Università Politecnica delle Marche
Dipartimento ICEA
Area strade

Projekt INTERREG IV
Innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel
iBBT (ID 5273)

Aktueller Stand der Labor- und Baustellentätigkeit am 31.12.2012

Ancona 31/12/2012

Prof. Ing. Maurizio BOCCI

Inhaltsverzeichnis

Einleitung 3
Einbau des Mischgutes mit durchsichtigem Bindemittel 4
Herstellung der Mischung 4
Verlegung des hellen Mischgutes 6
Kontrollprüfungen 8
Prüfungen vom losen Mischgut 8
Prüfung der Bohrkerne 9
Rutschfestigkeitsnachweis 10
Lichtdichtemessungen 11
Laborproben 11
Messungen vor Ort 12
Vergleich mit der Projektmischung 17
Weitere Tätigkeiten des zweiten Halbjahr 2012 18

Einleitung

Im Rahmen des INTERREG IV Projektes (innovative Beläge und Beleuchtung für Tunnel) werden von Seiten der Autonomen Provinz Bozen u. A. die mechanischen und photometrischen Eigenschaften heller Verschleißschichten im Tunnelbau untersucht, um einerseits Energiekosten durch eine geeignete Beleuchtung einzusparen und andererseits um die Sicherheitsbedingungen im Tunnelbereich zu verbessern.

Die untersuchten Projektlösungen führen zu zwei verschiedenen Arten von Verschließschicht: 1) Realisierung einer hellen, geschlossenen Deckschicht, hergestellt mit hellen Zuschlagstoffen und durchsichtigem Bitumen 2) Einbau eines Drainasphaltes mit hoher Porosität, dessen Hohlräume mit einem weißen, hochfließfähigen Zementmörtel verfüllt wird.

Die erste Forschungsphase, siehe 1.Zwischenbericht vom 31.Mai 2012, die vom Labor des Amtes für Geologie und Baustoffprüfung der Autonomen Provinz Bozen und dem Straßenbaulabor der polytechnischen Universität der Marken (Ancona), betrieben wird, sieht die Optimierung der Mischungsverhältnisse eines hellen Straßenbelages, mit durchsichtigem Bindemittel vor. Im Juli 2012 ist dieses Mischgut in zwei Tunnels des Straßennetzes der Autonomen Provinz Bozen eingebaut worden: im Tunnel in Tisens (Naraun) und im Tunnel in Moos in Passeier. Die eingesetzten Ausgangsmaterialien und die eingebauten Straßenbeläge wurden mittels eines Monitorings untersucht; außerdem wurde eine Versuchsreihe mit Kontrollprüfungen durchgeführt, die in diesem 2. Bericht angeführt werden.

Gleichzeitig wurde mit der Studie des zweiten hellen Straßenbelages fortgefahren. Zu diesem Zwecke wurden im Landesgebiet zwei verschiedene Arten heller Zuschlagstoffe (Granite) ausfindig gemacht und untersucht, die für die Realisierung des Drainasphaltes mit hellem Zementmörtel zur Verfügung gestellt werden können. Dieser Belag soll voraussichtlich im späten Frühjahr 2013 eingebaut werden.

Einbau des Mischgutes mit durchsichtigem Bindemittel

Die Landesverwaltung wählte für die erste Anwendung des hellen Straßenbelages zwei Tunnels aus: Der erste Tunnel hat eine Länge von ca. 200 m und befindet sich in Tisens (Fraktion Naraun, bei km 26+690 der S.S. 238 Gampenpaß), der zweite ist der Tunnel Nr. 6 bei Moos in Passeier (km 13+000 der S.S. 44 bis - Timmelsjoch).

Beide Tunnel sind relativ eng (asphaltierte Fahrbahnbreite 5,50 m) und es war daher nicht möglich einen zweispurigen Einbau durchzuführen. Das Mischgut konnte man nämlich nicht vom Fertiger laden, da es unmöglich war den Kippbrücke des Lastwagens zu kippen.

Außerdem hätte die geringe Restfahrbahnbreite ein Problem für Verkehr und Sicherheit der Baustelle dargestellt. Deshalb wurden beide Straßen während des Einbaus gesperrt und die Arbeiten erfolgten in der Nacht (von 22.00 bis 6.00 Uhr) um die Unannehmlichkeiten auf wenige Verkehrsteilnehmer zu beschränken.

Der Einbau erfolgte in der Nacht zwischen dem 4. und 5. Juli 2012.

Herstellung der Mischung

Das Mischgut wurde im Werk der Firma Bitumisarco in Blumau, an der S.S.12 nördlich von Bozen hergestellt. Beim Werk handelt es sich um ein älteres, diskontinuierliches Asphaltmischwerk vom Typ Marini (siehe Foto 1), mit einem Nutzinhalt von 1200 kg Mischgut (inkl. Bindemittel) pro Zyklus sowie einer Stundenproduktion von 120 t.

Am Nachmittag des 4. Juli, wurde in Anwesenheit der Techniker des Amtes für Geologie und Baustoffprüfung der Autonomen Provinz Bozen, die Herstellungsprozedur der Mischung festgelegt. Während der Eingabe in den Mischer und bei der Entladung des Mischguts auf den Lastwagenkessel wurden Temperaturmessungen der Zuschlagstoffe durchgeführt.

Die Temperatur war eine der größten Herausforderungen dieses Versuchs. Der Einbau während der Nachstunden und der beträchtliche Abstand des Werkes zu den beiden Tunnels, besonders zum Tunnel in Moos in Passeier, hätten hohe Mischtemperaturen erfordert; das eingesetzte Bindemittel (Kromatis – Total) darf hingegen nicht zu hoch erhitzt werden (über 175 °C), um eine Veränderung der Farbe (Bräunung) zu vermeiden. Die Mischtemperatur wurde somit auf 180 °C festgelegt.

Foto 1 – Asphaltwerk der Firma Bitumisarco nördlich von Bozen

Das Zusatzmittel für die heller Farbe, Titandioxid, wurde händisch im Mischer beigemengt (2 Säcke zu je 6 kg) in einem Anteil von 0,5% bezogen auf dem Gewicht der Zuschlagstoffe.
Die Bindemittelzufuhr erfolgte direkt von dem aus Frankreich (Le Havre) kommenden, beheizten Tankwagen. Am selben Nachmittag wurde eine erste Testmischung im Areal der Mischanlage verlegt (Foto Nr.2). Nach dem Einbau wurde das Konglomerat abgekühlt und Bohrkerne zur Bestimmung des Verdichtungsgrades entnommen.

Foto 2 – Verlegung der Testmischung im Areal der Mischanlage Bitumisarco

Verlegung des hellen Mischgutes

Nach der positiven Beurteilung aller durchgeführten Vorgänge wurde in der darauf folgenden Nacht in beiden Tunnels das Mischgut verlegt, wobei der Einbau in einem Arbeitsgang auf der gesamten Fahrbahnlänge erfolgte (Foto Nr.3).

Im Tunnel Naraun war es möglich das Mischgut direkt und kontinuierlich (Antrieb durch Straßenfertiger) einzubauen (Foto Nr. 4).

Dasselbe war im Tunnel der Timmelsjochstraße nicht möglich, da der Lastwagen mit dem Konglomerat zwar bis in die Mitte des Tunnels fahren, den Kasten aber nicht gänzlich kippen konnte. Deshalb war es notwendig, die heiße Mischung außerhalb des Tunnels abzuladen und sie mittels eines Radladers in den Materialkübel des Fertigers zu füllen (Fotos 5A und 5B).

Dieses Umfüllen führte zu einer weiteren Temperaturabnahme des Mischguts, das schon seit zwei Stunden unterwegs war.

Die Verdichtungsarbeiten wurden in beiden Fällen mit einer Tandem-Vibrationswalze von ca. 14 t Gewicht durchgeführt.

Foto 3 – Einbau auf der gesamten Fahrbahnbreite – Tunnel Naraun

Foto 4 – Entladen des Mischgutes in den Straßenfertiger – Tunnel Naraun

Foto 5 – Verlegung und Verdichtung im Tunnel Nr. 6 bei Moos in Passeier

Kontrollprüfungen

Während des Einbaus wurden Prüfkörper des losen Mischguts und während der nachfolgenden Tage wurden Proben in beiden Tunnels entnommen, um die Kontrollprüfungen im Labor für Baustoffprüfung der Autonomen Provinz Bozen und im Labor Straßen und Transporte der polytechnischen Universität Marche durchzuführen.
Außerdem wurden Leuchtdichtemessungen an beiden Verschleißschichten durchgeführt, sowie die Oberflächenrauhigkeit (Skid Test) überprüft.

Prüfungen vom losen Mischgut

Auf den Prüfkörpern des losen Mischguts, die während des Einbaus entnommen wurden, wurden folgende Untersuchungen durchgeführt: Bestimmung der Massendichte; Prozentsatz der Hohlräume auf verdichtetem Prüfkörper mittels Gyratorpresse; Extraktion des Bindemittels; Siebanalyse der extrahierten Aggregate.
Die Ergebnisse sind in der Tabelle 1 zusammengefasst.

Siebanalyse				
Maschenweite. [mm]	**Rückstand [g]**	**Teilrückstand. [%]**	**Gesamtrückstand [%]**	**Durchgang [%]**
16	0	0.0	0.0	100.0
12	3.8	0.4	0.4	99.6
9.51	133.5	14.2	14.6	85.4
8	112.1	11.9	26.4	73.6
6.3	109	11.6	38.0	62.0
4	97.6	10.3	48.4	51.6
2	39.5	4.2	52.5	47.5
1	139.9	14.8	67.4	32.6
0.5	92.6	9.8	77.2	22.8
0.25	55.7	5.9	83.1	16.9
0.125	39.8	4.2	87.3	12.7
0.063	38.7	4.1	91.4	8.6
fondo	80.8	8.6	100.0	0.0
% Bitumen auf Gewicht der Aggregate				6.04
% Bitumen auf dem Gewicht des Mischguts				5.70
Massendichte [kN/m^3]				24.3
% v auf verdichtetem Prüfkörper mit Gyratorpresse @ 100gg				1.71

Tab. 1 – Ergebnisse der durchgeführten Untersuchungen auf losem Mischgut

Auf demselben losen Mischgut, das auf der Baustelle entnommen wurde, wurden folgende mechanischen Eigenschaften geprüft: Bestimmung der indirekten Zugfestigkeit und des Elastizitätsmoduls der indirekten Zugfestigkeit bei 20°C und 40°C. Die in der Tabelle 2 angeführten Ergebnisse werden mit denen des Mischguts verglichen, die im Labor mit denselben Materialien und Mengen des *mix design* erhalten wurden.

Bezug	**Modul der indirekten Zugfestigkeit**		**Indirekte Zugfestigkeit**
	ITSM @ 20°C [MPa]	**ITSM @ 40°C [MPa]**	**ITS @ 25°C [MPa]**
Prüfkörper mit Mischgut aus dem Labor	4302	260	2.16
Prüfkörper mit Mischgut von der Baustelle	3364	286	1.71

Tab. 2 – Ergebnisse der Untersuchungen zur Bestimmung der mechanischen Eigenschaften

Prüfung der Bohrkerne

Einige Tage nach dem Einbau der Verschleißschicht wurden Bohrkerne in den beiden Tunnel entnommen, um den Verdichtungsgrad in Bezug auf die Massendichte und der Resthohlräume zu messen. Die Ergebnisse aus den Laboruntersuchungen sind in der folgenden Tabelle 3 angeführt.

Tunnel Tisens				Tunnel Moos in Passeier			
Richtung Meran		Richtung Gampenpass		Richtung Moos i.P.		Richtung Timmelsjoch	
$G_{mb\ (des)}$ kN/m^3	Hohlräume %	$G_{mb\ (des)}$ kN/m^3	Hohlräume %	$G_{mb\ (des)}$ kN/m^3	Hohlräume %	$G_{mb\ (des)}$ kN/m^3	Hohlräume %
24,2	3,9	23,3	6,5	23,2	6.9	24,2	3,4
24,2	3,7	22,9	8,2	23,0	7,7	24,0	4,1

Tab. 3 – Ergebnisse der Untersuchungen auf den Bohrkernen

Die Resthohlräume variieren zwischen 3,7% und 8,2% für den Tunnel in Tisens und zwischen 3,4% und 7,7% für den Tunnel in Moos in Passeier. Es erscheint demnach, dass die operativen Schwierigkeiten beim Einbau (Nachtarbeit) ausschlaggebender waren als die logistischen Schwierigkeiten (langer Transportweg ab Mischwerk). Berücksichtigt man, dass der Einbau auf der gesamten Fahrbahnbreite erfolgte, so kann man den Unterschied zwischen den beiden Fahrbahnspuren (in beiden Tunnels) zu Recht einer ungleichmäßigen Verteilung des Mischguts und/oder einer nicht homogenen Verdichtung zuschreiben. Die Entfernung zum Asphaltmischwerk ist hingegen als nicht relevant zu betrachten. In der Tat sind die Hohlräume des Prüfkörpers des Tunnels Moos in Passeier mit denen des Tunnels Tisens vergleichbar, obwohl der Transportweg länger war und man das Material vom Lastwagen mittels Radbagger zum Fertiger transportieren musste.

Im Vergleich zu den Ergebnissen aus den Laborversuchen, bei denen das Material mit 100 Drehungen der Gyratorpresse verdichtet wurde, erhält man beim Straßeneinbau bedeutend höhere Hohlraumwerte, die aber noch innerhalb eines akzeptablen Intervalls liegen, abgesehen von den besonderen Verhältnissen, bei denen gearbeitet wurde.

Rutschfestigkeitsnachweis

Aufgrund des speziellen Bindemittels und der großen Menge an Mastix (Bindemittel+Füller) im Mischgut sorgte man sich um die Hafteigenschaften der Verschleißschicht.

Deshalb wurden einige Oberflächenrauhigkeitsversuche (Skid Test) durchgeführt um die anfänglichen Hafteigenschaften zu bestimmen und deren Verlauf in der Zeit zu überwachen.

Die Tabelle 4 fasst die Ergebnisse der unterschiedlichen Untersuchungen zusammen. Es wird keine signifikante Verminderung der Haftungseigenschaft festgestellt, auch wenn die Messungen während eines geringen Zeitraums stattgefunden haben.

Datum	Tunnel Tisens				Tunnel Moos in Passeier			
	Richtung Meran		Richtung Gampenpass		Richtung Moos i.P.		Richtung Timmelsjoch	
	BPN	Δ BPN	BPN	Δ BPN	BPN	Δ BPN	BPN	Δ BPN
09.07.12	65	Rifer.	60	Rifer.	59	Rifer.	57	Rifer.
12.07.12	56	-9	55	-5	59	=	56	-1
19.07.12	54	-11	60	=				
26.07.12	57	-8	56	-4	57	-2	57	=
06.09.12	53	-12	53	-7				
09.10.12	53	-12	55	-5				
28.11.12	55	-10	60	=				

Tab. 4 – Ergebnisse des Skid Tests

Lichtdichtemessungen

Um die photometrischen Eigenschaften des hellen Mischguts und der Verschleißschichten in den Tunnels von Tisens und Moos in Passeier zu ermitteln, wurden die Versuche auf einer im Labor mit dem Material der Baustelle hergestellten Platte (300 mm x 300 mm) sowie vor Ort durchgeführt.

Laborproben

Die photometrischen Eigenschaften der Platte, die im Labor hergestellt wurde, sind in der Tabelle 5 angeführt. Das Mischgut der Platte wurde im Asphaltwerk produziert und an der Baustelle des Tunnels Tisens entnommen.

Mischgut	Bindemittel	Füller	Zuschlag	L [cd·m^{-2}]	R_L [mcd·m^{-2}·lux^{-1}]	Q_d [mcd·m^{-2}·lux^{-1}]	β [-]
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Omya + 0.5% TiO_2	Grauer Porphyr	20.03	14.3	106.0	21

Tab. 5 – Ergebnisse der photometrischen Untersuchungen auf der im Labor hergestellten Platte

Diesselbe Platte wurde anschließend mit sandgestrahlt, um den Zustand der Verschleißschicht nach dem Verlust des Bindemittels durch den Verkehr zu simulieren. Die Tabelle 6 gibt die Werte des Leuchtdichtekoeffizienten vor dem Sandstrahlen (ohne Sand) und nach der Bearbeitung (Sand) an.

Mischung	Bindemittel	Füller	Zuschlag	L – ohne Sand [cd·m^{-2}]	L – Sand [cd·m^{-2}]	Δ L [cd·m^{-2}]	Δ L [%]
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Omya + 0.5% TiO_2	Grauer Porphyr	20.03	24.81	4.78	24

Tab. 6 – Ergebnisse der photometrischen Untersuchungen auf der im Labor hergestellten Platte, vor und nach der Sandbestrahlung

Messungen vor Ort

Die Leuchtdichtemessungen wurden in Tisens und Moos in Passeier am 28. November 2012 durchgeführt. Die Leuchtdichte wurde als Mittelwert von 16 Messungen durch denselben Apparat, einen Leuchtdichtemesser Konica Minolta LS-110, der die Leuchtdichte im Labor ermittelt, gemessen.

Um die photometrischen Eigenschaften der Beläge vor Ort bei Verwendung mit denen im Labor zu vergleichen, reicht die Leuchtdichtemessung nicht aus, da die Leuchtdichte als Ausdruck der Reflexionseigenschaft einer Oberfläche von einer anderen photometrischen Eigenschaft beeinflusst wird und zwar von der Beleuchtungsstärke, die die Menge des Lichts darstellt, die eine gewisse Oberfläche trifft. Daher war es notwendig den Wert der Beleuchtung an jedem Messungspunkt mittels eines Beleuchtungsstärkemesser festzulegen, sei es vor Ort als auch im Labor.

Der Vergleich der verschiedenen Beläge wurde durch den Reflexionskoeffizienten erreicht, der die Fähigkeit eines Körpers Lichtstrahlung zu reflektieren und kann durch die Werte der Leuchtdichte und Beleuchtungsstärke mittels folgender Gleichung ermittelt werden:

$$L = E \cdot \frac{\rho}{\pi}$$

wo:

L = Leuchtdichte, cd/m^2;

E = Beleuchtungsstärke , lux;

ρ = Reflexionskoeffizienten, cd/lm.

Die Tabellen 7 und 8 geben jeweils die Leuchtdichtewerte, die Beleuchtungsstärke und den Reflexionskoeffizienten für die Beläge in den Tunnels von Tisens und Moos in Passeier an. Die Messungen wurden an zufälligen Punkten am Eingang, im Mittelteil und am Ausgang der Tunnels durchgeführt. Außerdem erfolgen die Messungen auch an kritischen Punkten wie zum Beispiel an Reifenspuren oder an runden Flecken (variabler Durchmesser zwischen 10 und 15 cm) von dunkler Farbe.

Position	Foto	Beleuchtungsstärke E [Lux]	Leuchtdichte L [cd/m^2]	Reflexions koeffizient ρ [cd/lm]
1 Eingang Tisens		573.4	28.74	0.157
2 Im Inneren des Tunnels		66.68	2.730	0.129
3 Im Inneren des Tunnels		66.12	2.459	0.117
4 Eingang Meran		293.4	17.66	0.189
5 Beschmutzte Fahrbahn		477.8	8.485	0.056

Tab. 7 – Ergebnisse der Versuche vor Ort – Tunnel Tisens

Position	Foto	Beleuchtungsstärke E [Lux]	Leuchtdichte L [cd/m^2]	Reflexions koeffizient ρ [cd/lm]
1 Im Inneren des Tunnels		50.4	1.835	0.114
2 Im Inneren des Tunnels		38.9	2.064	0.167
3 Im Inneren des Tunnels – Reifenspur		59.7	2.839	0.149
4 Eingang Süd		43.9	1.640	0.117
5 Eingang Nord		14.6	0.813	0.175
6 Im Inneren des Tunnels – nasse Fahrbahn		44	1.635	0.117

Tab. 8 – Ergebnisse der Versuche vor Ort – Tunnel Moos in Passeier

Die Tabelle 9 und die Graphik in Abb. 1 zeigen hingegen den Vergleich zwischen den Reflexionskoeffizienten auf dem im Labor verdichtetem Mischgut (im Labor und im Mischwerk hergestellt) mit den Mittelwerten von ρ aus den Messungen in Tisens und Moos in Passeier. Im Besonderen werden die Werte der örtlichen Messungen an den dunkleren Stellen (Flecken oder Reifenspuren) hervorgehoben.

Werte des Reflexionskoeffizienten ρ [cd/lm]						
Mischgut im Labor hergestellt und verdichtet	Mischgut vor Ort beim Einbau entnommen und im Labor verdichtet	Tunnel Tisens . Mittelwert	Tunnel Moos in Passeier – Mittelwert	Traditionelles "schwarzes" bituminöses Mischgut	Tunnel Tisens – Punkt 5; "Fleck"	Tunnel Moos in Passeier – Punkt 6 - Reifenspuren
0.339	0.333	0.148	0.145	0.052	0.056	0.117

Tab. 9 – Vergleich zwischen den Reflexionskoeffizienten ρ

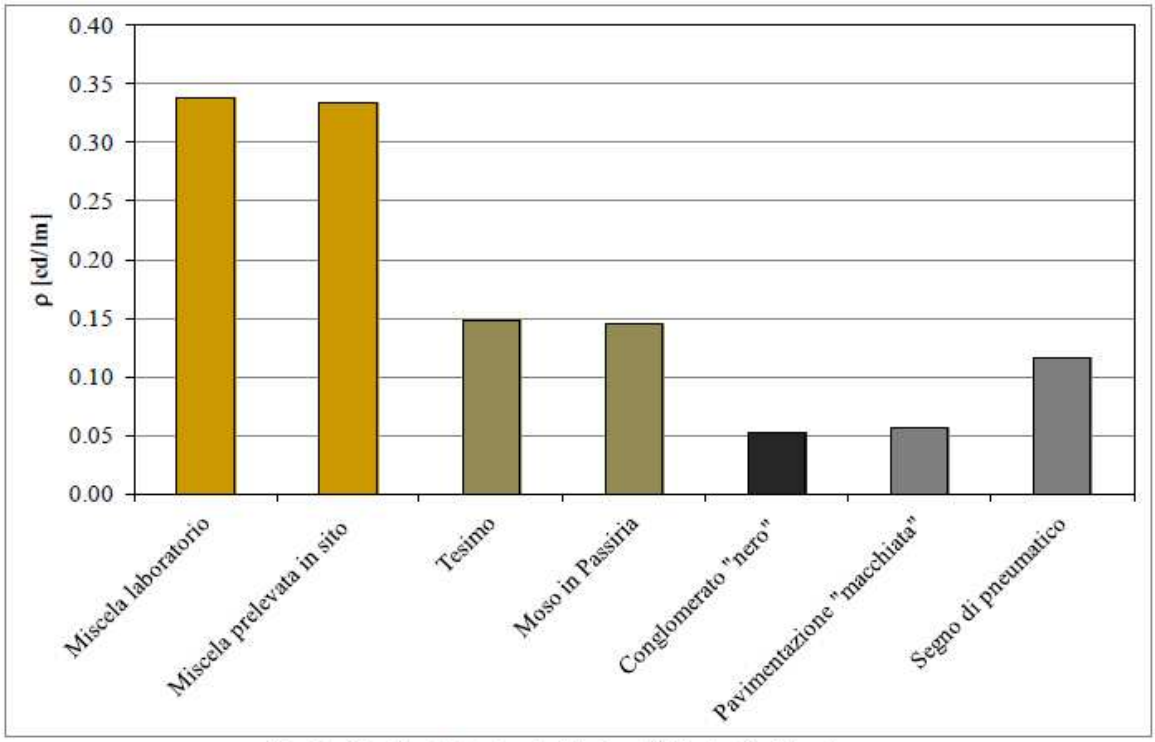

Abb. 1 – Vergleich zwischen den Reflexionskoeffizienten ρ

Vergleicht man die Ergebnisse, so kann man sagen, dass 5 Monate nach Einbau und Benutzung, der Reflexionskoeffizient der hellen Beläge in den Tunnels von Tisens und Moos in Passeier ca. die Hälfte des Ausgangswertes, also des frisch eingebauten Belags (Messungen am Mischgut, das an der Baustelle entnommen und im Labor eingebaut wurde). Diese Tatsache ist auf die normale Bräunung des Bindemittels zurückzuführen, die eine dunklere, gelbe Färbung des Bodens bewirkt (Foto Nr. 6).

Nichtdestotrotz ist der Reflexionskoeffizient dreimal größer als bei traditionellem bituminösem Mischgut mit „schwarzem“ Bindemittel. Außerdem sollte die Leuchtdichte der Beläge mit der Zeit größer werden, da das Bindemittel durch den Verkehr abgetragen wird.
Außerdem wird hervorgehoben, dass die „fleckigen“ Stellen am Boden einen geringeren Reflexionskoeffizienten aufweisen, aber diese dunkleren Stellen sind von kleiner Ausdehnung und beeinträchtigen nicht das allgemeine Verhalten und die allgemeinen photometrischen Eigenschaften heller Bodenbeläge.

Foto 6: Bilder der Tunnel Tisens und Moos in Passeier

Vergleich mit der Projektmischung

Die Tabelle 10 vergleicht die Eigenschaften des im Labor hergestellten Mischguts (*mix design*) mit der effektiv im Asphaltwerk hergestellten Mischung, die an der Baustelle während der Arbeiten im Tunnel Tisens entnommen wurde.

Eigenschaften	Mischgut im Labor hergestellt	Mischgut aus Mischwerk und vor Ort beim Einbau entnommen
Korngröße	Siehe Graphik (Abb. 1)	
% Bitumen auf Gew. des Zuschlags (nach Extraktion))	6.0	6.0
% Bitumen auf Gew. des Mischgutes (nach Extraktion)	5.7	5.7
Massendichte [kN/m^3]	24.0	24.3
% v auf Prüfkörper mit Gyratorpresse @ 100gg verdichtet	3.08	1.71
L – ohne Sand [cd·m^{-2}]	20.36	20.03
L – Sand [cd·m^{-2}]	29.36	24.81
R_L [mcd·m^{-2}·lux^{-1}]	15.6	14.3
Q_d [mcd·m^{-2}·lux^{-1}]	79.8	106.0
β [-]	25	21
ITSM @ 20°C [MPa]	4302	3364
ITSM @ 40°C [MPa]	260	286
ITS @ 25°C [MPa]	2.16	1.71

Tab.10 – Vergleich zwischen der Projektmischung und der effektiv hergestellten Mischung

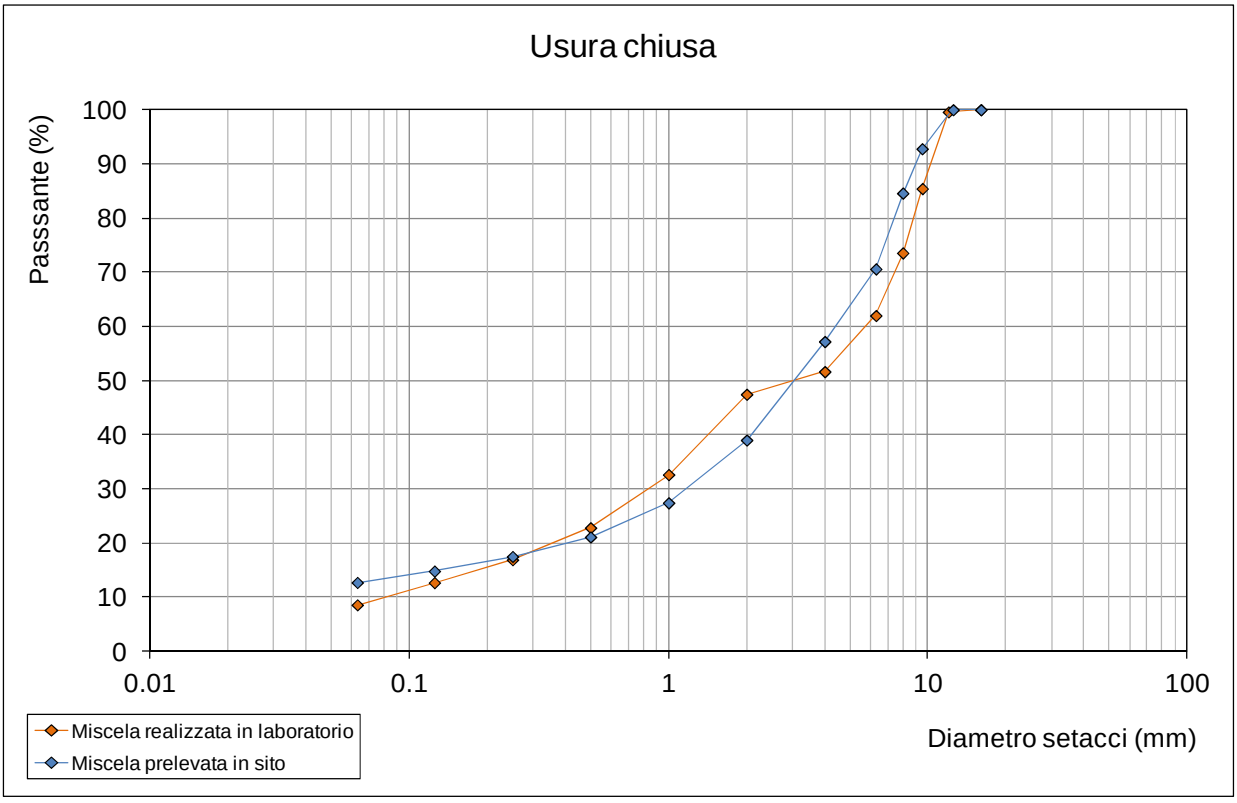

Abb. 2 – Vergleich der Korngrößenverteilungen

Das im Werk hergestellte Mischgut besitzt ähnliche volumetrische und photometrische Eigenschaften wie das Projektmischgut, allerdings ist der Sandanteil höher und der Fülleranteil geringer (Siebdurchgang von 0,063 mm 8,8% im Gegensatz su 13,3% des Projektmischguts). Nur das Elastizitätsmodul und die indirekte Zugfestigkeit sind erheblich geringer.

Weitere Tätigkeiten des zweiten Halbjahr 2012

Die Arbeiten zur Entwicklung einer weiteren hellen Verschleißschicht (Drainasphalt mit Zementmörtel) wurden weitere Zuschlagstoffe gesucht, die in Südtirol zur Verfügung stehen aber noch nicht bei Steinbrüchen oder Schotterwerken erhältlich sind.

Von besonders großem Interesse sind der Granit, der während der Bauarbeiten des Brenner-Basis-Tunnels in Mauls gewonnen wird und der Marteller Granit.

Der Silberquarzit aus dem Pfitschtal ist hingegen ungeeignet, da sein Widerstand gegen Zertrümmerung (Los Angeles) bei 34% und sein Polierwert (CLA) bei 38 liegt.

Die Tabelle 11 gibt die photometrischen Eigenschaften sowie die Polierwerte der neuen Zuschlagstoffe im Vergleich mit den bereits analysierten an.

Eigenschaften	Messeinheit	Grauer Porphyr	Basalt	Diorit	Brenner Granit	Martelltal Granit
Leuchtdichte auf trockenem Material	cd/m^2	13.2	14.5	14.4	22.4	23.1
Leuchtdichte auf nassem Material	cd/m^2	4.7	3.5	4.5	11.7	12.4
Bestimmung des Widerstands gegen Zertrümmerung „Los Angeles“	%	17	13	14	30	34
Polierwert		50	51	46	52	49

Tab. 11 – Eigenschaften einiger Zuschlagsstoffe aus Südtirol

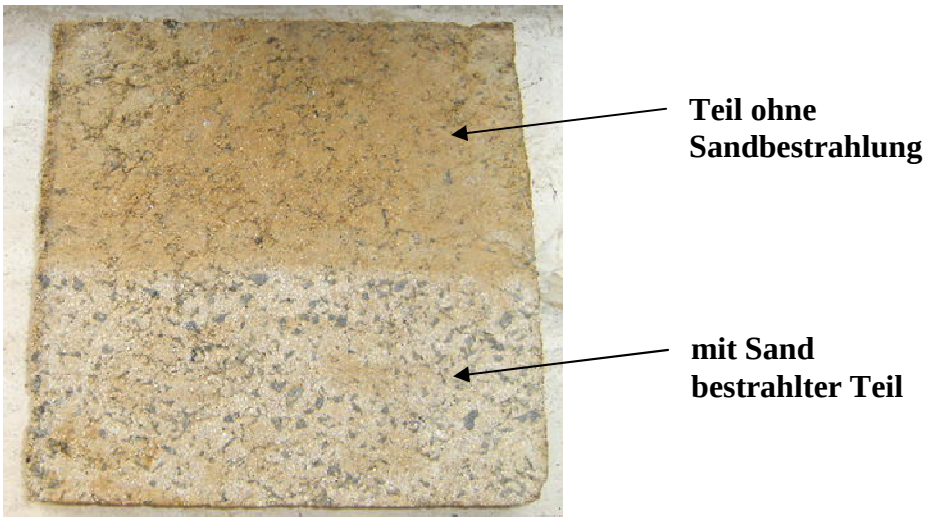

Foto 7 – Platte im Labor hergestellt und teilweise mit sandgestrahlt

Außerdem wurden im ersten Semester 2012 weitere Untersuchungen auf den im Labor hergestellten Platten durchgeführt, um die Materialien (Gesteinszuschläge und Bindemittel) zu bestimmen, die für das helle Mischgut eingesetzt werden.

Die Platten wurden bis zur Hälfte mit Sand bearbeitet (Foto Nr.7) um das Verhalten des Belages nach der Abnützung durch den Straßenverkehr zu ermitteln. Die Tabelle 12 gibt die Werte des Leuchtdichtekoeffizienten vor (ohne Sand) und nach dem Sandstrahlen (Sand) sowie den Anstieg (oder die Verminderung) der Leuchtdichte in $cd \cdot m^{-2}$ und im Prozentsatz an.

Mischgut	**Bindemittel**	**Füller**	**Zuschlag**	**L – ohne Sand [cd·m^{-2}]**	**L – Sand [cd·m^{-2}]**	**Δ L [cd·m^{-2}]**	**Δ L [%]**
Verschleiß. geschlossen	Bitume tradizionale	Werk.	Grauer Porphyr	3.11	-	-	-
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Werk.	Grauer Porphyr	9.84	18.63	8.79	89
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Werk.	Basalt	11.59	20.91	9.32	80
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Werk.	Diorit	9.36	17.44	8.08	86
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Werk.	Brenner Granit	11.21	23.47	12.26	109
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Calfill	Grauer Porphyr	9.36	16.55	7.19	77
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Calfill	Basalt	9.48	15.13	5.65	60
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Calfill	Diorit	8.91	17.98	9.07	102
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Calfill	Brenner Granit	11.98	20.81	8.83	74
SMA	Kromatis	Werk.	Grauer Porphyr	7.30	13.47	6.17	85
SMA	Kromatis	Werk.	Basalt	8.44	14.97	6.53	77
SMA	Kromatis	Werk.	Diorit	7.80	11.02	3.22	41
SMA	Kromatis	Werk.	Granit	9.57	14.50	4.93	52
SMA	Kromatis	Calfill	Grauer Porphyr	7.55	15.74	8.19	108
SMA	Kromatis	Calfill	Basalt	7.23	12.77	5.54	77
SMA	Kromatis	Calfill	Diorit	7.60	14.41	6.81	90
SMA	Kromatis	Calfill	Brenner Granit	8.68	18.17	9.49	109

Tab. 12 A – Werte der Leuchtdichte vor und nach der Bearbeitung mit Sand

Mischgut	Bindemittel	Füller	Zuschlag	L – ohne Sand [cd·m^{-2}]	L – Sand [cd·m^{-2}]	Δ L [cd·m^{-2}]	Δ L [%]
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Omya	Grauer Porphyr	10.57	17.15	6.58	62
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Omya + 0.08% TiO_2	Grauer Porphyr	13.33	21.72	8.39	63
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Omya + 0.5% TiO_2	Grauer Porphyr	20.36	29.36	9	44
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Omya + 1.0% TiO_2	Grauer Porphyr	21.48	28.06	6.58	31
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Calfill + 0.08% TiO_2	Grauer Porphyr	11.16	20.13	8.97	80
Verschleiß. geschlossen	Biokromatis	Werk.	Grauer Porphyr	13.25	23.07	9.82	74
Verschleiß. geschlossen	Biokromatis	Calfill	Grauer Porphyr	11.64	23.33	11.69	100
Usura SMA	Biokromatis	Calfill	Grauer Porphyr	8.48	20.09	11.61	137
Drainasphalt	Bitume tradizionale	Werk.	Grauer Porphyr	40.95	27.06	-13.89	-34
Drainasphalt	Bitume tradizionale	Werk.	Basalt	39.79	33.81	-5.98	-15
Drainasphalt	Bitume tradizionale	Werk.	Diorit	41.76	32.21	-9.55	-23
Drainasphalt	Bitume tradizionale	Werk.	Brenner Granit	43.13	34.04	-9.09	-21

Tab. 12 B – Werte der Leuchtdichte vor und nach der Bearbeitung mit Sand

Die Tabelle 13 gibt die Ergebnisse des Skid Tests (Oberflächenrauhigkeit) an, die in BPN (British Pendulum Number) ausgedrückt sind und auf den Platten vor (ohne Sand) und nach der Bearbeitung mit Sand (Sand) ermittelt wurden.

Mischgut	Bindemittel	Füller	Zuschlag	BPN ohne Sand	BPN Sand	Δ BPN	Δ BPN [%]
Verschleiß. geschlossen	Bitume tradizionale	Werk.	Grauer Porphyr	65	-	-	-
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Werk.	Grauer Porphyr	63	77	14	22
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Werk.	Basalt	66	81	15	23
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Werk.	Diorit	67	75	8	12
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Werk.	Granit	64	74	10	16
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Calfill	Grauer Porphyr	60	74	14	23
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Calfill	Basalt	65	76	11	17
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Calfill	Diorit	60	78	18	30
Verschleiß. geschlossen	Kromatis	Calfill	Granito	65	77	12	18
SMA	Kromatis	Werk.	Grauer Porphyr	71	75	4	6
SMA	Kromatis	Werk.	Basalt	80	77	-3	-4
SMA	Kromatis	Werk.	Diorit	69	80	11	16
SMA	Kromatis	Werk.	Brenner Granit	66	79	13	20

Tab. 13 – Werte des BPN (*skid resistence*) vor und nach der Bearbeitung mit Sand

Ancona 31/12/2012

Prof. Ing. Maurizio BOCCI