



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**

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



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

	<b>Impressum</b> .....	<b>4</b>
	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>7</b>
	<b>Résumé</b> .....	<b>9</b>
	<b>Summary</b> .....	<b>11</b>
<b>1</b>	<b>Einleitung</b> .....	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>Zielsetzungen</b> .....	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Verwendete Prüfmethode und Mischgutsorten</b> .....	<b>17</b>
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
<b>4</b>	<b>Messungen auf Objekten</b> .....	<b>35</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung der Ergebnisse</b> .....	<b>39</b>
<b>6</b>	<b>Folgerungen</b> .....	<b>41</b>
<b>7</b>	<b>Dank</b> .....	<b>43</b>
	<b>Anhänge</b> .....	<b>45</b>
	<b>Glossar</b> .....	<b>75</b>
	<b>Literaturverzeichnis</b> .....	<b>77</b>
	<b>Projektabschluss</b> .....	<b>79</b>
	<b>Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen</b> .....	<b>83</b>



## 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 atteigne, 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.

# 1 Einleitung

Bei Unfallschwerpunkten mit knappem Fallliniengefälle ist der Einbau eines offenporigen Belages nach wie vor eine bewährte Massnahme. Der Einbau der drainierenden Deckschicht erhöht die Verkehrssicherheit indem das Wasser aus der Kontaktfläche Reifen/Belag abgeführt wird. Griffigkeitsdefizite treten dann auf, wenn das Wasser aus der Kontaktfläche zwischen dem Reifen und der Fahrbahn nicht abfliessen kann. Bei ungünstigen Verhältnissen (zu geringe Texturtiefe des Belages, knappes Gefälle, langer Weg des Wasserabflusses, starker Regen etc) und hohen Geschwindigkeiten kann der Reifen den Wasserfilm nicht mehr durchbrechen. Anstelle eines trockenen Kontaktes Reifen-Oberfläche schwimmt der Reifen auf dem Wasserfilm und es entsteht Aquaplaning. Die Kraftübertragung Reifen – Oberfläche ist nicht mehr möglich; die Fahrzeuge können nicht mehr gelenkt werden.

Eine ausreichende Drainage, so wie sie mit der hohlraumreichen Struktur des offenporigen Asphalts gewährleistet wird, verhindert das Auftreten des Aquaplanings. Es ist daher von grosser Wichtigkeit, dass hohe Werte der Wasserdurchlässigkeit erreicht werden. Um dies durchzusetzen sind entsprechende Anforderungswerte erforderlich.

Die PA 8 Beläge besitzen eine deutlich geringere Wasserdurchlässigkeit als die PA 11 Beläge [1]. Diese Beobachtung hat die Experten-Kommission EK 5.01 des VSS dazu bewogen, die Anforderungen für PA Deckschichten auf das Durchlässigkeitsvermögen der PA 8 zu reduzieren; der bisherige Sollwert von 15 l/min wurde auf 10 l/min geändert. Somit konnte das Risiko beseitigt werden, dass die Deckschichten aus PA 8 die Abnahmewerte in der Regel nicht erfüllen würden. Diese reduzierte Anforderung mag für die PA 8, die wegen ihren guten Lärmeigenschaften eingebaut werden, genügen. An den Stellen jedoch, wo der PA-Belag auf Grund seiner drainierenden Eigenschaften eingesetzt wird, steht der PA 11 im Vordergrund. Es ist nun die unglückliche Situation entstanden, dass gerade an den Stellen, wo eine hohe Wasserdurchlässigkeit erforderlich ist, die Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit reduziert wurden. Es ist das Ziel des Projektes diese Lücke zu schliessen.

Der im November 2008 abgeschlossene Forschungsbericht VSS 2006/504 hat nebenbei gezeigt, dass PA 8 Beläge eine deutlich tiefere Wasserdurchlässigkeit besitzen als die PA 11 Beläge. Da das abgeschlossene Projekt ein anderes Ziel verfolgte, konnte dieser Frage nicht nachgegangen werden. Es besteht das Bedürfnis, für die einzelnen PA Sorten separate Anforderungen auszuarbeiten. Die Anforderungswerte für PA 8 und PA 11 sollten in die Norm „Walzasphalt Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten“ [6] Eingang finden. Werte für PA 4 und PA 16 würden als Richtwerte für die wenigen Anwendungen, die hier und da mal entstehen dienen. Die heute normierten SDA 4 D [14] entsprechen einem PA 4. Da diese Mischgutsorten aus Gründen des Lärmschutzes eingebaut werden, ist die Wasserdurchlässigkeit nur indirekt von Interesse. Bei diesen Schichten dient sie als Hinweis, ob die gewünschten offenen, kommunizierenden Poren erreicht wurden.

In den letzten Jahren wurden die Zusammenhänge zwischen der Korngrösse, der effektiven Porosität und der Wasserdurchlässigkeit von PA durch mehrere Autoren untersucht [5][15][16]. Die Ergebnisse zeigen alle eine grosse Abhängigkeit der Wasserdurchlässigkeit von der Korngrösse. Die Arbeiten wurden mit unterschiedlichen Messgeräten durchgeführt, da jedes Land seine eigene Messvorrichtung bevorzugt. Weil keine Korrelation zwischen den einzelnen Prüfgeräten bekannt sind, können die Ergebnisse aus der Literatur nicht direkt für das Schweizerische Normenwerk verwendet werden. Zudem sind uns keine Studien mit dem europäischen Drainometer bekannt.



## 2 Zielsetzungen

Auf der Basis des abgeschlossenen Projektes „in situ Validierung des neuen europäischen Drainometers„ [1] wurden die Ziele für das vorliegende Forschungsprojekt wie folgt festgelegt:

- Durchführung von Untersuchungen zur Festlegung von Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit von Deckschichten aus offenporigem Asphalt PA
- Die Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit von Deckschichten sollen für die am meisten verwendeten Sorten PA 8 und PA 11 festgelegt werden. Deckschichten aus PA 4 und PA 16 bilden Ausnahmen, für die lediglich Richtwerte definiert werden sollten



## 3 Verwendete Prüfmethode und Mischgutsorten

### 3.1 Prüfmethode

#### Herstellung von Marshallprüfkörpern

Die Herstellung von Marshallprüfkörpern erfolgt nach SN 670 430 „Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 30: Probenvorbereitung, Marshall-Verdichtungsgerät“ [2] Die in der Norm festgelegte Verdichtungsenergie beträgt 2x50 Schläge. Die Verdichtungsenergie beträgt gemäss Produkte-Angaben des verwendeten polymermodifizierten Bitumens  $155 \pm 5 \text{ °C}$ .

#### Plattenherstellung von Platten im Labor

Zur Prüfung der Wasserdurchlässigkeit im Labor war es erforderlich auch grössere Platten unter kontrollierten und wiederholbaren Laborbedingungen herzustellen. Da eine Verdichtung mit dem in der Schweiz üblicherweise verwendeten Verdichtungsgerät mit Gummi-Reifen zu einer geschlossenen Oberfläche führt, fiel die Wahl auf den Walzsegment-Verdichter. Bei diesem Verfahren wird das Mischgut mit einer glatten Stahl-Oberfläche, analog einer Glattmantel-Walze verdichtet (SN 670 433 „Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 33: Probestückvorbereitung mit einem Walzenverdichtungsgerät“ [3]). Die Platten sind 500 mm lang, 180 mm breit; die Schichtdicke kann variiert werden.

#### Herstellung von Gyrator-Prüfkörper

Die Verdichtung im Gyrator-Prüfgerät wird erfolgt durch die Kombination einer drehenden Schubkraft und einer vertikalen Kraft erreicht. Die Prüfmethode ist in der Norm SN 670 431 „Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 31: Herstellung von Probekörpern mit dem Gyrator-Verdichter“ [4] beschrieben.

#### Wasserdurchlässigkeit

Zur Bestimmung der Wasserdurchlässigkeit gibt es mehrere Prüfmethode [5] [7] [15] [16] wobei zwei davon in der Schweiz eine Rolle spielen. Einerseits ist es die in der Schweiz bisher übliche Methode „Yverdon“ gemäss SN 640 430b Anhang 2 [6] und andererseits die noch nicht eingeführte, europäische Methode gemäss EN 12697-40 [7]. In [1] wurden diese beiden Methoden einander gegenübergestellt, sowie Verbesserungen zur damals geltenden EN-12697-40 in den entsprechenden CEN-Gremien (TC 227/WG1/TG2) vorgeschlagen. Tab. 1 fasst die wichtigsten Kenngrössen der beiden Prüfmethode zusammen.

**Tab. 1** Vergleich der beiden verwendeten Prüfmethode zur Bestimmung der Durchlässigkeit

Gerät	Durchfluss	Prüffläche [mm <sup>2</sup> ]	Dichtung	Einheit des Ergebnisses
SN	Stationär (konstante hydraulische Höhe)	45200	Kitt	l/min
EN	Abnehmend (variable hydraulische Höhe)	7850	Schaumgummi	s <sup>-1</sup>

Zur Unterscheidung der beiden Prüfverfahren werden in diesem Bericht nicht nur die in der entsprechenden Normdefinierten Begriffe verwendet, sondern sie werden zusätzlich mit dem Zusatz „SN“ bzw. „EN“ gekennzeichnet:

Wasserdurchlässigkeit SN  
in-situ-Durchlässigkeit EN

Bei der Wasserdurchlässigkeit SN wird der Wasserpegel in einem Rohr durch Regulierung der Wasserzufuhr konstant gehalten und es wird der dazu erforderliche Wasserdurchfluss in Liter pro Minute als Ergebnis angegeben.

Bei der in-situ-Durchlässigkeit EN wird das Messrohr aufgefüllt und es wird die Zeit gemessen, welche benötigt wird um den Wasserpegel von einer ersten zu einer zweiten Messmarke abzusenken. Als Ergebnis wird die relative Wasserdurchlässigkeit gemäss folgender Formel berechnet:

$$HC = 1 / (t - r)$$

Wobei:

HC Hydraulic Conductivity  
t gemessene Zeit in Sekunden  
r gerätespezifischer Korrekturfaktor

### Luftströmungswiderstand

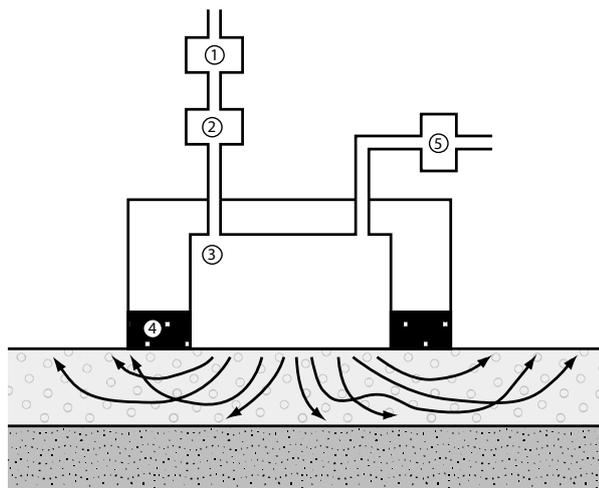
Die Bestimmung des Luftströmungswiderstandes erfolgte in Anlehnung ISO 9053 [8] und DIN EN 29053 [9]. Diese Prüfmethode wird zur Charakterisierung der Oberfläche von Deckschichten aus semidichtem Asphalt verwendet und dient der Beurteilung der akustischen Eigenschaften der Deckschicht [10]. Pro Laborplatte wurde jeweils an drei verschiedenen Stellen der Luftströmungswiderstand ermittelt. Die im Labor hergestellten Platten wurden zur Messung auf eine dichte Gummimatte gelegt.

Das Messgerät ist in Abb. 2 fotografiert. Gemessen wird der Überdruck in der Kammer in Abhängigkeit zum geregelten Durchfluss der in die Kammer eintretenden Luft. Die Messung wurde auf zwei nebeneinanderliegenden PA Platten, welche mit Schraubzwingen aneinandergedrückt wurden durchgeführt. Die Dichtung aus Schaumstoff wurde mit einer Auflast von insgesamt 60 kg angedrückt.

Der Luftströmungswiderstand wird definiert als Quotient des Überdruckes in der Kammer  $\Delta p$  zum Durchfluss  $q$ . Der spezifische Strömungswiderstand  $R_s$  wird definiert als Quotient des Überdruckes zur Strömungsgeschwindigkeit  $q/A$  ( $A$  bezeichnet die Prüffläche). Diese Definition wird in der folgenden Gleichung erläutert.

$$R_s = A \frac{\Delta p}{q}$$

Der spezifische Luftströmungswiderstand eines Strassenbelages wird bei einer empirisch festgelegten Luftströmungsgeschwindigkeit von 0.0125 m/s bestimmt.



**Abb. 1** Messapparatur zur Bestimmung des Luftströmungswiderstandes bestehend aus (1) Kompressor, (2) Durchflussregler, (3) Kammer, (4) Dichtung und (5) Differenzdrucksensor. Der Innendurchmesser der Kammer beträgt 100 mm



**Abb. 2** Versuchsaufbau zur Bestimmung des Luftströmungswiderstandes

Es gibt keine normierten Anforderungen an den Luftströmungswiderstand; je nach Mischgutsorte variiert er zwischen 40 und 40000 Pa·s·m<sup>-1</sup>. In Abhängigkeit zum Hohlraumgehalt der Deckschichten können folgende Richtwerte angegeben werden:

PA	1000 – 8'000	Pa·s·m <sup>-1</sup>
SDA	6'000 – 20'000	Pa·s·m <sup>-1</sup>
AC	15'000 – 40'000	Pa·s·m <sup>-1</sup>

Zu beachten ist der Unterschied zwischen Messungen auf Platten im Labor und Messungen in situ. Aufgrund der unterschiedlichen Geometrie der Prüfanordnung entstehen grundsätzlich unterschiedliche Ergebnisse. Während bei den Messungen in-situ die Asphalt-Deckschicht „unendlich“ gross ist, liegen die seitlichen Abgrenzungen der Labor-Prüfplatte im Einflussbereich der Messung. Dies erklärt, weshalb im Labor generell kleinere Werte des Luftströmungswiderstandes gemessen werden. Ein Beispiel eines Vergleiches von Messungen in-situ / im Labor ist in Tab. 2 aufgeführt.

**Tab. 2** Gegenüberstellung von Messungen des Luftströmungswiderstandes im Labor und auf der Baustelle eines hohlraumreichen, lärmarmen Belages.

	Luftströmungswiderstand [Pa·s·m <sup>-1</sup> ]
Im Labor	858
Auf der Baustelle	3962

#### Anteil kommunizierender Hohlräume

Die Bestimmung des Anteils kommunizierender Hohlräumen erfolgt nach AFNOR P 98-254-2 [11]. Die Mantelfläche und eine Stirnfläche des Prüfkörpers werden mit Klebeband und Paraffinfolie abgedichtet und anschliessend in flüssiges Paraffin getaucht (Abb. 3).



**Abb. 3** Links: Prüfkörper mit Klebeband und Paraffinfolie umhüllt; rechts: nach dem Eintauchen in ein Paraffin-Bad.

Der Prüfkörper wird trocken gewogen, mit Wasser gesättigt (das überschüssige Wasser wird mit Filterpapier an der oberen Stirnfläche aufgesaugt) und nochmals gewogen. Das Volumen des Wassers entspricht dem Anteil kommunizierender Hohlräume.

## 3.2 Probekörper

### **Marshall**

Marshall-Probekörper werden in einer zylindrischen Form mit einem Innendurchmesser von  $101.6 \pm 0.1$  mm mit einer für alle Mischgutsorten gleichbleibenden Verdichtungsenergie verdichtet. Marshall-Probekörper dienen der Bestimmung der Referenz-Raumdicke des jeweiligen Mischgutes.

### **Gyrator**

Gyrator-Probekörper werden in einer zylindrischen Form mit einem Innendurchmesser von  $100.0 \pm 0.1$  mm und bis zu einer Höhe von  $100.0 \pm 2.5$  mm verdichtet. Die Raumdicke des Prüfkörpers wird durch die Anzahl Umdrehungen gesteuert.

### **Stahlwalzplatten**

Platten werden in einer prismatischen Form mit einem Innenmass von 500x180 mm bis zu der gewünschten Höhe verdichtet. Die Raumdicke des Prüfkörpers wird durch die Einwaage gesteuert.

### 3.3 Anforderungen an Deckschichten

Die aktuellen Anforderungen (gültig seit Februar 2008) an die Wasserdurchlässigkeit SN von PA sind in SN 640 430b [6] festgelegt. Tab. 3 zeigt die Anforderungen für die Deckschichten PA 8 und PA 11. Die Mischgutsorten PA 4 und PA 16 sind in der Norm nicht erwähnt.

**Tab. 3** Anforderungen an den Hohlraumgehalt und die Wasserdurchlässigkeit von PA Deckschichten gemäss nach SN 640 430b [6]

Mischgutsorte		Hohlraumgehalt Bohrkerne [%]	Wasserdurchlässigkeit [l/min]
PA 8	Einzelwert	15.0 ... 23.0	≥ 7
	Mittelwert	16.0 ... 22.0	≥ 10
PA 11	Einzelwert	15.0 ... 23.0	≥ 7
	Mittelwert	16.0 ... 22.0	≥ 10

Die beiden Verfahren zur Bestimmung der Durchlässigkeit liefern Ergebnisse, welche in einer linearen Korrelation zu einander stehen. Dank dieser Korrelation wurde es möglich, die in der Norm SN 640 430b festgelegten Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit SN in Richtwerte für die in-situ-Durchlässigkeit EN zu übertragen [1] (siehe Tab. 4).

**Tab. 4** Richtwerte an die in-situ-Durchlässigkeit EN von PA Deckschichten gemäss [1]

Mischgutsorte	HC <sub>min</sub> Einzelwert [s <sup>-1</sup> ]	HC <sub>min</sub> Mittelwert [s <sup>-1</sup> ]
PA 8	0.02	0.03
PA 11	0.03	0.04

### 3.4 Mischgutsorten

Das Asphaltmischwerk BOZ Baustoff Zentrum Olten 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 mit den Eigenschaften gemäss Tab. 5.

**Tab. 5** Bindemittelleigenschaften des verwendeten PmB

Eigenschaften	Anforderung SN 670 210 [12]	Soll-Wert Produkte-blatt	Probe ab Tank
Penetration [1/10 mm]	45 ... 80	60	69
EP R&K [°C]	> 65	72	56

An allen vier Mischgutsorten wurden folgende Untersuchungen durchgeführt:

- Bestimmung der Korngrössenverteilung
- Bestimmung des löslichen Bindemittelgehaltes
- Bestimmung der Raumdichte, der Rohdichte und Berechnung des Hohlraumgehaltes

Die einzelnen Atteste sind im Anhang I und in Tab. 6 zusammengefasst.

**Tab. 6 Zusammenfassung der wesentlichen Ergebnisse der Mischgutuntersuchungen**

Mischgut	lösl. Bindemittel- gehalt [Masse-%]	Rohdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Raumdichte [kg/m <sup>3</sup> ]	Hohlraum-Gehalt [Vol.-%]
PA 4	6.27	2432	1951	19.8
PA 8	5.91	2445	2019	17.4
PA 11	5.56	2457	2013	18.1
PA 16	4.24	2506	2007	19.9

### 3.5 Untersuchungsprogramm

Mit 4 verschiedenen PA-Mischgut-Sorten (siehe Kap 3.4), welche sich durch das Grösstkorn unterscheiden (PA 4, PA 8, PA11, PA16), wurden im Walzsegmentverdichter Platten mit 3 unterschiedlichen Verdichtungsgraden hergestellt. Auf diese Weise konnte nicht nur der Einfluss des Grösstkornes auf die Wasserdurchlässigkeit untersucht werden, sondern auch der Einfluss des Hohlraumgehaltes.

Anhand von unterschiedlich verdichteten Gyrator-Prüfkörpern wurde der Anteil kommunizierender Hohlräume bei den vier verwendeten PA-Sorten bestimmt und in Relation zum Gesamthohlraumgehalt gesetzt.

Zudem wurde am Beispiel des PA 4 der Einfluss der Schichtdicke untersucht, in dem Platten mit Schichtdicken von 25 und 50 mm verdichtet wurden.

An den im Labor verdichteten Platten wurden der Hohlraumgehalt und der Verdichtungsgrad bestimmt und anschliessend die Wasserdurchlässigkeit gemessen.

Obwohl bereits in [1] eine Korrelation zwischen der Wasserdurchlässigkeit SN und der in-situ-Durchlässigkeit EN erstellt wurde, kamen beide Prüfverfahren zur Anwendung. Damit wollte man die Datenbasis für die spätere Festlegung von Anforderungen ausweiten.

### 3.6 Herstellung der Platten

Im Walzsegmentverdichter [3] wurden pro Mischgutsorte und Verdichtungsgrad zwei Platten hergestellt, wobei die in der Tab. 7 aufgeführten Verdichtungsgrade angestrebt wurden; wir hatten uns eine Toleranz von  $\pm 0.5\%$  zugestanden.

**Tab. 7 Sollwerte der Verdichtungsgrade für die im Walzsegmentverdichter herzustellenden Platten.**

Verdichtungsgrad [%]	sehr tief	tief	optimal	hoch
PA 4	93	96	99	102
PA 8		96	99	102
PA 11		96	99	102
PA 16		96	99	102

Die angestrebten Verdichtungsgrade wurden nicht ganz erreicht und die ursprünglich festgelegte tolerierbare Abweichung zu den Sollwerten teilweise überschritten. Da jedoch eine genügend grosse Abstufung der Werte erzielt wurde, konnten die erstellten Platten zielführend verwendet werden.

**Tab. 8** Mittelwerte aus zwei Platten der effektiv erreichten Verdichtungsgrade an den Platten aus dem Walzsegment-Verdichter

	Verdichtungsgrade [%]		
PA 4	97.0	100.7	104.3
PA 8	96.6	99.3	100.9
PA 11	96.9	101.3	102.6
PA 16	97.1	99.6	102.0

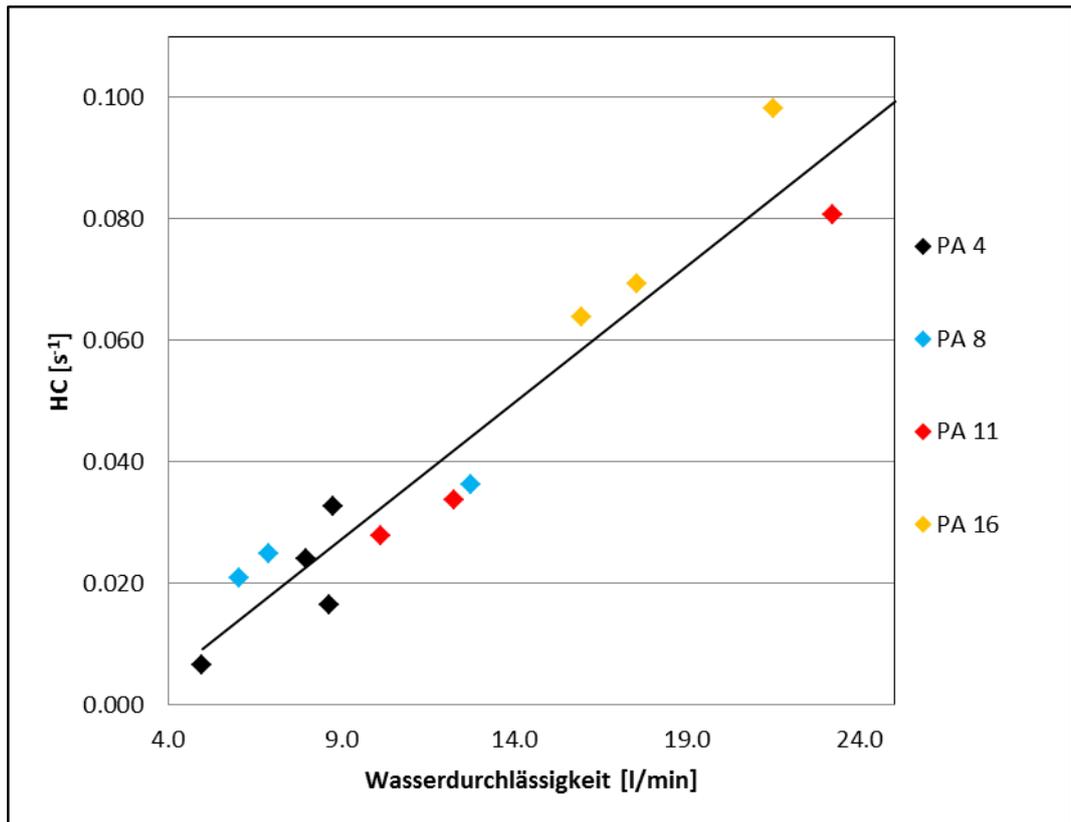
## 3.7 Untersuchungsergebnisse

### 3.7.1 Wasserdurchlässigkeit

Die Ergebnisse der Wasserdurchlässigkeit SN und der in-situ-Durchlässigkeit EN an den Laborplatten sind in der Tab. 9 und der Abb. 4 aufgeführt. Die in-situ-Durchlässigkeit EN (HC; Hydraulic Conductivity) wird dabei gemäss Kapitel 3.1 aus der Ausflusszeit berechnet.

**Tab. 9** Gegenüberstellung der Wasserdurchlässigkeit SN (in l/min) und der in-situ-Durchlässigkeit EN (HC; Hydraulic Conductivity in s<sup>-1</sup>)

	Verdichtungsgrad	Hohlraumgehalt	Wasserdurchlässigkeit SN			in-situ Durchlässigkeit EN			HC [s <sup>-1</sup> ]*
	[%]	[Vol.-%]	[l/min]			Ausflusszeit in Sekunden			
			EW	EW	MW	EW	EW	MW	
PA 4	95.1	23.7	8.3	9.2	8.8	32.1	31.8	31.95	0.033
	97.0	22.2	8.3	7.6	8.0	42.7	43.1	42.9	0.024
	100.7	19.2	9.3	8.0	8.7	63.5	59.9	61.7	0.017
	104.3	16.3	5.1	4.9	5.0	150.7	151.7	151.2	0.007
PA 8	96.6	20.2	12.7	12.8	12.8	28.7	29.4	29.05	0.036
	99.3	18.0	7.0	6.9	6.9	40.8	42.4	41.6	0.025
	100.9	16.7	6.1	6.0	6.0	48.3	50.6	49.45	0.021
PA 11	96.9	20.6	23.9	22.5	23.2	13.8	13.8	13.8	0.081
	101.3	17.0	12.6	12.0	12.3	30.3	31.9	31.1	0.034
	102.6	15.9	10.1	10.2	10.1	36.4	38.1	37.25	0.028
PA 16	97.1	22.3	21.4	21.5	21.5	11.5	11.7	11.6	0.098
	99.6	20.3	17.3	17.8	17.6	15.6	16.1	15.85	0.069
	102.0	18.4	16.2	15.7	15.9	16.9	17.2	17.05	0.064



**Abb. 4** Gegenüberstellung der Wasserdurchlässigkeit SN (in l/min) und der in-situ-Durchlässigkeit EN (in s<sup>-1</sup>) an Laborplatten

Aus den 13 Wertepaaren der Laborplatten (siehe Tab. 9) kann folgende lineare Regression berechnet werden wobei der Korrelationskoeffizient R<sup>2</sup> 0.92 beträgt.

$$y = 0.0045 \times \left[ \frac{\text{min}}{\text{l} \cdot \text{s}} \right] - 0.0132 \left[ \frac{1}{\text{s}} \right]$$

wobei

y : in-situ-Durchlässigkeit EN [ s<sup>-1</sup> ]

x: Wasserdurchlässigkeit SN [l/min]

Es überrascht nicht, dass der Korrelationskoeffizient der Werte aus Laborplatten höher liegt, sind doch die Prüfbedingungen im Labor einheitlicher als in der Praxis. Dass beide Konstanten (a, b) der Gleichung wesentlich von den Ergebnissen aus [1] abweichen hat damit zu tun, dass in der Tab. 9 PA-Schichten mit einem Grösstkorn von 4 bis 16 mm ausgewertet wurden, während in [1] nur Werte aus PA 8 und PA 11 zur Verfügung standen.

Werden die Werte vom PA 16, der eine hohe Wasserdurchlässigkeit aufweist, entfernt, nähert sich die Kurve mit einer Korrelation von  $y=0.0036x - 0.0065$  wieder der aus [1] bekannten Korrelation. Dass es Unterschiede gibt zwischen den Resultaten mit Laborplatten zu den Daten, die bei eingebauten Schichten gemessen wurden ist nicht überraschend, da Laborplatten mit ihren kleinen Dimensionen physikalisch andere Randbedingungen setzen.

In [1] konnte zwischen den Werten der Wasserdurchlässigkeit SN und der hydraulischen Leitfähigkeit (in-situ-Durchlässigkeit EN) für neu eingebaute PA-Schichten (PA 8 und PA 11) folgende lineare Regression berechnet werden:  $y = 0.0026 x + 0.0028$  wobei der Korrelationskoeffizient  $R^2$  0.78 betrug. Interessant war zu beobachten, dass für PA-Schichten, welche bereits eine Zeitlang in Betrieb waren, die Steigung der linearen Korrelation praktisch identisch war, dass jedoch die Regressionsgerade verschoben war. Bei den PA-Deckschichten „in Betrieb“ betrug der Korrelationskoeffizient  $R^2$  0.85.

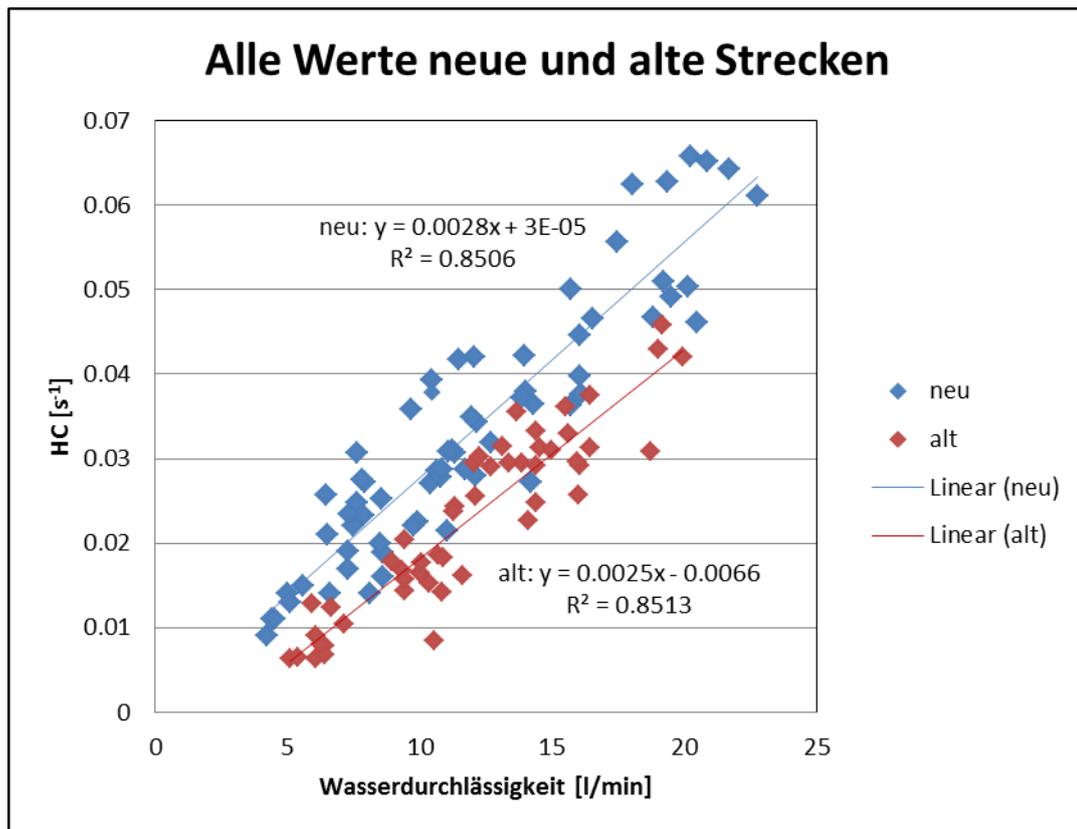
Werden die Werte aus dem vorliegenden Bericht hinzugefügt, erhält man für neue PA-Schichten eine Regression von  $y = 0.0028 x + 0.00003$  mit einem Korrelationskoeffizient  $R^2$  von 0.85. Auch der in [1] festgestellte Unterschied zwischen befahrenen und neuen Belägen bestätigt sich, denn für die älteren PA-Schichten ergibt sich eine Korrelation von  $y = 0.0025 x - 0.0066$  ( $R^2$  0.85). Die kleinere Steigung der Regressionsgeraden bei den älteren Schichten kann damit begründet werden, dass Verschmutzungen bei der SN Methode eher aus den Poren herausgespült werden kann, während sie bei der EN-Methode einen zusätzlichen Widerstand darstellen. So ergeben sich bei verschmutzten Schichten tendenziell kleinere Werte bei der EN-Methode als bei der SN-Methode. Für die weiteren Betrachtungen wird für neue Strecken mit folgender Korrelation gerechnet:

$$y = 0.0028 x \left[ \frac{\text{min}}{\text{l} \cdot \text{s}} \right] + 3 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{1}{\text{s}} \right]$$

wobei

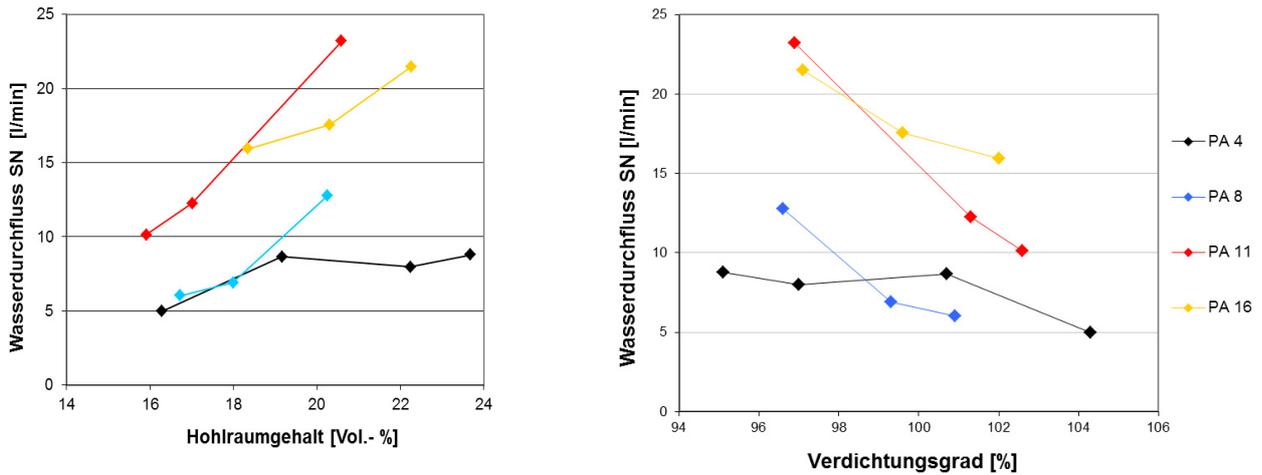
y : in-situ-Durchlässigkeit EN [ s<sup>-1</sup> ]

x: Wasserdurchlässigkeit SN [l/min]

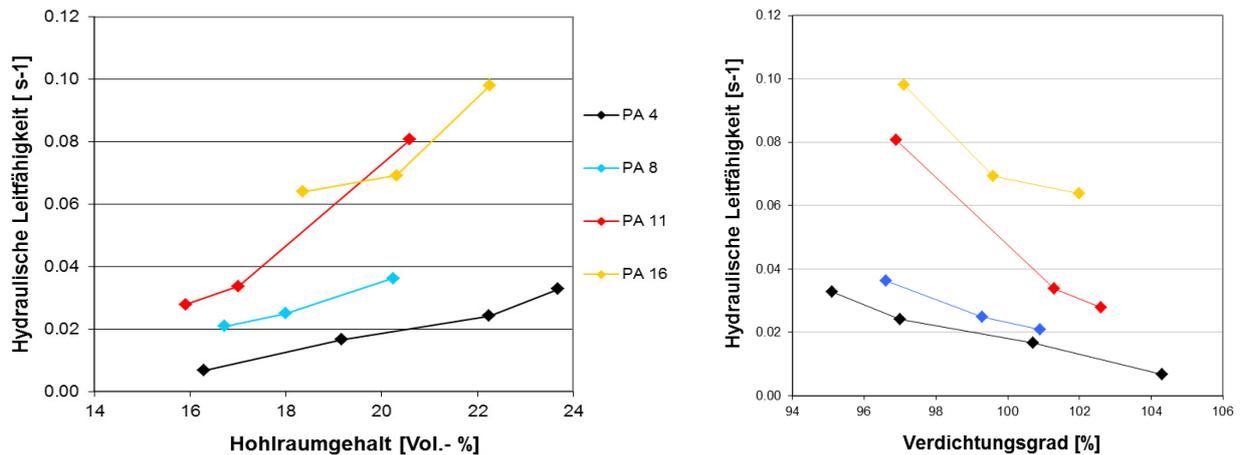


**Abb. 5** Gegenüberstellung der Wasserdurchlässigkeit SN (in l/min) und der in-situ-Durchlässigkeit EN (in s<sup>-1</sup>); Messungen an verschiedenen Objekten

In den folgenden Abb. 6 und Abb. 7 wurde der Wasserdurchfluss SN und die hydraulische Leitfähigkeit (bestimmt gemäss in-situ-Durchlässigkeit EN) der 4 PA-Sorten in Abhängigkeit des Hohlraumgehaltes und des Verdichtungsgrades grafisch aufgezeigt.



**Abb. 6** Wasserdurchfluss SN der 4 PA-Sorten in Abhängigkeit des Hohlraumgehaltes und des Verdichtungsgrades



**Abb. 7** Hydraulische Leitfähigkeit (bestimmt gemäss in-situ-Durchlässigkeit EN) der 4 PA-Sorten in Abhängigkeit des Hohlraumgehaltes und des Verdichtungsgrades

Die Untersuchungsergebnisse zeigen folgende Zusammenhänge:

Wie zu erwarten war, nimmt die Durchlässigkeit mit zunehmendem Hohlraumgehalt zu.

Die Zunahme der Wasserdurchlässigkeit in Funktion des Hohlraumgehaltes ist beim PA 4 weniger ausgeprägt als bei den größeren Mischgutsorten. Beim Wasserdurchfluss (Abb. 6) scheint ein maximaler Wert bereits mit einem Hohlraumgehalt von ca. 19 Vol.-% erreicht zu sein. Darüber hinaus nimmt die Durchlässigkeit nicht weiter zu.

Die Darstellung der Durchlässigkeit in Abhängigkeit des Verdichtungsgrades bringt keine weitere Information gegenüber der Darstellung in Abhängigkeit zum Hohlraumgehalt.

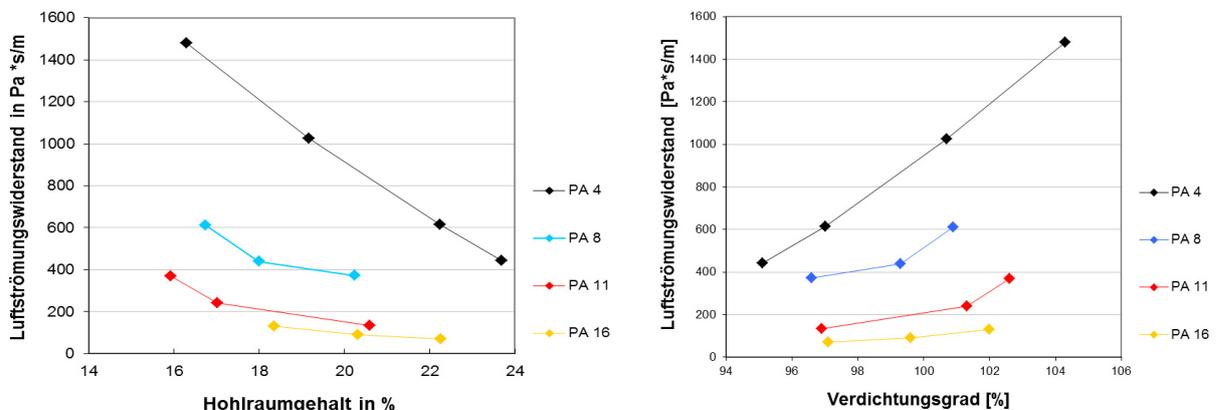
Bei gleichem Hohlraumgehalt bestehen grosse Unterschiede; so beträgt der Wasserdurchfluss beim PA 4 mit einem Hohlraumgehalt von 16 Vol.-% 5 l/min; beim PA 11 - bei gleichem Hohlraumgehalt - das Doppelte (10 l/min).

PA 11 und PA 16 zeigen ähnliche Werte, während die beiden feinkörnigeren Sorten PA 4 und PA 8 relativ nahe beieinanderliegen. Bei der Festlegung von Anforderungen könnten möglicherweise zwei Gruppen gebildet werden: PA 11/PA 16 und PA 8/PA 4.

### 3.7.2 Luftströmungswiderstand

**Tab. 10** Ergebnisse des Luftströmungswiderstandes in Abhängigkeit zu Hohlraumgehalt und Verdichtungsgrad

	Verdichtungsgrad	Hohlraumgehalt	Luftströmungswiderstand			
	[%]	[Vol.-%]	[Pa * s/m]			
			EW	EW	EW	MW
PA 4	95.1	23.7	457	454	414	442
	97.0	22.2	570	655	616	614
	100.7	19.2	1018	1149	907	1025
	104.3	16.3	1291	1166	1983	1480
PA 8	96.6	20.2	377	394	345	372
	99.3	18.0	427	498	393	439
	100.9	16.7	682	593	562	612
PA 11	96.9	20.6	142	123		133
	101.3	17.0	220	344	158	241
	102.6	15.9	290	425	396	370
PA 16	97.1	22.3	64	80	65	70
	99.6	20.3	78	95	98	90
	102.0	18.4	128	122	137	129



**Abb. 8** Luftströmungswiderstand der 4 PA-Sorten in Abhängigkeit des Hohlraumgehaltes und des Verdichtungsgrades

Der Luftströmungswiderstand liegt bei den Mischgutsorten PA 8, PA 11 und PA 16 sehr tief. Bei diesen tiefen Werten zeigt sich zwar die gleiche Tendenz der Abhängigkeit von Hohlraumgehalt und Verdichtungsgrad wie bei den Wasserdurchlässigkeitsprüfungen. Auch und Rangfolge der Mischgutorten ist die gleiche. Die Unterscheidung zwischen den einzelnen PA-Sorten fällt hier allerdings bescheidener aus, als bei den Wasserdurchlässigkeitsprüfungen.

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 eignet sich die Messung des Luftströmungswiderstandes bei feinkörnigem Mischgut PA 4 besser als die Messung der Wasserdurchlässigkeit.

Je kleiner die Poren einer Deckschicht sind, desto grösser ist der Einfluss der Oberflächenspannung auf die Wasserdurchlässigkeit. Im Abschnitt 3.7.5 wurde daher versucht, die Messung der Wasserdurchlässigkeit durch die Zugabe von Seifen oder Tensiden zu verbessern.

### 3.7.3 Anteil kommunizierender Hohlräume

In den obigen Kapiteln wurde je nach PA-Sorte eine unterschiedliche Abhängigkeit des Wasserdurchflusses bzw. des Luftströmungswiderstandes vom Verdichtungsgrad festgestellt. Um diese Unterschiede besser zu verstehen, wurde der Anteil an kommunizierenden Hohlräumen, wiederum in Abhängigkeit zum Verdichtungsgrad, untersucht.

Die vier PA-Sorten PA 4, PA 8, PA 11 und PA 16 wurden im Gyrator-Verdichtungsgerät mit unterschiedlicher Anzahl Umdrehungen derart verdichtet, dass Prüfkörper-Serien mit steigendem Verdichtungsgrad entstanden. In der Tab. 11 sind die Ergebnisse der einzelnen Prüfkörper aufgeführt.

In der Abb. 9 sind Hohlraumgehalt und kommunizierende Hohlräume in Abhängigkeit des Verdichtungsgrades grafisch dargestellt. Im Vergleich der Abbildung für den PA 4 mit der Abbildung für den PA 16 entsteht der Eindruck, dass sich beim feinkörnigeren Mischgut der Unterschied zwischen Gesamthohlraumgehalt und Gehalt an kommunizierenden Hohlräumen in Funktion des Verdichtungsgrades ändere. In der Abb. 10 wurde der prozentuale Anteil kommunizierender Hohlräume am Gesamthohlraumgehalt aufgezeichnet. Obwohl die Korrelationskoeffizienten  $R^2$  aufgrund der grossen Schwankungen teilweise sehr schlecht sind (beim PA 4 = 0.82 / PA 8 = 0.49 / PA 11 = 0.21 / PA 16 = 0.68) zeigen die eingezeichneten Trendlinien die bereits beim Kapitel 3.7.1 festgestellte Gruppierung PA 4 / PA 8 und PA 11 / PA 16. Die Trendlinien des PA 4 und des PA 8 verlaufen parallel, während die beiden grobkörnigeren Sorten ebenfalls parallel, jedoch mit einer anderen Steigung verlaufen.

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.

**Tab. 11** Hohlraumgehalt und kommunizierende Hohlräume von Gyrator-Prüfkörpern in Abhängigkeit zum Verdichtungsgrad

	Anzahl	Verdichtungsgrad	Hohlraumgehalt	kommunizierende
	Gyrator		HR	Hohlräume KHR
	Umdrehungen	[%]	[Vol.-%]	[Vol.-%]
PA 4	19	93.3	28.1	23.7
	40	96.0	26.1	21.2
	38	95.7	26.3	21.0
	90	99.6	23.3	17.3
	107	97.2	25.2	18.4
	176	102.0	21.4	15.6
	296	102.8	20.8	14.2
	600	102.3	21.2	15.7
	600	103.5	20.3	13.5
PA 8	61	97.9	21.7	16.6
	60	97.8	21.8	16.7
	79	98.0	21.6	16.6
	116	100.1	20.0	13.5
	142	100.8	19.3	13.6
	156	100.4	19.7	13.4
	246	102.2	18.2	11.8
	461	102.7	17.9	12.5
	413	102.8	17.8	12.9
PA 11	85	97.0	22.4	17.2
	84	97.2	22.2	17.3
	108	98.1	21.5	17.3
	438	101.8	18.6	14.0
	500	103.0	17.6	12.3
	502	103.1	17.5	13.4
	685	101.4	18.9	14.4
	681	103.8	17.0	12.7
	782	102.8	17.7	14.1
PA 16	45	96.1	23.0	18.6
	75	96.2	22.9	18.4
	93	96.4	22.8	18.6
	119	98.6	21.0	16.6
	126	99.1	20.7	16.9
	159	99.3	20.5	16.3
	262	101.9	18.4	13.9
	275	102.0	18.3	13.9
	375	102.4	18.0	14.0

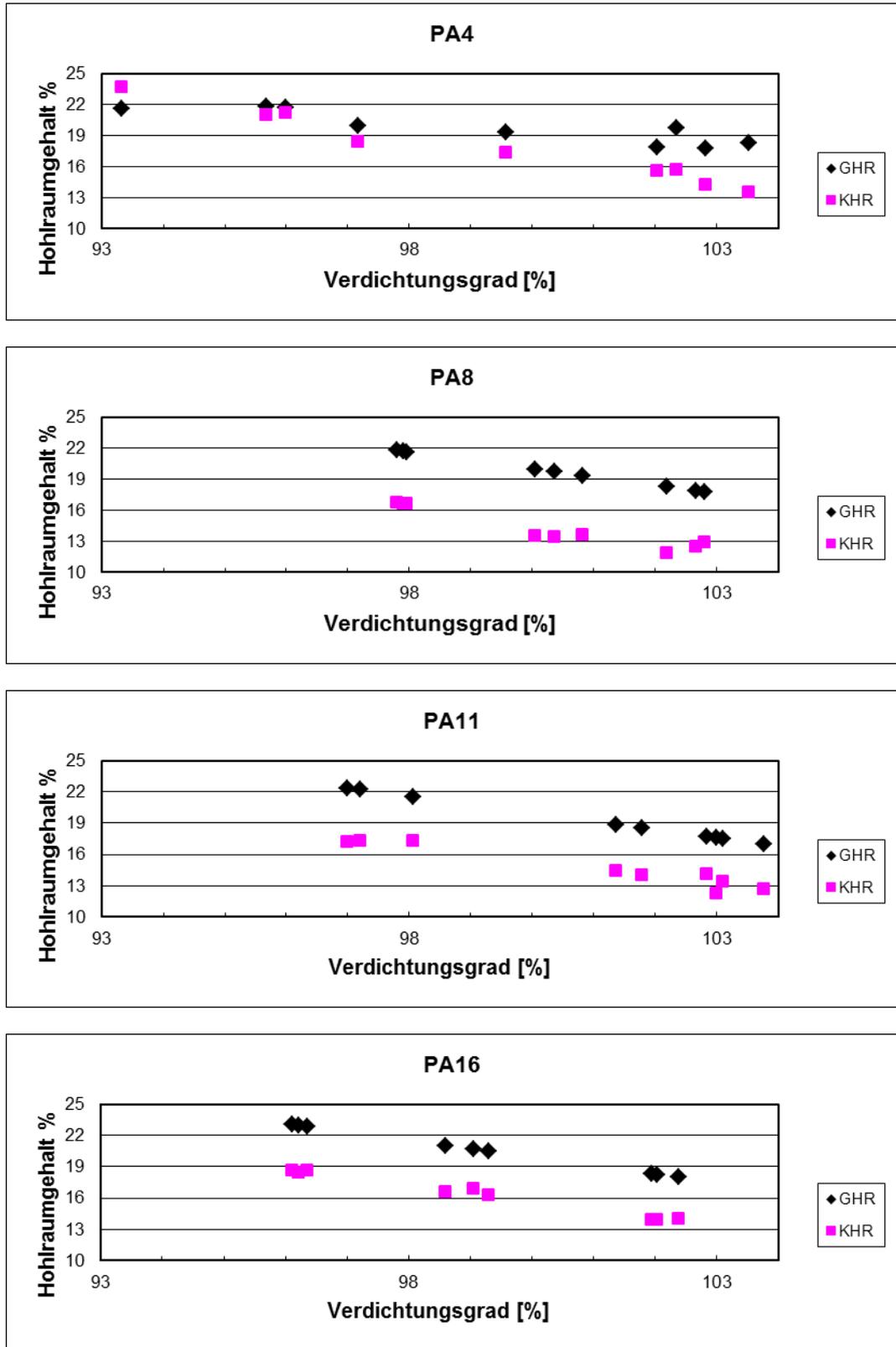
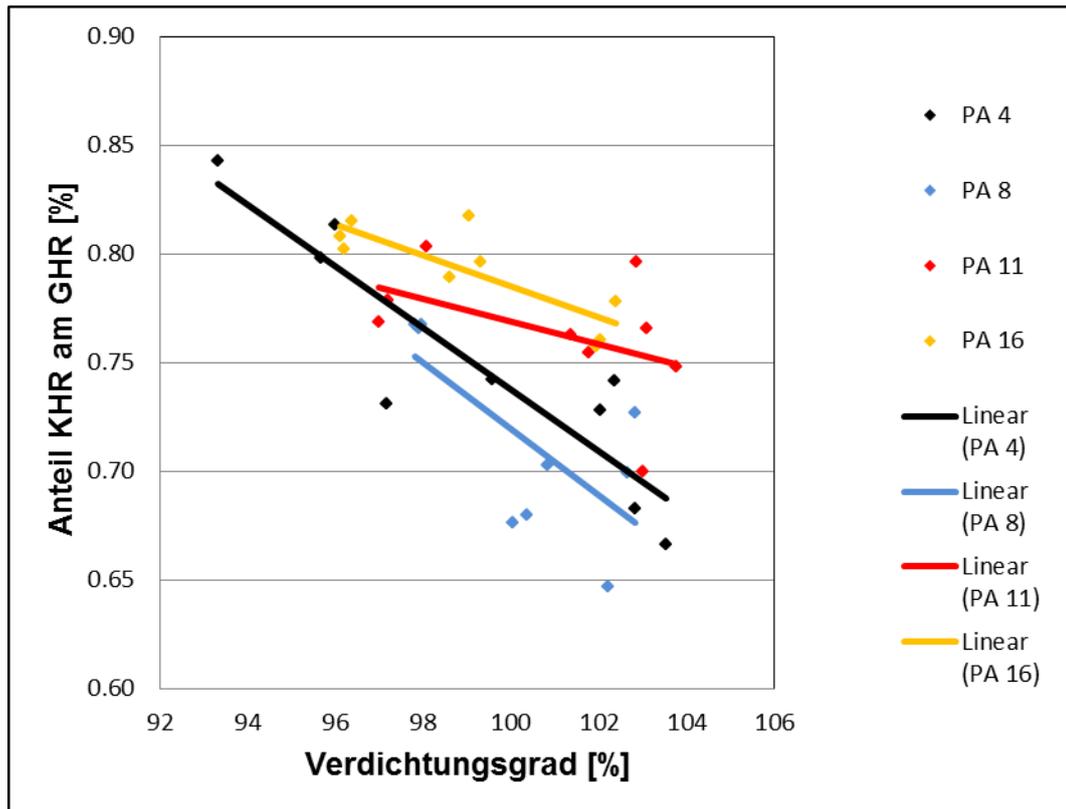


Abb. 9 Hohlraumgehalt und kommunizierende Hohlräume in Abhängigkeit des Verdichtungsgrades



**Abb. 10** Anteil der kommunizierenden Hohlräume am Gesamthohlraumgehalt in Abhängigkeit des Verdichtungsgrades

### 3.7.4 Schichtdicke

Letztlich wurde der Einfluss der Schichtdicke auf die Wasserdurchlässigkeit bzw. den Luftströmungswiderstand untersucht, indem im Labor mit dem gleichen Mischgut (PA 4) im Walzsegmentverdichter Platten mit unterschiedlichen Dicken hergestellt wurden. Dabei wurden bewusst extrem grosse Unterschiede gewählt; die Schichtdicken betragen 25 und 50 mm, was in Anbetracht der für SDA 4 Typ D (entsprechend einem PA 4) normierten Schichtdicke [14] von 20 ... 35 mm beträchtlich ist.

**Tab. 12** Wasserdurchlässigkeit SN, in-situ-Durchlässigkeit EN und Luftströmungswiderstand eines PA 4 mit zwei unterschiedlichen Schichtdicken

Prüfmethode	Einheit	Schichtdicke [mm]	
		25	50
Wasserdurchlässigkeit SN	[l/min]	4.6	12.3
in situ Durchlässigkeit EN	[1/s]	0.020	0.034
Luftströmungswiderstand	[Pa*s*m-1]	1512	1187

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.

### 3.7.5 Optimierung der Durchlässigkeitsmessung beim PA 4

Aus der Praxis ist bekannt, dass die Zugabe von Seifen oder Tensiden zu einer Reduktion der Oberflächenspannung von Wasser führt. Ausgehend von dieser Kenntnis wurde in einem Laborversuch abgeklärt, ob sich durch Zugabe von Seife/Tensid die Wasserdurchlässigkeit erhöht.

In einem ersten Schritt wurde die in-situ-Durchlässigkeit EN mit Leitungswasser an einer offenporigen Deckschicht PA 4 mit einem Hohlraumgehalt von 20.3 Vol.-% gemessen. Anschliessend wurde die gleiche Prüfung an der gleichen Deckschicht mit einer Wasser-Seifen-Lösung (2 g/l) gemessen. Es wurde dabei ein handelsübliches Spülmittel der Marke FOX verwendet. Die Konzentration wurde aus [13] entnommen; dort wurde gezeigt, dass bei der Verwendung einer Konzentration grösser als 2 g/l keine weitere Reduktion der Oberflächenspannung mehr auftritt. Die Verwendung des Spülmittels zeigte keinen merklichen Einfluss auf die Durchlässigkeit, es war allerdings eine enorme Schaumbildung feststellbar, welche die Versuchsdurchführung massiv beeinträchtigte. (siehe Abb. 10).



Schaumbildung zu Beginn des Versuches



Schaum am Ende des Versuches

**Abb. 11** Schaumbildung in der in-situ-Durchlässigkeitsprüfung gem. EN 12697-40 bei Verwendung von 2 % Spülmittel

Aufgrund der Schaumbildung wurde ein weiterer Versuch mit einem nichtschäumenden Tensid POLYGON PC 2077 durchgeführt. Beim Befüllen des Messzylinders war eine leichte Schaumbildung erkennbar, die sich jedoch nach wenigen Sekunden wieder auflöste (Abb. 11).



Leichte Schaumbildung nach Beendigung des Auffüllvorgangs



Zustand wenige Sekunden nach dem Auffüllen. Schaum ist verschwunden



Wassersäule während des Versuches



Wassersäule am Versuchsende

**Abb. 12** Keine sichtbare Schaumbildung bei der Durchführung des in-situ-Durchlässigkeit mit 2 % Tensid

Der Einfluss zweier Tensid-Konzentrationen (2 und 5 g/l) wurde untersucht; die Ergebnisse sind in der Tab. 13 aufgeführt. Es konnte tatsächlich eine Erhöhung der Wasserdurchlässigkeit dank der Verwendung eines Tensides zur Reduktion der Oberflächenspannung des Wassers festgestellt werden. Allerdings beträgt die Erhöhung lediglich 11 %. Die Verwendung von Tensiden verbessert zwar die Prüfmethode, jedoch nicht im erhofften Ausmass.

**Tab. 13** Ergebnisse der Untersuchungen mit / ohne Tenside

Verwendete Flüssigkeit	Ausflusszeit [s]	In situ Durchlässigkeit EN [l/s]
Wasser	34.1	0.030
Wasser mit Tensid (2 g/l)	30.3	0.034
Wasser mit Tensid (5 g/l)	30.2	0.035

Die Labor-Versuche mit oberflächenspannungs-reduzierenden Zusätzen wurden durchgeführt, da Praxiserfahrungen zeigen, dass auf eingebauten Deckschichten die Durchlässigkeit sehr wohl durch die Verwendung von Spülmittel beeinflusst werden kann. Aus diesem Grund wurden auf zwei Strecken mit semi-dichten Deckschichten Praxisversuche durchgeführt. Die Deckschichten lassen wie folgt charakterisieren:

SDA 6; Hohlraumgehalt 13.1 Vol.-%

SDA 8; Hohlraumgehalt 15.9 Vol.-%

Auf beiden Strecken wurden je 1.5 Liter Wasser bzw. Wasser/Tensid-Mischung auf die Oberfläche aufgebracht und das Abflussverhalten fotografisch festgehalten (siehe Abb. 13). Im Unterschied zu den Messungen der in situ Durchlässigkeit kann in der Praxis ein deutlicher Unterschied zwischen den beiden Flüssigkeiten festgestellt werden. Möglicherweise ist dies darauf zurückzuführen, dass in der Prüfmethode das Wasser mit etwas Druck auf die Oberfläche gebracht wird, während es beim „Praxisversuch“ ohne jeglichen Druck auf die Oberfläche aufgebracht wurde.



**Abb. 13** Auslaufversuche in situ, bei denen eine definierte Menge Wasser und eine gleiche Menge Wasser-Seifen-Lösung auf eine semi-dichte Oberfläche aufgebracht wurden

Aus den durchgeführten Versuchen wurde der Schluss gezogen, dass die Prüfung der Wasser-Durchlässigkeit feinporiger Asphaltsschichten durch die Verwendung von Tensiden zur Reduktion der Oberflächenspannung nicht zielführend verbessert werden kann.

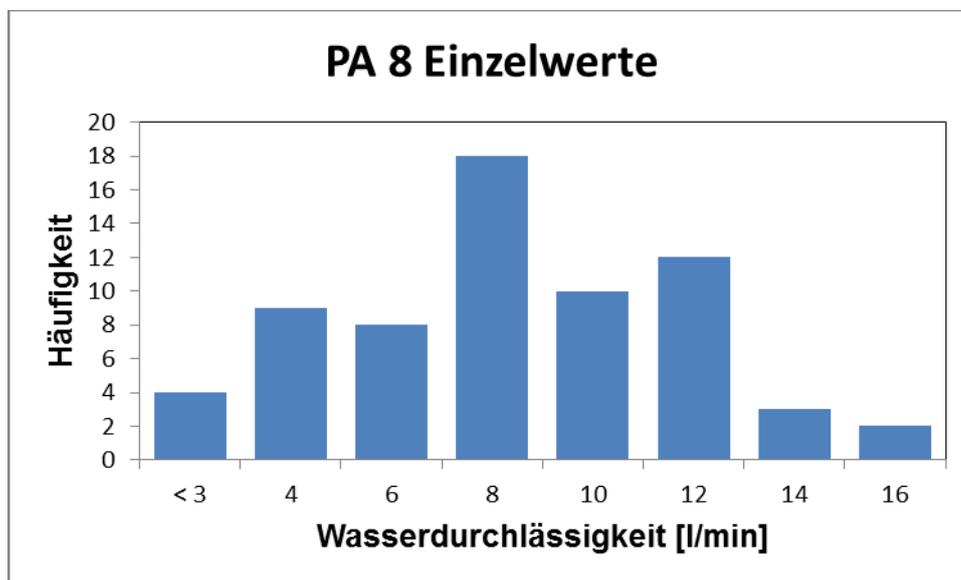
## 4 Messungen auf Objekten

Um die Datenbasis bezüglich der Erfahrungswerte zu steigern, wurden weitere Messungen auf Objekten durchgeführt, bzw. aus laufenden Baustellen 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] stehen somit insgesamt 185 Werte aus 50 Objekten zur Verfügung. Die Ergebnisse der zusätzlichen Messungen sind im ANHANG II aufgeführt.

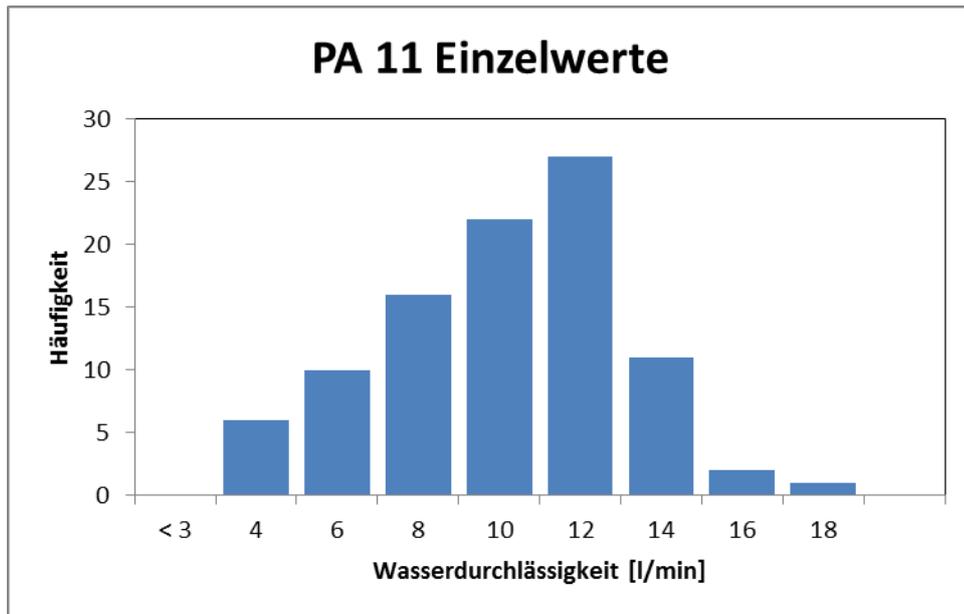
Die Durchlässigkeit wurde mit dem in der Schweiz normierten Verfahren „Durchlässigkeit SN“ gemäss [6] durchgeführt. Die Ergebnisse wurden mit den Anforderungen [6] verglichen; für neu eingebaute Deckschichten aus offenporigem Asphalt liegen für Mittelwerte bei  $> 10$  und für Einzelwerte bei  $> 7$  l/Min.

**Tab. 14** Auswertung aller Erfahrungswerte für die Wasserdurchlässigkeit SN, der Mittelwert wurde über alle Einzelwerte ermittelt. Messungen mit weniger als 4l/min wurden bei diesem Mittelwert nicht berücksichtigt.

Mischgutsorte	Anzahl Einzelwerte total	Anzahl Einzelwerte bei denen die Anforderungen nicht erfüllt wurden	Mittelwert aller Einzelwerte
			[ l/ min]
PA 8	66	21	8.7
PA 11	95	16	10.0



**Abb. 14** Verteilung aller gemessenen Einzelwerte bei neuen Belägen bei der Mischgutsorte PA 8.



**Abb. 15** Verteilung aller gemessenen Einzelwerte bei neuen Belägen bei der Mischgutsorte PA 11

Die statistische Verteilung der Erfahrungswerte soll als Basis zur Festlegung von Anforderungen dienen, daher wurden in der Tab. 15 die gemessenen Werte derart ausgewertet, dass die prozentualen Anteile der Messungen aufgeführt werden, welche einen entsprechenden Durchlässigkeitswert überschreiten. Auf dieser Basis können die Grenzwerte festgelegt werden; sollen beispielsweise  $\frac{3}{4}$  aller gemessenen Werte als „erfüllt“ betrachtet werden, so ergibt sich beim PA 11 eine Anforderung von  $> 7$ ; sollen hingegen  $\frac{2}{3}$  aller gemessenen Werte als „erfüllt“ gelten, ergibt sich eine Anforderung von  $> 8$  l/min.

**Tab. 15** Auswertung der in-situ Durchlässigkeiten von neuen Belägen (Einzelwerte)

Wasserdurchlässigkeit [ l / min ]	Anteil Werte in %	
	PA 8	PA 11
> 3	94	100
> 4	92	100
> 5	80	94
> 6	77	89
> 7	68	83
> 8	48	73
> 9	41	66
> 10	36	54
> 11	26	43
> 12	12	28
> 13	8	15
> 14	3	5
> 15	3	3
> 16	0	1
> 17	0	1

Aus den insgesamt 50 Objekten, bei welchen die Wasserdurchlässigkeit SN gemessen wurde, sowie der aus 170 Wertepaaren berechneten Korrelation zwischen dem Schweizer Verfahren (Wasserdurchlässigkeit SN) und dem europäischen (in-situ-Durchlässigkeit EN) lassen sich für die Festlegung der Anforderungen die Kennwerte der Tab. 16 ableiten, wobei folgende Korrelation verwendet wurde:

$$y = 0.0028 \times \left[ \frac{\text{min}}{\text{l} \cdot \text{s}} \right] + 3 \cdot 10^{-5} \left[ \frac{1}{\text{s}} \right]$$

**Tab. 16** Abschätzungen möglicher Anforderungen an den Einzelwerten bei unterschiedlichen Erfüllungsgraden für neue Beläge (Anzahl Werte welche die vorgeschlagene Anforderungen erfüllt haben)

PA-Sorte	Wasserdurchlässigkeit SN	in-situ-Durchlässigkeit EN	Wasserdurchlässigkeit SN	in-situ-Durchlässigkeit EN
	[ l / Min ]	[ s <sup>-1</sup> ]	[ l / Min ]	[ s <sup>-1</sup> ]
	Erfüllungsgrad 75 %		Erfüllungsgrad 66 %	
<b>PA 8</b>	>6	>0.017	>7	>0.020
<b>PA 11 und PA 16</b>	>8	>0.022	>9	>0.025

In der Begleitkommission wurde diskutiert, ob ein Erfüllungsgrad von 66 oder 75 % zur Festlegung der Anforderungen zu verwenden sei. Wir schlagen vor die Anforderungen an den Einzelwert derart festzulegen, dass 75 % der gemessenen Werte die Anforderung erfüllen würden.

Bei der Festlegung der Anforderungen an Mittelwerte basieren wir auf folgende Punkte:

- Die Anforderung an den Mittelwert muss höher liegen als die Anforderung an den Einzelwert, denn die Anforderung an den Einzelwert wurde so festgelegt, dass ein bestimmter Anteil (75%) aller Werte erfüllen würden. D. h., dass die schlechtesten Einzelwerte den Grenzwert entscheidend beeinflusst haben.
- Bei den bisherigen Anforderungen lag die Anforderung an den Mittelwert um 3 l/min höher als beim Einzelwert.

Aus den obigen Darlegungen werden die Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit von PA-Schichten gemäss Tab. 17 vorgeschlagen.

Diese Anforderung bedingt, dass die neuen Beläge innerhalb von 3 Monaten nach Fertigstellung geprüft werden sollten.

**Tab. 17** Vorschläge für Anforderungswerte bei Messungen auf neuen Belägen

PA-Sorte	Einzelwert		Mittelwert	
	Wasserdurchlässigkeit SN	in-situ-Durchlässigkeit EN	Wasserdurchlässigkeit SN	in-situ-Durchlässigkeit EN
	[ l / Min ]	[ s <sup>-1</sup> ]	[ l / Min ]	[ s <sup>-1</sup> ]
<b>PA 8</b>	> 6	> 0.017	> 8	> 0.022
<b>PA 11 und PA 16</b>	> 8	> 0.022	> 10	> 0.028



## 5 Zusammenfassung der Ergebnisse

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

Zur Ergänzung der Daten-Basis aus dem Vorgänger-Projekt [1] wurden auf insgesamt 28 Objekten die Wasserdurchlässigkeit SN und teilweise auch die in-situ-Durchlässigkeit EN gemessen. Die Ergebnisse aus dem Projekt werden wie folgt zusammengefasst:

- 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 gröbereren Mischgutsorten. Beim Wasserdurchfluss SN (Abb. 6) scheint ein maximaler Wert bereits mit einem Hohlraumgehalt von ca. 19 Vol.-% erreicht zu sein. Darüber hinaus nimmt die Durchlässigkeit nicht weiter zu. Bei der EN-Prüfmethode ist diese Plafonierung nicht zu beobachten; die hydraulische Leitfähigkeit nimmt mit abnehmendem Hohlraumgehalt auf tiefem Niveau kontinuierlich ab.
- Beim PA 4 zeigt die Messung des Luftströmungswiderstandes eine kontinuierliche, deutliche Abnahme bei steigendem Hohlraumgehalt. Die bei der Messung der Wasserdurchlässigkeit festgestellte Plafonierung kann bei der Luftströmungsmessung nicht beobachtet werden. Im Vergleich zur hydraulischen Leitfähigkeit reagiert der Luftströmungswiderstand empfindlicher auf Veränderungen des Hohlraumgehaltes. Offensichtlich ist die Messung des Luftströmungswiderstandes bei feinkörnigem Mischgut geeigneter als die Bestimmung mit dem Medium Wasser, da eine deutlichere Spreizung der Ergebnisse erreicht wird.
- 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.
- 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. Bei der Festlegung von Anforderungen könnten möglicherweise zwei Gruppen gebildet werden: PA 11/PA 16 und PA 8/PA4.
- 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.



## 6 Folgerungen

Aus den durchgeführten Untersuchungen lassen sich untenstehende Folgerungen zusammenfassen:

- Für die Beurteilung der Durchlässigkeit von offenporigen oder semidichten Schichten aus feinem Mischgut eignen sich Verfahren, bei denen Wasser verwendet wird, nur bedingt, da keine deutlichen Unterschiede in Abhängigkeit des Hohlraumgehaltes festgestellt werden können. Das bisher in der Schweiz verwendete Verfahren [2] eignet sich nicht, das europäische Verfahren [6] eignet sich bedingt. Durch die Verwendung von Zusätzen zur Reduktion der Oberflächenspannung lassen sich diese Verfahren nicht verbessern.
- Die Bestimmung des Luftströmungswiderstandes eignet sich hingegen sehr gut, um die Durchlässigkeit von 4-er-Deckschichten zu bestimmen. Es liegen zurzeit zu wenig Daten vor, um Anforderungswerte festzulegen. Es ist zu erwarten, dass die Anforderung bei „maximal ca. 1200 bis 1400 Pa \* s/m“ zu liegen kommen dürfte.
- Die Festlegung von Anforderungswerten hat getrennt für die Mischgutsorte PA 8 einerseits und für die Sorten PA 11 und PA 16 andererseits zu erfolgen. Aus den 185 ausgewerteten Werten wurden Anforderungen vorgeschlagen. Da die Dicke der Schicht die Wasserdurchlässigkeit deutlich beeinflusst, gelten diese Werte unter Einhaltung der normierten Schichtdicken.



## 7 Dank

Das Baustoff-Zentrum Olten/Zofingen BOZ hat freundlicherweise die für diese Arbeit erforderlichen Mischgutsorten PA 4, PA 8, PA 11 und PA 16 in seiner Aufbereitungsanlage in Boningen aufbereitet und in ausreichender Menge zur Verfügung gestellt. Ohne diese gezielt hergestellten, für Laborverhältnisse grossen Mengen an Mischgut, wäre die Arbeit gar nicht möglich gewesen. Wir danken dem BOZ für diese tatkräftige Unterstützung.

Frau Dr. Françoise Beltzung und Herr Bernhard Mora haben die einzelnen Arbeitsschritte der Forschungsarbeit geplant, durchgeführt und ausgewertet. Frau Dr. Liliane Huber hat Statistiken bearbeitet und das Korreferat übernommen, während Frau Sabrina Müller für Layout und die administrativen Belange verantwortlich zeichnete. Dem ganzen Team sei für die Mitarbeit herzlich gedankt.



## Anhänge

<b>I</b>	<b>Mischgut-Untersuchungen.....</b>	<b>47</b>
I.1	PA 4 .....	47
I.2	PA 8 .....	52
I.3	PA 11 .....	57
I.4	PA 16 .....	62
<b>II</b>	<b>Messungen auf Objekten.....</b>	<b>68</b>
II.1	PA 8 .....	68
II.2	PA 11 .....	70



# I Mischgut-Untersuchungen

## I.1 PA 4



IMP-Nummer 10-00439-001  
Projekt 211283

Mischgutuntersuchung

PA 4

Seite 1 von 2

Eingang 20.01.2010  
Entnahme 20.01.2010

Baustelle Forschungsauftrag  
VSS 2009/501  
Bauteil Wasserdurchlässigkeit

Bundesamt für Strassen ASTRA  
Abt. Strasseninfrastruktur  
Mühlestrasse 2, Ittigen  
CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>6.23</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2433</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdicke</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>2107</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>13.4</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>48.8</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>7.6</b>			
<b>Fliessen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.5</b>			
<b>Tangentialer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.0</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>5.0</b>			
Bindemittleigenschaften:						
<b>Penetration (25°C)</b>	SN 670 511	1/10mm	<b>46</b>			
<b>EP RuK</b>	SN 670 512	°C	<b>59.9</b>			
<b>Penetrationsindex</b>	SN 670 202-NA	-	<b>0.8</b>			

Oberbuchsitzen, den 19. März 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016

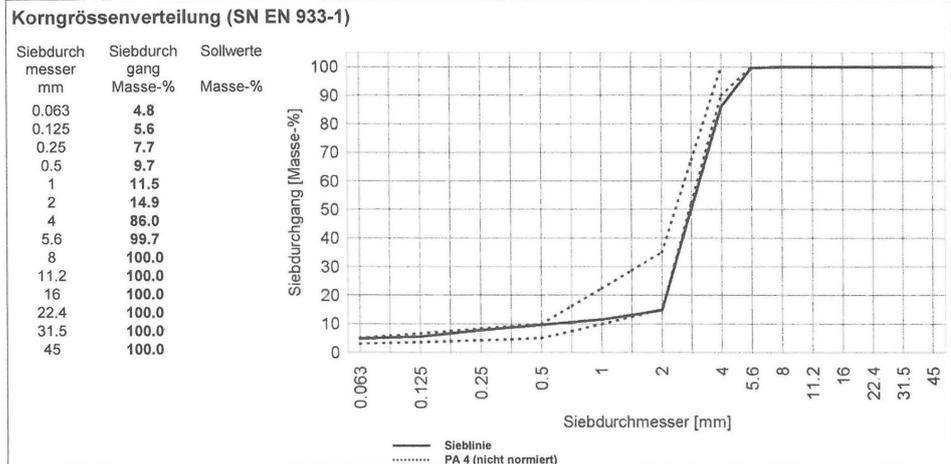


IMP-Nummer 10-00439-001  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung

PA 4

Seite 2 von 2



Oberbuchsitzen, den 19. März 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00439-002  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung **PA 4**

Seite 1 von 1

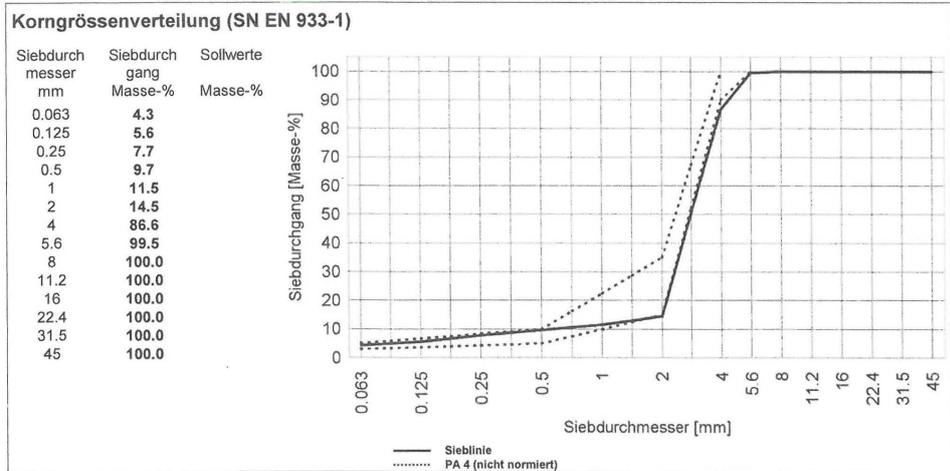
Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 1. Wiederholung

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>6.33</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2430</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>1949</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>19.8</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>37.7</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.5</b>			
<b>Fliesen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.7</b>			
<b>Tangentialer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.0</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.7</b>			



Oberbuchsitzen, den 4. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00439-003  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung **PA 4**

Seite 1 von 1

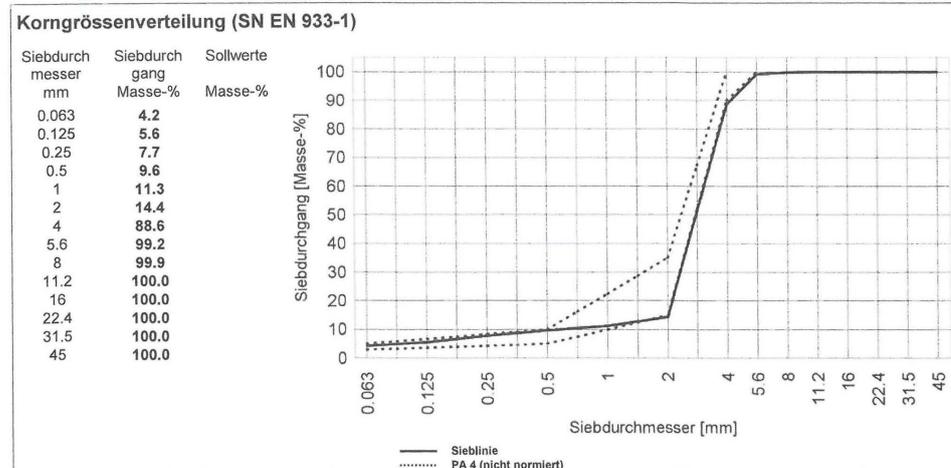
Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 2. Wiederholung

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>6.19</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m3	<b>2434</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdicke</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m3	<b>1955</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>19.7</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>37.4</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.4</b>			
<b>Fliesen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.8</b>			
<b>Tangentialer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.1</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.5</b>			



Oberbuchsitzen, den 4. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00439-004  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung **PA 4**

Seite 1 von 1

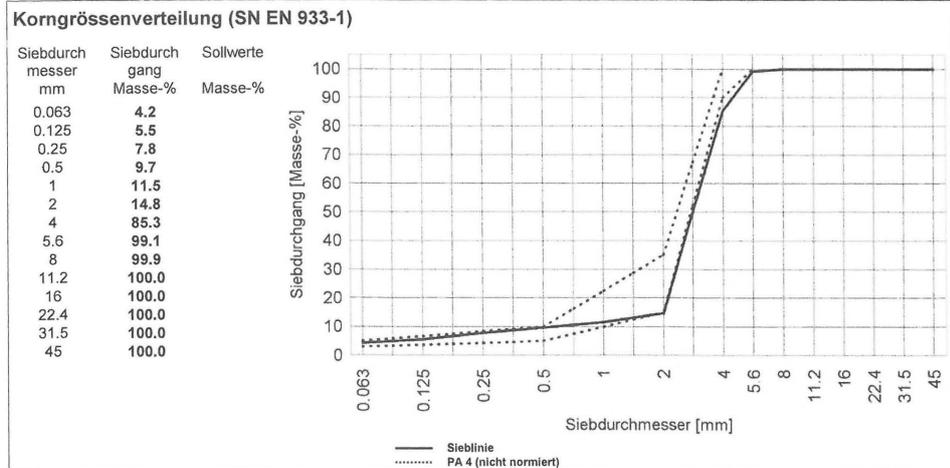
Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 3. Wiederholung

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>Iösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>6.31</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m3	<b>2430</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m3	<b>1950</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>19.8</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>37.7</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.9</b>			
<b>Fliesen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.8</b>			
<b>Tangentialer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.0</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.9</b>			



Oberbuchsitzen, den 4. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016

## I.2 PA 8

i.m.p

IMP-Nummer 10-00440-001  
Projekt 211283

Mischgutuntersuchung

PA 8

Seite 1 von 2

Eingang 20.01.2010  
Entnahme 20.01.2010Baustelle Forschungsauftrag  
VSS 2009/501  
Bauteil WasserdurchlässigkeitBundesamt für Strassen ASTRA  
Abt. Strasseninfrastruktur  
Mühlestrasse 2, Ittigen  
CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Solw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>6.06</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m3	<b>2439</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m3	<b>2022</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>17.1</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>41.1</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>7.3</b>			
<b>Fliesen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.6</b>			
<b>Tangentialer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.0</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>4.6</b>			
Bindemittleigenschaften:						
<b>Penetration (25°C)</b>	SN 670 511	1/10mm	<b>47</b>			
<b>EP RuK</b>	SN 670 512	°C	<b>59.5</b>			
<b>Penetrationsindex</b>	SN 670 202-NA	-	<b>0.8</b>			

Oberbuchsiten, den 27. Juli 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
Institut für MaterialprüfungHauptstrasse 591  
CH-4625 OberbuchsitenTelefon 062 389 98 99  
Fax 062 389 98 90info@impbautest.ch  
www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016

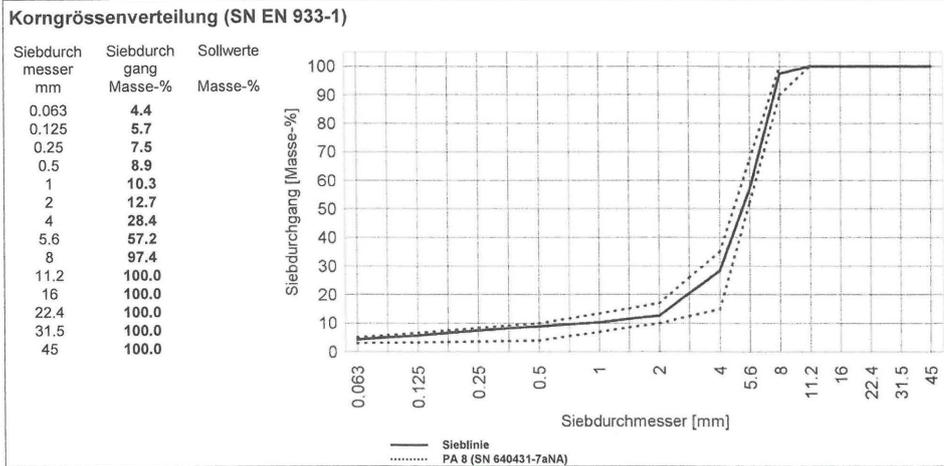


IMP-Nummer 10-00440-001  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung

PA 8

Seite 2 von 2



Oberbuchsitzen, den 27. Juli 2010

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00440-002  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung PA 8

Seite 1 von 1

Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

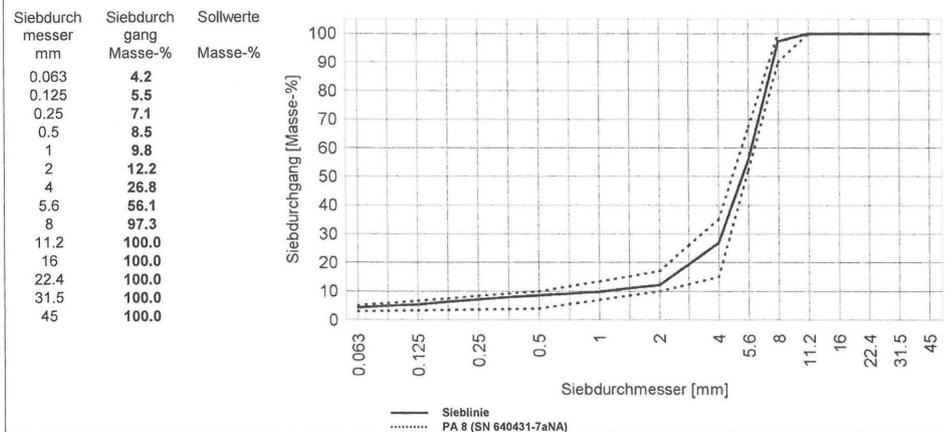
Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 1. Wiederholung

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lös. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>5.93</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2444</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>2024</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>17.2</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>40.4</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.2</b>			
<b>Fliessen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.8</b>			
<b>Tangentialear Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.1</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.4</b>			

**Korngrößenverteilung (SN EN 933-1)**



Oberbuchsiten, den 4. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsiten

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00440-003  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung **PA 8**

Seite 1 von 1

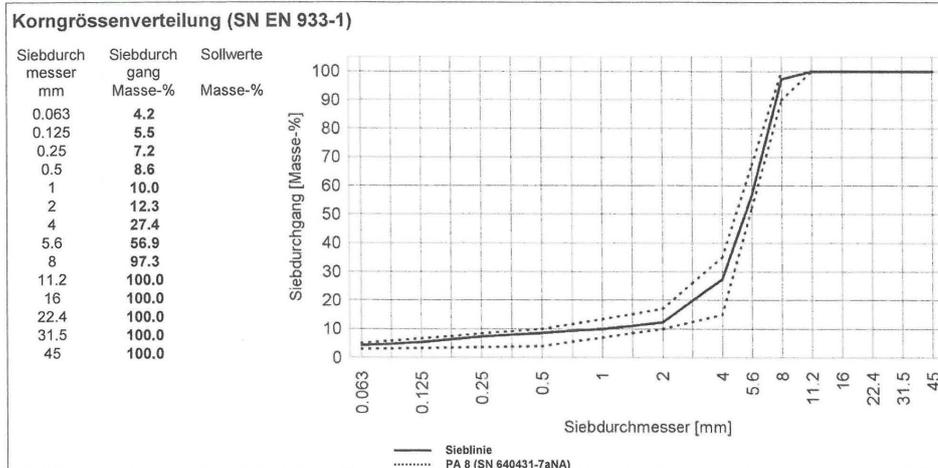
Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 2. Wiederholung

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lös. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>5.81</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2448</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>2019</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>17.5</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>39.4</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.3</b>			
<b>Fliesen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.9</b>			
<b>Tangentialer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.1</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.3</b>			



Oberbuchsitzen, den 4. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00440-004  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung **PA 8**

Seite 1 von 1

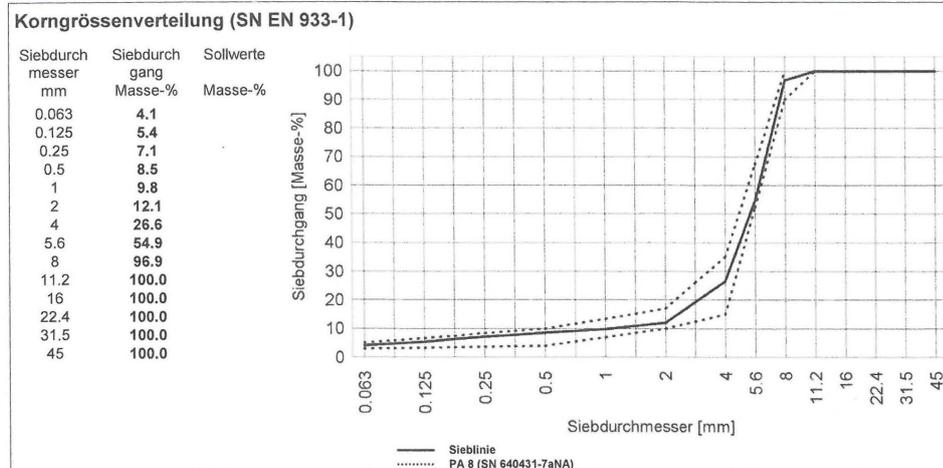
Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 3. Wiederholung

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösli. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>5.85</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2447</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>2012</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>17.7</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>39.2</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.7</b>			
<b>Fliesen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.8</b>			
<b>Tangentiale Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.0</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.7</b>			



Oberbuchsitzen, den 4. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016

## I.3 PA 11



IMP-Nummer 10-00441-001  
Projekt 211283

Mischgutuntersuchung

PA 11

Seite 1 von 2

Eingang 20.01.2010  
Entnahme 20.01.2010

Baustelle Forschungsauftrag  
VSS 2009/501  
Bauteil Wasserdurchlässigkeit

Bundesamt für Strassen ASTRA  
Abt. Strasseninfrastruktur  
Mühlestrasse 2, Ittigen  
CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>5.48</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2460</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>1997</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>18.8</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>36.1</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>7.0</b>			
<b>Fliessen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>2.0</b>			
<b>Tangentialer Fliesswert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.1</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.6</b>			
Bindemittleigenschaften:						
<b>Penetration (25°C)</b>	SN 670 511	1/10mm	<b>60</b>			
<b>EP RuK</b>	SN 670 512	°C	<b>57.9</b>			
<b>Penetrationsindex</b>	SN 670 202-NA	-	<b>1.1</b>			

Oberbuchsitzen, den 27. Juli 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016

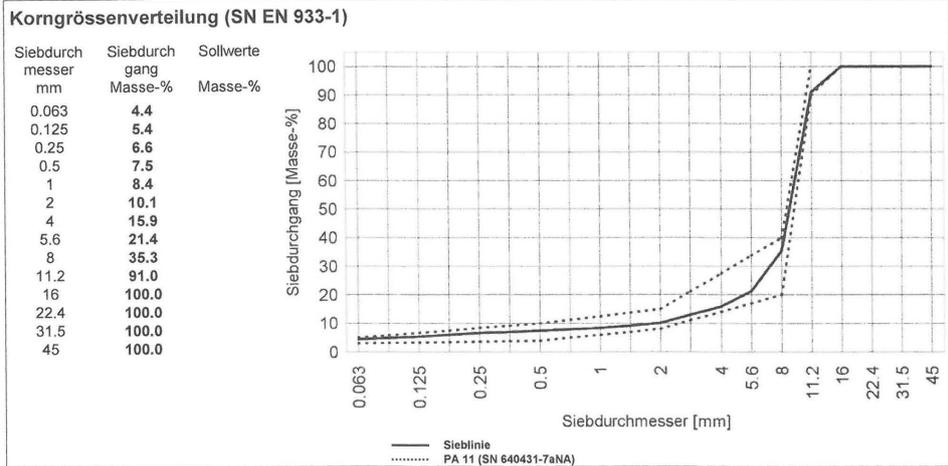


IMP-Nummer 10-00441-001  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung

PA 11

Seite 2 von 2



Oberbuchsitzen, den 27. Juli 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00441-002  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung **PA 11**

Seite 1 von 1

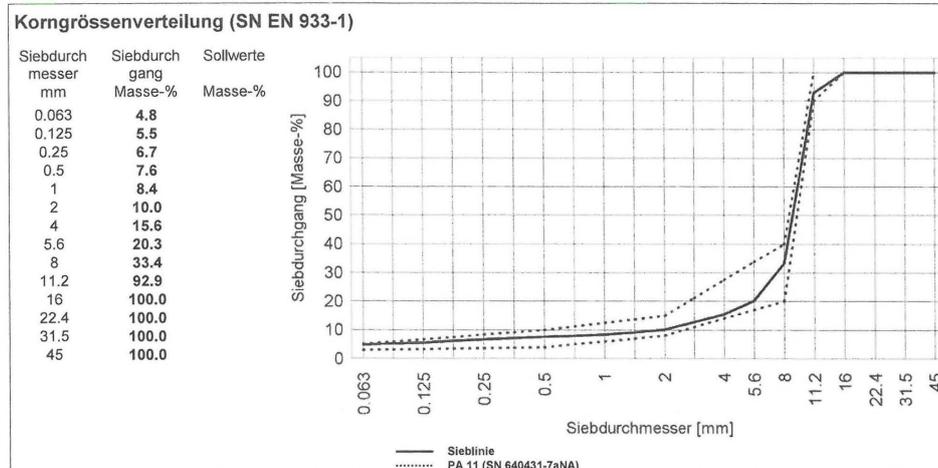
Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 1. Wiederholung

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>5.56</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2457</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>2013</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>18.1</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>37.6</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.2</b>			
<b>Fliesen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.9</b>			
<b>Tangentiaer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.1</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.4</b>			



Oberbuchsiten, den 10. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsiten

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00441-003  
 Projekt 211283

Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

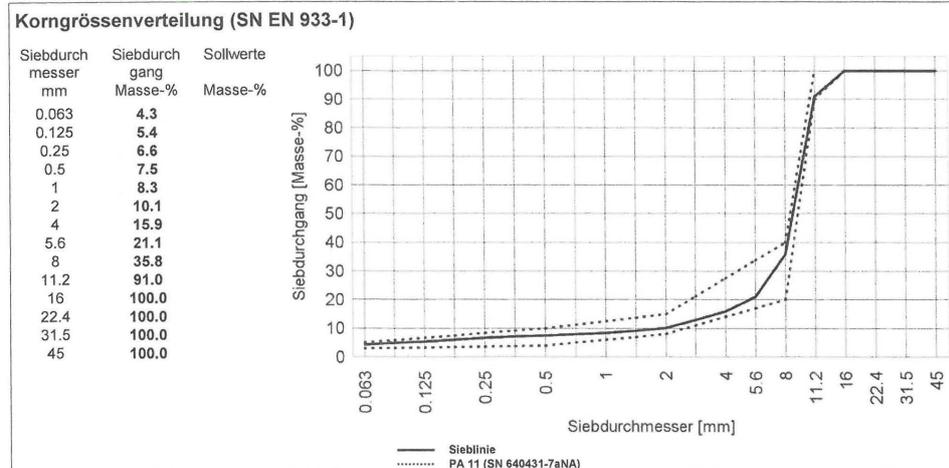
Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 2. Wiederholung

Mischgutuntersuchung **PA 11**  
 Seite 1 von 1

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösli. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>5.49</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2460</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdicke</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>2014</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>18.1</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>37.2</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.0</b>			
<b>Fliesen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.9</b>			
<b>Tangentialer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.1</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.3</b>			



Oberbuchsitzen, den 10. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00441-004  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung

PA 11

Seite 1 von 1

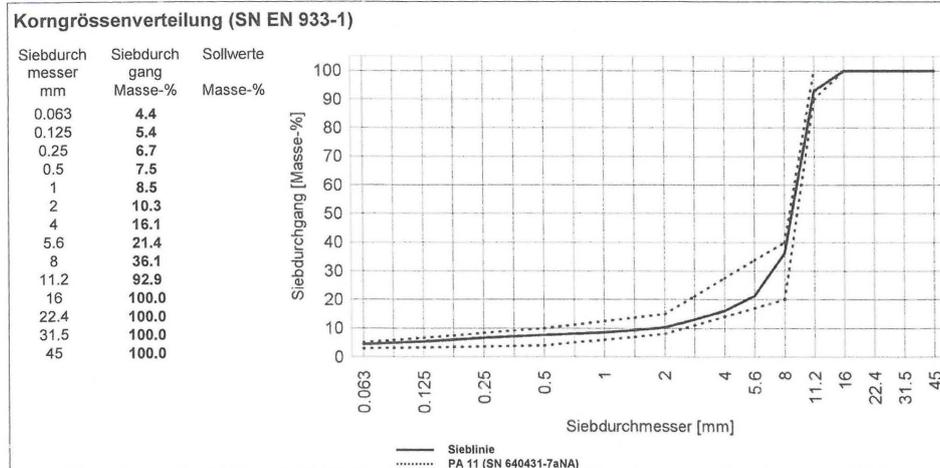
Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 3. Wiederholung

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>5.52</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2458</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>2029</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>17.5</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>38.4</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.5</b>			
<b>Fliessen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.7</b>			
<b>Tangentiale Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.1</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.9</b>			



Oberbuchsitzen, den 10. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016

I.4 PA 16



IMP-Nummer 10-00442-001  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung PA 16

Seite 1 von 2

Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>4.30</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2503</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>2020</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>19.3</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>30.5</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.9</b>			
<b>Fliessen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.6</b>			
<b>Tangentialer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.0</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>4.5</b>			
Bindemittleigenschaften:						
<b>Penetration (25°C)</b>	SN 670 511	1/10mm	<b>52</b>			
<b>EP RuK</b>	SN 670 512	°C	<b>58.6</b>			
<b>Penetrationsindex</b>	SN 670 202-NA	-	<b>0.9</b>			

Oberbuchsitzen, den 27. Juli 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016

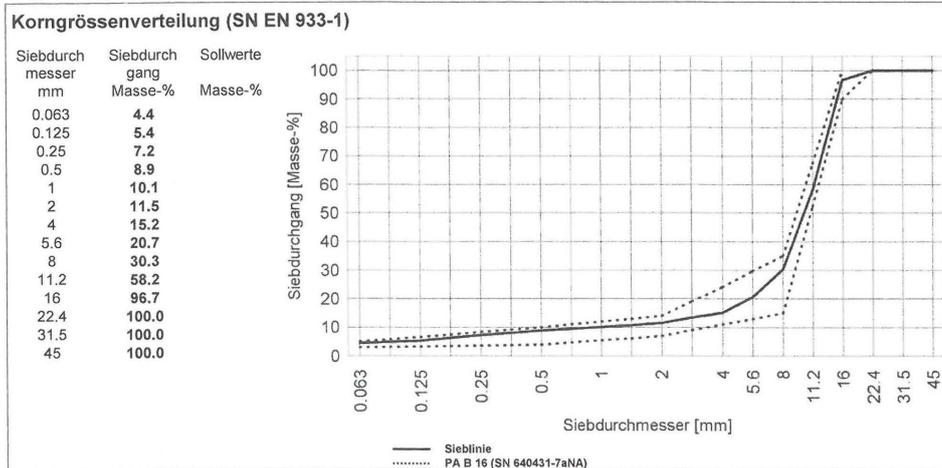


IMP-Nummer 10-00442-001  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung

PA 16

Seite 2 von 2



Oberbuchsitzen, den 27. Juli 2010

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00442-002  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung **PA 16**

Seite 1 von 1

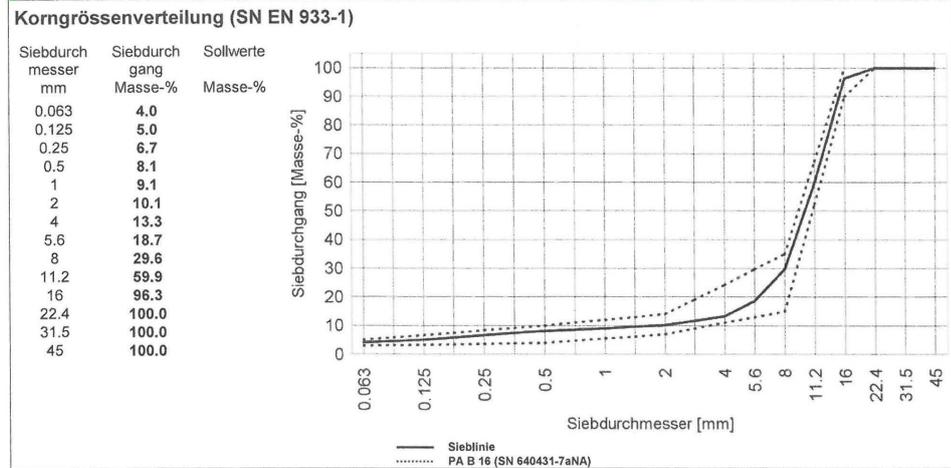
Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 1. Wiederholung

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>4.04</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2513</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>1989</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>20.9</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>27.2</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>6.1</b>			
<b>Fliesen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.7</b>			
<b>Tangentiale Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.1</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.5</b>			



Oberbuchsitzen, den 9. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00442-003  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung **PA 16**

Seite 1 von 1

Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

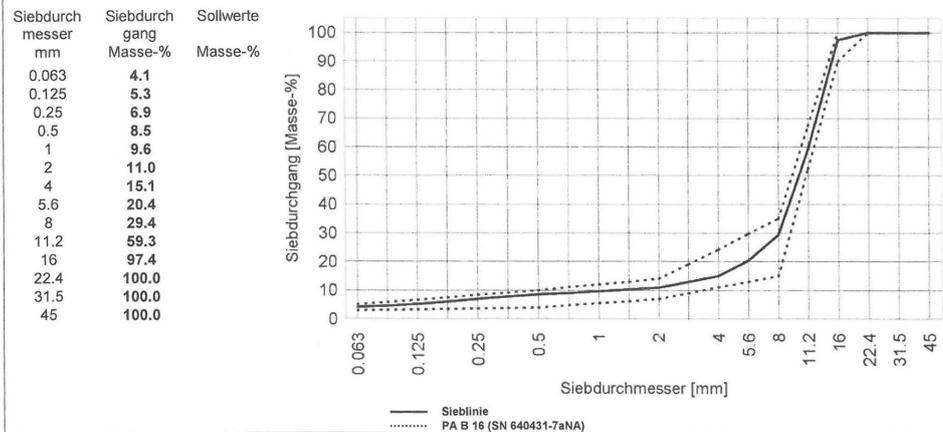
Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 2. Wiederholung

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösli. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>4.28</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2504</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdichte</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>1999</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>20.2</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>29.2</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>5.9</b>			
<b>Fliessen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.5</b>			
<b>Tangentialer Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.0</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>4.0</b>			

**Korngrößenverteilung (SN EN 933-1)**



Oberbuchsiten, den 9. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsiten

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



IMP-Nummer 10-00442-004  
 Projekt 211283

Mischgutuntersuchung **PA 16**

Seite 1 von 1

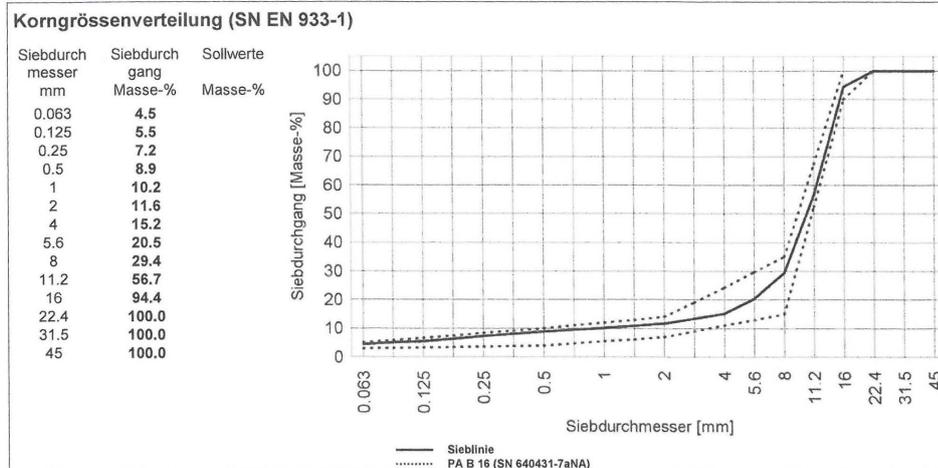
Eingang 20.01.2010  
 Entnahme 20.01.2010

Baustelle Forschungsauftrag  
 VSS 2009/501  
 Bauteil Wasserdurchlässigkeit  
 3. Wiederholung

Bundesamt für Strassen ASTRA  
 Abt. Strasseninfrastruktur  
 Mühlestrasse 2, Ittigen  
 CH-3003 Bern

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	°C / . h
Bindemittel	Grisolast E60	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
<b>lösl. Bindemittelanteil</b>	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	<b>4.32</b>			
<b>Rohdichte Mischgut</b>	SN EN 12697-5, berechnet	kg/m <sup>3</sup>	<b>2503</b>			
<b>Verdichtungstemperatur</b>	SN 670 406a/408/430/434a	°C	<b>155</b>			
<b>Raumdicke</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m <sup>3</sup>	<b>2019</b>			
<b>Hohlraumgehalt</b>	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	<b>19.3</b>			
<b>Bindem.ausfüllungsgrad</b>	SN 670 406a/408/430/434a	%	<b>30.5</b>			
<b>Stabilität Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN	<b>5.0</b>			
<b>Fliessen Marshall</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.4</b>			
<b>Tangentialeler Fließwert</b>	SN 670 406a/408/430/434a	mm	<b>1.0</b>			
<b>Marshall-Quotient</b>	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	<b>3.6</b>			



Oberbuchsitzen, den 9. Juni 2010

IMP Bautest AG

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG  
 Institut für Materialprüfung

Hauptstrasse 591  
 CH-4625 Oberbuchsitzen

Telefon 062 389 98 99  
 Fax 062 389 98 90

info@impbautest.ch  
 www.impbautest.ch

Swiss Testing: STS 016



## II Messungen auf Objekten

### II.1 PA 8

Die gemessenen Wasserdurchlässigkeiten wurden alle an neuen Belägen durchgeführt.

Objekt	Wasserdurchlässigkeit			
	EN 12697-40	SN 640 430b		
	[1/s]	MW	EW	erfüllt
		[l/min]	Ja	nein
A8 Alpnach	0.014		3.8	x
	0.009		<3	x
	0.009		<3	x
	0.008		<3	x
	0.011		<3	x
		3.8		
Aesch	0.000		< 3	x
	0.011		4.4	x
	0.011		4.5	x
	0.013		5.1	x
	0.007		< 3	x
	0.009		4.2	x
		4.6		
A4 Blegi/Rütihof			< 3	x
			5.7	x
			4.9	x
			6.8	x
			6.7	x
			4.1	x
			4.5	x
			4.7	x
			3.9	x
			4.1	x
			< 3	x
		5.0		
N5 UplaNS St. Blaise - Cornaux	0.016		8.7	x
Chaussée Jura > Neuchatel	0.020		10.7	x
	0.014		7.8	x
	0.023		11.8	x
	0.020		13.7	x
	0.029		15.2	x
		11.3		x
N5 UplaNS St. Blaise - Cornaux	0.024		12.2	x
Chaussée Lac > Bienne	0.017		13.8	x

	0.019		9.7	x	
	0.012		11.0	x	
	0.015		11.5	x	
	0.020		12.4	x	
	0.017		9.8	x	
	0.023		11.2	x	
		11.5		x	
Lancy Place de l'Eglise			14.0	x	
			7.2	x	
		10.6		x	
A1 Lenzburg/ Birrfeld			12	x	
			10.3	x	
			7.6	x	
			8.1	x	
			7.6	x	
			6.2		x
			7.2	x	
			6.5		x
			8.4	x	
			7.1	x	
			8.6	x	
			7.6	x	
		8.1			x
Mittelwert	0.015	7.8	8.2		
Maximaler Wert	0.029	11.5	15.2		
Anzahl Objekte	25	7	50		

## II.2 PA 11

Die gemessenen Wasserdurchlässigkeiten wurden alle an neuen Belägen durchgeführt.

Objekt	Wasserdurchlässigkeit			
	EN 12697-40	SN 640 430b		
		MW	EW	erfüllt
	[ 1/s]	[l/min]	Ja	nein
N2 Tenniken Diegten-Sissach	0.014	8.1	x	
	0.019	7.3	x	
	0.022	7.5	x	
	0.028	12.1	x	
	0.017	7.3	x	
	0.021	6.5		x
	0.020	8.5	x	
	0.015	5.6		x
	0.014	5.0		x
	0.014	6.6		x
		7.5		x
A9 Villars-Ste-Croix Chaussée Lac SSP		4.8		
		8.3	x	
		4.8		x
		4.6		x
		6.3		x
		< 3		x
		5.7		x
		8.2	x	
		7.5	x	
		5.7		x
		6.2		x
A9 Villars-Ste-Croix Chaussée Lac V1		7.0	x	
		8.5	x	
		4.5		x
		3.2		x
		4.3		x
		7.7	x	
		8.5	x	
		3.5		x
		5.4		x
		6.5		x
		5.9		x
A9 Villars-Ste-Croix Chaussée Lac V2		5.8		x
		4.0		x

			4.2		x
		4.7			x
A9 Villars-Ste-Croix-Vennes Chaussée Montagne V1			11.0	x	
			8.3	x	
			13.9	x	
			13.3	x	
			8.0	x	
			12.3	x	
		11.1			
A9 Villars-Ste-Croix-Vennes Chaussée Montagne V1			11.7	x	
			11.6	x	
			10.3	x	
			12.0	x	
			12.9	x	
			11.8	x	
		11.7			
A9 Villars-Ste-Croix-Vennes Chaussée Montagne V1			11.4	x	
			9.8	x	
			10.6	x	
			9.8	x	
			10.8	x	
			12.1	x	
			15.1	x	
		11.4			
A9 Villars-Ste-Croix-Vennes Chaussée Montagne V2			17.8	x	
			13.2	x	
			7.9	x	
			7.7	x	
			9.1	x	
			9.5	x	
			10.0	x	
			12.7	x	
			9.7	x	
		10.8			
A9 Villars-Ste-Croix-Vennes Chaussée Montagne V2			12.2	x	
			15.3	x	
			12.1	x	
			11.1	x	
			10.6	x	
			8.8	x	
		11.7			
A9 Villars-Ste-Croix-Vennes Chaussée Montagne V2			11.1	x	
			14.8	x	
			11.4	x	
			10.7	x	

			9.2	x	
			14.6	x	
		11.4			
A9 Villars-Ste-Croix-Vennes Chaussée Montagne V 3			9.5	x	
			13.2	x	
			11.1	x	
			11.1	x	
			12.8	x	
		11.5			
A9 Villars-Ste-Croix-Vennes Chaussée Montagne V 3			13.0	x	
			12.1	x	
			11.2	x	
			12.5	x	
			9.5	x	
			11.4	x	
		11.6			
A9 Villars-Ste-Croix-Vennes Chaussée Montagne V 3			13.4	x	
			12.9	x	
			12.0	x	
			11.1	x	
			13.9	x	
			12.3	x	
		12.6		x	
A9 Montreux BAU 1			5.3		x
Plance D'essai km 30 bis 29.5			3.1		x
			6.5		x
			13.3	x	
			10.2	x	
			8.6	x	
		7.8			x
A9 Montreux BAU 2			4.8		x
Plance D'essai km 29.3 bis 29.01			8.3		x
			5.4		x
			8.0	x	
		6.6			x
Montreux V1			< 3		x
Normalspur			< 3		x
			6.3		x
			< 3		x
			< 3		x
			< 3		x
			< 3		x
			6.1		x
			< 3		x
			< 3		x
			< 3		x

			4.2		x
		5.5			x
Montreux V2			7.4	x	
Überholspur			5.0		x
			6.2		x
			4.9		x
			< 3		x
			< 3		x
			< 3		x
			5.5		x
			< 3		x
			4.3		x
			4.1		x
		5.3			x
<b>A1 Rothrist Lenzburg</b>	0.025		9.7	x	
	0.017		7.5	x	
	0.040		13.1	x	
	0.025		10.9	x	
	0.023		9.7	x	
	0.022		9.5	x	
	0.015		7.5	x	
	0.024		11.0	x	
	0.035		13.1	x	
	0.025		10.8	x	
		10.3		x	
Mittelwert	0.022	9.1	9.2		
Maximaler Wert	0.040	12.6	17.8		
Anzahl Objekte	20	18	132		



## Glossar

<b>Begriff</b>	<b>Bedeutung</b>
PA	offenporiger Asphalt (porous asphalt)
AC MR	Rauasphalt
SDA	Semidichter Asphalt
AC	Asphaltbeton (Asphalt Concrete)
EN	Europäische Norm
SN	Schweizer Norm
$R_s$	Spezifischer Strömungswiderstand
$\Delta p$	Überdruck
A	Prüffläche
HC	Hydraulic Conductivity; Reziprokwert der Ausflusszeit abzüglich der gerätetypischen Ausflusszeit (Relative Wasserdurchlässigkeit)
EP R&K	Erweichungspunkt Ring und Kugel
°C	Grad Celcius



## Literaturverzeichnis

- 
- [1] Angst Ch. Beltzung F., Expérimentation in situ du nouveau drainomètre euroéen; ASTRA-Bericht 1234; 2008
- 
- [2] SN 670 430 Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 30: Probenvorbereitung, Marshall-Verdichtungsgerät
- 
- [3] SN 670 433 Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 33: Probestückvorbereitung mit einem Walzenverdichtungsgerät
- 
- [4] SN 670 431 Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 31: Herstellung von Probekörpern mit dem Gyrator-Verdichter
- 
- [5] Praticò Filippo Giammaria, Moro Antonio; Permeability and volumetrics of porous asphalt concrete, Road Materials and Pavement Design; 4/2007
- 
- [6] SN 640 430 Walzasphalt Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten
- 
- [7] SN 670 440 Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 40: In-situ-Durchlässigkeit
- 
- [8] ISO 9053: 1991-07 Akustik; Werkstoffe für Akustische Zwecke; Bestimmung des Strömungswiderstand
- 
- [9] DIN EN 29053, 1993: Akustik – Materialien für akustische Anwendungen – Bestimmung des Strömungswiderstandes
- 
- [10] Angst Ch et al; Lärmarme Strassenbeläge innerorts; Schlussbericht 2007. Bundesamt für Umwelt und Bundesamt für Strassenbau, Bern
- 
- [11] AFNOR P 98-254-2
- 
- [12] SN 670 210 Bitumen und Bitumenhaltige Bindemittel - Rahmenwerk für die Spezifikation von polymermodifizierten Bitumen
- 
- [13] Beltzung, F.; Approche colloïdale du retrait des matrices cimentaires, these doctorale, ETH Zürich 2004
- 
- [14] SNR 640 436 Semidichtes Mischgut und Deckschichten, 2013
- 
- [15] Giuliani F., Costa A. Air permeability of porous asphalt pavement, Proceedings of 4<sup>th</sup> International SIIV Congress, Palermo, Italy (2007)
- 
- [16] Ranieri V. et al., Granulometric and pore-based index properties of porous asphalt mixes, Proceedings of the Transportation Research Board Annual Meeting, Washington (2009)
-



# Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 21.12.2015

#### Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2013/501  
 Projekttitel: Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit von offenporigem Asphalt  
 Enddatum: 21.12.2015

#### Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

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. Die durchgeführten Versuche zeigen, dass die Prüfung der Wasserdurchlässigkeit 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).

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.

Aus den Ergebnissen von insgesamt 185 Messungen auf Objekten 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.



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

Zielerreichung:

Die definierten Ziele, nämlich die Festlegung von Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit offenporiger Asphalte in Abhängigkeit des Grösstkornes, wurde sowohl für die Ergebnisse welche mit dem bisherigen Verfahren nach Schweizer Norm ermittelt werden, als auch für die Prüfung gemäss EN-Norm erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die vorgeschlagenen neuen Anforderungswerte sollten in der Norm SN 640 430 "Walzasphalt Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten" aufgenommen werden. Zudem sollte das heute noch geltende schweizerische Messverfahren, welches im Anhang 2 der SN 640 430 beschrieben ist, ausser Kraft gesetzt werden und durch die SN 670 440 / EN 12697-40 "Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 40: In-situ-Durchlässigkeit" ersetzt werden.

Publikationen:

keine

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Angst

Vorname: Christian

Amt, Firma, Institut: IMP Bautest AG, Hauptstrasse 591, 4625 Oberbuchsiten

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für  
Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK  
Bundesamt für Strassen ASTRA

## FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

### Formular Nr. 3: Projektabschluss

#### Beurteilung der Begleitkommission:

##### Beurteilung:

Die Forschungsstelle hat die definierten Ziele erreicht indem ein konkreter Vorschlag für neue, gröstkorn-abhängige Anforderungen an die Wasserdurchlässigkeit formuliert wurde. Zudem hat die Forschungsstelle mit weiteren Vergleichsmessungen zwischen der bisherigen SN-Methode und der neuen EN-Methode eine Grundlage geschaffen auf deren Basis die Einführung der neuen EN 12697-40 erleichtert wird.

##### Umsetzung:

Die von der Forschungsstelle vorgeschlagenen Anpassungen der Schweizer Normen sind zu vollziehen.

##### weitergehender Forschungsbedarf:

Im heutigen Zeitpunkt kann noch nicht beurteilt werden, ob sich die SDA 4-er Deckschichten durchsetzen werden. Falls diese Mischgutsorten eine bedeutende Rolle einnehmen sollten, sollte anstelle der bei diesen Schichten nicht anwendbaren Messung des Wasserdurchflusses die Messung des Luftströmungswiderstandes eingeführt werden. Zurzeit fehlen Anforderungswerte für den Luftströmungswiderstand.

##### Einfluss auf Normenwerk:

Die SN 640 430 und die SN 670 440 sind zu revidieren.

#### Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Arn

Vorname: Thomas

Amt, Firma, Institut: Lombardi SA, Ingegneri Con Sultenti

#### Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:



## Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1557	SVI 2010/001	Reklame im Strassenverkehr	2016
1555	SVI 2004/049	Sichere Schulwege – Gefahrenanalyse und Massnahmenplanung	2016
1554	VSS 2011/501	Evaluation des Frosttaumittelwiderstands von Beton – Vergleich von vier Prüfverfahren	2016
1551	VSS 2012/207	Akustische Installationen im Strassentunnel	2016
1550	VSS 2012/311	SERFOR: Voranalyse "Self Explaining and Forgiving Roads"	2016
1549	SVI 2011/015	Anforderungen an zukünftige Mobilitätshebungen	2016
1548	VSS 2010/404	Grundlagen für die Anforderungen an Schutzgeokunststoffe auf der Basis von neuen EN-Prüfmethoden	2016
1547	ASTRA 2011/012_OBF	Development of a self-healing asphalt road via induction heating	2015
1545	ASTRA 2011/013_OBF	Vergleich verschieden starker Asphalt-Belagsaufbauten: Ermittlung der Versagensgrenze eines T3-Normbelages mit der mobilen Grossversuchsanlage MLS10	2015
1544	VSS 2007/302	Rampenbewirtschaftung: Anforderungen an Regelungsverfahren	2015
1543	VSS 2012/402	Machbarkeitsstudie zur Reduktion von Feinstaub oder seiner Vorläufergase mittels spezieller Strassenbeläge	2015
1542	VSS 2011/713	Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP3: Transformationskonzepte zwischen Bezugssystemen	2015
1541	VSS 2010/301	Verkehrssicherheit zweistreifiger Kreisell	2015
1540	AGE 2013/001_ENG	TOSA - Transport par bus avec Optimisation du Système d'Alimentation	2015
1539	FGU 2010/007	Modelling of anhydritic swelling claystones	2015
1538	SVI 2011/021	Forschungspaket Verkehr der Zukunft (2060): Initialprojekt	2015
1537	FGU 2010/007	Geotechnischer Indexwert für die Beurteilung des Potentials zur Quarzstaubbelaugung	2015
1536	VSS 2012/201	Wirkungskontrolle von Strassenprojekten	2015
1535	VSS 2012/403	Einfluss der Gesteinskörnung auf den Chloridwiderstand von Beton	2015
1534	VSS 2009/102	Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Teilprojekt 2: Methoden der Verkehrsbeobachtung	2015
1533	VSS 2009/101	Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Synthesebericht	2015
1532	VSS 2009/101	Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Teilprojekt 1:	2015

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Systematik und Glossar	
1531	VSS 2011/906	Datenaustausch zwischen Strasseninformationssystemen und Verkehrsmodellen	2015
1530	VSS 2010/402	Einfluss biogener Öle auf die Ökobilanz von Strassenbaubindemittel	2015
1529	VSS 2005/404	Beschleunigte Alterungsmethode von heiss verarbeitbaren Fugenmassen zur Simulation des Einbaus	2015
1528	VSS 2011/308	Verkehrsablauf an ungesteuerten Knoten innerorts unter Berücksichtigung der verschiedenen Verkehrsarten; Ermittlung repräsentativer Richtwerte und Zusammenhänge	2015
1527	VSS 2006/510	Forschungspaket Brückenabdichtungen: Synthesebericht	2015
1526	VSS 2005/456	Paquet de recherche de recyclage des matériaux bitumineux de démolition des routes dans des enrobés à chaud : EP5: Formulation des enrobés avec matériaux recyclés	2015
1525	SVI 2004/058	Verträglichkeitskriterien für den Strassenraum innerorts	2015
1524	ASTRA 2012/003	Erarbeitung von Grundlagen zur Bemessung von Steinschlagschutzdämmen	2015
1523	VSS 2011/104	Monetarisierung des statistischen Lebens im Strassenverkehr	2015
1522	VSS 2011/106	Normierte gesamtverkehrliche Erschliessungsqualitäten - Grundlagenbericht	2015
1521	VSS 2006/514_OBF	Forschungspaket Brückenabdichtungen: EP4 - Zerstörungsfreie Prüfungen von Verbund und Oberflächen	2015
1520	ASTRA 2008/013_OBF	Nächtliche Immissionsprognosen von Strassenlärm (Hochleistungsstrassen)	2015
1519	VSS 2009/201	Lärmimmissionen bei Knoten und Kreiseln	2015
1518	SVI 2011/024	Langsamverkehrsfreundliche Lichtsignalanlagen	2015
1517	VSS 2011/103	Bemessungsverkehrsstärken: Ein neuer Ansatz	2015
1516	VSS 2011/711	Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP1: Zeitaspekte und Historisierung	2015
1515	SVI 2011/034	Längere Umsteigezeiten und Haltestellenaufenthaltszeiten - Auswirkungen und Massnahmen	2015
1514	VSS 2006/513_OBF	Forschungspaket Brückenabdichtungen: EP3 - Langzeitverhalten des Verbundes	2015
1513	VSS 2005/403	Fliesskoeffizienten von feinen Gesteinskörnungen aus der Schweiz	2015
1512	SVI 2004/069	Veloverkehr in den Agglomerationen - Einflussfaktoren, Massnahmen und Potenziale	2015
1511	VSS 2012/601	Die Physik zwischen Salz, Schnee und Reifen	2015
1510	VSS 2005/453	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP2: Mehrfachrecycling von Strassenbelägen	2015

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1509	ASTRA 2010/022	Markt- und Nutzermonitoring Elektromobilität (MANUEL)	2015
1508	VSS 2011/716	Forschungspaket Nutzensteigerung für die Anwender des SIS: EP6: Schnittstellen aus den Auswertungssystemen SIS (SIS-DWH)	2015
1507	FGU 2007/004	TBM Tunneling in Faulted and Folded Rocks	2015
1506	VSS 2006/512_OBF	Forschungspaket Brückenabdichtungen: EP2 - Flüssigkunststoff-Abdichtungen, Erfassen der Verbundproblematik	2015
1505	VSS 2006/509	Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken - Initialprojekt	2014
1504	VSS 2005/504	Druckschwellversuch zur Beurteilung des Verformungsverhaltens von Belägen	2014
1503	VSS 2006/515_OBF	Research Package on Bridge Deck Waterproofing Systems: EP5-Mechanisms of Blister Formation	2014
1502	VSS 2010/502	Road – landside interaction : Applications	2014
1501	VSS 2011/705	Grundlagen zur Anwendung von Lebenszykluskosten im Erhaltungsmanagement von Strassenverkehrsanlagen	2014
1500	ASTRA 2010/007	SURPRICE (Sustainable mobility through road user charging) - Swiss contribution: Equity effects of congestion charges and intra-individual variation in preferences	2015
1499	ASTRA 2011/010	Stauprognoseverfahren und -systeme	2014
1498	VSS 2011/914	Coordinated Ramp Metering Control with Variable Speed Limits for Swiss Freeways	2014
1497	VSS 2009/705	Verfahren zur Bildung von homogenen Abschnitten der Strassenverkehrsanlage für das Erhaltungsmanagement Fahrbahnen	2014
1496	VSS 2010/601	Einfluss von Lärmschutzwänden auf das Raumnutzungsverhalten von Reptilien	2014
1495	VSS 2009/703	Zusammenhang Textur und Griffigkeit von Fahrbahnen und Einflüsse auf die Lärmemission	2014
1494	VSS 2010/704	Erhaltungsmanagement der Strassen - Erarbeiten der Grundlagen und Schadenkataloge zur systematischen Zustandserhebung und -bewertung von zusätzlichen Objekten der Strassen	2014
1493	VSS 2006/001	Neue Methoden zur Beurteilung der Tieftemperatureigenschaften von bitumenhaltigen Bindemitteln	2014
1492	SVI 2004/029	Kombiniertes Verkehrsmittel- und Routenwahlmodell	2014
1491	VSS 2007/704	Gesamtbewertung von Kunstbauten	2014
1490	FGU 2004/002	Langzeit-Beständigkeit von Tunnel-Abdichtungssystemen aus Kunststoffen (Best TASK)	2014
1489	VSS 2006/516_OBF	Forschungspaket Brückenabdichtungen: EP6 - Anschlüsse von Brückenabdichtungen	2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1488	SVI 2007/020	Methodik zur Nutzenermittlung von Verkehrsdosierungen	2014
1487	SVI 2008/001	Erfahrungsbericht Forschungsbündel	2014
1486	SVI 2004/005	Partizipation in Verkehrsprojekten	2014
1485	VSS 2007/401	Anforderungen an Anschlussfugensysteme in Asphaltdecken - Teil 1: Praxiserfahrung	2014
1484	FGU 2010/003	Misestimating time of collision in the tunnel entrance due to a disturbed adaptation	2014
1483	VSS 2005/452	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP1: Optimaler Anteil an Ausbauasphalt	2014
1482	ASTRA 2010/018	SURPRICE: Sustainable mobility through road user charges Swiss contribution: Comprehensive road user charging (RUC)	2015
1481	VSS 2001/702	Application des méthodes de représentation aux données routières	2014
1480	ASTRA 2008/004	Prozess- und wirkungsorientiertes Management im betrieblichen Strassenunterhalt Modell eines siedlungsübergreifenden Unterhalts	2014
1479	ASTRA 2005/004	Entscheidungsgrundlagen & Empfehlungen für ein nachhaltiges Baustoffmanagement	2014
1478	VSS 2005/455	Research Package on Recycling of Reclaimed Asphalt in Hot Mixes - EP4: Evaluation of Durability	2014
1477	VSS 2008/503	Feldversuch mit verschiedenen Pflästerungen und Plattendecken	2014
1476	VSS 2011/202	Projet initial pour la conception multi-usagers des carrefours	2014
1475	VSS 1999/125	Ringversuch "Eindringtiefe eines ebenen Stempels, statische Prüfung an Gussasphalt"	2014
1474	VSS 2009/704	Wechselwirkung zwischen Aufgrabungen, Zustand und Alterungsverhalten im kommunalen Strassennetz-Entwicklung eines nachhaltigen Aufgrabungsmanagement	2014
1473	VSS 2011/401	Forschungspaket "POLIGRIP - Einfluss der Polierbarkeit von Gesteinskörnungen auf die Griffigkeit von Deckschichten - Initialprojekt"	2014
1472	SVI 2010/003	Einfluss der Verlässlichkeit der Verkehrssysteme auf das Verkehrsverhalten	2014
1471	ASTRA 2008/011	Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr Forschungspaket UVEK/ASTRA - Synthese	2014
1470	VSS 2011/907	Initialprojekt für ein Forschungspaket "Kooperative Systeme für Fahrzeug und Strasse"	2014
1469	VSS 2008/902	Untersuchungen zum Einsatz von Bewegungssensoren für fahrzeitbezogene Verkehrstelematik-Anwendungen	2014
1468	VSS 2010/503	Utilisation des géostructures énergétiques pour la régulation thermique et l'optimisation énergétique des infrastructures routières et ouvrages d'art	2014
1467	ASTRA 2010/021	Sekundärer Feinstaub vom Verkehr	2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1466	VSS 2010/701	Grundlagen zur Revision der Normen über die visuelle Erhebung des Oberflächenzustands	2014
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1464	VSS 2002/403	Récupération de liants modifiés aux polymères issus d'échantillons d'enrobés	2014
1463	VSS 2006/511_OBF	Forschungspaket Brückenabdichtungen: EP1 – Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobiles Grossversuchsanlage MLS10	2014
1461	VSS 2001/506	Einfluss der Verdichtungstemperatur auf die Ergebnisse der Marshall-Prüfung und der Einbaukontrolle	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgesetz für die Verdichtungskontrolle von Foundationsschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbauphosphal mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Ver-	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		kehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	2013
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bitumainous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1431	ASTRA 2011/015	TeVeNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	2013
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmen Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Viellissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labor-massstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitquellversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfsgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmassnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffigkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		einer Nationalstrasse	
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltstellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
676	AGB 2011/002	Modelling the corrosion initiation of reinforced concrete exposed to deicing salts	2016
674	AGB 2010/006	Einfluss des Asphaltbelages auf die Dynamik von Fussgängerbrücken aus Beton und Stahl	2015
673	AGB 2006/017	Dynamic structural capacity of reinforced concrete slabs due to rockfall	2015
671	AGB 2009/008	Résistance à l'effort tranchant de dalles de roulement sous actions statiques et de fatigue	2015
670	AGB 2012/013	Optimierung und Validierung von Verfahren zur Bestimmung der Korrosionsgeschwindigkeit in Stahlbeton	2015
669	AGB 2008/007	Zentrale Dokumentation der mechanischen Eigenschaften alter Bewehrungen	2015
668	AGB 2009/004_OBF	Multifunktionaler Hochleistungsoberflächenschutz für Kunstbauten	2015
667	AGB 2008/004	Résistance au déversement des poutres métalliques de pont	2015
666	AGB 2012/015	Structural Identification for Condition Assessment of Swiss Bridges	2015
665	AGB 2011/001	Wirksamkeit und Prüfung der Nachbehandlungsmethoden von Beton	2014
664	AGB 2009/005	Charges de trafic actualisées pour les dalles de roulement en béton des ponts existants	2014
663	AGB 2003/014	Seismic Safety of Existing Bridges	2014
662	AGB 2008/001	Seismic Safety of Existing Bridges - Cyclic Inelastic Behaviour of Bridge Piers	2014
661	AGB 2010/002	Fatigue limit state of shear studs in steel-concrete composite road bridges	2014
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013
656	AGB 2009/015	Experimental verification of integral bridge abutments	2013
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des pontsdalles précontraints	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlag-schutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009