



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Anforderung an die In-situ- Wasserdurchlässigkeit von of- fenporigem Asphalt

**Exigences pour la drainabilité in situ de bétons bitumineux
drainants**

Requirements for the in situ drainability of porous asphalt

IMP Bautest AG
Dr. Christian Angst, dipl. Ing. ETH

**Forschungsprojekt VSS 2009/501 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

August 2016

1573

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Dr. Christian Angst

Federführende Fachkommission

Fachkommission FK 3: Baustoffe

Begleitkommission

Präsident

Dr. Thomas Arn

Mitglieder

Hans Peter Beyeler
Christophe Bressoud
Hansjörg Byland
Dieter Fux

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://www.mobilityplatform.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	7
	Résumé	9
	Summary	11
1	Einleitung	13
2	Zielsetzungen	15
3	Verwendete Prüfmethode und Mischgutsorten	17
3.1	Prüfmethode	17
3.2	Probekörper	20
3.3	Anforderungen an Deckschichten	21
3.4	Mischgutsorten	21
3.5	Untersuchungsprogramm	22
3.6	Herstellung der Platten	22
3.7	Untersuchungsergebnisse	23
3.7.1	Wasserdurchlässigkeit	23
3.7.2	Luftströmungswiderstand	27
3.7.3	Anteil kommunizierender Hohlräume	28
3.7.4	Schichtdicke	31
3.7.5	Optimierung der Durchlässigkeitsmessung beim PA 4	32
4	Messungen auf Objekten	35
5	Zusammenfassung der Ergebnisse	39
6	Folgerungen	41
7	Dank	43
	Anhänge	45
	Glossar	75
	Literaturverzeichnis	77
	Projektabschluss	79
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	83

Zusammenfassung

Mit 4 verschiedenen PA-Mischgutsorten (PA 4, PA 8, PA 11, PA 16) wurden im Labor Prüfkörper mit unterschiedlichem Verdichtungsgrad und Hohlraumgehalt hergestellt. Die Prüfkörper wurden mittels Walzsegment-Verdichter und Gyratorgerät verdichtet. An diesen Prüfkörper wurden folgende Prüfungen durchgeführt:

- Wasserdurchlässigkeit SN
- In situ Durchlässigkeit EN
- Luftströmungswiderstand
- Hohlraumgehalt
- Kommunizierende Hohlräume
- Verdichtungsgrad

Das Asphaltmischwerk BOZ Baustoff Zentrum Olten/Zofingen hat von vier verschiedenen PA-Sorten je 3 Tonnen hergestellt aus denen je 500 kg Mischgutproben entnommen und in einzelne Schachteln zu ca. 15 kg abgefüllt wurden. Alle 4 PA-Sorten (PA 4, PA 8, PA 11, PA 16) wurden mit demselben Bindemittel hergestellt. Es handelte sich dabei um ein PmB (CH-E) 45/80-65.

Wie zu erwarten war, nimmt die Durchlässigkeit mit zunehmendem Hohlraumgehalt bzw. abnehmendem Verdichtungsgrad zu. Die Zunahme der Wasserdurchlässigkeit in Funktion des Hohlraumgehaltes ist beim PA 4 weniger ausgeprägt als bei den gröberen Mischgutsorten. Beim Wasserdurchfluss (Abb. 2) scheint bei dieser Mischgutsorte ein maximaler Wert bereits mit einem Hohlraumgehalt von ca. 19 Vol.-% erreicht zu sein. Darüber hinaus nimmt die Durchlässigkeit nicht weiter zu. Die durchgeführten Versuche zeigen, dass die Prüfung der Wasser-Durchlässigkeit feinporiger Asphaltsschichten durch die Verwendung von Tensiden zur Reduktion der Oberflächenspannung nicht verbessert werden kann.

Beim PA 4 zeigt die Messung des Luftströmungswiderstandes eine kontinuierliche Abnahme bei steigendem Hohlraumgehalt. Die bei der Messung der Wasserdurchlässigkeit festgestellte Plafonierung kann bei der Luftströmungsmessung nicht beobachtet werden. Offensichtlich differenziert die Messung des Luftströmungswiderstandes bei feinkörnigem Mischgut PA 4 besser als die Messung der Wasserdurchlässigkeit.

Bei gleichem Hohlraumgehalt bestehen grosse Unterschiede; so beträgt der Wasserdurchfluss beim PA 4 mit einem Hohlraumgehalt von 16 Vol.-% 5 l/min; beim PA 11 - bei gleichem Hohlraumgehalt - das Doppelte (10 l/min).

PA 11 und PA 16 zeigen ähnliche Werte der Wasserdurchlässigkeit, während die beiden feinkörnigeren Sorten PA 4 und PA 8 relativ nahe beieinanderliegen.

Offenbar verändert sich im Verlaufe der Verdichtung nicht nur der Hohlraumgehalt, sondern auch die Struktur der Hohlräume und zwar bei den feinkörnigeren Mischungen deutlicher als bei den grobkörnigeren. Betrachtet man den Anteil der kommunizierenden Hohlräume am Gesamthohlraumgehalt in Funktion des Verdichtungsgrades, so stellt man fest, dass die Trendlinien des PA 4 und des PA 8 parallel verlaufen, während die beiden grobkörnigeren Sorten ebenfalls parallel, jedoch mit einer anderen Steigung verlaufen.

Wie zu erwarten war hat die Schichtdicke einen grossen Einfluss auf alle gemessenen Werte. Bei der Festlegung von Anforderungen ist dementsprechend darauf hinzuweisen, dass die Anforderungswerte unter Einhaltung der normierten Schichtdicken zu erfüllen sind.

Um die Datenbasis bezüglich der Erfahrungswerte zu steigern, wurden weitere Messungen (Wasserdurchlässigkeit SN) auf Objekten durchgeführt, bzw aus laufenden Baustel-

len ausgewertet. Auf diese Weise kamen für die PA-Sorte PA 8 sieben weitere Objekte dazu, beim PA 11 waren es 18 Objekte. Zusammen mit den Daten aus [1] standen somit insgesamt 222 Werte zur Verfügung.

Teilweise konnten auch zusätzliche Messungen mit dem europäischen Durchflussmesser durchgeführt werden, um die Korrelation zwischen den beiden Prüfverfahren zu verbessern. Zusammen mit den Daten aus [1] standen somit insgesamt 166 Wertepaare zur Verfügung. Aus diesen Daten, sowie aus den Laboruntersuchungen konnten Anforderungswerte für die Mischgutsorten PA 8 und PA 11 (und PA 16) sowohl die die Messung mit dem Schweizer als auch mit den europäischen Verfahren vorgeschlagen werden. Für die 4-er-Mischgutsorten wird vorgeschlagen die Durchführung des Luftströmungswiderstandes zu überprüfen.

Résumé

Des éprouvettes ont été préparées en laboratoire pour 4 types d'enrobés différents (PA 4, PA 8, PA 11, PA 16), avec différents degrés de compactage et pourcentages de vides. Les éprouvettes ont été compactées à l'aide d'une presse à cisaillement giratoire. Il a été procédé aux essais suivants :

- Perméabilité à l'eau SN
- Drainabilité in situ EN
- Résistance à la perméabilité à l'air
- Teneur en vides
- Vides communicants
- Degré de compactage

L'usine de fabrication d'enrobés bitumeux BOZ Baustoff Zentrum Olten/Zofingen a fabriqué 3 tonnes de chacune des quatre sortes de PA choisie, sur lesquelles il a été respectivement prélevé 500 kg de échantillons d'enrobés, qui ont ensuite été remplis dans des boîtes d'env. 15 kg. Les quatre types d'enrobés (PA 4, PA 8, PA 11, PA 16) ont été obtenus en utilisant le même liant. Il s'agissait d'un liant PmB (CH-E) 45/80-65.

Comme l'on pouvait s'y attendre, la perméabilité augmente avec l'augmentation de la teneur en vides ou la diminution du degré de compactage. L'augmentation de la perméabilité en fonction de la teneur en vides est moins évidente avec l'enrobé PA 4 qu'avec les autres types d'enrobés de granulométrie plus grossière. Il semble que la perméabilité à l'eau atteint, pour ce type d'enrobé, une valeur maximale dès que l'on a une teneur en vides d'env. 19 %-vol. Au-delà, la perméabilité n'augmente plus. Les essais réalisés montrent qu'il n'est pas possible d'améliorer la perméabilité à l'eau de couches bitumineuses de granulométrie fine en utilisant des agents tensioactifs pour réduire la tension superficielle.

Pour l'enrobé de type PA 4, la mesure de la résistance à la perméabilité à l'air montre une diminution constante au fur et à mesure de l'augmentation de la teneur en vides. Le plafonnement constaté lors de la mesure de la perméabilité à l'eau ne peut l'être lors de la mesure du flux de l'air. Apparemment, la mesure de la résistance à la perméabilité à l'air convient mieux à l'enrobé de granulométrie fine PA 4 que la mesure de la perméabilité à l'eau.

On constate d'importantes différences à teneur égale en vides ; ainsi, le débit de l'eau est de 5 l/min. pour le PA 4 avec une teneur en vides de 16 %-vol; il est du double (10 l/min.) pour le PA 11, avec la même teneur en vides.

Le PA 11 et le PA 16 présentent des valeurs de perméabilité à l'eau similaires, tandis que les valeurs sont relativement proches pour les deux types d'enrobés de faible granulométrie PA 4 et PA 8.

Manifestement, non seulement la teneur en vides évolue au cours du compactage, mais aussi la structure des vides. Cela ressort plus clairement avec les enrobés de granulométrie fine qu'avec les enrobés grossiers. Si l'on considère le pourcentage de vides communicants par rapport à la teneur en vides totale en fonction du degré de compactage, on constate alors que les courbes du PA 4 et du PA 8 poursuivent une évolution parallèle, tandis que les deux types d'enrobés de granulométrie plus grossière évoluent également en parallèle, mais en suivant une autre pente de la courbe de regression.

Comme l'on pouvait s'y attendre, l'épaisseur de la couche a une forte influence sur toutes les valeurs mesurées. Lors de la stipulation des exigences, il faudra donc attirer l'attention sur le fait que les valeurs exigées doivent être atteintes en respectant les épaisseurs de couche normées.

- Pour enrichir la base de données avec d'autres valeurs, il a été procédé à des mesures supplémentaires (perméabilité à l'eau SN) sur des objets, ou des chantiers en cours. On a ainsi rajouté, pour le PA 8, sept autres objets, et 18 pour le PA 11. Cela a permis de disposer de 222 valeurs au total, y.c. les données de la recherche précédente. D'autres mesures ont également pu être réalisées, en partie, avec le débitmètre européen, afin d'améliorer la corrélation entre les deux méthodes d'essais. Avec les données obtenues en dans la recherche précédente, on a ainsi pu disposer de 166 paires de variables aléatoires. Ces données, mais aussi les expériences menées en laboratoire, ont permis de proposer des valeurs à exiger pour les enrobés PA 8 et PA 11 (et PA 16), autant pour les mesures réalisées selon la méthode suisse que selon la méthode européenne. Pour les PA 4, il est proposé d'évaluer la résistance à la perméabilité à l'air, laquelle semble être plus significative.

Summary

Using 4 different PA mixture types (PA 4, PA 8, PA 11, PA 16) test specimens of different densities and voids content were produced in the laboratory. The specimens were compacted using a roller sector compactor and gyratory compactor. The following tests were carried out on these specimens:

- Water permeability SN
- In situ permeability EN
- Air flow resistance
- Voids content
- Interconnected voids
- Density

The asphalt mixing plant BOZ Baustoff Zentrum Olten/Zofingen produced 3 tons of four different PA types respectively. From each of these 500 kg of mix specimens were taken and filled into individual boxes weighing approx. 15 kg. All PA types (PA 4, PA 8, PA 11, PA 16) were produced using the same binder. This binder was PmB (CH-E) 45/80-65.

As expected, the permeability increases with an increasing voids content or a decreasing density. The increase in water permeability as a function of voids content is less pronounced with PA 4 than with the coarser types of mix. With regard to the water flow (Abb. 2), in this mixture type a maximum value already appears to be attained at 19 % voids content (volume %). Beyond this value the permeability ceases to increase. The tests carried out underscore that the testing of the water permeability of asphalt layers with fine pore structure cannot be improved by using surfactants to reduce surface tension.

With the PA 4 mix the measurement of airflow resistance indicates a steady decrease in the air flow resistance as the voids content increases. The limitation encountered in the water permeability measurement does not occur during the airflow measurement. It would thus appear that the measurement of airflow resistance in a fine graded PA 4 mix is more suitable than the water permeability measurement.

With equal voids content there are still significant differences; for instance, the water flow rate in PA 4 with a 16 % voids content is 5 l/min; in PA 11 – having the same voids content – it is twice as much (10 l/min).

PA 11 and PA 16 mixes show similar water permeability values, whereas the two finer grade types PA 4 and PA 8 are only relatively close.

It would appear that during compaction it is not only the voids content that changes but also the structure of the voids, and this occurs more significantly with the finer grade mixtures than with the coarser grade mixtures. When considering the proportion of interconnected voids in the overall voids content as a function of density, it can be seen that the trend lines of the PA 4 and PA 8 remain in parallel, whereas the two coarser grade types also run parallel, but with a different gradient.

As was to be expected, the layer thickness has a major impact on all of the measurements made. When defining requirements it must therefore be pointed out that the requirements are to be met while adhering to the standardised layer thicknesses.

To increase the database in terms of values based on experience further measurements (water permeability SN) were carried out on objects and measurements from construction sites were analysed. In this way, there were seven further objects added for the PA type PA 8, and for the type PA 11 there were 18 objects. Together with the data from [1] a total of 222 values was then available.

In some cases it was possible to carry out additional measurements using the European flowmeter in order to improve the correlation between the two test methods. Together with the data available from [1] a total of 166 pairs of values was available in all. Using these data and also using the laboratory tests it was possible to put forward requirement values for mix types PA 8 and PA 11 (and PA 16) both for the measurement using the Swiss method and for the measurement using the European methods. For the PA 4- type mixtures the measurement of airflow resistance is proposed.