



SCHRIFTENREIHE

Institut für Straßenwesen
Technische Universität Braunschweig
Univ.-Prof. Dr.-Ing. Rolf Leutner
Univ.-Prof. em. Dr.-Ing. Wolfgang Arand

STRASSENWESEN

Tobias Hagner

**Untersuchung und Bewertung
von bitumenhaltigen Bindemitteln
für Asphalt mittels Dynamischem
Scher-Rheometer**

Heft 19
Braunschweig, 2003

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung und Problemstellung	1
2	Behandlung der Thematik in der Literatur	4
2.1	Prüfverfahren	5
2.2	Präzision des Prüfverfahrens	11
2.3	Auswertung der Prüfergebnisse.....	14
2.4	Interpretation der Prüfergebnisse	16
3	Untersuchungsmethodik	24
3.1	Variationen	24
3.2	Statistische Auswerteverfahren	26
3.2.1	Ausreißertests	26
3.2.2	Einfacher Mittelwertvergleich	28
3.2.3	Einfache Varianzanalyse und modifizierter LSD-Test	29
3.2.4	Regressionsanalyse	31
4	Probenahme	33
4.1	Entnahme der Bindemittelproben	33
4.2	Entnahme der Asphaltproben.....	34
5	Prüfverfahren	35
5.1	Bindemittelproben	35
5.2	Einfluss unterschiedlicher Lösemittel auf die Bindemittleigenschaften.....	36
5.3	Untersuchungen mittels Dynamischem Scher-Rheometer	42
5.3.1	Probenvorbereitung	42
5.3.2	Optimierung der Prüfmodalitäten.....	43
5.3.2.1	Untersuchungen mit variierender Prüftemperatur	43
5.3.2.2	Untersuchungen mit variierender Belastungsfrequenz	45
5.3.2.3	Untersuchungen mit variierender Schubspannung	46
5.3.3	Festlegung der Prüfmodalitäten.....	50
5.3.4	Einflüsse auf die Kennwerte	50
5.3.4.1	Komplexer Schubmodul	51
5.3.4.2	Phasenwinkel.....	52
5.3.4.3	Verzerrung	53
5.3.5	Untersuchungen zur Überprüfung der Spezifikation gemäß TL PmB 2001 ..	53
5.4	Konventionelle Prüfverfahren	54
5.5	Erweiterte Untersuchungen zur Ansprache der Ermüdungseigenschaften...	56
5.5.1	Belastungsfrequenz	57
5.5.2	Prüftemperatur	58
5.5.3	Schubspannung	59
5.5.4	Festlegung der Prüfmodalitäten	61
5.6	Asphaltuntersuchungen.....	61
5.6.1	Herstellen der Asphalte	61
5.6.2	Prüfungen am Asphalt	63
5.6.2.1	Abkühlversuche	65
5.6.2.2	Einaxiale Zugversuche	65
5.6.2.3	Einaxiale Zug-Schwellversuche	66

6	Prüfergebnisse	67
6.1	Ergebnisse der Prüfungen mittels Dynamischem Scher-Rheometer	68
6.1.1	Bindemittleigenschaften in Abhängigkeit von der Temperatur	68
6.1.2	Bindemittleigenschaften in Abhängigkeit von der Vorbeanspruchung	77
6.1.3	Bestimmung der Bindemittelkennwerte gemäß TL PmB 2001	82
6.2	Ergebnisse der konventionellen Bindemittelprüfungen	84
6.2.1	Erweichungspunkt Ring und Kugel	84
6.2.1.1	Ergebnisse der Prüfungen an den Bindemitteln im Anlieferungszustand und nach thermischer Beanspruchung (DIN 52016, RTFOT)	84
6.2.1.2	Ergebnisse der Prüfungen an den aus den Asphaltproben rückgewonnenen Bindemitteln	87
6.2.2	Nadelpenetration	89
6.2.2.1	Ergebnisse der Prüfungen an den Bindemitteln im Anlieferungszustand und nach thermischer Beanspruchung (DIN 52016, RTFOT)	89
6.2.2.2	Ergebnisse der Prüfungen an den aus den Asphaltproben rückgewonnenen Bindemitteln	91
6.2.3	Brechpunkt nach Fraaß	93
6.2.3.1	Ergebnisse der Prüfungen an den Bindemitteln im Anlieferungszustand	93
6.2.3.2	Ergebnisse der Prüfungen an den aus den Asphaltproben rückgewonnenen Bindemitteln	94
6.2.4	Duktilität	96
6.2.4.1	Ergebnisse der Prüfungen an den Bindemitteln im Anlieferungszustand und nach thermischer Beanspruchung (DIN 52016, RTFOT)	96
6.2.4.2	Ergebnisse der Prüfungen an den aus den Asphaltproben rückgewonnenen Bindemitteln	100
6.2.5	Elastische Rückstellung	102
6.2.5.1	Ergebnisse der Prüfungen an den Bindemitteln im Anlieferungszustand und nach thermischer Beanspruchung (DIN 52016, RTFOT)	102
6.2.5.2	Ergebnisse der Prüfungen an den aus den Asphaltproben rückgewonnenen Bindemitteln	105
6.2.6	Viskosität	107
6.2.6.1	Ergebnisse der Prüfungen an den Bindemitteln im Anlieferungszustand	107
6.2.6.2	Ergebnisse der Prüfungen an den aus den Asphaltproben rückgewonnenen Bindemitteln	107
6.3	Ergebnisse erweiterter Bindemittelprüfungen zur Ansprache der Ermüdungseigenschaften	112
6.3.1	Prüfungen bei gleichbleibender Prüftemperatur	113
6.3.2	Prüfungen bei bindemittelspezifischer Prüftemperatur	115
6.4	Ergebnisse der Asphaltprüfungen zur Ansprache der Ermüdungseigenschaften	117
6.4.1	Ergebnisse aus einaxialen Zug- und Abkühlversuchen	118
6.4.2	Ergebnisse aus einaxialen Zug-Schwellversuchen	121
7	Bestimmung der Präzision des Prüfverfahrens	123
7.1	Überprüfung der Abhängigkeit der Standardabweichung vom Zahlenwert des Ergebnisses	123
7.2	Vorschlag für die Festlegung der Präzision des Prüfverfahrens	125

8	Interpretation der Untersuchungsergebnisse.....	128
8.1	Komplexer Schubmodul	128
8.2	Phasenwinkel.....	129
8.3	Verzerrung	132
8.4	Speichermodul.....	132
8.5	Verlustmodul	133
8.6	SHRP-Kriterium für den Verformungswiderstand	136
8.7	SHRP-Kriterium für den Ermüdungswiderstand	139
8.8	Vergleichende Betrachtung der Prüfergebnisse	145
8.9	Ansprache der Ermüdungseigenschaften mittels Dynamischem Scher-Rheometer	150
9	Zusammenfassung und Ausblick	154
10	Literatur	159
11	Anhang.....	162

Kurzfassung

„Untersuchung und Bewertung von bitumenhaltigen Bindemitteln für Asphalt mittels Dynamischem Scher-Rheometer“

Die gezielte Beeinflussung der Gebrauchseigenschaften von Bindemitteln gewinnt unter dem Aspekt der Gewährleistung der Dauerhaftigkeit zunehmend beanspruchter Asphaltbeläge an Bedeutung. Mit anwachsender Bindemittelvielfalt, zum Beispiel durch Modifikationen mit verschiedenen Polymeren, steigt jedoch nicht nur die Komplexität der spezifischen temperaturabhängigen Eigenschaften dieser Bindemittel, sondern auch die der prüftechnischen Ansprache dieser Eigenschaften.

Mit dieser Arbeit wurde angestrebt, einen Beitrag zur Erfahrungssammlung der mittels Dynamischem Scher-Rheometer (DSR) gewonnenen rheologischen Kennwerte zu leisten und einen Bewertungshintergrund durch vergleichende Betrachtung mit konventionellen Bitumenkennwerten zu schaffen. Des Weiteren sollte überprüft werden, ob anhand der im DSR ermittelten Bindemittleigenschaften auf das Gebrauchsverhalten des Asphalts zu schließen ist. Letztlich sollten auf Grundlage der Untersuchungsergebnisse Vorschläge für die Festlegung der Präzision des Prüfverfahrens unterbreitet werden.

Als Basis der Untersuchungen diente während der Asphaltproduktion und -verarbeitung systematisch entnommenes Probenmaterial. Aus den Prüfergebnissen konnten Aussagen über gefundene Korrelationen zwischen den mittels DSR gewonnenen und den konventionellen Bitumenkennwerten getroffen und die Gebrauchseigenschaften der Bindemittel beschrieben werden. Es war festzustellen, dass die Prüfung im DSR die Möglichkeit bietet, die Bindemittleigenschaften präziser und über einen großen Bereich der Gebrauchstemperaturen des Asphalts anzusprechen. Die Untersuchungen zeigten, dass die Eigenschaften polymermodifizierter Bindemittel gegenüber Straßenbaubitumen weniger ausgeprägt auf Temperaturänderungen reagieren.

Anhand der systematischen Variation der Entnahmezeitpunkte während der Asphaltherstellung und -verarbeitung konnten die dadurch bewirkten Veränderungen der Bindemittleigenschaften, die maßgeblich durch den Mischprozess des Asphalts bestimmt werden, erfasst und beurteilt werden. Es stellte sich heraus, dass die Änderung des Speichermoduls geeignet ist, die durch den Alterungsprozess bedingten Veränderungen der Bindemittleigenschaften zutreffend zu beschreiben. Der Verlustmodul als Maßstab zur Beurteilung der Ermüdungseigenschaften von Bindemitteln musste als nicht zielführend bewertet werden. Für die Ansprache der Ermüdungseigenschaften von Bindemitteln konnte jedoch eine mögliche Verfahrensweise, in der die Bindemittel im DSR einer Dauerbeanspruchung unterworfen werden, vorgestellt und durch Prüfungen am Asphalt exemplarisch bestätigt werden.

Aufgrund der breiten den Untersuchungen zugrundeliegenden Datenbasis konnten Angaben zu der erzielten Präzision des Prüfverfahrens unter Wiederholbedingungen getroffen werden. Abschließend wurde ein Kriterium entwickelt, welches in geeigneter Weise eine qualitative Beurteilung von Bindemitteln im gesamten Gebrauchstemperaturbereich des Asphalts erlaubt.

Abstract

„Examination and assessment of bituminous binders for asphalt mixes by means of Dynamic Shear Rheometer“

The specific influencing of the performance properties of binders gains of importance as the durability of asphalt coatings has to be guaranteed despite increasing stresses applied to the layers. However, with a growing binder variety, for example by modifications with different polymers, not only the complexity of the specific temperature-dependent properties of these binders but also that of the examination of these properties increases.

With this work was aspired to gain experience in collecting rheological data by DSR and to provide a background of evaluation by comparing with conventionally won binder data. Furthermore it was to be checked whether the binder properties determined in the DSR can be used to conclude of the performance properties of asphalt mixes. Eventually, suggestions on the specification of the test precision should be presented on basis of the findings.

Sample material taken systematically during asphalt production and processing served as a base of the examinations. From the test results statements could be made about correlations between binder data won conventionally and with DSR as well as about the performance properties of binders. It was found that the examination in the DSR offers the possibility of measuring binder properties more precisely and over a wide range of asphalt use temperatures. The examinations also showed that the properties of polymer modified binders react less sensitive to temperature variations than that of straight run binders.

With the systematic variation of the sample taking times during asphalt production and processing the changes of the binder qualities which substantially are determined by the process of asphalt mixing could be included and judged. It turned out that the change of the storage modulus is suitable to describe the changes caused by the ageing process of the binder qualities correctly. The loss modulus as a scale of fatigue qualities of binders had to be judged as not aim leading. However, to address the fatigue qualities of binders a possible procedure in which the binders are subjected to a duration use in the DSR could be introduced and confirmed by examinations on asphalt mix samples.

The broad data base enabled to obtain the precision of the test procedure under repeating conditions. Finally, a criterion was developed that allows a qualitative judgement of binders over the whole range of asphalt use temperatures.