



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

Einfluss der Verdichtungsenergie auf die Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Mischgut

**Influence du changement de l'énergie de compactage sur la
sensibilité à l'eau d'enrobés bitumineux**

**The influence of change in compaction energy on water
sensitivity of asphalt mixes**

IMP Baute AG
Dr. Christian Angst

**Forschungsprojekt VSS 2010/501 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Oktober 2016

1578

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

Einfluss der Verdichtungsenergie auf die Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Mischgut

**Influence du changement de l'énergie de compactage sur la
sensibilité à l'eau d'enrobés bitumineux**

**The influence of change in compaction energy on water
sensitivity of asphalt mixes**

IMP Bautech AG
Dr. Christian Angst

**Forschungsprojekt VSS 2010/501 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Dr. Christian Angst

Federführende Fachkommission

Fachkommission 3: Baustoffe

Begleitkommission

Präsident

Rémy Gubler

Mitglieder

Hans-Peter Beyeler

Michel Pittet

Christine Raab

Yvan Ramel

Felix Solcà

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Einleitung	13
1.1 Ausgangslage	13
1.1.1 Normenrevision	13
1.1.2 Schweizerische co-normative Forschung	13
1.1.3 Bedeutung der Wasserempfindlichkeit	14
1.2 Zielsetzungen	15
1.3 Methodik	15
2 Prüfmethode, Geräte und Anforderungen	17
2.1 Prüfmethode	17
2.2 Probekörper	17
2.3 Prüfgeräte	18
2.4 Klimatisierung	19
2.5 Anforderungen	19
3 Einfluss des Hohlraumgehaltes	21
3.1 Vorgehen	21
3.2 Ergebnisse	21
3.3 Interpretation	23
4 Einfluss der Verdichtungsenergie	27
4.1 Marshall PK	27
4.1.1 Mischgut	27
4.1.2 Ergebnisse	27
4.1.3 Interpretation	29
4.2 Gyrator Prüfkörper	29
4.2.1 Mischgut	29
4.2.2 Ergebnisse	30
4.3 Zusammenfassung	32
5 Erhöhte thermische Beanspruchung	33
6 Auswertung der Ergebnisse über mehrere Jahre	37
7 Dank	39
Anhänge	41
Glossar	71
Literaturverzeichnis	73
Projektabschluss	75
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	79

Zusammenfassung

Asphaltschichten, insbesondere Deckschichten, sind neben der Beanspruchung durch den Verkehr auch den Witterungseinflüssen (Temperatur-Schwankungen, UV-Strahlung, Regen/Schnee) ausgesetzt. In der vorliegenden Arbeit steht die Dauerhaftigkeit des Mischgutes gegenüber der Einwirkung von Wasser im Fokus. Bei der Prüfung der Wasserempfindlichkeit wird das gesamte Mischgut beansprucht, so soll eine Gesamtbeurteilung des Mischgutkonzeptes ermöglicht werden. Im Unterschied dazu wird bei der Prüfung der Affinität lediglich das Verhalten eines Bindemittels mit einer Korngruppe einer Gesteinskörnung untersucht. Die Wasserempfindlichkeit ist eine wichtige Mischgut-Eigenschaft im Hinblick auf das Langzeitverhalten eines Asphaltbelages.

Die Prüfung der Wasserempfindlichkeit von verdichtetem Asphaltmischgut ist in der Norm EN 12697-12 [9] beschrieben und das Verfahren A wurde 2005 als SN 670 412 [20] in der Schweiz eingeführt. Die Prüfung beruht auf dem Vergleich der Spaltzugfestigkeit von Asphaltprüfkörpern welche einerseits an der Luft und andererseits im Wasser gelagert wurden. Als Ergebnis wird der ITS_R (Indirect Tension Strength Ratio) angegeben, welcher der verbleibenden Spaltzugfestigkeit nach Wasserlagerung in % entspricht. Um den Einfluss der Wasserlagerung optimal anzusprechen, werden Prüfkörper mit einem relativ hohen Hohlraumgehalt hergestellt. Somit kann Wasser in die Prüfkörper eindringen, was zu einer sehr grossen Kontaktfläche Wasser-Bindemittel führt. Der Einfluss des Hohlraumgehaltes auf das Prüfergebnis wird als entsprechend gross erwartet. Um diese hohen Hohlraumgehalte zu erreichen, legt die EN 12697-12 eine Verdichtungsenergie fest, welche wesentlich tiefer liegt als dies bei der Marshallverdichtung üblich ist. Auf dieser Basis wurden die Anforderungen an die Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Mischgut in der Norm SN 640 431-1b [19] mit der Wahl der Anforderungskategorie *ITS_{R70}* festgelegt.

In der späteren Version der EN 12697-12 wurde dann die Verdichtungsenergie von 2x25 auf 2x35 Schlägen oder von 40 auf 50 Umdrehungen erhöht. Da der Einfluss dieser Änderung auf das Untersuchungsergebnis damals nicht bekannt war, hatte die VSS Expertenkommission EK 5.09 „Mischgut, Prüfverfahren“ beschlossen, die revidierte EN 12697-12 nicht einzuführen, solange keine Erfahrungswerte über den Einfluss der erhöhten Verdichtungsenergie vorliegen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin abzuklären, ob die Veränderung der Verdichtungsenergie bei der Herstellung der Prüfkörper einen Einfluss auf das Prüfergebnis hat und ob dementsprechend die Anforderungen anzupassen seien.

Die Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- An einem AC 11 N mit einem relativ weichen Bitumen B70/100 wurde die Anzahl der Umdrehungen in der Gyrator-Verdichtung – und somit die Verdichtungsenergie – derart verändert, dass Hohlraumgehalte zwischen 3.8 und 9.0 Vol.-% erreicht wurden. Es wurde festgestellt, dass die Wasserempfindlichkeit, ausgedrückt durch den Wert ITS_R, sich kaum veränderte (Werte zwischen 97 und 102 %). Die indirekte Zugfestigkeit nahm zwar mit abnehmendem Hohlraumgehalt zu, jedoch geschah dies für die trockenen und nassen Prüfkörper in gleichem Ausmasse, sodass die Verhältniszahl ITS_R (ITS_w/IST_d) in etwa konstant blieb.
- Der Einfluss der Verdichtungsenergie auf den Kennwert *ITS_R* wurde anhand mehrerer Mischgutsorten untersucht. Dabei beschränkte sich die Untersuchung auf die beiden in den verschiedenen Versionen der Norm EN 12697:2003 und EN 12697:2008 festgelegten Energien zur Verdichtung der Labor-Prüfkörper:
Eine Zunahme der Verdichtungsenergie um 2 x 10 Schläge verursacht eine deutliche Zunahme des Verdichtungsgrades, sowie eine Zunahme der Zugfestigkeit, und daher auch eine Veränderung des Asphaltgefüges. Der Kennwert für die Wasserempfindlichkeit *ITS_R* scheint zufällig zu schwanken.

Die drei untersuchten Mischgutsorten mit PmB (ACMR 8, SMA 11 und ACB 22 S) zeigen nach nur 40 Umdrehungen viel höhere ITSR Werte als nach 50 Umdrehungen. Dasselbe wurde auch mit den ACMR 8 Marshall-Prüfkörper beobachtet. Umgekehrt zeigen die Mischungen mit Standardbitumen tiefere ITSR Werte mit 40 als mit 50 Umdrehungen. Für dieses unterschiedliche Verhalten gibt es keine plausible Erklärung; die Werte scheinen eher zufällig zu schwanken.

Im Vergleich zur Marshall-Verdichtung ergeben sich bei der Gyrator-Verdichtung tendenziell mehr ITSR-Werte welche grösser als 100 % sind.

Die indirekte Zugfestigkeit der Marshall Prüfkörper ist generell grösser als diejenige der Gyrator Prüfkörper; dies gilt unabhängig von der Lagerung der Prüfkörper (nass oder trocken) und von der Verdichtungsenergie.

- In den meisten Untersuchungen lag der ITSR-Wert oberhalb ca. 90%. Es konnte somit kaum zwischen den sehr unterschiedlichen Mischgutkonzepten unterschieden werden. Um eine bessere Spreizung der Ergebnisse zu erreichen wurde versucht, eine strengere Prüfanordnung anzuwenden, indem die Temperatur der Wasserlagerung von 40°C auf 50°C erhöht wurde. Die Untersuchung an zwei Mischgutsorten mit sehr unterschiedlicher Bindemittelviskosität (B 70/100 und B 10/20) mit zwei unterschiedlichen Verdichtungsenergien (2x25 und 2x35 Marshall-Schlägen) zeigte, dass sich der ITSR-Wert bei beiden Mischgutsorten durch die Erhöhung der Wasserbad-Temperatur nur marginal veränderte. Selbst bei den Proben mit einem Erweichungspunkt RuK unterhalb der Wasserbadtemperatur wurden sehr hohe ITSR-Werte von 98 % (2x25 Schläge) bzw 100 % (2x35 Schläge) erreicht.
- Die Wiederholpräzision r (Präzision unter Wiederholbedingungen; derselbe Laborant mit denselben Prüfgeräten) der indirekten Zugfestigkeit ITS wurde anhand von 12 Prüfserien à 3 Prüfkörper zu 7.7 % bestimmt; die Wiederholpräzision des ITSR-Wertes beträgt 11 %.
- Die Auswertung von insgesamt 489 Prüfergebnissen in einem Zeitraum von 8 Jahren ergab, dass bei 16 % der Prüfungen Werte oberhalb von 100 % gemessen wurden. Diese Werte verteilen sich auf insgesamt 19 verschiedene Mischgutsorten, selbst beim offenporigen PA konnten Werte grösser als 100% gemessen werden. Lediglich in 2 % der Prüfergebnissen wurden die Anforderungen (> 70%) nicht erreicht.

Mit den normierten Prüfbedingungen (Wasserlagerung 72 h / 40°C; Prüftemperatur 22°C) ist die Aussagekraft der Prüfmethode sehr bescheiden. Möglicherweise könnten Verbesserungen durch eine Erhöhung der Beanspruchung bei der Wasserlagerung und/oder anderer Prüfbedingungen bei der Spaltzugprüfung erreicht werden.

Résumé

Les couches en enrobé, et notamment les couches de roulement, sont soumises non seulement aux sollicitations du trafic routier, mais également à l'influence des agents atmosphériques (variations de température, rayonnement UV, pluie/neige). Le présent travail porte sur la durabilité de l'enrobé par rapport à l'action de l'eau. L'essai de sensibilité à l'eau sollicite l'enrobé dans son ensemble, ce qui permet d'effectuer une évaluation globale du concept d'enrobé. L'essai d'affinité, en revanche, porte uniquement sur le comportement d'un liant avec un granulat. La sensibilité à l'eau est une caractéristique essentielle pour le comportement à long terme d'un revêtement en enrobé.

L'essai de sensibilité à l'eau de l'enrobé compacté est décrit dans la norme EN 12697-12 [9], et la méthode A a été introduite en Suisse en 2005 en tant que SN 670 412 [20]. L'essai repose sur la comparaison de la résistance à la compression diamétrale d'éprouvettes en enrobé ayant été stockées d'une part à l'air et d'autre part dans l'eau. Le résultat est donné par le coefficient de résistance à la traction indirecte (ITSR, Indirect Tension Strength Ratio), qui correspond à la résistance à la compression diamétrale demeurant après un stockage dans l'eau en %. Pour réagir de manière optimale à l'influence du stockage dans l'eau, les éprouvettes confectionnées présentent une teneur en vides relativement élevée. L'eau peut ainsi pénétrer dans les éprouvettes, créant une très grande surface de contact eau-liant. On estime que l'influence de la teneur en vides sur le résultat de l'essai est d'autant plus importante. Pour obtenir cette teneur en vides élevée, la norme EN 12697-12 détermine une énergie de compactage nettement plus basse que l'énergie normale pour le compactage Marshall. C'est sur cette base qu'ont été fixées les exigences de la sensibilité à l'eau de l'enrobé dans la norme SN 640 431-1b [19] avec la sélection de la catégorie d'exigence *ITSR₇₀*.

Dans la version ultérieure de la norme EN 12697-12, l'énergie de compactage a été augmentée, passant de 2 x 25 à 2 x 35 coups ou de 40 à 50 tours. L'influence de cette modification sur le résultat de l'analyse n'étant pas connue alors, le comité d'experts de la VSS (Association suisse des professionnels de la route et des transports) EK 5.09 « Enrobé, méthode d'essais » a décidé de ne pas introduire la norme révisée EN 12697-12 avant de disposer de valeurs empiriques sur l'influence de l'augmentation de l'énergie de compactage.

Le présent travail a pour objectif de clarifier, d'une part, si la modification de l'énergie de compactage lors de la confection des éprouvettes a une influence sur le résultat de l'essai et, d'autre part, s'il est nécessaire d'adapter les exigences en conséquence.

Les résultats de l'analyse peuvent se résumer comme suit :

- Sur un enrobé AC 11 N avec un bitume relativement tendre B70/100, le nombre de girations dans la PCG (Presse à cisaillement giratoire) – et donc l'énergie de compactage – est modifié de façon à atteindre une teneur en vides comprise entre 3,8 et 9,0 %vol. On a pu constater que la sensibilité à l'eau exprimée par la valeur ITSR a été à peine modifiée (valeurs comprises entre 97 et 102 %). La résistance à la traction indirecte a certes augmenté avec une plus faible teneur en vides. Cela a pu être observé dans une même ampleur aussi bien sur les éprouvettes sèches que sur les éprouvettes humides, le coefficient ITSR (ITS_w / IST_d) restant ainsi à peu près constant.
- L'influence de l'énergie de compactage sur la valeur caractéristique *ITSR* a été examinée à l'aide de plusieurs types d'enrobé, cet examen se limitant aux deux énergies de compactage des éprouvettes de laboratoire définies dans les différentes versions de la norme EN 12697:2003 et EN 12697:2008 :

Une augmentation de l'énergie de compactage de 2 x 10 coups entraîne une nette augmentation du degré de compactage, une augmentation de la résistance à la

traction, et donc une modification de la structure de l'enrobé. La valeur de sensibilité à l'eau *ITSR* semble varier de manière aléatoire.

Les trois types d'enrobé avec un liant polymère modifié étudiés (ACMR 8, SMA 11 et ACB 22 S) présentent, après seulement 40 girations, des valeurs *ITSR* bien plus élevées qu'après 50 girations. La même chose a été constatée avec l'éprouvette Marshall ACMR 8. À l'inverse, les enrobés à bitume standard affichent des valeurs *ITSR* plus basses avec 40 girations qu'avec 50 girations. Il n'y a pas d'explication plausible pour cette différence de comportement ; les valeurs semblent plutôt varier de manière aléatoire.

Par rapport au compactage Marshall, le compactage giratoire semble donner davantage de valeurs *ITSR* supérieures à 100 %.

La résistance à la traction indirecte des éprouvettes Marshall est généralement plus élevée que celle des éprouvettes obtenues par compactage giratoire ; cela est valable indépendamment du stockage des éprouvettes (humides ou sèches) et de l'énergie de compactage.

- Dans la plupart des essais, la valeur *ITSR* était supérieure à env. 90 %. Ainsi, il a été pratiquement impossible de distinguer entre les concepts d'enrobé, pourtant très différents. Pour une meilleure différenciation des résultats, on a essayé d'adopter un dispositif d'essai plus strict en augmentant la température de l'eau de stockage, celle-ci passant de 40°C à 50°C. L'analyse de deux types d'enrobé avec des liants à viscosité très différente (B 70/100 et B 10/20) et avec deux énergies de compactage différentes (2 x 25 et 2 x 35 coups Marshall) a montré que la valeur *ITSR*, pour les deux types d'enrobé, ne se modifiait que de manière marginale sous l'effet de la hausse de température. Même les éprouvettes présentant un point de ramollissement à anneau et bille en dessous de la température de l'eau de stockage ont atteint des valeurs *ITSR* très élevées à savoir 98 % (2 x 25 coups) ou 100 % (2 x 35 coups).
- La répétabilité *r* (précision en conditions de répétition ; même laborantin avec même appareil) de la résistance à la traction indirecte *ITS* (Indirect Tensile Strength) a été déterminée, sur la base de 12 séries d'essais à 3 éprouvettes, à 7,7 % ; la répétabilité de la valeur *ITSR* est de 11 %.
- L'interprétation d'un total de 489 résultats d'essais effectués sur une période de 8 ans a mené à la conclusion suivante : des valeurs supérieures à 100 % ont été mesurées dans 16 % des essais. Ces valeurs se répartissent sur un total de 19 différents types d'enrobé, et même l'enrobé à pores ouverts PA a pu afficher des valeurs supérieures à 100 %. Seulement 2 % des résultats d'essai n'ont pas pu satisfaire aux exigences (> 70 %).

Dans les conditions d'essai normées (stockage dans l'eau 72 h / 40°C ; température d'essai de 22 °C), la pertinence de la méthode d'essai est très limitée. Des améliorations pourraient être obtenues en augmentant la sollicitation lors du stockage dans l'eau et/ou d'autres conditions d'essai lors de l'essai de compression diamétrale.

Summary

Besides undergoing traffic loading, asphalt pavements, especially wearing courses, are also exposed to the influence of weather conditions (temperature fluctuations, UV radiation, rain/snow). The present study focuses on the effect of water on the durability of the asphalt mixture. When testing water sensitivity the entire mix is subjected to stress in order to thus enable an overall evaluation of the mix design. In contrast to this, when testing the affinity, merely the behaviour of a binder with a aggregate is examined. Water sensitivity is an important mix property with regard to the long-term behaviour of an asphalt pavement.

Testing the water sensitivity of compacted asphalt mixtures is described in the Standard EN 12697-12 [9], whereupon the Method A was introduced in Switzerland in 2005 as SN 670 412 [20]. The test is based on the comparison of the indirect tensile strength of asphalt specimens that have, on the one hand, been stored in contact with air, and on the other hand, in contact with water. The result is given as ITS_R (Indirect Tension Strength Ratio) that corresponds to the remaining indirect tensile strength after storage in water in %. In order to gain a maximum response to the impact of water storage, specimens are made with a relatively high void content. In this way, water can enter the test specimens and a very large water-binder contact area is established. The influence of the void content on the test result is therefore anticipated to be high. To achieve this high void content the EN 12697-12 defines a compaction energy that is considerably lower than the energy commonly applied in Marshall compaction. On this basis, the requirements regarding the water sensitivity of asphalt mixtures were defined in the standard SN 640 431-1b [19] with the selection of ITS_{R70} as requirement category.

In the later version of the EN 12697-12 the applied compaction energy was then increased from 2x25 to 2x35 blows or from 40 to 50 gyrations. Because the influence of this change on the test result was not known at that time, the VSS Expert Commission EK 5.09 "bituminous mixtures, test methods" decided not to implement the revised EN 12697-12 as long as there were no experience values available concerning the impact of the increased compaction energy.

The aim of the present study is to clarify whether the change in the applied compaction energy when preparing the specimens has an influence on the test result and whether the requirements need to be adjusted accordingly.

The results of the study can be summarised as follows:

- Using AC 11 N with a relatively soft bitumen B70/100 the number of gyrations during gyratory compaction – and thus the compaction energy - was increased to such an extent that void contents of between 3.8 and 9.0 volume % were reached. It was found that the water sensitivity, expressed in ITS_R, hardly changed (values between 97 and 102 %).

The indirect tensile strength did actually increase with decreasing void content, however, this occurred to the same extent with both the dry and the wet specimens so that the ratio ITS_R (ITS_w/ITS_d) remained approximately constant.

- The impact of the compaction energy on the ITS_R characteristic was studied using several types of mixtures. In doing so, the test was restricted to using the two laboratory specimen compaction energies specified in the different versions of the standard EN 12697:2003 and EN 12697:2008:

An increase in the compaction energy by 2 x 10 blows causes a significant increase in the degree of compaction as well as an increase in the tensile strength, therefore also causing a change in the asphalt structure. The characteristic for water sensitivity ITS_R would appear to be subject to random fluctuation.

The examined three mixture types with PmB (ACMR 8, SMA 11 and ACB 22 S) show, after just 40 gyrations, substantially higher ITS_R values than after 50 gyrations. The

same was also observed with the ACMR 8 Marshall specimens. On the other hand, the mixtures with standard bitumen show lower ITSR values with 40 gyrations than with 50 gyrations. There is no plausible explanation for this varying behaviour: rather the values appear to fluctuate randomly.

Compared to Marshall compaction, in gyratory compaction there tend to be more ITSR values greater than 100 %.

The indirect tensile strength of the Marshall specimens is generally greater than that of the gyrator specimens; this applies irrespective of whether the storage of the specimens is wet or dry and irrespective of the compaction energy.

- In most of the tests the ITSR value was higher than approx. 90 %. It was therefore barely possible to differentiate between the very different mix designs. For better spread results a more stringent test arrangement was attempted by increasing the temperature of the water storage from 40°C to 50°C. The test carried out on two mixture types with very different binder viscosity (B 70/100 and B 10/20) using two different compaction energies (2x25 and 2x35 Marshall blows) showed that in both mixture types the ITSR value only changed marginally as a result of the increase in the water bath temperature. Even in the specimens with a ring-and-ball softening point below the water bath temperature, very high ITSR values of 98 % (2x25 blows) and 100 % (2x35 blows) were reached.
- The repeatability r (precision under repeatable conditions; the same laboratory technician using the same test devices) of the indirect tensile strength ITS was calculated to be 7.7 % using 12 test series of 3 specimens each. The repeatability of the ITSR value is 11 %.
- The evaluation of 489 test results in total, over a period of 8 years, showed that in 16 % of the tests, values of above 100 % were measured. These values are spread over altogether 19 different mix types, and even in open-graded asphalt (PA) values greater than 100% could be measured.
In just 2 % of the test results the requirements (> 70%) were not reached.

With the standardised test conditions (water storage 72 h / 40°C; test temperature 22°C) the informative value of the testing method is very limited. Improvements could possibly be achieved through an increase in the load during water storage and/or other test conditions during the indirect tensile test.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

1.1.1 Normenrevision

Die Prüfung der Wasserempfindlichkeit von verdichtetem Asphaltmischgut ist in der Norm EN 12697-12 [9] beschrieben und das Verfahren A wurde 2005 als SN 670 412 [20] in der Schweiz eingeführt. Die Prüfung beruht auf dem Vergleich der Spaltzugfestigkeit von Asphaltprüfkörpern welche einerseits an der Luft und andererseits im Wasser gelagert wurden. Als Ergebnis wird der ITSr (Indirect Tension Strength Ratio) angegeben, welcher der verbleibenden Spaltzugfestigkeit nach Wasserlagerung in % entspricht. Um den Einfluss der Wasserlagerung optimal anzusprechen, werden Prüfkörper mit einem relativ hohen Hohlraumgehalt hergestellt. Somit kann Wasser in die Prüfkörper eindringen, was zu einer sehr grossen Kontaktfläche Wasser-Bindemittel führt. Der Einfluss des Hohlraumgehaltes auf das Prüfergebnis wird als entsprechend gross erwartet. Um diese hohen Hohlraumgehalte zu erreichen, legt die EN 12697-12 [9] eine Verdichtungsenergie fest, welche wesentlich tiefer liegt als dies bei der Marshallverdichtung üblich ist; nämlich 2x25 Schläge anstatt 2x50 Schläge.

In der Version 2005 der EN 12697-12 war eine Marshall-Verdichtungsenergie von 2x25 Schlägen oder eine Gyratorverdichtung von 40 Umdrehungen vorgeschrieben. Auf dieser Basis wurden die Anforderungen an die Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Mischgut in der Norm SN 640 431-1b [19] mit der Wahl der Anforderungskategorie *ITSr₇₀* festgelegt.

In der späteren Version 2008 der EN 12697-12 wurde dann die Verdichtungsenergie von 2x25 auf 2x35 Schlägen oder von 40 auf 50 Umdrehungen erhöht. Da der Einfluss dieser Änderung auf das Untersuchungsergebnis damals nicht bekannt war, hatte die VSS Expertenkommission EK 5.09 „Mischgut, Prüfverfahren“ beschlossen, die revidierte EN 12697-12:2008 [9] nicht einzuführen, solange keine Erfahrungswerte über den Einfluss der erhöhten Verdichtungsenergie vorliegen.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin abzuklären, ob die Veränderung der Verdichtungsenergie bei der Herstellung der Prüfkörper einen Einfluss auf das Prüfergebnis hat und ob dementsprechend die Anforderungen anzupassen seien.

1.1.2 Schweizerische co-normative Forschung

Das europäische Asphalt Normenwerk legt Prüfverfahren, Prüfbedingungen und Anforderungskategorien fest; dabei sind die Normen-Reihen 12697-ff für Prüfmethoden und EN 13108-ff für Anforderungen an das Mischgut massgebend. In den mehreren Normen stehen unterschiedliche Prüfverfahren oder -bedingungen zur Auswahl. Jedes Mitgliedsland des CEN verpflichtet sich, eine nationale Norm zu erarbeiten, welche das Verfahren und die Anforderungskategorie präzisiert. Oft genug ist das Vorhaben nur möglich, wenn bereits Erfahrungen vorliegen. Fehlt es an Erfahrungen, so muss eine angewandte Forschung der nationalen Norm vorangehen.

1.1.3 Bedeutung der Wasserempfindlichkeit

Stand des Wissens

In [1] wurde der Hohlraumgehalt in Abhängigkeit der Anzahl Schläge auf unterschiedlichen AC F Mischgutsorten untersucht. Die Schlagzahlen variierten zwischen 2x5 bis 2x50. Aus dieser Arbeit kann abgeleitet werden, dass eine Zunahme von 2x25 auf 2x35 Schlägen einer Reduktion des Hohlraumgehalts von 10 Vol.-% auf 8 Vol.-% entspricht. Aus einer Gyrator-Verdichtungskurve eines AC EME 22 C1 ist zu entnehmen, dass sich der Hohlraumgehalt von 8,5% auf 7,7% reduziert, wenn die Anzahl Umdrehungen von 40 auf 50 erhöht wird. Beide Beispiele zeigen, dass durch die neu eingeführte Zunahme der Verdichtungsenergie, eine absolute Reduktion des Hohlraumgehalts von mindestens 1% zu erwarten ist; die relative Veränderung beträgt ca. 20%.

Zur Beurteilung der Wasserempfindlichkeit wird die verbleibende Spaltzugfestigkeit nach Wasserlagerung bestimmt. Grundsätzlich geht man davon aus, dass bei einem dichten Mischgut mit niedrigem Hohlraumgehalt weniger Wasser in die Prüfkörper eindringen kann und daher die schädigende Wirkung des Wassers kleiner ist. Der Einfluss der Verdichtungsenergie auf das Prüfergebnis wird analog erwartet: je höher die Verdichtungsenergie, desto kleiner der Hohlraumgehalt und infolgedessen auch desto kleiner die schädigende Wirkung des Wassers. In Laboruntersuchungen konnte hingegen ein derartiger Zusammenhang nicht zweifelsfrei nachgewiesen werden. In [1] werden mehrere Untersuchungen zitiert, welche sich zum Teil widersprechen. So soll Scherocman [21] bereits 1986 nachgewiesen haben, dass Mischungen mit einem Hohlraumgehalt kleiner als 2 bis 3 Vol.-% kein Risiko der Wasserschädigung ausweisen, während Mischungen mit einem Hohlraumgehalt oberhalb 6 Vol.-% einem erhöhten Risiko ausgesetzt sind. Stroup-Gardiner und Epps [22] fanden, dass der Hohlraumgehalt der Prüfkörper einen direkten Einfluss auf die Zugfestigkeit (ITS) habe, dass jedoch das Verhältnis der Zugfestigkeiten (ITSR) vor/nach Wasserlagerung vom Hohlraumgehalt unabhängig sei.

In [1] konnte mit einem variierenden Hohlraumgehalt einer AC Foundationsschicht zwischen 9 und 14 Vol.-% - keine eindeutige Abhängigkeit der ITSR-Werte vom Hohlraumgehalt festgestellt werden. Möglicherweise ist in diesem Fall die fehlende Abhängigkeit dadurch zu erklären, dass die Hohlraumgehalte aller untersuchten Prüfkörper generell hoch waren und somit der Wasserzutritt auch bei den niedrigeren Hohlraum-Werten genügend war. Eine weitere Erhöhung des Hohlraumgehaltes verbesserte den Wasserzutritt nur unwesentlich.

Aus [4] ist zu entnehmen, dass der ITSR mit steigendem Hohlraumgehalt von 5%, 7% und 11% deutlich abnimmt. Die gleiche Feststellung kann aus den Daten von [6] entnommen werden: eine Zunahme des Hohlraumgehalts von 6.3% auf 7.4% bewirkt eine Abnahme des ITSR von 67% auf 55%.

Aus den verschiedenen Literaturstellen ergibt sich keine klare Aussage bezüglich der Abhängigkeit des ITSR-Wertes vom Hohlraumgehalt bzw von der Verdichtungsleistung.

Qualitätssicherung

Die Prüfung der Wasserempfindlichkeit ist Bestandteil der Erstprüfungen bei allen Walzasphalten-Sorten.

Das Prüfverfahren spricht die Bindemittelablösung infolge Wasserzutritt an. Diese Bindemittelablösung hängt von der Affinität Bindemittel / Gesteinskörnungen ab. Da jedoch bei der Prüfung der Affinität gem. 12697-11 [8] nur eine Splitt-Fraktion untersucht wird, fehlt die Beurteilung der gesamten Mischung. Hier setzt die Prüfung „Wasserempfindlichkeit“ an, denn bei dieser Prüfung werden verdichtete Prüfkörper aus dem zu untersuchenden Mischgut geprüft. Diese Prüfung kann somit auch zur Untersuchung des Einflusses von Zusätzen, beispielsweise von Haftvermittlern verwendet werden.

1.2 Zielsetzungen

Die Ziele des Forschungsprojekts sind vor dem Hintergrund der Veränderung der Verdichtungsenergie in der europäischen Prüfnorm EN 12697-12 [9] wie folgt festgelegt worden:

- Untersuchung der Auswirkung der Erhöhung der Verdichtungsenergie in der neuen EN-Prüfnorm auf die Prüfergebnisse
- Überprüfung der bestehenden Anforderungen an die Wasserempfindlichkeit unter Berücksichtigung eines möglichen Einflusses der Veränderung der Prüfnorm.
- Vorschlag für das weitere Vorgehen zu Händen der Normenkommission

1.3 Methodik

Kurzbeschreibung

Im Forschungsprojekt sollen Paralleluntersuchungen mit den beiden Verdichtungsenergien den Einfluss der Verdichtungsenergie auf die ITS_R-Werte aufzeigen. Das Laborprogramm sieht Prüfungen an unterschiedlichen Mischgutsorten - die sich bzgl. Bindemittel und Provenienz der Gesteinskörnung unterscheiden - vor. Diese Untersuchung bildet die Basis zu möglichen Änderung der bisherigen Anforderungskategorie *ITS_{R70}* (Erstprüfung). Um einen Überblick zu gewinnen, werden zu Beginn Prüfkörper im Gyratorverdichter mit 30, 40, 50, 70, 100 und 150 Umdrehungen hergestellt. Dabei werden Prüfkörper hergestellt, deren Hohlraumgehalte eine sehr breite Spanne abdecken. Der Einfluss auf die Wasserempfindlichkeit (ITS_R-Wert) wird als entsprechend gross erwartet.

Schritt 1

An einem Mischgut AC 11 wurden ITS und ITS_R in Abhängigkeit der Verdichtungsenergie ermittelt, wobei 6 verschiedene Hohlraumgehalte der Prüfkörper angestrebt wurden. Um dies zu erreichen wurde vorerst eine Gyrator-Verdichtungskurve aufgenommen und anhand dieser die erforderlichen Anzahl Umdrehungen bestimmt, um die festgelegten Hohlraumgehalte zu erreichen. Anschliessend wurden 6 Probekörper pro Verdichtungsenergie hergestellt und Hohlraumgehalt, ITS_w, ITS und ITS_R bestimmt und ausgewertet.

Schritt 2

An verschiedenen Mischgutsorten wird die Prüfung der Wasserempfindlichkeit mit den 2 unterschiedlichen Verdichtungsenergien durchgeführt. Für Mischungen mit Grösstkorn kleiner 22 mm werden Marshall-Prüfkörper getestet. Bei Mischgutsorten mit einem Grösstkorn grösser 22 mm wird der ITS_R mit Gyrator-Prüfkörper bestimmt. Die Mischgutsorten unterscheiden sich bezüglich Bindemittel (Reinbitumen, PmB Typ C, PmB Typ E, harte Strassenbaubitumen) sowie in Bezug auf deren Provenienz der Gesteinskörnungen. Die Auswahl der zu prüfenden Mischgutsorten erfolgt auf der Basis der Tab. 1 Es wird kein Mischgut mit Recycling-Anteile untersucht.

Tab. 1 Übersicht über die geplanten Untersuchungen

Schicht	Grösstkorn	Typ	Bindemittel	Verdichtung
Deckschicht	11, 8	AC, SMA, ACMR	70/100, E 45/80-65, E 70/100-60	Gyrator, Marshall
Binderschicht	22	AC	C 45/80-50	Gyrator
Tragschicht	32, 22	AC	50/70	Gyrator
Foundationsschicht	22	AC	70/100	Gyrator
RAIL	16	AC	160/220	Gyrator, Marshall

2 Prüfmethoden, Geräte und Anforderungen

2.1 Prüfmethode

Die Prüfmethode beruht auf der Norm EN 12697-12 Verfahren A [9].

Eine Gruppe von 6 zylindrischen Probekörpern wird in zwei Teilgruppen aufgeteilt und klimatisiert. Die 6 Prüfkörper sind derart in 2 Gruppen aufzuteilen, dass die mittlere Raumdichte der beiden Gruppen möglichst nahe beieinander liegen. Die eine Teilgruppe wird trocken bei $20 \pm 5 \text{ °C}$ gelagert, während die zweite Teilgruppe mit Wasser gesättigt und bei $40 \pm 1 \text{ °C}$ für 68 bis 72 Stunden in Wasser gelagert wird. Im Anschluss an die Klimatisierung wird die indirekte Zugfestigkeit beider Teilgruppen bei $22 \pm 2 \text{ °C}$ nach EN 12697-23 [10] bestimmt. Das Verhältnis der indirekten Zugfestigkeit *ITSR* der in Wasser gelagerten Teilgruppe zu der trockenen Teilgruppe ist nach folgender Gleichung (1) zu berechnen:

$$ITSR = \frac{ITS_w}{ITS_d} \quad (1)$$

Dabei ist

- *ITSR* das Verhältnis der indirekten Zugfestigkeiten, in %;
- *ITS_w* die durchschnittliche indirekte Zugfestigkeit der nassen Gruppe, in kPa;
- *ITS_d* die durchschnittliche indirekte Zugfestigkeit der trockenen Gruppe, in kPa.

Der zu prüfende zylindrische Probekörper wird auf $22 \pm 2 \text{ °C}$ temperiert, in der Druckprüfmaschine zwischen den Belastungsstreifen und diametral zur Zylinderachse mit konstanter Vorschubgeschwindigkeit (50.8 mm/min) bis zum Bruch belastet. Die indirekte Zugfestigkeit *ITS* ist die aus der beim Bruch erreichten Höchstlast und den Abmessungen des Probekörpers berechnete maximale Zugfestigkeit. Die *ITS* wird nach Gleichung (2) berechnet.

$$ITS = \frac{2 \cdot P}{\pi \cdot D \cdot H} \quad (2)$$

Dabei ist

- *P* die Höchstlast, in kN;
- *D* der Durchmesser des Probekörpers, in mm;
- *H* die Höhe des Probekörpers, in mm.

2.2 Probekörper

Für jede Laborprobe müssen sechs zylindrische Prüfkörper hergestellt werden. Für Asphaltmischungen mit einer maximalen Korngrösse von bis zu 22 mm müssen die Probekörper mindestens einen Durchmesser von $(100 \pm 3) \text{ mm}$ haben. Für Asphalt mit einer maximalen Korngrösse von 32 mm müssen die Probekörper einen Durchmesser von $(150 \pm 3) \text{ mm}$ haben. Alle Probekörper müssen (falls nichts anders festgelegt) eine Höhe zwischen 35 bzw. 75 mm haben.

Die Probekörper müssen gem. EN 12697-12 entweder gemäss EN 12697-30 [13] (Marshall-Verdichtung), EN 12697-31 [14] (Gyratorverdichtung) oder EN 12697-32 [15] (Vibrationsverdichtung) im Labor verdichtet werden oder aus einer nach EN 12697-33 [16] hergestellten Platte gebohrt werden. Die Probekörper können auch gemäss EN 12697-27 [11] aus einer eingebauten Asphaltsschicht entnommen werden.

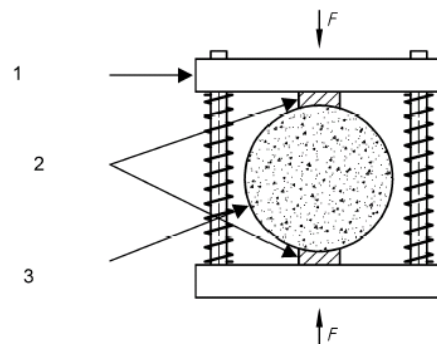
Im Rahmen dieser Arbeit sind die Probekörper – entsprechen der Schweizer Laborpraxis - entweder durch Gyrator- oder durch Schlagverdichtung hergestellt worden, wobei beide Verdichtungsenergien verwendet wurden:

- Gyratorverdichtung (EN 12697-31): 40 und 50 Umdrehungen;
- Marshall-Verdichtung (EN 12697-30): 2x25 und 2x35 Schläge.

Die Abmessungen und die Raumdichte jedes Probekörpers wurden gemäss EN 12697-29 [12] bzw. EN 12697-6 [7] bestimmen. Der Unterschied zwischen den mittleren Raumdichten der trockenen und der nassen Teilgruppen darf nicht mehr als 15 kg/m^3 betragen. Die Probekörper (beide Teilgruppen) müssen das gleiche Alter haben (Herstellung innerhalb einer Woche).

2.3 Prüfgeräte

Nebst Marshall- und Gyrator-Verdichtungsgerät wurde eine 50 kN Druckpresse, eine Prüfvorrichtung mit Druckstreifen (Abb. 1), ein thermostatisch geregeltes Wasserbad ($\pm 1^\circ\text{C}$) und eine thermostatisch geregelte Luftkammer ($\pm 1^\circ\text{C}$) verwendet.



Legende

- 1 Prüfkopf
- 2 Druckstreifen
- 3 Probekörper

Abb. 1 Prüfvorrichtung mit Druckstreifen und Probekörper

Die verwendete Vakuumpumpe muss in der Lage sein, die Vakuumkammer innerhalb von (10 ± 1) min auf einen Restdruck von $(6,7 \pm 0,3)$ kPa zu evakuieren und diesen Druck (30 ± 5) min lang aufrechtzuerhalten.

Das thermostatisch geregelte Wasserbad, in welchem eine Temperatur von $40 \pm 1^\circ\text{C}$ oder $22 \pm 2^\circ\text{C}$ aufrechterhalten werden kann, muss mit einem Zwischenboden ausgerüstet sein, der auf Abstandhaltern über dem Boden angeordnet wird. Das Fassungsvermögen des Wasserbades muss ausreichen, um sicherzustellen, dass sich die Oberseiten der Probekörper während der Wasserlagerung mindestens 20 mm unterhalb der Wasseroberfläche befinden.

2.4 Klimatisierung

Die Probekörper der trockenen Teilgruppe werden bei 20 ± 5 °C in einem Klimaraum gelagert.

Nach der Vakuum-Sättigung werden die Probekörper der nassen Teilgruppe für eine Dauer von 68 h bis 72 h im Wasserbad bei 40 ± 1 °C gelagert. Falls die Bitumensorte weicher als 100/150 ist, gilt eine Wasserbadtemperatur von 30 ± 1 °C. Dies ist zum Beispiel der Fall mit AC RAIL und Bitumensorte 160/220.

Anschliessend werden alle 6 Prüfkörper in einem Wasserbad auf 22 ± 2 °C temperiert. Die Probekörper der trockenen Teilgruppe sind mit Hilfe eines Plastiksackes gegen das Eindringen von Wasser zu schützen. Die Probekörper der nassen Teilgruppe werden direkt in das Wasserbad gelegt. Die Probekörper mit Durchmesser 100 mm sind mindestens 2 Std lang im Wasserbad zu lagern; beträgt ihr Durchmesser 150 mm, so sind sie mindestens 4 Std lang zu lagern. Die Oberflächen der nassen Probekörper sind mit einem Tuch abzutrocknen, und innerhalb von 1 Minute ist mit dem indirekten Zugversuch fortzufahren.

2.5 Anforderungen

Erstprüfung

Das Prüfverfahren „Wasserempfindlichkeit“ ist Bestandteil der Erstprüfungen der Mischgutsorten AC, SMA und PA [18].

Tab. 2 Anforderungen an die Wasserempfindlichkeit.

Mischgutsorte	Norm EN	Norm SN	Anforderung
AC	13108-1	640 431-1	≥ 70
SDA	keine	SNR 640 436	≥ 70
SMA	13108-5	640 431-5	≥ 70
PA	13108-7	640 431-7	≥ 70 für PA, PA B ≥ 80 für PA S

In der Schweiz gilt für alle AC Sorten (AC, AC MR, AC B, AC T, AC EME, AC F, AC RAIL), für SMA, SDA und PA die Kategorie *ITSR*₇₀. Einzig bei den Sickerschichten aus PA wird ein höherer Wert ($\geq 80\%$) verlangt.

Präzision

Die EN 12697-12 gibt Werte der Präzision an und stützt sich dabei auf einen in den USA durchgeführten Ringversuch mit einer ähnlichen Prüfmethode.

Auf der Basis der Ergebnisse dieses Ringversuches wurde unter Vergleichsbedingungen eine Standardabweichung des *ITSR* von 8 % ermittelt. Die zulässige Höchstabweichung des *ITSR* zwischen Ergebnissen von Prüfungen, die an Stichproben des gleichen Gemisches durchgeführt wurden beträgt für zwei unterschiedliche Laboratorien 23 %. Aus der oben erwähnten Publikation wurden folgende Daten zur Präzision als Schätzwerte abgeleitet [9]:

- Wiederholpräzision *r*: etwa 15 %;
- Vergleichspräzision *R*: etwa 23 %.

3 Einfluss des Hohlraumgehaltes

3.1 Vorgehen

Die Wasserempfindlichkeit ist in erster Linie von der Affinität zwischen Bitumen und Gesteinskörnungen abhängig. Bei ungünstiger Affinität kann eindringendes Wasser den Bindemittelfilm um die Gesteinskörner verdrängen und so die Gesteinskörner vom Bindemittel enthüllen. Je höher die Temperatur des Wassers und je weicher das Bindemittel, desto schneller erfolgt die Enthüllung der Körner, wobei sich beide Einflüsse (Wassertemperatur und Bindemittelhärte) überlagern können. Die Untersuchungen wurden mit den in der EN 12697-11 festgelegten Wasserlagerungsbedingungen (40 °C / 72 h) durchgeführt. Als Mischgut wurde ein relativ feinkörniges Mischgut (AC 11 N) gewählt, um das Risiko der Entmischungen - wie dies bei grobkörnigerem Mischgut zu erwarten wäre - zu minimieren. Als Bindemittel wurde ein B 70/100 gewählt; ein Bitumen, dessen Erweichungspunkt Ring und Kugel (43...51 °C) über der Temperatur der Wasserlagerung lag.

Wie weit das Wasser in die Poren eindringt, hängt vom Anteil kommunizierender Poren sowie vom gesamten Hohlraumgehalt ab. Der Hohlraumgehalt wird von der aufgewendeten Verdichtungsenergie bestimmt. Um sich ein Bild von der Grössenordnung des Hohlraumgehaltes bei unterschiedlicher Verdichtungsenergie zu machen, wurde im Gyrator-Verdichter die Höhe des Prüfkörpers in Funktion der Anzahl Umdrehungen gemessen, um daraus die Abhängigkeit des Hohlraumgehaltes von der Anzahl Umdrehungen zu berechnen. Die Verdichtungstemperatur betrug 150 °C. Anschliessend wurden 6 verschiedene Ziel-Hohlraumgehalte festgelegt, Prüfkörper hergestellt und die Wasserempfindlichkeit bestimmt.

3.2 Ergebnisse

Das für diese Untersuchung angewendete Mischgut ist ein AC 11 N dessen Eigenschaften in Tab. 3 beschrieben sind; die vollständigen Untersuchungsergebnisse sind im Anhang aufgeführt.

Tab. 3 Eigenschaften des untersuchten AC 11 N

Probe Nr.	Körngrössenverteilung Siebdurchgang [Masse-%]					Bindemittel-Gehalt [Masse-%]	Hohlraum- Gehalt [Vol-%]
	0,063 mm	1 mm	2 mm	4 mm	8 mm		
12-01507-001	8.5	29.2	45.2	63.0	83.8	5.74	3.4

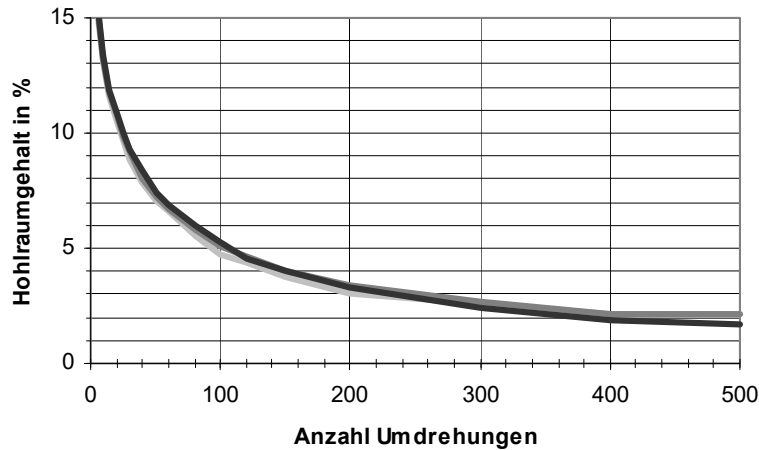


Abb. 2 Hohlraumgehalt eines AC 11 N in Abhängigkeit der Anzahl Gyrator-Umdrehungen; Verdichtungstemperatur 150 °C; Mittelwert aus 3 Einzelwerten

Es wurden 6 verschiedene Hohlraumgehalte gemäss Tab. 4 festgelegt:

- Ein hoher Hohlraumgehalt welcher um 1 Vol.-% oberhalb des Wertes lag, welcher gemäss der EN 12697-12: 2005 mit 40 Umdrehungen ermittelt wurde (9.1 Vol.-%)
- Der Hohlraumgehalt welcher bei 40 Umdrehungen gemäss der alten Norm (EN 12697-12:2005) bestimmt wurde (8.1 Vol.-%)
- Der Hohlraumgehalt welcher bei 50 Umdrehungen gemäss der neuen Norm (EN 12697-12:2008) bestimmt wurde (7.3 Vol.-%)
- Ein um 1 Vol.-% niedrigerer Hohlraumgehalt als mit 50 Umdrehungen ermittelt (6.3 Vol.-%)
- Derjenige Hohlraumgehalt, welcher mittels Marshall-Verdichtung ermittelt wird (3.9 Vol.-%)
- Ein Hohlraumgehalt zwischen den letzten beiden Hohlraumgehalte (5.0 Vol.-%)

Tab. 4 Festlegung der Verdichtungsenergien für die Wasserempfindlichkeit

Probe Nr.	Umdrehungen	Hohlraum Vol.-%	Auswahlkriterium
12-01507-001	30	9.1	+ 1 Vol.-% gegenüber 12697-12:2005
12-01507-002	40	8.1	Gemäss 12697-12:2005
12-01507-003	50	7.3	Gemäss 12697-12:2008
12-01507-004	70	6.1	- 1 Vol.-% gegenüber 12697-12:2008
12-01507-005	100	5.0	Zwischenschritt
12-01507-006	150	3.9	Etwa Marshall-Verdichtung

Pro Verdichtungsenergie wurden sechs Prüfkörper mit der angegebenen Anzahl Umdrehungen hergestellt und Hohlraumgehalt und Verdichtungsgrad berechnet. Die Rohdichte wurde aus der Masse sowie Durchmesser und Höhe der Prüfkörper berechnet. Diese Bestimmung ergibt etwas andere Werte als die üblicherweise verwendete Methode (Tauchwägung), denn es handelt sich um eine volumetrische Bestimmung. Zudem erfolgt die Bestimmung der Raumdichte während der Gyratorverdichtung bei 150 °C; im Unterschied zur üblicherweise Bestimmung bei Raumtemperatur.

In Tab. 5 sind Höhe, Hohlraumgehalt und Verdichtungsgrad als Mittelwert von sechs Prüfkörpern angegeben. Die indirekten Zugfestigkeiten sind als Mittelwerte von drei Prüfkörpern angegeben.

Tab. 5 Wasserempfindlichkeit versus Verdichtungsenergie und Hohlraumgehalt (Mittelwerte dreier Einzelwerte)

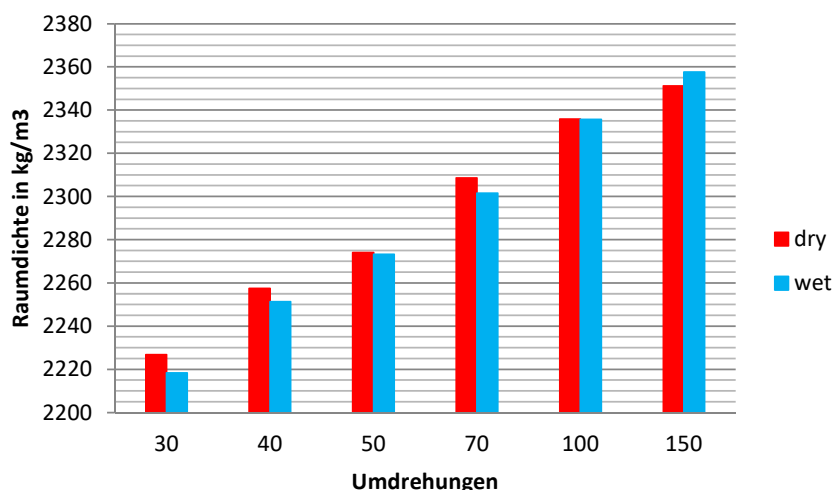
Umdrehungen	Höhe mm	Hohlraumgehalt Vol.-%	Verdichtungsgrad %	ITS _{dry} kPa	ITS _{wet} kPa	ITSR %
30	73.2	9.0	94.2	846	823	97
40	72.1	7.9	95.3	964	944	98
50	71.5	7.1	96.2	969	947	98
70	70.6	5.8	97.5	983	1004	102
100	69.6	4.5	98.8	964	968	100
150	69.1	3.8	99.5	1093	1093	100

Die Ergebnisse lassen sich wie folgt interpretieren:

- Die Hohlraumgehalte der Prüfkörper entsprechen den erwarteten Werten. Somit erfolgt eine genügend grosse Spanne der Werte von 3.8 bis 9.0 Vol.-% in mehr oder weniger regelmässigen Abständen
- Die Werte der indirekten Zugfestigkeit ITS_d und ITS_w nehmen grundsätzlich mit abnehmendem Hohlraumgehalt zu, die Zunahme erfolgt jedoch sehr unregelmässig
- Das Verhältnis der Zugfestigkeiten ITSR nimmt ebenfalls zu. Die Zunahme von 97 auf 100% ist allerdings sehr bescheiden. Beim Hohlraumgehalt von 5.8 Vol.-% wurde mit einem ITSR von 102 % ein Ausreisser gemessen.

3.3 Interpretation

In Abb. 3 sind die mittleren Raumdichten der trockenen und der nassen Teilgruppen bei unterschiedlichen Anzahlen an Gyrator-Umdrehungen dargestellt. Die grösste Differenz zwischen beiden Teilgruppen beträgt 8 kg/m³ und liegt somit deutlich unterhalb des gemäss Norm tolerierbaren Wertes von maximal 15 kg/m³. Die Anzahl der Gyrator-Umdrehungen – bzw. die Verdichtungsenergie - beeinflusst somit die Differenz der Raumdichten nach trockener bzw. nasser Lagerung nicht.

**Abb. 3** Mittlere Raumdichte der Teilgruppen trocken (rot) und nass (blau).

Erwartet werden zunehmende Festigkeiten mit abnehmendem Hohlraumgehalt der Prüfkörper. Der Hohlraumgehalt in der Prüfserie (siehe Tab. 5) nimmt zwischen 9.0 Vol.-% und 3.8 Vol.-% kontinuierlich ab. Die gleichzeitige Zunahme der mechanischen Eigenschaften ist zwar gegeben, folgt aber keinem kontinuierlichen Trend. Am Beispiel

des ITS_{dry} zeigen die Messdaten in Abb. 4 ein Plateau im mittleren Bereich des Hohlraumgehaltes. Geht man davon aus, dass die Zugfestigkeit eines Prüfkörpers – bei gleichbleibenden Materialeigenschaften – von der Querschnittsfläche abhängt, so müsste die Zugfestigkeit mit zunehmendem Hohlraumgehalt (= kleinere Querschnittsfläche) abnehmen. Da dies nicht der Fall ist, kann gefolgert werden, dass die Eigenschaften des Mischgutes sich verändert haben. Es ist anzunehmen, dass eine sehr niedrigere Verdichtungsenergie (Hohlraumgehalt 9.0 Vol.-%) eine schlechtere Verfestigung/Verkeilung erzeugt, als eine sehr hohe Verdichtungsenergie. Dies war zu erwarten; etwas überraschend ist, dass es im mittleren Bereich der Verdichtungsenergie keine Veränderungen gibt.

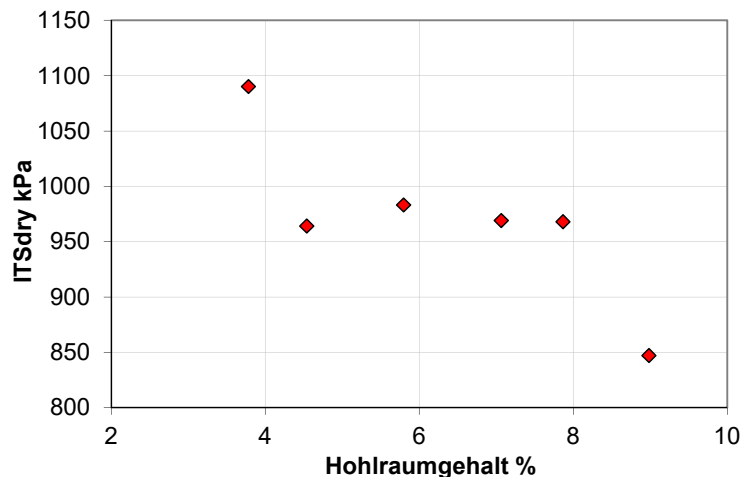


Abb. 4 Abnahme der indirekten Zugfestigkeit ITS_d mit zunehmendem Hohlraumgehalt.

Dass sämtliche ITSR Werte zwischen 97% und 100% liegen weist darauf hin, dass die Prüfung durch den Hohlraumgehalt erstaunlich wenig beeinflusst wird. Die Wasserlagerung verursacht bei einem Hohlraumgehalt von über 7 Vol.-% nur eine sehr geringe Abnahme der indirekten Zugfestigkeit; unter 6 Vol.-% Hohlraum ist keine Festigkeitsminderung mehr festzustellen.

Bezogen auf das untersuchte Mischgut AC 11 N, kann davon ausgegangen werden, dass die in der EN-Norm vollzogene Zunahme der Verdichtungsenergie (von 40 auf 50 Umdrehungen) keinen Einfluss auf den ITSR-Wert hat.

Ableitung von Präzisionsdaten für die indirekte Zugfestigkeit

Bezugnehmend auf die vorliegenden Prüfergebnisse mit einem AC 11 N, werden die einzelnen Dreierserien statistisch ausgewertet.

Tab. 6 Statistische Auswertung der Werte ITS_d und ITS_w

ITS_{dry}						
Mittelwert kPa	846	964	969	983	964	1093
Standardabweichung kPa	34	32	43	44	23	22
Standardabweichung %	4.0	3.3	4.5	4.4	2.4	2.0
Wiederholpräzision %	11	9	13	12	7	6
ITS_{wet}						
Mittelwert kPa	823	944	947	1004	968	1093
Standardabweichung kPa	37	9	11	9	44	5
Standardabweichung %	4.5	0.9	1.1	0.9	4.6	0.5
Wiederholpräzision %	12	3	3	2	13	1

Die Wiederholpräzision r (Präzision unter Wiederholbedingungen; derselbe Laborant mit denselben Prüfgeräten) für die Spaltzugfestigkeit liegt im obigen Beispiel bei maximal 13%; der Mittelwert beträgt - über alle 12 Serien gesehen - 7.7 %. Betrachtet man die mittlere Wiederholpräzision der nassen und trockenen Serien, so stellt man fest, dass bei den trockenen Serien der Wert r mit 9.6 % etwas höher liegt als bei den nassen Prüfkörpern (5.7 %). Da die Prüfergebnisse der nassen und trocknen Prüfkörper statistisch gesehen unabhängig voneinander sind, kann die Wiederholpräzision der Verhältniszahl ITSr anhand der Fehlerfortpflanzung berechnet werden. Sie beträgt 11.1 %. Dieser Wert liegt unterhalb des in der EN 12697-12 [9] schätzungsweise angegebenen Wertes von 15%. Folgerung

Die Versuchsreihe an einem AC 11 N mit sechs unterschiedlichen Verdichtungsenergien, darunter die beiden normierten Werte 40 und 50 Umdrehungen, zeigt, dass der Wechsel von 40 zu 50 Umdrehungen keinen Einfluss auf den ITSr-Wert hat.

4 Einfluss der Verdichtungsenergie

In folgenden wurde der Einfluss der Verdichtungsenergie auf den Kennwert *ITSR* untersucht. Dabei beschränkte sich die Untersuchung auf die beiden in den Normen EN 12697:2003 und EN 12697:2008 festgelegten Energien zur Verdichtung der Labor-Prüfkörper:

EN 12697:2003	2x 25 Schläge bei der Marshall- bzw. 40 Umdrehungen bei der Gyrator-Verdichtung
EN 12697:2008	2x 35 Schläge bei der Marshall- bzw. 50 Umdrehungen bei der Gyrator-Verdichtung

4.1 Marshall PK

4.1.1 Mischgut

Es wurden 3 unterschiedliche Mischgutsorten untersucht, deren Kennwerte in Tab. 7 aufgeführt sind. Diese drei Mischgutsorten unterscheiden sich vor allem hinsichtlich der verwendeten Bindemittel (PmB E 70/100-60; B 70/100 und B 160/220) sowie bezüglich des Mischgutrezeptes. Der Hohlraumgehalt Marshall (verdichtet mit 2 x 50 Schlägen) liegt zwischen 2,2 und 7,9 Vol.-%

Tab. 7 Eigenschaften der untersuchten Mischgutsorten

Probe Nr.	Mischgut-sorte	Bindemittel	Marshall-Raum-dichte kg/m ³	Bindemittel-Gehalt Masse-%	Hohlraum-Gehalt Marshall Vol.-%
12-03421-001	AC RAIL 16	160/220	2403	5.70	2.2
12-02899-001	AC 11 N	70/100	2370	5.80	2.9
12-02892-002	ACMR 8	E 70/100-60	2263	5.95	7.9

4.1.2 Ergebnisse

Die Marshall Prüfkörper wurden nach der Verdichtung (25 oder 35 Schläge) entsprechend gelagert und anschliessend geprüft. Der Verdichtungsgrad nimmt mit der höheren Verdichtungsenergie generell um 2% zu (Abb. 5). Die Mischung ACMR 8 mit PmB erreicht den tiefsten Verdichtungsgrad.

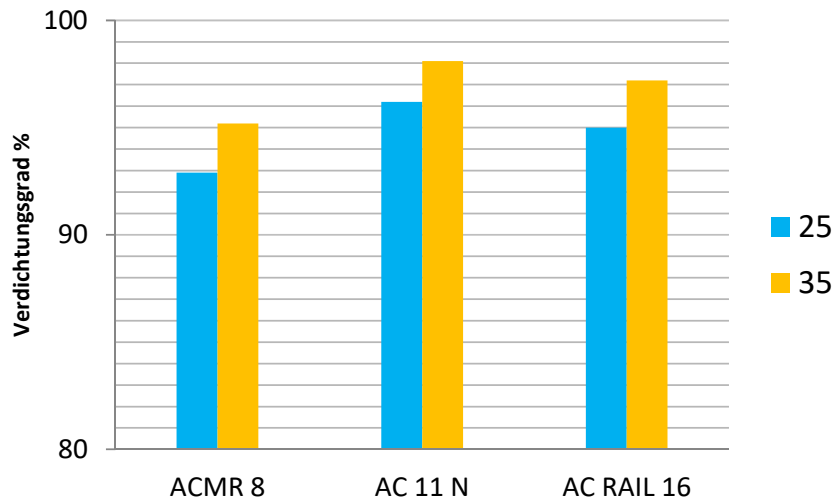


Abb. 5 Verdichtungsgrad nach 25 bzw. 35 Schlägen

Die indirekte Zugfestigkeit (ITS) nimmt mit zunehmender Anzahl Schlägen zu; es besteht eine klare Abhängigkeit zur Verdichtungsenergie. Die *ITS* Ergebnisse für die trockenen und nassen Teilgruppen sind in Abb. 6 dargestellt. Wie zu erwarten war, ergeben sich bei trockener Lagerung höhere Werte als bei der Wasserlagerung. Auch liegen die Werte der Prüfkörper, welche mit einer grösseren Verdichtungsenergie erstellt wurden, bei allen drei Mischgutsorten sowie bei beiden Lagerungen (nass und trocken) höher,

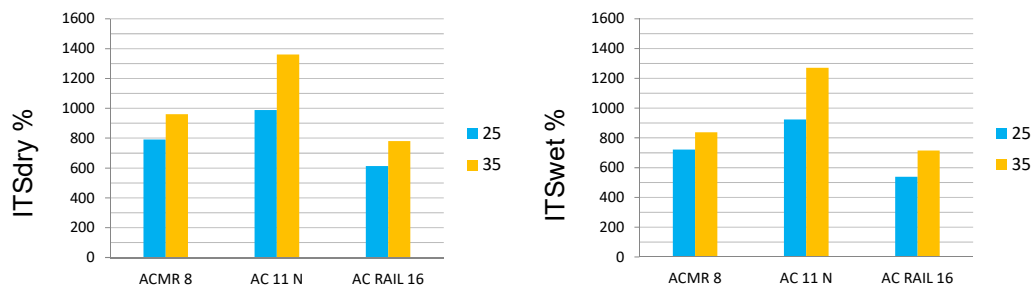


Abb. 6 Indirekte Zugfestigkeit *ITS* von Marshallprüfkörpern mit 25 bzw. 35 Schlägen verdichtet; links: *ITS_{dry}*; rechts: *ITS_{wet}*

Die aus *ITS_{dry}* und *ITS_{wet}* berechnete Wasserempfindlichkeit *ITSR* ist in Abb. 7 dargestellt. Für das Produkt AC RAIL 16 nimmt der *ITSR* mit steigender Anzahl Verdichtungsschläge etwas zu. Bei den Produkten ACMR 8 und AC 11 N liegen die Ergebnisse innerhalb der Wiederholstandardabweichung, was darauf schliessen lässt, dass die Erhöhung der Anzahl Schläge entweder keinen oder nur einen geringfügigen Einfluss auf die Wasserempfindlichkeit hat.

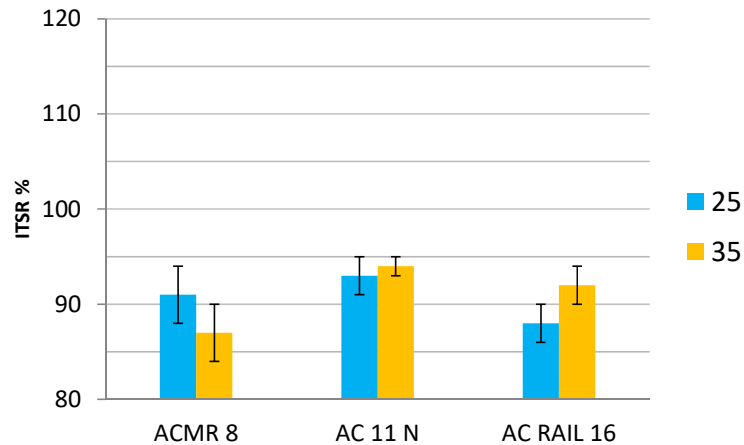


Abb. 7 $ITSR (= ITS_{wet}/ITS_{dry})$ von Marshallprüfkörpern mit 25 bzw. 35 Schlägen verdichtet.

Obwohl bei den Zugfestigkeiten nach Luft- und Wasserlagerung (Abb. 6) eine klare Abhängigkeit von der Verdichtungsenergie festgestellt wurde, kann dieser Trend bei der Verhältniszahl $ITS_{wet}/ITS_{dry} = ITSR$ nicht generell festgestellt werden. Beim AC 11 N und beim AC RAIL 16 nimmt $ITSR$ zu; beim AC MR 8 jedoch ab.

Die drei untersuchten Mischgutsorten ergeben eine zu kleine Datenbasis, um allenfalls weitere Abhängigkeiten zu beobachten. Grundsätzlich wäre es interessant den Einfluss des Hohlraumgehaltes oder der Bindemittleigenschaften zu untersuchen. Dies war jedoch nicht Ziel der vorliegenden Arbeit.

4.1.3 Interpretation

Eine Zunahme der Verdichtungsenergie um 2×10 Schläge verursacht eine deutliche Zunahme des Verdichtungsgrades, sowie eine Zunahme der Zugfestigkeit, und daher auch eine Veränderung des Asphaltgefüges. Der Kennwert für die Wasserempfindlichkeit $ITSR$ scheint zufällig zu schwanken.

4.2 Gyrator Prüfkörper

4.2.1 Mischgut

Im Vergleich zur Marshallverdichtung wurden deutlich mehr Mischgutsorten untersucht. Die Eigenschaften der untersuchten Mischgutsorten sind der Tab. 8 zu entnehmen.

Tab. 8 Eigenschaften der untersuchten Mischgutsorten

Probe Nr.	Mischgutsorte	Bindemittel	Marshall-Raumdichte kg/m ³	Bindemittel-Gehalt Masse-%	Hohlraum-Gehalt Marshall Vol-%
12-02785-001	AC T 32 S	50/70	2382	3.70	5.7
12-04151-001	AC F 22	70/100	2401	4.20	5.0
12-04151-002	AC T 22 S	50/70	2383	4.26	5.7
12-02785-002	AC B 22 S	C 45/80-50	2361	4.03	6.1
12-03421-001	AC RAIL 16	160/220	2403	5.70	2.2
12-02892-003	AC 11 L	70/100	2316	6.00	5.3
12-02850-001	SMA 11	E 45/80-65	2330	6.43	3.8
12-02892-002	ACMR 8	E 70/100-60	24572263	5.95	7.9

4.2.2 Ergebnisse

Die Gyrator Prüfkörper wurden mit 40 oder 50 Umdrehungen verdichtet, der EN 12697-12 [9] entsprechend klimatisiert und anschliessend wurde der indirekte Zugversuch bei 22° durchgeführt. Der Verdichtungsgrad nimmt mit der höheren Verdichtungsenergie mit Ausnahme der Mischgutsorten AC MR 8 und ACT 22 S zu (siehe Abb. 8).

Es kann (erwartungsgemäss) festgestellt werden, dass die drei Mischgutsorten mit weicherer Bitumensorte (AC11 L, ACRAIL 16, ACF 22) generell einen höheren Verdichtungsgrad erreichen als die Mischgutsorten mit einem härteren Bindemittel.

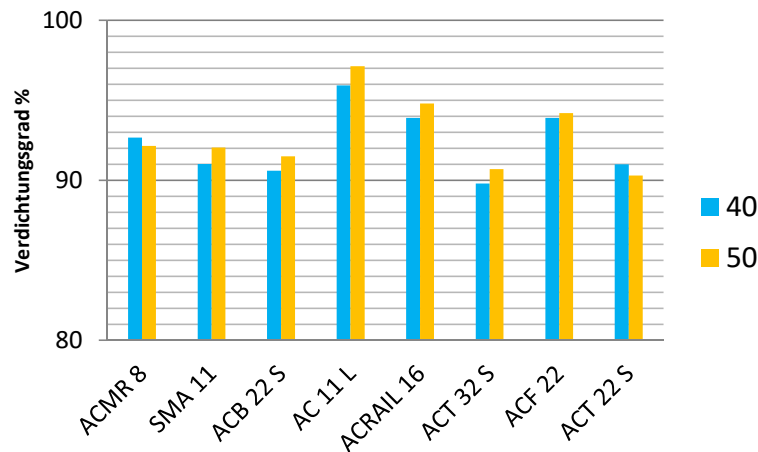


Abb. 8 Verdichtungsgrad nach 40 bzw. 50 Gyrator-Umdrehungen

Die indirekte Zugfestigkeit (IST) ist nach 50 Umdrehungen in der Regel höher als nach nur 40 Umdrehungen und zwar sowohl für die trocken gelagerten als auch für die unter Wasser gelagerten Prüfkörper. Bereits schon bei der Marshallverdichtung wurde dieser Trend beobachtet. Im Unterschied zur Marshallverdichtung gibt es allerdings bei der Gyrator-Verdichtung auch Ausnahmen, bei denen der ITS-Wert bei der höheren Verdichtung (50 Umdrehungen) tiefer liegt (ACT 22 S nass und trocken / AC MR 8 nass und AC B 22 S nass). Die ITS Ergebnisse für die trockenen und nassen Teilgruppen sind in Abb. 9 und Abb. 10 ersichtlich.

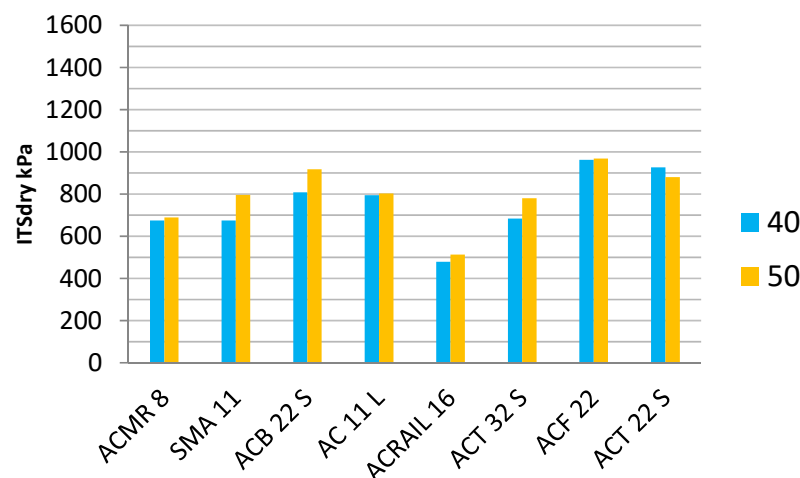


Abb. 9 ITS trocken nach 40 oder 50 Gyrator-Umdrehungen

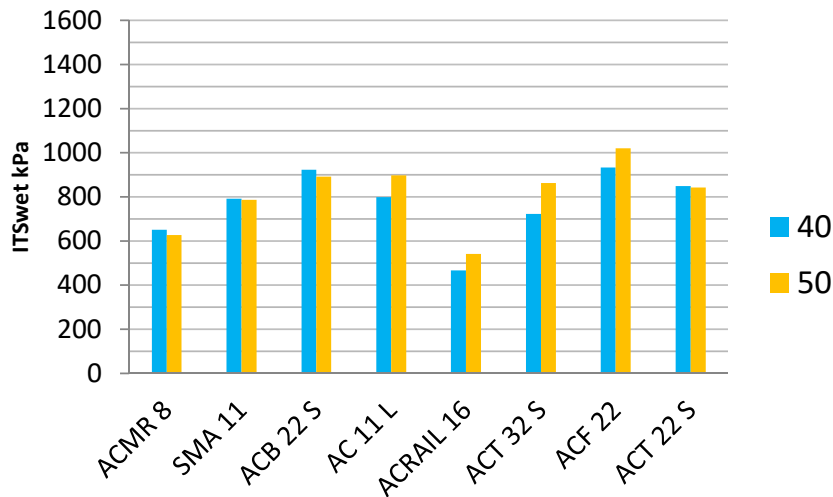


Abb. 10 ITS nass nach 40 oder 50 Gyrator-Umdrehungen

Auf der Basis der Ergebnisse kann zwischen Mischgutsorten mit polymermodifiziertem Bindemittel PmB (ACMR, SMA und ACB 22 S) und mit Standardbitumen unterschieden werden. Eine Analyse der Standardabweichungen zeigt, dass diese im Mittel ± 25 kPa beträgt. Daraus kann abgeleitet werden, dass sich 2 Ergebnisse erst dann signifikant unterscheiden, wenn deren Werte um mindestens 68 kPa ($2,7 \times$ Standardabweichung) auseinanderliegen.

Die Erhöhung der Verdichtungsleistung führt in lediglich 3 von 8 Mischgutsorten zu einer statistisch relevant höheren Spaltzugfestigkeit der trockenen Prüfkörper; bei den Prüfkörpern nach Nass-Lagerung sind es 4 von 8.

Mischungen mit Standardbitumen neigen bei höherer Verdichtungsenergie zu einer signifikanten Erhöhung des ITS_{wet} , während sich der Wert nach Trockenlagerung ITS_{dry} nicht systematisch verändert. Bei den Mischungen mit PmB kann eher bei den trockenen Prüfungen eine Zunahme des ITS-Wertes beobachtet werden.

Das Trio ACMR 8, SMA 11 und ACB 22 S zeigt nach nur 40 Umdrehungen viel höhere ITS_R Werte als nach 50 Umdrehungen. Dasselbe wurde auch mit den ACMR 8 Marshall-Prüfkörper beobachtet (siehe Abb. 7). Umgekehrt zeigen die Mischungen mit Standardbitumen tiefere ITS_R Werte mit 40 als mit 50 Umdrehungen. Erstaunlich ist zudem der grosse Anteil, an Werten grösser als 100 %.

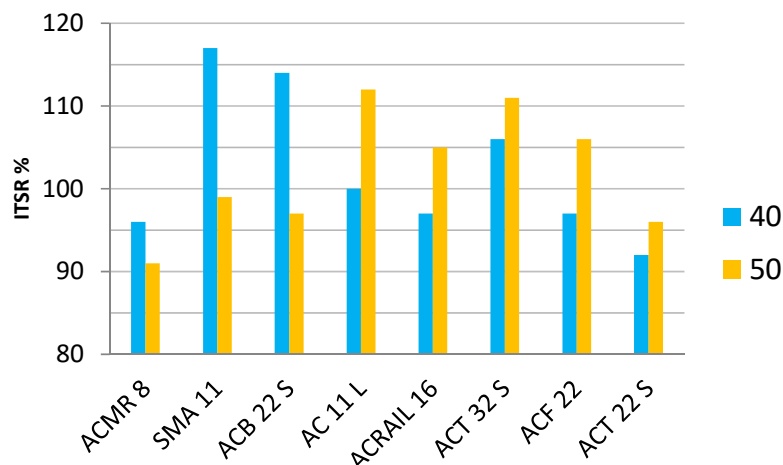


Abb. 11 ITS_R nach 40 oder 50 Umdrehungen

4.3 Zusammenfassung

Die indirekte Zugfestigkeit der Marshall Prüfkörper ist generell grösser als diejenige der Gyrator Prüfkörper; dies gilt unabhängig von der Lagerung der Prüfkörper (nass oder trocken) und von der Verdichtungsenergie. In der Tab. 9 wird dies am Beispiel der Mischungen ACMR 8 und ACRAIL 16 aufgezeigt. Dies stimmt mit der allgemeinen Erfahrung mit anderen mechanischen Prüfungen überein, wonach Marshall-Prüfkörper oft höhere Festigkeiten aufweisen [23].

Tab. 9 Einfluss der Verdichtungsart und -energie auf die indirekte Zugfestigkeit

Mischgutsorte	ITSdry Gyrator 40 kPa	ITSdry Gyrator 50 kPa	ITSdry Marshall 25 kPa	ITSdry Marshall 35 kPa
ACMR 8	675	689	792	961
AC RAIL 16	479	513	613	781
	ITSwet Gyrator 40 kPa	ITSwet Gyrator 50 kPa	ITSwet Marshall 25 kPa	ITSwet Marshall 35 kPa
ACMR 8	650	627	722	838
AC RAIL 16	466	541	539	715

Die Auswertung der Versuchsergebnisse zeigt verschiedene, teilweise sich widersprechende Tendenzen auf. Diese Feststellung lässt Zweifel an der Aussagekraft der Prüfmethode aufkommen. Auch der hohe Anteil an Ergebnissen mit einem ITSR-Wert grösser 100 % (Abb. 11) spricht nicht für eine hohe Aussagekraft hinsichtlich der Wasserempfindlichkeit der untersuchten Mischgutsorten. Bei insgesamt 8 von 16 Prüfungen an Gyrator-Prüfkörpern (mit $\text{ITSR} \geq 100\%$) sagen die Ergebnisse streng genommen aus, dass die indirekte Zugfestigkeit infolge der Wasserlagerung zunimmt. Diese Aussage steht im krassen Gegensatz zu den Erfahrungen in der Praxis.

Der ISTR-Wert aller 6 Mischgutsorten, bei welchen die Prüfung der Wasserempfindlichkeit mit Marshall-Prüfkörpern durchgeführt wurde, liegt unterhalb von 100% (Abb. 10). Es scheint demnach, dass das Prüfergebnis von der Art der Labor-Verdichtung abhängig ist.

Offenbar spricht die Prüfmethode mit den in der Norm festgelegten Prüf-Parametern nicht nur (wenn überhaupt) die Empfindlichkeit eines Mischgutes betreffend dem Einfluss von Wasser an. Andere Faktoren, auf welche infolge mangelnder, zuverlässiger Daten nicht eingegangen werden kann, beeinflussen das Ergebnis.

Klar wurde jedoch, dass die Prüfung der Wasserempfindlichkeit gemäss EN 12697-12 wenig aussagekräftig ist und dass die Veränderung der Verdichtungsenergie keinen systematischen, nachvollziehbaren Einfluss auf das Ergebnis hat.

Der Einfluss der Verdichtungsenergie auf den ITSR Wert ist je nach Bindemittelsorte unterschiedlich: mit höherer Verdichtungsenergie erreichen PmB tiefere und Strassenbaubitumen höhere ITSR Werte.

Es wird nun im folgenden Kapitel versucht, die Prüfbedingungen derart zu verändern, dass die Aussagekraft erhöht werden kann. Zu diesem Zweck wird die thermochemische Beanspruchung bei der Wasserlagerung gesteigert.

5 Erhöhte thermische Beanspruchung

Da in fast allen Untersuchungen der ITSR grösser als 90% war, wurde versucht, eine strengere Prüfanordnung anzuwenden, indem die Wassertemperatur von 40°C auf 50°C erhöht wurde.

Es wurde dazu je ein Mischgut mit einem harten und einem weichen Bitumen ausgewählt. Das AC EME 22 C2 mit einem harten Bitumen B 10/20 sollte weitgehend unempfindlich auf die Erhöhung der Wasserbadtemperatur reagieren. Der AC 11 L mit einem weichen Bitumen (B 70/100) hingegen müsste in einer Wasserlagerung bei 50 °C eine deutlich erhöhte Wasserempfindlichkeit aufzeigen, liegt doch der Erweichungspunkt RuK (43 ... 51°) unterhalb der Wasserbadtemperatur.

Tab. 10 Eigenschaften der untersuchten Mischgutproben

Probe Nr.	Mischgutsorte	Bindemittel	Bindemittel-Gehalt Masse-%	Hohlraum-Gehalt (Marshall) Vol-%
12-05729-001	AC EME 22 C2	B 10/20	4.98	2.4
13-01046-001	AC 11 L	B 70/100	6.15	4.1

Die Untersuchung wurde mit Marshall Prüfkörper durchgeführt. Nach 2 x 25 Schlägen beträgt der Verdichtungsgrad von AC EME 22 C2 im Durchschnitt 92.8% und nach 35 Schläge 94.6%. Diese unterschiedliche Verdichtung ist an den ITS Werten erkennbar. Die Festigkeit nimmt um ca. 10% zu. Tendenziell wird eine Abnahme der indirekten Zugfestigkeit nach Wasserlagerung festgestellt. Ausserdem ist der Einfluss der Wassertemperatur, unter Berücksichtigung der Streuung der Prüfergebnisse, nicht erkennbar. Die Ergebnisse sind in Abb. 13 dargestellt. Die kleinen Unterschiede sind statistisch nicht signifikant.

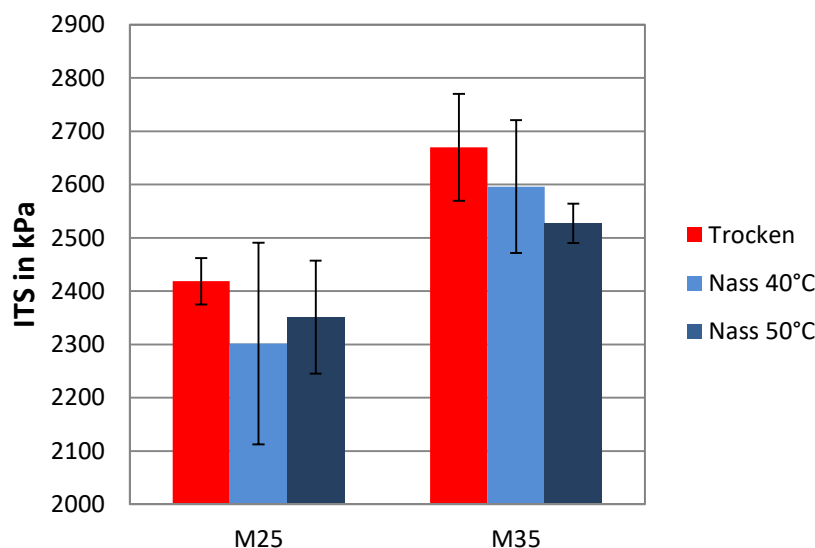


Abb. 12 ITS eines Mischgutes AC EME 22 C2 nach 2 x 25 (M25) nach 2 x 35 Schlägen (M35). Im Balkendiagramm ist auch die Standardabweichung eingetragen.

Des Weiteren wurden die Verhältniszahlen als ITSR ausgewertet. Weder die Anzahl Schlägen noch die Wassertemperatur beeinflussen den ITSR-Wert.

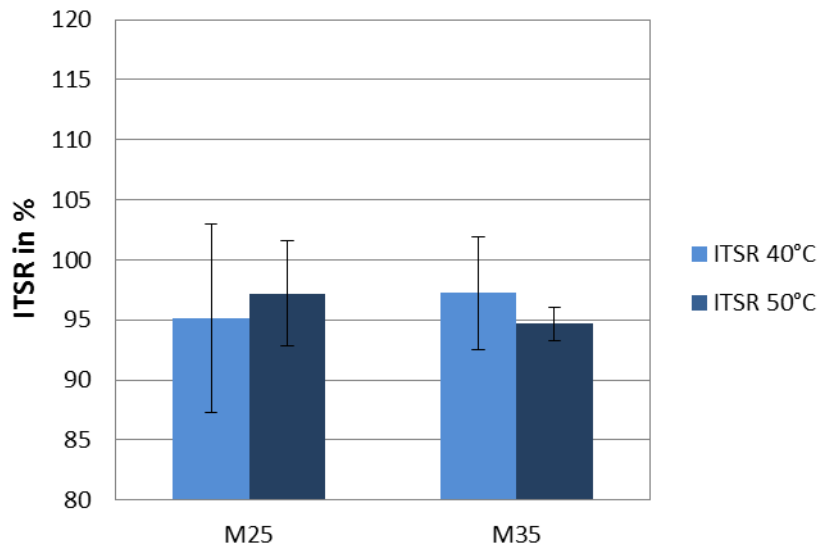


Abb. 13 ITSR eines Mischgutes AC EME 22 C2 nach 2 x 25 (M25) und 2 x 35 Schlägen (M35) mit Standardabweichung

Nach 2 x 25 Schlägen beträgt der Verdichtungsgrad des AC 11 L im Durchschnitt 97.9% und nach 2 x 35 Schlägen 99.3%. Die unterschiedliche Verdichtung ist an der grossen Zunahme der ITS Werte erkennbar, die indirekte Zugfestigkeit nimmt um ca. 20% zu (siehe Abb. 13).

Bei den nassen Proben und einer Wasserbadtemperatur von 40° C und einer Verdichtung mit 2 x 35 Schlägen (M35) ist eine leichte Festigkeitszunahme gegenüber den trockenen Proben erkennbar; bei 50° C hingegen nicht. Die Wasserbadtemperatur beeinflusst das ITS_{wet} Ergebnis bei den dichteren Proben mit 2 x 35 Verdichtungsschlägen (Abnahme) anders als bei den etwas offeneren Proben (M25) bei denen eine (nicht signifizierte) Zunahme festgestellt wird.

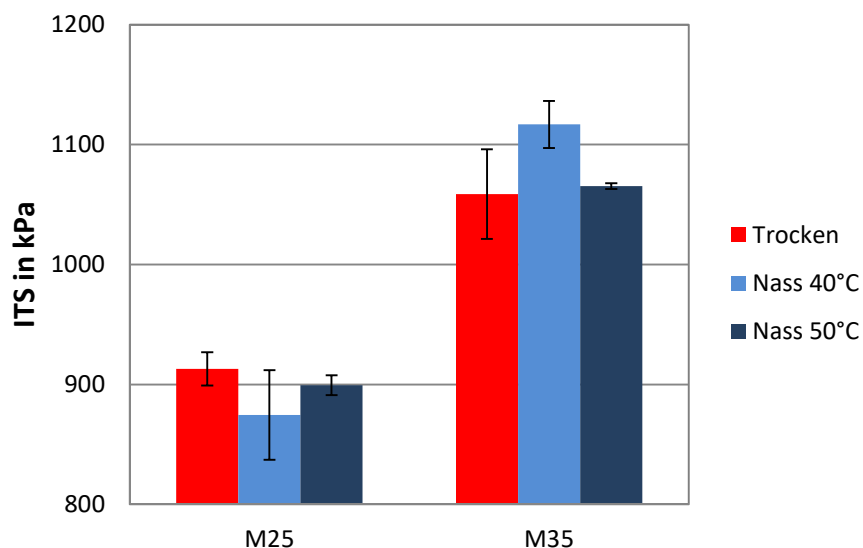


Abb. 14 TS von AC 11 L nach 2 x 25 (M25) und nach 2 x 35 Schlägen (M35) mit Standardabweichung

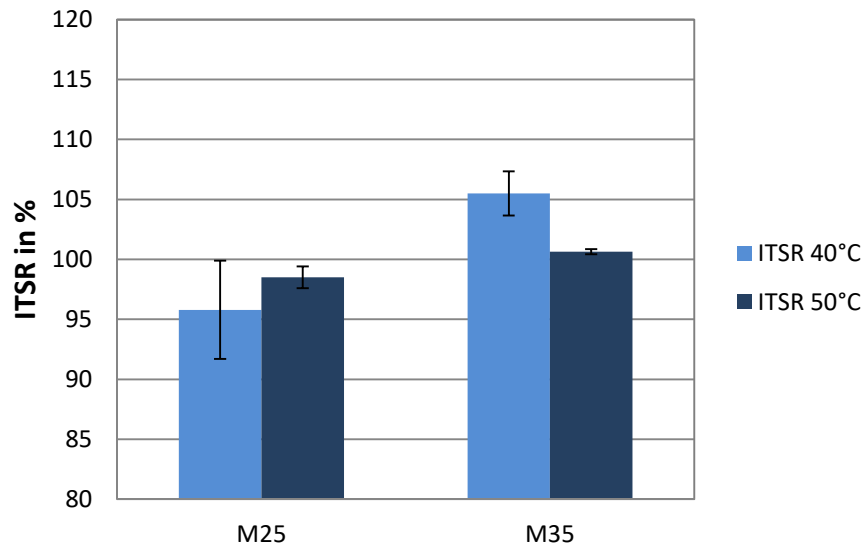


Abb. 15 TSR von AC 11 L nach 2 x 25 (M25) und nach 2 x 35 Schlägen (M35) mit Standardabweichung

Auch bei den Verhältniszahlen ITSr kann kein einheitlicher Einfluss der Wasserbadtemperatur festgestellt werden.

Obwohl der mögliche Einfluss einer höheren Wasserbadtemperatur an nur 2 Mischgutsorten untersucht wurde, war aufgrund der sehr unterschiedlichen Bindemittleigenschaften eine Tendenz zu erwarten gewesen. Insbesondere unter Berücksichtigung der Tatsache, dass der Erweichungspunkt des beim AC 11L verwendeten Bitumens mit 43...51° C (Nominalwert) unterhalb der Wasserbadtemperatur lag, hingegen beim AC EME (58...78°C) deutlich oberhalb der Wassertemperatur, wäre ein unterschiedliches Verhalten zu erwarten gewesen. Auch diese Versuchsreihe bestätigt die geringe Aussagekraft der Prüfung mit den normierten Prüfbedingungen.

6 Auswertung der Ergebnisse über mehrere Jahre

Die Auswertung von insgesamt 489 Ergebnissen aus einem Beobachtungszeitraum von 8 Jahren ist in Abb. 16 dargestellt. Im Mittel bleiben die ITSr über die Zeitspanne von 8 Jahre konstant. Auffallend ist aber eine Erweiterung der Spannbreite einhergehend mit einer grösseren Streuung der Ergebnisse.

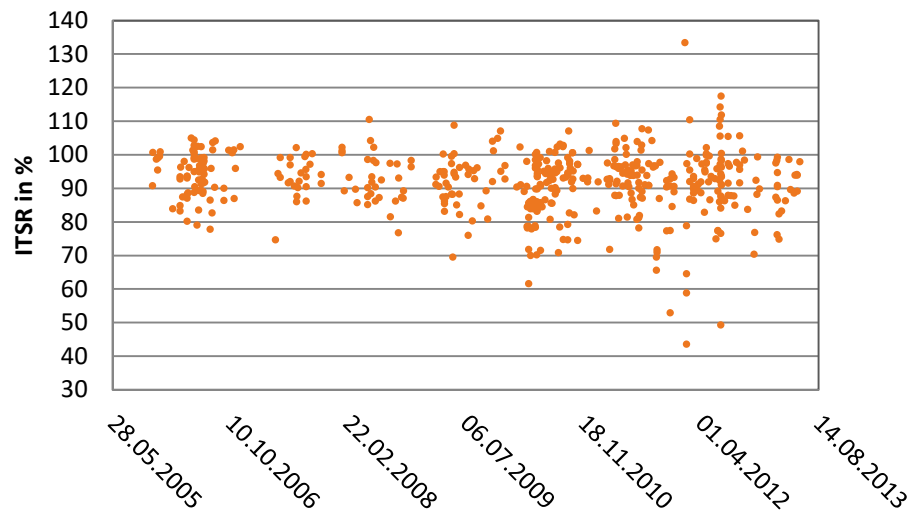


Abb. 16 Überblick aller ITSr im Zeitraum November 2005 bis Mai 2013. Quelle: IMP Baute AG

Messwerte grösser oder gleich 100% kommen immer wieder vor; insgesamt liegen 16% der Werte oberhalb 100%. Bei 19 verschiedenen Mischgutsorten wurden ITSr-Werte grösser als 100 % festgestellt: AC 11 LNS, AC 4 LN, AC8 NSH, ACEME, ACMR, ACRAIL, ACB/T 16, ACB/T 22, ACF, ACT32, PA, SMA. ITSr-Werte oberhalb von 100% können somit nicht auf einzelne Mischgutsorten bzw deren Zusammensetzungen zurückgeführt werden. Sogar bei offenporigen Asphalten wie ACMR und PA konnten Werte oberhalb 100 % festgestellt werden. Diese Beobachtung ist insofern von Bedeutung, als Werte > 100% damit begründet werden könnten, dass bei der Prüfung der indirekten Zugfestigkeit im Spaltzugversuch an wassergesättigten Proben das Porenwasser ausgequetscht werden muss. Es ist vorstellbar, dass durch den Vorgang des Auspressens des Porenwassers bei relativ dichten Proben ein - gegenüber dem trockenen Zustand - höherer, zusätzlicher Widerstand überwunden werden muss, welcher zu vermeintlich höherer Festigkeiten führt. Höhere Festigkeiten nach Wasserlagerung ergeben ITSr-Werte > 100%. Diese Vorstellung mag bei relativ dichten Proben plausibel sein, bei den offenporigen PA-Prüfkörper trifft sie jedoch bestimmt nicht zu.

Messwerte unter oder gleich der Anforderung der Norm (70%) sind in den meisten Fällen mit speziellen Mischgutsorten erreicht worden (PA S 22, Valorcol, Bohrkern aus eingebauten Schichten, KMF 22-w-eco). Nur 2 von 10 Unterschreitungen sind bei üblichem Mischgut (ACT 22 S und AC 11 H) gemessen worden. Der Einsatz von innovativen Produkten erklärt zum grössten Teil die Erweiterung der Spannbreite nach unten. Folgerungen

Im Rahmen der Forschungsarbeit wurde der Einfluss der Verdichtungsenergie auf die Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Prüfkörpern untersucht. Aus den durchgeführten Arbeiten lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Es konnte kein Einfluss des Verdichtungsgrades auf das Prüfergebnis der Wasserempfindlichkeit nachgewiesen werden. Selbst mit einem Verdichtungsgrad von 94.2 % wurden bei einem AC 11 N die Anforderung > 70 % mit einem ITSR-Wert von 97 % bei weitem erreicht.
- Die Erhöhung der Verdichtungsenergie (von 2x25 auf 2x35 Marshall-Schlägen bzw von 40 auf 50 Gyrator-Umdrehungen) beeinflusst das Prüfergebnis der Wasserempfindlichkeit nicht; dies sowohl bei der Marshall- als auch der Gyrator-Verdichtung.
- Auch eine Erhöhung der Wasserbadtemperatur von 40 auf 50°C hat das Prüfergebnis der Wasserempfindlichkeit nicht systematisch verändert.

Aufgrund dieser Ergebnisse empfahl die Forschungsstelle bereits 2015 die Inkraftsetzung der EN 12697-12, die dann auch umgesetzt wurde.

Mit den normierten Prüfbedingungen (Wasserlagerung 72 h / 40°C; Prüftemperatur 22°C) ist die Aussagekraft der Prüfmethode sehr bescheiden. Möglicherweise könnten Verbesserungen durch folgende Massnahmen erreicht werden:

- Erhöhung der Beanspruchung der Wasserlagerung durch längere Lagerungszeiten, Temperatur-Wechselbeanspruchungen, Frosttauwechsel-Beanspruchungen etc.
- Wahl einer anderen Prüftemperatur als 22°C

In anderen europäischen Ländern – insbesondere Skandinavien - wurden ähnliche Erfahrungen gemacht, sodass zurzeit innerhalb der Europäischen Normierung CEN mehrere Vorstösse zur Verbesserung der Prüfmethode zur Behandlung anstehen.

7 Dank

Frau Dr. Françoise Beltzung hat die einzelnen Arbeitsschritte der Forschungsarbeit in Absprache mit dem Projektleiter detailliert geplant, die Arbeiten im Labor angeleitet, entsprechend ausgewertet sowie Grafiken und Tabellen für den Bericht vorbereitet, während Frau Sabrina Müller für Layout und die administrativen Belange verantwortlich zeichnete. Dem ganzen Team sei für die Mitarbeit herzlich gedankt.

Anhänge

I	Mischgutuntersuchungen	43
I.1	AC 11 N (12-01507-001)	43
I.2	AC T 32 S (12-02785-001)	45
I.3	AC B 22 S (12-02785-002)	48
I.4	SMA 11 (12-02850-001)	50
I.5	AC MR 8 (12-02892-002)	52
I.6	AC 11L (12-02892-003)	56
I.7	AC 11 N (12-02899-001)	58
I.8	AC RAIL 16 (12-03421-001)	61
I.9	ACF 22 (12-04151-001)	66
I.10	AC T 22 S (12-04151-002)	69

I Mischgutuntersuchungen

I.1 AC 11 N (12-01507-001)

IMP-Nummer 12-01507-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung **AC 11 N**

Seite 1 von 2

Eingang 05.04.2012
Entnahme 03.04.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

Bauteil Serie 1

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

Unternehmung	Belagswerk Boningen	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	BLB Boningen	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	41421400
Lieferschein	458740	Temperatur/Zeit	165°C / . h
Bindemittel	B 70/100	Dosierung [M.-%]	6.0
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
lösl. Bindemittelanteil	SN670401a / SN670902-1b	Masse-%	5.74			
Rohdichte Mischgut	SN 670 405a	kg/m ³	2447			
Verdichtungstemperatur	SN 670 406a/408/430/434a	°C	135			
Raumdicke	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m ³	2365			
Hohlraumgehalt	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	3.4			
Bindem.ausfüllungsgrad	SN 670 406a/408/430/434a	%	79.7			
Stabilität Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	kN	10.4			
Fliessen Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	mm	2.8			
Tangentialer Fliesswert	SN 670 406a/408/430/434a	mm	1.9			
Marshall-Quotient	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	3.7			
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	847			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	824			
Verhältnis ITSr	SN 670 412a-NA	%	97			

Oberbuchsiten, den 15. Juni 2012

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 12-01507-001
 Projekt 211400

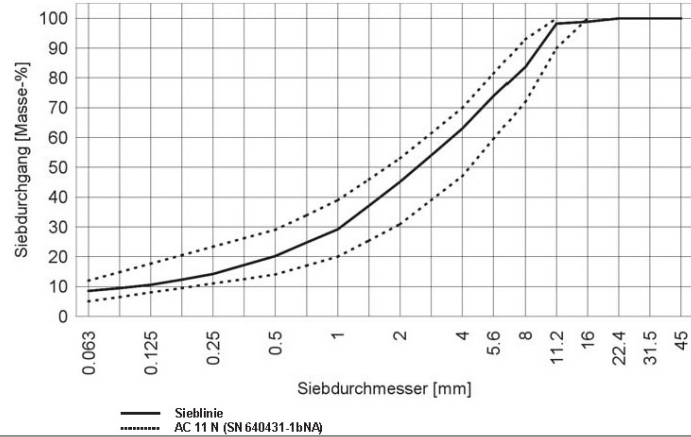
Mischgutuntersuchung

AC 11 N

Seite 2 von 2

Korngrößenverteilung (SN EN 933-1)

Siebdurchmesser mm	Siebdurchgang Masse-%	Sollwerte Masse-%
0.063	8.5	
0.125	10.5	
0.25	14.3	
0.5	20.3	
1	29.2	
2	45.1	
4	63.0	
5.6	73.9	
8	83.8	
11.2	98.2	
16	98.9	
22.4	100.0	
31.5	100.0	
45	100.0	



Oberbuchsitzen, den 15. Juni 2012

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

I.2 AC T 32 S (12-02785-001)

IMP-Nummer 12-02785-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

ACT 32 S

Seite 1 von 3

Eingang 22.06.2012
Entnahme 21.06.2012

Baustelle Probemischung Werk Gunzgen
Bauteil

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

Unternehmung	Werk Gunzgen	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	43731312
Lieferschein	5823669	Temperatur/Zeit	151°C / . h
Bindemittel	B 50/70	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Originalprobe Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Rohdichte Mischgut	SN 670 405a	kg/m ³	2526			
Verdichtungstemperatur	SN 670 406a/408/430/434a	°C	135			
Raumdichte	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m ³	2382			
Hohlraumgehalt	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	5.7			
Stabilität Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	kN	9.2			
Fliesen Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	mm	2.1			
Tangentialer Fließwert	SN 670 406a/408/430/434a	mm	1.7			
Marshall-Quotient	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	4.5			

Oberbuchsiten, den 26. Oktober 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-02785-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

ACT 32 S

Seite 2 von 3

Eingang 22.06.2012
Entnahme 21.06.2012

Baustelle Probemischung Werk Gunzgen

Bauteil

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

Unternehmung	Werk Gunzgen	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	43731312
Lieferschein	5823669	Temperatur/Zeit	151°C / . h
Bindemittel	B 50/70	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 1							
Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.	
Wasserempfindlichkeit:							
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22				
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	684				
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	722				
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	106				

Oberbuchsiten, den 26. Oktober 2012

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 12-02785-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

ACT 32 S

Seite 3 von 3

Eingang 22.06.2012
Entnahme 21.06.2012

Baustelle Probemischung Werk Gunzgen

Bauteil

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

Unternehmung	Werk Gunzgen	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	43731312
Lieferschein	5823669	Temperatur/Zeit	151°C / . h
Bindemittel	B 50/70	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 2 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	780			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	862			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	111			

Oberbuchsiten, den 26. Oktober 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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

I.3 AC B 22 S (12-02785-002)

IMP-Nummer 12-02785-002
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

ACB 22 S

Seite 1 von 2

Eingang 22.06.2012
Entnahme 21.06.2012

Baustelle Probemischung

Bauteil

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

Unternehmung Kieswerk Gunzgen AG
Aufbereitungsanl. Werk Gunzgen
Anlagen-Code -
Lieferschein 5823678
Bindemittel PmB-C 45/80-50
Zusätze Grisoplast E 60 R

Probenart Mischgutprobe
Probenahme Auftraggeber
Rezept 42632311
Temperatur/Zeit 168°C / . h
Dosierung [M.-%] -
Dosierung [M.-%] -

Teilprobe 1 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	808			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	922			
Verhältnis ITSr	SN 670 412a-NA	%	114			

Oberbuchsiten, den 26. Oktober 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-02785-002
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

ACB 22 S

Seite 2 von 2

Eingang 22.06.2012
Entnahme 21.06.2012

Baustelle Probemischung

Bauteil

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

Unternehmung	Kieswerk Gunzgen AG	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Werk Gunzgen	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	42632311
Lieferschein	5823678	Temperatur/Zeit	168°C / . h
Bindemittel	PmB-C 45/80-50	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	Grisolast E 60 R	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 2 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	917			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	892			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	97			

Oberbuchsiten, den 26. Oktober 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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

I.4 SMA 11 (12-02850-001)

IMP-Nummer 12-02850-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

SMA 11

Seite 1 von 2

Eingang 26.06.2012
Entnahme 26.06.2012

Baustelle 70512 Holderbank

Bauteil

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

Unternehmung Albin Borer AG
Aufbereitungsanl. BLB Boningen
Anlagen-Code -
Lieferschein 461345
Bindemittel PmB-E 45/80-65
Zusätze Fasern

Probenart Mischgutprobe
Probenahme Auftraggeber
Rezept 41464340
Temperatur/Zeit 173°C / . h
Dosierung [M.-%] 6.7
Dosierung [M.-%] 0.3

Teilprobe 1 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	674			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	792			
Verhältnis ITSr	SN 670 412a-NA	%	117			

Oberbuchsiten, den 6. August 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-02850-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

SMA 11

Seite 2 von 2

Eingang 26.06.2012
Entnahme 26.06.2012

Baustelle 70512 Holderbank

Bauteil

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

Unternehmung Albin Borer AG
Aufbereitungsanl. BLB Boningen
Anlagen-Code -
Lieferschein 461345
Bindemittel PmB-E 45/80-65
Zusätze Fasern

Probenart Mischgutprobe
Probenahme Auftraggeber
Rezept 41464340
Temperatur/Zeit 173°C / . h
Dosierung [M.-%] 6.7
Dosierung [M.-%] 0.3

Teilprobe 2 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	796			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	786			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	99			

Oberbuchsiten, den 6. August 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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

I.5 AC MR 8 (12-02892-002)

IMP-Nummer 12-02892-002
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC MR 8

Seite 1 von 4

Eingang 28.06.2012
Entnahme 29.02.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

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

Bauteil Essai

Bemerkungen La masse volumique réelle est calculée pour une masse volumique du liant de 1.03 et une masse volumique des granulats de 2.697 [t/m³].

Unternehmung	"Perrin-Frères SA"	Probenart	8 sacs
Aufbereitungsanl.	"La Ballastière"	Probenahme	"Poste / RR"
Anlagen-Code	PERR	Rezept	"411"
Lieferschein	Essai	Temperatur/Zeit	"168° / 08:00"
Bindemittel	"Styrelf E 85"	Dosierung [M.-%]	
Zusätze		Dosierung [M.-%]	

Teilprobe 1 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	675			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	650			
Verhältnis ITSr	SN 670 412a-NA	%	96			

Oberbuchsiten, den 17. August 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-02892-002
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC MR 8

Seite 2 von 4

Eingang 28.06.2012
Entnahme 29.02.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

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

Bauteil Essai

Bemerkungen La masse volumique réelle est calculée pour une masse volumique du liant de 1.03 et une masse volumique des granulats de 2.697 [t/m³].

Unternehmung	"Perrin-Frères SA"	Probenart	8 sacs
Aufbereitungsanl.	"La Ballastière"	Probenahme	"Poste / RR"
Anlagen-Code	PERR	Rezept	"411"
Lieferschein	Essai	Temperatur/Zeit	"168° / 08:00"
Bindemittel	"Styrelf E 85"	Dosierung [M.-%]	
Zusätze		Dosierung [M.-%]	

Teilprobe 2 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	689			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	627			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	91			

Oberbuchsiten, den 17. August 2012

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 12-02892-002
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC MR 8

Seite 3 von 4

Eingang 28.06.2012
Entnahme 29.02.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

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

Bauteil Essai

Bemerkungen La masse volumique réelle est calculée pour une masse volumique du liant de 1.03 et une masse volumique des granulats de 2.697 [t/m³].

Unternehmung	"Perrin-Frères SA"	Probenart	8 sacs
Aufbereitungsanl.	"La Ballastière"	Probenahme	"Poste / RR"
Anlagen-Code	PERR	Rezept	"411"
Lieferschein	Essai	Temperatur/Zeit	"168° / 08:00"
Bindemittel	"Styreif E 85"	Dosierung [M.-%]	
Zusätze		Dosierung [M.-%]	

Teilprobe 3						
Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	792			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	722			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	91			

Oberbuchsiten, den 17. August 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-02892-002
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC MR 8

Seite 4 von 4

Eingang 28.06.2012
Entnahme 29.02.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

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

Bauteil Essai

Bemerkungen La masse volumique réelle est calculée pour une masse volumique du liant de 1.03 et une masse volumique des granulats de 2.697 [t/m³].

Unternehmung	"Perrin-Frères SA"	Probenart	8 sacs
Aufbereitungsanl.	"La Ballastière"	Probenahme	"Poste / RR"
Anlagen-Code	PERR	Rezept	"411"
Lieferschein	Essai	Temperatur/Zeit	"168° / 08:00"
Bindemittel	"Styrelf E 85"	Dosierung [M.-%]	
Zusätze		Dosierung [M.-%]	

Teilprobe 4 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	961			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	838			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	87			

Oberbuchsiten, den 17. August 2012

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

I.6 AC 11L (12-02892-003)

IMP-Nummer 12-02892-003
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC 11 L

Seite 1 von 2

Eingang 28.06.2012
Entnahme 26.04.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

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

Bauteil Entwicklungen und Versuchsreihen
im Labor
R 0403.03, Standard-Mischgut

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	BLB Boningen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	41411400
Lieferschein	459334	Temperatur/Zeit	°C / 13.30h
Bindemittel	B 70/100	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 1 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	795			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	798			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	100			

Oberbuchsiten, den 6. August 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-02892-003
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC 11 L

Seite 2 von 2

Eingang 28.06.2012
Entnahme 26.04.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

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

Bauteil Entwicklungen und Versuchsreihen
im Labor
R 0403.03, Standard-Mischgut

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	BLB Boningen	Probenahme	IMP
Anlagen-Code	-	Rezept	41411400
Lieferschein	459334	Temperatur/Zeit	°C / 13.30h
Bindemittel	B 70/100	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 2 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	802			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	897			
Verhältnis ITSr	SN 670 412a-NA	%	112			

Oberbuchsiten, den 6. August 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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

I.7 AC 11 N (12-02899-001)

IMP-Nummer 12-02899-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC 11 N

Seite 1 von 3

Eingang 28.06.2012
Entnahme 28.06.2012

Baustelle 63110523 Schützenmattweg Wohlen
Bauteil

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

Unternehmung	Cellere AG Aarau	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	BLB Boningen	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	41421400
Lieferschein	461448	Temperatur/Zeit	169°C / . h
Bindemittel	B 70/100	Dosierung [M.-%]	6.0
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Originalprobe Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Rohdichte Mischgut	SN 670 405a	kg/m ³	2442			
Verdichtungstemperatur	SN 670 406a/408/430/434a	°C	135			
Raumdichte	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m ³	2370			
Hohlraumgehalt	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	2.9			
Stabilität Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	kN	9.7			
Fliesen Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	mm	3.1			
Tangentialer Fließwert	SN 670 406a/408/430/434a	mm	2.2			
Marshall-Quotient	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	3.1			

Oberbuchsiten, den 20. September 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-02899-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC 11 N

Seite 2 von 3

Eingang 28.06.2012
Entnahme 28.06.2012

Baustelle 63110523 Schützenmattweg Wohlen

Bauteil

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

Unternehmung Cellere AG Aarau
Aufbereitungsanl. BLB Boningen
Anlagen-Code -
Lieferschein 461448
Bindemittel B 70/100
Zusätze keine Angaben

Probenart Mischgutprobe
Probenahme Auftraggeber
Rezept 41421400
Temperatur/Zeit 169°C / . h
Dosierung [M.-%] 6.0
Dosierung [M.-%] -

Teilprobe 1 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	988			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	923			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	93			

Oberbuchsiten, den 20. September 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-02899-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC 11 N

Seite 3 von 3

Eingang 28.06.2012
Entnahme 28.06.2012

Baustelle 63110523 Schützenmattweg Wohlen

Bauteil

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

Unternehmung Cellere AG Aarau
Aufbereitungsanl. BLB Boningen
Anlagen-Code -
Lieferschein 461448
Bindemittel B 70/100
Zusätze keine Angaben

Probenart Mischgutprobe
Probenahme Auftraggeber
Rezept 41421400
Temperatur/Zeit 169°C / . h
Dosierung [M.-%] 6.0
Dosierung [M.-%] -

Teilprobe 2 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	1360			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	1270			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	94			

Oberbuchsiten, den 20. September 2012

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

I.8 AC RAIL 16 (12-03421-001)

IMP-Nummer 12-03421-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC RAIL 16

Seite 1 von 5

Eingang 26.07.2012
Entnahme 20.07.2012

Baustelle Gare CFF Delémont

Bauteil FB

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

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	-	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	-
Bindemittel	B 160/220	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	-	Dosierung [M.-%]	-

Originalprobe Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
lös. Bindemittelanteil	SN 670 401a	Masse-%	5.70			
Rohdichte Mischgut	SN 670 405a	kg/m ³	2457			
Verdichtungstemperatur	SN 670 406a/408/430/434a	°C	135			
Raumdichte	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m ³	2403			
Hohlraumgehalt	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	2.2			
Stabilität Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	kN	8.0			
Fliessen Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	mm	2.7			
Tangentialem Fließwert	SN 670 406a/408/430/434a	mm	2.1			
Marshall-Quotient	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	3.0			

Oberbuchsiten, den 5. Oktober 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-03421-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC RAIL 16

Seite 2 von 5

Eingang 26.07.2012
Entnahme 20.07.2012

Baustelle Gare CFF Delémont

Bauteil FB

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

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	-	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	-
Bindemittel	B 160/220	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	-	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 1							
Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.	
Wasserempfindlichkeit:							
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22				
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	613				
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	539				
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	88				

Oberbuchsiten, den 5. Oktober 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-03421-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC RAIL 16

Seite 3 von 5

Eingang 26.07.2012
Entnahme 20.07.2012

Baustelle Gare CFF Delémont

Bauteil FB

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

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	-	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	-
Bindemittel	B 160/220	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	-	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 2 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	781			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	715			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	92			

Oberbuchsiten, den 5. Oktober 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-03421-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC RAIL 16

Seite 4 von 5

Eingang 26.07.2012
Entnahme 20.07.2012

Baustelle Gare CFF Delémont

Bauteil FB

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

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	-	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	-
Bindemittel	B 160/220	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	-	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 3							
Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.	
Wasserempfindlichkeit:							
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22				
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	479				
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	466				
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	97				

Oberbuchsitzen, den 5. Oktober 2012

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 12-03421-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC RAIL 16

Seite 5 von 5

Eingang 26.07.2012
Entnahme 20.07.2012

Baustelle Gare CFF Delémont

Bauteil FB

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

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	-	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	-
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	-
Bindemittel	B 160/220	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	-	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 4 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	513			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	541			
Verhältnis ITSR	SN 670 412a-NA	%	105			

Oberbuchsiten, den 5. Oktober 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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

I.9 ACF 22 (12-04151-001)

IMP-Nummer 12-04151-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

ACF 22

Seite 1 von 3

Eingang 12.09.2012
Entnahme 11.09.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

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

Bauteil

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Weibel AG Oberwangen	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	822.02
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	-
Bindemittel	B 70/100	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Originalprobe						
Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
lösli. Bindemittelanteil	SN 670 401a	Masse-%	4.20			
Rohdichte Mischgut	SN 670 405a	kg/m ³	2528			
Verdichtungstemperatur	SN 670 406a/408/430/434a	°C	135			
Raumdichte	SN 670 406a/408/430/434a	kg/m ³	2401			
Hohlraumgehalt	SN 670 406a/408/430/434a	Vol.-%	5.0			
Stabilität Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	kN	12.8			
Fliessen Marshall	SN 670 406a/408/430/434a	mm	3.1			
Tangentialer Fliesswert	SN 670 406a/408/430/434a	mm	2.0			
Marshall-Quotient	SN 670 406a/408/430/434a	kN/mm	4.2			

Oberbuchsiten, den 15. November 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-04151-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

ACF 22

Seite 2 von 3

Eingang 12.09.2012
Entnahme 11.09.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

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

Bauteil

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Weibel AG Oberwangen	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	822.02
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	-
Bindemittel	B 70/100	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 1 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	962			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	933			
Verhältnis ITSr	SN 670 412a-NA	%	97			

Oberbuchsiten, den 15. November 2012

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 12-04151-001
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

ACF 22

Seite 3 von 3

Eingang 12.09.2012
Entnahme 11.09.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit

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

Bauteil

Unternehmung	-	Probenart	Mischgutprobe
Aufbereitungsanl.	Weibel AG Oberwangen	Probenahme	Auftraggeber
Anlagen-Code	-	Rezept	822.02
Lieferschein	-	Temperatur/Zeit	-
Bindemittel	B 70/100	Dosierung [M.-%]	-
Zusätze	keine Angaben	Dosierung [M.-%]	-

Teilprobe 2 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	968			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	1020			
Verhältnis ITSr	SN 670 412a-NA	%	106			

Oberbuchsiten, den 15. November 2012

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

I.10 AC T 22 S (12-04151-002)

IMP-Nummer 12-04151-002
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC T 22 S

Seite 1 von 2

Eingang 12.09.2012
Entnahme 15.03.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit
"Echallens"
Bauteil "Chantier n° 340302"
"Halle Masson"

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

Unternehmung	"Implema Constr. SA"	Probenart	10 cartons
Aufbereitungsanl.	"Ecublens"	Probenahme	"Poste / GS"
Anlagen-Code		Rezept	"48.50.45 / 40%RA"
Lieferschein	"Echantillon n° 003/2012"	Temperatur/Zeit	"162° / 10:24"
Bindemittel	"B 50/70"	Dosierung [M.-%]	
Zusätze		Dosierung [M.-%]	

Teilprobe 1 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	926			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	849			
Verhältnis ITSr	SN 670 412a-NA	%	92			

Oberbuchsiten, den 15. November 2012

Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschliesslich auf die untersuchte Probe.

IMP Bautest AG

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 12-04151-002
Projekt 211400

Mischgutuntersuchung

AC T 22 S

Seite 2 von 2

Eingang 12.09.2012
Entnahme 15.03.2012

Baustelle VSS 2010/501
Wasserempfindlichkeit
"Echallens"

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

Bauteil "Chantier n° 340302"
"Halle Masson"

Unternehmung "Implema Constr. SA"
Aufbereitungsanl. "Ecublens"
Anlagen-Code
Lieferschein "Echantillon n° 003/2012"
Bindemittel "B 50/70"
Zusätze

Probenart 10 cartons
Probenahme "Poste / GS"
Rezept "48.50.45 / 40%RA"
Temperatur/Zeit "162° / 10:24"
Dosierung [M.-%]
Dosierung [M.-%]

Teilprobe 2 Parameter	Norm	Einheit	Ergebnis	Richtw.	Grenzw.	Sollw.
Wasserempfindlichkeit:						
Prüftemperatur	SN 670 412a-NA	°C	22			
Indir. Zugfest. 'trocken'	SN 670 412a-NA	kPa	880			
Indir. Zugfest. 'nass'	SN 670 412a-NA	kPa	842			
Verhältnis ITSr	SN 670 412a-NA	%	96			

Oberbuchsiten, den 15. November 2012

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

Glossar

Begriff	Bedeutung
ITS	Indirect Tensile Strength ; indirekte Zugfestigkeit
ITSR	Indirect Tensile Strength Ratio: Verhältnis der indirekten Zugfestigkeit von nassen (in Wasser gelagerten) Probekörpern zu derjenigen von trockenen Probekörpern, in Prozent
ITS_w	indirekte Zugfestigkeit nach Wasserlagerung (w : wet)
ITS_d	indirekte Zugfestigkeit nach Luftlagerung (d : dry)
AC	Asphalt Concrete; Asphaltbeton
EME	Enrobé à Module élevé
SMA	Splittmastix Asphalt
MR	Macrorugueux
PmB	Polymermodifiziertes Bitumen
EN	Europäische Norm
SDA	Semidichter Asphalt
PA	Porous Asphalt

Literaturverzeichnis

-
- [1] C. Angst et al., *Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN*, ASTRA Bericht 1289 (2010)
-
- [2] W. Arand, *Bewertungshintergrund zur Beurteilung des Haftverhaltens von Asphalten*, Strasse + Autobahn 10/2000 S. 643 und 11/2000 S. 690 (2000)
-
- [3] S. G. Lakehal, M. N. Partl, *Prüfung der Wasserempfindlichkeit von Heissmischfundationsschichten*, ASTRA Bericht 458 (2000)
-
- [4] R. Gubler et al., *Influence of water and temperature on mechanical properties of selected asphalt pavements*, Materials and Structures **38** pp.523-532 (2005)
-
- [5] R.L. Terrel, J.W. Shute, *Summary report on water sensitivity*, SHRP - A/IR - 89 -003 (1989)
-
- [6] S. Vansteenkiste et al., *Validation of the indirect tensile strength ratio (ITSR) as a performance indicator for water sensitivity of asphalt pavements*, Proceedings of Euraspalt & Eurobitume 4th Congress, 406-004, Copenhagen (2008)
-
- [7] EN 12697-6 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 6: Bestimmung der Raumdichte von Asphalt-Probekörpern
-
- [8] EN 12697-11 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 11: Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen
-
- [9] EN 12697-12 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 12: Bestimmung der Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Probekörpern
-
- [10] EN 12697-23 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 23: Bestimmung der indirekten Zugfestigkeit von Asphalt-Probekörpern
-
- [11] EN 12697-27 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 27: Probenahme
-
- [12] EN 12697-29 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 29: Bestimmung der Masse von Asphalt-Probekörpern
-
- [13] EN 12697-30 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 30: Probearbeitung, Marshall-Verdichtungsgerät
-
- [14] EN 12697-31 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 31: Herstellung von Probekörpern, Gyrator-Verdichter
-
- [15] EN 12697-32 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 32: Laborverdichtung von Asphalt mit einem Vibrationsverdichter
-
- [16] EN 12697-33 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 33: Probearbeitung mit einem Walzenverdichtungsgerät
-
- [17] EN 13108-1 Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Asphaltbeton
-
- [18] EN 13108-20 Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Erstprüfung
-
- [19] SN 640 431-1b-NA Asphaltmischgut - Mischgutanforderungen - Teil 1: Asphaltbeton
-
- [20] SN 670 412 Asphalt - Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 12: Bestimmung der Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Probekörpern
-
- [21] Scherocman, J:A., Mesch, K:A., Proctor J.J. ; The effect of multiple freeze-thaw cycle conditioning on the moisture damage in asphalt concrete mixtures; Proceedings AAPT Association of Asphalt Paving Technologists, 1986
-
- [22] Stroup-Gardiner M. , Epps J.A.; Four variables that affect lime i asphalt; TRR 1115; Washington 1987
-
- [23] Angst Ch.; Der Einfluss der Verdichtung auf die mechanischen Eigenschaften bituminöser Schichten; Bitumen 2/82
-

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: 19.05.2016

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2010/501
Projekttitel: Einfluss der Verdichtungsenergie auf die Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Mischgut
Enddatum: Mai 2016

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die Prüfung der Wasserempfindlichkeit von verdichtetem Asphaltmischgut ist in der Norm EN 12697-12 [9] beschrieben und das Verfahren A wurde 2005 als SN 670 412 [20] in der Schweiz eingeführt. Die Prüfung beruht auf dem Vergleich der Spaltzugfestigkeit von Asphaltprüfkörpern welche einerseits an der Luft und andererseits im Wasser gelagert wurden. Als Ergebnis wird der ITSr (Indirect Tension Strength Ratio) angegeben. Um den Einfluss der Wasserlagerung optimal anzusprechen, werden Prüfkörper mit einem relativ hohen Hohlraumgehalt hergestellt. Somit kann Wasser in die Prüfkörper eindringen, was zu einer sehr grossen Kontaktfläche Wasser-Bindemittel führt. Um diese hohen Hohlraumgehalte zu erreichen, legt die EN 12697-12 eine Verdichtungsenergie fest, welche wesentlich tiefer liegt als dies üblich ist. Auf dieser Basis wurden die Anforderungen in der SN festgelegt. In der späteren Version der EN 12697-12 wurde die Verdichtungsenergie erhöht. Da der Einfluss dieser Änderung auf das Untersuchungsergebnis damals nicht bekannt war, hatte die VSS beschlossen, die revidierte EN 12697-12 nicht einzuführen, solange keine Erfahrungswerte über den Einfluss der erhöhten Verdichtungsenergie vorliegen. Das Ziel der vorliegenden Arbeit besteht darin abzuklären, ob die Veränderung der Verdichtungsenergie einen Einfluss auf das Prüfergebnis hat und ob dementsprechend die Anforderungen anzupassen seien. Die Untersuchungsergebnisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- Es konnte kein Einfluss des Verdichtungsgrades auf das Prüfergebnis der Wasserempfindlichkeit nachgewiesen werden. Selbst mit einem Verdichtungsgrad von 94.2 % wurden bei einem AC 11 N die Anforderung > 70 % mit einem ITSr-Wert von 97 % bei weitem erreicht.
- Die Erhöhung der Verdichtungsenergie (von 2x25 auf 2x35 Marshall-Schlägen bzw von 40 auf 50 Gyrator-Umdrehungen) beeinflusst das Prüfergebnis der Wasserempfindlichkeit nicht; dies sowohl bei der Marshall- als auch der Gyrator-Verdichtung.
- Auch eine Erhöhung der Wasserbadtemperatur von 40 auf 50°C hat das Prüfergebnis der Wasserempfindlichkeit nicht systematisch verändert.

Mit den normierten Prüfbedingungen (Wasserlagerung 72 h / 40°C; Prüftemperatur 22°C) ist die Aussagekraft der Prüfmethode sehr bescheiden. Möglicherweise könnten Verbesserungen durch eine Erhöhung der Beanspruchung bei der Wasserlagerung und/oder anderer Prüfbedingungen bei der Spaltzugprüfung erreicht werden.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Die Ziele des Forschungsprojekts wurden vollumfänglich erreicht:
Die Untersuchungen zeigten, dass die Änderungen in der EN-Norm (Erhöhung der Verdichtungsenergie) keinen Einfluss auf das Ergebnis haben und sich somit kein Handlungsbedarf hinsichtlich der Anpassung der Anforderungen in den SN-Normen ergeben. Die Änderungen der Verdichtungsenergie wurden mittlerweile in der Prüfnorm SN 670 412 umgesetzt.

Folgerungen und Empfehlungen:

In anderen europäischen Ländern – insbesondere Skandinavien - wurden ähnliche Erfahrungen gemacht, sodass zurzeit innerhalb der Europäischen Normierung CEN mehrere Vorstösse zur Verbesserung der Prüfmethode zur Behandlung anstehen. Es gilt vorerst abzuwarten inwiefern die europäische Prüfnorm geändert wird, um dann anschliessend den Einfluss der eventuellen Änderungen hinsichtlich der Anforderungen zu überprüfen.

Publikationen:

keine schriftliche Publikation; Ergebnisse im Rahmen der CEN-Kommissionen vorgestellt.

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Angst

Vorname: Christian

Amt, Firma, Institut: IMP Bautest AG, Oberbuchsitzen

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 Forschungsarbeit hat die definierten Ziele (Untersuchung der Auswirkung der Erhöhung der Verdichtungsenergie / Überprüfung der bestehenden Anforderungen / Vorschlag für das weitere Vorgehen) vollumfänglich erreicht. Darüber hinaus hat sich die Forschungsstelle mit weiteren Fragen zur Prüfmethode beschäftigt (Auswertung einer grossen Anzahl Routine-Untersuchungen in einem längeren Zeitraum/ Bestimmung der Wiederholpräzision) und versucht durch Veränderungen der Prüfbedingungen (Wasserbadtemperatur) die Aussagekraft der Methode zu verbessern. Aufgrund dieser zusätzlichen Arbeiten wurde der Zeitrahmen nicht ganz eingehalten.

Umsetzung:

Die Inkraftsetzung der EN 12697-12 wurde in der Schweiz aufgrund mangelnder Erfahrungen bis zum Vorliegen der Ergebnisse des Forschungsprojektes vertagt. Nachdem die Ergebnisse in der NFK besprochen wurden, wurde die EN 12697-12 im Jahre 2015 in Kraft gesetzt.

weitergehender Forschungsbedarf:

Es ist davon auszugehen, dass die Prüfmethode im Zuge der EN-Normenrevisionen wiederum markante Veränderungen erfahren wird. Danach wird abzuklären sein, ob diese Veränderungen eine Anpassungen der Anforderungen erforderlich machen werden. Möglicherweise wird zu diesem Zeitpunkt der Bedarf an weiteren Studien entstehen.

Einfluss auf Normenwerk:

Die Forschungsarbeit hat aufgezeigt, dass bezüglich der Anforderungen an die Wasserempfindlichkeit kein Handlungsbedarf besteht. Die Prüfnorm SN 670 412 wurde bereits angepasst.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Gubler

Vorname: Remy

Amt, Firma, Institut:

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

FK 3: H. Hugener

[Handwritten signature]

29.8.16

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Stand: 15.03.2016

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 Frostaumittelwiderstands 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 Kreisel	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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1533	VSS 2009/101	Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Synthesebericht	2015
1532	VSS 2009/101	Forschungsbündel Erhebung verkehrsplanerischer Grundlagedaten: Teilprojekt 1: Systematik und Glossar	2015
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1510	VSS 2005/453	Forschungspaket Recycling von Ausbauphosphat in Heissmischgut: EP2: Mehrfachrecycling von Strassenbelägen	2015
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1489	VSS 2006/516_OBF	Forschungspaket Brückenabdichtungen: EP6 - Anschlüsse von Brückenabdichtungen	2014
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 Pflasterungen 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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1467	ASTRA 2010/021	Sekundärer Feinstaub vom Verkehr	2014
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 Ausbauphosphat 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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	2013
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 Bituminous 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 Grossversuchsanlage MLS10 für beschleunigte	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	
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 lärmarmer 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	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		ausserordentlichen Lagen	
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	Vieillissement 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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
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 Labormassstab	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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
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 Strassenverkehrsfallstatistik 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	Entwurfgrundlagen 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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
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	Kaphaltestellen 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 Steinschlagschutzgalerien	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 Netzzrisikos	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