



Ringversuch „Eindringtiefe eines ebenen Stempels, statische Prüfung an Gussasphalt“

Essais interlaboratoires „Profondeur d'indentation avec un poinçon à section plane, essai statique sur l'asphalte coulé“

Round robin test „Indentation with a flat stamp, static test on mastic asphalt“

**Tecnotest AG, Rüschlikon
Max Seeberger**

**IMP Bautest AG, Oberbuchsitzen
Dr. Christian Angst**

Forschungsprojekt VSS 1999/125 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis	5
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Zielsetzung	13
1.1 Statische Eindringtiefe: Normen.....	13
1.2 Wiederhol- und Vergleichspräzision	13
1.3 Zielsetzung der Forschung.....	14
1.4 Begriffe	14
2 Methodik	16
2.1 Gussasphalt, Mischgutherstellung und Probenahme	16
2.2 Prüfmethoden.....	16
2.3 Herstellen von Gussasphalt-Prüfkörpern (Würfel)	17
2.4 Organisation des Ringversuchs „Statische Eindringtiefe“	18
2.5 Statistische Verfahren	20
3 Materialien	22
3.1 Verwendete Gussasphaltsorten.....	22
3.2 Auswahl und Herstellung der künstlichen Prüfkörper	22
4 Ergebnisse	23
4.1 Ringversuch an Gussasphalt-Prüfkörpern	23
4.1.1 Gussasphalt MA 6, statische Eindringtiefen	24
4.1.2 Gussasphalt MA 8, statische Eindringtiefen	27
4.1.3 Gussasphalt MA 11, statische Eindringtiefen	30
4.1.4 Wiederholstandardabweichungen s_r der statischen Eindringtiefe	33
4.1.5 Vergleichsstandardabweichungen s_R der statischen Eindringtiefe	34
4.1.6 Prüfung der Konsistenz der Laborergebnisse.....	34
4.1.7 Präzision des Prüfverfahrens	40
4.2 Zusammensetzungen der Gussasphalte	40
4.2.1 Zusammensetzung von Proben aus verschiedenen Platten pro Sorte	40
4.2.2 Zusammensetzung von Parallelproben aus je einer Platte pro Sorte.....	43
4.2.3 Kommentare und Folgerungen zu den Zusammensetzungen.....	45
4.3 Eigenschaften der Gussasphalt-Prüfkörper	45
4.3.1 Gussasphalt MA 6: Einflüsse der Würfelherstellung.....	45
4.3.2 Gussasphalt MA 8: Einflüsse der Würfelherstellung.....	48
4.3.3 Gussasphalt MA 11: Einflüsse der Würfelherstellung.....	50
4.3.4 Kommentare und Folgerungen: Einflüsse der Würfelherstellung	52
4.4 Laboruntersuchungen an Gummi-Prüfkörpern	52
4.4.1 Eigenschaften der Gummi-Prüfkörper	52
4.4.2 Vergleich Shore-Härte zu Eindringtiefe.....	54
4.4.3 Raumdichten der Gummi-Prüfkörper	55
4.4.4 Statische Eindringtiefen, Wiederholungen als Kontrolle	57
4.5 Ringversuch an Gummi-Prüfkörpern	58
4.5.1 Statische Eindringtiefen	58
4.5.2 Kommentare und Folgerungen, Einfluss von Prüfverfahren und Prüfgeräten.....	62
5 Folgerungen	64
5.1 Ringversuch „Statische Eindringtiefe“ an Gussasphalt-Prüfkörpern.....	64
5.2 Einflüsse auf die Messunsicherheit.....	65
5.3 Eigenschaften der Gussasphalte, Inhomogenitäten	65
5.4 Eigenschaften der Gussasphalt-Prüfkörper	66

5.5 Einfluss des Prüfverfahrens inklusive Prüfgeräte, Ringversuch „Statische Eindringtiefe“
an Gummi-Prüfkörpern 66

Abkürzungen 69
Literaturverzeichnis..... 71
Projektabschluss 73
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen 76

Zusammenfassung

Ringversuch „Statische Eindringtiefe“ an Gussasphalt-Prüfkörpern

Die Durchführung des Ringversuchs „Statische Eindringtiefe mit ebenem Stempel“ an Gussasphalt-Würfeln erfolgte im Winter 2000/2001 entsprechend der VSS-Empfehlung 671 970 „Bituminöses Mischgut; Eindringtiefe eines ebenen Stempels, statische Prüfung“ [2] an drei Gussasphaltsorten MA 6, MA 8 und MA 11. Diese VSS-Empfehlung 671 970 [2] wurde im November 1999 veröffentlicht und war ab Januar 2000 gültig.

In der Empfehlung 671 970 [2] wurden gegenüber dem vorher verwendeten, in DIN 1996 (Teil 13), 1976 [1] beschriebenen und in der SN 640 440a übernommenen Verfahren, einige Modifikationen angebracht, von denen man sich Verbesserungen in den Wiederhol- und Vergleichbarkeiten erhoffte. Diese Präzisierungen in der VSS-Empfehlung 671 970 [2] konnten in der EN 12697-20: 2003 „Asphalt – Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 20: Eindringversuch an Würfeln oder Marshall-Probekörpern“ [3] eingebracht werden. Mit dem nationalen Vorwort SN 670 420 wurde diese EN [3] am 1. Januar 2005 im Schweizer Normenwerk eingeführt.

Die Angaben zu den Präzisionen der Ergebnisse, die in der Empfehlung [2] und auch in der Norm [3] angegeben sind, stammen allerdings aus DIN [1], da zum Zeitpunkt der Bearbeitung der EN-Norm [3] keine neueren Untersuchungen vorlagen.

Im Ringversuch mit 13 Laboratorien wurden keine Verbesserungen bei den Messunsicherheiten erreicht, dies trotz minutiöser Prüfbeschreibung, einer vor dem Ringversuch durchgeführten Information der beteiligten Laboratorien, der Verwendung von industriell optimal gleichmässig hergestellten Gussasphalten als Prüfmaterialien sowie aufwändiger Probenahme um möglichst gleichmässige Proben zu erhalten.

An den Gussasphalten MA 6, MA 8 und MA 11 wurden Wiederholstandardabweichungen s_r von 7.8 bis 10.0 % bestimmt. Die Angaben gemäss [1], [2] und EN [3] dazu sind 10 %. Die Vergleichsstandardabweichungen s_R betragen 14.7 bis 25.2 %. Die Angaben gemäss [1], [2] und EN [3] sind 20 %. Über 20 % liegen die Werte für MA 11. Da für die Berechnung der Präzisionen die Standardabweichungen mit dem Faktor 2.8 multipliziert werden, entsprechen auch die Wiederhol- und die Vergleichspräzisionen den Angaben gemäss Norm mit 28 und 55 %. Diese Messunsicherheiten wurden an Gussasphalten mit unterschiedlichen Eindringtiefen bestimmt. Die Mittelwerte nach 30 Minuten (ET 30) betragen für MA 6, MA 8 und MA 11: 3.9 mm, 2.2 mm und 1.3 mm.

Einflüsse auf die Messunsicherheit

Da die Ergebnisse des Ringversuchs die bisher bekannten Wiederhol- und Vergleichspräzisionen bestätigten, wurden zusätzlich zum Forschungsgesuch ergänzende Abklärungen durchgeführt, um Hinweise auf mögliche Einflussparameter aufzuzeigen.

Mit der Ringanalyse „Statische Eindringtiefe“ an denjenigen Gummi-Prüfkörpern, welche sich bei zusätzlichen Abklärungen als homogen erwiesen haben, liess sich das Ausmass des Einflusses des Prüfverfahrens inklusive der Prüfgeräte mit 20 bis 30% ermitteln.

Der grösste Einfluss von etwa 70 bis 80% resultiert aus den unterschiedlichen Eigenschaften der Gussasphalt-Prüfkörper, insbesondere durch, wie zusätzliche Untersuchungen aufgezeigt haben, unterschiedliche Gussasphalzzusammensetzungen, Hohlraumgehalte und Bindemittelhärten. Herstellung, Probenahme und Probenteilung bewirken Inhomogenität im Gussasphalt, deren Einfluss auf die Eindringtiefe sehr gross ist. Die Verdichtung der Prüfkörper ist in DIN [1], Empfehlung [2] und auch in der EN [3] nicht klar definiert. Daraus resultieren unterschiedliche Hohlraumgehalte, die einen grossen Einfluss auf die Eindringtiefe haben. Kleiner dürfte der Einfluss der zusätzlichen und unterschiedlich starken Bindemittelverhärtung bei der Würfelherstellung sein. Die Anteile der einzelnen unterschiedlichen Eigenschaften liessen sich jedoch im Betrag nicht feststellen.

Résumé

Essais interlaboratoires «Profondeur d'indentation statique sur des éprouvettes d'asphalte coulé»

Les essais interlaboratoires «Enfoncement d'un poinçon à section plane, essai statique sur asphalte coulé» ont été réalisés au cours de l'hiver 2000/2001 selon la recommandation VSS 671 970 «Enrobés bitumineux; Enfoncement d'un poinçon à section plane (indentation) essai statique» [2] sur trois sortes d'asphalte MA 6, MA 8 et MA 11. Cette recommandation 671 970 [2] avait été publiée en 1999 et était applicable à partir du mois de janvier 2000.

Dans la recommandation VSS 671 970 [2] des modifications ont été apportées par rapport à la méthode utilisée auparavant, décrite dans la norme DIN 1996 (partie 3) 1976 [1] et reprise dans la norme er SN 640 440a, dont on espérait une amélioration de la répétabilité et de la reproductibilité. Ces précisions apportées dans la recommandation VSS 671 970 [2] ont pu être introduites dans la norme EN 12697-20: 2003 «Mélanges bitumineux – Méthodes d'essai pour les mélanges hydrocarbonés à chaud – Partie 20: Essai d'indentation sur cubes ou éprouvettes Marshall [3]. Avec l'avant-propos national SN-670 420 cette norme EN [3] a été introduite le 1 janvier 2005 dans le recueil des normes suisses.

Les indications sur la précision des résultats qui sont faites aussi bien dans la recommandation [2] que dans la norme [3], proviennent cependant de la norme DIN [1] car, au moment de l'élaboration de la norme EN [3], on ne disposait pas d'études plus récentes.

Dans ces essais interlaboratoires, on n'a pas constaté d'amélioration des incertitudes de mesure, cela malgré une description minutieuse de l'essai, une information des laboratoires participants avant les essais, l'utilisation d'asphalte d'une régularité optimale produite industriellement ainsi qu'une confection soignée des éprouvettes afin d'obtenir des éprouvettes aussi uniformes que possible.

Les 13 laboratoires participants ont déterminé sur les asphaltes coulés MA 6, MA 8 et MA 11 des écart-types de répétabilité s_r de 7.8 à 10.0 %. Les indications données dans [1], [2] et EN [3] sont elles de 10%. Les écarts-types de reproductibilité s_R atteignaient de 14.7 à 25.2 % alors que les indications données dans [1], [2] et EN [3] sont de 20 %. Les valeurs supérieures à 20 % sont celles obtenues avec l'asphalte MA 11. Comme pour le calcul des précisions, les écart-types sont multipliés par le facteur 2.8, les précisions de répétabilité et de reproductibilité correspondent aussi aux indications de la norme avec 28, respectivement 55 %. Ces incertitudes de mesure ont été déterminées sur des asphaltes présentant des indentations différentes. Les moyennes après 30 minutes (PI 30) atteignaient 3.9 mm pour le MA 6, 2.2 mm pour le MA 8 et 1.3 mm pour le MA 11.

Influences sur l'incertitude de mesure

Comme les résultats de ces essais interlaboratoires confirmaient les précisions de répétabilité et de comparabilité jusqu'ici connues, on a procédé en plus du mandat de recherche à des éclaircissements supplémentaires pour obtenir des informations sur les paramètres d'influence possibles.

L'analyse des essais interlaboratoires «Profondeur d'indentation statique» sur des éprouvettes de caoutchouc qui s'étaient révélées homogènes lors d'examen complémentaires a permis de déterminer l'ampleur de l'influence de la méthode d'essai y compris celle de l'appareil d'essai comme étant de 20 à 30%.

La plus grande influence, avec 70 à 80%, résulte des différences des propriétés des éprouvettes d'asphalte coulé ; en particulier, comme l'on montré des examens complémentaires, des différences de la composition de l'asphalte, de la teneur en vides et de la dureté des liants. Le prélèvement des échantillons et leur subdivision pour la confection des éprouvettes provoquent des inhomogénéités dans l'asphalte coulé dont l'influence sur la profondeur d'indentation est très importante. Le compactage des éprouvettes n'est pas clairement défini dans la norme DIN [1], ni dans la recommandation [2] et pas non plus dans la norme EN [3]. Il en résulte des teneurs en vides différentes qui exercent une

grande influence sur la profondeur d'indentation. L'influence du durcissement variable du liant lors de la confection des cubes devrait être plus faible. La part de chacune de ces différences dans les propriétés n'est toutefois pas quantifiable.

Summary

Round robin test: “static indentation” of mastic asphalt specimens

The round robin test “Static indentation with a flat stamp” was conducted on mastic asphalt cubes in winter 2000/2001 in accordance with VSS Recommendation 671 970 “Bituminous mixtures; Indentation with a flat stamp, static test” [2] on three types of mastic asphalt: MA 6, MA 8 and MA 11. This VSS Recommendation 671 970 [2] was issued in November 1999 and went into effect in January 2000.

In comparison with the previously used method described in DIN 1996 (Part 13), 1976 [1] and adopted in SN 640 440a, several modifications were incorporated into Recommendation 671 970 [2], from which one hoped for improvements in repeatability and reproducibility. The more precise specifications of VSS Recommendation 671 970 [2] were carried over into EN 12697-20: 2003 “Bituminous mixtures - Test methods for hot mix asphalt - Part 20: Indentation using cube or cylindrical specimens” [3]. With the national Foreword SN 670 420, this EN [3] was adopted into the body of Swiss standards on 1 January 2005.

Specifications on the precision of the results given in Recommendation [2] and in Standard [3] derive from DIN [1] because no more recent studies were available at the time EN Standard [3] was being developed.

No improvement of uncertainty in measurement was achieved through the round robin test with 13 laboratories, in spite of the use of meticulous test descriptions, an instruction session for the participating laboratories conducted prior to the round robin test, optimally uniform industrially manufactured mastic asphalt for use as testing material, and careful sampling to obtain specimens of the highest possible uniformity.

A standard deviation of repeatability s_r of 7.8 to 10.0 % for the mastic asphalt types MA 6, MA 8 and MA 11 was determined. [1], [2] and EN [3] prescribe 10 %. The standard deviation of reproducibility s_R ranges from 14.7 to 25.2 %. [1], [2] and EN [3] prescribe 20 %. The values for MA 11 lie above 20 %. When calculating the precision, the standard deviation is multiplied by a factor of 2.8, thus the repeatability and reproducibility also meet the standard requirements with 28 and 55 %. These values for uncertainty in measurement were determined using mastic asphalt types with varying degree of indentation. The mean values after 30 minutes (ET 30) for MA 6, MA 8 and MA 11 are 3.9 mm, 2.2 mm and 1.3 mm.

Influences on uncertainty in measurement

Because the round robin test results confirmed the previously usual levels of repeatability and reproducibility, further studies were conducted beyond the testing mandate that might indicate potential influencing parameters.

In the round robin analysis of “static indentation” on rubber test specimens, which through further investigation proved to be homogeneous, the degree of influence of the test method, including the testing apparatus, was determined to be 20 to 30%.

The greatest influence of about 70 to 80% resulted from the different properties of the mastic asphalt test specimens; especially, as shown by additional investigation, different mastic asphalt compounds, void content and binder hardness. Manufacturing, sampling, and sample division cause non-homogeneousness in mastic asphalt, which has a great influence on indentation depth. The compaction of test specimens is not clearly defined in DIN [1], Recommendation [2] or EN [3]. This leads to differing void content, which has a great influence on indentation. The influence of additional and varying degrees of binder hardening in cube manufacturing is less. However, the proportion of the various individual properties in the results could not be determined.