Die approbierte Originalversion dieser Diplom-/Masterarbeit ist in der Hauptbibliothek der Technischen Universität Wien aufgestellt und zugänglich.
http://www.ub.tuwien.ac.at

The approved original version of this diploma or master thesis is available at the main library of the Vienna University of Technology.
http://www.ub.tuwien.ac.at/eng

D I P L O M A R B E I T

Master Thesis

Alternative Prüfmethoden zu Bestimmung der Auftaumittelbeständigkeit von Asphaltmischgut

ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades
eines Diplom-Ingenieurs

unter der Leitung von

O. Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ronald Blab
Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. Bernhard Hofko
und
Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. Vesela Filipova,
E230/3 Institut für Verkehrswissenschaften
Forschungsbereich für Straßenwesen

eingereicht an der Technischen Universität Wien,
Fakultät für Bauingenieurwesen,
von

Mariyan Dimitrov
E 610/1028109
Rositsa 1, 4/10
6000 Stara Zagora

Wien, Januar 2013

Kurzfassung

Alternative Prüfmethoden zu Bestimmung der Auftaumittelbeständigkeit von Asphaltmischgut

Diese Diplomarbeit wird im Rahmen des Projektes „Wissenschaftliche Begleitung der baupraktischen Umsetzung optimierter Oberbauten bei der Planung und Herstellung von Flugbetriebsflächen am Vienna International Airport“ erarbeitet. Die Aufgabestellung besteht darin neue Prüfmethoden zur Bewertung der Taumittelbeständigkeit von Asphaltmischgut zu erproben und so schneller die Aggressivität Auftaumitteln zu ermitteln. Alternative Prüfmethoden sind nötig, weil die schon existente Prüfnorm EN 12697-41 zur Ermittlung des Widerstands gegen chemische Auftaumittel sehr zeitaufwendig ist. Der gesamte Prüfablauf dauert etwa 11 Wochen.

Aus den Europäischen Prüfnormen werden Prüfmethoden ausgewählt, die entsprechend abgewandelt worden sind. Die modifizierten Prüfungen sind die Prüfung analog zu EN 12697-43 (Treibstoffbeständigkeit), die Prüfung analog zu EN 12697-11 (Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnung und Bitumen) und die Prüfung analog zu EN 1367-6 (Beständigkeit gegen Frost – Tau – Wechsel in der Gegenwart von Salz) in Verbindung mit der Bürstprüfung aus EN 12697-43.

Es wird auch die zuständige Norm EN 12697-41 für Auftaumittelbeständigkeit ohne Abwandlung (Widerstand gegen chemische Auftaumittel) angewendet und zusätzlich wird der Frost – Tau – Wechsel Beständigkeit von ausgewählten Gesteinskörnungen nach EN 1367-6 in verschiedenen Auftaumitteln bestimmt.

Mariyan Dimitrov

Summary

Alternative tests for defining the durability of the asphalt concrete exposed to pavement and aircraft de-icing products

The Master thesis is made within the project „Scientific monitoring of the implementation of optimized pavements in the planning and building of flight operations areas at Vienna International Airport". The given task is to be found new fast methods for testing the effect of the de-icing products on the airfield asphalt concrete. Alternative tests are in this case necessary because the test under the existing EN 12697-41 takes a very long time. The whole duration of EN 12697-41 is eleven weeks.

From the list with European norms are chosen some, which can be suitable changed and used for resolving the task of the Master thesis. The norms, subjected to a modification are EN 12697-43 (Resistance of hot mixed asphalt to a fuel), EN 12697-11 (Determination the affinity between the fraction and the bitumen) and EN 1367-6 (Resistance to cycles of freezing and thawing in environment with salt) with a combination with the norm EN 12697-43 (Resistance of hot mixed asphalt to a fuel)

The existing norm EN 12697-41 for the determination the effect of the de-icing products to the asphalt concrete is executed within the Master thesis without modification. Further is used also the European norm EN 1367-6 for determination the effect of the de-icing products only of the fraction.

Mariyan Dimitrov

Vorwort

Die vorliegende Diplomarbeit wurde im Institut für Verkehrswissenschaften an der Technischen Universität Wien verfasst. Diese Diplomarbeit bildet den Abschluss meines Bauingenieurstudiums.

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei Herrn Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ronald Blab für die fachliche Unterstützung bedanken.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herr Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. Bernhard Hofko für die ausgezeichnete Betreuung meiner Diplomarbeit, seiner ständigen Diskussionsbereitschaft und den daraus entstehenden Anregungen für meine Arbeit.

Ich möchte auch herzlich dem ganzen Laborteam für Mithilfe und für das nette und kollegiale Entgegenkommen danken.

Für die Unterstützung meines Studiums bedanke ich mich bei der Fakultät für Straßenbau an der Universität für Architektur, Bauingenieurwesen und Geodäsie – Sofia.

Abschließend danke ich meinen Eltern und meinem Bruder, welche mir das Bauingenieurstudium ermöglicht haben und mich stets in jeder Hinsicht unterstützen.

Mariyan Dimitrov

INHALTSVERZEICHNIS

INHALTSVERZEICHNIS I

1. EINLEITUNG 1

2. LITERATURRECHERCHE UND BISHERIGE ERFAHRUNG IM ZUSAMMENHANG MIT DEM THEMA 2

2.1 Übersicht der bisherigen Erfahrung 2
2.2 Amerikanische Erfahrung 4
2.2.1 Prüfung mit Sonotrode im Ultraschallbereich 4
2.2.2 FTIR – Spektroskopie 5
2.2.3 Modifikation von AASHTO T – 283 5
2.2.4 Langzeitbeständigkeitstest 6
2.2.5 Weitere Modifikation von AASHTO T – 283 Versuch 7
2.2.6 Feldversuch 11
2.2.7 Zusammenfassung und Empfehlungen 12
2.3 Felduntersuchungen am Flughafen Boise, Idaho 13
2.4 Kanadische Studie für die Bestimmung der Wirkung von den verschiedenen Boden- und Flugzeugenteisungsmittel auf die Asphaltbetonmaterialien und – mischungen. 15
2.5 Untersuchung der Technischen Universität in Helsinki, Finnland für die Wirkung der chemischen Auftaumittel auf den Asphalt – Mastix 21
2.6 Untersuchung der Wirkung der neuen Enteisungsmittel in China auf den Asphaltbeton von der Technischen Universität Tianjin, China 22
2.6.1 Zugversuch analog AASHTO T – 283 22
2.6.2 Aqueous Solution Test 23
2.6.3 Modifizirter Penetrationsversuch 24
2.6.4 Zusammenfassung 25
2.7 Beständigkeit der Betondecken an Flughäfen gegen Flugzeugenteisungsmittel (Wijoyo, 2007) 25
2.8 Beständigkeit der Betondecken an Flughäfen gegen Bodenenteisungsmittel (Kaliumacetat, Natriumacetat, Kaliumformiat und Natriumformiat). (Rangaraju, April 2007) 25

3. BESCHREIBUNG DER VERWENDETEN PRÜFVERFAHREN LAUT E-NORM 27

3.1 Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen laut EN 12697 – 11 27
3.1.1 Anwendungsbereich 27
3.1.2 Geräte 27
3.1.3 Probenvorbereitung 28
3.1.4 Durchführung 28
3.2 Treibstoffbeständigkeit EN 12697 – 43:2005 29
3.2.1 Anwendungsbereich 29
3.2.2 Prüfeinrichtung 29
3.2.3 Vorbereitung der Probekörper 30
3.2.4 Durchführung 30
3.2.5 Bürstprüfung 31
3.2.6 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse 31
3.3 Widerstand gegen chemische Auftaumittel EN 12697 – 41 31
3.3.1 Anwendungsbereich 31
3.3.2 Prüfeinrichtung 32

3.3.3 Vorbereitung der Probekörper ... 32
3.3.4 Durchführung ... 33
3.3.5 Prüfung ... 33
3.3.6 Berechnung und Darstellung der Ergebnisse ... 33
3.4 Beständigkeit gegen Frost– Tau – Wechsel in der Gegenwart von Salz (NaCl); EN 1367 – 6 ... 34
3.4.1 Anwendungsbereich ... 34
3.4.2 Prüfeinrichtung ... 34
3.4.3 Probenahme ... 34
3.4.4 Durchführung ... 34
3.4.5 Berechnung und Angabe der Ergebnisse ... 36

4. MATERIALBESCHREIBUNG ... 37
4.1 Bitumen ... 37
4.2 Auftaumittel ... 38
4.2.1 Safewing MP I 1938 ECO (80) ... 38
4.2.2 Safewing MP III 2031 ECO ... 39
4.2.3 Safeway KF Hot Runway DE – ICER ... 42
4.2.4 SAFEWAY SF RUNWAY DE – ICER ... 43

5. PRÜFPROGRAMM/LABORPRÜFUNGEN ... 45
5.1 Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen analog zu EN 12697 – 11 ... 45
5.2 Auftaumittelbeständigkeit analog zu EN 12697 - 43 ... 46
5.2.1 Probenvorbereitung und Probekörperherstellung ... 46
5.2.2 Prüfplan/Prüfverfahren ... 48
5.3 Auftaumittelbeständigkeitsversuch analog zu EN 1367 – 6 (Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel) in Verbindung mit der Bürstprüfung nach EN 12697 – 43 (Treibstoffbeständigkeit) ... 49
5.4 Widerstand gegen chemische Auftaumittel EN 12697 – 41 ... 52
5.5 Beständigkeit gegen Frost– Tau – Wechsel in der Gegenwart von Auftaumittel analog EN 1367 – 6:2008 ... 55

6. ERGEBNISSE ... 59
6.1 Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen analog zu EN 12697 – 11 ... 59
6.2 Auftaumittelbeständigkeit analog zu EN 12697 - 43 ... 61
6.3 Auftaumittelbeständigkeitsversuch analog zu EN 1367 – 6 (Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel) in Verbindung mit der Bürstprüfung nach EN 12697 – 43 (Treibstoffbeständigkeit) ... 65
6.4 Beständigkeit gegen Frost– Tau – Wechsel in der Gegenwart von Auftaumittel analog EN 1367 – 6:2008 ... 68
6.5 Widerstand gegen chemische Auftaumittel EN 12697 – 41 ... 71

7. ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNG ... 72

LITERATURVERZEICHNISS ... I

ABBILDUNGSVERZEICHNIS ... I

TABELLENVERZEICHNIS ... I

ANHANG ... I

1. EINLEITUNG

Sehr wichtig für einen unterbrechungsfreien Betrieb und für die Sicherheit an den Flughäfen ist der gute Zustand des Oberbaus. Kleine Schäden an der Deckschichten sind schon eine große Gefahr. Die Flugbetriebsflächen werden sowohl vom Verkehr sehr stark belastet, als auch durch das Klima beansprucht. Sie werden aber auch durch chemische Stoffe angegriffen. Diese können Rohölprodukten und Auftaumittel sein. Die Aggressivität von den Rohölprodukten auf bitumengebundene Schichten ist viel höher als die von Auftaumitteln. Die Deckschichten sind aber in der Regel viel länger in Kontakt mit der Auftaumittel als mit Rohölprodukten. Während des Winterdienstes zum Beispiel werden die Flugbetriebsflächen ständig mit Enteisungsmittel beaufschlägt. Chemische Auftaumittel können während des Winterdienstes in die Deckschicht eindringen. Auf diese Weise ist sie auch nach dem Winterdienst in ihrer Wirkung ausgesetzt. Aus diesem Grund ist es notwendig, nicht nur die Beständigkeit von Asphaltmischgut gegen Treibstoffangriff zu quantifizieren, sondern auch gegen Auftaumittel aller Art.

Heutzutage werden wegen ihrer niedrigeren Belastung der Umwelt Acetat/Formiat – basierte Auftaumittel als Bodenenteisungsmittel eingesetzt. Sie gelten als schädlicher für die Deckschichten. An den Flughäfen werden auch Flugzeugenteisungsmittel verwendet, die für die Enteisung von Flugzeugtragflächen vor dem Star aufgebracht werden. In dieser Diplomarbeit wird die Aggressivität von den beiden Enteisungsmittel für Flugbetriebsflächen und für Flugzeugen geprüft.

Die zuständige Europäische Norm EN 12697 - 41 für die Ermittlung der Auftaumittelbeständigkeit dauert etwa 11 Wochen und da sie sehr zeitaufwendig ist, ist es nötig neue Prüfmethoden zu entwickeln, die einen kürzeren Prüfablauf haben und ebenso qualitativ sind. Solche alternativen Methoden werden im Labor der Professur für Straßen- und Flugbetriebsflächen an der Technischen Universität Wien durchgeführt und zusammen mir ihrer Ergebnissen ausführlich in dieser Diplomarbeit beschrieben und analysiert.

Damit man einen vollen Überblick im Zusammenhang mit dem Thema der Diplomarbeit bekommen wird eine tiefe Leteraturecherche gemacht. Es wird über verchiedene Studien aus den USA, Kanada, Finnland, Schweden und China berichtet,

2. LITERATURRECHERCHE UND BISHERIGE ERFAHRUNG IM ZUSAMMENHANG MIT DEM THEMA

2.1 Übersicht der bisherigen Erfahrung

Als Anfang der Literaturrecherche wird über den Report (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) berichtet, der für Universität Auburn vorbereitet ist. Der Bericht beschäftigt sich mit der Beständigkeit des Asphalts an den Flughafenflächen gegen Boden – und Flugzeugenteisungsmittel. Es werden neue Prüfmethoden zur Bestimmung der Asphaltauftaumittelbeständigkeit entwickelt.

2002 veröffentlicht Farha mit seinem Team eine Studie über den Effekt von verschiedenen Boden- und Flugzeugenteisungsmittel (BFEE) auf die Asphaltbedeckung an kanadischen Flughäfen (Hassan et al., Farha et al. 2007). Probekörper wurden in Frost – Tau – Wechsel – Zyklen in Gegenwart von BFEE geprüft. Für die meisten Probekörper werden keine Schäden registriert. Nach 50 Zyklen beginnen die Probekörper in Harnstoff zu zerbröckeln.

Eine nächste Studie (Farha et al. 2002) benutzt ähnliche Technologie. Statt Frost – Tau – Wechsel wird Nass – Trocken – Wechsel bei 40°C verwendet. Die Idee ist, dass die höhere Temperatur die chemischen Reaktionen zwischen BFEE und dem Bitumen stimulieren kann. Die Ergebnisse zeigen wie die vorherige hohe Beständigkeit der Probekörper. Diese kanadische Studie verwendet nur Heißmischgut. Andere Mischungen könnten auch differente Ergebnisse liefern.

In der Studie „Experimental Study on Asphalt Pavement Damage by Application of Acetate – base Deicer“ (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011) wird berichtet, dass bei der Anwendung von neuen Enteisungsmitteln Probleme mit dem Asphalt entstanden. Es wurden statt Chloriden, Harnstoff, Kalium Acetat und Kalium Formiat benutzt

In den 90er Jahren werden in Europa ähnliche Probleme mit dem Asphalt wegen der Anwendung von neuen Enteisungsmitteln festgestellt. Es wurden statt Harnstoff, Kalium Acetat und Kalium Formiat benutzt Die Folgen sind Asphaltausbrüche auf der Start – und Landebahn (Edwards et al., Nilsson 2007). In 1999 werden Forschungen von „The Swedish National Road and Transport Institute (VTI)“ für die Schäden von der Anwendung von Boden – und Flugzeugenteisungsmittel (BFEE) auf den Nord – Flughäfen durchgeführt. Diese Nord – Forschung beweist die Erweichung vom Bitumen und die Degradierung vom Asphaltmischgut infolge von Acetat und Formiat basierten BFEE. Der VTI Bericht listet die Enteisungsmittel in zunehmender Aggressivität: Harnstoff, Calcium – Magnesium Acetat, andere Acetate und am Ende Formiate. Diese Nord – Forschung verwendete zwei verschiedene Prüfungen. Die erste Prüfung ist die Untersuchung des Erweichungspunkt des Bitumens in einer BFEE Lösung. Die andere Prüfung ist die Auftaumittelbeständigkeit analog zu EN 12697 – 41.

“The Laboratory of Highway Engineering” an der Technischen Universität in Helsinki, Finnland (Alatyppo 2005) prüft auch Heißmischgut (HMA). Das Projekt wird wegen der

Annahme durchgeführt, dass die neuen Enteisungsmittel (Acetate und Formiate) dem HMA an den finnischen Flughäfen schaden:

- Nach Sieden von Bitumen in BFEE zeigen die chemischen Analysen keine Reaktion zwischen den beiden Komponenten.
- BFEE reduzieren die Oberflächenspannung vom Wasser, was schädlich für die Asphaltdecke sein könnte.
- BFEE könnten die Feuchtigkeitsschäden auf HMA (mit Anwesenheit von sauren Gesteinen) beschleunigen. Saure Gesteine können solche sein, die Silizium enthalten, wie Sandstein, Quarzit und viele magmatische Gesteine.
- Bei Siedetesten von Asphaltmischgütern in BFEE wird beobachtet, dass die oberste Schicht vom Asphalt Schaden trägt.
- Die Formiatverbindungen sind schädlicher als die Acetatverbindungen und die PmB sind resistenter als die anderen Bitumenarten.
- Die finnischen Forscher wurden zuerst mit der Erneuerung von dem Belag, der schon von BFEE kontaminiert ist, beschäftigt. Diese Anwesenheit von BFEE in der neuen Konstruktion kann diese beschädigen.

Die durchgeführten Versuchen zeigen nicht mit Sicherheit, dass die BFEE die Feuchtigkeitsschäden hervorrufen. Einige Studien in Finnland und auch in Schweden von VTI berichten darüber, dass die BFEE schädlich für Asphalt – Bitumen und – Mischgüter bei hohen Temperaturen sind. Fragen bleiben aber unbeantwortet.

In der Technischen Universität in Helsinki, Finnland wurde noch eine Studie durchgeführt (Starck & Löfgren, 2006), welche die Wirkung der chemischen Auftaumitteln auf die Asphalt – Mastix anhand dynamisch mechanischer Analyse (DMA) und dem dynamischen Scherrheometer (DSR) umfasst, wobei die Ergebnisse wieder nicht mit Sicherheit die Wirkung der Auftaumittel bewiesen und zusätzliche Versuchsprogramme erfordern.

Im Report (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) wird noch über die Recherche von Dr. Terhi Pellinen berichtet. Ihre Aufgabe ist die Suche nach ausführliche Information für die finnische und andere Forschungen. Diese Recherche wird im folgenden Abschnitt zusammengefasst.

Pellinen berichtet darüber, dass die chemischen Auftaumittel sehr hydroskopisch sind und dazu führen, dass die Asphaltdecke lange Zeit nass bleibt. Nach chemischer Analyse von Kohlenwasserstoffverbindungen in Asphalt wird geschlossen, dass einige chemische Veränderungen infolge von BFEE auftreten. In verschiedenen Experimenten wird die Zunahme von polyzyklischen aromatischen Kohlenwasserstoffen (PAK) festgestellt. Die PAK – Verbindungen sind karzinogen. Falls die Acetat – und Formiatverbindungen zusammen verwendet werden, dann gelangen diese PAK – Verbindungen in das Grundwasser, weil Essigsäure entsteht, die diese Migration zum Grundwasser ermöglicht.

Möglichen Mechanismen zur Schädigung durch BFEE sind hier zusammengefasst :

- BFEE reduzieren die Oberflächenspannung vom Wasser, was schädlich für die Asphaltdecke sein könnte.
- BFEE sind hygroskopisch und die Feuchtigkeit wird für lange Zeit in Asphalt gehalten, was die Gefahr von Feuchtigkeitsschaden erhöht.

- BFEE könnten das Bindemittel oder das Gestein angreifen.
- BFEE könnten die Beständigkeit von Asphalt gegen Schaden reduzieren, wenn Frost/Tau oder Nass/Trocken Zyklen vorhanden sind.
- BFEE könnten das Bindemittel aufweichen. Das gilt nur bei weichen Bindemitteln.
- BFEE könnten die Alterung von dem Bindemittel beschleunigen.

Viele Studien sind auf den Effekt von BFEE auf Betondecken gerichtet z.B. Olek et al. 2006 und (Wijoyo, 2007). Es ist bewiesen, dass die Qualität von den Betondecken infolge von der Alkalium – Silicium – Reaktion (ASR) reduziert wird und die meistens verwendeten Enteisungsmittel (Kalium Acetat und Natrium Acetat) diese Reaktion hervorrufen.

Die Wirkung von Glykol basierten Chemikalien auf Betondecken wird von Rangaraju (Rangaraju, April 2007) studiert. Es wird kein Beweis gefunden, dass Glykol basierte Enteisungsmittel aggressiv auf den Beton wirken.

2.2 Amerikanische Erfahrung

Es wird über die folgenden Versuche im Rahmen des Reports „Effect of Deicing Chemicals on HMA Airfield Pavements“ (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) berichtet:

- Prüfung mit Sonotrode im Ultraschallbereich
- FTIR Spektroskopie
- Modifikation von AASHTO T – 283
- Langzeitbeständigkeitstest, entwickelt für dieses Programm

Die verwendete Zuschläge sind Diabas (DB) und Kieselschiefer (CH). Die Bitumen sind PG 64 – 22 und PG 58 – 28, die in den USA sehr verbreitet sind. Die Enteisungsmittel sind Kalium – Acetat (PA) und Natrium – Formiat (SF).

2.2.1 **Prüfung mit Sonotrode im Ultraschallbereich**

Probekörper wird in einem Gefäß beziehungsweise mit Wasser und den Auftaumitteln unter Unterdruck gestellt. Das System wird bis 60°C für 24 Stunden erwärmt. Die Sonotrode wird über dem Probekörper positioniert. Infolge von dem Ultraschall bekommenes Loch auf der Oberfläche des Probekörpers wird für die Bestimmung der Feuchtigkeit Anfälligkeit.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 1 zu sehen. Es gibt Unterschied zwischen den Ergebnissen von den beiden Bitumenarten. Das härtere zeigt bessere Beständigkeit. Die Ergebnisse zwischen den beiden Enteisungsmitteln und dem Wasser sind sehr ähnlich. Nur das Kalium – Acetat mit dem Diabas und PG 64 – 22 hat größere Poren an der Oberfläche.

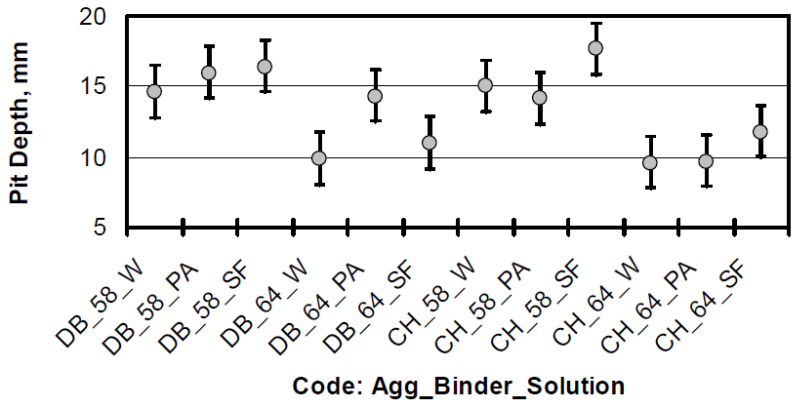


Abbildung 1: Ergebnisse von den Ultraschall – Prüfungen mit Sinotrode Test (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

2.2.2 **FTIR – Spektroskopie**

Vier Mischungen werden anhand FTIR – Spektroskopie nach Vakuum – Sättigung mit Wasser und den beiden Enteisungsmitteln und nach einem Alterungsdruck von 20 atm für 96 Stunden bei 60°C analysiert. Die Systeme, die mit den Enteisungsmitteln behandelt werden, erzeugen Carboxylatsalze, wie in Abbildung 2 gezeigt wird. Diese Reaktion zwischen den Enteisungsmitteln und dem Asphalt können mit ihrern eventuelen schädlichen Wirkung in Verbindung gebracht werden.

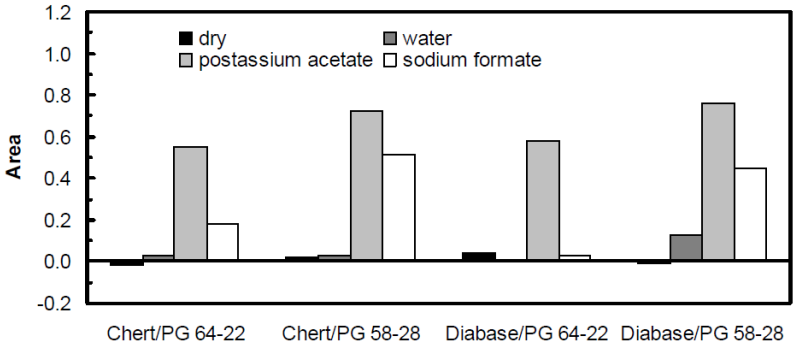


Abbildung 2: Die Ergebnisse der FTIR – Spektroskopie mit der relativen Konzentration von Carboxylatsalzen (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

2.2.3 **Modifikation von AASHTO T – 283**

In der Modifikation von AASHTO T – 283 Test wird die Probe in Vakuum gesättigt, eingefroren und dann bei 60°C eingeweicht. Drei Lösungen werden verwendet – Wasser, 2% PA und 2% SF. Bei diesem Versuch werden die Zugfestigkeiten nach dem Konditionierung in PA, SF und im Wasser. Die Ergebnisse sind in Abbildung 3 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Zugfestigkeit von Diabasmischungen in BFEE Lösung sich nicht viel von der Zugfestigkeit von Diabasmischungen in Wasser unterscheidet. Bei den Kieselschiefermischungen gibt es schon größere Unterschiede zwischen den

Zugfestigkeiten. Der Unterschied zwischen dem verwendeten Bitumen ist, dass PG 64 – 22 resistenter gegen BFEE Lösungen als PG 58 – 28 in Wasser ist.

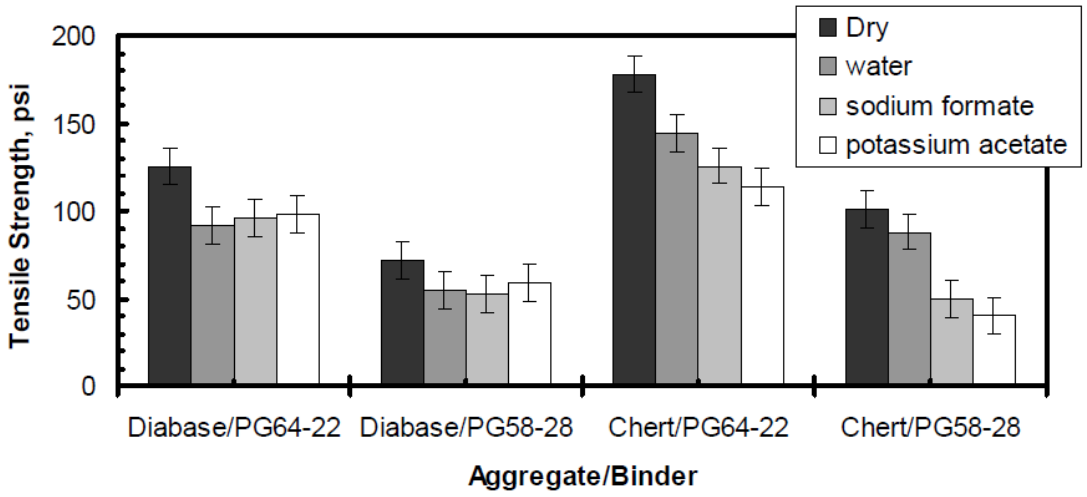


Abbildung 3: Ergebnisse vom modifizieren AASHTO T – 283 Test (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

2.2.4 **Langzeitbeständigkeitstest**

Die Probe wird zuerst 72 ± 4 Stunden in 2% BFEE Lösung bei 60 ± 1 °C gelagert. Dann wird sie 24 ± 1 Stunden bei -18°C eingefroren und danach 48 ± 2 Stunden in den Temperierschrank bei 50 ± 2 °C gestellt. Die Probe wird durch 100 Lastwechsel am Ende getestet. Der Versuch wird 6 Wochen durchgeführt, wobei ein Zyklus eine Woche dauert.

Für diesen Versuch werden nur Diabas/PG 64 – 22 und Kieselschiefer/PG 58 – 28 getestet. Die Unterschiede zwischen den Ergebnissen nach dem Lastwechseltest sind erheblich. Die Ergebnisse sind in Abbildung 4 und Abbildung 5 zu sehen. Für die Probe mit Diabas/PG 64 – 22 gibt es fast keinen Unterschied zwischen den Ergebnissen in mit Wasser und mit BFEE Lösungen wie bei T-283. Bei der Probe mit Kieselschiefer/PG 58 – 28 sind die Schäden in PA und SF viel größen in Vergleich zu Wasser. Die Kieselschiefer/PG 58 – 28 Mischung zerfällt nach zwei Zyklen BFEE Lösung und nach vier Zyklen in Wasser.

Die Ergebnisse von T – 283 und dem Langzeitbeständigkeitstest zeigen, dass die PA und SF Lösungen zu Feuchtigkeitsschäden bei Mischungen mit Kieselschiefer beitragen, was aber nicht für die Mischungen mit Diabas gilt.

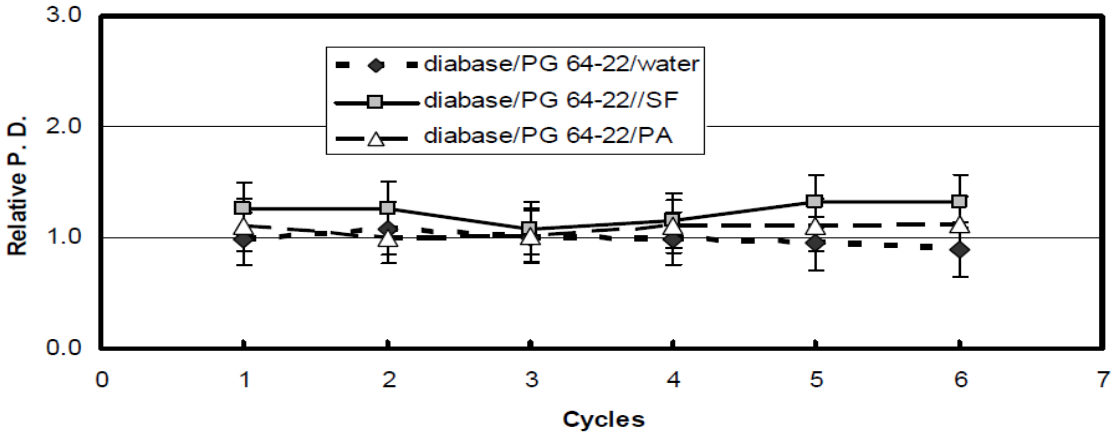


Abbildung 4: Langzeitbeständigkeitstest, permanente Deformation (p.D) Diabas/PG 64 - 22 (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

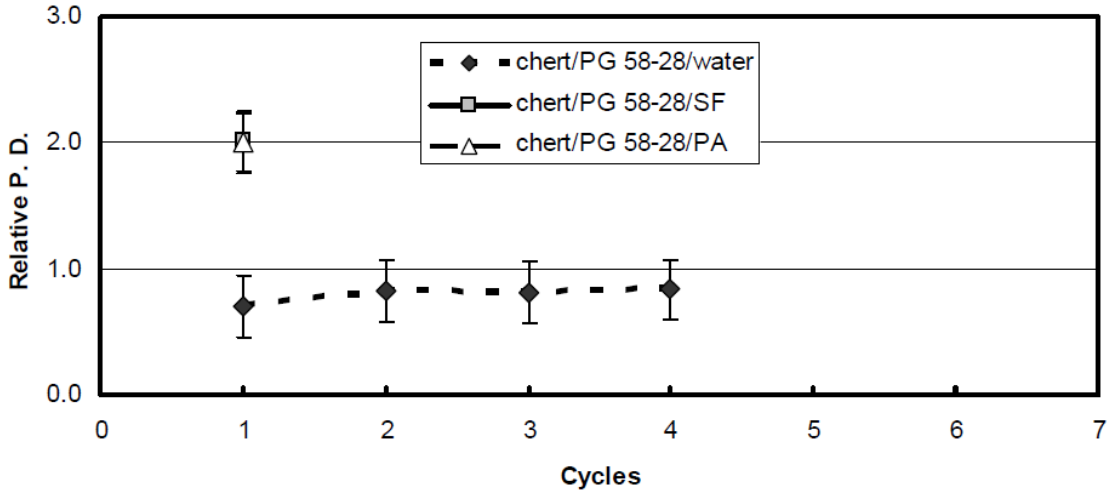


Abbildung 5: Langzeitbeständigkeit, permanente Deformation (p.D) Kieselschiefer/PG 58 – 28 (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

2.2.5 **Weitere Modifikation von AASHTO T – 283 Versuch**

Die durchgeführten Prüfungen in den oberen Kapiteln sind Voruntersuchungen für den Report „Effect of Deicing Chemicals on HMA Airfield Pavements“ (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009). Infolge der Voruntersuchungen, wird für die Hauptuntersuchung der AASHTO T-283 Versuch gewählt, weil er befriedigende Ergebnisse beibringt und nicht zeitaufwendig ist. Damit es bestimmt wird, wie lang die Proben in Auftaumitteln zu lagern sind, wird eine Probe von Kieselschiefer/PG 58 – 26 in 2%er Natrium – Formiat – Lösung gelagert und dann wird die Zugfestigkeit nach 1, 3, 4 und 5 Tagen bestimmt. Abbildung 6 zeigt die Ergebnisse. Als eine Lagerungsfrist werden 4 Tagen gewählt. Parallel werden Proben in Wasser gelagert. Nach 4 Tagen wird über keine Schäden und fast keine Veränderung der Zugfestigkeit berichtet.

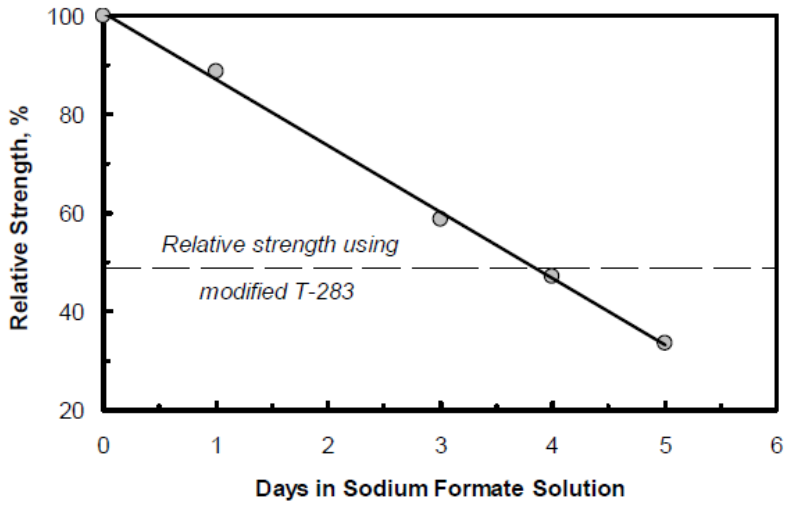


Abbildung 6: Ergebnisse für die Zugfestigkeit nach Lagerung in Natrium - Formiat (SF) (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

Die Mischgüter in Phase 2 bestehen aus fünf verschiedenen Zuschläge und vier verschieden Bitumenarten. Die Zuschläge sind 12,5 mm Hornstein/Kies aus Mississippi, 9,5 mm Diabas aus Virginia, 9,5 mm Kalkstein aus Virginia, 12,5 mm zerdrückt kieselsäurehaltigem Kies aus Virginia und 9,5 mm Grauwacke/Sandstein aus Pennsylvania. Hornstein/Kies und Grauwacke/Sandstein weisen hohe Alkali – Kieselsäure – Reaktivität auf. Der Kies aus Virginia zeigt dagegen niedrige Alkali – Kieselsäure – Reaktivität. Die verwendeten Bitumenarten sind PG 58-28 hergestellt von Citgo, PG 63-22 auch von Citgo, PG 64-22 von „Lion Oil Company“, modifiziertes Bitumen PG 76-22 von Citgo. Als Auftaumittel wird eine 2%-ge Lösung aus Kaliumacetat, Natrium – Formiat, Natriumacetat und Propylenglykol verwendet.

Der Versuch wird in drei Teile aufgeteilt. Das Ziel des ersten Teils ist die Beständigkeit von den Zuschlägen gegen die Auftaumittel zu bestimmen. Der zweite Teil soll die Beständigkeit des Bitumens gegen die Auftaumittel bestimmen. Der dritte Teil hat das Ziel zu prüfen, ob der Zusatz von Kalkhydrat oder die Reduzierung von dem Luftporengehalt die Beständigkeit des Mischguts beeinflussen kann.

Teil 1

Das Citgo PG 64-22 Bitumen wird mit fünf verschiedenen Zuschlägen verwendet. Alle vier Auftaumittel werden auch verwendet. Der Prüfverlauf wird laut AASHTO T-283 Versuch durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 7 zusammengefasst. TSR/D Wert zeigt die Zugfestigkeit nach der Bearbeitung in den Auftaumitteln und im Wasser. Nur Hornstein/Kies aus Mississippi zeigt höhere Empfindlichkeit gegenüber den Auftaumitteln. Da Grauwacke/Sandstein aus Pennsylvania als Alkali – Kieselsäure reaktiv gilt und keine Empfindlichkeit zeigt, bestätigt, dass diese Reaktivität keine negative Wirkung auf die Beständigkeit gegen Auftaumittel hat.

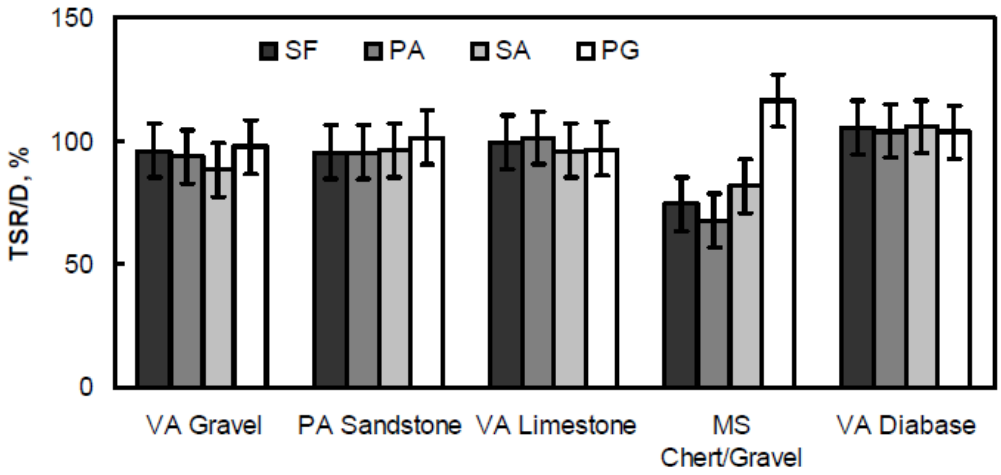


Abbildung 7: Ergebnisse für den ersten Teil des Versuchs mit fünf HMA Mischungen mit PG 64-22 (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

Teil 2

Die Zuschläge, die verwendet werden, sind Hornstein aus Mississippi, Kies aus Virginia und Grauwacke aus Pennsylvania. Die verwendeten Auftaumittel sind Kalium- und Natriumacetat. Es werden alle Bitumenarten in diesem Teil eingesetzt. Der Prüfverlauf wird laut AASHTO T-283 Versuch durchgeführt.

Die Ergebnisse sind in Abbildung 8 dargestellt. Größere Schäden zeigen nur die Mischungen mit Mississippi Hornstein/Kies. Die schlechte Wirkung nimmt zu mit der Abnahme der Steifigkeit des Bitumens. Ein weiches Bitumen ist also empfindlicher als das harte. Die Ergebnisse beweisen auch, dass die auftaumittelverbundenen Schäden nicht mit allen kieselsäurehaltigen und Alkali – Kieselsäure reaktiven Zuschlägen auftreten. Der Pennsylvania Sandstein ist sehr Alkali – Kieselsäure reaktiv und ist demnoch beständig gegen die Auftaumittel.

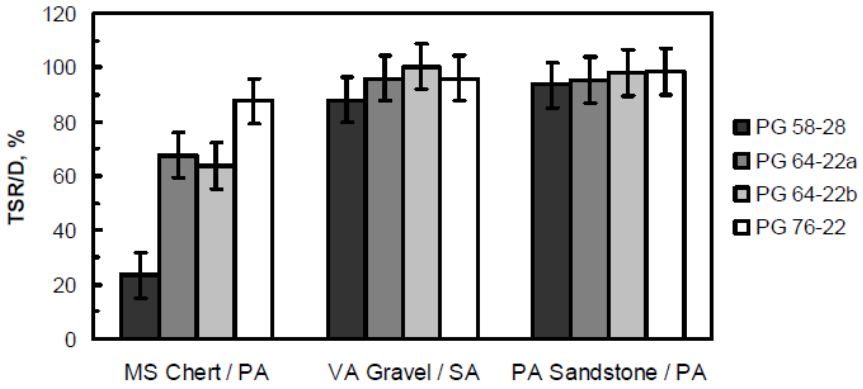


Abbildung 8: Ergebnisse von dem Teil 2, (PA) Kaliumacetat, (SA) Natriumacetat (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

Teil 3

Drei Mischgüter werden gewählt: Hornstein aus Mississippi mit Citgo PG 64-22 in Kaliumacetat, Hornstein aus Mississippi mit Lion PG 64-22 in Kaliumacetat und Kies aus Virginia mit Citgo PG 58-28 in Natriumacetat. Ein Teil der Proben werden bis 5% Luftporengehalt (7% ist der Luftporengehalt in den anderen Proben) verdichtet. Der andere Teil der Proben werden mit Zusatz von Kalkhydrat in HMA als antistrip Zusatz hergestellt. Der Prüfverlauf wird laut AASHTO T-283 Versuch durchgeführt.

Abbildung 9 zeigt die Ergebnisse von dem System Mississippi Hornstein/Kies mit PG 58-28 in Kaliumacetat. In diesem Fall reduzieren die beiden Varianten (weniger Luftporengehalt und Zusatz von Kalkhydrat) die Wirkung von den Auftaumitteln auf die Probekörper. Unterschied in der Zugfestigkeit gibt es auch im Fall mit Wasser. Es ist möglich, dass die beiden Verbesserungsmöglichkeiten zusammen zu besseren Ergebnissen tragen können.

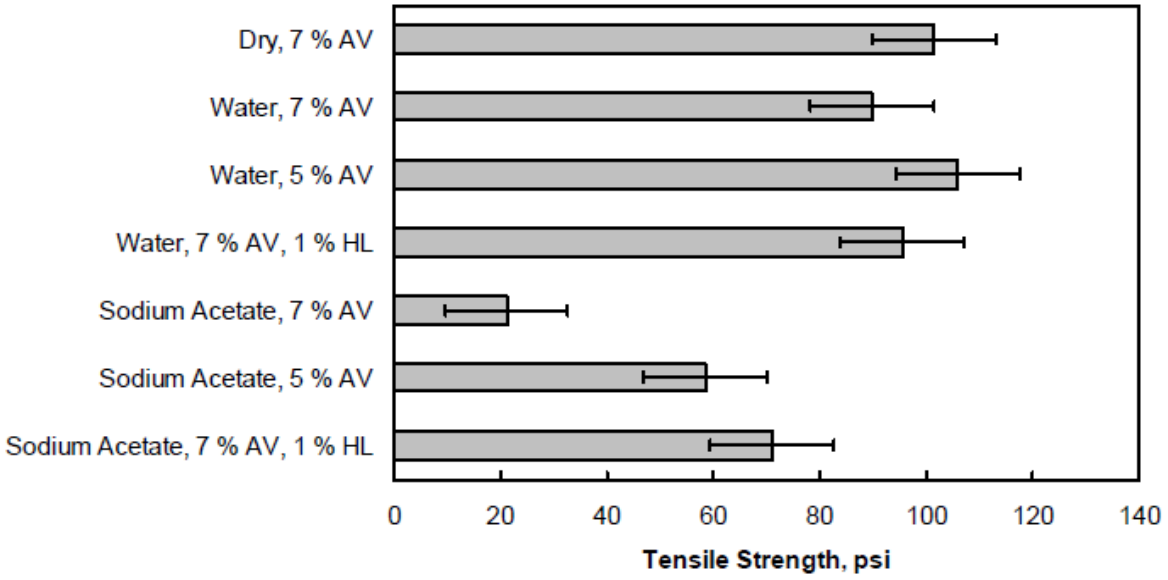


Abbildung 9: Die Ergebnisse von Teil 3 im Fall mit Mississippi Hornstein/Kies mit PG 58-28 in Kaliumacetat (1% HL – 1% Kalkhydrat) (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

Abbildung 10 zeigt die Ergebnisse für das System Mississippi Hornstein/Kies mit PG 64-22 in Kaliumacetat. Die Ergebnisse sind ähnlich dem ersten System, aber sind nicht so ausgeprägt. Es ist zu sehen, dass der Effekt von dem Zusatz verschieden für die verschiedenen Systeme ist. Es kommt auf die Kombination im System an, was für ein Zusatz passender ist.

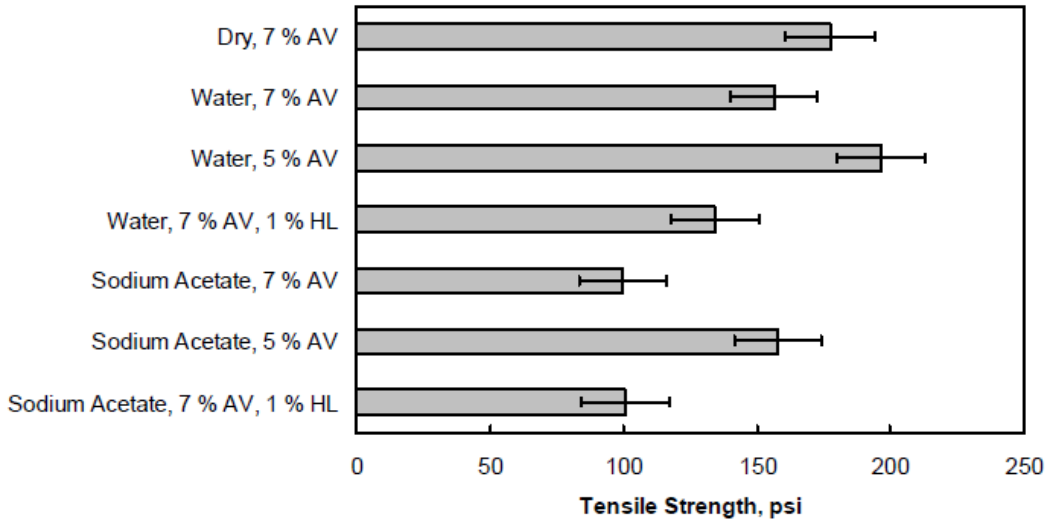


Abbildung 10: Die Ergebnisse von Teil 3 im Fall mit Mississippi Hornstein/Kies mit PG 64-22 in Kaliumacetat (1% HL – 1% Kalkhydrat) (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

Abbildung 11 zeigt die Ergebnisse für das System Virginia Kies mit PG 58-28 in Natriumacetat. In diesem Fall nimmt die Zugfestigkeit in den verbesserten Proben zu. Die Zugfestigkeit ist aber dieselbe für die beiden Fälle in Wasser und in Natriumacetat. Dieses Auftaumittel weist also keine oder kleine Aggressivität auf die Probe.

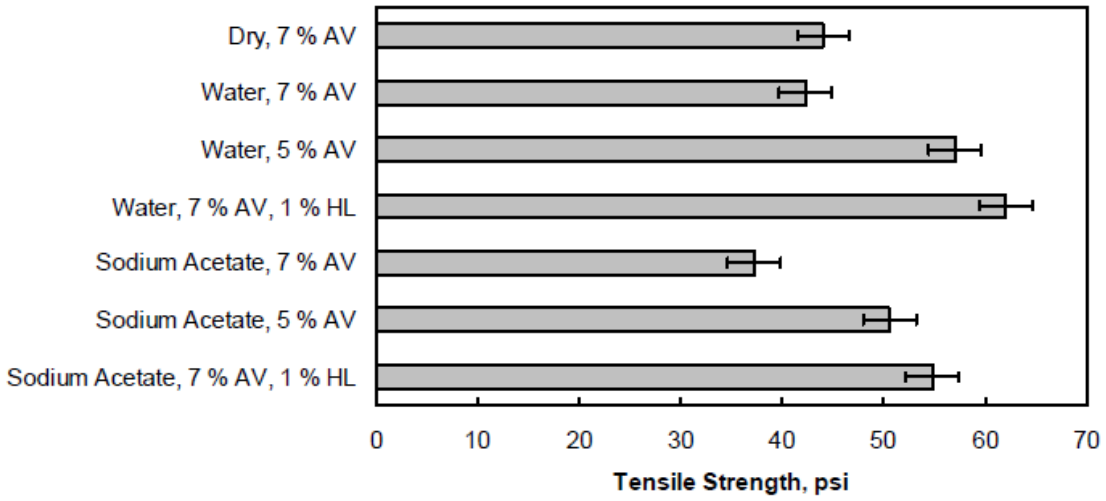


Abbildung 11: Die Ergebnisse von Teil 3 im Fall mit Virginia Kies mit PG 58-28 in Natriumacetat (1% HL – 1% Kalkhydrat) (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

2.2.6 **Feldversuch**

Es werden auch Feldversuche gemacht, wobei man die Zugfestigkeit von verschiedenen Bohrkernen von vier Flughäfen prüft wurde. Die Ergebnisse sind in Abbildung 12 dargestellt. Es ist zu sehen, dass die Bohrkerne von der alten Decke Bostons Logan Flughafen höhere

Zugfestigkeit als der neuen Decke haben. Laut der Ergebnisse sind alle von den Bohrkerne nicht auf Auftaumittel - Schaden anfällig.

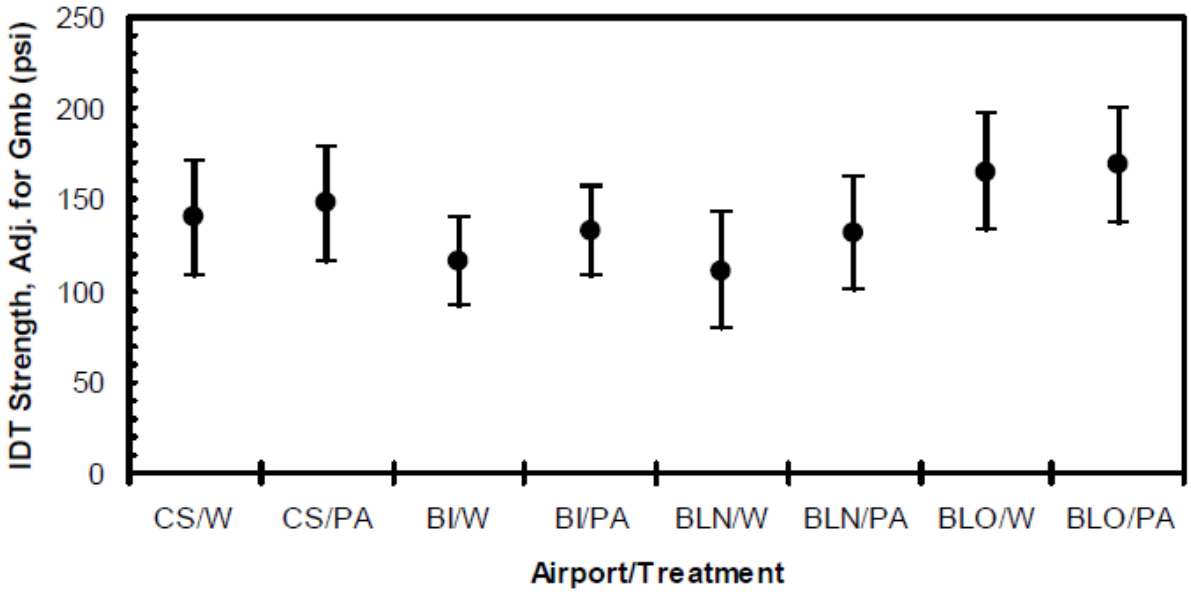


Abbildung 12: Ergebnisse von dem Zugfestigkeitsversuch für HMA Bohrkerne von vier verschiedenen Flughäfen: Colorado Springs (CS), Boise, Idaho (BI), Boston Logan/Neu (BLN), Boston Logan/Alt (BLO), W = Wasser, PA = Kaliumacetat (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

2.2.7 Zusammenfassung und Empfehlungen

Die Auftaumittel rufen feuchtigkeitsinduzierte Schaden in manchen HMA Mischungen hervor. Aus diesem Grund kann man diese Schaden BFEE - bezogene Schaden nennen.

BFEE – bezogene Schäden erscheinen in HMA Mischungen mit kieselsäurehaltigen Zuschlägen. Es ist aber wichtig zu wissen, dass manche kieselsäurige Zuschläge keine BFEE – bezogene Schaden aufweisen.

Für Acetat – und Formiat- basierte BFEE sind hohe Temperaturen erforderlich, damit die Enteisungsmittel Schaden im HMA hervorrufen. Die Laboruntersuchungen müssen bei einer minimalen Temperatur von 60°C durchgeführt werden, sonst bringen die Versuche keine nützlichen Ergebnisse.

Die härteren Bitumenarten sind beständiger gegen Auftaumittel. Die Verwendung von härteren Bitumenarten als PmB PG 76-22 minimiert die BFEE-bezogenen Schaden in anfälligen Mischungen.

BFEE – bezogene Schaden nehmen mit der Zunahme des Luftporengehalts zu. Wenn der HMA einem Enteisungsmittel ausgesetzt ist, ist darauf zu achten, dass die Struktur gut verdichtet ist.

Der Zusatz von Kalkhydrat kann die Beständigkeit von HMA gegen die schädliche Wirkung von den Auftaumitteln erhöhen. Es ist auch möglich, dass andere Zusätze zu demselben Effekt führen.

Der Zugfestigkeitsversuch ist relativ einfach und effektiv für die Bestimmung der Beständigkeit von HMA Mischgüter gegen Acetat- und Formiat-basierte Auftaumittel. Bei diesem Versuch werden die Proben in chemischen Auftaumitteln für vier Tagen in 60°C gelagert. Dann wird die Zugfestigkeit gemessen. Die Ergebnisse werden mit den Ergebnissen bei Lagerung im Wasser verglichen.

Die folgenden Faktoren sind mit den BFEE-bezogenen Schäden verbunden: (1) starke feuchtigkeitsinduzierte Schäden, (2) häufige Verwendung von BFEE, (3) Präsenz von kieselsäurehaltigen Zuschlägen. Falls diese drei Faktoren vorhanden sind, dann sind die BFEE-bezogene Schäden zu erwarten. Der verwendete Zugfestigkeitsversuch ist nicht für Harnstoff - Lösungen entwickelt.

Beim FTIR Versuch wird eine Präsenz von Carboxylatsalz beobachtet. Diese Tatsache beweist, dass die Neutralisation von Carbonsäure einer der Mechanismen der BFEE-bezogenen Schäden ist.

Es ist möglich, dass polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe im Asphalt in Anwesenheit von BFEE bei 60°C produziert werden.

In Zukunft ist eine weitere Untersuchung nötig, wo eine größere Zahl von Zuschlägen und Bitumenarten getestet wird. Andere Zusätze als das Kalkhydrat müssen auch gefunden werden.

2.3 Felduntersuchungen am Flughafen Boise, Idaho

Im Rahmen des Reports „Effect of Deicing Chemicals on HMA Airfield Pavements“ (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) werden Felduntersuchungen am Flughafen Boise, Idaho gemacht. In diesem Flughafen werden Harnstoff und Kaliumacetat verwendet. In Jahre 2006 werden Schäden auf der 6 jährigen Decke im Bereich einer der Rollbahnen festgestellt. Dort ist nämlich die Verkehrslast extrem hoch. Nach einer genaueren Untersuchung wird festgestellt, dass diese Verschlechterungen der Oberfläche wegen des Ablösens des Bitumens vom Gestein ist. Als mögliche Ursache wird die Verwendung von Enteisungsmittel angesehen. Nach einer Diskussion mit dem lokalen Autobahn Betreiber, der denselben Asphaltbeton verwendet, erfährt man, dass es auf der Autobahn keine ähnlichen Schaden gefunden wurden.

Die Schäden auf der Rollbahn (Abbildung 13) von 2006 haben nach dem Schließen der Rollbahn nicht zugenommen. Diese Rollbahn ist eine Hochgeschwindigkeitsrollbahn und die großen dynamischen Kräfte sind auch Ursache für diese Schäden dort.

Es werden auch viele farblichen Flecke auf der Oberfläche (Abbildung 14) entdeckt. Die Flecken entstehen wegen des Abpumpens einer Emulsionsmischung von Asphaltbeton und Wasser. Die Bohrkerne zeigen nämlich eine Verschlechterung der Struktur (Abbildung 15).

Abbildung 13: Schaden auf der Rollbahn (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

Abbildung 14: Flecken auf der Landebahn und Längsriss, Nahaufnahme oben rechts. Das Bild unten links zeigt das Ablösen des Asphaltbeton aus dem Aggregat (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

Abbildung 15: Bohrkerne vom Flughafen Boise, Idaho. (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009)

Auf Abbildung 15 sind die Bohrkerne von der Landebahn des Flughafens Biose, Idaho. In der rechten Seite des Fotos ist die durchlässige Deckschicht zu sehen und sie ist intakt. Unter der Deckschicht ist der Asphalt schon beschädigt. Der Asphalt in der Mitte ist die alte Decke, die unter dem in Jahre 2000 gelegenen Asphalt ist.

2.4 Kanadische Studie für die Bestimmung der Wirkung von den verschiedenen Boden- und Flugzeugenteisungsmittel auf die Asphaltbetonmaterialien und – mischungen.

Für dieses Kapitel wird der Report „Effects of new deicing alternatives on airfield asphalt concrete pavements“ (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002) verwendet.

Vorbereitung der Probekörper

Die Probekörper sind aus Asphalt hergestellt mit 100mm Durchmesser und haben eine Höhe von 65mm. Es werden 51 Probekörper hergestellt. Das Gewicht und die Dichte von jedem einzelnem Probekörper wurde aufgezeichnet.

Vorbereitung der Auftaumittellösungen

Die verwendeten chemischen Auftaumittel sind Harnstoff, Natriumformiat, Kaliumacetat und Natriumacetat. Von jeden Enteisungsmittel wird eine 2%-ige Lösung hergestellt. Diese

Lösung wird als kritisch angesehen. Für die Herstellung der Lösungen stehen die folgenden Werten zur Verfügung: 0.870, 0.697 und 0.455 kg/Liter für Harnstoff, Natriumformiat und Natriumacetat. Für Kaliumacetat wird eine 1:1 Lösung mit destilliertem Wasser hergestellt.

Konditionierung der Probekörper in den Lösungen

Das erste Ziel der Untersuchung ist die Bestimmung der Schäden von Asphaltmischgüter bei warmer Temperatur nach einer bestimmten Zahl von Frost – Tau – Zyklen. Sechs Probekörper werden trocken als Vergleich gehalten und die anderen 45 (9 pro Lösung inklusive das Wasser) werden zuerst für 24 Stunden in Raumtemperatur in den Lösungen temperiert.

Danach werden diese oberflächlich getrocknet und gewogen. Alle Probekörper werden noch 12 Stunde in die Lösungen gelegt und dann wieder getrocknet und gewogen. Falls der Unterschied zwischen der ersten und zweiten Masse für einen Probekörper weniger als 1% ist, dann ist der Probekörper gesättigt. Alle Probekörper, die eine Sättigung nach 48 Stunden erlangen, werden nicht verwendet.

Die Probekörper werden dann in den Lösungen eingetaucht und 15 Frost – Tau – Zyklen unterzogen. Die Frost Zyklen werden im Temperierschrank durchgeführt. Die Temperatur zwischen -20 und -40°C wird für 24 Stunden erreicht. Die Hauptvoraussetzung für die Festlegung dieser Temperatur und die Dauer des Frostzyklus ist das völlige Frieren der Lösung für die ersten 12 Stunden des Zyklus. Der Tau – Zyklus wird in Raumtemperatur für 48 Stunden durchgeführt. Abbildung 16 zeigt die Probekörper in ihren Gefäßen. Am Ende von allen 5 Frost – Tau – Zyklen wird das Gewicht von jedem Probekörper bestimmt.

Nach den 15ten Frost – Tau – Zyklen werden drei Probekörper pro Lösung bei Raumtemperatur getrocknet und nach 0, 4 und 7 Tagen während des Trocknens gewogen. Diese Probekörper werden dann auf mechanische und physikalische Eigenschaften getestet. Die gebliebenen Probekörper (6 pro Lösung) werden 40 Nass – Trocken – Zyklen unterzogen, wobei die beiden Zyklen im Temperierschrank bei 40°C durchgeführt werden. Der Nass – Zyklus dauert zwei Tagen in derselben Lösung wie bei den Frost – Tau – Zyklen und der Trocken – Zyklus dauert einen Tag. Abbildung 17 zeigt die Probekörper während des Trocken – Zyklus innerhalb des Temperierschranks. Nach allen Nass – Trocken – Zyklen werden die Probekörper dann auf mechanische und physikalische Eigenschaften getestet.

Abbildung 16: Frost – Zyklus im Temperierschrank (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)

Abbildung 17: Trocken – Zyklus im Temperierschrank (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)

Mechanische und physikalische Eigenschaften

Es werden die mechanische Eigenschaften der Probekörper und die physikalische Eigenschaften der Asphaltkomponenten getestet. Zuerst wird der Zugfestigkeitsversuch durchgeführt. Diese Versuche werden für drei Probekörper pro Lösung nach 15 Frost – Tau – Zyklen und für sechs pro Lösung nach 15 Frost – Tau – Zyklen und 40 Trocken – Nass – Zyklen durchgeführt. Die Probekörper aus der trockenen Gruppe werden als Vergleich auch auf derselben Art und Weise getestet.

Nach dem Zugfestigkeitsversuch wird das Bitumen vom Mischgut extrahiert und dann wird die Penetration bestimmt.

Ergebnisse

Zugfestigkeitsversuch

Nach 15 Frost – Tau – Zyklen werden keine Schäden beobachtet. Es wird aber festgestellt, dass das Gewicht jedes einzelnen Probekörper zunimmt. Die Symbole DW, PA, SF, UR und SA sind destilliertes Wasser, Kaliumacetat, Natriumformiat, Harnstoff und Natriumacetat. Mit der Zunahme der Frost – Tau – Zyklen nimmt die Rate der Gewichtsveränderung für die Probekörper in Auftaumittellösungen ab. Dasselbe Ereignis ist auch bei dem Trocken – Nass – Zyklen zu beobachten (Abbildung 18).

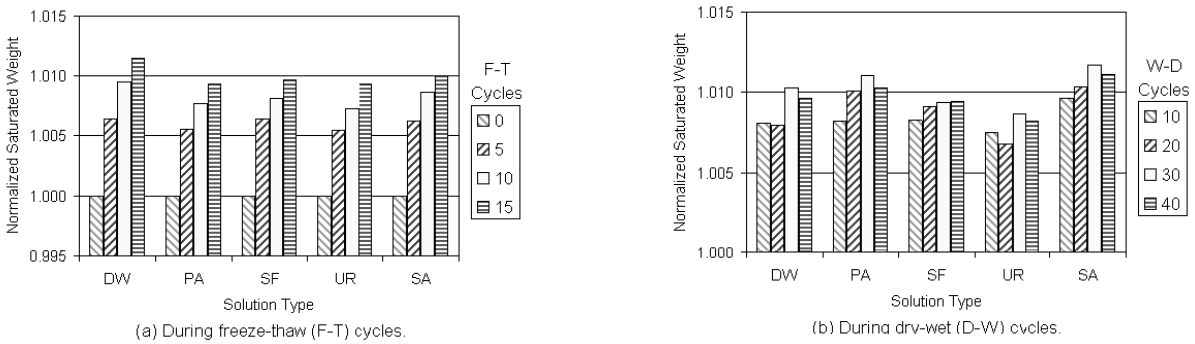


Abbildung 18: Gewichtsveränderung während der Frost – Tau – und Trocken – Nass - Zyklen (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)

Die Gewichtzunahme kann damit erklärt werden, dass die Probekörper vor dem Versuch nicht genug gesättigt sind. Die Probekörper absorbieren mehr Flüssigkeit im Laufe der Frost – Tau – Zyklen, weil diese Zyklen Mikrorisse erzeugen. Nach den Frost – Tau – und Trocken – Nass – Zyklen werden die Probekörper trocken gewogen. Dies beweist, dass die Gewichtzunahme wegen Feuchtigkeitabsorbtion vorhanden ist (Abbildung 19).

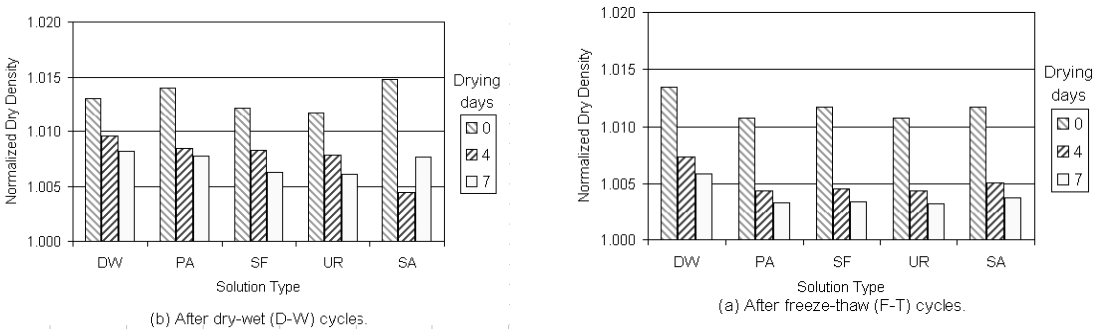


Abbildung 19: Unterschiede in den Dichten der Probekörper (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)

Zugfestigkeitsversuch mit 3 Probekörper erfolgt nach 15 Frost – Tau – Zyklen und 6 Probekörper nach 15 Frost – Tau – Zyklen und 40 Nass – Trocken – Zyklen. Sechs Probekörper von der trockenen Gruppe werden auch getestet. In Abbildung 20 sind die Ergebnisse für die sechs trockenen Probekörper dargestellt und in Abbildung 21 die Ergebnisse für den Rest von den Proben. Für die Auswertung werden die folgenden Formeln verwendet:

Spannung = $(2P)/(\pi Dh)$

Dehnung = Δ/D

P = Kraft(N), D = Durchmesser (mm), h = Höhe, Δ = vertikale Verschiebung

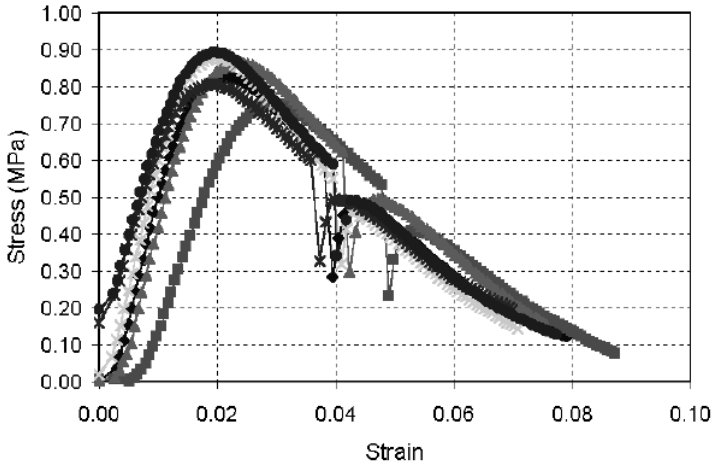


Abbildung 20: Beispiel für ein Spanung/ Dehnung Diagramm für die trockene Gruppe (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)

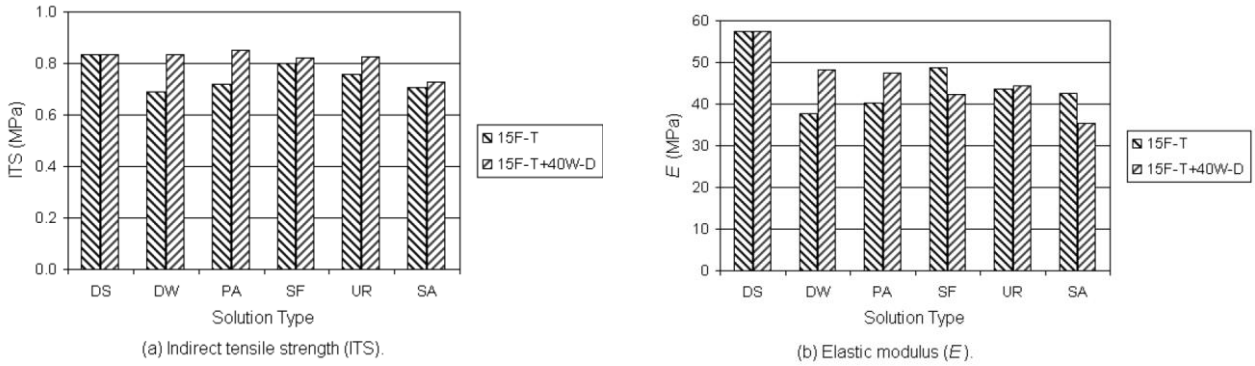


Abbildung 21: Ergebnisse von dem Zugfestigkeitsversuch (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)

Wie in Abbildung 21 dargestellt ist, ist die durchschnittliche Zugfestigkeit von den Probekörpern nach den 15 Frost – Tau – Zyklen niedriger als diese von den trockenen Probekörpern. Die Zugfestigkeit von den Proben in den Auftaumittellösungen ist höher als diese in destilliertem Wasser. Auf der anderen Seite ist die Zugfestigkeit der Probekörper nach 40 Trocken – Nass – Zyklen sehr nah der Zugfestigkeit von den trockenen Probekörpern. Die einzige Ausnahme sind die Proben in Natriumacetat, die eine um 13% niedrigere Zugfestigkeit haben. Das rechte Diagramm in Abbildung 21 zeigt die Veränderung des Elastizitätsmoduls. Nach 15 Frost – Tau – Zyklen sind die Werten für die Proben in Wasser niedriger als die anderen. Hier ist der Unterschied zwischen den Werten von den trockenen Proben und diesen in Auftaumittellösungen und Wasser größer. Nach 15 Frost – Tau – Zyklen und 40 Trocken – Nass – Zyklen haben die Probekörper in Natriumacetat die niedrigsten Werte.

Ergebnisse nach der Extraktion

Die Probekörper werden in 11 Gruppen geteilt. Dann wird das Bitumen gewonnen und seine Penetration bestimmt. Am Ende wird der Zustand des Zuschlags analog EN 1367 – 6:2008 festgestellt. In Abbildung 22 sind die Ergebnisse von der Penetration dargestellt und in Tabelle 1 die Ergebnisse für den Zuschlag.

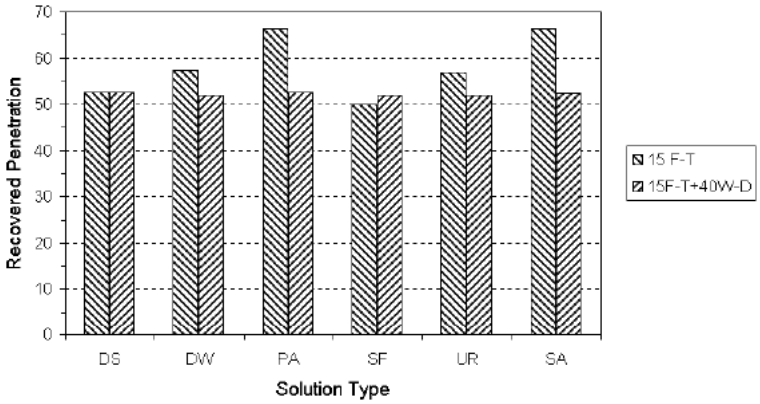


Abbildung 22: Ergebnisse für die Penetration (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)

Nach 15 Frost – Tau – Zyklen ist die Penetration höher als die Penetration aus den Probekörper von der trockenen Gruppe mit Ausnahme von dem Bitumen von den Probekörper, die in Natriumformiat eingetaucht worden sind. Im Vergleich die Proben in Kaliumacetat und Natriumacetat haben die höchsten Werte. Die Frost – Tau – Zyklen rufen Erweichung im Asphaltbeton hervor, was die Abnahme des Elastizitätsmoduls mit Zunahme der Frost – Tau – Zyklen erklären kann. Nach den Nass – Trocken – Zyklen hat das Bitumen in allen Lösungen fast dieselbe Penetration, die gleich der Penetration der trockenen Gruppe ist. Das heißt, die Nass – Trocken – Zyklen erhärten das Bitumen bis zum Ausgangspunkt. Die Ausnahme ist das Bitumen aus den Probekörpern in Natriumformiat, wo die Penetration fast unverändert während aller Zyklen bleibt.

Für die Zustandsbestimmung des Zuschlags dienen die Ergebnisse vom Zuschlag der trockenen Probekörper als Grundergebnisse. Falls die Gesteine von dem Enteisungsmittel geschädigt sind, kann das anhand des Rückstandes vom Sieben festgestellt werden. Mehr Rückstand heißt geringere Beständigkeit. Nach Tabelle 1 schädigen die Enteisungsmittel die Gesteine nicht.

Tabelle 1: Ergebnisse vom Sieben des Zuschlages (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)

Sieve (mm)	Percent Passing										
	DS	After 15 F-T cycles					After 15 F-T + 40 W-D cycles				
		DW	PA	SF	UR	SA	DW	PA	SF	UR	SA
16.0							100				
13.2	100	100	100	100	100	100	97.6	100	100	100	100
9.50	97.2	97.0	96.6	96.4	96.6	98.1	92.4	95.0	97.1	95.8	94.9
4.75	69.0	71.3	69.1	66.9	70.1	71.6	67.8	69.6	70.1	67.6	67.7
2.36	49.2	50.7	49.3	48.3	50.4	51.4	48.8	50.3	50.3	48.5	49.1
1.18	33.3	34.2	32.9	33.5	34.6	34.9	33.2	34.0	34.7	33.5	33.4
No 600	21.9	13.8	20.9	22.1	22.6	22.8	21.6	22.2	22.9	21.7	22.2
No 300	14.0	8.3	12.4	14.2	14.2	14.4	13.6	13.8	14.7	13.4	14.2
No 150	8.7	5.5	6.9	8.7	8.5	8.8	8.3	8.4	9.2	8.0	8.9
No 75	6.1	3.7	4.1	6.1	5.8	6.1	5.7	5.6	6.4	5.3	6.3

Zusammenfassung der Ergebnisse

Asphaltbetonschichten, die unter Frost – Tau – Zyklen mit und ohne Auftaumittel belastet werden, können ihre Festigkeit und Elastizität verlieren. Nach einer großen Zahl von Frost – Tau – Zyklen kann die Präsenz von Harnstoff Zerfall des Mischgutes hervorrufen.

Natriumacetat ist das einzige Enteisungsmittel, dass zum Verlust an Zugfestigkeit nach den Nass – Trocken - Zyklen führt. Die Probekörper in Natriumacetat verlieren 13% von der Zugfestigkeit und 40% von ihrer Elastizität. Die Probekörper in Wasser verlieren ihre Festigkeit nicht und haben 16% Verlust von Elastizität. Die Ergebnisse des Restes von den Probekörpern sind wie beim Wasser, nur die Elastizität ist höher.

Fast kein Unterschied wird von der Bestimmung des Zustandes des Zuschlags durch Sieben zwischen den Proben beachtet. Schäden können nach 50 Frost – Tau – Zyklen entdeckt werden.

2.5 Untersuchung der Technischen Universität in Helsinki, Finnland für die Wirkung der chemischen Auftaumittel auf den Asphalt – Mastix

Diese Studie (Starck & Löfgren, 2006) untersucht Bitumen – Füller Mischungen mit Auftaumittelbeanspruchung anhand dynamisch mechanischer Analyse (DMA) und dem Dynamischen Scherrheometer (DSR).

Die verwendeten Flüssigkeiten für die Versuche sind destilliertes Wasser, Ameisensäure, 5V% Kaliumacetat (KAc5), 50V% Kaliumacetat (KAc50), 5V% Kaliumformiat (KFoA5), 50V% Kaliumformiat (KFoA50).

Das verwendete Bitumen ist ein Soft – Klasse Bitumen, das für die kalten Temperaturen in Finnland anwendbar ist. Die Zuschläge sind Kalksteinfüller, Gesteine aus Oulu (Gneis mit großer Menge an Biotit), aus Rovaniemi (Diabas) und aus Hietavaara (Diabas). Es wird nur der Teil vom Material, der durch den 0,063 Sieb fällt, verwendet

Die Mischgüter werden im Labor von der Technischen Universität Helsinki bei 145°C vorbereitet. Die Proben werden in der Flüssigkeiten für eine Woche und einen Monat eingetaucht.

Die Prüfungen werden von zwei verschiedenen Geräten durchgeführt. Die DMA – Messungen werden von Perkin Elmer DMA7 Apparatur gemacht. Der verwendete Sherrheometer ist SR500.

Zusammenfassung der Ergebnisse

DMA – Versuch beweist, dass alle Auftaumittel die Niedrigtemperatursteifigkeit bei -25°C von den Proben reduzieren. Ameisensäure und 50% Kaliumformiat reduzieren erheblich die Steifigkeit vom Bitumen – Kalkstein – Mischgut, während der Effekt vom Wasser unbedeutend für dieses Mischgut ist.

Kaliumacetat in den beiden Konzentrationen, auch Wasser und Kaliumformiat senken stark die Niedrigtemperatursteifigkeit von Mischgut mit Gneis mit großer Menge an Biotit. Der Grund kann die Fähigkeit des Biotits sein, löslichen Kaliumsalz zu produzieren.

Die Mischgüter mit Diabas als Komponente zeigen unterschiedliches Verhalten nach der chemischen Behandlung. Das Mischgut mit Diabas aus Rovaniemi ist stark von den Acetaten und Formiaten beeinflusst, während es beim Mischgut mit Diabas aus Hietavaara keinen Effekt gab.

Es wird festgestellt, dass die chemische Behandlung die Erweichungstemperaturen beeinflussen. Eine längere Behandlung erhöht diese Temperatur. Die Kombination vom Mischgut Bitumen – Kalkstein mit 50% Kaliumformiat zeigt den stärksten Effekt hinsichtlich der Erhöhung der Erweichungstemperatur. Nach einer Woche im Auftaumittel ist sie 21,4°C und nach einem Monat 27,5°C

Die Viskosität – Messungen mit dem Scherrheometer bei 40°C zeigen Zunahme der Viskosität. Grund dafür kann aber die Alterung sein. In den meisten Fällen haben die niedrigen Konzentrationen von Kaliumformiat und Kaliumacetat größere Wirkung auf die

Viskosität, als die höheren Konzentrationen. Dieser Studie ist es aber nicht gelungen, kritische Enteisungsmittelkonzentration zu bestimmen.

Laut der Autoren soll eine zukünftige Prüfung mehr Bitumenarten (auch PmB) enthalten, damit man mehr Information bekommen kann. Die Hauptprobleme, die mit Verlust der Haftung und dem Ablösen des Zuschlags vom Bitumen verbunden sind, können nicht mit viskoelastischen Abmessungen erklärt werden. Prüfungen für die Oberflächenspannung und für pH – Effekte müssen auch eingeschlossen werden.

2.6 Untersuchung der Wirkung der neuen Enteisungsmittel in China auf den Asphaltbeton von der Technischen Universität Tianjin, China

In diesem Kapitel wird der Report „Experimental Study on Asphalt Pavement Damage by Application of Acetate-base Deicer“ (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011) verwendet.

In China wurden zuerst Chlorid – basierte Enteisungsmittel verwendet. Damit man die Korrosion vermeidet, wurde auf Enteisungsmittel mit Harnstoff und Glykol, und Acetat/Formiat – basierte Enteisungsmittel gewechselt. Acetat/Formiat – basierte Enteisungsmittel sind umweltfreundlicher und effektiver. Mit der Verwendung der neuen Enteisungsmittel werden auch verschiedene Schäden der Asphaltschichten dokumentiert. Die Probleme sind dieselben wie in den USA und Europa gewesen.

Es werden Marshallprobekörper mit Bitumen 60/80 und Kalkstein als Zuschlag hergestellt.

2.6.1 **Zugversuch analog AASHTO T – 283**

Zuerst wird der Zugversuch analog AASHTO T – 283 (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) durchgeführt. Die Probekörper werden in der Enteisungsmittellösung bei 60°C für 7 Tagen eingetaucht. Vakuumsättigung wird verpasst. Die Frost – Tau – Zyklen entfallen und keine trockenen Probekörper werden getestet. Die Zugfestigkeit wird festgestellt und dann die untenstehende Formel verwendet.

$$\mathrm{TSR/D} = \frac{(\mathrm{ITS})_{\mathrm{Deicer}}}{(\mathrm{ITS})_{\mathrm{Water}}} \times 100\% \qquad (7)$$

(ITS)Deicer ist die Zugfestigkeit(MPa) der Probekörper in Enteisungsmittel und (ITS)Water ist die Zugfestigkeit(MPa) der Probekörper in Wasser.

Dieser Versuch hat zwei Teile. Der erste Teil umfasst der Effekt von verschiedenen Enteisungsmittellösungen und der zweite Teil umfasst der Effekt eines verschiedenen Bitumengehalts.

Im ersten Teil werden dieselben Bitumen und Zuschlag und vier Auftaumittellösungen verwendet. In Abbildung 23 sind die Ergebnisse zusammengefasst. Mit der Zunahme der Konzentration nimmt die Zugfestigkeit ab.

Im 2. Teil werden Probekörper mit Bitumengehalt von: 3,9%, 4,2%, 4,5% geprüft. Höherer Bitumengehalt heißt höhere Zugfestigkeit. Dieses Phänomen ist offensichtlicher bei höheren Konzentrationen.

Bei einer Zugfestigkeit unter 80% wird von Auftaumittel – bezogenen Schäden gesprochen.

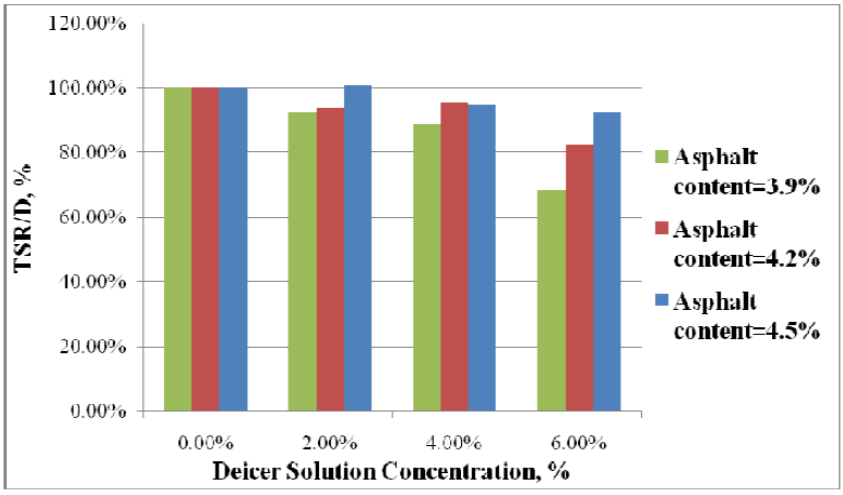


Abbildung 23: Ergebnisse von den beiden Teilen des Zugsversuchs (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011)

2.6.2 Aqueous Solution Test

In diesem Versuch wird das Bitumen in verschiedenen Konzentrationen bei verschiedenen Temperaturen getestet. Das Ziel ist zu beweisen, dass das Natriumacetat den Asphaltbeton emulgiert und diese Emulgierbarkeit mit der Auftaumittelkonzentration und Temperatur zunimmt. In Abbildung 24 ist das Schema des Systems.

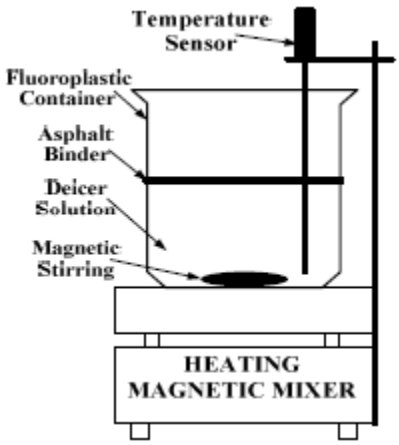


Abbildung 24: Schema des Versuchssystem (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011)

Die Ergebnisse zeigen aber, dass das Bitumen nicht emulgiert. In Abbildung 25 ist es leicht zu sehen, dass es keine Emulgierbarkeit sogar bei 80°C mit 40% Auftaumittelkonzentration vorhanden ist.

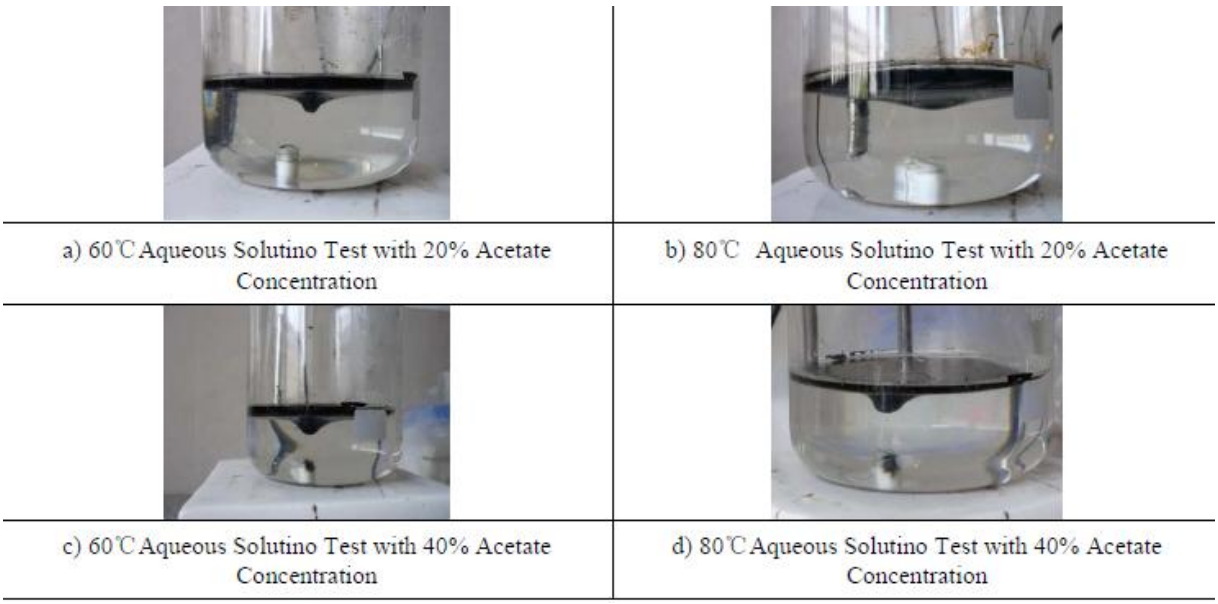


Abbildung 25: Aqueous Solution Test mit den verwendeten Temperaturen und Auftaumittelkonzentrationen. Die Fotos wurden nach 24 Stunden in der Lösung gemacht. (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011)

2.6.3 **Modifizirter Penetrationsversuch**

Dieser Versuch wird analog zum konventionellen Penetrationsversuch durchgeführt. Im Wasserbecken gibt es aber kein Wasser sondern Natriumacetat und das Bitumen wird in Natriumacetatbecken eingetaucht. Die Probe wird für einen Monat bei 25°C eingetaucht gelassen. Die Penetration wird vor dem Eintauchen im Natriumacetat und nach dem Eintauchen gemessen. Nach den Ergebnissen in Abbildung 26 ist festzustellen, dass mit der Zunahme der Konzentration des Auftaumittels die Penetration zunimmt.

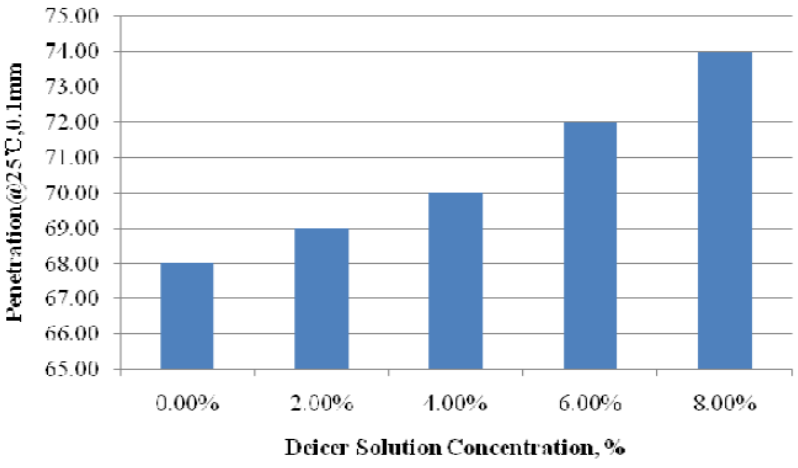


Abbildung 26: Ergebnisse von dem modifizierem Penetrationsversuch (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011)

2.6.4 **Zusammenfassung**

Nach dem Zugversuch analog AASHTO T – 283 (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) nehmen die Auftaumittel – bezogene Schäden mit der Zunahme der Auftaumittelkonzentration zu.

Gemäß dem „Aqueous Solution Test" findet kein Emulgieren statt. Das Emulgieren ist also kein Grund zu Mischungsauftrennung und Spannungen im Asphalt.

Nach dem modifizirten Penetrationsversuch nimmt die Penetration mit der Zunahme der Konzentration des Auftaumittels zu.

2.7 Beständigkeit der Betondecken an Flughäfen gegen Flugzeugenteisungsmittel (Wijoyo, 2007)

Die getesteten Flugzeugenteisungsmittel sind Typ 1 (ADF/de-icer) und Typ 4 (AAF/anti-icer). Typ 1 enthält 92% Ethylenglycol, 7.5% Wasser und 0.5% Zusatzstoffe. Typ 2 enthält 64% Ethylenglycol, 35% Wasser und Zusatzstoffe ≤ 1%.

Die Wirkung der Flugzeugenteisungsmittel auf den Beton wird durch mechanische, mikroskopische und analytische Versuche bestimmt.

Die Flugzeugenteisungsmittel verursachen keine Korrosion des Stahls bei Temperaturen bis 80°C. In Gegenwart von Zementleim verändert sich die Situation auch kaum.

Bei den Frost – Tau – Zyklen verursachen die Flugzeugenteisungsmittel unbedeutende Schäden, während in Gegenwart von Wasser die Oberflächenverwitterung erheblich ist. Dieselben Probekörper werden dann mit der Vierpunktbiegeprüfung getestet. Die Probekörper, ausgesetzt in Flugzeugenteisungsmittel, reagieren wie die Probekörper, ausgesetzt in Wasser, oder sogar besser.

Ein anderer Grund für Betonschäden sind die Alkali – Aggregat – Reaktionen, die zu Expansion und Mikrorisse führen. Die Versuche zeigen aber keine Expansion in Gegenwart von Flugzeugenteisungsmittel.

2.8 Beständigkeit der Betondecken an Flughäfen gegen Bodenenteisungsmittel (Kaliumacetat, Natriumacetat, Kaliumformiat und Natriumformiat). (Rangaraju, April 2007)

Anhand der modifizierten ASTM C 1260 und 1293 Versuchen werden Beobachtungen für die Längenänderung, den Elastizitätsmodul, die Mikrostruktur der Probekörper und die pH – Änderungen gemacht.

Kaliumacetat (KAc), Natriumacetat (NaAc) und Natriumformiat (NaFr) sind fähig schädliche Alkali-Kieselsäure-Reaktionen, die einer der Hauptgründe für die Betonschäden sind, in den Probekörper, die Kalkstein enthalten, auszulösen. Bei den Zuschlägen wie Ottawa Sand und Dolomit entstehen keine Alkali-Kieselsäure-Reaktionen. Kaliumacetat (KAc) ist das aggressivste Auftaumittel mit dem Kalkstein.

Die Zunahme des pH – Wertes in den Auftaumittellösungen ist wegen des Kontakts mit dem Zementleim in den Probekörpern einer der Hauptmechanismen, die Alkali-Kieselsäure-Reaktionen auslösen.

3. BESCHREIBUNG DER VERWENDETEN PRÜFVERFAHREN LAUT E-NORM

3.1 Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen laut EN 12697 – 11

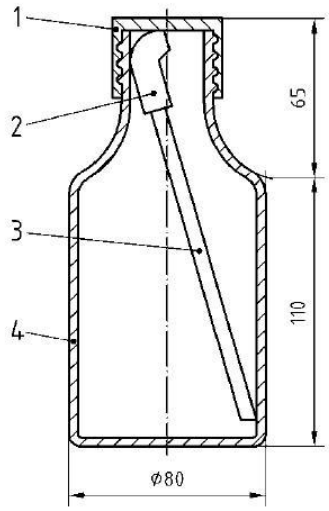
3.1.1 **Anwendungsbereich**

Dieses Verfahren bestimmt die Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen und damit die Anfälligkeit für das Ablösen des Bindemittels von der Gesteinskörnung. Die festgestellte Anfälligkeit ist ein indirektes Maß für das Haftvermögen dieses Bindemittels an verschiedenen Gesteinskörnungen oder für das Haftvermögen verschiedener Bindemittel an einer bestimmten Gesteinskörnung.

3.1.2 **Geräte**

Für die Erfüllung des Versuchs braucht man Prüfflaschen, Glasstäbe, Flaschen – Rollgerät. Die Glasstäbe sichern das mechanische Rühren verringern die Bildung von bitumenumhüllten Gesteinskörnungen Klumpen. Das Rollgerät muss mindestens 3 Flaschen gleichzeitig drehen. In Abbildung 27 sind die Flaschen, das Flaschen – Rollgerät, das Sichtglas, die man für die jeweilige Prüfung im Labor für Straßenwesen verwendet und die Abbildung 28 ist die detaillierte Beschriftung der Flasche.

Abbildung 27: Flaschen – Rollgerät und Sichtgläser mit Proben zu Bestimmung des Umhüllungsgrads



Maße in Millimeter

Legende

1 Schraubverschluss; Durchmesser der Flaschenöffnung (30 +-5)mm

2 Gummischlauch

3 Füllstand A (Flaschenhalsansatz)

4 Glasstab mit einem Durchmesser von (6 +-1)mm

Abbildung 28: Prüfflasche mit den ungefähren Maßen (EN 12697-11, 2005)

3.1.3 **Probenvorbereitung**

Man braucht 600g Gesteinskörnung (5/8, 8/11 oder 6/10). Es sind die 8/11 oder 6/10 vorzuziehen, weil sich keine Klumpen bilden und die visuelle Bestimmung des Umhüllungsgrades der Gesteinskörnung leichter ist. Die Gesteinskörnungen werden dann im Wärmeschrank bei einer Temperatur von (110 +-5)°C getrocknet.

Man braucht eine Bitumenmenge von (16,2 ± 0,2)g für 8/11 – mm – Gesteinskörnung, (17,0 ± 0,2)g für 6/10 und (18,0 ± 0,2)g für 5/8.

Man muss das Bindemittel und die Gesteinskörnung so vermischen, dass eine 100%ige Umhüllung gewährleistet ist. Dann ist das Mischgut sofort auf dem flachen Metalldeckel oder silikonbeschichteten Papier zu verteilen. Man muss dann sicherstellen, dass das Material in einzelne Körner verteilt ist. Das Mischgut ist für 12h bis 64h bei Umgebungstemperatur zu lagern.

Danach wird das Mischgut in drei Teile von (150±2)g geteilt. Die Flaschen füllt man mit destilliertem Wasser (5±2)°C bis zur Hälfte, dann kommt das Mischgut und dann wieder Wasser. Der Glasstab ist auch in der Flasche zugegeben.

3.1.4 **Durchführung**

Die Rotationsgeschwindigkeit wird auf folgender Weise bestimmt: Bei reinem Bitumen mit Penetration bei 25°C größer als 100 1/10mm muss die Rotationsgeschwindigkeit $40min^{-1}$± 10% sein. Bei härteren reinen Bindemittel mit Penetration bei 25°C kleiner oder gleich 100 1/10mm – $60min^{-1}$±10%.

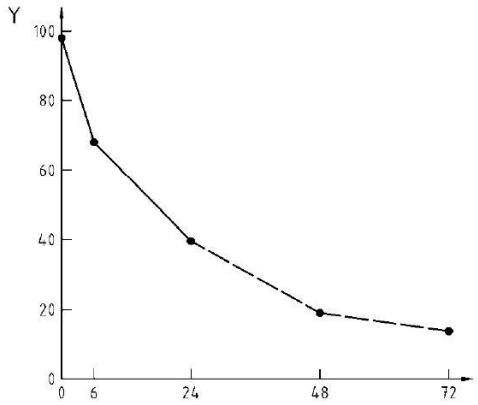
Die Prüfung führt man bei einer Raumtemperatur zwischen 15°C und 25°C aus. Die direkte Sonneneinstrahlung ist zu vermeiden.

Man hält das Gerät nach 6h±15min an. Man gießt das Wasser in ein Becherglas und die Gesteinskörnung wird in eine Prüfschale gegeben. Dann wird der Grad der Umhüllung

geschätzt. Die Gesteinskörnung wird in die Flasche zurückgegeben und das ursprüngliche Wasser ist zurückzufüllen. Gleich danach setzt man das Rollverfahren fort. Die Schritte sind nach (24±1)h und (48±1)h zu wiederholen.

Die visuelle Bestimmung der Umhüllung mit Bindemittel muss von zwei unabhängig voneinander ausgebildeten Prüfern durchgeführt werden. Für jede Rolldauer und Einzelprobe wird der Grad geschätzt und auf 5% gerundet. Der Mittelwert der Ergebnisse von den beiden Prüfern wird auch auf 5% gerundet. In Abbildung 29 ist die Darstellung der Ergebnisse gezeigt.

Bei einer Menge von mehr als 10% Gesteinskörnungsklumpen von der Gesamtzahl der Körner sind die Prüfergebnisse nicht gültig.



Legende

Y Grad der Umhüllung mit Bitumen (%)

X Rolldauer (h)

Abbildung 29:Beispiel für graphische Darstellung (EN 12697-11, 2005)

3.2 Treibstoffbeständigkeit EN 12697 – 43:2005

3.2.1 **Anwendungsbereich**

Das Prüfverfahren bestimmt die Treibstoffbeständigkeit von Asphaltmischgütern oder Fahrbahnbefestigungen aus Asphalt. Man lagert zuerst den Probekörper in Treibstoff. Man misst dann den Materialverlust.

3.2.2 **Prüfeinrichtung**

Mit der Stahlbürste in Abbildung 30 beansprucht man den Probekörper in einer Bürstprüfung mechanisch

- leistungsfähige Tassenbürste mit gekräuselten Drahtborsten aus angelassenem Stahl
- Außendurchmesser 60mm
- Innendurchmesser 30mm
- Trimmlänge: etwa 17mm. Durch das Bürsten verringert sich die Trimmlänge der Bürste. Beträgt die Trimmlänge weniger als 5mm, so muss die Bürste ausgetauscht werden

Abbildung 30:
Stahlbürste (EN 12697-11,

Zusätzlich sind weitere Einrichtungen nötig, damit die Stahlbürste zu dem Probekörper gedrückt wird, damit der Probekörper festgehalten werden kann und damit die nötige Rotationsbewegung beigebracht werden kann.

3.2.3 **Vorbereitung der Probekörper**

Drei zylindrische Probekörper sind pro Prüfung nötig. Falls man offenporigen Asphalt benutzt müssen die Probekörper einen Durchmesser von (150±2)mm und eine Höhe zwischen 40mm und 60mm haben. In allen anderen Fällen muss den Durchmesser 100±2mm und die Höhe zwischen 40mm und 60mm betragen.

Man kann das Asphaltmischgut zu Probekörpern nach EN 12697 – 30 oder EN 12697 – 31 verdichten oder Probekörper nach EN 12697 – 27 aus einer verdichteten Fahrbahnbefestigung des betreffenden Asphaltmischgutes bohren.

Man muss die Raumdichte der Probekörper nach EN 12697 – 6 bestimmen. Nach der Bestimmung der Raumdichte müssen die Probekörper 24h bei Raumtemperatur gelagert werden. Im Labor hergestellte Probekörper trocknen vor der Treibstofflagerung mindestens 5 Tagen bei Raumtemperatur.

3.2.4 **Durchführung**

Jeder Probekörper ist mit der Oberseite nach unten in ein Becherglas zu legen. Zwischen dem Probekörper und dem Boden des Becherglases befindet sich einen Glasstab (mit einem Durchmesser von 8mm und einer Länge von 70mm). Er verhindert den Eintritt von Luft zwischen dem Probekörper und dem Treibstoff. Die Probekörper müssen 35mm im Treibstoff eingetaucht werden. Ein Abstand von 10mm zwischen dem Probekörper und der Behälterwand muss gesichert werden.

Der in Treibstoff getauchte Probekörper ist 24h±30min bei Raumtemperatur (von 18°C bis 25°C). Falls ein polymermodifiziertes Bitumen verwendet wird, muss die Dauer der Treibstofflagerung 72h±30min betragen. Falls man Asphalte mit polymermodifiziertem Bitumen mit Asphalte mit Straßenbaubitumen vergleichen möchte, dann ist die Dauer 24h±30min.

Nach der Treibstofflagerung ist der Probekörper mit Wasser zu waschen. Das dauert bis der Säuregrad des Wassers pH (7,0±0,5) entspricht. Nach dieser Reinigung wird der Probekörper in einem belüfteten Wärmeschrank (24±2)h gelagert. Dann misst man die Masse m2.

Falls

$$\frac{\mathrm{m}_{1,i} - \mathrm{m}_{2,i}}{m_{1,i}} \times 100\% \geq 5\% \quad (1)$$

, dann werden keine weitere Prüfungen durchgeführt.

3.2.5 **Bürstprüfung**

Der Probekörper ist mit der eingetauchten Seite nach oben in dem Stahlzylinder mit mindestens 3 Keilen befestigt. Die zwischen der Bürste und dem Asphaltprobekörper wirkende Kraft muss (60±3)N betragen. Die Gesamtbürstdauer beträgt 120s und ist in drei Phasen geteilt: zwei Phasen von 30s und eine von 60s. Die Umdrehungszahl der Bürste beträgt 60U/min. Nach jeder Phase ist der Probekörper zu wiegen.

3.2.6 **Berechnung und Darstellung der Ergebnisse**

Die Prüfung wird an drei Probekörpern durchgeführt.

$$A_i = \frac{\mathrm{m}_{1,i} - \mathrm{m}_{2,i}}{m_{1,i}} \times 100 \quad (2)$$

$$B_i = \frac{\mathrm{m}_{2,i} - \mathrm{m}_{5,i}}{m_{2,i}} \times 100 \quad (3)$$

$m_{1,i}$die Anfangstrockenmasse des Probekörpers *i* vor der Treibstofflagerung, in Gramm (g);

$m_{2,i}$ die Masse des trockenen Probekörpers *i* nach der Treibstofflagerung, in Gramm (g);

$m_{5,i}$ die Masse des Probekörpers *i* nach der Treibstofflagerung und der 120s dauernden Bürstprüfung, in Gramm (g).

Kategorien der Treibstoffbeständigkeit:

a) hohe Beständigkeit gegenüber dem betreffenden Treibstoff: A ≤ 5% und B < 1%;
b) mittlere Beständigkeit gegenüber dem betreffenden Treibstoff: A ≤ 5% und 1% ≤ B ≤ 5%;
c) geringe Beständigkeit gegenüber dem betreffenden Treibstoff: A > 5% oder B > 5%

3.3 Widerstand gegen chemische Auftaumittel EN 12697 – 41

3.3.1 **Anwendungsbereich**

Das Verfahren bestimmt den Widerstand von Asphalt gegen chemische Auftaumittel. Es wird die Zugfestigkeit nach der Lagerung des Prüfkörpers in chemischen Auftaumittel festgestellt. Das Verfahren betrifft vor allem den Asphalt auf den Flugplätzen.

3.3.2 **Prüfeinrichtung**

Man braucht Vakuumexsikkator und Vakuumpumpe, die in 10min einen Druck von 6.7 kPa erreicht. Für den Zugversuch ist die Zugprüfmaschine, die die Zugkraft impulsfrei und senkrecht auf den Probekörper aufbringen kann, notwendig. In Abbildung 31 ist ein Beispiel für die Einrichtung für die Zugprüfung zu sehen.

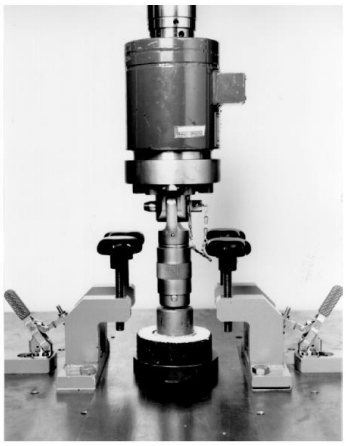


Abbildung 31: Beispiel für Grundplatte, Probekörper und Zugprüfmaschine (EN 12697 - 41, 2005)

3.3.3 **Vorbereitung der Probekörper**

Es wird eine Platte mit einem Walzenverdichtungsgerät hergestellt und vier Probekörper herausgebohrt. Die Alternativen sind Probekörper mit einem Marshall – Verdichtungsgerät nach EN 12697 – 30 oder mit einem Gyrator – Verdichter nach EN 12697 – 31 oder mit einem Vibrationsverdichter nach EN 12697 – 32 zu verdichten.

Die Probekörper kühlen auf Raumtemperatur ab und werden mit wasserfester Kennnummer gekennzeichnet. Man bestimmt die Raumdichte jedes Probekörpers und später werden zwei Gruppen von dennen gebildet (eine feuchte und eine trockene Gruppe).

Die Probekörper werden auf zwei Teile gesägt. Eine der Hälfte ist für die feuchte Gruppe und die andere für die trockene. In der Mitte der beiden gesägten Oberflächen wird einen Nut mit einem Durchmesser von (50 ± 2)mm und einer Tiefe von (5 ± 1,5)mm herausgebohrt, was in Abbildung 32 zu sehen ist. Dann werden die Probekörper für mindestens drei Tage bei einer Umgebungstemperatur von (23 ± 2)°C gelegt. Den Prüfstempel klebt man mit Epoxidharzklebstoff. Diese härtet (20 ± 1)h bei (23 ± 2)°C aus.

Abbildung 32: Vorbereiteter Probekörper für Auftaumittelbeständigkeitsprüfung

3.3.4 **Durchführung**

Die Probekörper der trockener Gruppe werden bei einer Temperatur von (23 ± 2)°C gelagert. Die Probekörper der feuchten Gruppe werden in den Exsikkator gelegt und dann wird das Auftaumittel gegossen. Der absolute Druck ist 3h ± 10min bei (6,7 ± 0,3) kPa. Nach der Entnahme aus dem Exsikkator sind die Probekörper 70 Tage ± 1h bei einer Temperatur von (40 ± 2)°C in einem dicht geschlossenen Gefäß zu lagern. Die Probekörper müssen mit dem Prüfstempel nach oben gestellt werden und im chemischen Auftaumittel eingetaucht werden (20 bis 30mm über der Oberkante der Probekörper). Nach der Lagerung werden die Probekörper (20 ± 1)h auf die Prüftemperatur von (23 ± 1)°C klimatisiert.

3.3.5 **Prüfung**

Den Probekörper entnimmt man aus dem Auftaumittel und er wird direkt in der Zugprüfmaschine befestigt. Es wird eine zunehmende Zugkraft (200 ± 10)N/s bis zum Bruch aufgebracht. Die Prüftemperatur beträgt (23 ± 1)°C.

3.3.6 **Berechnung und Darstellung der Ergebnisse**

Formel zur Berechnung der Zugspannung:

$$\sigma = \frac{Fmax}{A} \tag{4}$$

σ die Zugspannung, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm^2);

Fmax die aufgezeichnete Höchstzugkraft, in Newton (N);

A die Fläche der Prüfoberfläche, in Quadratmillimeter (mm^2)

Falls die Differenz zwischen der mittleren Zugspannung und den Einzelwerten der Zugspannung in einer Gruppe größer als 20% ist, muss man den Versuch wiederholen.

Die nach der Lagerung im chemischen Auftaumittel verbliebene Festigkeit β wird mit der folgenden Gleichung berechnet:

$$\beta = \frac{\sigma_{feucht}}{\sigma_{trocken}} \times 100 \tag{5}$$

β die verbliebene Festigkeit nach der Lagerung in chemischem Auftaumittel, in Prozent (%);

σ_{feucht}das arithmetische Mittel der Zugspannung im feuchten Zustand, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm^2)

$\sigma_{trocken}$das arithmetische Mittel der Zugspannung im trockenen Zustand, in Newton je Quadratmillimeter (N/mm^2)

3.4 Beständigkeit gegen Frost– Tau – Wechsel in der Gegenwart von Salz (NaCl); EN 1367 – 6

3.4.1 **Anwendungsbereich**

Das Verfahren beurteilt die Frostbeständigkeit von Gesteinskörnungen bei Frost – Tau – Wechselbeanspruchung in Anwesenheit einer 1%igen Lösung von NaCl in Wasser. Das Verfahren wird mit groben Gesteinskörnungen durchgeführt.

3.4.2 **Prüfeinrichtung**

Man braucht eine Kältekammer mit Luftumwälzung. Die Kammer muss für Frost – Tau – Wechsel – Zyklen programmiert werden kann. Die Dosen in denen die Gesteinskörnung mit der Lösung gelagert werden, sind aus korrosionsbeständigem Blech mit einer Dicke von 0,6mm, einen Nennvolumen von 2000 ml, einem Innendurchmesser von 120mm bis 140mm und einer Höhe von 170mm bis 220mm. Man muss die Dosen mit Deckeln verschließen können.

3.4.3 **Probenahme**

Die bevorzugte Kornklasse ist im Bereich zwischen 8mm (d) und 16 (D). Wenn das nicht möglich ist, darf man auch eine Kornklasse von 4mm (d) bis 8mm (D) verwenden.

Tabelle 2: Masse der Einzelmessproben

Korngröße (d bis D) **mm**	**Masse der Einzelmessproben** **g**
8 bis 16	2 000
4 bis 8	1 000

3.4.4 **Durchführung**

Die Einzelmessproben müssen für (24 ± 1)h in den Dosen bei (20 ± 3)°C mit der Lösung gelagert werden. Die Überdeckung muss mindestens 10mm sein.

Die Dosen werden danach geschlossen und in den Kühlschrank gestellt. Der Abstand zwischen den Dosen und den Seitenwänden der Kammer darf nicht kleiner als 50mm sein.

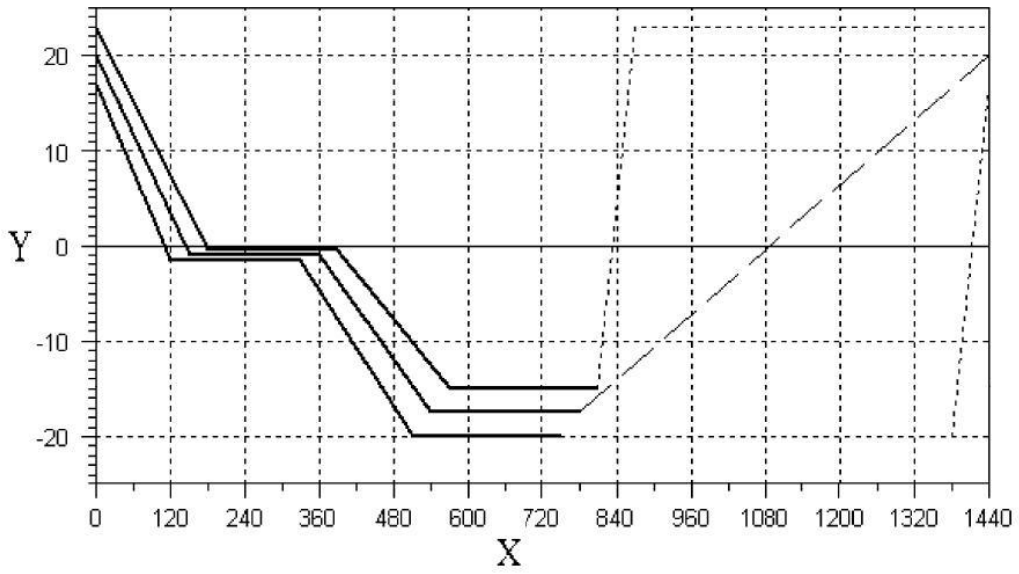
Es folgen 10 Frost – Tau – Wechsel:

a) die Temperatur ist innerhalb von (150 ± 30)min von (20 ± 3)°C auf (- 1,0 ± 0,5)°C abzusenken und dann (360 ± 30)min, vom Beginn des Prüfzyklus, bei (-1,0 ± 5)°C zu halten.
b) die Temperatur ist (540 ± 30)min nach dem Beginn des Prüfzyklus von (-1,0 ± 0,5)°C auf (-17,5 ± 2,5)°C abzusenken und dann mindestens 240 min lang bei (-17,5 ± 2.5)°C zu halten.

Falls man die Prüfung unterbrechen muss, während des Wochenendes z.B., müssen die Dosen bei (-17,5 ± 2,5)°C gehalten werden. Die Unterbrechung darf nicht länger als 72h sein.

c) In kleiner Phase darf die Lufttemperatur im Kälteschrank unter -22°C fallen
d) Nach Abschluss jeder Befrostung müssen die Dosen aufgetaut werden.
e) Nach Abschluss der Tauphase sind die Dosen für eine Dauer von höchstens 10h und für mindestens 1h bei (20 ± 3)°C zu halten. Jeder Frost – Tau – Wechsel muss innerhalb von 24h abgeschlossen werden.

Nach dem zehnten Wechsel wird der Inhalt der Dose gesiebt. Korngrößen von 8mm bis 16mm werden auf einen Analysensieb mit einer Lochweite von 4mm gesiebt. Der Siebrückstand ist bei (110 ± 5)°C bis zur Massenkonstanz zu trocknen. Nach dem Kühlen wird gewogen.



Legende

X Zeit (min)

Y Temperatur (°C)

Abbildung 33: Temperaturverlauf am (an den) Messpunkt(en) der Bezugstemperatur mit Toleranzgrenzen (EN 1367 - 6, 2008)

3.4.5 **Berechnung und Angabe der Ergebnisse**

Berechnen der Masse:

$$F = \frac{M_1 - M_2}{M_1} \times 100 \quad (6)$$

M_1 die Ausgangstrockenmasse der Einzelmessprobe, in g;

M_2 die Endtrockenmasse der Einzelmessprobe, die auf dem festgelegten Analysensieb zurückgeblieben ist, in g;

F der prozentuale Massenverlust der Einzelmessprobe nach der Frost – Tau - Wechselbeanspruchung.

F_{NaCl} Mittelwert der drei Einzelprüfergebnisse.

4. MATERIALBESCHREIBUNG

4.1 Bitumen

Bei den durchgeführten Versuchen werden zwei Arten von Bitumen verwendet. Ein Oxydationsbitumen 70/100 mit Laborcode B136. Das andere ist ein PmB 45/80-65 mit Laborcode B144.

Für beide Proben werden die Nadelpenetration, der Brechpunkt nach Fraaß und der Erweichungspunkt Ring und Kugel bestimmt. Für PmB 45/80-65 wird noch die elastische Rückstellung bestimmt. Die Ergebnisse sind in Tabelle 3 und Tabelle 4 dargestellt.

Tabelle 3: Ergebnisse für B144 (PmB45/80-65)

B144 (PmB45/80-65)					
Nadelpenetration		Erweichungspunkt Ring und Kugel		Brechpunkt nach Fraaß	
Messung 1	57,3 1/10mm	Messung 1	76,84 °C	Messung 1 (T0)	-21,60°C
Messung 2	55,2 1/10mm	Messung 2	77,84 °C	Messung 2 (T1)	-23,90°C
Messung 3	55,7 1/10mm				
Mittelwert	**56,0 1/10mm**	**Mittelwert**	**77,40 °C**	**Mittelwert**	**-22,75°C**

Elastische Rückstellung		
Messung	Probe1	Probe 2
Ausdehnung [cm]	20,00	20,00
Abstand d [cm]	17,30	17,50
Elastische Rückstellung RE [%]	86,50	87,50
Mittelwert	**87,00**	

Tabelle 4: Ergebnisse für B136 (70/100)

B136 (70/100)					
Nadelpenetration		Erweichungspunkt Ring und Kugel		Brechpunkt nach Fraaß	
Messung 1	80,4 1/10mm	Messung 1	45,21 °C	Messung 1 (T0)	-18,70°C
Messung 2	78,3 1/10mm	Messung 2	45,03 °C	Messung 2 (T1)	-19,50°C
Messung 3	82,4 1/10mm				
Mittelwert	**80 1/10mm**	**Mittelwert**	**45,2 °C**	**Mittelwert**	**-19,10°C**

4.2 Auftaumittel

4.2.1 **Safewing MP I 1938 ECO (80)**

Dieses Enteisungsmittel ist ein Flugzeugsenteisungsmittel und wird in der Datenbank des Labors als S160 bezeichnet. Die folgende Produktinformation ist von der Internetseite von Clariant Produkte (Deutschland) GmbH. In Abbildung 34 ist ein Flugzeug während der Enteisung mit Safewing MP I 1938 ECO (80) zu sehen.

Abbildung 34: Ein Flugzeug während der Enteisung (Clariant Produkte GmbH)

Safewing MP I 1938 ECO (80) ist eine auf Propylenglycol basierte Enteisungsflüssigkeit. Es hat die Fähigkeit das Wiederfrieren zu vermeiden und ist biologisch abbaubar, hat einen niedrigen Gehalt an Tensid und ist triazolfrei. Das Enteisungsmittel wird durch Sprühen aufgebracht. Die Benetzungsfähigkeit ist laut Hersteller sehr gut und das ist die Ursache warum das Wiederfrieren vermieden wird. In Tabelle 5 sind die Eigenschaften des Produkts zusammengefasst und in Abbildung 35 ist das Auftaumittel in Laborbedingungen zu sehen.

Tabelle 5: Eigenschaften

Chemische Zusammensetzung	80% wässrige Propyläen - Glykol Lösung mit Korrosionsschutzzusätze
Aussehen	Orange Flüssigkeit
pH	8,0 – 9,5
Dichte (20°C)	1,035 – 1,055
Gefrierpunkt (1:1 mit Wasser)	< - 20°C
Kinematische Viskosität	19 – 24 mm^2/s
Lösung 70:30 mit Wasser	-33°C
Lösung 60:40 mit Wasser	-24°C
Lösung 50:50 mit Wasser	-13°C
pH für die obere 3 Lösungen	7,0 – 8,5

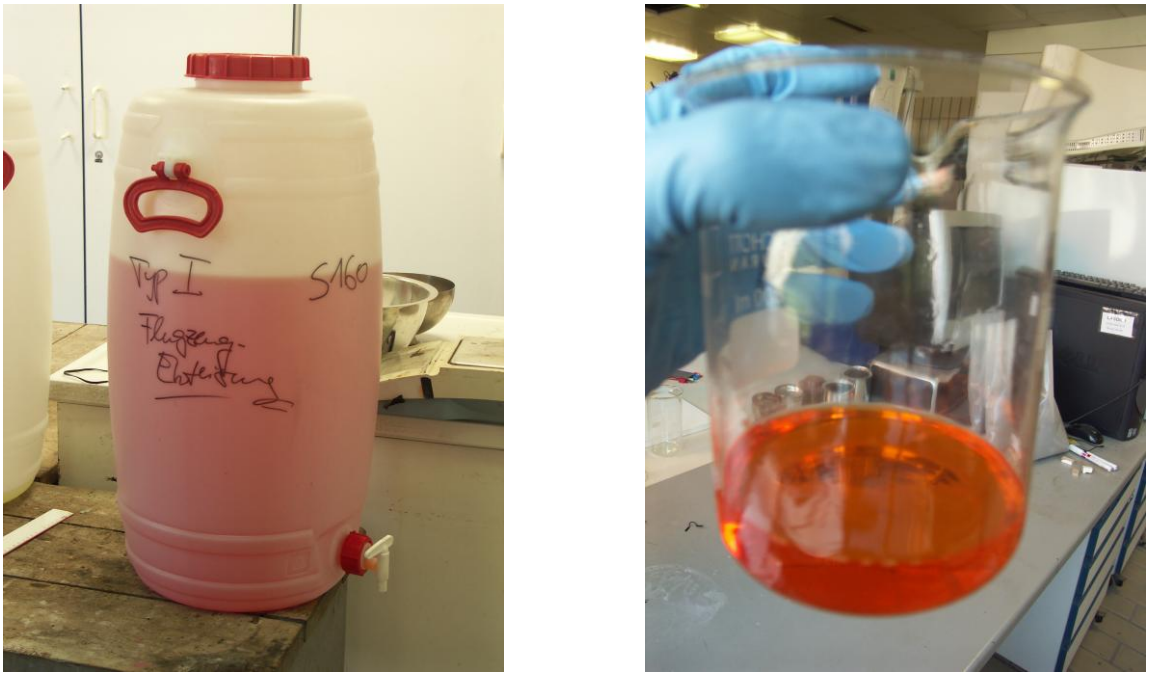


Abbildung 35: Behälter für Safewing MP I 1938 ECO (80) und Safewing MP I 1938 ECO (80) in einem Maßbecher

4.2.2 **Safewing MP III 2031 ECO**

Dieses Enteisungsmittel ist ein Flugzeugsenteisungsmittel und wird in der Datenbank des Labors als S161 bezeichnet. Die folgende Produktinformation ist von der Internetseite von Clariant Produkte (Deutschland) GmbH. In Abbildung 36 ist ein Flugzeug während der Enteisung mit Safewing MP III 2031 ECO zu sehen.

Abbildung 36: Ein Flugzeug während der Enteisung (Clariant Produkte GmbH)

Die Flüssigkeit kann mit den meisten konventionellen Spritzern verbreitet werden. Sie ist biologisch abbaubar, hat einen niedrigen Gehalt an Tensiden und ist triazolfrei.

Es basiert auf Propylenglycol und kann heiß oder kalt, verdünnt oder nicht verdünnt verbreitet werden.

Safewing MP III 2031 ECO lässt keinen Ruckstand auf dem Flugzeug nach der Verbreitung.

Das Produkt darf man nicht mehr als 70°C erhitzen. Er hat einen breiten Einsatzbereich und kann z.B. auch für LKWs verwendet werden.

In Tabelle 6 und Tabelle 7 sind die Eigenschaften des Produkts zusammengefasst. In Abbildung 37 und Abbildung 38 kann man leicht die hellgelbe Farbe der Flüssigkeit erkennen.

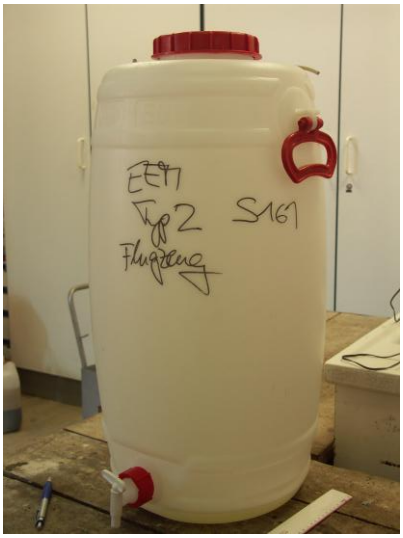
Tabelle 6: Eigenschaften (Clariant Produkte GmbH)

Chemische Zusammensetzung	50% Propylen - Glykol
Aussehen	Hellgelbe Flüssigkeit
pH	7,0 – 7,5
Viskosität bei 20°C Betriebsgrenzen Verkaufsspezifikationen	 30 – 325 mPas 175 – 325 mPas

Tabelle 7: Betriebstemperaturen (Clariant Produkte GmbH)

LOUT (Lowest Operational UseTemperature)	
Nicht verdünnte Flüssigkeit - Hochgeschwindigkeitsflugzeuge	-29°C
Nicht verdünnte Flüssigkeit - Niedriggeschwindigkeitsflugzeuge	-16,5°C
Verdünnte Flüssigkeit 75:25 mit Wasser	-14°C
Verdünnte Flüssigkeit 50:50 mit Wasser	-3°C

Abbildung 37: Enteisung mit Safewing MP III 2031 ECO (Clariant Produkte GmbH)



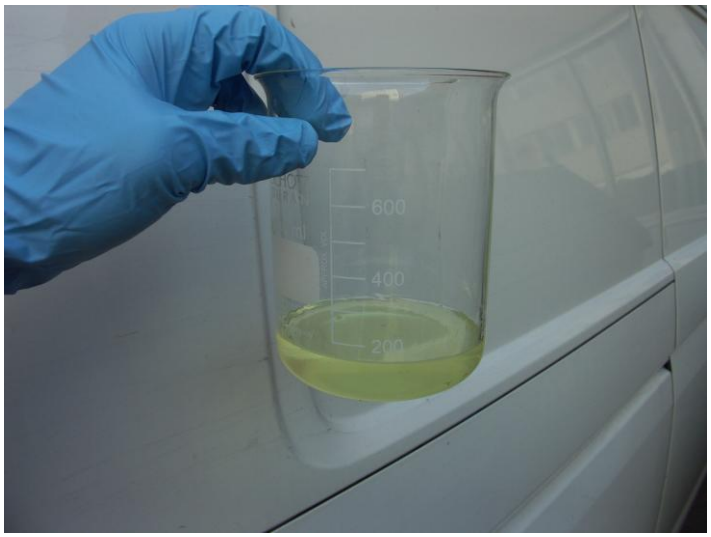


Abbildung 38: Behälter für Safewing MP III 2031 ECO (links) und Safewing MP III 2031 ECO (rechts)

4.2.3 **Safeway KF Hot Runway DE – ICER**

In der Labor Datenbank wird dieses Enteisungsmittel unter S162 gespeichert. Vom Flughafen Wien wurde das Sicherheitsblatt gemäß 2001/58/EG für dieses Mittel bereitgestellt. Laut dieses Sicherheitsblattes hat das Mittel die folgenden Eigenschaften:

Clariant GmbH ist der Hersteller. Die Enteisung ist die Einsatzart. Die chemische Charakterisierung ist eine wässerige Lösung von Kaliumformiat mit Korosionsinhibitoren. Falls er unbeabsichtigt freigesetzt wird, darf er nicht in die Kanalisation oder Gewässer gelangen.

Dieses Enteisungsmittel ist flüssig, farblos bis schwach gelblich. Es ist geruchlos. Der Gefrierpunkt ist ca. -41°C. Siedetemperatur ist ca. 115°C. Flammpunkt ist >110°C und die Zündtemperatur ist >550°C.

Bei einer Verdünnung von 55 Teilen Auftaumittel zu 1000 Teilen Wasser friert die Flüssigkeit bei -3°C.

Die Dichte ist 1,354g/cm^3 (20°C). Mischbar bei 20°C löst sich der Stoff in Wasser. In Fett ist die Löslichkeit nicht bestimmt. Die kinematische Viskosität ist 1 – 3 mm^2/s (20°C). In Abbildung 39 ist die Flüssigkeit in Laborbedingungen und in Abbildung 40 während der Enteisung zu sehen.

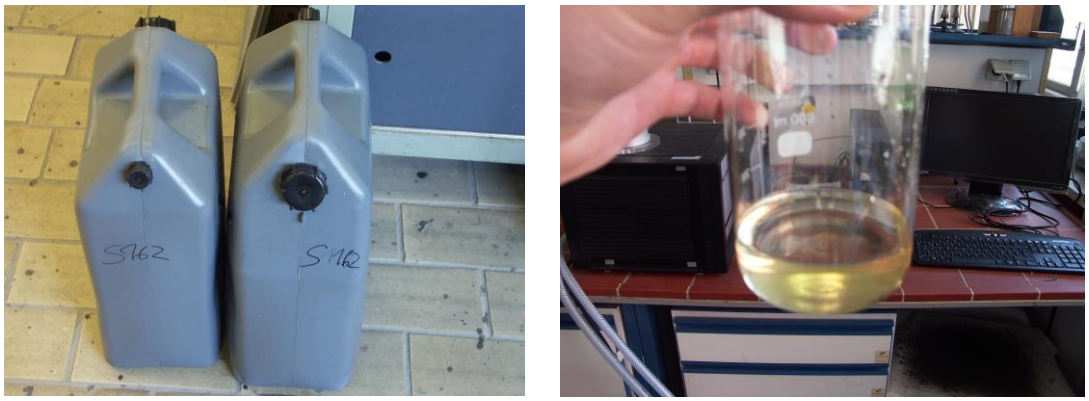


Abbildung 39: Behälter für das Enteisungsmittel S162 und das Enteisungsmittel

Abbildung 40: Enteisung mit Safeway KF HOT Runway De - Icer (Clariant Produkte GmbH)

4.2.4 **SAFEWAY SF RUNWAY DE – ICER**

In der Labor Datenbank wird dieses Enteisungsmittel unter S163 gespeichert. Vom Flughafen Wien wurde das Sicherheitsblatt gemäß 2001/58/EG für dieses Mittel bereitgestellt. Laut dieses Sicherheitsblattes hat das Mittel die folgenden Eigenschaften:

Clariant GmbH ist der Hersteller. Die Enteisung ist die Einsatzart. Die chemische Charakterisierung ist inhibiertes Natriumformiat. Ein gefährlicher Inhaltsstoff ist der Dinatriumetasilikat. Seine Konzentration ist < 5%. Bei einem Brandfall geeignete Löschmittel sind Wassersprühsalz und Schaum. Ungeeignet sind Löschpulver, Kohlendioxid und scharfer Wasserstrahl. Gefährlicher Rauchgas bei Brand ist der Kohlenmonoxid. Falls der Stoff unbeabsichtigt freigesetzt wird, muss man Staubbildung vermeiden und ihn nicht in die Kanalisation oder Gewässer gelangen lassen.

Dieses Enteisungsmittel ist fest, farblos bis weiß. Es hat einen schwachen Eigengeruch. Der Schmelzpunkt ist ca. 260°C. Die Selbstentzündungstemperatur ist >310°C.

Bei einer Konzentration von 3% im Wasser friert die Flüssigkeit bei -3°C.

Die Schüttdichte ist 941kg/m^3. Die Löslichkeit in Wasser ist ca. 450 g/l bei 20°C. In Fett ist die Löslichkeit nicht bestimmt. Der pH – Wert ist ca. 11,5 (20°C, 50 g/l). Bei einer Temperatur > 250 °C tritt die thermische Zersetzung auf. Gefährliche Reaktionen sind diese mit Säuren.

In Abbildung 41 ist der Produkt in Laborbedingungen und in Abbildung 42 während der Enteisung zu sehen.

Abbildung 41: Safeway SF Runway De – Icer

Abbildung 42: Enteisung mit Safeway Solid Runway DE – ICER (Clariant Produkte GmbH)

Der Produkt enthält keine Chloride, Nitrate oder Triazol. In Tabelle 8 und Tabelle 9 sind die Eigenschaften des Produkts dargestellt.

Tabelle 8: Eigenschaften (Clariant Produkte GmbH)

Chemische Zusammensetzung	>98% Natrium Formiat
Aussehen	unregelmäßige weiße Körnchen
Schüttdichte	55kg/m^3
Potenzielle biologische Abbaubarkeit	>90% (7 Tage)

Tabelle 9: De – Icing (Clariant Produkte GmbH)

Landebahnbedingungen	Temperatur >-6,67°C	<-6,67°C
Eis, Schneeglätte	0,91 – 1,81 kg / 92.9 m^2	1,81 – 3,63 kg / 92.9 m^2
Schnee, Schneefall	2,27 – 3,18 kg / 92.9 m^2	3,18 – 4,99 kg / 92.9 m^2
Eis, frierendes Regen	2,72 – 3,63 kg / 92.9 m^2	3,63 – 5,44 kg / 92.9 m^2
Vornässen mit Safeway KA oder Safeway KF kann die Wirksamkeit erhöhen.		

5. PRÜFPROGRAMM/LABORPRÜFUNGEN

5.1 Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen analog zu EN 12697 – 11

Diese Prüfung bestimmt die Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen und damit die Anfälligkeit für das Ablösen des Bindemittels von der Gesteinskörnung. In der Norm sind drei verschiedene Verfahren beschrieben, wobei das Flaschenrollverfahren am geeignetesten ist, die Affinität zu bestimmen. Die Durchführung des Versuchs erfolgt folgender Weise:

- Vorbereitung der Gesteinskörnung 8/11 (Aussieben und Trocknen bei 110°C)
- Mischen der Gesteine mit dem Bitumen bis alle Körner 100 % umhüllt sind.
- Abkühlen der umhüllten Gesteinskörner auf Umgebungstemperatur und Abtrennen jedes einzelnen Korns voneinander.
- Temperieren der Flüssigkeit auf ±5°C
- Gefüllt werden die Flaschen mit 150g umhüllten Körnern und der temperierten Flüssigkeit. Die Flaschen werden bei 20°C mit 60 Umdrehungen pro Minute bei einem Winkel von 10° gedreht. Nach 6, nach 24 und dann nach 48 Stunden wird der Umhüllungsgrad visuell von zwei Prüfern bestimmt, wobei dann der Mittelwert verwendet wird. Abbildung 43 zeigt das Flaschenrollgerät während des Versuchs und das Sichtglas bei der Bestimmung des Umhüllungsgrades.

Abbildung 43: Flaschenrollgerät (links) während der Prüfung mit S161 und das Sichtglas (rechts) mit der Probe (Porphyr 70/100 S161 nach 48 Stunden)

Der höhere Umhüllungsgrad zeigt ein besseres Haftverhalten des Bitumens am Gestein. Als Materialien für diesen Versuch verwendet man zwei Arten von Bitumen - ein konventionelles Oxidationsbitumen 70/100 (Laborcode B136) ohne Modifizierung und ein polymermodifiziertes Bitumen PmB 45/80 - 65 (Laborcode B144). Die beiden Bitumenarten werden häufig in Österreich für Deckschichten benutzt. Als Gestein stehen Granit und ein porphyritisches Gestein zur Verfügung. Der Granit ist ein saures Gestein und weist ein

schlechteres Affinitätsverhalten auf, während der Porphyr ein besseres Affinitätsverhalten zum Bitumen hat. In Tabelle 10 ist der Verlauf des Versuchs dargestellt.

Das Ziel ist die Beständigkeit gegen Auftaumittel mit der Hilfe vom Flascherollverfahren zu ermitteln. Der einzige Unterschied zur Norm ist die verwendete Flüssigkeit. Unsere Flaschen werden mit Auftaumittel gefüllt. Porphyr + 70/100 und Granit + 70/100 werden mit allen 4 Auftaumittel gefüllt. Porphyr + PmB 45/80 – 65 und Granit + PmB 45/80 – 65 werden nur mit den beiden Bodenenteisungsmittel (Safeway KF Hot Runway DE – ICER und Safeway SF Solid Runway DE – ICER) geprüft. Das Wasser wird als Referenz verwendet. Die Auftaumittel werden nicht verdünnt eingesetzt. Safeway SF Solid Runway DE – ICER löst man mit destilliertem Wasser bei maximaler Konzentration auf (450g/l).

Tabelle 10: Prüfplan für Prüfungen analog zu EN 12697 - 11

Bitumen	Gestein	Wasser	Safewing MP I	Safewing MP III	Safeway KF	Safeway SF
70/100	Porphyr	X	X	X	X	X
	Granit	X	X	X	X	X
PmB 45/80-65	Porphyr	X			X	X
	Granit	X			X	X

Die Bodenenteisungsmittel wurden zuerst aufgrund des Datenblattes und ihrer Anwendung als aggressiverer eingestuft. Deshalb wurde das Prüfprogramm mit Safeway KF Hot Runway DE – ICER und Safeway SF Solid Runway DE – ICER begonnen. Die Flugzeugsenteisungsmittel werden am Ende des Prüfprogramms geprüft, wobei das zu interessanten Ergebnissen führt.

5.2 Auftaumittelbeständigkeit analog zu EN 12697 - 43

5.2.1 **Probenvorbereitung und Probekörperherstellung**

a) Mischgut und Einwaage

Für diesen Versuch wird die Asphaltsorte AC 11 deck 70/100 verwendet. Es werden die Kornklassen 0/2, 2/4, 4/8 und 8/11 verwendet. Als Füller wird Fremdfüller der Sorte Kalksteinmehl gewählt. Es werden zwei verschiedene Zuschläge verwendet und nämlich porphyritisches Gestein und Granit. In Tabelle 11 und Tabelle 12 ist der Unterschied zwischen den Probekörper M002 und M003 zu sehen.

Tabelle 11: Einwaage M002

Einwaage M002			
	Laborcode	Bezeichnung	Massenanteil [%]
Bitumen	B136	70/100	5,30

Füller	F021	Kalksteinmehl	5,42
0 - 2	G562	Porphyr	35,98
2 – 4	G495	Porphyr	9,58
4 – 8	G529	Porphyr	23,29
8 - 11	G530	Porphyr	20,45

Tabelle 12: Einwaage M003

Einwaage M003			
	Laborcode	Bezeichnung	Massenanteil [%]
Bitumen	B136	70/100	5,30
Füller	F021	Kalksteinmehl	2,41
0 - 2	G552	Granit	36,41
2 – 4	G553	Granit	13,95
4 – 8	G554	Granit	14,24
8 - 11	G555	Granit	27,69

b) Marshall - Verdichter

Bei der Probekörperherstellung wurde nach ÖNORM EN 12697-35:2007 gemischt und im Marshall-Verfahren nach ÖNORM EN 12697-30:2007 verdichtet. In unserem Fall ist die Verdichtungstemperatur 135°C. Vor dem Verdichten muss man die Einrichtungen der Verdichtungsform Abbildung 44 (Aufsatz, Formzylinder, Formgrundfläche) im Trockenschrank bei 135°C vorheizen.

Abbildung 44: Erste 22 Marshallprobekörper während des Abkühlens (links) und dann im Wasserbad für die Raumdichtebestimmung (rechts)

5.2.2 **Prüfplan/Prüfverfahren**

Für diesen Versuch werden 32 Probekörper verwendet.

Man braucht 16 Marshallprobekörper mit dem Zuschlag Granit und 16 mit Porphyr.

Der Unterschied dieses Versuchs zur Prüfung der Treibstoffbeständigkeit ist, dass man statt Treibstoff verschiedene Auftaumittel verwendet und die Prüftemperatur bei diesem Alternativversuch 40°C statt 25°C beträgt. Diese höhere Temperatur wird gewählt, weil das Auftaumittel weniger aggressiv als der Treibstoff ist.

Die Probekörper M003 A - D, und M002 A - D werden in einer 30%er Lösung von Safeway SF in Wasser gelagert.

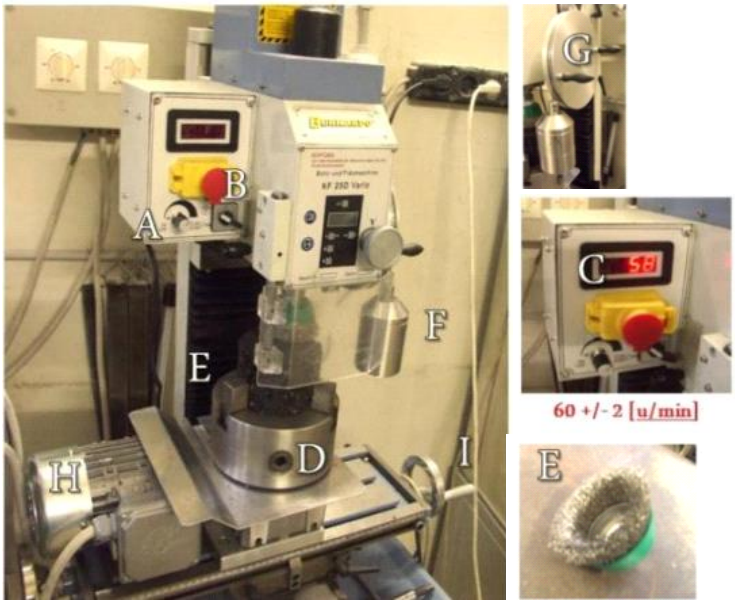
Probekörper M003 M – P und M002 M – P werden in dem nicht verdünnten Auftaumittel Safeway KF gelagert. Probekörper M003 I - L, M002 I - L und Probekörper M003 E - H, M002 E - H werden ebenfalls in dem nicht verdünnten Auftaumittel Safewing MP III beziehungsweise Safewing MP I gelagert.

Abbildung 45: Gefäße mit verschiedenen Auftaumitteln und den Probekörpern in dem Temperier Schrank (links) und die Probekörper im Gefäß mit Safeway SF (rechts)

Als Lagerungsdauer werden vor der Prüfung 7 Tage bestimmt. Die Probekörper werden in Gefäße gestellt, in jedem Gefäß je 8 Probekörper (Abbildung 45). In Auftaumitteln werden die Probekörper in einer Tiefe von 35 mm eingetaucht. Dann stellt man alles in den Temperier Schrank bei 40°C (Abbildung 45).

Nach sieben Tagen gab es äußerlich keine Veränderungen auf den Probekörper, deshalb wird die Entscheidung getroffen die Probekörper noch 5 Tagen zu lagern. Nach dem zwölften Tag werden je Gefäß 2 Probekörper genommen und geprüft (M003 O, M002 O, M003 H, M002 H, M003 D, M002 D, M003 L, M002 L).

Die Prüfung erfolgt laut EN 12697 – 43:2005 (Treibstoffbeständigkeit). Nach der Auftaumittellagerung ist der Probekörper mit Wasser zu waschen. Nach dieser Reinigung wird der Probekörper in Raumtemperatur (24+-2)h gelagert. Dann misst man die Masse m_2.



A digitale Drehzahlregelung
B Notabschaltung
C Geschwindigkeitsanzeige
D Spannbacken
E Pinsel nach EN 12697-43
F Gewicht bei Umlenkrolle

G Umlenkrolle
H Motor für Spannbacken
I Handrad für Position auf die Spannbecken für epizyklische Bewegung

Abbildung 46: Verbesserte Bürstprüfmaschine

Der Probekörper ist mit der eingetauchten Seite nach oben in der Bürstprüfmaschine (Abbildung 46) in dem Stahlzylinder mit mindestens 3 Keilen befestigt. Die zwischen der Bürste und dem Asphaltprobekörper wirkende Kraft muss (60+-3)N betragen. Die Gesamtbürstdauer beträgt 120s und ist in drei Phasen geteilt: zwei Phasen von 30s und eine von 60s. Die Umdrehungszahl der Bürste beträgt 60U/min. Nach jeder Phase ist der Probekörper zu wiegen.

Die Prüfung wird drei Mal geführt. Das heißt, dass man drei Probekörper aus demselben Material prüfen muss, die in demselben Auftaumittel gelagert wurden.

Nach weiteren 10 Tagen werden alle Probekörper vom Temperier Schrank herausgenommen. Alle werden gewaschen, in Raumtemperatur für 24h konditioniert und dann gebürstet.

5.3 Auftaumittelbeständigkeitsversuch analog zu EN 1367 – 6 (Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel) in Verbindung mit der Bürstprüfung nach EN 12697 – 43 (Treibstoffbeständigkeit)

Dieser Versuch wird als einer näher der tatsächlichen Beanspruchung des Asphaltmischgutes am Flughafen durchgeführt. Marshall – Probekörper aus Asphaltmischgut werden einer Frost – Tau – Wechsel Prüfung analog zu EN 1367 – 6 mit 10 Frost – Tau – Wechseln unterzogen und anschließend mit der Bürstprüfmaschine mechanisch beansprucht.

Die EN 1367 – 6 Prüfung der Frost – Tau – Wechsel Beständigkeit von Gestein wird normalerweise unter Anwesenheit von Natriumchlorid (NaCl) durchgeführt. Dabei wird die Probe in 1%-iger NaCl – Lösung gelagert und im Temperier – Schrank (Abbildung 47) 10 Mal

von +20°C aud -17,5°C abgekühlt und wieder aufgetaut. In unserem Versuch werden anstatt einzelnen Gesteinskörnern Marshall – Probekörper und anstatt NaCl Taumittel verwendet.

Um die Methode beispielhaft zu prüfen, wurde AC 11 deck 70/100 mit Granit als Zuschlag hergestellt.

Abbildung 47: Die Kolben mit den Probekörpern im Temperier – Schrank.

Die ersten Marshall – Probekörper M004 A – F werden mit der Flüssigkeit bedeckt und mit 10 Frost – Tau - Wechseln ausgesetzt. Die Entscheidung, die Probekörper voll zu bedecken, wird anhand EN 1367 – 6 getroffen.

Die Probekörper M004 B, M004 C und M004 F werden in Auftaumittel gelagert und Probekörper M004 A, M004 D und M004 E in destilliertem Wasser. Das Wasser wird als Referenz verwendet. Als Auftaumittel wird Safeway KF (S162) in einer 5,5%-igen Lösung benutzt. Diese Konzentration wird vom Hersteller angegeben und im Laufe des Versuchs sieht man leicht, dass die Flüssigkeit völlig friert. In Abbildung 48 sind zwei Probekörper bzw. vor und nach dem Versuch gezeigt.

Abbildung 48: Probekörper M004 C vor dem Frost – Tau – Zyklen (links) und Probekörper M004 A am Ende des Versuchs (rechts)

Nachher werden weitere Marshall – Probekörper geprüft. Diese werden aber nur 35mm vom unteren Rand mit der relevanten Flüssigkeit bedeckt (Abbildung 49). Diese 35mm Bedeckung ist analog der Bedeckung nach EN 12697 – 43 (Treibstoffbeständigkeit). Die Probekörper M005 A –D werden in destilliertem Wasser und M005 E - H in 5,5%-er Lösung Safeway KF (S162) getaucht.

Abbildung 49: Die Probekörper nach dem Waschen. Hier ist die orange Linie zu sehen die 35mm vom unteren Rand ist und die Bedeckung mit der Flüssigkeit aufweist.

Im Züge der Literaturrecherche wurde festgestellt **(APPENDIX A: Details on Aircraft Deicing Chemical Usage)**, dass die verschiedenen Kombination von den Auftaumitteln bei den Frost – Tau – Wechsel – Zyklen schädlicher sind. Die Flugbetriebsflächen werden zum Beispiel im Winter mit Bodenenteisungsmittel bearbeitet gleichzeitig werden die Flugzeuge mit Flugzeugenteisungsmittel gespritzt. Das Flugzeugsenteisungsmittel gelangt dann auf den Boden und nimmt an den Frost – Tau – Zyklen teil. Laut dem Autor des Artikels (Joe Forbes) sind die verschiedenen Kombinationen von Enteisungsmittel während der Frost – Tau – Zyklen schädlicher, als wenn nur ein Enteisungsmittel anwesend ist. Aus diesem Grund werden einige zusätzliche Versuche mit Marshall – Probekörper durchgeführt. Es werden Probekörper, die laut EN 12697 – 43 geprüft sind, verwendet. Probekörper M003 K, M003 I und M003 J wurden bei der Treibstoffbeständigkeit in Safewing MP III (S161) gelagert und während der Frost – Tau – Wechsel – Zyklen beziehungsweise in Safewing MP III, Safewing MP I und Safeway KF geprüft. Probekörper M003 I wird nach den ersten 10 Frost – Tau – Wechseln noch mit 10 Frost – Tau – Wechseln aber in Safeway SF beansprucht (Tabelle 13).

Probekörper M003 B wurde in Safeway SF bei der Treibstoffbeständigkeit gelagert und dann 10 Frost – Tau – Wechsel - Zyklen in Safewing MP III und dann noch 10 Zyklen in Safewing MP III. Probekörper M003 G wurde in Safewing MP I und dann in Safeway SF und Safeway KF beansprucht und Probekörper M003 als letztes in Safeway KF bei der Treibstoffbeständigkeit und 20 Zyklen in Safewing MP I.

Tabelle 13: Die Probekörper mit den verschiedenen Enteisungsmittel

Probekörper	M003 K	M003 I	M003 J	M003 B	M003 G	M003 N
Treibstoffbeständigkeit	S 161	S161	S161	S163	S160	S162
10 Frost - Tau – Wechsel - Zyklen	S161	S160	S162	S161	S163	S160
10 Frost - Tau – Wechsel - Zyklen		S163		S161	S162	S160

Laut EN 12697 – 43:2005 (Treibstoffbeständigkeit) ist der Probekörper mit Wasser zu waschen (Abbildung 50). Nach dieser Reinigung wird der Probekörper in Raumtemperatur (24+-2)h gelagert. Dann misst man die Masse m_2.

Abbildung 50: Waschen des Probekörpers nach dem Frost – Tau – Wechsel - Zyklen

Der Probekörper ist mit der eingetauchten Seite nach oben in der Bürstprüfmaschine (Abbildung 46) in dem Stahlzylinder mit mindestens 3 Keilen befestigt. Die zwischen der Bürste und dem Asphaltprobekörper wirkende Kraft muss (60+-3)N betragen. Die Gesamtbürstdauer beträgt 120s und ist in drei Phasen geteilt: zwei Phasen von 30s und eine von 60s. Die Umdrehungszahl der Bürste beträgt 60U/min. Nach jeder Phase ist der Probekörper zu wiegen.

Die Prüfung wird drei Mal geführt. Das heißt, dass man drei Probekörper aus demselben Material prüfen muss, die in demselben Auftaumittel gelagert wurden.

5.4 Widerstand gegen chemische Auftaumittel EN 12697 – 41

EN 12697 – 41 ist die anerkannte Norm für die Taumittelbeständigkeit und der Prüfablauf ist völlig nach dieser Norm.

Zuerst werden die Probekörper mit dem Marshall – Verdichtungsgerät nach EN 12697 – 30 hergestellt. Die Probekörper kühlen bei Raumtemperatur ab und werden mit wasserfester Kennnummer gekennzeichnet. Man bestimmt die Raumdichte jedes Probekörpers und später werden zwei Gruppen von dennen gebildet (eine feuchte und eine trockene Gruppe). Von einem Marshall – Probekörper bekommt man zwei Probekörper. Eine der Hälfte ist für die feuchte Gruppe und die andere für die trockene.

Die Probekörper werden auf zwei Teile gesägt und in der Mitte der beiden gesägten Oberflächen wird einen Nut mit einem Durchmesser von (50 ± 2)mm und einer Tiefe von (5 ± 1,5)mm herausgebohrt, was in Abbildung 52 zu sehen ist. Für die nachfolgende Prüfung auf Zug ist es sehr wichtig, diese Nut genau in der Mitte zu bohren. Deshalb wurden vier Punkten vor dem Bohren auf der gesägten Oberfläche gezeichnet, die die gewünschte Genauigkeit sichern (Abbildung 51). Für die Herstellung der Nut wird eine Bohrmaschine verwendet. (Abbildung 52).

Abbildung 51: Zeichnen des Nutes auf der gesägten Oberfläche

Abbildung 52: Die Bohrmaschine (links) und die Probekörper mit dem hergestelltem Nut (rechts)

Es werden 18 Probekörper hergestellt. Zwei von denen werden als Probe für das Bohren verwendet, alle andere werden dann später laut Norm geprüft.

Nach dem Bohren werden die Probekörper für mindestens drei Tage bei einer Umgebungstemperatur von (23 ± 2)°C gelegt. Dann werden die Grundplatten beziehungsweise die Prüfstempel geklebt. Für das Kleben wird ein 3 Komponenten Klebstoff verwendet. Die Abbildung 53 zeigt die Probekörper beim Kleben.

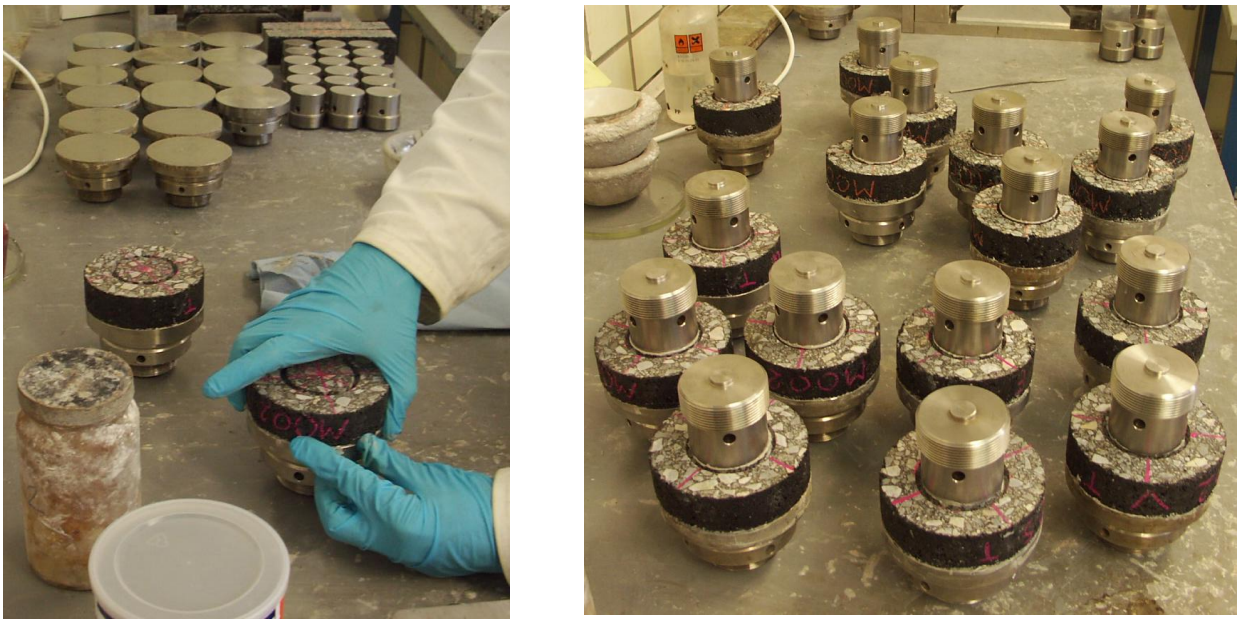


Abbildung 53: Das Kleben der Grundplatte (links) und schon geklebten Prüfstempel und Grundplatten

Nach dem Kleben wird gewartet bis der Klebstoff erhärtet. Die Probekörper der trockener Gruppe werden bei einer Temperatur von (23 ± 2)°C gelagert. Die Probekörper der feuchten Gruppe werden für 3 Stunden in den Exsikkator beim absoluten Druck von 6.7 kPa oder 67mbar gelegt (Abbildung 54).

Abbildung 54: Die Probekörper im Exsikkator

Nach der Entnahme aus dem Exsikkator sind die Probekörper 70 Tage ± 1h bei einer Temperatur von (40 ± 2)°C in einem dicht geschlossenen Gefäß in dem Auftaumittel

gelagert. Die Probekörper werden mit dem Prüfstempel nach oben gestellt und im chemischen Auftaumittel 20 bis 30mm über der Oberkante eingetaucht. Das verwendete Auftaumittel ist Safeway KF (S162).

Nach 70 Tagen entnimmt man den Probekörper aus dem Auftaumittel und er wird direkt in der Zugprüfmaschine befestigt. Es wird eine zunehmende Zugkraft (200 ± 10)N/s bis zum Bruch aufgebracht. Die Prüftemperatur beträgt (23 ± 1)°C.

5.5 Beständigkeit gegen Frost– Tau – Wechsel in der Gegenwart von Auftaumittel analog EN 1367 – 6:2008

Parallel zu den Versuchen für die Bestimmung der Beständigkeit des Asphaltmischgutes gegen verschiedene Auftaumittel werden auch Versuche für die Bestimmung der Beständigkeit von Gesteinen gegen Auftaumittel durchgeführt. Als ein alternativer Versuch analog EN 1367 – 6 mit Anwendung von chemischen Auftaumitteln wird er im Rahmen der Diplomarbeit durchgeführt.

Das geprüfte Material ist aus dem Steinbruch Solosnica in der Slowakei. Dieses Gestein wurde für die schon existierende Befestigung am Flughafen Wien verwendet. Es wird angenommen, dass es Nebenbestandteile dieses Zuschlags gibt, die nicht beständig gegen Frost – Tau – Wechsel in der Gegenwart von Auftaumittel sind.

Zuerst werden von dem am Flughafen verwendeten Splitt 11/16 die Nebenbestandteile von dem Hauptbestandteile identifiziert. Es wird festgestellt, dass diese repräsentative Probe des Materials in vier Nebenbestandteilen und einem Hauptbestandteil aufgeteilt werden kann. Die ganze Probe, die aussortiert wird, beträgt etwa 144kg.

Tabelle 14: Der Hauptbestandteil und die Nebenbestandteile in %

G 551	Prozentueller Anteil von G567	Prozentueller Anteil von G566	Prozentueller Anteil von G568	Prozentueller Anteil von G569
%	%	%	%	%
78,15	6,8	9,4	4,3	1,3

In Tabelle 14 sind die aussortierten Nebenbestandteile in Prozenten gezeigt:

- 9,4 M% oder 13,5 kg auf Nebenbestandteile, die im Vergleich zum Hauptbestandteil grünlichere Oberfläche aufweisen (laborinterner Code G566)
- 6,8 M% oder 9,9 kg auf Gestein, das im Vergleich zum Hauptbestandteil rötliche Oberflächenanteile aufweist, die im feuchten Zustand teils deutlicher sichtbar werden (laborinterner Code G567)
- 4,3 M% oder 6,2 kg auf Nebenbestandteile, die entweder oberflächlich angewittert sind oder an der Oberfläche andere mineralische Bestandteile aufweisen (laborinterner Code G568)
- 1,3 M% oder 1,9 kg auf Anteile, die dem Augenschein nach mineralogisch anders aufgebaut sind als die Hauptbestandteile (laborinterner Code G569)

Die restlichen 78,2 M% sind Hauptbestandteile (laborinterner Code G551).

Abbildung 55: Hauptbestandteile des Splitts 11/16 Solosnica

Abbildung 56: Nebenbestandteile des Splitts 11/16 Solosnica: G566 (oben links), G567 (oben rechts), G568 (unten links), G569 (unten rechts)

Abbildung 55 zeigt die Hauptbestandteile (G551) und in Abbildung 56 sind die Nebenbestandteile zu sehen. Jede Gesteinsgruppe wird getrennt analog EN 1367 – 6 in der Gegenwart von Safeway SF (S163) geprüft. Der Granit und der Porphyr werden zusätzlich mit Wasser geprüft. Laut der Norm verwendet man eine 3%-ige Lösung von NaCl. Der Gefrierpunkt dieser Lösung ist -3°C. Vor dem Starten des Versuchs musste man die Lösung von Safeway SF finden, die auch -3°C als Gefrierpunkt hat. Von dem Enteisungsmittel wurden eine 1, 2, 3 und 4%ige Lösung hergestellt und bei -3°C für mehr als 12 Stunden gelagert. Es wurde festgelegt, dass die Frost-Tauwechsel ebenfalls mit einer 3%igen Lösung durchgeführt werden. In Abbildung 57 sind die Proben mit den verschiedenen Konzentrationen zu sehen.

Die verschiedenen Gesteinsarten werden in Aluminiumkübel geprüft. In jedem Kübel teilt man 2kg von der Gesteinsart. Die Kübel werden mit der 3%igen Lösung gefüllt und für 24 Stunden in Raumtemperatur gelassen. Nachher werden alle Kübel in den Temperierschrank gestellt und das Programm für die 10 Frost – Tau - Wechsel gestartet (Abbildung 33).

Abbildung 57: Die verwendeten Proben für die Bestimmung der Konzentration der Auftaumittel

Für die Haupt- und Nebenbestandteile gemäß EN 1367-6 wird eine 3-fache Bestimmung vorgesehen. Die Prüfung wird 3 Mal wiederholt, sodass insgesamt 30 Frost-Tau-Wechsel durchgeführt werden. Für die Gesteine Porphyr und Granit wird jedoch nur ein einfacher Frost-Tau-Wechsel Versuch mit 10 Wechseln durchgeführt. Die beiden Gesteine werden nicht nur mit Safeway SF, sondern auch mit Wasser geprüft. In Abbildung 58 sind die Kübel mit der Probe nach der Prüfung in dem Temperierschrank zu sehen. Das Eis an der Oberfläche ist noch nicht aufgetaut.

Abbildung 58: Die Kübel mit den Proben nach den Frost – Tau - Wechseln

Nach jedem 10. Frost-Tau-Wechsel wird der Masseverlust bestimmt, indem die Proben am 5,6 mm Analysesieb abgesiebt werden und der Rückstand ermittelt wird. Bestandteile, die durch das 5,6 mm Sieb wandern, werden als Verlust bezeichnet. Der Rückstand wird auch gesammelt. Dafür dient das 0,063mm Sieb unter dem 5,6mm Sieb.

Nach dem Sieben werden alle Gesteine getrocknet, dann gewogen und so werden die Massenverluste bestimmt.

6. ERGEBNISSE

6.1 Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen analog zu EN 12697 – 11

Abbildung 59 und Abbildung 60 zeigen die Ergebnisse der Affinitätsuntersuchungen in vier Diagrammen. In Abbildung 59 sind die Ergebnisse für das Bitumen 70/100 dargestellt. In diesem Fall wurden alle Enteisungsmittel verwendet. Auch eine Prüfung mit Wasser wurde durchgeführt. Das linke Diagramm enthält die Daten für das Gestein Porphyr mit dem Bitumen 70/100. In Blau ist die Affinität mit Wasser, in Rosa die Affinität mit Safewing MP I, in Grün mit Safewing MP III, in Rot mit Safeway KF und in dunkel Blau mit Safeway SF eingetragen. Es ist leicht zu sehen dass die Versuche mit Wasser, Safewing MP I, Safeway KF und Safeway SF ähnliche Ergebnisse aufweisen. Nach 48 Stunden hat der Bedeckungsgrad nämlich Werte von 45% bei Safeway KF bis 58,5% bei Safewing MP I. In dieser Gruppe liegt der höhste Bedeckungsgrad bei Safewing MP I, dann kommen Safeway SF, Wasser und Safeway KF. Der Bedeckungsgrad bei Safewing MP III ist 20%. Das ist der niedrigste Wert. Also ist Safewing MP III die aggressivste Flüssigkeit bei diesem Versuch. Als Vergleich hat Safewing MP I wie schon bemerkt worden ist, den höchste Bedeckungsgrad. Die beiden Enteisungsmittel werden für die Enteisung von Flugzeugen verwenden. Diese sind auf Glycol-basiert und zeigen keine Aggressivität auf die Komponente der Flugzeuge. Darüber hinaus hat man erwartet, dass sie keine große Wirkung auf die Affinität haben sollen. Das stimmt nur für Safewing MP I.

Völlig anders verläuft die Prüfung mit Granit + 70/100 (das rechte Diagramm in Abbildung 59). Der Granit als Gestein mit schlecherem Haftvermögen könnte der Grund sein, warum der Unterschied zwischen den Ergebnissen so groß ist. In diesem Versuch sinkt der Bedeckungsgrad bei Wasser bis 7% nach 48 Stunden. Alle Enteisungsmittel zeigen bessere Resultate. *Safeway SF* hat einen Bedeckungsgrad von 25%, Safewing MP III 38%, *Safeway KF* 52% und Safewing MP I 67,5%. Der Bedeckungsgrad bei Safewing MP I 67,5% ist wieder der höchste. Alle Auftaumittel wirken bei diesem ungünstigen Gestein scheinbar als Haftverbesserer. Ursache dafür kann die geringere Reibung bei der Prüfung mit Enteisungsmittel sein weshalb der Bedeckungsgrad höher ist. Bei Berücksichtigung der Ergebnisse für Porphyr + 70/100 ist die oben genannte Ursache jedoch ausgeschlossen.

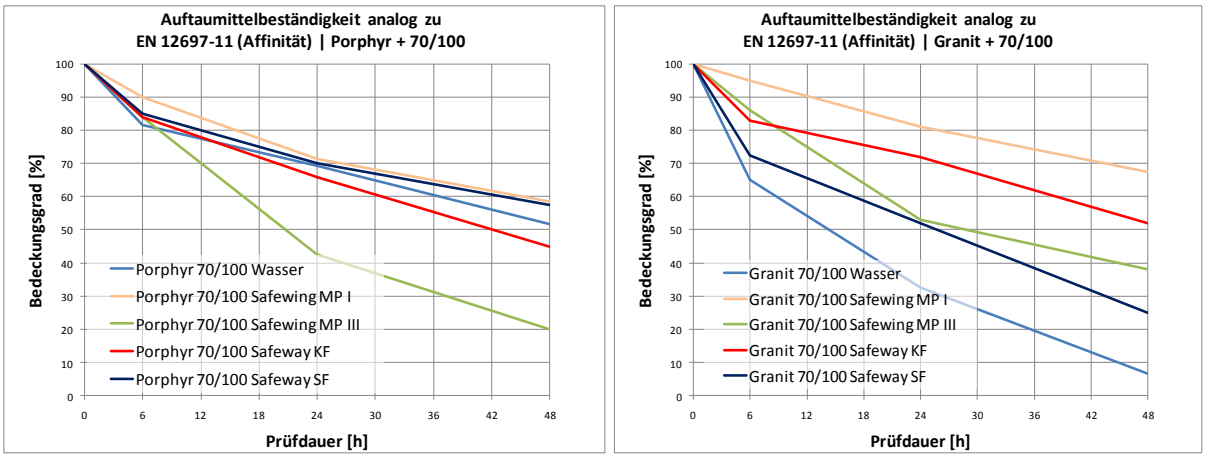


Abbildung 59: Ergebnis der Auftaumittelbeständigkeit geprüft analog zu EN 12697-11 für Porphyr und 70/100 (links) und Granit und 70/100 (rechts)

Abbildung 60 zeigt die Ergebnisse für beide Gesteine, Porphyr und Granit, gemischt mit PmB 45/80-65. Für die Mischungen mit PmB wurden nur die beiden Bodenenteisungsmittel geprüft.

Im linken Diagram sind wie oben die Ergebnisse für das Gestein Porphyr eingetragen. Die Ergebnisse nach 48 Stunden sind für Wasser 55% Bedeckungsgrad, für Safeway KF 40% und für Safeway SF 72%. Safeway KF verhält sich am ungünstigsten von diesen Enteisungsmittel und Safeway SF am günstigsten. Die Reihenfolge der Aggressivität für Porphyr + PmB 45/80 – 65 dieselbe wie für Porphyr + 70/100.

Bei der Prüfung von Granit mit PmB 45/80-65 ergab sich dasselbe Bild wie oben für das Bitumen 70/100. Das Wasser führt zu einem Bedeckungsgrad von 21%, und die beiden Bodenenteisungsmittel ergeben etwas über 52,5% nach 48 h. Dieses Ergebniss zeigt wieder, dass das Auftaumittel beim Gestein Granit scheinbar als Haftverbesserer wirken.

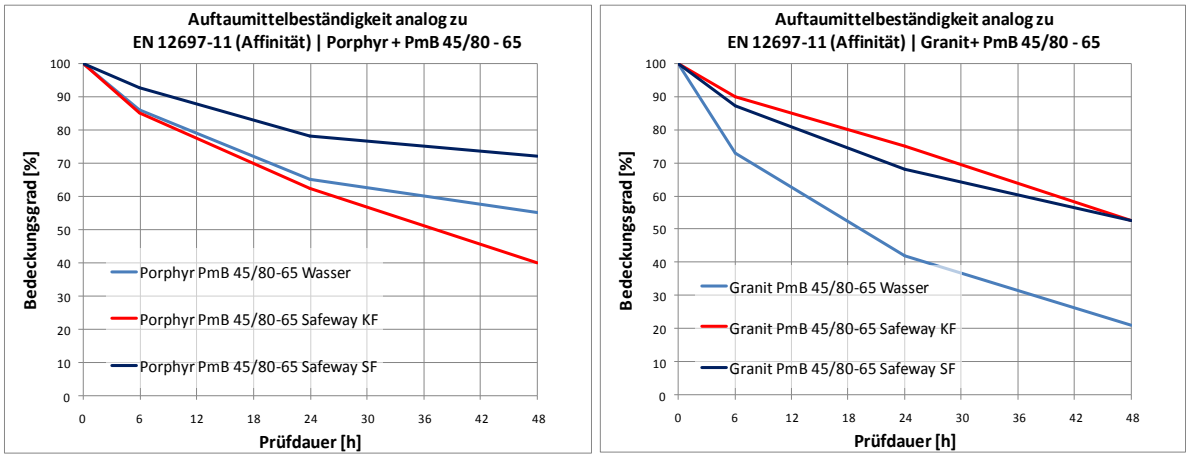


Abbildung 60: Ergebnis der Auftaumittelbeständigkeit geprüft analog zu EN 12697-11 für Porphyr und PmB 45/80-65 (links) und Granit und PmB 45/80-65 (rechts)

Diese Herangehensweise für die Bestimmung der Affinität ist eine grobe Abschätzung des Verhaltens von Auftaumittel auf die Asphaltkonstruktion. Falls die Ergebnisse stark von der Referenzprüfung mit Wasser abweichen, dann muss man diese Kombination näher untersuchen. In unserem Fall führt die Kombination Porphyr 70/100 und Safewing MP III zu großen negativen Abweichungen von der Referenzprüfung. Eine vertiefte Prüfung ist

anschließlich eine Prüfung des Widerstandes gegen chemische Auftaumittel nach EN 12697 – 41.

6.2 Auftaumittelbeständigkeit analog zu EN 12697 - 43

In der Tabelle 15 sind alle Prüfergebnisse für diesen Versuch beschrieben. Die Tabelle enthält die Art des Auftaumittels, die Lagerungsdauer, den mittlerer HR – Gehalt [V%], die Mittelwerte A[M%], B[M%], C[M%] für den Massenverlust. Die verschiedenen Enteisungsmittel sind mit ihrer Laborcode bezeichnet. Safewing MP I ist mit Laborcode S160, Safewing MP III mit S161, Safeway KF mit S162 und Safeway SF mit S163.

Bei allen Probekörper und allen Versuchen ist die Beständigkeit hoch und das bei einer Lagerungsdauer von 264h und 504h, wobei der Unterschied der Werte in der Massenverlustspalte zwischen den beiden Lagerungsdauer unbedeutend ist. In Abbildung 61 ist der Probekörper M003 L vor und nach dem Bürsten gezeigt. An Fotos sieht man keine äußerliche Veränderung.

Tabelle 15: Überblick der Prüfergebnisse

Bezeichnung	PK#	Auftaumittel	Lagerungsdauer [h]	mittlerer HR-Gehalt [V%]	Mittelwert A[M%]	Mittelwert B [M%]	Mittelwert C[M%]
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 H	S160	264h	3,323	-0,1	0	-0,1
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 H	S160	264h	3,437	-0,1	0	-0,1
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 L	S161	264h	3,323	-0,1	0	-0,1
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 L	S161	264h	5,401	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 O	S162	264h	3,168	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 O	S162	264h	5,728	-0,3	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 D	S163	264h	2,705	-0,1	0	-0,1
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 D	S163	264h	5,565	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 E	S160	504h	2,975	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 F	S160	504h	2,975	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 G	S160	504h	3,053	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 E	S160	504h	5,933	-0,3	0	-0,3
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 F	S160	504h	5,81	-0,4	0	-0,4
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 G	S160	504h	5,728	-0,4	0	-0,3
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 I	S161	504h	3,787	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 J	S161	504h	3,014	-0,1	0	-0,1
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 K	S161	504h	3,362	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 I	S161	504h	5,646	-0,3	0	-0,3
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 J	S161	504h	5,483	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 K	S161	504h	5,728	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 M	S162	504h	3,207	-0,3	0	-0,3
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 N	S162	504h	3,091	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 P	S162	504h	3,362	-0,3	0	-0,3
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 M	S162	504h	5,728	-0,4	0	-0,4
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 N	S162	504h	5,36	-0,4	0,1	-0,4
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 P	S162	504h	5,646	-0,3	0	-0,3
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 A	S163	504h	3,091	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 B	S163	504h	2,434	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Loja	M002 C	S163	504h	2,859	-0,2	0	-0,2
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 A	S163	504h	5,237	-0,3	0	-0,3
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 B	S163	504h	6,178	-0,3	0	-0,3
AC 11 deck 70/100 Limberg	M003 C	S163	504h	4,951	-0,3	0	-0,3

Abbildung 61: Probekörper M003 L vor dem Bürsten (links) und Probekörper M003 L nach dem Bürsten (rechts)

Etwas, was die Aufmerksamkeit auf sich zieht ist die Gewichtsveränderung nach der Lagerung in den Enteisungsmittel. Die Probekörper sind schwerer nach der Lagerung und bleiben auch schwerer nach dem Bürsten (Tabelle 15). Alle Ergebnisse werden auch in einer Diagrammform in Abbildung 62 dargestellt. Dort erkennt man leicht, dass es zu keinen Massenverlusten, sondern zu Zunahme der Masse gekommen ist. (Werte für den Massenverlust mit negativem Vorzeichen).

Beim Versuch laut EN 12697 - 43 (Tabelle 16), der mit Treibstoff durchgeführt wurden, spielt der Hohlraumgehalt eine erhebliche Rolle. Je größer der Hohlraumgehalt ist, desto aggressiver ist der Treibstoff. Im Fall mit den Auftaumitteln könnte man sagen, dass der verschiedene Hohlraumgehalt auch einen Effekt hat. Beim Versuch mit Auftaumittel und im Fall mit mehr Hohlraumgehalt kommt es zu mehr Massenzunahme als im Fall mit weniger Hohlraumgehalt. Der Unterschied zwischen den Werten ist aber gering und deshalb kann man das vernachlässigen.

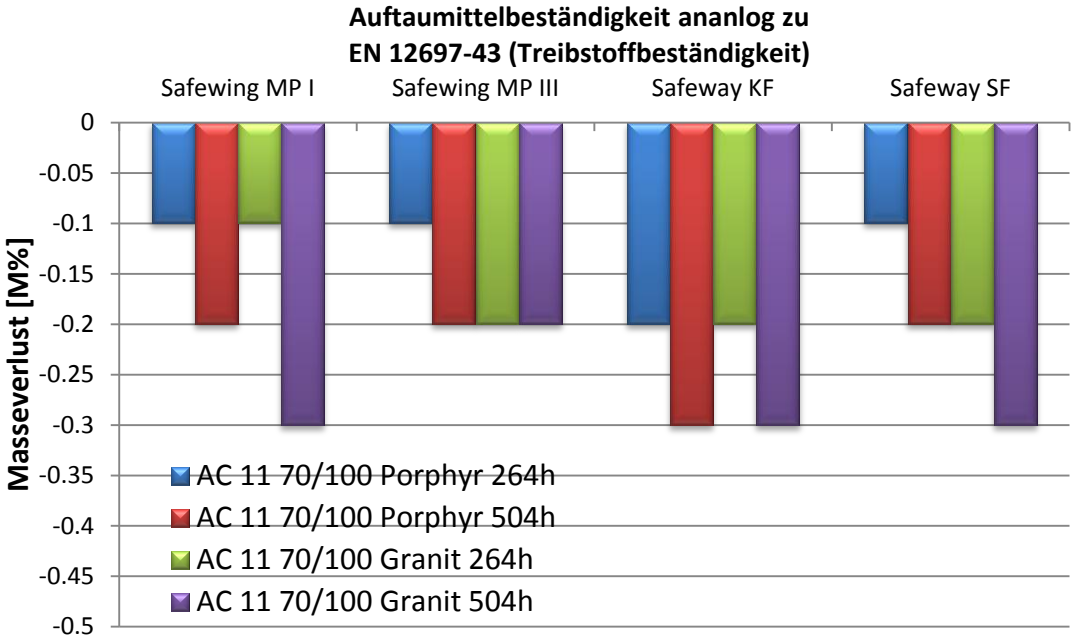


Abbildung 62: Ergebnis der Auftaumittelbeständigkeit geprüft analog zu EN 12697-43

Abbildung 63: Probekörper M003 J, den in Safewing MP III 2031 ECO gelagert war

Tabelle 16: Überblick der Prüfergebnisse Projekt 10414

	Bindemittel	PK#	Treib-stoff	Lagerungs-dauer [h]	mittlerer HR-Gehalt [V%]	Mittelwert A [M%]	Mittelwert B [M%]	Mittelwert C [M%]
Benzin, Ziel-Hohlraum: 1,5V%	70/100	Z007	Benzin	24	2.8	13.1	3.5	16.1
	pmB 45/80-65	Z009	Benzin	24	2.3	9.6	0.3	9.9
	pmB 45/80-65	Z008	Benzin	72	2.2	17.5	1.9	19.0
	pmB 45/80-65 + FR	Z010	Benzin	72	3.2	4.5	0.1	4.5
Benzin, Ziel-Hohlraum: 5,0V%	70/100	Z013	Benzin	24	6.6	22.8	5.2	26.9
	pmB 45/80-65	Z011	Benzin	24	5.3	15.3	1.7	16.7
	pmB 45/80-65	Z012	Benzin	72	5.9	40.9	3.8	43.1
	pmB 45/80-65 + FR	Z014	Benzin	72	6.1	11.2	0.3	11.5
Diesel, Ziel Hohlraum: 1,5V%	70/100	Z007	Diesel	24	2.9	3.3	1.3	4.6
	pmB 45/80-65	Z009	Diesel	24	2.2	2.2	0.8	3.0
	pmB 45/80-65	Z008	Diesel	72	2.3	4.5	1.0	5.4
	pmB 45/80-65 + FR	Z010	Diesel	72	3.0	1.3	1.4	2.7
Diesel, Ziel-Hohlraum: 5,0V%	70/100	Z013	Diesel	24	6.8	4.8	1.1	5.8
	pmB 45/80-65	Z011	Diesel	24	5.5	2.3	0.9	3.1
	pmB 45/80-65	Z012	Diesel	72	5.8	7.3	2.4	9.5
	pmB 45/80-65 + FR	Z014	Diesel	72	6.2	1.9	1.5	3.4

*) laut ÖNORM EN 12697-43:2005

Abbildung 64: Probekörper (Z012) mit niedriger Treibstoffbeständigkeit nach Lagerung (links) und nach Bürstprüfung (rechts)

Aufgrund der vorliegenden Daten stellt sich heraus, dass die verschiedenen Enteisungsmittel keine Aggressivität auf die Marshallprobekörper aufweisen.

Falls man die Oberfläche der Probekörper genauer vergleicht, kann man leicht erkennen, dass bei den Probekörpern, die 504h in dem dickflüssigen, gelben Enteisungsmittel Safewing MP III 2031 ECO gelagert werden, eine Veränderung der Struktur vorkommt (Abbildung 63). Das Bitumen ist leicht oberflächlich ausgelöst. Diese Veränderung tritt nur seitlich in einer Höhe von 35mm und nicht im unteren Teil der Probekörper auf. Als Grund dafür kann die Art der Lagerung sein. Die Probekörper werden direkt auf dem Boden des Gefäßes gestellt und die Flüssigkeit kann auf diese Weise also nur begrenzt in den Probekörper eindringen.

6.3 Auftaumittelbeständigkeitsversuch analog zu EN 1367 – 6 (Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel) in Verbindung mit der Bürstprüfung nach EN 12697 – 43 (Treibstoffbeständigkeit)

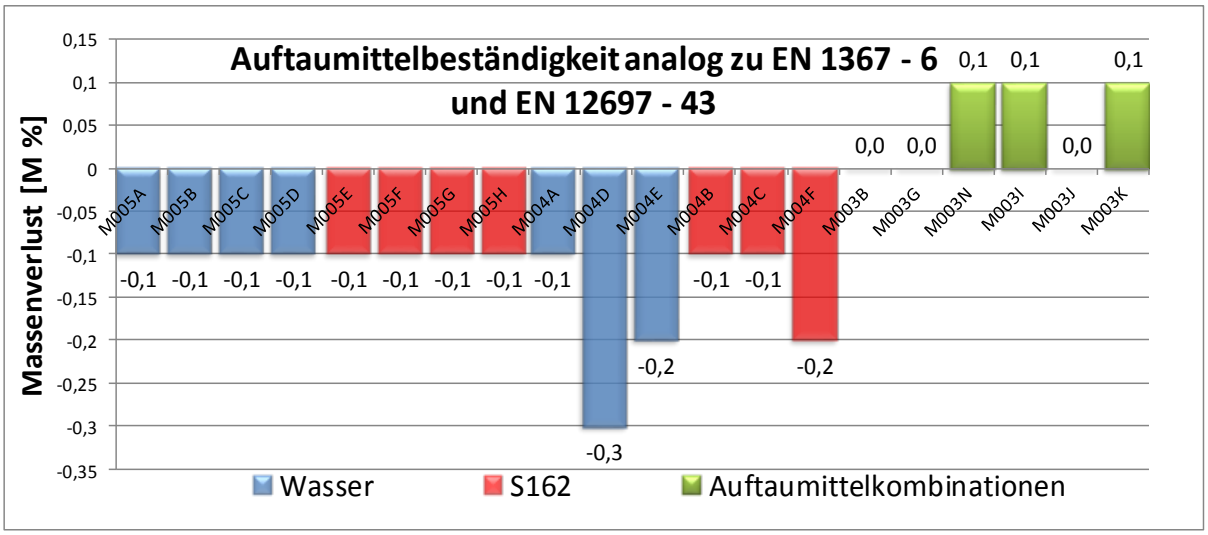


Abbildung 65: Ergebnisse von dem Auftaumittelbeständigkeitsversuch analog zu EN 1367 – 6 und EN 12697 - 43

Die ersten Marshall – Probekörper, die geprüft wurden, sind dies mit der Labornummer M004. Die Prüfungen werden mit Wasser (M004A, M004D und M004E) und mit dem Enteisungsmittel Safeway KF (S162) (M004B, M004C, M004F) durchgeführt. In Abbildung 65 sind alle Ergebnisse eingetragen. Es ist zu sehen, dass es bei den Probekörpern mit Labornummer M004 zu keinen Massenverlusten gekommen ist. Alle Werte sind negativ. Das heißt, dass die Frost – Tau – Wechsel –Zyklen zu einer Gewichtzunahme geführt haben.

In der anderen Gruppe M005 sind die Ergebnisse sehr ähnlich. Diese Probekörper sind während des Versuchs nur 35 mm vom unteren Rand mit der Flüssigkeit bedeckt. Probekörper M005A, M005B, M005C, M005D werden mit Wasser geprüft und M005E, M005F, M005G und M005H mit Safeway KF (S162). Alle haben den Wert -0,1M%. Also hier ist das Gewicht nach den Frost – Tau – Wechseln und nach dem Bürsten wieder größer als vor der Prüfung.

Die Gewichtzunahme ist bei M004 mehr als bei M005. Grund dafür ist, dass M004 voll und M005 nur 35mm mit der Flüssigkeit bedeckt worden sind. In Probekörper M004 dringt deswegen mehr Flüssigkeit ein und beeinflusst das Gewicht.

Von Abbildung 66 ist zu erkennen, dass der Probekörper nach dem Bürsten fast nicht verändert ist.

Abbildung 66: Probekörper M005 F vor dem Bürsten (links) und nach dem Bürsten (rechts)

Die letzte Gruppe von Probekörpern und nämlich M003B, M003G, M003N, M003I, M003J, M003K haben positive Werte (Abbildung 65). In diesem Fall gibt es Massenverluste. Als Anfangsmasse für diese positiven Werte ist aber die Masse nach dem Treibstoffbeständigkeitsversuch angesetzt. Und beim Treibstoffbeständigkeitsversuch stellte sich Gewichtzunahme ein. Die verwendeten Proben sind also schon vor dem Versuch laut EN 1367 – 6 und EN 12697 – 43 gesättigt. Die Massenverluste betragen bei M003B, M003G und M003J 0,0M% und bei M003N, M003I und M003K 0,1M%. Die Probekörper, die bei der Treibstoffbeständigkeit mit Safewing MP III gelagert sind (Abbildung 63), weisen eine äußerlich veränderte Struktur auf. Die Gesteinskörnungen sind oberflächlich nicht mehr so gut von Bitumen bedeckt und bei dem Frost – Tau – Wechsel werden die beschädigt. Während des Waschens lösen sich Körner aus der Oberfläche. Da das nur seitlich zu beobachten ist und das Bürsten nur auf der unteren Seite erfolgt, bringt das Bürsten keinen Massenverlust. Auf Abbildung 67 ist genau dieser Unterschied zwischen der Oberfläche seitlich und unten.

Abbildung 67: Probekörper M003K während des Bürstens

Man kann die Schlussfolgerung ziehen, dass das Asphaltmischgut in diesem Prüfprogramm nicht beschädigt wird. Es ist zu Gewichtzunahme gekommen. Der Probekörper in Abbildung 67 zeigt, dass diese Frost – Tau – Zyklen der Affinität zwischen Bitumen und Gestein schaden. Vor dem Frost – Tau – Wechsel ist das Gestein nämlich seitlich nur einbisschen freigelegt.

6.4 Beständigkeit gegen Frost– Tau – Wechsel in der Gegenwart von Auftaumittel analog EN 1367 – 6:2008

Abbildung 68 zeigt die Ergebnisse der Frost – Tau – Wechsel Versuche für den Splitt aus Solosnica. Im linken Diagramm sind die Massenverluste für jeden Frost – Tau - Wechsel Zyklus und die Massenverluste gesamt für alle Zyklen dargestellt. Ein Zyklus hat 10 Frost – Tau – Wechsel und die Proben werden nach jeweils 3 Zyklen geprüft. Dabei nach jedem Zyklus werden die Gesteine gewogen und die Massenverluste bestimmt. Im rechten Diagramm sind die Verluste pro Frost – Tau – Wechsel dargestellt. In den beiden Diagrammen sind die Ergebnisse für die Haupt- und Nebenbestandteile gezeigt (G551, G566, G567, G568 und G569).

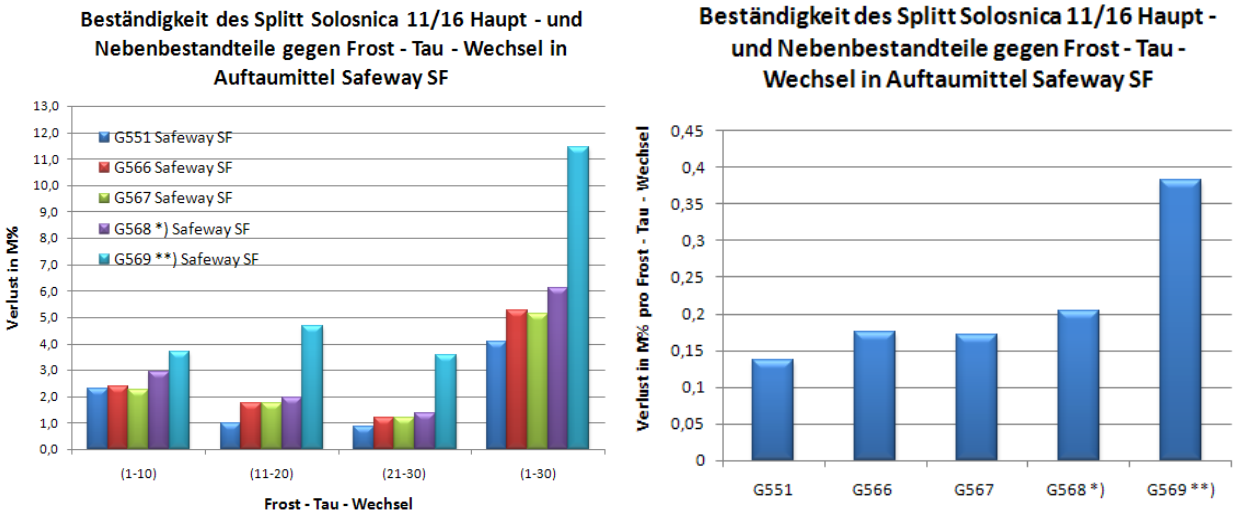


Abbildung 68: Beständigkeit von Haupt- und Nebenbestandteilen des Splitts aus Solosnica gegen Frost-Tau-Wechsel in Auftaumittel *Safeway KF*: Verlust in Abhängigkeit der Frost-Tau-Wechsel Zahl (links) und als Verlust pro Frost-Tau-Wechsel (rechts)
***) Mittelwert aus 2-facher Bestimmung**
****) Wert aus 1-facher Bestimmung**

In den ersten 10 Frost – Tau – Wechsel ist der Unterschied zwischen den Ergebnissen sehr klein. Der Massenverlust von den Hauptbestandteilen beträgt 2,3M% und bei den Nebenbestandteilen G569 3,7M%. In den nachfolgenden Frost – Tau – Wechsel wird diese Differenz immer größer. Die Massenverluste von G569 steigen immer mehr und diese Nebenbestandteile zeigen die niedrigste Beständigkeit. Nach 30 Frost-Tau-Wechseln ergibt sich ein Verlust von 4,1 M% beim Hauptbestandteil, bei den grünlichen Nebenbestandteilen (G567) mit 5,1 M% (+24%), den rötlichen Nebenbestandteilen (G566) mit 5,2 M% (+27%) und den oberflächlich angewitterten Nebenbestandteilen (G568) mit 6,1 M% (+49%). Der Nebenbestandteil G569 zeigt mit Abstand den stärksten Verlust mit 11,5 M% (+180%). G569 tritt am seltensten im gesamten Zuschlagmaterial auf und besteht aus unterschiedlichen Mineralien zusammengesetzten Körnern, was auch der Grund für die vorliegende geringere Beständigkeit ist.

Abbildung 69: Die Nebenbestandteile G569 (oben links) mit ihrem Rückstand (oben rechts), Der Rückstand von G567 (unten links) und der Rückstand von G551 (unten links)

In Abbildung 69 sind die Fotos von den Rückständen von G569, G567, G551. Wenn man die Fotos vergleicht ist auch zu sehen, dass der Rückstand von G569 höher ist, obwohl die geprüfte Probe von G569 etwa 1kg und die andere Proben 2kg sind. Von G569 wurde weniger Material geprüft, weil, wie schon erwähnt, diese Nebenbestandteile am seltensten auftreten.

In Abbildung 70 sind die Ergebnisse von der Beständigkeit von Granit und Porphyr in der Gegenwart von Wasser und Safeway SF. In rot ist der Verlust beim Prüfen mit Safeway SF und in blau mit Wasser. Anhand des Diagramms ist zu sehen, dass das Auftaumittel deutlich aggressiver auf das Gestein als Wasser reagiert. Bei Porphyr erhöht sich der Verlust von 0,5 M% auf 1,7 M%, bei Gestein aus Granit von 1,3 M% auf 4,9 M%. Die Gesteine selbst reagieren sehr unterschiedlich. Der Granit verliert bei Lagerung im Taumittel 2,9 Mal mehr an Masse als Porphyr, bei Lagerung im Wasser 2,4 Mal mehr.

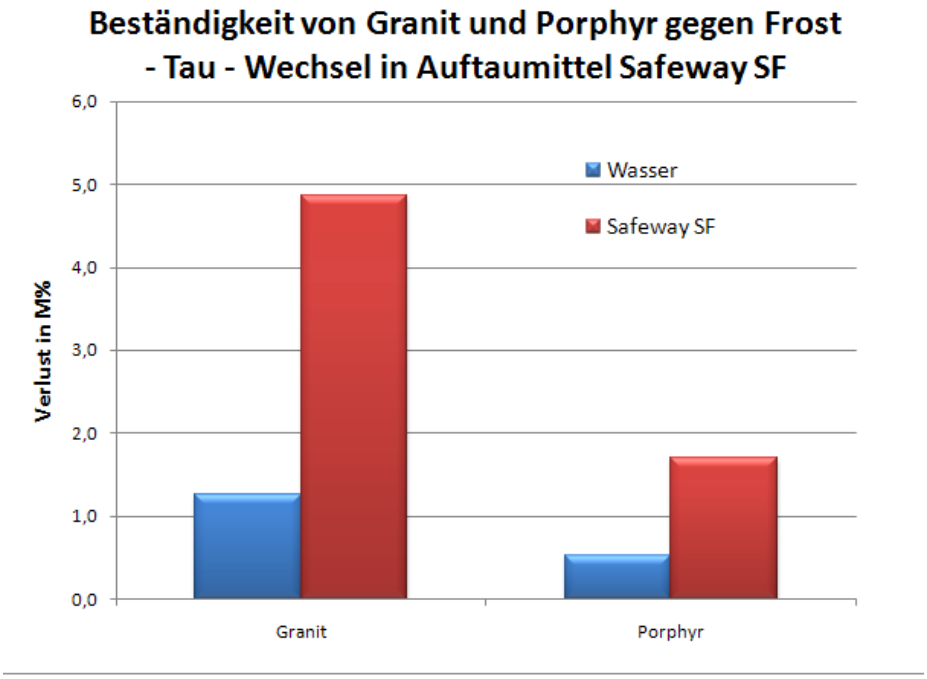


Abbildung 70: Beständigkeit der Gesteine Porphyr und Granit gegen Frost-Tau-Wechsel in Auftaumittel *Safeway SF* und Wasser

6.5 Widerstand gegen chemische Auftaumittel EN 12697 – 41

Dieses Verfahren wird am AC 11 deck 70/100 in Auftaumittel *Safeway KF* durchgeführt. Abbildung 71 zeigt die Ergebnisse der Prüfung für beide Mischgüter (AC 11 deck 70/100 Porphyr und AC 11 deck 70/100 Granit). Das linke Diagramm enthält Daten für den AC 11 deck 70/100 mit Porphyr. Die Zugfestigkeit des Materials nimmt durch Lagerung im Auftaumittel ab. Während die trockene Gruppe eine mittlere Zugfestigkeit von 1.3 N/mm² aufweist, zeigt die im Auftaumittel gelagerte Probe (feuchte Gruppe) eine Zugfestigkeit von 0.6 N/mm².

Die Daten für den AC 11 deck 70/100 mit Granit zeigt das rechte Diagramm. Von einer Zugfestigkeit der trockenen Gruppe von 0.9 N/mm² sinkt die Zugfestigkeit der feuchten Gruppe auf 0.6 N/mm².

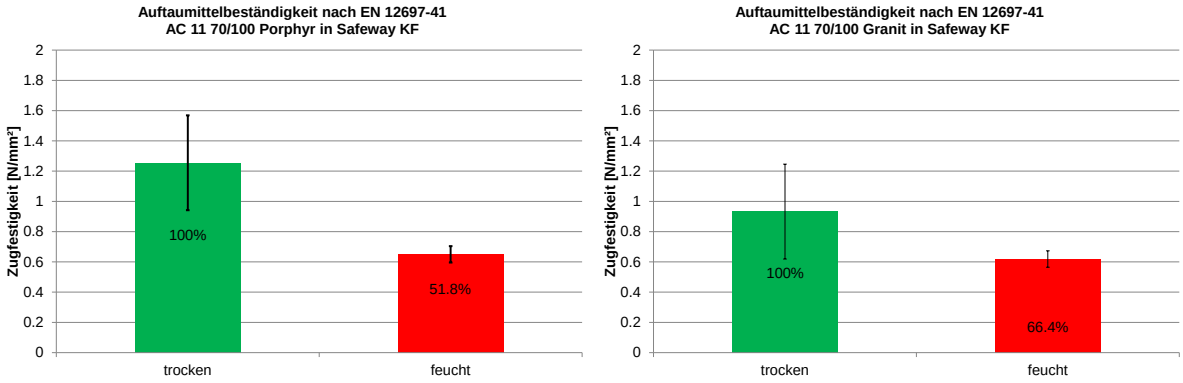


Abbildung 71: Ergebnisse der Auftaumittelbeständigkeit nach EN 12697-41 am AC 11 70/100 Porphyr und am AC 11 70/100 Granit in Safeway KF.

7. ZUSAMMENFASSUNG UND EMPFEHLUNG

In diesem Kapitel werden die Ergebnisse von der Literaturrecherche und von den durchgeführten Prüfungen zusammengefasst und die folgenden Empfehlungen gemacht.

Im Report „Effect of Deicing Chemicals on HMA Airfield Pavements“ (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) wird berichtet, dass Auftaumittel – bezogene Schaden in HMA Mischungen mit kieselsäurehaltigen Zuschlägen erscheinen. Es ist aber wichtig zu wissen, dass manche kieselsäurige Zuschläge keine Auftaumittel – bezogene Schaden aufweisen. Es wird berichtet, dass für Acetat – und Formiat- basierte Auftaumittel hohe Temperaturen erforderlich sind, damit die Enteisungsmittel Schäden im HMA hervorrufen. Die Laboruntersuchungen müssen laut diesem Report bei einer minimalen Temperatur von 60°C durchgeführt werden, sonst bringen die Versuche keine relevanten Ergebnisse. Es wird noch nachgewiesen, dass die härteren Bitumenarten beständiger gegen Auftaumittel sind. Die Verwendung von härteren Bitumenarten als PmB PG 76-22 minimiert die Auftaumittel - bezogene Schäden in anfälligen Mischungen. Auftaumittel – bezogene Schäden nehmen mit der Zunahme des Luftporengehalts zu. Wenn der HMA Enteisungsmittel ausgesetzt ist, dann muss man aufpassen, ob die Struktur gut verdichtet ist. Der Zusatz von Kalkhydrat kann die Beständigkeit von HMA gegen die schädliche Wirkung von den Auftaumitteln verbessern. Es ist auch möglich, dass andere Zusätze zu demselben Effekt führen.

Laut dem Report „Experimental Study on Asphalt Pavement Damage by Application of Acetate - base Deicer“ (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011) nehmen infolge dem Zugversuch analog AASHTO T – 283 (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) die Auftaumittel – bezogene Schäden mit der Zunahme der Auftaumittelkonzentration zu. Nach dem sogenannten „Aqueous Solution Test“ findet kein Emulgieren statt. Das Emulgieren ist also kein Grund zu Mischungsauftrennung und Spannungen im Asphalt. Der letzte Versuch in diesem Report ist der modifizierte Penetrationsversuch und es wird festgestellt, dass die Penetration mit der Zunahme der Konzentration des Auftaumittels zunimmt.

Im Prüfprogramm im Rahmen der Diplomarbeit wird die Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen in Gegenwart von verschiedenen Auftaumitteln untersucht. Es wird festgestellt, dass dieses Prüfverfahren eine grobe Abschätzung des Verhaltens von Auftaumittel auf die Asphaltkonstruktion ist. Falls die Ergebnisse stark von der Referenzprüfung mit Wasser abweichen, dann ist es empfehlenswert, diese Kombination näher in einer vertieften Studie zu untersuchen. In unserem Fall führt die Kombination Porphyr 70/100 und Safewing MP III zu großen negativen Abweichungen von der Referenzprüfung mit Wasser.

Aufgrund der vorliegenden Daten bei der Prüfung analog der Treibstoffbeständigkeitsprüfung stellt sich heraus, dass die verschiedenen Enteisungsmittel keine Aggressivität auf die Marshallprobekörper aufweisen.

Für den Auftaumittelbeständigkeitsversuch analog zu EN 1367 – 6 (Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel) in Verbindung mit der Bürstprüfung nach EN 12697 – 43 (Treibstoffbeständigkeit) kann die Schlussfolgerung gezogen werden, dass das Asphaltmischgut nicht beschädigt wird. Es ist zu Gewichtzunahme gekommen.

Es wird weiter die zuständige Norm EN 12697-41 für Auftaumittelbeständigkeit (Widerstand gegen chemische Auftaumittel) angewendet und festgestellt, dass die im Auftaumittel gelagerten Probekörper niedrigere Zugfestigkeit aufweisen. Die Prüfdauer kann mit der Erhöhung der Lagerungstemperatur kürzer werden.

Der zusätzliche Versuch für die Frost – Tau – Wechsel Beständigkeit von ausgewählten Gesteinskörnungen nach EN 1367-6 in verschiedenen Auftaumitteln führt zu den Ergebnissen, dass von dem untersuchtem Gestein, jener Bestandteil, der am seltensten im gesamten Zuschlagmaterial auftritt und aus unterschiedlichen Mineralen zusammengesetzten Körnern besteht, die kleinste Beständigkeit hat. Es kann auch nachgewiesen werden, dass das Auftaumittel deutlich aggressiver auf das Gestein als Wasser reagiert

Während der Literaturrecherche wird die Aufmerksamkeit auch auf die Beständigkeit der Betondecken gegen Auftaumittel gerichtet. Die Bodenenteisungsmittel sind chemisch aggressiver als die Flugzeugenteisungsmittel. Der Hauptgrund für Betonschäden sind gemäß der ausgewerteten Literatur die Alkali – Kieselsäure – Reaktionen, die zu Expansion und Mirkorisse führen. Es ist wichtig zu bemerken, dass die Auftaumittel möglicherweise aggressiver für die Betonschichten als für die Asphaltschichten sind.

LITERATURVERZEICHNISS

[Advanced Asphalt Technologies, LLC, 2009]

Airfield Asphalt Pavement Technology Program Project 05 – 03: Effect of Deicing Chemicals on HMA Airfield Pavement. Revised Final Report, 2009

[Wijoyo, 2007] *The Durability of Airfield Concrete Exposed to Aircraft De-icers*. A thesis presented to the University of Waterloo in fulfillment of the thesis requirement for the degree of Master of Applied Science, 2007

[Farha et al. 2002] *Effects of new deicing alternatives on airfield asphalt concrete pavements*. Presented for the 2002 Federal Aviation Administration Technology Transfer Conference.

[Rangaraju, 2007] *Influence of airfield pavement deicing and anti-icing chemicals on durability of concrete*. Presented for the 2007 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference, 2007.

[Starck & Löfgren, 2006] *Infuence of de-icing agents on the viscoelastic properties of asphalt mastics.*

[Xiao, Wang, Li & Zhang, 2011] *Experimental Sudy on Asphalt Pavement Damage by Application of Acetat-base Deicer*

[Forbes] *Appendix A: Details on Aircrft Deicing Chemical Usage*

[Edwards et al., Nilsson 2007] *Durability Problems in Nordic Airfields*

[Alatyppo 2005] *Conclusions – Finnish De–Icing Project*

[Olek et al. 2006] *The Role of Potassium Acetate Deicer in Accelerating ASR in Concrete Pavements: Relation between Laboratory & Field Studies*

Normen

EN 1426	Bestimmung der Nadelpenetration
EN 1427	Bestimmung des Erweichungspunktes – Ring- und Kugel-Verfahren
EN 12593	Bestimmung des Brechpunktes nach Fraaß
EN 13398	Bestimmung der elastischen Rückstellung von modifiziertem Bitumen
EN 12697 – 5	Bestimmung der Rohdichte
EN 12697 – 6	Bestimmung der Raumdichte von Asphalt-Probekörpern
EN 12697 – 8	Bestimmung von volumetrischen Charakteristiken von Asphalt-Probekörpern
EN 12697 – 29	Bestimmung der Maße von Asphalt-Probekörper
EN 12697 – 30	Probevorbereitung, Marshall-Verdichtungsgerät
EN 12697 – 35	Labormischung
EN 12697 – 11	Bestimmung der Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen
EN 12697 – 41	Widerstand gegen chemische Auftaumittel
EN 12697 – 43	Treibstoffbeständigkeit
EN 1367 – 6	Beständigkeit gegen Frost– Tau – Wechsel in der Gegenwart von Salz (NaCl)

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Ergebnisse von den Ultraschall – Prüfungen mit Sinotrode Test (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009).....5

Abbildung 2: Die Ergebnisse von dem FTIR – Spektroskopie Versuch oder die relative Konzentration von Carboxylatsalze (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009).....5

Abbildung 3: Ergebnisse vom modifizieren AASHTO T – 283 Test (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009).....6

Abbildung 4: Langzeitbeständigkeitstest, permanente Deformation (p.D) Diabas/PG 64 - 22 (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) 7

Abbildung 5: Langzeitbeständigkeit, permanente Deformation (p.D) Kieselschiefer/PG 58 – 28 (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) 7

Abbildung 6: Ergebnisse für die Zugfestigkeit nach Lagerung in Natrium - Formiat (SF) (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) 8

Abbildung 7: Ergebnisse für den ersten Teil des Versuchs mit fünf HMA Mischungen mit PG 64-22 (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) 9

Abbildung 8: Ergebnisse von dem Teil 2, (PA) Kaliumacetat, (SA) Natriumacetat (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) 9

Abbildung 9: Die Ergebnisse von Teil 3 im Fall mit Mississippi Hornstein/Kies mit PG 58-28 in Kaliumacetat (1% HL – 1% Kalkhydrat) (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) 10

Abbildung 10: Die Ergebnisse von Teil 3 im Fall mit Mississippi Hornstein/Kies mit PG 64-22 in Kaliumacetat (1% HL – 1% Kalkhydrat) (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) 11

Abbildung 11: Die Ergebnisse von Teil 3 im Fall mit Virginia Kies mit PG 58-28 in Natriumacetat (1% HL – 1% Kalkhydrat) (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009).....11

Abbildung 12: Ergebnisse von dem Zugfestigkeitsversuch für HMA Bohrkerne von vier verschiedenen Flughäfen: Colorado Springs (CS), Boise, Idaho (BI), Boston Logan/Neu (BLN), Boston Logan/Alt (BLO), W = Wasser, PA = Kaliumacetat (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) 12

Abbildung 13: Schaden auf der Rollbahn (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009).....14

Abbildung 14: Flecken auf der Landebahn und Längsriss, Nahaufnahme oben rechts. Das Bild unten links zeigt das Abziehen des Asphaltbeton aus dem Aggregat (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009) 14

Abbildung 15: Bohrkerne vom Flughafen Boise, Idaho. (Advanced Asphalt Technologies LLC, September 15, 2009).....15

Abbildung 16: Frost – Zyklus im Temperierschrank (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002).....16

Abbildung 17: Trocken – Zyklus im Temperierschrank (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)....17
Abbildung 18: Gewichtsveränderung während der Frost – Tau – und Trocken – Nass - Zyklen (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)....17
Abbildung 19: Unterschiede in den Dichten der Probekörper (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)....18
Abbildung 20: Beispiel für die Spanung/ Dehnung Diagramm für die trockene Gruppe (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)....18
Abbildung 21: Ergebnisse von dem Zugfestigkeitsversuch (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)....19
Abbildung 22: Ergebnisse für die Penetration (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002)....19
Abbildung 23: Ergebnisse von den beiden Teilen des Zugsversuchs (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011)....23
Abbildung 24: Schema des Versuchssystem (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011)....23
Abbildung 25: Aqueous Solution Test mit den verwendeten Temperaturen und Auftaumittelkonzentrationen. Die Fotos sind nach 24 Stunden in der Lösung gemacht. (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011)....24
Abbildung 26: Ergebnisse von dem modifizierem Penetrationsversuch (Xiao, Wang, Li, & Zhang, 2011)....24
Abbildung 27: Flaschen – Rollgerät und Sichtgläser mit Proben zu Bestimmung des Umhüllungsgrads....27
Abbildung 28: Prüfflasche mit den ungefähren Maßen (EN 12697-11, 2005)....28
Abbildung 29:Beispiel für graphische Darstellung (EN 12697-11, 2005)....29
Abbildung 30: Stahlbürste (EN 12697-11, 2005)....30
Abbildung 31: Beispiel für Grundplatte, Probekörper und Zugprüfmaschine (EN 12697 - 41, 2005)....32
Abbildung 32: Vorbereiteter Probekörper für Auftaumittelbeständigkeitsprüfung....32
Abbildung 33: Temperaturverlauf am (an den) Messpunkt(en) der Bezugstemperatur mit Toleranzgrenzen (EN 1367 - 6, 2008)....35
Abbildung 34: Ein Flugzeug während der Enteisung (Clariant Produkte GmbH)....38
Abbildung 35: Behälter für Safewing MP I 1938 ECO (80) und Safewing MP I 1938 ECO (80) selbst....39
Abbildung 36: Ein Flugzeug während der Enteisung (Clariant Produkte GmbH)....40
Abbildung 37: Enteisung mit Safewing MP III 2031 ECO (Clariant Produkte GmbH)....41
Abbildung 38: Behälter für Safewing MP III 2031 ECO (links) und Safewing MP III 2031 ECO (rechts)....41
Abbildung 39: Behälter für das Enteisungsmittel S162 und das Enteisungsmittel....42
Abbildung 40: Enteisung mit Safeway KF HOT Runway De - Icer (Clariant Produkte GmbH)....42
Abbildung 41: Safeway SF Runway De – Icer....43
Abbildung 42: Enteisung mit Safeway Solid Runway DE – ICER (Clariant Produkte GmbH)....44

Abbildung 43: Flaschenrollgerät (links) während der Prüfung mit S161 und das Sichtglas (rechts) mit der Probe (Porphyr 70/100 S161 nach 48 Stunden) 45
Abbildung 44: erste 22 Marshallprobekörper während des Abkühlens (links) und dann im Wasserbad für die Raumdichtebestimmung (rechts) 47
Abbildung 45: Gefäße mit verschiedenen Auftaumitteln und den Probekörpern in dem Temperier Schrank (links) und die Probekörper im Gefäß mit Safeway SF (rechts) 48
Abbildung 46: Verbesserte Bürstprüfmaschine 49
Abbildung 47: Die Kolben mit den Probekörpern im Temperier – Schrank. 50
Abbildung 48: Probekörper M004 C vor dem Frost – Tau – Zyklen (links) und Probekörper M004 A nach dem Frost – Tau – Zyklen (rechts) 51
Abbildung 49: Die Probekörper nach dem Waschen. Hier ist die orange Linie zu sehen die 35mm vom unteren Rand ist und die Bedeckung mit der Flüssigkeit aufweist. 51
Abbildung 50: Waschen des Probekörpers nach dem Frost – Tau – Wechsel - Zyklen 52
Abbildung 51: Zeichnen des Nutes auf der gesägten Oberfläche 53
Abbildung 52: Die Bohrmaschine (links) und die Probekörper mit dem hergestelltem Nut (rechts) 53
Abbildung 53: Das Kleben der Grundplatte (links) und schon geklebten Prüfstempel und Grundplatten 54
Abbildung 54: Die Probekörper im Exsikkator 54
Abbildung 55: Hauptbestandteile des Splitts 11/16 Solosnica 56
Abbildung 56: Nebenbestandteile des Splitts 11/16 Solosnica: G566 (oben links), G567 (oben rechts), G568 (unten links), G569 (unten rechts) 56
Abbildung 57: Die verwendeten Proben für die Bestimmung der Konzentration der Auftaumittel 57
Abbildung 58: Die Kübel mit den Proben nach den Frost – Tau - Wechseln 58
Abbildung 59: Ergebnis der Auftaumittelbeständigkeit geprüft analog zu EN 12697-11 für Porphyr und 70/100 (links) und Granit und 70/100 (rechts) 60
Abbildung 60: Ergebnis der Auftaumittelbeständigkeit geprüft analog zu EN 12697-11 für Porphyr und PmB 45/80-65 (links) und Granit und PmB 45/80-65 (rechts) 60
Abbildung 61: Probekörper M003 L vor dem Bürsten (links) und Probekörper M003 L nach dem Bürsten (rechts) 62
Abbildung 62: Ergebnis der Auftaumittelbeständigkeit geprüft analog zu EN 12697-43 62
Abbildung 63: Probekörper M003 J, den in Safewing MP III 2031 ECO gelagert war 63
Abbildung 64: Probekörper (Z012) mit niedriger Benzinbeständigkeit nach Lagerung (links) und nach Bürstprüfung (rechts) 64
Abbildung 65: Ergebnisse von dem Auftaumittelbeständigkeitsversuch analog zu EN 1367 – 6 und EN 12697 - 43 65
Abbildung 66: Probekörper M005 F vor dem Bürsten (links) und nach dem Bürsten (rechts) 66
Abbildung 67: Probekörper M003K während des Bürstens 67
Abbildung 68: Beständigkeit von Haupt- und Nebenbestandteilen des Splitts aus Solosnica gegen Frost-Tau-Wechsel in Auftaumittel *Safeway KF*: Verlust in Abhängigkeit der Frost-Tau-Wechsel Zahl (links) und als Verlust pro Frost-

Tau-Wechsel (rechts) *) Mittelwert aus 2-facher Bestimmung **) Wert aus 1-facher Bestimmung....68
Abbildung 69: Die Nebenbestandteile G569 (oben links) mit ihrem Rückstand (oben rechts), Der Rückstand von G567 (unten links) und der Rückstand von G551 (unten links) 69
Abbildung 70: Beständigkeit der Gesteine Porphyr und Granit gegen Frost-Tau-Wechsel in Auftaumittel *Safeway SF* und Wasser....70
Abbildung 71: Ergebnisse der Auftaumittelbeständigkeit nach EN 12697-41 am AC 11 70/100 Porphyr und am AC 11 70/100 Granit in Safeway KF. 71

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Ergebnisse vom Sieben des Zuschlages (M.Farha, Hassan, Halim, & Mostafa, 2002) 20
Tabelle 2: Masse der Einzelmessproben 34
Tabelle 3: Ergebnisse für B144 (PmB45/80-65) 37
Tabelle 4: Ergebnisse für B136 (70/100) 38
Tabelle 5: Eigenschaften 39
Tabelle 6: Eigenschaften (Clariant Produkte GmbH) 40
Tabelle 7: Betriebstemperaturen (Clariant Produkte GmbH) 41
Tabelle 8: Eigenschaften (Clariant Produkte GmbH) 44
Tabelle 9: De – Icing (Clariant Produkte GmbH) 44
Tabelle 10: Prüfplan für Prüfungen analog zu EN 12697 - 11 46
Tabelle 11: Einwaage M002 46
Tabelle 12: Einwaage M003 47
Tabelle 13: Die Probekörper mit den verschiedenen Enteisungsmittel 52
Tabelle 14: Der Hauptbestandteil und die Nebenbestandteile in % 55
Tabelle 15: Überblick der Prüfergebnisse 61
Tabelle 16: Überblick der Prüfergebnisse Projekt 10414 63

ANHANG

Dieser Anhang beinhaltet insgesamt 34 Seiten.

Konventionelle Bitumenprüfung	2 Seiten
Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen	4 Seiten
Auftaumittelbeständigkeit analog EN 12697 – 43	20 Seiten
Auftaumittelbeständigkeitsversuch analog zu EN 1367 – 6 (Beständigkeit gegen Frost-Tau-Wechsel) in Verbindung mit der Bürstprüfung nach EN 12697 – 43 (Treibstoffbeständigkeit)	8 Seiten

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Konventionelle Bitumenprüfung

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	09.10.2012
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov

Probedaten

Bitumenprobe	**70/100**	Laborcode	**B136A**	Alterungsstufe	**A**

Prüfergebnisse

Nadelpenetration

Gerät	FröWag 1.572	Messung 1	80,4 1/10mm
Norm	EN 1426	Messung 2	78,3 1/10mm
		Messung 3	82,4 1/10mm
		Mittelwert	**80,37 1/10mm**

Erweichungspunkt Ring und Kugel

Gerät	FröWag 1.640	Messung 1	45,21 °C
Norm	EN 1427	Messung 2	45,03 °C
Badflüssigkeit	Wasser	**Mittelwert**	**45,20 °C**

Brechpunkt nach Fraaß

Gerät	IWS-vollautomatisch	Messung 1 (T0)	-18,70 °C
Norm	EN 12593	Messung 2 (T1)	-19,50 °C
		Mittelwert	**-19,10 °C**

Elastische Rückstellung

Gerät	Straßentest	Messung 1	Probe 1	Probe 2
Norm	EN 13398	Ausdehnung b. Bruch	N/V	N/V
Temperatur	25,00 °C	Abstand d	N/V	N/V
Ausziehgeschw.	50 mm/min	Elast. Rückstellung RE	N/V	N/V
		Mittelwert.	N/V	

Anmerkungen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Konventionelle Bitumenprüfung

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	09.10.2012
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov

Probedaten

Bitumenprobe	**OMV BitumenPmB 45/80-65**	Laborcode	**B144A**	Alterungsstufe	**A**

Prüfergebnisse

Nadelpenetration

Gerät	FröWag 1.572	Messung 1	57,3 1/10mm
Norm	EN 1426	Messung 2	55,2 1/10mm
		Messung 3	55,7 1/10mm
		Mittelwert	**56,07 1/10mm**

Erweichungspunkt Ring und Kugel

Gerät	FröWag 1.640	Messung 1	76,84 °C
Norm	EN 1427	Messung 2	77,84 °C
Badflüssigkeit	Wasser	**Mittelwert**	**77,40 °C**

Brechpunkt nach Fraaß

Gerät	IWS-vollautomatisch	Messung 1 (T0)	-21,60 °C
Norm	EN 12593	Messung 2 (T1)	-23,90 °C
		Mittelwert	**-22,75 °C**

Elastische Rückstellung

Gerät	Straßentest	Messung 1	Probe 1	Probe 2
Norm	EN 13398	Ausdehnung b. Bruch	20 mm	20 mm
Temperatur	25,00 °C	Abstand d	17 mm	18 mm
Ausziehgeschw.	50 mm/min	Elast. Rückstellung RE	86,5 %	87,5 %
		Mittelwert.	**87,0 %**	

Anmerkungen

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen (Teil A)

P411
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	07.11.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
SachbearbeiterIn	David Valentin
Norm	EN 12697-11, Ausgabe 2005

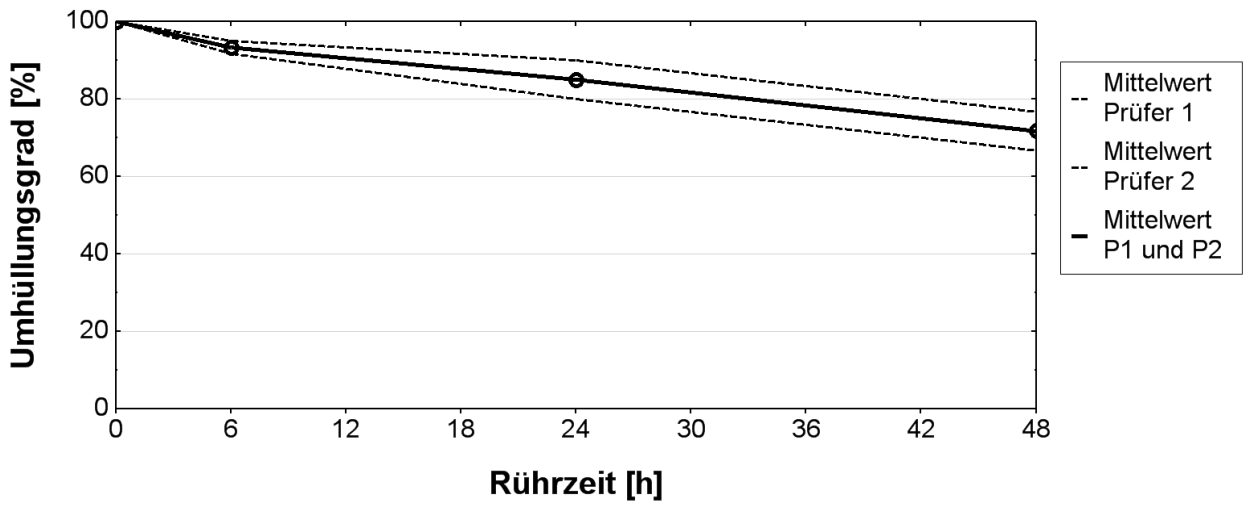
Maschinen- und Probedaten

Prüfmaschine	Pyk-Rollgerät Fröwag	Drehgeschwindigkeit [RPM]	60
Prüftemperatur [°C]	22	Lagerwinkel [°]	15
Gestein	Loja	Laborcode	G530
Art & Größe Gestein	8/11	Scheinbare Rohdichte [Mg/m³]	2,83
Bitumen	OMV BitumenPmB 45/80-65	Laborcode	B144A
Bindemittelmenge [g]	16		
adhäsverb. Zusatz	N/V	Laborcode	N/V
Prüfflüssigkeit	EEF Typ 1	Laborcode	S160

Prüfergebnisse

	Datum	Uhrzeit
Herstellung des Gemisches	09.11.2011	09:00
Beginn der Prüfung (Rühren)	07.11.2011	13:05

		Rührzeit [h]					
		6	24	48			
Umhüllungsgrad [%]	Mittelwert Prüfer 1	95	90	77			
	Mittelwert Prüfer 2	92	80	67			
	Mittelwert P1 und P2	93	85	72			
Klumpenbildung [%]		50	70	70			



TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen (Teil A)

P411
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	13.12.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
SachbearbeiterIn	David Valentin
Norm	EN 12697-11, Ausgabe 2005

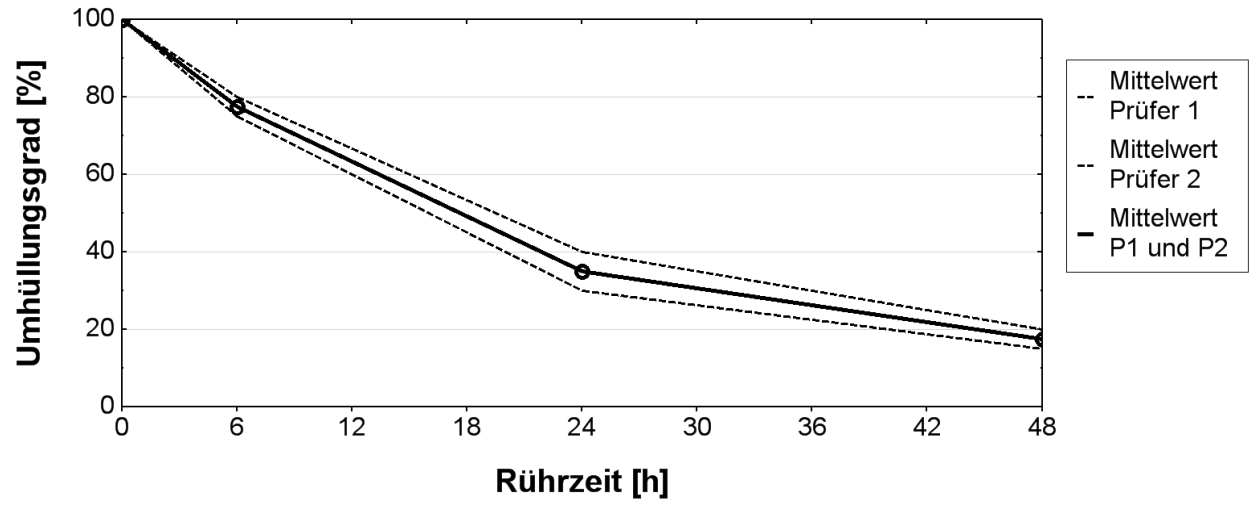
Maschinen- und Probedaten

Prüfmaschine	Pyk-Rollgerät Fröwag	Drehgeschwindigkeit [RPM]	60
Prüftemperatur [°C]	22	Lagerwinkel [°]	15
Gestein	Loja	Laborcode	G530
Art & Größe Gestein	8/11	Scheinbare Rohdichte [Mg/m³]	2,83
Bitumen	OMV BitumenPmB 45/80-65	Laborcode	B144A
Bindemittelmenge [g]	15,9		
adhäsverb. Zusatz	N/V	Laborcode	N/V
Prüfflüssigkeit	EEF Typ 2	Laborcode	S161

Prüfergebnisse

	Datum	Uhrzeit
Herstellung des Gemisches	12.12.2011	09:15
Beginn der Prüfung (Rühren)	13.12.2011	09:00

		Rührzeit [h]					
		6	24	48			
Umhüllungsgrad [%]	Mittelwert Prüfer 1	75	30	15			
	Mittelwert Prüfer 2	80	40	20			
	Mittelwert P1 und P2	78	35	18			
Klumpenbildung [%]							



TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen (Teil A)

P411
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	09.11.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
SachbearbeiterIn	David Valentin
Norm	EN 12697-11, Ausgabe 2005

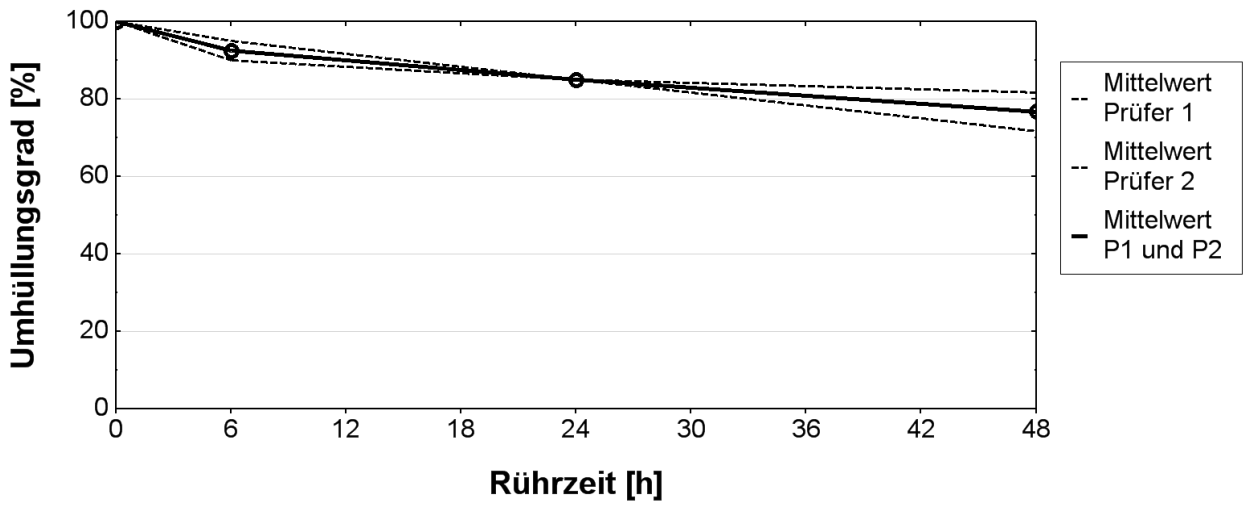
Maschinen- und Probedaten

Prüfmaschine	Pyk-Rollgerät Fröwag	Drehgeschwindigkeit [RPM]	60
Prüftemperatur [°C]	22	Lagerwinkel [°]	15
Gestein	N/V	Laborcode	G555
Art & Größe Gestein	8/11	Scheinbare Rohdichte [Mg/m³]	N/V
Bitumen	OMV BitumenPmB 45/80-65	Laborcode	B144A
Bindemittelmenge [g]	16,1		
adhäsverb. Zusatz	N/V	Laborcode	N/V
Prüfflüssigkeit	EEF Typ 1	Laborcode	S160

Prüfergebnisse

	Datum	Uhrzeit
Herstellung des Gemisches	07.11.2011	13:00
Beginn der Prüfung (Rühren)	09.11.2011	09:00

		Rührzeit [h]					
		6	24	48			
Umhüllungsgrad [%]	Mittelwert Prüfer 1	95	85	82			
	Mittelwert Prüfer 2	90	85	72			
	Mittelwert P1 und P2	93	85	77			
Klumpenbildung [%]		50	70	70			



TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen (Teil A)

P411

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	13.12.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
SachbearbeiterIn	David Valentin
Norm	EN 12697-11, Ausgabe 2005

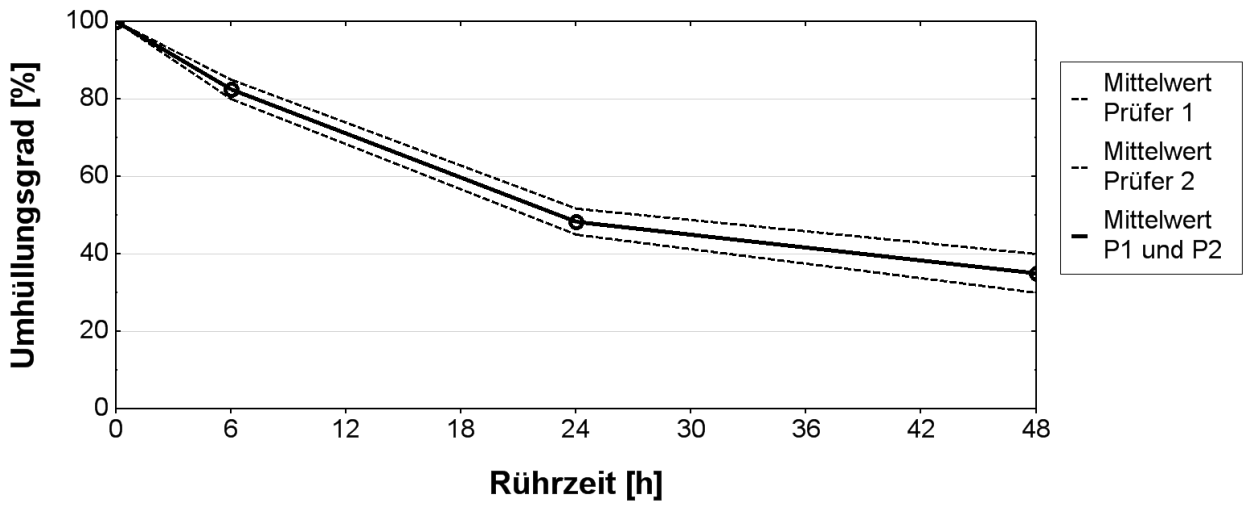
Maschinen- und Probedaten

Prüfmaschine	Pyk-Rollgerät Fröwag	Drehgeschwindigkeit [RPM]	60
Prüftemperatur [°C]	21	Lagerwinkel [°]	15
Gestein	N/V	Laborcode	G555
Art & Größe Gestein	8/11	Scheinbare Rohdichte [Mg/m³]	N/V
Bitumen	OMV BitumenPmB 45/80-65	Laborcode	B144A
Bindemittelmenge [g]	16,2		
adhäsverb. Zusatz	N/V	Laborcode	N/V
Prüfflüssigkeit	EEF Typ 2	Laborcode	S161

Prüfergebnisse

	Datum	Uhrzeit
Herstellung des Gemisches	12.12.2011	09:10
Beginn der Prüfung (Rühren)	13.12.2011	09:00

		Rührzeit [h]					
		6	24	48			
Umhüllungsgrad [%]	Mittelwert Prüfer 1	80	45	30			
	Mittelwert Prüfer 2	85	52	40			
	Mittelwert P1 und P2	83	48	35			
Klumpenbildung [%]							



TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Einwaage zur Asphalterzeugung

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	12.08.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Georgi Chankov
Norm	EN 12697-35, Ausgabe 2007

Angaben zum Asphalt

Laborcode AS032 **Asphaltsorte AC 11 deck 70/100 Limberg**

Ist-Rohdichte [g/cm³]	2,500	Ziel-Hohlraumgehalt [V%]	3,0
		Ziel-Raumdichte [g/cm³]	2,425

Angaben für die Probekörperherstellung

Plattennummer	Verdichter	Dicke [cm]/ Anzahl [Stk]	Masse pro Platte [g]	Gesamtmasse [g]
M003	Marshallhammer	22	1.248	27.465
Rohdichte	-	1	1.120	1.120
			erforderliche Masse [g]	28.585
			aufgerundete Masse [g]	**31.000**

Einwaage

		Anteil [M%]	Masse [g]
Bindemittel	Ziel-Bindemittelgehalt	5,30	1643,0
	Einzuwägende Masse (Klebenbleiben am Mischer)		1679,1
Zusatz	-	-	-
Gestein	F021, G552, G553, G554, G555	94,70	29357,0

	Laborcode	Material	Masse-%	Soll [g]	Ist [g]
Bitumen	B136A	70/100	5,30	1643,0	
Füller	F021	Kalksteinmehl	2,41	747,10	
[0 - 2]	G552	Granit Limberg 0/2	36,41	11287,10	
[2 - 4]	G553	Granit Limberg 2/4	13,95	4324,50	
[4 - 8]	G554	Granit Limberg 4/8	14,24	4414,40	
[8 - 11]	G555	Granit Limberg 8/11	27,69	8583,90	
		Summe	**100,00**	**31.000,0**	

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**264 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003O	5,7	1236,8	1240,1	1239,9	1239,8	1239,7	-0,3	0,0	-0,2	Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,3**	STABW A [%]	N/V
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**-0,2**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: S162

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**264 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003H	3,4	1250,3	1252,0	1251,9	1251,9	1251,8	-0,1	0,0	-0,1	Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,1**	STABW A [%]	N/V
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**-0,1**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: S160

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**264 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003D	5,6	1243,9	1246,5	1246,3	1246,2	1246,1	-0,2	0,0	-0,2	Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,2**	STABW A [%]	N/V
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**-0,2**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: S163

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**264 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003L	5,4	1245,3	1247,6	1247,5	1247,5	1247,5	-0,2	0,0	-0,2	Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,2**	STABW A [%]	N/V
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**-0,2**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: S161

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**504 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003E	5,9	1246,3	1250,4	1250,3	1250,3	1250,3	-0,3	0,0	-0,3	Hoch
M003F	5,8	1244,9	1249,7	1249,6	1249,5	1249,4	-0,4	0,0	-0,4	
M003G	5,7	1245,9	1250,5	1250,4	1250,3	1250,2	-0,4	0,0	-0,3	

Mittelwert A [%]	**-0,4**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,3**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: S160

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**504 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003I	5,6	1251,9	1255,7	1255,6	1255,6	1255,5	-0,3	0,0	-0,3	Hoch
M003J	5,5	1245,1	1248,0	1247,8	1247,8	1247,6	-0,2	0,0	-0,2	
M003K	5,7	1245,3	1248,2	1248,1	1248,1	1248,1	-0,2	0,0	-0,2	

Mittelwert A [%]	**-0,3**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,2**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: S161

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**504 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003M	5,7	1247,4	1252,7	1252,6	1252,5	1252,3	-0,4	0,0	-0,4	
M003N	5,4	1247,4	1253,0	1252,3	1252,0	1251,8	-0,4	0,1	-0,4	
M003P	5,6	1246,4	1250,3	1250,2	1250,2	1250,1	-0,3	0,0	-0,3	
										Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,4**	STABW A [%]	0,1
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,3**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: S162

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**504 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003A	5,2	1244,5	1248,7	1248,5	1248,5	1248,5	-0,3	0,0	-0,3	Hoch
M003B	6,2	1247,9	1252,1	1251,6	1251,6	1251,6	-0,3	0,0	-0,3	
M003C	5,0	1246,2	1249,7	1249,5	1249,5	1249,4	-0,3	0,0	-0,3	

Mittelwert A [%]	**-0,3**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,3**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: S163

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.10.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**168 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003I	5,6	1255,5	1253,8	1253,8	1253,8	1253,8	0,1	0,0	0,1	Unbekannt
M003J	5,5	1247,6	1247,3	1247,3	1247,3	1247,3	0,0	0,0	0,0	
M003K	5,7	1248,1	1246,5	1246,5	1246,5	1246,5	0,1	0,0	0,1	

Mittelwert A [%]	**0,1**	STABW A [%]	0,1
Mittelwert B [%]	**N/V**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**N/V**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: (S161)
M003 K S161
M003 I S160, S163
M003 J S162

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.10.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**168 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M003B	6,2	1251,6	1252,0	1252,0	1252,0	1252,0	0,0	0,0	0,0	Unbekannt
M003G	5,7	1250,2	1249,7	1249,7	1249,7	1249,7	0,0	0,0	0,0	
M003N	5,4	1251,8	1250,3	1250,3	1250,3	1250,3	0,1	0,0	0,1	

Mittelwert A [%]	**0,0**	STABW A [%]	0,1
Mittelwert B [%]	**N/V**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**N/V**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: (S163) M003B S161, S161
(S160) M003G S163, S162
(S162) M003 N S160, S160

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Einwaage zur Asphalterzeugung

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	12.08.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Georgi Chankov
Norm	EN 12697-35, Ausgabe 2007

Angaben zum Asphalt

Laborcode AS031 **Asphaltsorte AC 11 deck 70/100 Loja**

Ist-Rohdichte [g/cm³]	2,500	Ziel-Hohlraumgehalt [V%]	3,0
		Ziel-Raumdichte [g/cm³]	2,425

Angaben für die Probekörperherstellung

Plattennummer	Verdichter	Dicke [cm]/ Anzahl [Stk]	Masse pro Platte [g]	Gesamtmasse [g]
M002	Marshallhammer	22	1.248	27.465
Rohdichte	-	1	1.120	1.120
			erforderliche Masse [g]	28.585
			aufgerundete Masse [g]	**31.000**

Einwaage

		Anteil [M%]	Masse [g]
Bindemittel	Ziel-Bindemittelgehalt	5,30	1643,0
	Einzuwägende Masse (Klebenbleiben am Mischer)		1679,1
Zusatz	-	-	-
Gestein	F021, G495, G529, G530, G562	94,72	29363,2

	Laborcode	Material	Masse-%	Soll [g]	Ist [g]
Bitumen	B136A	70/100	5,30	1643,0	
Füller	F021	Kalksteinmehl	5,42	1680,20	
[0 - 2]	G562	Loja 0/2	35,98	11153,80	
[2 - 4]	G495	Loja 2/4	9,58	2969,80	
[4 - 8]	G529	Loja 4/8	23,29	7219,90	
[8 - 11]	G530	Loja 8/11	20,45	6339,50	
		Summe	**100,02**	**31.006,2**	

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Loja
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,588 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**264 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M002O	3,2	1242,6	1245,1	1245,0	1245,0	1244,9	-0,2	0,0	-0,2	Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,2**	STABW A [%]	N/V
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**-0,2**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: S162

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Loja
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,588 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**264 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M002H	3,3	1244,7	1246,0	1245,9	1245,9	1245,8	-0,1	0,0	-0,1	Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,1**	STABW A [%]	N/V
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**-0,1**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: S160

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Loja
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,588 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**264 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M002D	2,7	1249,6	1251,4	1251,2	1251,2	1251,2	-0,1	0,0	-0,1	Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,1**	STABW A [%]	N/V
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**-0,1**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: S163

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Loja
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,588 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**264 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M002L	3,3	1244,6	1246,2	1246,2	1246,2	1246,1	-0,1	0,0	-0,1	Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,1**	STABW A [%]	N/V
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	N/V
Mittelwert C [%]	**-0,1**	STABW C [%]	N/V

Anmerkungen: S161

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Loja
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,588 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**504 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M002E	3,0	1245,6	1247,9	1247,9	1247,8	1247,8	-0,2	0,0	-0,2	
M002F	3,0	1239,1	1241,6	1241,5	1241,5	1241,5	-0,2	0,0	-0,2	
M002G	3,1	1247,9	1250,3	1250,2	1250,2	1250,2	-0,2	0,0	-0,2	

Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,2**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,2**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: S160

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Loja
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,588 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**504 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M002I	3,8	1242,6	1244,7	1244,6	1244,5	1244,5	-0,2	0,0	-0,2	Hoch
M002J	3,0	1231,7	1233,5	1233,5	1233,4	1233,4	-0,1	0,0	-0,1	
M002K	3,4	1245,2	1247,3	1247,2	1247,2	1247,2	-0,2	0,0	-0,2	

Mittelwert A [%]	**-0,2**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,2**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: S161

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Loja
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,588 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**504 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M002M	3,2	1247,2	1251,0	1250,9	1250,9	1250,9	-0,3	0,0	-0,3	Hoch
M002N	3,1	1245,1	1248,2	1248,1	1248,0	1248,0	-0,2	0,0	-0,2	
M002P	3,4	1246,2	1249,7	1249,6	1249,6	1249,5	-0,3	0,0	-0,3	

Mittelwert A [%]	**-0,3**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,3**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: S162

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Loja
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,588 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**504 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M002A	3,1	1245,1	1247,8	1247,8	1247,8	1247,7	-0,2	0,0	-0,2	Hoch
M002B	2,4	1242,7	1245,5	1245,5	1245,4	1245,4	-0,2	0,0	-0,2	
M002C	2,9	1243,9	1246,5	1246,4	1246,4	1246,4	-0,2	0,0	-0,2	

Mittelwert A [%]	**-0,2**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,2**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: S163

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Einwaage zur Asphalterzeugung

P404
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	13.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Georgi Chankov
Norm	EN 12697-35, Ausgabe 2007

Angaben zum Asphalt

Laborcode AS039 **Asphaltsorte AC 11 deck 70/100 Limberg**

Ist-Rohdichte [g/cm³]	2,500	Ziel-Hohlraumgehalt [V%]	3,0
		Ziel-Raumdichte [g/cm³]	2,425

Angaben für die Probekörperherstellung

Plattennummer	Verdichter	Dicke [cm]/ Anzahl [Stk]	Masse pro Platte [g]	Gesamtmasse [g]
M004	Marshallhammer	6	1.249	7.491
			erforderliche Masse [g]	7.491
			aufgerundete Masse [g]	**10.000**

Einwaage

				Anteil [M%]	Masse [g]
Bindemittel	Ziel-Bindemittelgehalt			5,30	530,0
	Einzuwägende Masse (Klebenbleiben am Mischer)				541,7
Zusatz	-			-	-
Gestein	F021, G552, G553, G554, G555			94,70	9470,0
	Laborcode	Material	Masse-%	Soll [g]	Ist [g]
Bitumen	B136A	70/100	5,30	530,0	
Füller	F021	Kalksteinmehl	2,41	241,00	
[0 - 2]	G552	Granit Limberg 0/2	36,41	3641,00	
[2 - 4]	G553	Granit Limberg 2/4	13,95	1395,00	
[4 - 8]	G554	Granit Limberg 4/8	14,24	1424,00	
[8 - 11]	G555	Granit Limberg 8/11	27,69	2769,00	
		Summe	**100,00**	**10.000,0**	

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Rohdichte, Abmessungen, Raumdichten und Hohlraumgehälter

P429-CY

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	16.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Georgi Chankov
Arbeitsanweisung	-
Norm	EN 12697-06, Ausgabe 2007

Probedaten

Asphaltsorte	AC 11 deck 70/100 Limberg	Laborcode	AS039
Gesteinsart	N/V	Laborcode(s)	G552, G553, G554, G555
Fremd-Füller	Kalksteinmehl	Laborcode(s)	F021
Zusatz	N/V	Laborcode(s)	N/V
Bitumen	70/100	Laborcode	B136A

Prüfergebnisse

Rohdichte des Mischgutes			
Rohdichte [Mg/m³]	2,444	Verfahren	A - Volumetrisches Verfahren
Prüftemperatur [°C]	25,0	Prüfflüssigkeit	luftfrei gekochtes Wasser

Probekörper	Höhe [mm]	Durch-messer [mm]	Masse trocken [g]	Raumdichte Verfahren B [Mg/m³]	Hohlraum-gehalt [V%]
M004A	67,8	101,4	1248,0	2,323	5,0
M004B	68,3	101,4	1248,8	2,311	5,4
M004C	68,2	101,5	1247,0	2,307	5,6
M004D	68,3	101,4	1249,0	2,306	5,6
M004E	68,4	101,5	1248,3	2,309	5,5
M004F	68,7	101,2	1248,0	2,307	5,6

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	30.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**168 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M004B	5,4	1248,8	1250,5	1250,5	1250,5	1250,5	-0,1	0,0	-0,1	
M004C	5,6	1247,0	1248,8	1248,8	1248,8	1248,7	-0,1	0,0	-0,1	
M004F	5,6	1248,0	1249,9	1249,7	1249,7	1249,6	-0,2	0,0	-0,1	
										Hoch

Mittelwert A [%]	**-0,1**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,1**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: Frost - Tau - Wechsel in S162

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	30.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**168 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M004A	5,0	1248,0	1246,9	1246,9	1246,9	1246,8	0,1	0,0	0,1	Hoch
M004D	5,6	1249,0	1252,4	1252,3	1252,2	1252,2	-0,3	0,0	-0,3	
M004E	5,5	1248,3	1250,2	1250,1	1250,1	1250,1	-0,2	0,0	-0,1	

Mittelwert A [%]	**-0,1**	STABW A [%]	0,2
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,1**	STABW C [%]	0,2

Anmerkungen: Frost - Tau - Wechsel in Wasser

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Einwaage zur Asphalterzeugung

P404
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	23.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Georgi Chankov
Norm	EN 12697-35, Ausgabe 2007

Angaben zum Asphalt

Laborcode AS040	**Asphaltsorte AC 11 deck 70/100 Limberg**		
Ist-Rohdichte [g/cm³]	2,500	Ziel-Hohlraumgehalt [V%]	3,0
		Ziel-Raumdichte [g/cm³]	2,425

Angaben für die Probekörperherstellung

Plattennummer	Verdichter	Dicke [cm]/ Anzahl [Stk]	Masse pro Platte [g]	Gesamtmasse [g]
M005	Marshallhammer	8	1.248	9.987
			erforderliche Masse [g]	9.987
			aufgerundete Masse [g]	**12.000**

Einwaage

				Anteil [M%]	Masse [g]
Bindemittel	Ziel-Bindemittelgehalt			5,30	636,0
	Einzuwägende Masse (Klebenbleiben am Mischer)				650,0
Zusatz	-			-	-
Gestein	F021, G552, G553, G554, G555			94,70	11364,0
	Laborcode	Material	Masse-%	Soll [g]	Ist [g]
Bitumen	B136A	70/100	5,30	636,0	
Füller	F021	Kalksteinmehl	2,41	289,20	
[0 - 2]	G552	Granit Limberg 0/2	36,41	4369,20	
[2 - 4]	G553	Granit Limberg 2/4	13,95	1674,00	
[4 - 8]	G554	Granit Limberg 4/8	14,24	1708,80	
[8 - 11]	G555	Granit Limberg 8/11	27,69	3322,80	
		Summe	**100,00**	**12.000,0**	

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Rohdichte, Abmessungen, Raumdichten und Hohlraumgehälter

P429-CY

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	30.09.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Arbeitsanweisung	-
Norm	EN 12697-06, Ausgabe 2007

Probedaten

Asphaltsorte	AC 11 deck 70/100 Limberg	Laborcode	AS040
Gesteinsart	N/V	Laborcode(s)	G552, G553, G554, G555
Fremd-Füller	Kalksteinmehl	Laborcode(s)	F021
Zusatz	N/V	Laborcode(s)	N/V
Bitumen	70/100	Laborcode	B136A

Prüfergebnisse

Rohdichte des Mischgutes			
Rohdichte [Mg/m³]	2,444	Verfahren	A - Volumetrisches Verfahren
Prüftemperatur [°C]	25,0	Prüfflüssigkeit	luftfrei gekochtes Wasser

Probekörper	Höhe [mm]	Durch-messer [mm]	Masse trocken [g]	Raumdichte Verfahren B [Mg/m³]	Hohlraum-gehalt [V%]
M005A	67,5	101,4	1244,4	2,321	5,0
M005B	68,4	101,6	1248,0	2,312	5,4
M005C	68,4	101,6	1247,7	2,312	5,4
M005D	67,8	101,7	1245,4	2,310	5,5
M005E	68,5	101,4	1247,0	2,310	5,5
M005F	68,5	101,5	1246,7	2,315	5,3
M005G	67,3	101,6	1230,1	2,291	6,3
M005H	68,5	101,4	1250,0	2,293	6,2

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.10.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**168 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M005E	5,5	1247,0	1248,5	1247,9	1247,9	1247,8	-0,1	0,1	-0,1	Hoch
M005F	5,3	1246,7	1247,7	1247,3	1247,2	1246,9	-0,1	0,1	0,0	
M005G	6,3	1230,1	1231,4	1231,2	1231,2	1231,2	-0,1	0,0	-0,1	
M005H	6,2	1250,0	1251,1	1251,0	1251,0	1251,0	-0,1	0,0	-0,1	

Mittelwert A [%]	**-0,1**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,1**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: Frost - Tau - Wechsel in S162

TECHNISCHE UNIVERSITÄT WIEN
Vienna University of Technology

Institut für Verkehrswissenschaften
Labor des Forschungsbereichs für Straßen- und Flugbetriebsflächenbau
Gußhausstraße 28/E230/3
1040 WIEN
Tel.: +43-1-58801-23301
Fax.: +43-1-58801-23399
DVR:0005886

Prüfbericht: Treibstoffbeständigkeit

P436
Seite 1 von 1

AuftraggeberIn	Flughafen Wien
Datum	20.10.2011
Projekt	11412
ProjektleiterIn	David Valentin
PrüferIn	Mariyan Dimitrov
Norm	EN 12697-43, Ausgabe 2005

Maschinen- und Probedaten

Bürstprüfung	ÖNORM EN 12697-43
Prüfgerät	Fräsmaschine KDM 25 Fa. Bernardo
Asphalt	AC 11 deck 70/100 Limberg
Bindemittel	70/100
Bindemittelgehalt	5,3 %
Rohdichte Asphalt	2,444 Mg/m³
Mischverfahren	Labormischung gemäß ÖNORM EN 12697-35
Verdichtungsart	Verdichtung mit dem Marshallhammer gemäß ÖNORM EN 12697-30
Treibstoff	**Taumittel**
Lagerungsdauer	**168 h**

Prüfergebnisse

PK-Nummer	VAir	m1,i	m2,i	m3,i	m4,i	m5,i	Ai	Bi	Ci	Kategorie der Treibstoff-beständigkeit
	[V-%]	[g]	[g]	[g]	[g]	[g]	[%]	[%]	[%]	[-]
M005A	5,0	1244,4	1245,5	1245,5	1245,5	1245,4	-0,1	0,0	-0,1	Hoch
M005B	5,4	1248,0	1249,2	1249,1	1249,1	1249,0	-0,1	0,0	-0,1	
M005C	5,4	1247,7	1249,0	1248,9	1248,9	1248,8	-0,1	0,0	-0,1	
M005D	5,5	1245,4	1246,5	1246,5	1246,4	1246,4	-0,1	0,0	-0,1	

Mittelwert A [%]	**-0,1**	STABW A [%]	0,0
Mittelwert B [%]	**0,0**	STABW B [%]	0,0
Mittelwert C [%]	**-0,1**	STABW C [%]	0,0

Anmerkungen: Frost - Tau - Wechsel in Wasser