u. a. eine fiktive Baustelle im Bereich Wismar bepreist. Verglichen wurde die Sanierungsmethode Austausch der Binder- und der Deckschicht mit der Methode Austausch der Deckschicht unter Verwendung einer Asphalteinlage, wie auch in oben beschriebenem Beispiel. Bei der konventionellen Variante sollen 4 cm Deckschicht und 6 cm Binderschicht ausgefräst und neu eingebracht werden. Bei der bewehrten Variante wird nur die Decke abgefräst und auf den Binder die Asphaltbewehrung verlegt. Die Kosten für die konventionelle Variante betragen für 5.000 m² 144.591,30 € und für die bewehrte Variante 84.711,3 €. Auch anhand dieses Beispiels kann eine Einsparung von 41 % der Kosten ermittelt werden.

Internationale Erfahrungen zeigen, dass die prozentuale direkte Kostenersparnis ebenfalls im Bereich von 35 % bis 40 % liegt, obwohl die Preise für Baumaterial, Transporte und Arbeitskraft stark variieren. Für dieselbe Investitionssumme könnten also mehr Straßen saniert werden.

Fräsen und Recycling

Asphaltbewehrungen werden seit 50 Jahren bei Straßensanierungen in Deutschland eingesetzt. Dabei wird die Entstehung von Reflexionsrissen deutlich verzögert, aber nach Ablauf der Lebensdauer wird eine bewehrte Asphaltfahrbahn erneuert oder saniert.

Es gibt in regelmäßigen Abständen immer wieder Untersuchungen von Fräsverhalten und Recycling von bewehrtem Asphalt [7-8]. Das Fräsen von Polyester- und Glasgitter bereitet in der Regel keinen großen Unterschied oder Schwierigkeiten (Bild 9). Generell gilt, dass je besser der Haftverbund, desto leichter das Fräsen. Die durch den Fräsvorgang entstandenen Fasern der Asphaltbewehrung verteilen sich gleichmäßig im Fräsgut. Die Fasern wiesen dabei eine durchschnittliche Länge von ca. 10 cm auf (Bild 10).

Bezüglich der Wiederverwendung zeigen Untersuchungen, dass bei der Herstellung von Asphalttrag-



Bild 7: Zustand der Start- und Landebahn vor der Sanierung (2009)



Bild 8: Zustand der Start- und Landebahn 8 Jahre nach der Sanierung (2017)

schichten mit bis zu 30 % Zugabe von PET-bewehrtem Asphaltgranulat keine negativen Veränderungen auf wichtige Eigenschaften des Mischgutes (z. B. Marshallstabilität und -fließwert, Hohlraumgehalt und Bindemittel) festgestellt werden können.



Bild 9: Fräsen der Asphaltschicht inklusive Asphaltbewehrung



Bild 10: Fräsgut mit kurzen Restfasern

Bewehrung aus 100 % recyceltem Polyester

Um den Recyclingkreislauf zu schließen und natürliche Ressourcen zu sparen, hat die HUESKER Gruppe eine Asphaltbewehrung aus 100 % recycelten Polyesterfasern (PET) entwickelt. Vollständig geschlossene Recyclingkreisläufe sind die Voraussetzung für die langfristig anzustrebende Kreislaufwirtschaft, bei der die industrielle Produktion weitestgehend auf die Nutzung von natürlichen Ressourcen verzichtet. Gewonnen wird das recycelte Material aus entsorgten PET-Flaschen, die über den Warenkreislauf in Form eines Granulates wieder einer neuen Aufgabe zugeführt werden können. Die Anforderungen an Garne aus Recyclingstoffen bleiben die gleichen. Sie sind nur dann markt- und einsatzfähig, wenn sie nachweisbar die gleichen Qualitätskriterien erfüllen wie konventionell hergestellte Garne aus originären Rohstoffen.

Untersuchungen zeigen, dass mit jedem Kilogramm Recycling-PET-Garn etwa 4,3 kg CO₂-Emissionen eingespart werden, wenn auf konventionelles PET-Garn verzichtet wird. Dies entspricht einer Autofahrt von 33 km (PKW mit Emissionen von 130 g äqu. CO₂/km). Hochgerechnet auf die Produktion von Geotextilien in der Größe einer Fläche eines Fußballfeldes (7.140 m²) werden etwa 1.200 kg CO₂ eingespart, was mit einer Strecke von 42.000 km mit dem PKW zu vergleichen ist.

Zusammenfassung

Als rissüberbrückende, nachhaltige Sanierungsmaßnahme hat sich die Verwendung von bitumenbeschichteten Asphaltbewehrungen voll und ganz etabliert. Die oben gezeigten Beispiele aus der Praxis zeigen sehr deutlich, dass der Einsatz einer Asphaltbewehrung aus Polyester das Entstehen von Reflexionsrissen deutlich verzögert. Hierdurch werden die Nutzungsdauer sowie die Sanierungsintervalle einer Fahrbahn merkbar verlängert. Die damit verbundenen Einsparungen führen zu einer erheblichen Kostenreduzierung bei der Unterhaltung von Asphaltfahrbahnen. Der Einsatz einer Asphaltbewehrung ist somit eine kostensparende und ökonomisch sinnvolle Alternative zur konventionellen Sanierungsbauweise

Referenzen

- [1] Montestruque G.E., Rodrigues R.M., Nods M., Elsing A. "Stop of reflective crack propagation with the use of PET geogrid as asphalt overlay reinforcement", Proceedings of the Fifth International RILEM Conference on Reflective Cracking in Pavements, Limoges, France, 2004.
- [2] Elsing A., Schröder S., "Experience from more than 30 years of asphalt reinforcement with polyester grids", International Road Federation World Meeting, Bangkok, Thailand, 2005.
- [3] Leite-Gembus, F., Elsing A. "Shear bonding performance of reinforced asphalt pavements by using polyester grids". Proceedings of the 9th International Conference on Maintenance and Rehabilitation of Pavements, Zürich, 2020.
- [4] FGSV 770 "Arbeitspapier für die Anwendung von Vliesstoffen, Gittern und Verbundstoffen im Asphaltstraßenbau". FGSV, Deutschland, 2013.
- [5] ÖNORM EN 15381 „Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Eigenschaften die für die Anwendung beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich sind“, 2008.
- [6] Claußen, O. „Wirtschaftlichkeitsbetrachtung zur Bauweise mit Asphalteinlagen unter Berücksichtigung von Ökologischen Aspekten“. Bachelorarbeit, Hochschule Wismar, Deutschland, 2019.
- [7] Damisch, A., Kirschner, R. „Recycling of grid reinforced asphalt pavements“, Proceedings of the Fifth International Conference on Geotextiles, Geomembranes and Related Products, Singapore, 1994.
- [8] Theßeling, B. „Fräsen und Wiederverwenden von bewehrtem Asphalt – Problemlos machbar“, Asphalt, Deutschland, 2009.

M.Eng. Fabiana Leite-Gembus
leite-gembus@huesker.de

Dipl.-Ing. Andreas Elsing
elsing@huesker.de

Dipl.-Ing. Jürgen Hager
juergen.hager@huesker.at

HUESKER Synthetic GmbH
Fabrikstraße 13-15
48712 Gescher, Deutschland

Implementierung von Rejuvenatoren in die österreichische Spezifikation

WAS SIND „RECYCLING-AGENTEN“?

Die Verwendung von Recycling-Asphalt (RA) geht auf die 1970er Jahre zurück, als logistische Herausforderungen in Bezug auf den Preis und die Verfügbarkeit von Bitumen das Interesse an der Einbindung von Recycling-Asphalt in Straßenbeläge verstärkten. Verschiedene Öle auf Erdölbasis, wie z. B. Nebenprodukte der Schmierölindustrie, sowie schwere aromatische, naphthenische oder paraffinische Destillate wurden in Betracht gezogen und als Weichmacher für solche Anwendungen eingesetzt (1). Aufgrund der hohen Viskosität und der relativ hohen Dosierung wurden solche Öle in der Regel von den Bitumenlieferanten dem Bitumen beigemischt, um weichere Bitumensorten herzustellen.

In den letzten zehn Jahren wurden erhebliche Fortschritte bei der Entwicklung und Anwendung von Recyclingmitteln auf biologischer Basis erzielt. Diese Öle haben in der Regel eine deutlich niedrigere Viskosität und sind im Vergleich zu den Erdöl-Recyclingmitteln in viel niedrigeren Dosierungen wirksam und können in der Asphaltproduktionsanlage in der spezifischen Dosierung über Sprühstangen oder durch Einspritzen in das Bitumen dosiert werden. Dies hat die Praktikabilität der Verwendung von Recycling-Mitteln als zunehmend üblicher Bestandteil von hochleistungsfähigem Heißmischasphalt (HMA) in Ländern wie den Niederlanden und den Vereinigten Staaten, die jährlich Millionen von Tonnen HMA verwenden, erheblich verbessert.

Die zunehmende Beliebtheit solcher Recyclingmittel führte zur Erweiterung der Standardspezifikation ASTM D4552 für die „Klassifizierung von Recyclingmitteln für Asphaltmischungen“, um sowohl biobasierte als auch erdölbasierte Recyclingmittel aufzunehmen. Das Dokument klassifiziert die Öle anhand wichtiger physikalischer und chemischer Kriterien wie Flammpunkt, Dichte, Sättigungsgrad, Alterungsindex und Massenverlust, um sicherzustellen, dass die Öle für die Verwendung in Asphaltmischanlagen geeignet sind.

Warum werden einige Recyclingmittel „Rejuvenatoren“ genannt?

Recyclingmittel können durch verschiedene Mechanismen wirken. Traditionell wurden Flussmittel und Öle mit niedriger Viskosität verwendet, um das Bitumen durch Verdünnung der Maltenphase weicher zu machen und so dem Versteifungseffekt des gealterten Bindemittels entgegenzuwirken und als „Weichmacher“ zu wirken. Durch die Erweichung wird jedoch nicht unbedingt die starre Strukturierung auf molekularer Ebene rückgängig gemacht, die in der chemischen Zusammensetzung des Bindemittels während der Alterung auftritt und die manchmal als „Gelierung“ bezeichnet wird. Diese Gelstrukturen sind für die Verschlechterung der Rissbeständigkeit

von Straßenbelägen verantwortlich (2; 3) und können nicht allein durch Erweichung behoben werden, wenn größere Mengen an Recyclingasphalt verwendet werden (z. B. mehr als 25-30 % des Gewichts des Mischguts).

„Rejuvenatoren“ sind eine spezielle Klasse von Recyclingmitteln, die chemisch so beschaffen sind, dass sie solche Gelstrukturen im gealterten Asphaltbindemittel nicht nur erweichen, sondern auch die chemischen Strukturen so ausgleichen, dass sie die Haltbarkeit und Rissbeständigkeit des Asphaltmischguts wiederherstellen (4; 5). Rejuvenatoren sind bereits bei relativ geringer Dosierung wirksam und zeichnen sich dadurch aus, dass sie bestimmte Relaxations- und Kompatibilitätsparameter im Bitumen während der verlängerten Alterung aufrechterhalten. (6; 7).

Dieser Vorgang wird in diesem YouTube Video erklärt. https://youtu.be/lcaPGO_AqGEk

Zusammenarbeit mit der TU Wien zur Einführung von Rejuvenatoren in Österreich

Im Jahr 2021 arbeitete Cargill mit dem Forschungsbereich für Straßenwesen von Professor Bernard Hofko am Institut für Verkehrswissenschaften der TU Wien und TPA/Strabag zusammen, um eine Reihe von hochrecyclten Asphaltmischungen unter Verwendung der Anova™ Rejuvenatoren zu entwickeln, zu bewerten und in der Praxis zu testen. Das Projekt wurde zum Teil durch die Einführung von Nachhaltigkeitsboni durch die Asfinag motiviert, indem höhere RA-Mengen in HMA verwendet wurden.

Auf der Grundlage der potenziellen Anwendbarkeit wurden drei AC22-Designs unter Verwendung eines ausgewählt:

- A.** 20%RA, kalt zugegeben, mit einem Basisbitumen PmB 45/80-65. Dies diente als Referenzmischung.
- B.** 40%RA, kalt beigemischt, mit einem Basisbitumen PmB 45/80-65 und Anova™ Rejuvenator.
- C.** 70 % RA, warm zugegeben über eine parallele RA-Trockentrommel unter Verwendung eines PmB 45/80-65 Basisbitumens und Anova™ Rejuvenator.

Das Team der UT Wien hat auch einen gebrauchsvorhaltensorientierten Ansatz nach ÖNORM B 3580-2 angewandt, bei dem das Mischgut so beansprucht wird, wie im Feld unter Klima und Verkehr.

Bestimmung der Rejuvenator-Dosierung

Die anfänglichen Dosierungen wurden von Cargill abgeleitet und empfohlen, wobei die Eigenschaften des extrahierten RA-Bitumens und des neuen Bitumens zugrunde gelegt wurden. Für die Dosierung wurde ein Zielwert für die gesamte extrahierte Bitumenpenetration verwendet. Ein Überblick über den Dosierungsbericht findet sich in Abbildung 1.



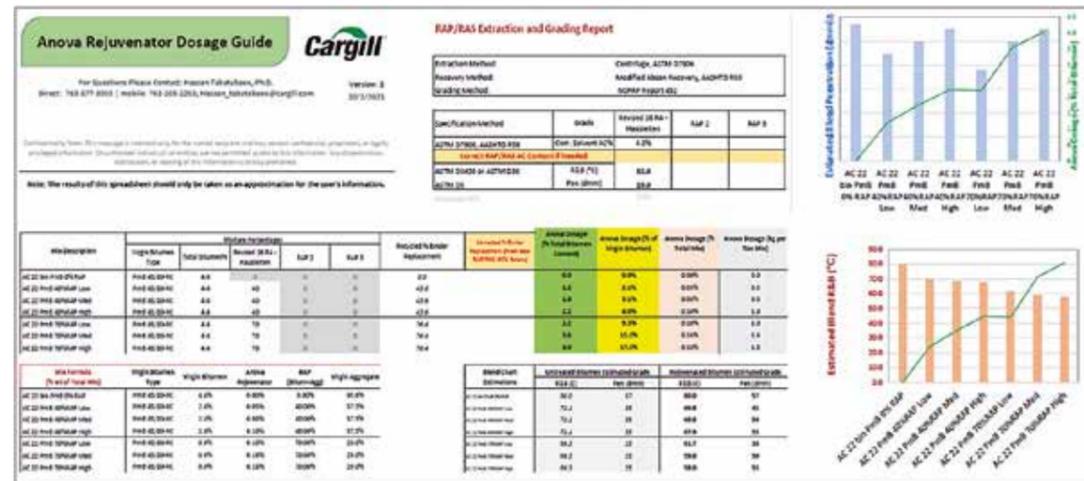


Abbildung 1: Ein Überblick über den in dieser Studie verwendeten Standardbericht zur Anfangsdosierung

Cargill legt die Dosierung in der Regel so fest, dass die Relaxationseigenschaften bei niedrigen Temperaturen im Zusammenhang mit der Dauerhaftigkeit berücksichtigt werden.

Bei höheren RA-Gehalten kann es vorkommen, dass diese Dosierungen nicht zu ähnlichen Ergebnissen bei der Bitumenpenetration führen, wie sie bei Mischungen mit geringerem RA-Gehalt erwartet werden. Dies zeigt sich in Table 1.

Die Dosierung für 40 % RA (0,05 % des Gesamtgewichts des Mischguts) erreichte zwar die angestrebte Penetration, aber die ursprüngliche Dosierung für 70 % RA (0,10 % des Gesamtgewichts des Mischguts) erreichte nicht die angestrebte Penetration am extrahierten Bindemittel.

Eine aktualisierte höhere Dosierung von 0,16 % wurde berechnet, um die angestrebte Penetration zu erreichen, und wurde durch die Ergebnisse der nachfolgenden Tests bestätigt. Das Team stellte jedoch fest, dass solche Dosierungsziele in der Regel zu einer Überdosierung des Rejuvenators in höheren RA-Mischungen im Vergleich zu einer leistungsbezogenen Dosierungsoptimierung führen. Man nimmt an, dass dies darauf zurückzuführen ist, dass die Penetration hauptsächlich den Grad der Bitumenweichheit misst, während die Auswirkungen der Kompatibilisierungswirkung eines Rejuvenators bei höheren RA-Gehalten und Dosierungen auf die Verbesserung der Sprödigkeit und Flexibilität des Bitumens möglicherweise unterschätzt werden. Diese höhere Dosierung wurde für die Leistungsprüfung verwendet, wie in den nächsten Abschnitten beschrieben.

Eigenschaften des extrahierten Bitumens	40% RA (Kaltzugabe)	70% RA (Warmzugabe) Paralleltrommel - Option 1	70% RA (Warmzugabe) Paralleltrommel - Option 2
Bitumen gesamt	4,8 %	4,8 %	4,8 %
RA	40 %	70 %	70 %
Frischbitumen	2,4%	0,9 %	0,9 %
Rejuvenator	0,05 %	0,1 %	0,16 %
Penetration	45 [1/10 dmm]	37 [1/10 dmm]	48 [1/10 dmm]
Erweichungspunkt R&K	61,8 °C	61,8 °C	60,8 °C
Elastische Rückstellung	79 %	62 %	60 %

Tabelle 1: Gemessene Eigenschaften von extrahiertem Bitumen

Prüfung der Mischungsleistung

Um das Gebrauchsverhalten der Mischgutvarianten nach Österreichischem Bewertungshintergrund zu prüfen, wurden das Kälteverhalten mit der Abkühlprüfung (TSRST) nach ÖNORM EN 12697-46, der Widerstand gegen bleibende Verformungen mittels triaxialem Druckschwellversuch (TCCT) nach ÖNORM

EN 23697-25 und der Widerstand gegen Ermüdung mit dem 4-Punkt Biegebalken (4PB) nach ÖNORM EN 12697-24 untersucht.

Die Mischungen wurden in der TPA/Strabag-Asphaltanlage Hausleiten in der Nähe von Wien hergestellt. Die Anlage ist mit einer parallelen RA-Trockentrommel und der Möglichkeit ausgestattet, sowohl war-

mes als auch kaltes RA hinzuzufügen. Das Mischgut wurde bei 180 Grad hergestellt und zunächst normal eingebaut. Später wurde die Kerntemperatur vor der Verdichtung auf bis zu 130 Grad gesenkt. Der Versuch fand auf einer Fläche von etwa 1000 m² statt. Selbst bei einer Kerntemperatur von 130°C wurde nach zwei oszillierenden Überrollungen und zwei statischen Überrollungen der Walzen eine 100%ige Verdichtung erreicht. Die Umgebungstemperatur während des Einbaus im November betrug 6 Grad und es nieselte leicht.

Lose Mischgutproben wurden entnommen und zur Prüfung an das Labor der TU Wien geschickt, während die Leistung der Abschnitte im Feld während der gesamten Projektdauer überwacht wurde.

Kälteverhalten (TSRST über EN 12697-46)

Die Abkühlprüfung wird verwendet, um die Toleranz des Mischguts gegenüber thermischer Kontraktion während der schnellen Abkühlung des Belags zu zeigen, die unter winterlichen Bedingungen auftreten kann. Es ist bekannt, dass sich die Alterung des Bitumens und die Verwendung von höherem RA negativ auf diese Leistung auswirken können. Daher war es wichtig zu zeigen, dass die Leistung auch bei hohem Rezyklatgehalt und unter Verwendung des AnovaTM-Rejuvenators aufrechterhalten werden kann. Die Tests wurden bei 10 °C eingeleitet, gefolgt von einer Abkühlung mit einer Geschwindigkeit von 10 °C/ Stunde, bis ein Bruch auftrat.

Die Diagramme und Ergebnisse sind unten dargestellt. Es ist zu erkennen, dass durch den Einsatz des AnovaTM-Rejuvenators die Bruchtemperatur und -spannung erfolgreich auf einem Niveau gehalten werden konnten, das der höchsten Spezifikationsklasse entspricht. Diese Ergebnisse zeigen auch das Potenzial, die Rejuvenator Dosierung für die meisten Mischgutklassen zu reduzieren, um die Mischgutkosten oder die Leistung je nach Bedarf zu optimieren.

Widerstand gegen Ermüdung (4-Punkt-Biegung über EN 12697-24)

Die 4PB ist allgemein als eine der grundlegendsten und direktesten Methoden zur Bewertung der Widerstandsfähigkeit von Asphaltmischungen gegen Ermüdungsrisse bekannt. Die Proben wurden bei 20°C konditioniert und geprüft und einer sinusförmigen Belastung mit einer Frequenz von 30 Hz und 3 Dehnungsschwingungsstufen unterzogen.

Die Ergebnisse, dargestellt in Abbildung 3 zeigen, dass beide verjüngten Mischungen weit über dem erforderlichen Mindestwert E₆ liegen, was auf eine sehr robuste Ermüdungsbeständigkeit dieser Mischung hinweist. Diese Ergebnisse zeigen auch das Potenzial, die Rejuvenator Dosierung zu reduzieren, um die Mischgutkosten oder die Leistung zu optimieren. Die Ergebnisse für das 20%ige RA-Referenzmischgut lagen zum Zeitpunkt der Erstellung dieses Berichts noch nicht vor.

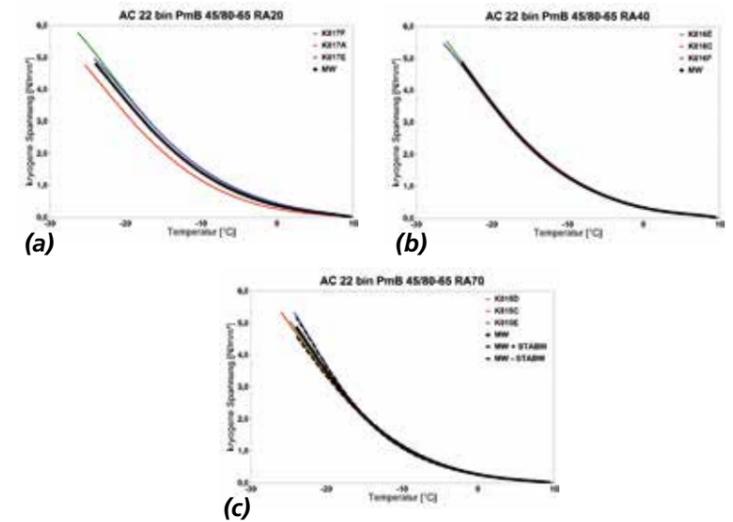


Abbildung 2: TSRST-Ergebnisse für 20%RA (a), 40%RA mit Rejuvenator (b) und 70%RA mit Rejuvenator (c).

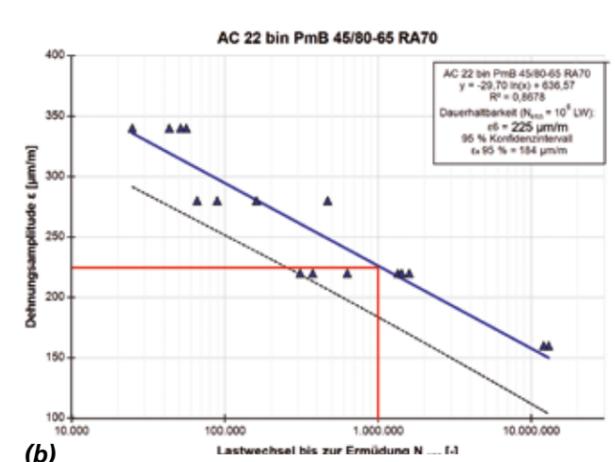
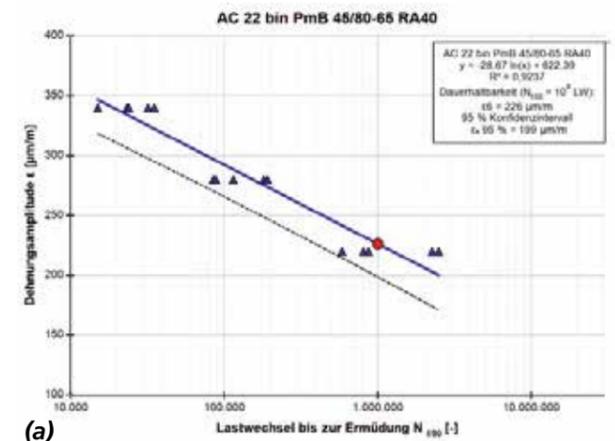


Abbildung 3: 4-Punkt-Biegeergebnisse und Analyse für 40%RA mit Rejuvenator (a) und 70%RA mit Rejuvenator (b).

Widerstand gegen bleibende Verformung (TCCT über EN 12697-25)

Die Spurrinnenbildung wurde mit dem TCCT bei +40°C und 25.000 Zyklen triaxialer Belastung bei einer Frequenz von 3 Hz bewertet. Die Ergebnisse zeigen, dass sowohl das Referenzmischgut als auch das mit 40 % RA verjüngte Mischgut gut abschnitten und die Anforderungen der Klassen 3 und 4 erfüllten. Das verjüngte Mischgut mit 70 % RRP erfüllte die Anforderungen jedoch nicht.

Wie bereits erwähnt, war dieses Ergebnis nicht völlig überraschend, da das Team die Rejuvenator Dosierung über das Maß hinaus erhöht hatte, das für die Leistung des Mischguts erforderlich war, um die Ziele für die Durchdringung mit extrahiertem Bindemittel zu erreichen. Die TSRST- und 4PB-Ergebnisse zeigen jedoch, dass die Mischungen mit hohem RA-Gehalt für die meisten Klassen und Anwendungen überdurchschnittlich gut abschnitten, was möglicherweise auf die Möglichkeit hinweist, die Dosierung auf der Grundlage der Leistung und nicht der Penetration zu optimieren, zumindest für Mischungen mit einem RA-Gehalt von mehr als 40-50 %.

Schlussfolgerungen und aktuelle Befunde

Obwohl noch einige abschließende Tests und Bewertungen ausstehen, haben die bisherigen Ergebnisse der Studie bestätigt, dass mit dem Anova™-Rejuvenator hochwertige Asphaltmischungen mit einem höheren Anteil an RA hergestellt werden können.

Die Ergebnisse sind für die österreichische Straßenbauindustrie sehr vielversprechend, da sie den Bauunternehmen ein Werkzeug an die Hand geben, mit dem sie den Einsatz von RA in ihren Mischungen erheblich steigern und gleichzeitig die Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit ihrer Mischungen verbessern können.

Die Zugabe von 40 % RA in kalter Form ist wichtig, da viele in der Branche noch nicht mit Paralleltrommeln ausgestattet sind. Das hohe Leistungsniveau dieses Mischguts zeigt, dass mit den meisten konventionellen Anlagen durch die Kaltzugabe von RA und die richtige Rejuvenierung potenziell höhere RA-Mischungen erzielt werden können.

Die Ergebnisse deuten auch darauf hin, dass insbesondere bei Mischungen mit sehr hohem RA-Gehalt (d. h. mehr als 40-50 % RA) die Rejuvenator dosierung eher auf die Ausgewogenheit der Mischgutleistung als auf die Erfüllung eines extrahierten Penetrationskriteriums ausgerichtet sein sollte, da solche Parameter die Auswirkungen der Rejuvenierung nicht richtig erfassen können und bei Mischungen mit sehr hohem RA-Gehalt zu unnötig hohen Dosierungen führen können.

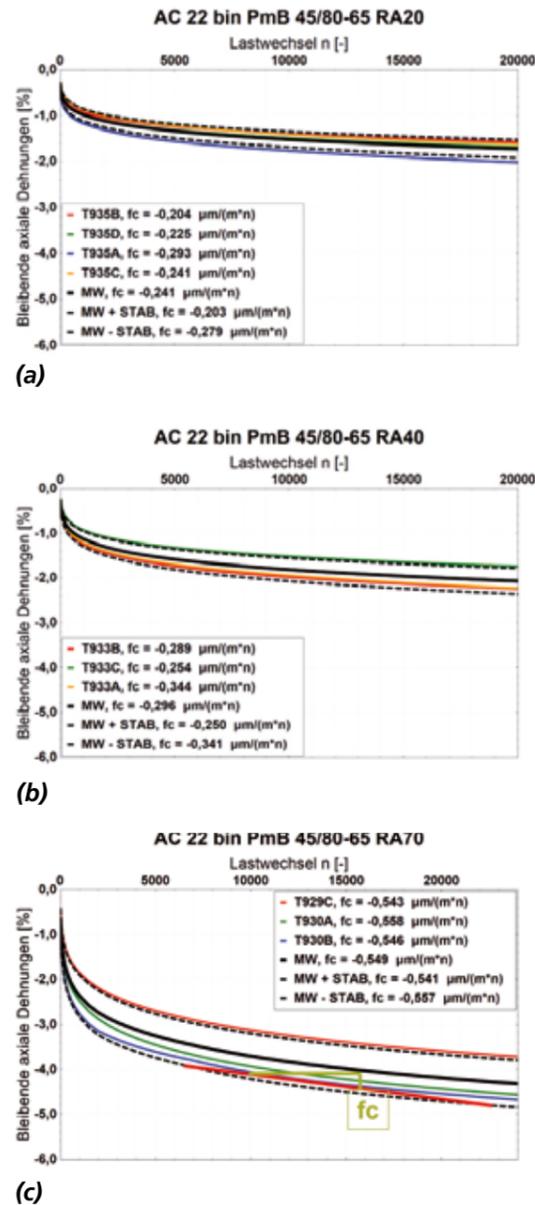


Abbildung 4: TCCT-Ergebnisse für 20%RA (a), 40%RA mit Rejuvenator (b) und 70%RA mit Rejuvenator (c).

Cargill ist sehr dankbar für die Unterstützung und die engagierten Beiträge der Forschungsgruppe der TU Wien und des technischen und operativen Teams bei TPA/Strabag und freut sich auf weitere Berichte in der Zukunft, sobald zusätzliche Ergebnisse und Erkenntnisse vorliegen.

Referenzen

1. **NAPA.** Practical Guide for Using Recycling Agents in Asphalt Mixtures. s.l. : National Asphalt Pavements Association, 2020. QIP 131.
2. **Petersen, C.** A Review of the Fundamentals of Asphalt Oxidation: Chemical, Physicochemical, Physical Property, and Durability Relationships. Washington D.C. : Transportation Research Board, 2009.
3. Asphalt Oxidation Mechanisms and the Role of Oxidation Products on Age Hardening Revisited. **Petersen, C. and Glaser, R.** 2011, Road Materials and Pavement Design, Vol. 12, pp. 795-819.
4. Rejuvenation vs. Softening: Reversal of the Impact of Aging on Asphalt Thermo-Rheological and Damage Resistance Properties. **Tabatabaee, H.A. and Kurth, T.E.** Jackson, WY : s.n., 2016. Proceedings of the International Society for Asphalt Pavers (ISAP).
5. Analytical Investigation of the Impact of a Novel Bio-based Recycling Agent on the Colloidal Stability of Aged Bitumen. **Tabatabaee, H.A. and Kurth, T.E.** Sep2: EATA 2017, 2017, Journal of Road Materials and Pavement Design, Vol. 18, pp. 131-140.
6. Relating Thermal and Rheological Analysis to Phase Compatibility of Bitumen Modified with Rejuvenating and Softening Recycling Agents. **Tabatabaee, H.A. and Sylvester, T.** Madrid : s.n., 2020. Eurobitumen & Eurasphalt.
7. Phase-compatibility of Bitumen defined through Deconvolution of Modulated Differential Scanning Calorimetry Response. **HA, Tabatabaee, T, Sylvester and C.,** Calcanas. Vienna : s.n., 2021. Proceedings of the European Association of Asphalt Technologists (EATA) Conference.
8. Critical Comparison Of Asphalt Recycling Agents From Bio-based and Petroleum Sources. **Tabatabaee, H.A. and Kurth, T.E.** Rio de Janeiro, Brazil : s.n., 2016. Proceedings of the 22° Encandro de Asfalto (IBP).



Hassan Tabatabaee, Ph.D.
Global Technical Manager
Asphalt Systems - Cargill Bioindustrial
hassan_tabatabaee@cargill.com

Ing. Ewald Nelken
Senior Business Development Manager
Asphalt Solutions - Cargill Bioindustrial
ewald_nelken@cargill.com

www.cargill.com/asphaltsolutions

Veranstaltungen der Gestrata

GESTRATA-STUDIENREISE 2022

Die heurige Studienreise wird vom **12. bis 14. September 2022** stattfinden und nach Berlin führen. Die Unterlagen für diese Veranstaltung werden demnächst an alle Mitglieder gesandt. Wir werden die Veranstaltung zeitgerecht auf unsere Webseite stellen – das Anmeldetool wird danach geöffnet. Anmeldungen sind ausschließlich über unsere Webseite - www.gestrata.at - möglich.

72. GESTRATA-VOLLVERSAMMLUNG UND GESTRATA-HERBSTVERANSTALTUNG

Die beiden Veranstaltungen werden am Montag, den **14. November 2022** stattfinden. Anmeldungen sind ab Oktober ausschließlich über unsere Webseite - www.gestrata.at - möglich.

Die Programme zu unseren Veranstaltungen sowie das GESTRATA-Journal können Sie jederzeit von unserer Homepage unter der Adresse www.gestrata.at abrufen. Weiters weisen wir Sie auf die zusätzliche Möglichkeit der Kontaktaufnahme mit uns unter der e-mail-Adresse office@gestrata.at hin.

Sollten Sie diese Ausgabe unseres Journals nur zufällig in die Hände bekommen haben, bieten wir Ihnen gerne die Möglichkeit einer persönlichen Mitgliedschaft zu einem Jahresbeitrag von € 35,- an. Sie erhalten dann unser GESTRATA-Journal sowie Einladungen zu sämtlichen Veranstaltungen an die von Ihnen bekannt gegebene Adresse. Wir würden uns ganz besonders über IHREN Anruf oder IHR E-Mail freuen und Sie gerne im großen Kreis der GESTRATA-Mitglieder begrüßen.

Liebe Leserinnen und Leser des GESTRATA-Journals!

All jene, welche auf dieser Seite in gewohnter Art und Weise unsere übliche Huldigung zum Geburtstag gegenüber langjährigen Freunden und Mitstreitern der GESTRATA erwartet haben, müssen wir leider jetzt und künftig dahingehend enttäuschen. Die Einhaltung und Umsetzung der Regelungen zur Datenschutzgrundverordnung - DSGVO - zwingt uns bedauerlicherweise zu dieser Maßnahme.



Ordentliche Mitglieder:

ABO Asphalt-Bau Oeynhausen GmbH,
Oeynhausen
AMW Asphalt-Mischwerk GmbH & Co KG,
Sulz
ASFINAG BAU MANAGEMENT GmbH, Wien
Asphalt-Unternehmung Robert FELSINGER
GmbH, Wien
ASW Asphaltmischanlage Innsbruck GmbH
& Co KG, Innsbruck
Bauunternehmung GRANIT GmbH, Graz
Bauunternehmung PUSIOL GmbH, Gloggnitz
BHG Bitumen HandelsgmbH & Co KG, Loosdorf
BRÜDER JESSL KG, Linz
COLAS GesmbH, Gratkorn
F. Lang & K. Menhofer BaugmbH & Co KG,
Wr. Neustadt
FELBERMAYR Bau GmbH & Co KG, Wels
Fröschl AG & Co KG, Brockenweg 2
6060 Hall in Tirol
Gebrüder HAIDER Bauunternehmung GmbH,
Großraming
GLS Bau und Montage GmbH, Perg
HABAU Hoch- und TiefbaugmbH, Perg
HELD & FRANCKE Baugesellschaft mbH, Linz
HILTI & JEHLE GesmbH, Feldkirch
HITTHALLER+TRIXL Baugesellschaft m.b.H.,
Leoben
Hofmann Gesellschaft m.b.H. & Co KG,
Redlham
Ing. Hans BODNER BaugmbH & Co KG, Kufstein
KLÖCHER Baugesellschaft m.b.H., Klösch
KOSTMANN GesmbH, St. Andrä i.Lav.
Krenn Asphalt- u. Bauunternehmung
Gesellschaft m.b.H., Innsbruck
LEITHÄUSL GesmbH, Wien
LEYRER & GRAF BaugmbH, Gmünd
MANDLBAUER Bau GmbH, Bad Gleichenberg
MARKO GesmbH & Co KG, Naas bei Weiz
MIGU ASPHALTBAU GmbH, Lustenau
OMV Downstream GmbH, Wien
PITTEL + BRAUSEWETTER GmbH, Wien
PORR Bau GmbH, Wien
PORR Bau GmbH BB&C Bereich Bitumen
und Chemie, Wien
POSSEHL Spezialbau GmbH, Griffen
RIEDER ASPHALT GmbH & Co KG,
Ried im Zillertal
STEINER Bau GmbH, St.Paul
STRABAG AG, Spittal/Drau
SWIETELSKY AG, Linz
VIALIT ASPHALT GmbH & Co KG, Braunau/Inn
VILLAS AUSTRIA GmbH, Fürnitz

Außerordentliche Mitglieder:

ALAS Klösch GmbH, Klösch
AMMANN AUSTRIA GesmbH, St. Martin
Amt f. Geologie u. Baustoffprüfung der
Autonomen Provinz Bozen, KARDAUN/BOZEN
ASCENDUM Baumaschinen Österreich GmbH,
Bergheim/Salzburg
BAUMIT GmbH, Waldegg
Bautechnische Versuchs- u Forschungsanstalt
Salzburg (bvfs), Salzburg
BOMAG Maschinenhandels GmbH, Alland
Carl Ungewitter Trinidad Lake Asphalt GmbH &
Co KG, BREMEN
DENSO GmbH & Co KG, Ebergassing
Friedrich Ebner GmbH, Salzburg
Hartsteinwerk Loja Betriebs GmbH, Persenbeug
HASENÖHRL GmbH, St. Pantaleon
HENGL Bau GmbH, Limberg
HOLLITZER Baustoffwerke Betriebs GmbH,
Bad Deutsch Altenburg
HUESKER Synthetic GmbH, GESCHER
Internationale Gussasphalt-Vereinigung IGV,
BERN
Materialprüfanstalt Hartl GmbH, Wolkersdorf
NIEVELT LABOR GesmbH, Stockerau
Q Point GmbH, Wien
Rohrdorfer Sand und Kies GmbH, Langenzersdorf
TENCATE Geosynthetics Austria GesmbH, Linz
WELSER KIESWERKE Dr. Treul & Co, Gunskirchen
WIRTGEN ÖSTERREICH GmbH, Steyermühl
ZEPPELIN ÖSTERREICH GmbH, Fischamend

GESTRATA JOURNAL

Eigentümer, Herausgeber und Verleger: GESTRATA
Für den Inhalt verantwortlich: GESTRATA
A-1040 Wien, Karls gasse 5
Telefon: 01/504 15 61
Layout: bcom Enterprise GmbH,
A-1180 Wien, Thimiggasse 50
Druck: Seyss - Ihr Druck- und Medienpartner | www.seyss.at
Franz Schubert-Straße 2a, 2320 Schwechat
Namentlich gekennzeichnete Artikel geben die Meinung
des Verfassers wieder. Nachdruck nur mit Genehmigung
der GESTRATA und unter Quellenangabe gestattet.