

## **Vorwort**

Der Autor dieser Ausgabe der ISBS Schriftenreihe ist Herr Fabian Achilles, geboren am 24.01.1989 in München, Baccalaureus des Umweltingenieurwesens der TU Braunschweig.

Fabian Achilles setzt sich in seiner Arbeit zunächst allgemein mit Rejuvenatoren und deren Einsatzmöglichkeiten zur Regenerierung von verhärtetem Asphaltgranulat auseinander und arbeitet mögliche Einflüsse auf die Gebrauchseigenschaften von Straßenbauasphalten heraus. Anschließend untersucht er zwei unterschiedliche Regenerierungsprodukte im Labor hinsichtlich ihrer Wirkungsweise auf die mechanischen Bindemittleigenschaften im Originalzustand sowie im gealterten Zustand.

Die vorliegende Arbeit entstand 2012 am ISBS als Bachelorarbeit unter der Betreuung von Dipl.-Ing. Lisi Hauser. Die Bachelorarbeit schließt das Bachelorstudium ab und soll zeigen, dass der bzw. die Studierende in der Lage ist, innerhalb einer Frist von 15 Wochen ein vorgegebenes Thema selbstständig unter Anwendung praxisbezogener und wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden zu bearbeiten. Diese Anforderung hat Herr Achilles mit seiner Arbeit einwandfrei erfüllt und damit sein Bachelorstudium erfolgreich abgeschlossen.

Am 14. Januar 2013 erhielt Herr Achilles im Rahmen der Vortragsveranstaltung „Straßenbau Aktuell“ den EUROVIA Straßenbau-Preis 2012 für herausragende Arbeiten auf dem Gebiet des Straßenwesens. Zu dieser Auszeichnung gratuliere ich Herrn Achilles ganz herzlich und freue mich, diese preisgekrönte Bachelorarbeit nun herausgeben zu dürfen.

Für das konsekutive Masterstudium an der TU Braunschweig wünsche ich dem jungen Baccalaureus weiterhin viel Freude und Erfolg!

Braunschweig, im Mai 2013

Michael P. Wistuba

## **Kurzfassung/Abstract**

Ressourcenschonung und steigende Rohstoffkosten führen im Straßenbau zu einem noch stärkeren Recycling von Ausbauasphalt als es bisher schon der Fall war. Nun ist die Problemstellung einen 100 %-igen Wiedereinsatz des Ausbauasphaltes auf gleichem oder höherem Niveau zu erreichen. Dafür muss eine Wiederherstellung der mechanischen Eigenschaften des im Asphalt enthaltenen Bitumens erfüllt werden. Regenerierende Additive sollen diese Aufgabe erfüllen.

In dieser Arbeit werden die Wirkungsweisen und Zusammensetzungen von Regenerationsmitteln zum Einsatz in thermisch-oxidativ gealtertem Bitumen behandelt. Es sind zwei sehr unterschiedliche Regenerationsmittel ausgewählt und im Labor auf ihre Wirkung im Bitumen getestet worden. Zum einen Produkt A, ein aus recycelten Altölen gewonnenes Produkt, das mit Fischer-Tropsch Wachsen versetzt zu einer Standfestigkeitsverbesserung des gealterten Bitumens führt. Zum anderen Produkt B, ein aus vollständig natürlichen Harzen bestehendes Additiv, das eine Regenerierung der ursprünglichen mechanischen Eigenschaften herbeiführt.

Auch wird eine Abgrenzung dieser Rejuvenatoren bzw. Verjüngungsmittel zu Fluxbitumen und Weichmachern geschaffen. Die Bezeichnung Rejuvenator stammt aus dem englischen und ist dem deutschen Verjüngungsmittel im Prinzip der Regenerierung gleichbedeutend. In Deutschland werden diese beiden Begriffe zur Beschreibung von Additiven benutzt, die die chemische Struktur des thermisch-oxidativ gealterten Bitumens regenerieren.

Conservation of resources and rising costs of raw materials in road construction lead to an even greater recycling of asphalt as it previously was the case. Now the problem a 100 % re-use of the expansion of asphalt on the same or higher level is reached. This requires a restoration of the mechanical properties of the bitumen contained in the asphalt. Regenerating additives should fulfill this task.

In this study, the modes of action and composition of regenerating agents for use in thermal-oxidative aged bitumen are treated. There are two very different regenerating agents selected and tested in the laboratory for their effect on bitumen. Firstly "Product A", a product derived from recycled waste oils combined with Fischer-Tropsch waxes, which is leading to an improving stability. Secondly "Product B", a completely natural resins composed additive that causes a regeneration of the original mechanical properties.

Also a distinction between the German words "Rejuvenatoren" respectively "Verjüngungsmittel" to penetration bitumen and plasticizers is created. In Germany, the first two terms are used for description of the additives to regenerate the chemical structure of the thermal-oxidative aged bitumen.

## Inhalt

<b>1</b>	<b>Einleitung und Problemstellung</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Die physikalisch-chemischen Grundlagen</b>	<b>3</b>
.1	Herstellung, Eigenschaften und Alterungsmechanismen	3
.1.1	Bitumenherstellung	3
.1.2	Chemische Zusammensetzung	3
.1.3	Die Alterung – Äußere Einflüsse	4
.2	Das Recycling – Einsatz von Regenerationsmitteln	5
.2.1	Rejuvenatoren	7
.2.2	Verjüngungsmittel	9
.2.3	Fluxbitumen	9
.2.4	Weichmacher	10
<b>3</b>	<b>Funktionalität im Labor</b>	<b>11</b>
.1	Die eingesetzten bitumenhaltigen Bindemittel	11
.1.1	Straßenbaubitumen 50/70	11
.1.2	Polymermodifiziertes Bitumen 25/55-55 A	11
.2	Die Regenerationsmittel	12
.2.1	Produkt A	12
.2.2	Produkt B	13
.3	Versuchsbeschreibungen	14
.3.1	RTFOT – Rolling Thin Film Oven Test	17
.3.2	PAV – Pressure Aging Vessel	17
.3.3	DSR – Dynamisches Scherrheometer	19
.3.4	Pen – Nadelpenetration	20
.3.5	RuK – Ring-und-Kugel-Verfahren	21
.3.6	BBR – Biegebalkenrheometer	22
.3.7	KD – Kraft-Duktilitäts-Verfahren	25
<b>4</b>	<b>Auswertung und Interpretation der Ergebnisse</b>	<b>27</b>
.1	Verfahren der Mischung des Bitumens mit den Rejuvenatoren	27
.2	Nadelpenetration und Ring-und-Kugel-Verfahren	28

---

.2.1	Straßenbaubitumen 50/70.....	28
.2.2	Polymermodifiziertes Bitumen 25/55-55 A .....	30
.3	Kraftduktilitätsverfahren .....	32
.3.1	Straßenbaubitumen 50/70.....	32
.3.2	Polymermodifiziertes Bitumen 25/55-55 A .....	34
.4	Bending Beam Rheometer.....	37
.4.1	Straßenbaubitumen 50/70.....	37
.4.2	Polymermodifiziertes Bitumen 25/55-55 A .....	39
.5	Dynamisches Scherrheometer .....	41
.5.1	Straßenbaubitumen 50/70.....	42
.5.2	Polymermodifiziertes Bitumen 25/55-55 A .....	47
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse und Ausblick.....</b>	<b>53</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>57</b>