

Veränderung der Eigenschaften von polymermodifiziertem Bitumen nach Alterung mit dem RTFOT- und RFT-Verfahren und nach Rückgewinnung aus Asphalt

FA 7.199

Forschungsstelle: Technische Universität München, Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffprüfung (Prof. Dr.-Ing. P. Schießl)

Bearbeiter: Wörner, T. / Metz, G.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Bonn

Abschluss: Oktober 2004

1. Aufgabenstellung

Im vorliegenden Forschungsvorhaben wurden die Auswirkungen der Alterung von PmB mit RTFOT und RFT sowie der Rückgewinnung aus Asphalt mit den Lösemitteln Trichlorethen und Toluol auf die untersuchten Eigenschaften der PmB verglichen.

Ziel des Forschungsvorhabens war es, die Vergleichbarkeit der beiden Kurzzeitalterungsverfahren sowie der beiden Lösemittel für die Anwendung auf PmB bzw. Asphalte mit PmB zu überprüfen. Bislang war es nicht nachgewiesen, welchen Einfluss die nach DIN 1996-6 für die Extraktion von Asphalt vorgesehene Lösemittel Trichlorethen und Toluol auf die Eigenschaften von PmB (insbesondere die elastische Rückstellung) haben. Zudem wurden orientierende Versuche mit dem Langzeitalterungsverfahren LTRFT durchgeführt.

Mit dem Schreiben der BASt vom 14. 3. 2003 wurde der Forschungsauftrag vom 11. 7. 2002 um zusätzliche Untersuchungen zur Bestimmung der Duktilität und Formänderungsarbeit mit dem Probekörper nach ASTM P 226 an PmB im Ausgangszustand und nach RTFOT-Alterung erweitert.

Während der Projektbearbeitung ergaben sich außerdem zusätzliche Fragestellungen in Bezug auf die Vergleichbarkeit der Alterungswirkung:

- der RTFOT-Öfen nach DIN EN 12607-1 bzw. ASTM D 2872-97 sowie
- des RTFOT-Ofens nach ASTM D 2872-97 bei Verwendung unterschiedlich starker Luftvolumenströme.

Beide Aspekte wurden durch zusätzliche, stichprobenartige Vergleichsuntersuchungen innerhalb des vorliegenden Projektes bearbeitet.

2. Untersuchungsmethodik

Zur Beantwortung der o. a. Fragestellungen wurden von insgesamt 17 PmB die in Tabelle 1 dargestellten Probenzustände untersucht. Die Kurzzeitalterungen wurden entsprechend DIN EN 12607-1 (RTFOT) bzw. DIN EN 12607-3 (RFT) vorgenommen. Als Grundlage für die LTRFT-Alterungen diente eine Verfahrensbeschreibung der Shell Global Solutions (Deutschland). Für die Rückgewinnung von PmB aus Asphalt wurde im Labor Asphaltbinder 0/16 S hergestellt und anschließend mit Trichlorethen bzw. Toluol extrahiert. In jedem Probenzustand der PmB wurden die in Tabelle 2 aufgeführten Eigenschaften bestimmt.

Tab. 1: Untersuchte (•) Probenzustände der PmB

| PmB-Nr. | Typ | Probenzustand | | | | | |
|---------|-------|-----------------|----------------|--------------|----------------|--------------------------------|-------------------------|
| | | Ausgangszustand | RTFOT-gealtert | RFT-gealtert | LTRFT-gealtert | rückgewonnen mit Trichlorethen | rückgewonnen mit Toluol |
| 1 | 130 A | • | • | • | | | |
| 2 | 130 A | • | • | • | | • | • |
| 3 | 65 A | • | • | • | | | |
| 4 | 65 A | • | • | • | | • | • |
| 5 | 45 A | • | • | • | • | • | • |
| 6 | 45 A | • | • | • | | • | • |
| 7 | 45 A | • | • | • | | • | • |
| 8 | 45 A | • | • | • | | | |
| 9 | 45 A | • | • | • | | • | • |
| 10 | 25 A | • | • | • | | • | • |
| 11 | 25 A | • | • | • | • | • | • |
| 12 | 25 A | • | • | • | | | |
| 13 | H | • | • | • | | | |
| 14 | H | • | • | • | • | • | • |
| 15 | H | • | • | • | | | |
| 16 | 45 C | • | • | • | | | |
| 17 | 25 C | • | • | • | | | |

Tab. 2: Einzeluntersuchungen für jeden Probenzustand

| Untersuchte Eigenschaft | Ausgangszustand | gealtert | zurückgewonnen |
|---|-----------------|----------|----------------|
| Masseänderung | | • | |
| Nadelpenetration (DIN EN 1426) | • | • | • |
| Erweichungspunkt Ring und Kugel (DIN EN 1427) | • | • | • |
| Brechpunkt nach Fraaß (DIN EN 12593) | • | • | • |
| Duktilität (DIN 52013) | • | • | • |
| Elastische Rückstellung (DIN V 52021-1), nicht für PmB C | • | • | • |
| Tieftemperaturverhalten (BBR) (AASHTO TP 1) | • | • | • |
| Formänderungsarbeit (DIN 52013, Anh. B der TL PmB) | • | • | • |
| Verformungsverhalten (DSR) (AASHTO TP 5, Anhang C der TL PmB) | • | • | • |

Um möglichst allgemeingültige Aussagen ableiten zu können, wurden die gewonnenen Daten mit statistischen Methoden ausgewertet. Die Ergebnisse der statistischen Analysen wurden den Präzisionsangaben der entsprechenden Normen und Regelwerke gegenübergestellt, um hierdurch die praktische Relevanz der erhaltenen Aussagen bewerten zu können.

3. Untersuchungsergebnisse

Bei einigen Prüfgrößen wurden statistisch signifikante Unterschiede zwischen den Auswirkungen der Kurzzeitalterungsverfahren bzw. der Lösemittel festgestellt, die jedoch gemessen an den Verfahrenspräzisionen praktisch nicht von Bedeutung sind bzw. wegen fehlender Präzisionsangaben nicht bewertet werden können. Die Präzisionsangaben sind bei einigen Kennwerten (Duktilität, Biegekekchsteifigkeit, m-Wert) so weit gefasst, dass bei korrekter Versuchsdurchführung festgestellte signifikante Unterschiede im Grunde keine praktische Bedeutung erlangen.

Einige der angewendeten Prüfverfahren (Breachpunkt nach Fraaß, Duktilität) weisen in sich eine hohe Unschärfe auf.

Die o. a. Aussagen stützen sich auf die Auswertung der untersuchten PmB. Da diese aber unterschiedliche PmB-Sorten und Arten repräsentieren, entstammen sie keiner gemeinsamen Grundgesamtheit. Dies zwingt zur Anwendung statistischer Verfahren, welche nur einen Teil der statistischen Informationen der Prüfwerte in die Auswertung einbeziehen, was zwar zu allgemeingültigen aber gleichzeitig etwas unscharfen Aussagen führt.

Die Alterungswirkung des LTRFT-Verfahrens auf die geprüften Eigenschaften war bei den drei untersuchten PmB erwartungsgemäß deutlich stärker als bei den Kurzzeitalterungsverfahren RTFOT oder RFT. Auf einige Prüfgrößen hatte das LTRFT-Verfahren extreme Auswirkungen, sodass die entsprechenden Versuche nicht mehr durchführbar waren oder die Ergebnisse nicht mehr differenzierbar sind.

Durch die Verwendung des Probekörpers nach ASTM P 226 ergeben sich höhere Duktilitäten als bei Verwendung des Probekörpers nach DIN 52013. Die Verwendung des Probekörpers nach ASTM P 226 zur Bestimmung der Formänderungsarbeit führt zu signifikant niedrigeren Werten als bei Verwendung des Probekörpers nach DIN 52013. Die ermittelten Unterschiede der Formänderungsarbeiten hängen direkt mit dem Anfangsvolumen der nicht eingespannten Bereiche der Probekörper zusammen.

4. Folgerungen für die Praxis

Im Rahmen der Verfahrenspräzisionen sind die Auswirkungen der Kurzzeitalterungsverfahren RTFOT (DIN EN 12607-1) und RFT (DIN EN 12607-3) auf die einzelnen untersuchten Prüfgrößen innerhalb der untersuchten Randbedingungen vergleichbar. Es konnte unter dieser Voraussetzung nachgewiesen werden, dass die Gleichwertigkeit auch für die Summe der untersuchten Eigenschaften gilt. Daher können beide Kurzzeitalterungsverfahren parallel angewendet werden.

Eine praktisch bedeutsame unterschiedliche Auswirkung der Lösemittel Trichlorethen bzw. Toluol ist nur beim Erweichungspunkt Ring und Kugel feststellbar, sofern dieser bei Rückgewinnung mit Trichlorethen höher als 72,5 °C bzw. bei Rückgewinnung mit Toluol höher als 70,5 °C ist. Dies betrifft jedoch nur einige PmB 25 und PmB 40/100-65 H. In allen anderen untersuchten Fällen sind die Auswirkungen der Lösemittel Trichlorethen und Toluol auf die einzelnen Prüfgrößen innerhalb der untersuchten Randbedingungen und unter Berücksichtigung der Verfahrenspräzisionen vergleichbar. Die Gleichwertigkeit konnte auch für die Summe der untersuchten Eigenschaften nachgewiesen werden. Dabei ist jedoch zu berücksichtigen, dass die Bindemittelrückgewinnung aus Labormischgut erfolgte.

Die Probekörper nach DIN 52013 und ASTM P 226 sind sowohl hinsichtlich der damit bestimmten Duktilität als auch der Formänderungsarbeit nicht miteinander vergleichbar.

Die zusätzlichen Vergleichsuntersuchungen haben folgende Ergebnisse erbracht:

Die Alterungswirkung der RTFOT-Öfen nach DIN EN 12607-1 bzw. ASTM D 2872-97 auf die untersuchten Prüfgrößen ist innerhalb der beschriebenen Randbedingungen unter praktischen Gesichtspunkten vergleichbar, d. h. dass beide RTFOT-Öfen parallel eingesetzt werden können.

Die Alterungswirkung des RTFOT-Ofens nach ASTM D 2872-97 mit Luftstromdosierung bei 20 °C bzw. 163 °C auf die untersuchten Prüfgrößen ist innerhalb der beschriebenen Randbedingungen unter praktischen Gesichtspunkten vergleichbar, d. h. dass beide Luftvolumenströme für die RTFOT-Alterung verwendet werden könnten. In der Normung sollte jedoch eine eindeutige Festlegung erfolgen. Aus laborpraktischer Sicht ist hierfür die Bezugstemperatur von 20 °C günstig, weil das die Kalibrierung des Luftvolumenstromes wesentlich erleichtert.

Aus den während der Versuchsdurchführung gesammelten laborpraktischen Erfahrungen mit den angewendeten Alterungs- und Prüfverfahren wurden Vorschläge für die Normung formuliert. □