



Referenz-Materialien zur Prüfung der Affinität von Bitumen und Gesteinskörnung

**Matériaux de référence pour la détermination de l'affinité
granulat-bitume**

**Reference Material for Determination of the Affinity of
Bitumen on Granulates**

**IMP Bautest AG
Dr. Christian Angst
Dr. Liliane Huber**

**Forschungsprojekt VSS 2015/311 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

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

Referenz-Materialien zur Prüfung der Affinität von Bitumen und Gesteinskörnung

**Matériaux de référence pour la détermination de l'affinité
granulat-bitume**

**Reference Material for Determination of the Affinity of
Bitumen on Granulates**

**IMP Bautest AG
Dr. Christian Angst
Dr. Liliane Huber**

**Forschungsprojekt VSS 2015/311 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

März 2020

1670

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Dr. Christian Angst

Mitglieder

Dr. Liliane Huber

Federführende Fachkommission

Fachkommission 3: Baustoffe

Begleitkommission

Präsident

Christiane Raab

Mitglieder

Nicolas Bueche

Sandra Dünner

Michel Pittet

Nenad Radojkovic

Yvan Ramel

Bernard Schmid

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	8
Summary	9
1 Einleitung	11
1.1 Ausgangslage.....	11
1.2 Allgemeines zur Affinität.....	12
2 Prüfverfahren	15
2.1 Allgemeines.....	15
2.1.1 Schüttelabriebversuch.....	15
2.1.2 Bestimmung der Wasserempfindlichkeit.....	15
2.1.3 Kontaktwinkelmessungen	15
2.1.4 Flaschen-Rollverfahren – Verfahren A gemäss EN 12697-11.....	16
2.1.5 Ablösen in siedendem Wasser – Verfahren C gemäss EN 12697-11	16
2.1.6 Statische Prüfung – Verfahren B gemäss EN 12697-11	17
2.2 Statisches Verfahren Unterschiede alte/neue Norm.....	19
2.2.1 Alte Norm SN 670 460	19
2.2.2 Hauptunterschiede alte/neue Norm	21
2.3 Reproduzierbarkeit des statischen Verfahren nach SN 670 460.....	22
2.4 Verwendung der Ergebnisse in der Praxis.....	23
3 Referenzmaterial Gesteinskörnung	25
3.1 EMPA Referenzmaterial Gesteinskörnung	25
3.2 Untersuchungen an den damaligen Provenienzen	25
3.2.1 Petrographie.....	25
3.2.2 Haftvermögen.....	26
3.2.3 Ersatzsuche für Ambrosini Castione.....	26
3.3 Neues Referenzgestein – Beschaffung und Lagerung	27
4 Referenzmaterial Bitumen	29
4.1 Beschaffung neues Bitumen	29
4.1.1 Vorversuche Bitumen	29
4.1.2 Beschaffung von 200 Büchsen	30
4.1.3 Resultate Stichprobenkontrolle	30
5 Affinität neues Referenzmaterial	31
5.1 Vergleich bisheriges/neues Material; Prüfung nach alter Norm.....	31
5.2 Vergleich bisheriges/neues Material; Prüfung nach neuer Norm	31
6 Änderungen Nationales Vorwort EN 12697-11	33
7 Schlussdiskussion und Folgerungen	35
8 Dank	37

Glossar	39
Literaturverzeichnis	41
Projektabschluss	43
Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	47

Zusammenfassung

Ausgangslage

Zur Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen wird sowohl ein definiertes Standardbitumen als auch eine Standardgesteinskörnung benötigt. Nur so können unterschiedliche Bindemittel – bei Verwendung der Standardgesteinskörnung - bzw. unterschiedliche Gesteinskörnungen - bei Verwendung des Standardbitumen – verglichen werden. Auch im Qualitätsmanagement der Prüflabors spielen Standardmaterialien eine wichtige Rolle. Die bisherige Standardgesteinskörnung besteht aus Gestein aus fünf verschiedenen Provenienzen und konnte bei der Empa bezogen werden. Diese Gesteinskörnung ging jedoch zur Neige und wird von der Empa nicht ersetzt. Zusätzlich ist das Standardbitumen schon 20 Jahre alt, entsprechend gealtert und entspricht nicht mehr dem heutigen Stand der Normung.

Vorgehen

Als erstes wurde eruiert, ob die bisherige Standardgesteinskörnung – bestehend aus 5 verschiedenen Provenienzen – heute noch hergestellt werden kann. Zu diesem Zweck wurde untersucht, ob die Gesteine der fünf einzelnen Provenienzen immer noch die gleichen Eigenschaften haben. Dabei wurde festgestellt, dass der Steinbruch von Ambrosini Castione nicht mehr betrieben wird. Eine Ersatzsuche gestaltete sich schwierig, da alternative Produzenten der gleichen Region entweder eine Schliessung planten oder bereits nicht mehr aktiv waren. Eine der wesentlichen Bedingungen zur Auswahl der Provenienz für das Standardgestein, war die Sicherstellung einer langen Lieferbarkeit der Gesteine. Aus diesem Grunde kamen die Alternativen nicht in Frage. Da es sich bei der fraglichen Gesteinskörnung um eine für die Herstellung von Asphalt ungeeignete Gesteinskörnung handelte (weich und schlechte Haftung) wurde entschieden, sich auf die anderen vier Provenienzen zu konzentrieren. Diese wiesen ähnliche Eigenschaften auf wie vor 20 Jahren, so dass sie als weiterhin als geeignet eingestuft wurden.

Für den Ersatz des bisherigen Standardbitumen wurde ein 70/100 mit ähnlichen Haftvermögen gesucht und gefunden. Wichtig dabei war, dass es sich um ein reines Bitumen ohne Haftmittel handelt, denn die angestrebte lange Lagerfähigkeit hätte möglicherweise nicht sichergestellt werden können.

Ergebnis

Es wurde eine neue Referenzgesteinskörnung mit vier Provenienzen und ein Referenzbitumen definiert, welche insgesamt sehr ähnliche Haftungseigenschaften aufweisen wie die bisherige Mischung.

Darüber hinaus wurde bestätigt, dass die Prüfung der Affinität - ausgeführt nach neuer Norm SN 670 411/EN 12697-11 – generell Werte liefert, welche gegenüber der vorherigen Norm um etwa um 10% höher liegen. Die neuen Prüfbedingungen (40°C / 24 h) sind offenbar weniger selektiv als die vorherigen (60° / 1 h).

Ein Vorschlag zur Anpassung des nationalen Vorwortes der Norm EN 12697-11, in welchem der Hinweis zum Bezug der Standardmaterialien angepasst wurde, ist im Bericht enthalten.

Résumé

Situation de départ

Pour déterminer l'affinité de granulats et de bitumes, l'utilisation d'un bitume standard et d'un granulats standard est nécessaire. Ces standards permettent de pouvoir comparer différents bitumes - en utilisation le granulats standard - et de comparer différents granulats - en utilisation le bitume standard. De plus, ces matériaux standards jouent également un rôle important dans le cadre de l'assurance qualité des laboratoires. Le granulats standard actuel est un mélange de granulats de cinq provenances différentes, fabriqué à l'époque par l'EMPA. Toutefois, ce standard commence à manquer et ne sera pas remplacé par l'EMPA. De même, le bitume standard a déjà 20 ans, il a vieilli et ne correspond plus à l'état actuel de la technique.

Démarche

Dans un premier temps, il a été étudié s'il était toujours possible de fabriquer le même granulats standard avec le mélange des granulats des 5 mêmes provenances. Ainsi, les différentes roches exploitées dans ces 5 sites ont été analysées afin de déterminer si elles avaient toujours les mêmes propriétés qu'à l'époque. Il a alors été constaté que la carrière d'Ambrosini Castione n'était plus en exploitation et qu'il était difficile de trouver une alternative. En effet, les potentielles alternatives dans la même région sont également en train d'être fermées. La condition de pouvoir assurer une disponibilité à long terme n'est donc pas remplie. De plus, les granulats en question n'étant pas appropriés à l'enrobé (trop tendre et mauvaise affinité), il a été décidé de se concentrer sur les quatre autres provenances restantes. Les roches de celles-ci montraient des propriétés similaires à celles d'il y a 20 ans et ont été jugées appropriées.

Pour le bitume vieilli, il a également été trouvé une alternative; un B70/100 avec une adhérence similaire. Il était important qu'il s'agisse d'un bitume pur sans additif, car sinon la longue durée de conservation souhaitée n'aurait pas pu être garantie.

Résultat

Un nouveau granulats de référence (mélange de quatre provenances) et un nouveau bitume de référence ont été définis. Dans l'ensemble, ils ont des propriétés d'affinité très similaires à celles de l'ancien standard. En outre, il a été confirmé que l'essai effectué selon la nouvelle norme SN 670 411/EN 12697-11 donne des résultats supérieurs d'environ 10%. Les nouvelles conditions d'essai (40 °C / 24h) sont apparemment moins sélectives que les anciennes (60 °C / 1h).

Le rapport comprend également une proposition pour adapter l'avant-propos national de la EN 12697-11 en tenant compte des nouveaux matériaux standards.

Summary

Starting Position

Testing the affinity of asphalt mixes requires standard bitumen and standard aggregates so that tests of different aggregates and bitumen can be compared between different laboratories. The existing standard aggregate consists of five different provenances and could be obtained from EMPA. However, this aggregate is running out and will not be replaced by EMPA. In addition, the standard bitumen is already 20 years old and no longer corresponds to the current state of the art.

Procedure

The first step was to find out whether the various mined rocks of the five provenances of the previous aggregates still had the same properties. It was found that the quarry at Ambrosini Castione was no longer in operation. It was difficult to find a replacement, as the alternatives nearby too were in the process of closing as well, and therefore the condition of long availability was no longer met. Since the aggregates in question were unsuitable for asphalt (soft and bad affinity), it was decided to focus on the other four provenances. These had similar properties to those of 20 years ago, so they were classified as suitable.

To replace the previous standard bitumen, a B 70/100 with similar adhesion was sought and found. It was important that this was a pure bitumen without adhesive, as the desired long shelf life could not have been guaranteed otherwise.

Results

A new reference aggregate and reference bitumen have been defined, which have very similar adhesion properties to the old mixture. In addition, it was confirmed that the new standard SN 670 411/EN 12697-11 achieves about 10% better results, since the test temperature of 40°C for 24 h is less aggressive than the old standard 670 460, which tests at 60°C for 1 h.

A proposal to adapt the national foreword to standard EN 12697-11, in which the reference to the purchase of standard materials was adapted, is contained in the report.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Die Eigenschaft von Gesteinskörnungen hinsichtlich ihrer Affinität zum Bitumen hat eine hohe bautechnische Relevanz. Gleichermassen wird jedoch die Affinität auch vom verwendeten Bitumen beeinflusst. Die Affinität hat einen direkten Einfluss auf die Nutzungsdauer einer Strasse und ist daher eine der wesentlichen Eigenschaften, welche ein bituminöses Mischgut zu erfüllen hat.

Gesteine sind hydrophil. Dies bedeutet, dass die Verbindung zwischen Wasser und Gesteinen stärker ist, als die Verbindung zwischen Bitumen und Gestein [1]. Nicht jede Mischung Gestein/Bitumen ist gleichermassen empfindlich auf Wasser, wobei das Gestein einen grösseren Einfluss auf die Verbindung zu haben scheint als das Bitumen. Allerdings kann eine variierende Bitumenqualität aufgrund von Unterschieden und Alterungsprozessen nicht vernachlässigt werden [2]. Sobald in einem Mischgut eine Ablösung des Bindemittels vom Gesteinskorn stattfindet, verliert der Asphalt an Zusammenhalt, die Verklebung der einzelnen Körner wird gelockert und die mechanischen Eigenschaften verschlechtern sich.

Grundsätzlich gibt es zwei verschiedene Möglichkeiten zu untersuchen, wie sich ein Gemisch aus Gestein und Bitumen unter Wassereinfluss verhält:

- Prüfung an losen Gesteinskörnern, welche mit Bitumen umhüllt werden (qualitativ)
- Mechanische Prüfung an verdichteten Mischgutkörpern (quantitativ)

Die Affinitätsprüfung folgt dem ersten Prinzip. Es findet dabei eine qualitative Schätzung des Umhüllungsgrades statt, nachdem die Gesteinskörner chemisch, thermisch und, je nach Prüfverfahren, auch mechanisch beansprucht werden.

In der Norm SN EN 12697-11 [3] wird festgelegt, dass die Prüfung der Affinität sowohl zur Prüfung des Gesteins, des Bitumens und von Baustoffen, die in Aufbereitungsanlagen verwendet werden, benutzt werden kann. Es gibt daher drei unterschiedliche Fälle, bei denen die Affinität geprüft wird:

- Prüfung eines bitumenhaltigen Bindemittels mit einer Referenzgesteinskörnung
- Prüfung einer Gesteinskörnung mittels Referenz-Bitumen
- Prüfung der für die Produktion verwendeten Baustoffe (Gesteinskörnung und Bindemittel)

In zwei dieser drei Fälle werden Referenzmaterialien benötigt. Zudem besteht auch in den Prüflaboratorien ein Bedarf an Referenzmaterialien, um im Rahmen der Qualitätssicherung entsprechende Versuche (Bestimmung der laborinternen Präzision; Laboranten-Schulung und Ringversuche) durchführen zu können.

Im Zusammenhang mit der Affinität von Gesteinskörnung und bituminösem Bindemittel werden verschiedenen Fachausdrücke verwendet, welche im Folgenden kurz beschrieben werden:

Adhäsion beschreibt die molekulare Anziehungskraft zwischen zwei Körpern unterschiedlicher Natur. Die Adhäsion kann durch Zugabe einer dritten Komponente gestört werden. Im Fall einer Mischung aus Bitumen und Gesteinskörnungen ist dies die Zugabe von Wasser.

Haftverhalten beschreibt die wechselseitige molekulare Anziehung zwischen Bitumen und Gestein infolge physikalischer, thermodynamischer und chemischer Bindungen.

Der **Umhüllungsgrad** beschreibt den prozentualen Anteil einer Gesteinskörnung, welcher von Bitumen umhüllt ist.

Die **Affinität** beschreibt eine chemische Eigenschaft, die durch Herabsetzen der freien Energie des Systems entsteht, wenn zwei oder mehrere Körper gemischt werden. Das System Gesteinskorn-Wasser besitzt eine tiefere Energie als das System Gesteinskorn-Bitumen.

Stripping beschreibt die Störung der Haftung zwischen Bitumen und Gestein durch Wasser.

Bisher wurden eine Referenzgesteinskörnung und ein Referenzbitumen durch die Empa zur Verfügung gestellt; die Lagerbestände an Referenzmaterialien sind aufgebraucht. Um eine Versorgungslücke zu verhindern, sollten im Rahmen des Forschungsprojekt, in welchem neue Referenzmaterialien (Gesteinskörnung und Bitumen) derart festgelegt und bereitgestellt werden, dass die bisherigen Erfahrungen weiterhin genutzt werden können.

Das Ziel des Projektes bestand darin, neue Referenzmaterialien so zu definieren, dass die bisherigen Erfahrungen weiterhin verwendet werden konnten.

1.2 Allgemeines zur Affinität

Der Begriff Affinität entspricht dem in der älteren Literatur und den Normen benutzten Begriff des Haftvermögens.

Ein schlechtes Haftverhalten / schlechte Adhäsion zwischen Gestein und Bitumen führt im Gebrauchsverhalten zu irreparablen Schäden an Asphaltsschichten. Dies beschränkt sich nicht auf die Deckschicht, denn Wasser, welches durch Risse, offene Arbeitsnähte oder Schlaglöcher in tiefere Schichten gelangt, führt auch dort zu Schäden. Daher ist eine dauerhafte Verklebung der Gesteinskörner durch eine beständige Haftung zwischen Gestein und Bitumen von grosser Bedeutung hinsichtlich der Nutzungsdauer einer Strasse.

Das Thema der Affinität wird schon seit Jahrzehnten erforscht. Zur Erläuterung der Ablösung eines Bitumenfilms von der Oberfläche eines Gesteins gibt es verschiedene Theorien:

- Thermodynamische Theorie:
Die Adhäsion hängt von der Oberflächenenergie der Stoffe ab. Dabei ist die Polarität der beteiligten Stoffe entscheidend. Polare Flüssigkeiten werden von Gesteinen stärker angezogen als nichtpolare Flüssigkeiten. Bei Bitumen handelt es sich um langkettige, ringförmige und aromatische Strukturen, welche völlig unpolar sind. Gestein kann sehr polar sein und unter Abspaltung von H^+ sauer reagieren. Wasser kann ebenfalls einfach H^+ abspalten, daher kann Gestein als wasserliebend (hydrophil) bezeichnet werden. [4,5]

- Molekulare Orientierung:
Die Haftung von Bitumen und Gestein hängt von den unterschiedlichen Ladungszuständen an der Grenzfläche ab. Bei Kontakt orientieren sich die Moleküle so, dass Oberflächenenergien optimal gesättigt werden.
- Chemische Theorie:
Die Haftung wird durch eine Reaktion zwischen chemischen Bestandteilen des Bitumens und des Gesteins begründet
- Mechanische Theorie:
Während es Mischvorgangs kommt es zu einer Verzahnung zwischen Bitumen und Gestein; das Bitumen dringt in Poren und Unebenheiten der Oberflächentextur der Gesteine ein.

Neben der Erläuterung der Haftung, gibt es auch verschiedene Theorien, welche das Versagen beschreiben:

- Verdrängung:
Das Wasser verdrängt dank grösserer Oberflächenspannung das Bitumen
- Unterwanderung:
Selbst bei vollständiger Bedeckung des Gesteinskorns kann Wasser an die Grenzfläche zwischen Bitumen und Gestein gelangen. Das Wasser kommt entweder aus dem Inneren, da das Gestein noch feucht ist, oder es diffundiert durch das Bitumen. Die Ursache kann auch eine Verunreinigung des Gesteinskorns durch Staub sein.
- Filmbruch:
Bei tiefen Temperaturen verhält sich das Bitumen spröde und kann Brechen. Durch derartige Brüche des Bitumenfilms hindurch kann Wasser zum Gestein vordringen.
- Porendruck:
Das Bitumen wird durch den Druck, welcher infolge der Überrollung des Asphalttes durch Reifen bei nasser Witterung entsteht, an den Grenzflächen zum Gestein abgelöst.

Das Versagen der Verklebung setzt in jedem Falle einen intensiven Kontakt mit Wasser voraus. Für hohlraumreiche Deckschichten – beispielsweise für lärmarme Beläge – ist daher die Haftung des Bitumens am Gestein von zentraler Bedeutung. Die Haftung kann nicht nur durch die Wahl der Gesteine und des Bitumens beeinflusst werden, sondern auch durch Anpassungen an der Zusammensetzung des Mischgutes (dicker Bitumenfilm).

Neben den oben aufgeführten möglichen Erläuterungen zum Vorgang der Ablösungen an der Grenzfläche Bindemittel-Gestein sind in der Praxis auch folgende Punkte zu beachten:

- Bindemittleigenschaft:
Durch eine gezielte Modifikation mittels Haftmittel, Polymer oder Naturasphalt kann die Klebkraft verbessert werden.
- Bindemitteldosierung:
Dicke Bindemittelfilme lassen sich weniger einfach von der Gesteinsoberfläche verdrängen. Allerdings besteht bei hoher Dosierung das Potential des Ablaufens des Bindemittels. Um dies zu verhindern können hochversteifende Füller, Fasern und stark modifizierte Polymerbitumen verwendet werden.

Tab. 1 Einflussgrößen auf das Haftverhalten aus [5,6]

Komponente	Einflussfaktoren
Gestein	- Mineralogische/petrographische Zusammensetzung
	- Chemische Zusammensetzung
	- Oberflächenrauigkeit
	- Porosität
	- Verstaubung und Feuchtigkeitsfilm
	- Lösliche Salze
Bitumen	- Oberflächen-/Grenzflächenspannung
	- Viskosität
	- Provenienz, Säurezahl, Paraffingehalt
	- Alterungsverhalten
	- Polymermodifizierung, Haftverbesserer
Wasser	- Temperatur, Frost-Tau-Wechsel
	- Chemische Inhaltsstoffe, gelöste Salze
	- pH-Wert
Asphalt	- Verkehrsbelastung
	- Luftporengehalt
	- Zeit
	- Wassergehalt
	- Umgebung

2 Prüfverfahren

2.1 Allgemeines

Die Entwicklung von Prüfverfahren zur Untersuchung der Feuchtigkeitsempfindlichkeit von Asphalt wurden seit den 1930er Jahren vorangetrieben. Bisher wurde leider noch kein Prüfverfahren entwickelt, welches die Erwartungen vollumfänglich erfüllt. Einerseits wurde in Richtung der Feuchtigkeitsempfindlichkeit geforscht, andererseits wurde versucht in Prüfverfahren die Alterung des Mischgutes zu simulieren, um damit das Verhalten eines Asphaltes in einem Zeitraum von 15 – 20 Jahren vorherzusagen. Sämtliche Einflüsse, welche im Kapitel 1.2 aufgelistet wurden, in einem Prüfverfahren zu erfassen ist bisher leider nicht möglich [6,7,8,9]:

Es gibt viele verschiedene Arten, die Affinität zu bestimmen, untenstehend ist eine Auswahl der gängigsten Methoden aufgeführt:

2.1.1 Schüttelabriebversuch

Dieses Verfahren wird vor allem bei dünnen Asphaltsschichten in Kaltbauweise angewendet, um die Kornfraktion 0/2 mm zu charakterisieren. Es werden zylindrische Prüfkörper mit den Abmessungen, von 25 mm Höhe und 30 mm Durchmesser hergestellt. Vor der Prüfung werden die Probekörper statisch verdichtet und durch Wasserlagerung im Vakuum konditioniert, dabei wird auch gleich die Wasseraufnahme festgestellt.

Die Abriebprüfung wird unmittelbar nach der Bestimmung der Wasseraufnahme durchgeführt. Der Prüfkörper wird in einen mit Trinkwasser gefüllten Zylinder gegeben, welcher mittig auf einer drehbaren Welle befestigt ist. Der Schüttelzylinder wird bei einer Geschwindigkeit von 20 Umdrehungen/Minute 3600 Umdrehungen lang geprüft (Prüfdauer 3 Stunden). Dabei wird der Prüfkörper im Wasser von einem Ende des Zylinders zum anderen bewegt. Anschliessend wird alles lose Material vom Prüfkörper abgespült und der Prüfkörper trockengetupft. Das Gewicht des feuchten Prüfkörpers vor und nach der Prüfung wird verglichen und der prozentuale Gewichtsverlust als Kriterium für die Bewertung der Wasserempfindlichkeit verwendet [10].

2.1.2 Bestimmung der Wasserempfindlichkeit

Mehrere Gyrator- oder Marshallprüfkörper werden bei dieser Prüfung benötigt. Es wird je nach Prüfung eine Zug- oder Druckkraft bis zum Versagen des Prüfkörpers aufgebracht. Das Verhältnis des Resultates zwischen der Prüfung an trockenen zu nassen Prüfkörpern in % ist ein Mass der Wasserempfindlichkeit [11].

2.1.3 Kontaktwinkelmessungen

Mit der Bestimmung des Kontaktwinkels kann die freie Oberflächenenergie fester Oberflächen bestimmt werden. Mit jeweils drei Tropfen von mindestens zwei Prüfflüssigkeiten wird der Kontaktwinkel auf eine ebene Probekörperfläche gemessen. Aus den Kontaktwinkeln der beiden Flüssigkeiten, deren Oberflächenspannungen und deren polaren und dispersen Anteilen wird die freie Oberflächenenergie des Festkörpers mit einem geeigneten Modell berechnet. Damit entsteht eine Aussage über die Benetzbarkeit des Festkörpers. [12]

2.1.4 Flaschen-Rollverfahren – Verfahren A gemäss EN 12697-11

Das Flaschen-Rollverfahren ist in Europa eines der normierten Verfahren zur Feststellung der Affinität. In der Norm 12697-11 [3] ist das als «Verfahren A» beschriebene Flaschenrollverfahren festgelegt. 510 g gewaschene und getrocknete Gesteinskörnung der Fraktion 8/11 werden bei entsprechender Mischguttemperatur mit einer Bitumenprobe gemischt. Eine vollständige Umhüllung der Gesteinskörnung muss dabei sichergestellt werden, sonst wird die Probe verworfen. Danach wird sie für 12 – 64 h bei Umgebungstemperatur (20°C) auf einem silikonbeschichteten Papier gelagert. Drei Teilproben à 150 g werden danach in einem zur Hälfte mit deionisiertem oder destilliertem Wasser (5°C) gefüllten Gefäss gegeben. Die Gesteins-/Bitumenprobe ist Korn für Korn in die Flasche einzufüllen. Danach wird die Flasche mit Wasser bis zum Hals aufgefüllt. Ein Glasstab wird in der Flasche zwischen Boden und Verschluss derart eingeklemmt, dass das Mischgut bei jeder Umdrehung der Flasche aufgerührt wird. Sobald diese Schritte abgeschlossen sind, wird die Flasche auf das Flaschen-Rollgerät gelegt und mit der Prüfung begonnen. Je nach Penetrationsgrad des Bitumens muss mit anderer Rotationsgeschwindigkeit gearbeitet werden. Bei normalem Bitumen mit Penetration >100 1/10mm muss die Rotationsgeschwindigkeit 40 U/min betragen. Bei härteren Strassenbau-Bitumen und bei Verwendung von Haftvermittlern, adhäsionsverbessernden Füllern oder modifizierten Bindemitteln beträgt die Rotationsgeschwindigkeit 60 U/min. Dies, damit ein Kleben zwischen den einzelnen Körnern verhindert wird.

Die Prüfung wird bei Temperaturen zwischen 15°C und 25°C durchgeführt. Nach 6h wird das Wasser abgelassen und die Körner in eine Prüfschale gegeben, die mit destilliertem oder deionisiertem Wasser so gefüllt ist, dass alle Gesteinskörner bedeckt sind. Der Grad der Bedeckung wird auf 5% genau optisch festgestellt (siehe Methode bei 2.1.6). Die Wiederholpräzision r beträgt bei diesem Verfahren 20%, die Vergleichspräzision 30%. Diese Werte sind eine Schätzung aus der Praxis. [3]

Wie eine Arbeit in der Schweiz gezeigt hat [8], weist dieses Prüfverfahren zu viele Nachteile auf, sodass in der Schweiz das Verfahren B standardisiert wurde.

2.1.5 Ablösen in siedendem Wasser – Verfahren C gemäss EN 12697-11

Auch hier wird die Prüfung üblicherweise mit der Gesteinsfraktion 8/11 durchgeführt.

1500g des fraktionierten und gewaschenen Gesteins wird in eine Mischschale gegeben und mit etwa 30g Bitumen bei der festgelegten Mischguttemperatur gemischt. Die vollständige Umhüllung des Gesteins muss sichergestellt sein, sonst muss die Menge an Bitumen angepasst werden. Nach dem Mischen wird das Gefäss zur raschen Abkühlung in ein kaltes Wasserbad getaucht. Um zu verhindern, dass das Bindemittel abläuft und die Gesteinskörnung zusammenklebt, wird das Gefäss während der Abkühlung ab und zu geschüttelt und leicht geklopft. Für die Prüfung sind zwei Messproben à 200g erforderlich, auf 0.1 g genau gewogen. Ein Drahtnetz wird in ein Becherglas gehängt. 600g entmineralisiertes Wasser aufgefüllt und zum Sieden gebracht. Sobald das Wasser siedet, wird die Probe der umhüllten Gesteinskörnung (200 g) auf das im Becherglas eingehängte Drahtnetz geschüttet. Das Wasser sollte dann für eine Dauer von weiteren 10 Minuten sieden. Das überschüssige Bitumen wird danach mit einem Strahl kalten Wassers welcher unter die Oberfläche des heissen Wassers im Becher gerichtet wird, abgewaschen. Danach wird das Wasser abgegossen und das Becherglas auf ein Sieb entleert. Die Gesteinskörnung wird abgekühlt und abgetropft. Danach wird das umhüllte Gestein in einen trockenen Becher überführt und auf 0.1g genau gewogen. Je nach Petrographie des Gesteins wird es dann entweder für 5 Minuten in 200 g 0.1N Salzsäure (kalkreich) eingelegt, oder für Silicium reiches Gestein für 1 h in 200 g 0.1N Flusssäure eingelegt. Der Säureangriff ist durch schütteln mit oszillierender Bewegung zu unterstützen. Nach Ablauf der Zeit wird die Flüssigkeit in einen Zylinder abgeschüttet und davon werden 2 Proben titriert und die Konzentration der Säure bestimmt. Der Verbrauch der Säure ist proportional zum Umhüllungsgrad. Da die für die Prüfung notwendigen Säuren (insbesondere die Flusssäure) ein erhebliches Gefährdungspotential für die Laboranten darstellen, wird die Prüfung in der Schweiz nicht angewendet.

2.1.6 Statische Prüfung – Verfahren B gemäss EN 12697-11

Das Statische Verfahren ist das Verfahren, welches hauptsächlich in der Schweiz angewendet wird. Mit diesem Verfahren bestehen langjährige Erfahrungen in der Praxis, gestützt auf mehrere Forschungsarbeiten [13,14,15].

Die Schweiz ist seit jeher einen pragmatischen Weg gegangen und hat in verschiedenen Arbeiten die visuelle Beurteilung des Umhüllungsgrades weiterentwickelt. Die heutige EN 12697-11 wurde massgeblich durch die Schweiz beeinflusst, insbesondere der in [13,14,15] erbrachten Arbeiten.

In diesem Verfahren werden 150 Gesteinskörner der Fraktion 8/11 bei Mischtemperatur mit 4% (Massenanteil) Bitumen umhüllt und gerührt, bis eine vollständige Umhüllung der Gesteinskörnung vorliegt. Falls dies nicht innerhalb von 5 Minuten der Fall ist, wird mit einer neuen Mischung und 0.5% (Massenanteil) mehr Bitumen die Mischung wiederholt. Die Mischung wird in einen Behälter gegeben, wobei sichergestellt sein muss, dass sich die einzelnen Gesteinskörner nicht berühren. Der Behälter wird während einer Stunde bei Raumtemperatur abgekühlt und anschliessend wird die Probe mit destilliertem Wasser bei einer Temperatur von 20°C für 48h vollständig bedeckt. In der Schweiz wird eine Temperatur von 40°C während 24 h angewendet. Nach dieser Wasserlagerung wird das Wasser wieder abgegossen und die Probe getrocknet. Anschliessend wird jedes Korn einzeln auf den Umhüllungsgrad visuell beurteilt.

Bei der Affinitätsprüfung handelt sich um eine optische, subjektive Beurteilung einer Mischung. Anhand von Vergleichsbilder (siehe Abb. 1) kann die Objektivität deutlich gesteigert werden. Die Beurteilung erfolgt indem jeweils $\frac{3}{4}$ der Oberfläche mit einer Schablone abgedeckt werden und lediglich $\frac{1}{4}$ der Oberfläche beurteilt wird. Dabei wird der Umhüllungsgrad jedes Korn festgelegt. Anschliessend wird daraus die Affinität der gesamten Probe berechnet und das Resultat auf 5% gerundet [16]. Es wurde schon in verschiedenen Studien versucht, die Subjektivität der Prüfung mit einem computergestützten Verfahren zu umgehen, aber bisher erfolglos. Das Hauptproblem dabei ist, dass es hauptsächlich bei dunklen Bitumen gibt, die man mit digitalen Verfahren einfach erkennen kann [17].

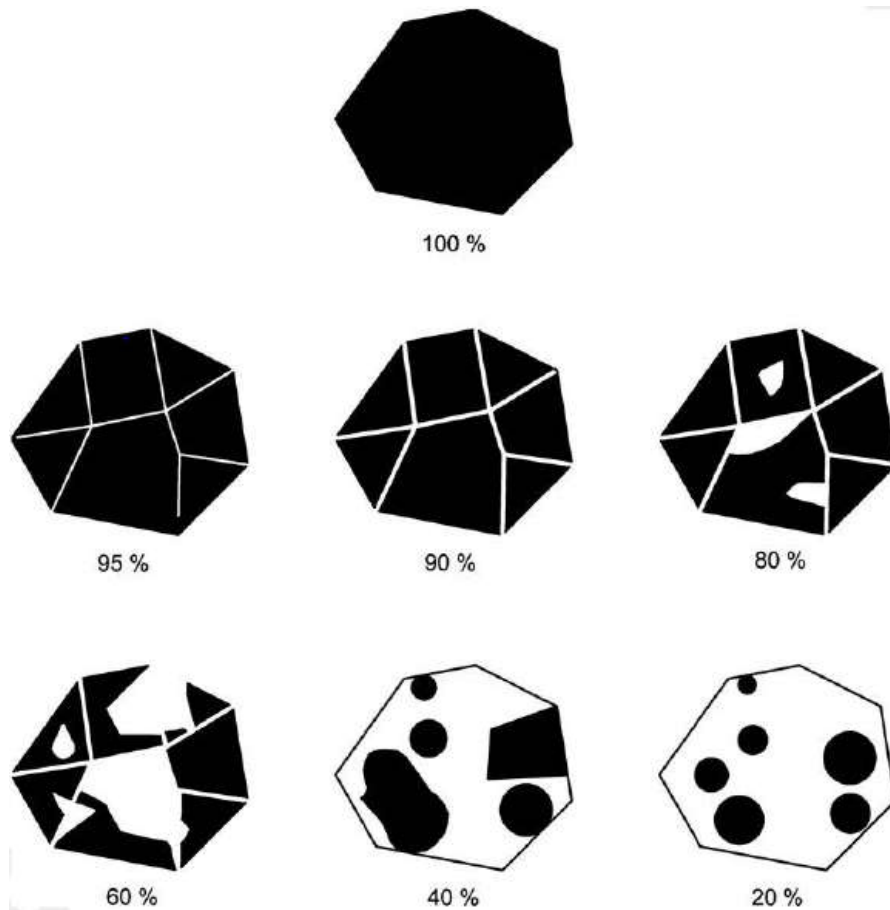


Abb. 1 Graphik aus SN 670 460, Hilfestellung zur Beurteilung des Umhüllungsgrades



Abb.2 Beispiel zweier Prüfungen mit unterschiedlichem Umhüllungsgrad

2.2 Statisches Verfahren Unterschiede alte/neue Norm

Aufgrund der Forschungsarbeiten, die mit dem Statischen Verfahren durchgeführt wurden, [13,14,15], wird in der Schweiz am statischen Verfahren festgehalten und es wird weiterhin als Beurteilungskriterium für die Haftungseigenschaften verwendet.

Daher ist und bleibt das statische Verfahren in der Schweiz das wichtigste Hilfsmittel, um die Affinität zu beurteilen. Es gibt jedoch entscheidende Unterschiede zwischen der ursprünglichen SN Norm und der in der EN Norm beschriebenen Methode. Daher wird die alte Prüfnorm im Folgenden genauer beschrieben:

2.2.1 Alte Norm SN 670 460

Drei Fälle werden unterschieden:

- Prüfung eines Splitts
 - o Benutzung des Referenzbitumens B80/100 der EMPA
- Prüfung eines Bindemittels
 - o 30g der fünf Referenzmineralstoffe der EMPA ergibt die 150g Gesteinskörnung
- Prüfung eines Bindemittels zusammen mit einer Gesteinskörnung

Die gesiebte und getrocknete Gesteinskörnung der Fraktion 8/11 von 150g wird mit 8g Bindemittel für 2 Minuten bei Mischguttemperatur (abhängig von der Art des Bitumens), unter intensiver Drehbewegung gemischt. Während des Mischvorgangs darf die Temperatur um nicht mehr als 10°C absinken, sonst muss indirekt nachgeheizt werden. Das Gestein muss 100% umhüllt sein und keine hellen Stellen mehr aufweisen. Das Mischgut wird nach dem Mischen sofort in eine Kristallisierschale eingefüllt, so dass der ganze Boden möglichst einschichtig bedeckt ist.

Das Mischgut wird in der Schale während 5 Minuten abgekühlt. Mit 150 ml frisch ausgekochtem und deionisiertem Wasser von 60°C wird das Mischgut überschichtet. Mit einem Uhrglas abgedeckt und im gedeckten Wasserbad von 60°C für 60 Minuten gelagert. Die Wasseroberfläche im Thermostatbad muss dabei mindestens 10 mm höher sein als der Wasserspiegel in der Kristallisierschale.

Die Auswertung geschieht mit Hilfe einer Kartonschablone, bei der jeweils ein Viertel der Kristallschale sichtbar ist. Im sichtbaren Teil der Probe werden die Anzahl der Körner in den Kategorien A – G gezählt.

Tab. 2 Einteilung der verschiedenen Umhüllungskategorien

A:	Anzahl der vollständig umhüllten Körner
B:	Anzahl der zu 95% umhüllten Körner
C:	Anzahl der zu 90% umhüllten Körner
D:	Anzahl der zu 80% umhüllten Körner
E:	Anzahl der zu 60% umhüllten Körner
F:	Anzahl der zu 40% umhüllten Körner
G:	Anzahl der zu 20% umhüllten Körner

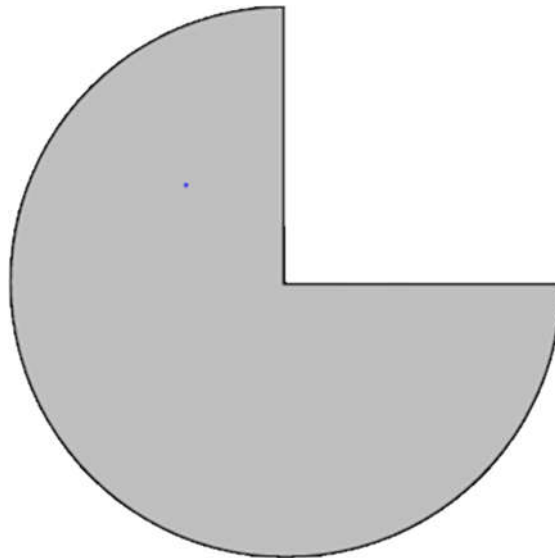


Abb.3 Schablone, mit der jeweils nur ein Viertel der Probe sichtbar ist, hilft bei der Beurteilung der Probe

Eine grobe Schätzung der Wiederholbarkeit und Vergleichbarkeit aus dem Forschungsbericht [14] ergibt für die absolute Wiederholbarkeit, ca. 10% und für die Vergleichbarkeit, ca. 20%.

Als Beispiel, wie die Prüfung durchgeführt wird, ist in *Abb.4* ein ausgefülltes Prüfprotokoll aufgeführt. Das Protokoll beinhaltet die Umhüllungskategorie (A-G), als nächste Spalte dann die Anzahl Körner pro Viertel von zwei Schalen, danach die Summe der Körner pro Kategorie zusammengezählt. In der nächsten Spalte berechnet man den Prozentsatz der Anzahl der Körner der verschiedenen Kategorien. In der letzten Spalte wird dies mit dem Umhüllungsgrad multipliziert. Wenn die Spalte dann zusammengezählt wird, ergibt die Summe den Umhüllungsgrad der gesamten Probe. Die untersuchte Gesteinskörnung besteht aus einer Provenienz, was auch durch die homogene Haftung des Bitumens bestätigt wird. Bei Mischungen aus mehreren Provenienzen, wie z.B. bei der gemischten Referenzgesteinskörnung, gibt es in allen Umhüllungskategorien Gesteinskörner.

Umhüllungs-Kategorie		I Anzahl Körner				Anzahl Körner pro Kategorie	Prozentsatz P	Faktor F	P * F
		II pro Viertel							
A (100%)		3	5	7	7	72	6.27	1	6.20
B (95%)		15	13	17	12	702	52.84	0.95	50.20
C (90%)		6	4	5	8	67	37.60	0.9	29.45
D (80%)		1	2	7	4	78	9.32	0.8	7.45
E (60%)		—	—	—	—	—	—	0.6	—
F (40%)		—	—	—	—	—	—	0.4	—
G (20%)		—	—	—	—	—	—	0.2	—
-----	-----	Total:				793	100	---	U = 92.30 %

Abb.4 Beispiel eines ausgefüllten Arbeitsblattes der Affinitätsprüfung

2.2.2 Hauptunterschiede alte/neue Norm

Tab. 3 Unterschiede alte Norm / neue Norm

Alte Norm	Neue Norm
SN 670 460	SN 670 411 / EN 12697-11
60 °C	40°C
1h	24h

Die Hauptunterschiede liegen in der Temperatur und Dauer der Wasserlagerung: Während man die Mischung gemäss SN 670 460 (alte Norm) nach einer Stunde Wasserlagerung bei 60°C beurteilt, wird nach EN 12697-11 nach einer 24-stündigen Wasserlagerung bei 40°C beurteilt. Nach SN 670 460 wurden 150 g geprüft, nach der EN 12697-11 werden 150 Gesteinskörner beurteilt.

Das Arbeitsblatt (Abb 4) hat sich mit der neuen Norm nicht verändert, da nur die Lagerungsdauer und die Temperatur geändert hat. Die Beurteilung erfolgt immer noch nach demselben Schema.

2.3 Reproduzierbarkeit des statischen Verfahren nach SN 670 460

Mit der Einführung neuer Standardmaterialien (Gesteine und Bitumen) stellt sich die Frage, ob die Materialien die Wiederholbarkeit der Prüfung beeinflussen könnten. Um dies abzuklären wurden Reihenuntersuchungen durchgeführt. Damit die statistische Auswertung mit den bisherigen Praxiserfahrungen und Forschungsergebnissen verglichen werden kann, wurden die Vergleichsmessungen zwar mit den neuen Standardmaterialien, jedoch, wenn nicht anders beschrieben, nach der alten Norm (SN 670 460) durchgeführt. An dieser Stelle sei nochmals darauf hingewiesen, dass sich die Ergebnisse mit der Einführung der neuen Norm (EN 12697-11) verändert haben.

Um beurteilen zu können, wie gut die Wiederholbarkeit der einzelnen Bestimmungen ist, brauchte es Vergleichsmessungen. In der Norm sind zur Wiederholbarkeit beim statischen Verfahren nur grobe Schätzwerte vorhanden, die von einer Wiederholbarkeit von 10% und Vergleichbarkeit von 20% ausgehen. Daher wurde die Wiederholbarkeit der Prüfung untersucht, indem 2 Laboranten 5 verschiedene Gesteine mit unterschiedlichen Haftungseigenschaften je 5 Mal prüften.

Tab. 4 Umhüllungsgrade der einzelnen Referenzgesteine (Prüfung nach alter Norm) durch 2 Laboranten je 5 Mal untersucht

Gestein 1		Gestein 2		Gestein 3		Gestein 4		Gestein 5	
Laborant 1	Laborant 2	Laborant 1	Laborant 2	Laborant 1	Laborant 2	Laborant 1	Laborant 2	Laborant 1	Laborant 2
30.69	30.6	55.52	52.55	86.2	92.3	73.88	70.75	89.59	93.1
31.44	34.25	50.51	57.35	85.11	90.6	75	70.15	90	90.55
32.21	28.75	50.01	58.55	82.71	89.85	75.44	71.55	90.37	89.6
30.94	29.4	49.88	51.65	84.5	90.05	72.57	76.4	90.65	90.34
31.37	28.4	48.7	51.45	88.15	88	76.79	75.75	88.92	91.25

Tab. 5 Wiederholbarkeit des Umhüllungsgrades; bestimmt durch zwei Laboranten, welche jede Gesteinskörnung 5 Mal prüften.

	Laborant 1				Laborant 2				Differenz
	Mittelwert	min	max	stabw	Mittelwert	max	min	stabw	
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]
Gestein 1	31.3	30.7	32.2	0.6	30.3	34.3	28.4	2.4	1.1
Gestein 2	74.7	72.6	76.8	1.6	72.9	76.4	70.2	2.9	1.8
Gestein 3	85.3	82.7	88.2	2.0	90.2	92.3	88.0	1.5	4.8
Gestein 4	50.9	48.7	55.5	2.7	54.3	58.6	51.5	3.4	3.4
Gestein 5	89.9	88.9	90.7	0.7	91.0	93.1	89.6	1.3	1.1

Die grösste Differenz zwischen den Resultaten ergeben sich erwartungsgemäss bei den mittleren Haftungseigenschaften, während bei guter und schlechter Affinität die Wiederholbarkeit gross ist. Dies ist nicht überraschend. Wenn man die Grafik aus *Abb. 1* betrachtet, sieht man, dass es im mittleren Bereich Sprünge von 20% gibt. Die Beurteilung, ob ein Korn zu 40% oder 60% bedeckt ist, hat einen grösseren Einfluss auf das Resultat, als wenn man zwischen einer Bedeckung von 90 und 95 % unterscheiden muss.

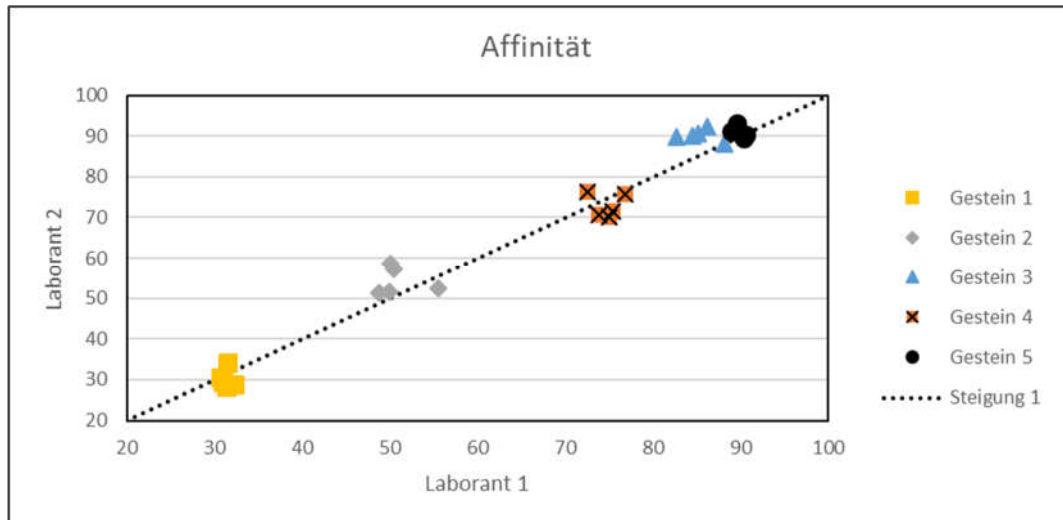


Abb. 5 Gegenüberstellung der Resultate zwischen zwei Laboranten. Grösste Streuung bei den mittleren Werten.

Insgesamt ist die interne Reproduzierbarkeit (gleiches Labor, aber zwei verschiedene Laboranten) mit $r=4.5\%$ besser als erwartet, da im Forschungsbericht [1996] eine Wiederholbarkeit von $r=10\%$ und eine Reproduzierbarkeit von 20% abgeschätzt wurde. Es muss jedoch auch erwähnt werden, dass eine einzelne Gesteinskörnung einfacher zu beurteilen ist als eine Mischung, bei der auch die Farben des Gesteins variieren und somit die Beurteilung der Bedeckung beeinflusst wird.

2.4 Verwendung der Ergebnisse in der Praxis

Bei der Affinitätsprüfung wird festgestellt, wie gut Bitumen und Gesteinskörnung aneinanderhaften. Das Ergebnis wird als Umhüllungsgrad quantitativ ausgewiesen.

Die Normen für bituminöse Bindemittel enthalten keine Anforderungen an das Haftvermögen, sodass auf Erfahrungswerte zurückgegriffen wird. Seit vielen Jahren hat sich der Wert von 80% als Anforderung etabliert. Liegt der Umhüllungsgrad oberhalb 80% , geht man von einer guten Verklebung aus, bei niedrigeren Werten sind Massnahmen erforderlich. Diese können grundsätzlich entweder das Gestein oder das Bindemittel betreffen. Der Handlungsspielraum beim Gestein ist allerdings klein, denn es kommt nur die Wahl einer anderen Provenienz in Frage, was bei den Aufbereitungsanlagen kaum realisierbar ist (Asphalt besteht zu 95% aus Gestein). Beim Bindemittel hingegen kann das Haftvermögen durch Zugabe von Haftmitteln verbessert werden.

3 Referenzmaterial Gesteinskörnung

3.1 EMPA Referenzmaterial Gesteinskörnung

Referenzmaterialien werden benötigt, um laborübergreifend eine Qualitätsüberprüfung der Bitumen zu ermöglichen. Da je nach Gesteinskörnung die Affinität eines Bitumens sehr unterschiedlich sein kann, macht es Sinn, eine Referenzgesteinskörnung zu definieren, an welcher Bitumenproben gemessen werden können.

Das Referenzmaterial zur Überprüfung der Affinität wird im Nationalen Vorwort der SN 670 411 / EN12697-11 erwähnt; als Bezugsquelle wird die Empa aufgeführt. Das Referenzgestein besteht aus 5 verschiedenen Provenienzen, welche zu gleichen Teilen (je 1/5) zum Referenzgestein gemischt werden. Die Auswahl der einzelnen Provenienzen erfolgte aufgrund der damaligen Vorkommen in der Schweiz. Es wurde eine möglichst breite Palette der verwendeten Gesteine und der Herkunft berücksichtigt. Ein weiteres Argument war, dass die Steinbrüche noch lange Zeit weiterbestehen bleiben, um einfach Ersatz zu erhalten [14]. Die Referenzgesteinskörnung besteht zu gleichen Teilen aus Gesteinen der Provenienzen Massongex, St. Léonard, Balmholz, Arvel, und Ambrosini Castione. Die Festlegung dieser Referenzgesteinskörnung erfolgte zu Beginn der 90-iger Jahre des letzten Jahrhunderts [14].

3.2 Untersuchungen an den damaligen Provenienzen

Es wurden je 20 kg Gestein 8/11 aus denselben Provenienzen beschafft, die beim ursprünglichen Referenzmaterial benutzt wurden. Das Material wurde im Labor auf die Fraktion 8/11 gesiebt und gewaschen. Anschliessend wurde sowohl die Petrographie als auch der Umhüllungsgrad der heutigen Gesteinskörnungen mit den damaligen Werten verglichen und nach alter Norm (60°C, 1h) geprüft, damit die Resultate mit den damaligen Ergebnissen verglichen werden können. Die Resultate sind in den *Tab. 6* und *Tab. 7* dargestellt.

3.2.1 Petrographie

Tab. 6 Petrographie der ursprünglichen Referenzgesteine, verglichen mit den heutigen Proben (IMP).

Petrographie	FA 10/90 [13]	Hart	Weich	IMP Hart	Mittelhart	
Ambrosini, Castione	Quarzit/ Quarzsand	2	98	-	-	
Arvel	Kieselkalk	84	16	99	1	Kieselkalk
Balmholz	Kieselkalk	88	12	89	11	Kieselkalk
St. Léonard	Quarzit	99	1	95.8	4.2	Quarzit
Massongex	Quarzsandstein	94	6	92	8	alpine Sandsteine

In der Tabelle 6 wird die Petrographie der bisherigen einzelnen Referenzgesteine, die im Rahmen des Forschungsauftrages FA 2005/505 [13] benutzt wurde, mit der Petrographie der heutigen Proben der gleichen Provenienzen verglichen.

Die Bestimmung der Petrographie lässt einen gewissen Interpretationsspielraum offen, so dass nicht erwartet werden kann, dass terminlich weit auseinander liegende Ergebnisse gleicher Proben deckungsgleich sind. Umso mehr ist es erstaunlich, dass die petrographische Beurteilung der damaligen Proben und der heutigen Proben sehr nahe beieinander liegen. Einzig bei der Provenienz Arvel ist ein nennenswerter Unterschied feststellbar.

Der Steinbruch Ambrosini, Castione wurde in der Zwischenzeit geschossen, so dass keine Untersuchungen durchgeführt wurden.

3.2.2 Haftvermögen

Der Umhüllungsgrad des neuen Gesteins wurde an den einzelnen Provenienzen bestimmt. Bei der Provenienz Massongex wurde mit 8 % der grösste Unterschied zu den damaligen Werten festgestellt. Bei den weiteren 3 Provenienzen (Arvel, Balmholz und St Léonard) liegen die Werte recht nahe beieinander. Da die Provenienz Ambrosini nicht mehr zur Verfügung steht, wurde ein Mittelwert aus den 4 verbleibenden Provenienzen gebildet. Dieser Mittelwert liegt bei den bisherigen Gesteinen bei 70 %, bei den neuen Gesteinen bei 66 %. Der Unterschied von 4 % kann als gering betrachtet werden.

Tab. 7 Umhüllungsgrad der ursprünglichen Referenzgesteine, verglichen mit heutigen Proben; geprüft nach alter Norm mit altem Referenzbitumen

	bisheriges Referenzgestein		Neues Referenzgestein
	5 Provenienzen	4 Provenienzen	4 Provenienzen
Ambrosini, Castione	34	-	-
Arvel	89	89	84
Balmholz	84	84	79
St. Léonard	22	22	23
Massongex	86	86	78
Mittelwert	63	70	66

3.2.3 Ersatzsuche für Ambrosini Castione

Da im Steinbruch Ambrosini Castione kein Gestein mehr abgebaut wird, wurde nach einer Alternative gesucht. Die Alternative musste einige Voraussetzungen erfüllen: Da die anderen Provenienzen ihre Eigenschaften nicht wesentlich verändert haben, müsste auch für das Gestein aus Ambrosini Castione ein Ersatz gefunden werden, der den Eigenschaften des bisherigen Gesteins entspricht.

Als eine mögliche Alternative wurde der Steinbruch Farriola in Graubünden ins Auge gefasst. Das Material hat ähnlich schlechte Haftungseigenschaften wie das Material von Castione und besteht auch aus Quarzit/Quarzsand. Diese Alternative stellte sich aber als nicht geeignet heraus, da der Steinbruch geschlossen wird und nur noch Restbestände zur Verfügung stehen. Damit war die langfristige Verfügbarkeit nicht gegeben und das Material wurde damit als ungeeignet ausgeschlossen.

Das Gestein von Ambrosini ist aufgrund seines sehr schlechten Haftvermögens und des weichen Gesteins für die Aufbereitung von bituminösem Mischgut ohnehin nicht geeignet. Will man nun ein Ersatzgestein mit ähnlich ungünstigen Eigenschaften als Referenzgestein verwenden, müsste dies ausserhalb der Provenienzen gesucht werden, welche zur Herstellung von Asphalt eingesetzt werden. Die Verwendung einer Provenienz als Referenzgestein, welche für den Strassenbau gar nicht verwendet werden kann, (da es zu weich ist), macht wenig Sinn. Daher wurde beschlossen, dieses nicht mehr in der Referenzgesteinskörnung zu verwenden und ersatzlos zu streichen.

Der Entscheid die Provenienz Ambrosini zu streichen wurde durch die Tatsache erleichtert, dass sich die Affinität der verbliebenen 4 Referenzgesteinskörnungen geringfügig verschlechtert hat. Somit liegt der Mittelwert der 4 heutigen Proben aus den bisherigen Provenienzen Arvel, Balmholz, St Léonard und Massongex mit 66 % recht nahe beim Mittelwert der bisherigen 5 Provenienzen (63%).

3.3 Neues Referenzgestein – Beschaffung und Lagerung

Nachdem sich die vier Gesteinskörnungen Arvel, Balmholz, St Léonard und Massongex als geeignet erwiesen haben, wurde von allen Provenienzen je 300 kg Material beschafft, die Fraktion 8/11 ausgesiebt und gewaschen. Da der Siebverlust zum Teil beachtlich war, musste von Arvel, Massongex und St. Léonard ein zweites Mal Material bezogen werden. Schlussendlich ist jetzt folgender Vorrat der gewaschenen Fraktion 8/11 vorhanden:

- Balmholz: 204 kg
- Arvel 231 kg
- Massongex 403 kg
- St.Léonard 105 kg

Bei St. Léonard war der Siebverlust am Grössten (Unterkorn), daher konnte von der 300 kg-Probe nur 100 kg der gewünschten Fraktion ausgesiebt werden. Daher wurde in einem weiteren Einsatz noch einmal ein Vorrat von 700 kg Material beschafft. Dieser ist aber noch nicht fraktioniert und gewaschen worden, kann jedoch bei Bedarf jederzeit nachgeholt werden.

Aufgrund der Erfahrungen der Empa (Verbrauch im Zeitraum 1997 bis 2015 ca. 45 kg von jeder Provenienz) sollten die eingelagerten Bestände für die nächsten 25 Jahre bei weitem ausreichen.

Die neuen Referenzgesteine können beim IMP bezogen werden.

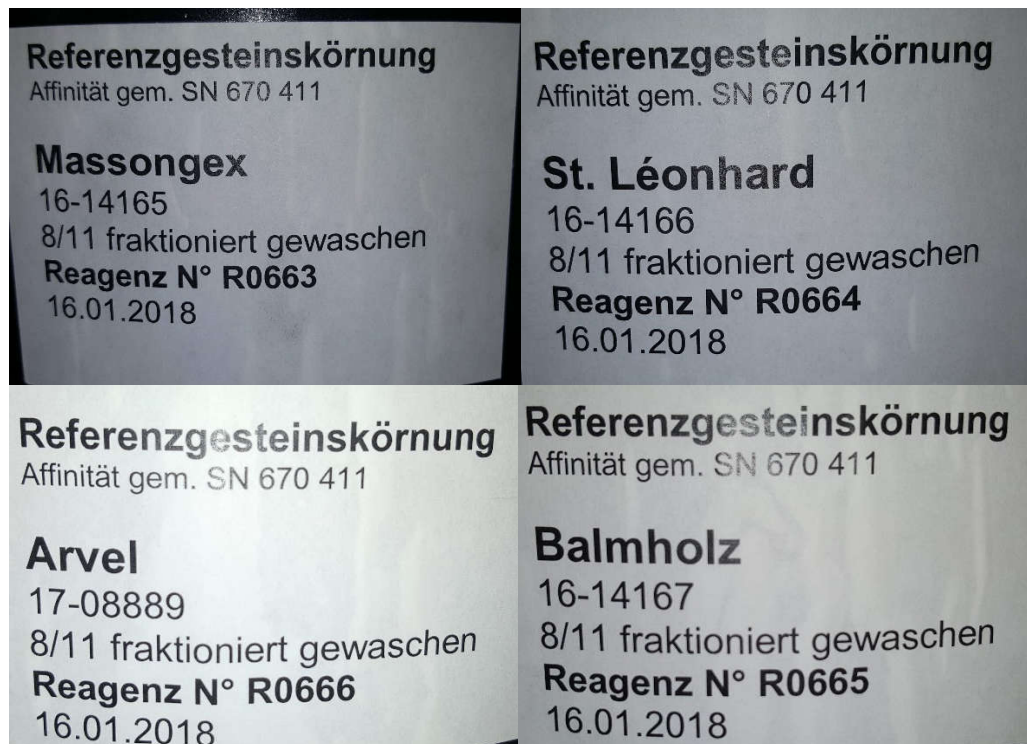


Abb.6 Die Beschriftung der Aufbewahrungskessel mit den vier Provenienzen.

4 Referenzmaterial Bitumen

4.1 Beschaffung neues Bitumen

Vom Referenzbitumen der Empa (B80/100) war zwar noch reichlich vorhanden, aber nach mehr als 20 Jahren entsprechend gealtert. Da die Gesteinskörnungen ersetzt werden, war es naheliegend, auch ein Bitumen, das nach den heutigen Techniken und Standards hergestellt wurde, als neuen Standard zu definieren.

Das wichtigste Kriterium bei der Wahl des Bitumens ist, dass es sich um ein Reinbitumen handelt, das heisst ein Bitumen ohne Zugabe von Haftverbesserungsmittel. Schon bei geringen Mengen an Haftmittel verbessert sich die Affinität deutlich. Es ist jedoch aus der Praxis bekannt, dass die Wirkung der Haftmittel mit zunehmender Lagerungsdauer im Tank der Aufbereitungsanlage abnimmt [18]. Die langandauernde Wirksamkeit der Haftmittel im Falle der Lagerung bei Raumtemperatur ist unbekannt. Es wurde daher ein neues Bitumen ohne Haftmittel gesucht, welches ein ähnliches Haftvermögen wie das bisherige Referenzbitumen aufweist.

4.1.1 Vorversuche Bitumen

Die Firma Grisard Bauprodukte Holding AG besitzt in Basel unter anderem einen grossen Tank zur Lagerung von Bitumen der Sorte 70/100, dem gewünschten neuen Standard. Die Anlage ist so aufgebaut, dass man bei praktisch jedem Schritt der Verarbeitung Proben entnehmen kann. Somit ist es ein Leichtes, Reinbitumen zu erhalten, das nie in Kontakt mit Haftmitteln gekommen ist.

Der Umhüllungsgrad des alten Bitumens B 80/100 beträgt mit der Standardgesteinskörnung 63%. Das Ziel war es, einen ähnlichen Umhüllungsgrad, sprich zwischen 60 und 65% zu erreichen.

Es wurde beschossen, dass vor der Abfüllaktion einige Punkte erfüllt sein müssen. Der Tank muss voll sein, damit man genügend Zeit hat, um vorerst eine kleine Probe zu entnehmen, um zu überprüfen, ob das Bitumen die gewünschte Affinität aufweist (Umhüllungsgrad ca. 63 % mit der alten EMPA Mischung). Erst danach kann die grosse Abfüllaktion gestartet werden, um einen Vorrat von Bitumen mit genau bekannter Affinität zu erstellen.

Es war wichtig, die Probenahme so zu terminieren, dass die Eigenschaften des Bitumens im Tank in der Zeit zwischen Vorversuch und der Abfüllaktion nicht durch eine neue Anlieferung verändert werden. So ergab sich ein mögliches Zeitfenster, bei welchem mit grosser Sicherheit angenommen werden konnte, dass das gewünschte Haftvermögen mit dem Bitumen erreicht wird.

Das Ergebnis des Vorversuches ergab einen Umhüllungsgrad von 60%. Der Umhüllungsgrad wurde nach der alten Norm bestimmt, da die Resultate mit diesem Prüfverfahren differenzierter sind.

4.1.2 Beschaffung von 200 Büchsen

Es wurden 200 Büchsen Bitumen 70/100 à 2.5 Liter abgefüllt. Die Abfüllaktion dauerte einen halben Tag. Aufgrund der Erfahrungen der EMPA (Verbrauch im Zeitraum 1997 bis 2015 ca. 45 Büchsen à 2 Liter) sollten die eingelagerten Bestände für die nächsten 25 Jahre ausreichen.



Abb.7 Beschriftung der 200 Bitumenbüchsen

4.1.3 Resultate Stichprobenkontrolle

Nach der Abfüllaktion wurde eine Büchse zufällig ausgewählt, an welcher der Umhüllungsgrad mit der neuen Referenzgesteinskörnung bestimmt wurde. Der Umhüllungsgrad betrug 63%, was identisch mit dem alten Bitumen B 80/100 ist.

5 Affinität neues Referenzmaterial

5.1 Vergleich bisheriges/neues Material; Prüfung nach alter Norm

Nachdem die einzelnen Bestandteile der Referenz-Gesteinskörnung und das Bitumen mit dem alten EMPA Material auf ihre Affinität untersucht wurden, wurde auch die Kombination der neuen Gesteinskörnung mit dem neuen Bitumen untersucht. Zu diesem Zweck haben zwei Laboranten die Prüfungen unabhängig voneinander durchgeführt. Die Resultate sind in Tabelle 8 zusammengefasst. Die Resultate sind praktisch deckungsgleich mit den Resultaten von Tabelle 7, in welcher die Ergebnisse der Prüfungen an den einzelnen Gesteinskörnungen durch mehrere Laboranten zusammengefasst sind.

Tab. 8 Umhüllungsgrad der neuen Referenzmaterialien (Gesteinskörnung/Bitumen), geprüft nach alter Norm

	Laborant 1	Laborant 2
	[%]	[%]
Arvel	89.9	89.5
Balmholz	83.4	75
St. Leonard	21.4	21.1
Massongex	69.9	67.6
Mittelwert	66.15	63.3

Der Umhüllungsgrad, bestimmt mit den bisherigen Referenzmaterialien lag bei 63 %. Wie der Tabelle 8 entnommen werden kann, liegen die Werte zweier unabhängiger Bestimmungen mit 63 und 66 % sehr nahe beim bisherigen Wert. Somit ist der Nachweis erbracht, dass es gelungen ist, neue Referenzmaterialien (Gesteine und Bitumen) festzulegen, bei welchem sehr ähnliche Eigenschaften wie bei der bisherigen Kombination (Gestein/Bitumen) gemessen werden.

5.2 Vergleich bisheriges/neues Material; Prüfung nach neuer Norm

Um die Resultate der vorliegenden Arbeit mit dem neuen Verfahren nach EN 12697-11 vergleichen zu können, wurden die einzelnen Provenienzen gemäss neuer Norm (40°C/24 h) geprüft. Die Resultate sind in Tabelle 9 festgehalten.

Tab. 9 Umhüllungsgrad neue GK/neues Bitumen 80/100 neue Norm (Nationales Vorwort zur EN 12697-11)

	Laborant 1	Laborant 2
	[%]	[%]
Arvel	95.7	94.3
Balmholz	90.86	89.9
Massongex	78.1	81
St. Leonard	38.5	32
Mittelwert	75.79	74.3

Der Umhüllungsgrad nach EN 12697-11 ist deutlich höher ausgefallen als nach alter Norm. Dieses Resultat ist nicht überraschend, denn dies wurde schon im Forschungsauftrag FA 205/505 [13] festgestellt. In diesem Forschungsprojekt wurde gezeigt, dass der Umhüllungsgrad bei den Prüfbedingungen der neuen Norm (24-stündige Wasserlagerung bei 40°C) bei den Bitumen 50/70 und 70/100 im Vergleich zu den bisherigen Prüfbedingungen um mehr als 15% ansteigen kann.

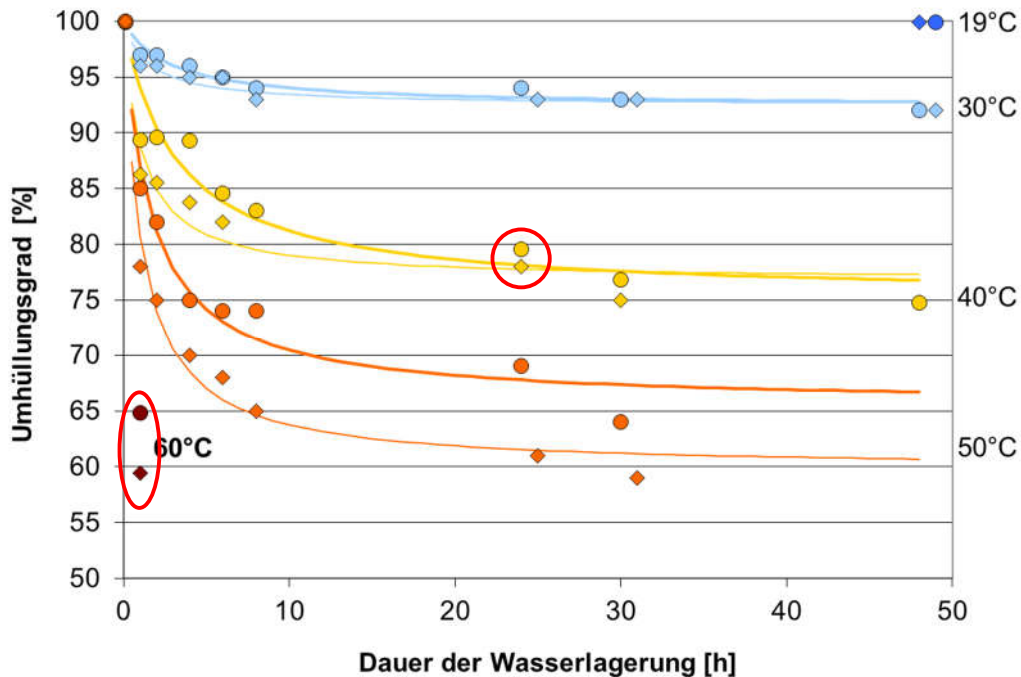


Abb.8: Ermittlung der Affinität (statisches Verfahren) von Bitumen 50/70 (Kreise) und 70/100 (Raute) mit der Standardgesteinskörnung; Wasserlagerung bei 19°C, 30°C, 40°C, 50°C und 60°C; Schätzung des Umhüllungsgrades nach 1,2,4,6,24, 30 und 48 h. [13]

Die Temperatur von 40°C, welche im Nationalen Vorwort zur EN 12697-11 festgelegt wurde hatte das Ziel, bisherige Nachteile der höheren Prüftemperatur (60°C) zu eliminieren. Bei der Prüfung der Affinität spielt die Viskosität des Bindemittels während der Prüfung eine bedeutende Rolle, denn der Ablöseprozess des Bitumens vom Gestein kann bei weicherem Bitumen deutlich einfacher stattfinden. Somit werden bei einer Wasserlagerung von 60°C diejenigen Bitumensorten mit einem Erweichungspunkt Ring und Kugel EP RuK über 60°C weniger stark beansprucht als die Bitumensorten mit einem EP RuK unterhalb 60°C. Mit der Festlegung der Temperatur auf 40 °C wollte man für sämtliche Bitumen ähnliche Voraussetzungen schaffen. Die niedrigere Temperatur wurde mit einer Verlängerung der Prüfdauer von einer auf 24 Stunden kompensiert.

Mit einer Prüftemperatur von 40°C können die Bitumensorten 20/30 bis 100/150 problemlos untersucht werden, denn deren Erweichungspunkt liegt unterhalb der Prüftemperatur. Bei den weicheren Sorten (160/220) und 250/330) sind die Ergebnisse entsprechend zu interpretieren.

Der resultierende Unterschied zwischen der alten und neuen Norm wird in der Abb.8 klar ersichtlich. Die beiden rot eingekreisten Resultate für 50/70 und 70/100 nach alter (60°C, 1 h) und neuer Norm (40°C, 24h) zeigen Unterschiede von 15% (50/70) und 18% (70/100)

6 Änderungen Nationales Vorwort EN 12697-11

Beim Nationalen Vorwort der EN 12697-11 sind im Kapitel «3 Zweck» untenstehende, rot markierten Änderungen erforderlich.

A allgemeines

3 Zweck

Die SN EN 12697-11 beschreibt Prüfmethode zum Bestimmen der Affinität von Gesteinskörnungen und bitumenhaltigen Bindemitteln. Diese ist durch visuelle Beurteilung des Umhüllungsgrads von unverdichteten, bitumentumhüllten Gesteinskörnungen nach der Beanspruchung durch statische oder dynamische Lagerung in Wasser anzugeben.

Die Prüfmethode können in folgenden Fällen angewendet werden:

- *Zur Prüfung der Affinität der in einer Aufbereitungsanlage verwendeten Gesteinskörnungen mit dem in derselben Aufbereitungsanlage verwendeten Bindemittel*
- *Zur Prüfung der Qualität einer Gesteinskörnung. In diesem Fall ist die Prüfung der Affinität mit einem Referenz-Bindemittel durchzuführen.*
- *Zur Prüfung der Qualität eines bitumenhaltigen Bindemittels. In diesem Fall ist die Prüfung der Affinität mit einer Referenz-Gesteinskörnung durchzuführen.*

Die Referenz-Bindemittel und Referenz-Gesteinskörnung können bei der IMP Bautest AG, Oberbuchsiten bezogen werden. Die Referenz-Gesteinskörnung besteht aus einer Mischung von 4 verschiedenen Provenienzen, welche zu gleichen Teilen zugegeben und gemischt werden.

7 Schlusdiskussion und Folgerungen

Es wurde erfolgreich eine Gesteinsmischung hergestellt, mit welcher bei der Prüfung der Affinität Ergebnisse erreicht werden, die mit der ursprünglichen Empa Referenzmischung vergleichbar sind. Dasselbe gilt für das neue Referenz-Bitumen 70/100, welches das Referenzbitumen B 80/100 ablösen wird. Es konnte genügend Material sichergestellt werden, um den Bedarf für die nächsten 25 Jahre abzudecken. Die Referenzmaterialien stehen bei der neuen Bezugsquelle IMP Bautest AG zur Verfügung.

Zur Herstellung des Referenzgesteins sind nur noch 4 Provenienzen anstatt wie bisher 5 erforderlich. Dies hat zur Folge, dass neu 35 g pro Provenienz verwendet werden müssen, um die Standardmischung herzustellen.

Die Messungen der Referenzmaterialien nach der neuen Norm SN/EN 12697-11 (statische Methode) zeigen, dass die Resultate um mindestens 10% höher ausfallen. Diese Verschiebung des Mess-Niveaus ist bei der Bewertung und Interpretation von Prüfergebnissen, bzw. bei der Festlegung von Anforderungen zu berücksichtigen.

8 Dank

Dieses Forschungsprojekt war nur möglich dank der zuverlässigen Arbeit des Laborpersonals, namentlich der Herren H. Hodler, R. Poffet und V. Kovacevic. Ihnen sei an dieser Stelle herzlichst gedankt.

Das Forschungsprojekt wurde durch das Bundesamt für Strassen ASTRA finanziert.

Auch der Begleitkommission sei an dieser Stelle für die aktive Unterstützung des Projekts und für den technischen Austausch gedankt.

Glossar

Begriff	Bedeutung
Affinität	Umhüllungsgrad von Bitumen an Gesteinskörnung
CEN	Europäisches Komitee für Normung (CEN)
EMPA	Eidgenössische Materialprüfung- und Forschungsanstalt
EN	Europäische Norm
RuK	Ring und Kugel Temperatur
SHRP	Strategic Highway Research Program
SN	Schweizer Norm
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute

Literaturverzeichnis

-
- [1] Little, D.N. and Hibes IV, D.R., Chemical and mechanical process of moisture damage in Hot-mix asphalt pavements, Proceedings of Moisture Sensitivity of Asphalt Pavements, A National Seminar, Topic 2, www.TRB.org (2003).
-
- [2] Radenberg M., Nytus N., Boetcher S., Weiterführende Untersuchungen zur Beurteilung des Adhäsionsverhaltens zwischen Bitumen und Gestein, BAST-Bericht S 116
-
- [3] SN 670 411/EN 12697-11 2015 Asphalt – Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 11: Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen.
-
- [4] Nehrings A., Lösungsansatz: Einsatz von Haftvermittlern, Zeitschrift Asphalt 4/2009.
-
- [5] Radenberg M., Einfluss der chemischen, rheologischen und physikalischen Grundeigenschaften von Strassenbaubitumen auf das Adhäsionsverhalten unterschiedlicher Gesteinskörnungen, Schlussbericht Forschungsvorhaben 16639 N/1 der AIF-Forschungsvereinigung (2014).
-
- [6] Terrel R.L., Shute J.W., SHRP Summary Report on Water Sensitivity, SR-OSU-A-003A-89-3 (1989).
-
- [7] Renken, P. „Erprobung eines Verfahrens zur Beurteilung der Alterungsneigung von Bindemitteln am Gestein und Schaffen eines Bewertungshintergrundes für Offenporige Asphaltdeckschichten“ Schlussbericht, Forschungsprojekt FE 07.0224/2008/BGB i.A. des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen, Braunschweig, 2008
-
- [8] Renken, P., Büchler, S. und Gröniger, J. 2008. „Entwicklung optimaler Mischgutzusammensetzungen und Auswahl dafür geeigneter bitumenhaltiger Bindemittel – Stand der Technik (DACH-I)“ Schlussbericht, Forschungsvorhaben FE 07.217 i.A. des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Stadtentwicklung, Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen, Braunschweig 2008.
-
- [9] Renken, P., „Adhäsion - gibt es objektive Bewertungskriterien?“ Zeitschrift Asphalt, Heft 7, S. 24-30, Giesel Verlag, Hannover, 2011.
-
- [10] SN 670 474-7a/EN 12274-7:2005 Dünne Asphaltsschichten in Kaltbauweise Prüfverfahren -Teil 7: Schüttel-Abriebverfahren
-
- [11] SN 670 412/EN 12697-12: Asphalt Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 12: Bestimmung der Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Probekörpern
-
- [12] DIN 55660-2:2011-12 Beschichtungsstoffe – Benetzbarkeit – Teil 2: Bestimmung der freien Oberflächenenergie fester Oberflächen durch Messung des Kontaktwinkels
-
- [13] Angst Ch., Belzung, Hugener M., Affinität von Gesteinskörnung und Bitumen, nationale Umsetzung der EN, Forschungsauftrag VSS 2005/505, 2010
-
- [14] Rehman G., Gubler R., Haftvermögen bituminöser Bindemittel an Mineralstoffen, ASTRA Bericht 347, VSS, Zürich (1995)
-
- [15] Junker, J.P., Haftfestigkeit bituminöser Bindemittel am Gestein, Forschungsauftrag VSS 4/73, 1981
-
- [16] SN 670 460 Bituminöses Mischgut – Prüfverfahren – Haftvermögen von bituminösen Bindemitteln an Mineralstoffen
-
- [17] Jun Yuan, Wen-Jiao Dong et al. : A LED-based measurement system for affinity between bitumen and aggregate, Construction and Building Materials (2015)
-
- [18] Rychen, P., Pittet, M., Dumont, A.-G., „Détermination de la Présence et de l'efficacité de dope dans les Bétons bitumineux“ Forschungsauftrag VSS 2005/402, 2005
-

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 Formular Nr. 3: Projektabschluss

Version vom 09.10.2013

erstellt / geändert am: 23.07.2019/29.10.2019

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2015/311
 Projekttitel: Referenz-Materialien zur Prüfung der Affinität von Bitumen und Gesteinskörnung
 Enddatum: 31.12.2019

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Als erstes wurde eruiert, ob die bisherige Standardgesteinskörnung – bestehend aus 5 verschiedenen Provenienzen – heute noch hergestellt werden kann. Zu diesem Zweck wurde untersucht, ob die Gesteine der fünf einzelnen Provenienzen immer noch die gleichen Eigenschaften haben. Dabei wurde festgestellt, dass der Steinbruch von Ambrosini Castione nicht mehr betrieben wird. Eine Ersatzsuche gestaltete sich schwierig, da alternative Produzenten der gleichen Region entweder eine Schliessung planten oder bereits nicht mehr aktiv waren. Eine der wesentlichen Bedingungen zur Auswahl der Provenienz für das Standardgestein, war die Sicherstellung deren langen Lieferbarkeit. Aus diesem Grunde kamen die noch möglichen Alternativen nicht in Frage. Aus diversen Gründen wurde entschieden, sich auf vier Provenienzen zu konzentrieren. Diese wiesen ähnliche Eigenschaften auf wie vor 20 Jahren, so dass sie als weiterhin geeignet eingestuft wurden. Für den Ersatz des bisherigen Standardbitumen wurde ein B 70/100 mit ähnlichen Haftvermögen gesucht und gefunden. Wichtig dabei war, dass es sich um ein reines Bitumen ohne Haftmittel handelt, denn die angestrebte lange Lagerfähigkeit hätte möglicherweise nicht sichergestellt werden können.

Es wurde eine neue Referenzgesteinskörnung mit vier Provenienzen und ein Referenzbitumen definiert, welche insgesamt sehr ähnliche Haftungseigenschaften aufweisen wie die bisherige Mischung. Darüber hinaus wurde bestätigt, dass die Prüfung der Affinität - ausgeführt nach neuer Norm SN 670 411/EN 12697-11 – generell Werte liefert, welche gegenüber der vorherigen Norm um etwa um 10% höher liegen. Die neuen Prüfbedingungen (40°C / 24 h) sind offenbar weniger selektiv als die vorherigen Bedingungen (60° / 1 h). Ein Vorschlag zur Anpassung des nationalen Vorwortes der Norm EN 12697-11, in welchem der Hinweis zum Bezug der Standardmaterialien angepasst wurde, ist im Bericht enthalten.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Das Ziel des Projektes - neue Referenzmaterialien (Gesteinskörnungen und Bitumen) für die Durchführung der Affinitätsprüfung gemäss EN 12697-11 zu definieren - wurde erreicht. Sowohl das neue Referenzgestein wie auch das neue Referenzbitumen weisen bezüglich der Affinität sehr ähnliche Eigenschaften auf, wie die bisher verwendeten Referenzmaterialien. Zur Sicherstellung der Verfügbarkeit der Referenzmaterialien wurden Bestände angelegt, welche für die nächsten 25 Jahre bei weitem ausreichen.

Folgerungen und Empfehlungen:

Im Bericht wurde ein Vorschlag zur Anpassung des Nationalen Vorwortes zur EN 12697-11 "Asphalt- Prüfverfahren- Teil 11: Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen" ausformuliert. Es wird der entsprechenden Kommission des VSS empfohlen diese Anpassung zu übernehmen und in Kraft zu setzen.

Publikationen:

Keine separate Publikation

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Angst

Vorname: Christian

Amort, Firma, Institut: IMP Bautech AG

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Das im Forschungsbericht genannte Ziel neue Referenzmaterialien (Gesteinskörnungen und Bitumen) für die Durchführung der Affinitätsprüfung gemäss EN 12697-11 zu evaluieren und festzulegen wurde erreicht.
Auch konnte das neue Referenzmaterial in ausreichender Menge (für mindestens 25 Jahre) beschafft und zurückgestellt werden.

Umsetzung:

Der im Bericht gemachte Vorschlag zur Anpassung des Nationalen Vorwortes zur EN 12697-11 "Asphalt- Prüfverfahren- Teil 11: Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen" wird von der NFK 3.4 übernommen.

Die Messungen der Referenzmaterialien nach der neuen Norm SN/EN 12697-11 (statische Methode) zeigen, dass die Resultate um mindestens 10% höher ausfallen. Diese Verschiebung des Mess-Niveaus ist bei der Bewertung und Interpretation von Prüfergebnissen, bzw. bei der Festlegung von Anforderungen zu berücksichtigen.

weitergehender Forschungsbedarf:

kein Forschungsbedarf

Einfluss auf Normenwerk:

s.o. Umsetzung

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Raab

Vorname: Christiane

Am, Firma, Institut: Eupa

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

C. Raab

VSS FK3: [Handwritten Signature]

12.12.19 (M. Högner)

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Das Verzeichnis der in der letzten Zeit publizierten Schlussberichte kann unter www.astra.admin.ch (*Forschung im Strassenwesen --> Downloads --> Formulare*) heruntergeladen werden.