

Material von Straßen verglichen, die vergleichsweise frühzeitig Schäden aufwiesen. Ein Finite-Element-Modell, das entsprechende Voraussagen zu den Reaktionen der Asphaltmischung auf der Grundlage der Materialeigenschaften machte, konnte die tatsächlichen Leistungsparameter der Straße ermitteln und somit auch Schlussfolgerungen zulassen.

Dazu setzte die TU Delft vier verschiedene Kraton-Bindemittel einem künstlichen Alterungsprozess aus und kalkulierte nach entsprechenden Tests im Finite-Element-Modell deren Leistung unter winterlichen Temperaturen. Die Ergebnisse zeigten eine deutliche Verbesserung insbesondere im Bereich der Widerstandsfähigkeit gegenüber oberflächlichen Gesteinsverlusten. Die mit dem Kraton-Polymer modifizierten Bindemittel konnten durch eindrucksvolle Leistung in Winter- und gleich guten Leistungen unter Sommerbedingungen überzeugen.

In Japan werden hochprozentig modifizierte Bindemittel (deren SBS-Anteile üblicherweise bei 8 % und in den kältesten Teilen des Landes sogar bei 11 % liegen), wie sie für Offenporige Asphalte genutzt werden, aufgrund ihrer Alterungsbeständig- und Widerstandsfähigkeit inzwischen seit mehr als 20 Jahren erfolgreich eingesetzt. Die aus den Prüfungen an der TU Delft vorliegenden Forschungsergebnisse stützen diese Erfahrungen und verdeutlichen einmal mehr, wie Rezepturen im Hinblick auf Widerstand gegen Winterschäden weiter optimiert werden können.

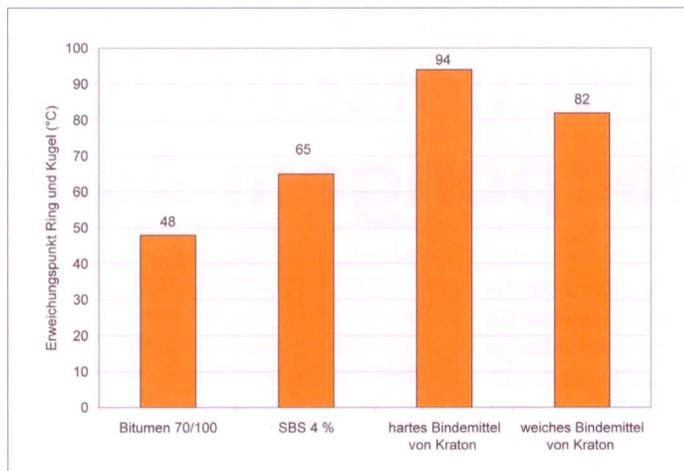


Abbildung 2: Temperaturverhalten der Bindemittel von Kraton

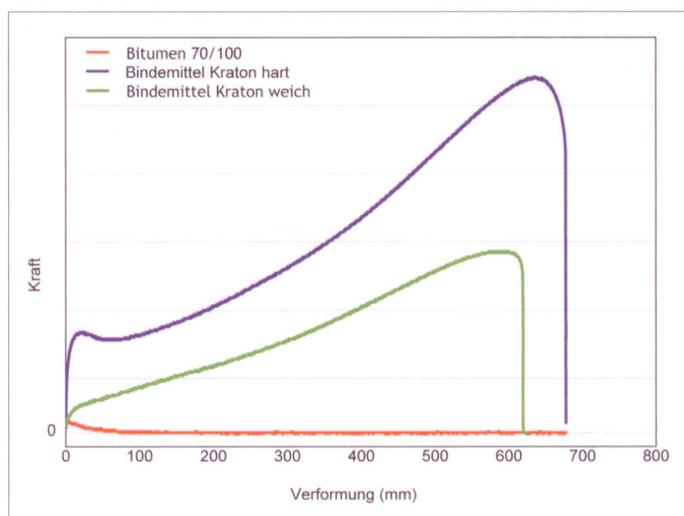


Abbildung 3: Kraftduktilität der Bindemittel von Kraton

Erfahrung mit Niedertemperaturasphalt in der Schweiz

Forschungsprojekt PLANET

Nicolas Bueche, Hans-Peter Beyeler und Thomas Arn

Im aktuellen Kontext der nachhaltigen Entwicklung ist es wichtig, dass die Akteure des Straßenbaus einen wesentlichen Beitrag zur Reduzierung der Umweltbelastung beitragen. Eine wichtige Innovation ist die Entwicklung von Niedertemperaturasphalten, welche in Deutschland im Jahre 1995 begann. Von diesem Zeitpunkt an, breitete sich die Entwicklung dieser Niedertemperaturasphalten in Europa aus. Dieser Trend wurde ebenfalls in Nordamerika und Asien verfolgt. Folgender Beitrag beschäftigt sich mit den Erfahrungen der Schweiz.

Niedertemperaturasphalte können nach verschiedenen Kriterien definiert werden, wie zum Beispiel Energieverbrauch, Emissionen oder Herstellungs- und Einbautemperaturen. Im Allgemeinen wird ein Asphaltmischgut, dessen Her-

stellungstemperatur zwischen 90 und 140° C liegt, als Niedertemperaturasphalt bezeichnet. Beim Heißmischgut beträgt diese Temperatur zwischen 155 und 180° C. Kaltmischgut hingegen wird bei Raumtemperatur hergestellt und entspricht einer spezifischen Kategorie mit unterschiedlichen Leistungsmerkmalen.

Die reduzierte Herstellungs- und Einbautemperatur von Niedertemperaturasphalten erlaubt es, den Energieverbrauch und die Schadstoffemissionen zu reduzieren. Es gibt viele Produkte zur Herstellung von Niedertemperaturasphalten. Diese verwenden mindestens eine der folgenden Fabrikationsverfahren:

- Modifizierung der Umhüllungs-Folge oder sequentielle Umhüllung,
- Einführung von Wasser oder Kontrolle des Wassergehaltes in einzelnen Granulatfraktionen,

- Anwendung von chemischen Verfahren, welche auf Bindemittel, Mastix oder Mischgut wirken. Dazu gehören Wachse und andere chemische Zusätze.

Verfahren, Niedrigtemperaturasphalte herzustellen und einzubauen, stammen oft von industriellen Entwicklungen ab. Arbeiten im Bereich der Forschung sind wichtig, um diese Technologien zu „bestätigen“ und damit eine breitere Anwendung von Niedertemperaturasphalten zu fördern. Um eine bessere und optimierte Nutzung von Niedertemperaturasphalten zu erlangen, hat das Schweizer Bundesamt für Strassen (ASTRA), auf Vorschlag der VSS (Schweizerischer Verband für Forschung und Normierung im Strassen- und Verkehrswesen), eine erste Studie finanziert. Diese Studie [1] hat es erlaubt, einen kompletten Stand der Technik auf dem Gebiet der Niedertemperaturasphalte zu etablieren und die detail-

lierten Bedürfnisse im Bereich der Forschung zu erläutern. Unter anderem wurde ein Workshop organisiert mit allen Akteuren dieses Bereiches (Administration, Unternehmen, Forscher, Labors, ...). Schlussendlich konnten die Grundlagen für ein umfangreiches Forschungspaket festgelegt werden. Das somit entstandene Forschungspaket wird in diesem Artikel vorgestellt.

Forschungsprojekt PLANET

Das Projekt PLANET - Potentiel et Analyse des Enrobés Tièdes - ist ein Forschungspaket, bestehend aus sieben Einzelprojekten (EP). Dieses Projekt, welches aus der Studie [1] hervorgeht, wird von ASTRA finanziert und wurde von der VSS vorgeschlagen. Das globale Budget beträgt etwa 1,6 Mio. Euro und ist unter den Einzelprojekten und der Projektleitung aufgeteilt.

Die Beteiligten am Projekt PLANET sind:

- die eidgenössischen Forschungslabors EMPA und EPFL-LAVOC,
- das im Bereich Umweltverträglichkeit spezialisierte Unternehmen Neosys AG,
- das im Bereich der Asphaltmischwerke und Einbau- und Verdichtungsmaschinen spezialisierte Unternehmen Ammann AG sowie
- das Forschungs- und Testlabor IMP Bautech AG.

Die Gesamtleitung des Projektes wird von Thomas Arn (Lombardi SA), Präsident der VSS-Kommission „Bau- und Geotechnik“, wahrgenommen.

Die Zielsetzung des Forschungspaketes besteht darin, eine wissenschaftliche und technische Basis für die Förderung und weitgehende Nutzung von Niedertemperaturasphalten in der Schweiz zu bestimmen, um die energetische und ökologische Belastung zu mindern. Um dies zu erreichen, wird eine vollständige Auswertung der Niedertemperaturasphalte ausgeführt, unter Berücksichtigung der Ausrüstungen (Asphaltmischwerke, Einbaumaschinen, ...), Baustellen-eigenschaften (Größe) und Beanspruchungseigenschaften (Klima, Verkehr). Das Projekt sollte schlussendlich erlauben, die Eigenschaften und Ansprüche für eine optimale Nutzung von Niedertemperaturasphalten zu bestimmen.

Das Projekt startete im Juni 2011 und soll drei Jahr dauern. Ein Überblick über das Forschungspaket ist in der Abbildung 1 ersichtlich. Die große Anzahl an Verbindungen zwischen den Einzelprojekten (EP) erfordert eine enge Koordination und Kommunikation zwischen den Forschungspartner. Die verschiedenen Einzelprojekte werden folgend erläutert.

Inhalt der Einzelprojekte

EP-1: Auswirkungen auf die Asphaltmischwerke (Leader: EPFL-LAVOC)

Die Zielsetzung dieses Projektes besteht darin, die Auswirkungen der Herstellung der Nieder-

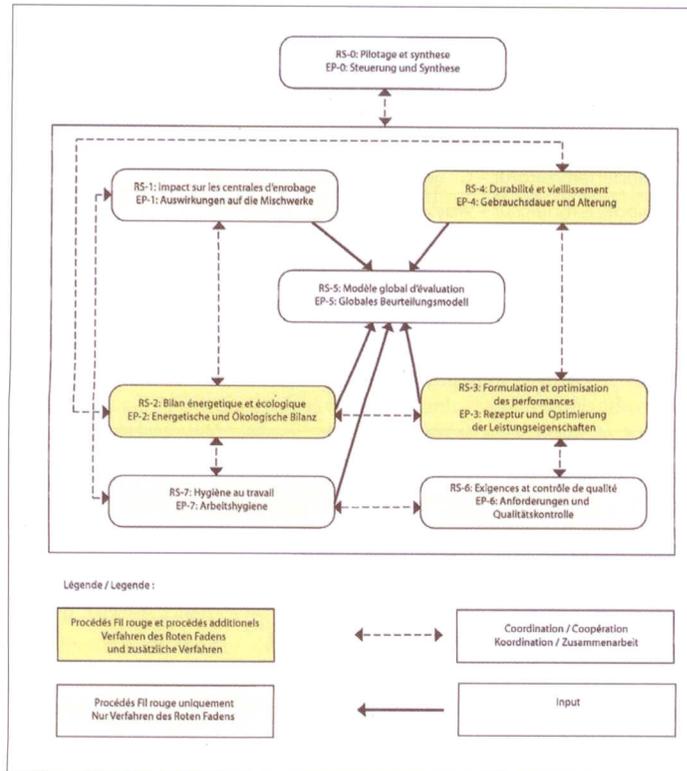


Abbildung 1: Überblick Forschungspaket PLANET

temperaturasphalte auf die Asphaltmischwerke zu beurteilen. Dies betrifft die notwendigen baulichen Modifikationen, sowie die Konsequenzen auf die Produktivität der Anlagen. In diesem Projekt werden der Energieverbrauch und die Schadstoffemissionen der Asphaltmischwerke besonders analysiert. Die Auswirkungen werden wie folgt ermittelt:

- Drei Feldversuche mit Emissionen- und Energieverbrauchsmessungen von verschiedenen Niedertemperaturasphalt-Typen. Dazu werden

Asphaltmischwerke mit repräsentativen Ausrüstungen für die Schweiz ausgewählt.

- Durchführung einer Umfrage in Schweizer Asphaltmischwerken und einzelnen europäischen Anlagen (vorwiegend in Deutschland, Frankreich und Italien). Diese Umfrage befasst sich mit der Erfahrung der Asphaltmischwerke mit Niedertemperaturasphalten und deren Energieverbrauch und Schadstoffemissionen.
- Entwicklung eines Berechnungsmodells über den Energieverbrauch und die Schadstoffe-

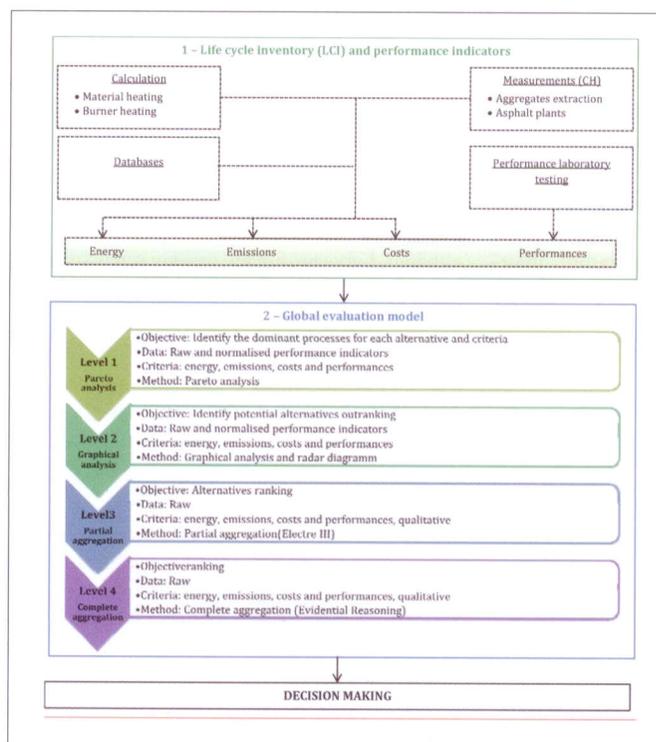


Abbildung 2: Überblick über das Entscheidungshilfemodell

Quelle: PLANET EP-5

Kategorie	Verfahren	Code
Roter Faden (FR)	Niedertemperatur – Chemisches Verfahren (chemisches Package)	FR-PACK
	Niedertemperatur – Wassereinführung (Zeolith)	FR-ZEO
	Niedertemperatur – Chemisches Verfahren (Wachs)	FR-WAX
	Niedertemperatur – Wassereinführung	FR-WATER
Zusätzliche Verfahren (PA)	Halb-warm – Kontrolle des Wassergehaltes	PA-HWAM
	Niedertemperatur – Chemisches Verfahren (chemisches Package)	PA-PACK
Referenzmischgut (REF)	Heissmischgut – Asphaltmischgut für Tragschichten	REF-HOT

Tabelle 1: Wahl der Kategorien von Asphalttypen für das Projekt PLANET

Schicht	Typ	Dicke	Kommentare
Asphaltdeckschicht	AC 11 S	40 mm	wird im September 2013 eingebaut
Asphaltbinderschicht	AC B 16 S	65 mm	Niedertemperaturasphalt
Asphalttragschicht	ACT 22 S	95 mm	
Fundationsschicht	AC F 22	100 mm	

Tabelle 2: Aufbau des Oberbaus der Teststrecken

missionen in den Asphaltmischwerken. Dieses Modell erlaubt es unter anderem, die Auswirkung der verschiedenen Parameter zu quantifizieren und die theoretische Leistungsfähigkeit der Anlagen zu beurteilen. Erste Resultate zeigen die Notwendigkeit, mit „trockenem“ Sand zu arbeiten, um die relativen Einsparungen bei der Herstellung von Niedertemperaturasphalten zu behalten [3].

Dieses Einzelprojekt hat schlussendlich als Zielsetzung, die Auswirkungen der Herstellung von Niedertemperaturasphalten auf die Schweizer Asphaltmischwerke und ihre Nutzungsbedingungen zu untersuchen. Der Einfluss der verschiedenen Asphalttypen ist dabei detailliert beschrieben. Eine Kosten-Nutzungs-Analyse wird ebenfalls durchgeführt.

EP-2 : Energetische und Ökologische Bilanz (Leader: Neosys)

Die potentielle Energieeinsparung und die Schadstoffemissionsminderung sprechen für eine Nutzung von Niedertemperaturasphalt. Die Zielsetzung dieses Einzelprojektes besteht darin, die Einsparungen über den gesamten Lebenszyklus von verschiedenen Niedertemperaturasphalt-Typen zu quantifizieren. Es werden unter anderem Messungen in Asphaltmischwerken sowie in Labors durchgeführt.

EP-3 : Rezeptur und Optimierung der Leistungseigenschaften (Leader: EPFL-LAVOC)

Die Zielsetzung dieses Einzelprojektes ist es, die Auswirkungen der Niedertemperaturverfahren auf die Rezeptur und die kurzfristigen mechanischen Leistungseigenschaften zu beurteilen. Unter anderem wird die kurzfristige Leistungssteigerung untersucht, welche sich von der Leistungssteigerung vom traditionellen Heissmischgut unterscheidet. Diese Laborprüfung untersucht die potenziell kritischen Leistungs-eigen-

schaften: Steifigkeitsmodul (komplexe Modul, Sekantemodul), Tief- und Hochtemperaturverhalten, Wasserempfindlichkeit und Spurrinnenbildung. Die Verarbeitbarkeit und die Veränderung der Viskosität werden ebenfalls untersucht. Dieses Einzelprojekt wurde teilweise im Rahmen der Doktorarbeit von N. Bueche [2] behandelt. In dieser Arbeit wurde unter anderem das Potenzial der Rezepturoptimierung für die verschiedenen Niedertemperaturasphalt-Typen untersucht. Des Weiteren hat diese Arbeit die ausschlaggebende Rolle der Restfeuchtigkeit im Asphaltmischgut auf die mechanischen Eigenschaften hervorgehoben.

EP-4 : Gebrauchsdauer und Alterung (Leader: EMPA)

Dieses Projekt, ergänzend zum Projekt EP-3, hat als Zielsetzung, die langfristigen mechanischen Leistungseigenschaften der Niedertemperaturasphalte im Labor zu überprüfen. Vor allem der Alterungsprozess und dessen Auswirkung je nach Asphalttyp werden untersucht. Die Wahl der Alterungsmethode ist ein spezifischer Aspekt, welcher vom Niedertemperaturverfahren abhängt. Laborprüfungen werden schlussendlich die Gebrauchsdauer beurteilen.

EP-5 : Globales Beurteilungsmodell (Leader: EPFL-LAVOC)

Das Projekt EP-5 bildet den Hauptteil des Forschungspaketes; die notwendigen Daten werden von den anderen Einzelprojekten geliefert. Zielsetzung ist es hier, ein Beurteilungs- und Entscheidungshilfemodell zu erstellen, das es erlaubt, zwischen den Technologien zu wählen (Niedertemperaturasphalt oder Heissmischgut). Die Methodologie dazu wurde in [2] entwickelt und ist in zwei Phasen unterteilt.

Zuerst werden die Indikatoren definiert und danach wird der Entscheidungshilfeprozess festgelegt. Die Entscheidungshilfe wird progressiv

in vier Etappen mit steigender Komplexität durchgeführt. Diese Methodologie ist sehr flexibel und integriert unbekanntes wie auch ungewisse Daten (probabilistische Aspekte). Diesbezüglich wurden traditionelle Entscheidungshilfemethoden (partielle Aggregation) wie auch eine innovative Methodologie basierend auf der Evidenztheorie (Evidential Reasoning - ER) eingesetzt. Die Abbildung 2 zeigt einen Überblick über die Methodologie des Mehrkriterien-Entscheidungshilfemodells.

Dieses Modell sollte schlussendlich eine wichtige Unterstützung für die Administrationen und Unternehmer im Entscheidungsprozess darstellen. Weitere Informationen sind in [2], [4] und [5] zu finden.

EP-6 : Anforderungen und Qualitätskontrolle (Leader: IMP-Baustet)

Dieses Projekt hat als Zielsetzung, die Qualitätskontrollmethoden, sowie ihre Anforderungen vis-à-vis von Niedertemperaturasphalten, zu beurteilen und kritisieren. Dies betrifft vor allem die Anforderungen bezüglich der Grundmaterialien, der Kontrollverfahren für die Lieferung sowie der Kontrollverfahren für den Einbau, der Verdichtung und der Verarbeitbarkeit der Asphaltmischgüter. Diesbezüglich werden Teststrecken angelegt, welche im Artikel noch beschrieben werden.

EP-7 : Arbeitshygiene (Leader: EMPA)

Das Projekt EP-7 fokussiert den Aspekt Arbeitshygiene. Der Einsatz von Niedertemperaturasphalten, welche tiefere Temperaturen und niedrigere Schadstoffemissionen vorweisen, scheint a priori vorteilhaft für den Schutz der Gesundheit der Arbeiter zu sein. Dieses Projekt wird unter anderem bestimmen, ob weniger Emissionen systematisch einen positiven Einfluss auf die Gesundheit der Arbeiter haben (Schädlichkeit der Emissionen). Die notwendigen Daten werden insbesondere durch die Ausführung von Teststrecken erhalten.

Da die Entwicklung von neuen Niedertemperaturasphalt-Typen nicht im Forschungspaket PLANET inbegriffen ist, wurden bereits bestehende Marktprodukte verwendet. Diese wurden mit spezifischen Codes bezeichnet. Es existieren in der Praxis viele Produkte und Methoden für die Herstellung von Niedertemperaturasphalten, welche die in der Einführung bereits erläuterten Herstellungsverfahren anwenden. Die Wahl der Asphalttypen ruht auf einer detaillierten Mehrkriterien-Analyse [1], sowie auf die gewonnene Erfahrung aus der Doktorarbeit von N. Bueche (2011) [2]. Die Auswahlkriterien sind unter anderem:

- Möglichkeit das Mischgut in einem Schweizer Asphaltmischwerk herzustellen,
- Möglichkeit das Asphaltmischgut im Labor herzustellen,
- Schweizer und Internationale Referenzen (Produktion bis dato),

- Möglichkeit Ausbaasphaltrecycling zu benutzen (RAP),
- Verfügbarkeit der Produkte und der Lieferanten; Zusammenarbeitspotenzial sowie
- Energie- und Umweltraptopenzial.

Dabei wurden zwei Kategorien an Niedertemperaturasphalttypen festgelegt, sowie ein Heißmischgut als Referenzprodukt (Tabelle 1). Die erste Kategorie enthält das „Roter Faden“ Verfahren, welche in allen Einzelprojekten (EP-1 bis EP-7) untersucht wurden. Die „zusätzlichen Verfahren“ werden hingegen nur in gewissen spezifischen Projekten berücksichtigt. Dies betrifft vor allem die Projekte mit Laborprüfungen. Die dritte Kategorie enthält das Referenzprodukt aus Heißmischgut.

Die vollständigen Ergebnisse der einzelnen Forschungsprojekte sind noch nicht publiziert worden. Im ersten Teil des Forschungspaketes wurde viel Mühe an die Ausführung der Teststrecken angewendet. Diese stehen in der Tat im Mittelpunkt des Forschungspaketes, da alle Einzelprojekte involviert sind. Die verschiedenen Teststrecken werden in der Folge weiter beschrieben. Detailliertere Informationen gegenüber den Einzelprojekten EP-1 (Asphaltmischwerke), EP-3 (Rezeptur und Optimierung der Leistungseigenschaften) und EP-5 (Globales Beurteilungsmodell), sind in [2] und [3] erläutert.

Teststrecken

Die Ausführung der Teststrecken steht im Mittelpunkt des Projektes PLANET. Diese Phase wird im Rahmen des Projektes EP-6 organisiert, jedoch sind alle Einzelprojekte aktiv involviert. Die Hauptzielsetzungen dieser Teststrecken sind folgende:

- In situ Validation der Laborbeobachtungen (Gegenüberstellung der Ergebnisse),
- Datenerhebung für alle EP sowie,
- Förderung der Niedertemperaturasphalte und des Forschungspaketes.

Im Ganzen wurden fünf unterschiedliche Teststrecken am 6. November 2012 auf einer Nebenstraße zwischen Wohlen bei Bern und Uetligen

(Schweizer Mittelland) eingebaut. Der Kanton Bern war dabei maßgeblich beteiligt (Bauherr). Der Verkehr auf dieser Straße beträgt ungefähr 2.550 Fahrzeuge pro Tag, und das beteiligte Asphaltmischwerk ist 13 km von der Baustelle entfernt. Die Wahl der Verfahren für die Ausführung der Teststrecken erfolgte in Übereinstimmung mit der Ausrüstung des Asphaltmischwerkes. Dabei wurden folgenden Verfahren ausgewählt:

- Teststrecke 1: Heißmischgut (REF-HOT),
- Teststrecke 2: Niedertemperaturasphalt mit chemischen Zusätzen (FR-PACK),
- Teststrecke 3: Niedertemperaturasphalt mit Zeolith (FR-ZEO) sowie
- Teststrecke 4: Niedertemperaturasphalt mit Schaumbitumen (2 Bitumen) (FR-WATER) sowie
- Teststrecke 5: Niedertemperaturasphalt mit Schaumbitumen (2 Bitumen) + 50 % RAP (FR-WATER+RAP).

Alle Streckenabschnitte sind 130 m lang und haben eine Fläche von ungefähr 800 m². Die Tonnage beträgt ungefähr 130 t Niedertemperaturasphalt pro Abschnitt. Obwohl die Schweizer Norm SN 640 434a eine Fläche von mindestens 1.000 m² und eine Tonnage von mindestens 100 t (Asphaltdeckschicht) verlangt, um eine gute Repräsentativität zu erlangen, wurden die Dimensionen der Testabschnitte als ausreichend erachtet. Die Fahrbahn besteht aus einer Fundations- und einer Tragschicht aus Heißmischgut (Tabelle 2). Die Binderschicht besteht aus Niedertemperaturasphalt der Sorte AC B 16 S (Maximaldurchmesser der Granulate: 16 mm). Die Asphaltdeckschicht wird im Herbst 2013, ein Jahr nach der Ausführung der Teststrecken, eingebaut. Somit wird während dem ersten Jahr die Niedertemperaturasphalt-Schicht direkt beansprucht. Die Bilder 1 und 2 zeigen den Einbau der Teststrecken.

Auf den Teststrecken wurden von der EPFL-LAVOC verschiedene Messgeräte installiert (zwei Typen an Dehnungssensoren, Temperatursensoren). Diese Sensoren befinden sich unter der Niedertemperaturasphalt-Schicht, d.h. auf

der Asphalttragschicht (Abbildung 3). Auf jedem Teststreckenabschnitt wurden fünf Kyowa Dehnungssensoren und zwei Pt100 Temperatursensoren installiert. Neuwertige ASG-152 Dehnungssensoren wurden ebenfalls installiert für Testzwecke. Somit sind alle Abschnitte mit einem ASG-Sensor bestückt, mit Ausnahme eines Abschnittes, der fünf ASG Sensoren enthält. Die Kabel der verschiedenen Sensoren eines Abschnittes werden in einen Schacht geführt, um sie zwischen den Messkampagnen zu schützen. 70 % der Sensoren funktionierten nach dem Einbau und der Verdichtung der Teststrecken noch einwandfrei. Fünf Wochen nach dem Einbau waren noch 66 % der Sensoren funktionsfähig. Dieses Ergebnis wird in Anbetracht der strengen Randbedingungen (Installation auf einer Heißmischgutschicht, Vibrationsverdichtung, geringe Dicke der Asphaltdeckschicht) als ausreichend betrachtet. Die erste Messkampagne wird im Januar 2013 stattfinden, d.h. ungefähr 2,5 Monate nach dem Einbau der Teststrecken. Die Kampagne besteht darin, die Verformungen bei der Durchfahrt eines Lkw mit ermitteltem Gewicht aufzuzeichnen, um schließlich die Steifigkeit des Asphaltmischgutes zu ermitteln. Dies wird mit Hilfe von Mehrschichtberechnungsmethoden erreicht, welche eine analoge Vorgehensweise wie die Rückrechnung aufweisen. Während des Einbaus der Teststrecken wurden verschiedene Prüfungen und Messungen durchgeführt. Die Schadstoffemissionen und der Energieverbrauch im Asphaltmischwerk wurden fortlaufend aufgezeichnet. Ein Beispiel einer solchen Aufzeichnung ist in Abbildung 4 ersichtlich. Die Analyse dieser Daten ist zurzeit im Gange.

In Tabelle 3 ist die, auf dem Energieverbrauch während der Herstellung der Teststrecken basierende, Emissionsberechnung dargestellt (die Analyse der detaillierten Resultate ist zurzeit noch im Gange). Die Einsparungen haben eine Größenordnung von 14 bis 32 %. Diese Ergebnisse entsprechen den ursprünglichen Erwartungen. Die erheblichen Einsparungen des Zeolith-Verfahrens (FR-ZEO) sind zu beachten, dies trötz



Bild 1: Einbau der Teststrecken

Quelle: PLANET, EPFL-LAVOC



Bild 2: Einbau der Teststrecken

Quelle: PLANET, EPFL-LAVOC

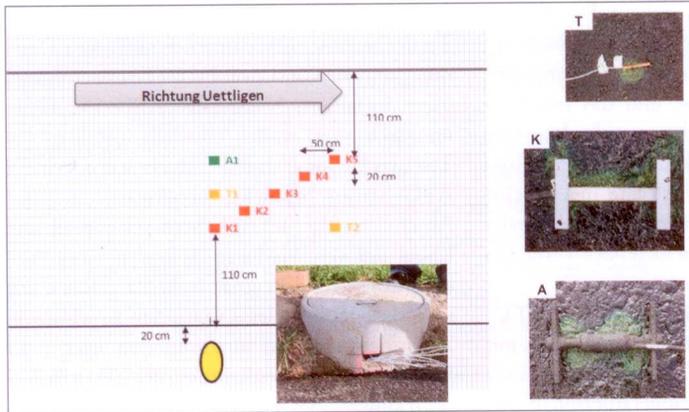


Abbildung 3: Beispiel eines Installationsplans der Sensoren

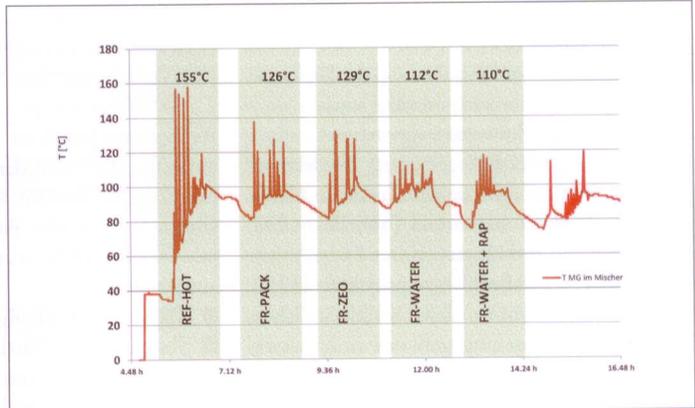


Abbildung 4: Temperaturmessungen im Mischwerk

Quelle: PLANET EP-2, Neosys AG

einer Herstellungstemperatur von ungefähr 130 °C. Es sind zurzeit weitere Untersuchungen im Gange, um diese Ergebnisse zu überprüfen. Folgende Messungen und Prüfungen wurden ebenfalls während des Einbaus der Teststrecken durchgeführt:

- Emissionsmessungen auf der Baustelle mit Sensoren auf den Bauarbeiter und Maschinen,
- Entwicklung der Verdichtung (Isotopengerät),
- Fotos mit einer thermographischen Kamera,
- Erfassung der Spurrinnen nach der Verdichtung (EN 13036-7) sowie
- Probenahmen von Bohrkernen nach 1, 2 und 4 Tagen für Laborversuche: Dichtungsgrad, Bitumenextraktion und Analyse, Wassergehalt, Leutnerversuch für Haftvermögen zwischen den Schichten, triaxialer Druckschwellversuch (DSV).

Es wurden ebenfalls große Mengen an Asphaltmischgut im Asphaltmischwerk entnommen (ungefähr 900 kg), um Prüfungen in den verschiedenen Partnerlabors durchzuführen. Folgende Prüfungen sind insbesondere geplant:

- Analyse der gelieferten Produkte: Korngrößenverteilung, Bindemittelgehalt,
- Bindemittelprüfungen: Penetration, Ring und Kugel, Brechpunkt nach Fraas, Viskosität.
- Mischgutprüfungen: PCG, Marshallprüfung, Wasserempfindlichkeit ITSr, Abrollversuch, Schermodul (komplexes), Sekantemodul (IT-CY), Ermüdung, diametrale Druckbeanspruchung und einaxiale Zugfestigkeit.

Erste Erkenntnisse

Das Projekt PLANET (Potentiel et Analyse des Enrobés Tièdes) entspricht einem weitreichenden

Forschungspaket, welches vom Schweizer Bundesamt für Strassen (ASTRA) finanziert wird und von der VSS vorgeschlagen wurde. Die Hauptzielsetzung dieses Paketes ist es eine komplette Untersuchung über die Niedertemperaturasphalte durchzuführen. Dabei sollten die Anliegen und Anforderungen aller involvierten Akteure des Fachgebietes berücksichtigt werden. Das Projekt, das im Juni 2011 mit einer Dauer von drei Jahren gestartet ist, sollte es erlauben, die Bedingungen und Ansprüche zu einer optimalen Nutzung von Niedertemperaturasphalten zu bestimmen.

Unterschiedliche Teststrecken wurden im November 2012 eingebaut, um drei Niedertemperaturverfahren sowie den Zusatz von Recyclingmaterialien genauer zu untersuchen. Das Ausführen dieser Teststrecken hat es insbesondere erlaubt, verschiedene Messungen im Asphaltmischwerk (Energieverbrauch und Schadstoffemissionen) und auf der Baustelle (Schadstoffemissionen, Mischgutprüfungen) durchzuführen. Die Installation von Sensoren in der Fahrbahn erlaubt es ebenfalls, die langfristigen mechanischen Eigenschaften zu beurteilen.

Auf der Basis der ersten Beobachtungen sowie der gesammelten Erfahrung im Rahmen des Projektes [2], kann bestätigt werden, dass Niedertemperaturasphalte eine glaubwürdige Alternative zu Heißmischgut darstellen. Hingegen muss das gesamte Einbauverfahren der Fahrbahnen berücksichtigt und falls möglich optimiert werden, um die mechanische Dauerhaftigkeit und die Energieeinsparung und Minderung der Umwelteinflüsse zu gewährleisten. Da die Wahl zwischen den verschiedenen Niedertemperaturverfahren besonders kompliziert ist, wurde eine

weitreichende Entscheidungshilfe-Methodologie entwickelt. Dieses Modell liefert schließlich eine bedeutende Hilfe für Auftraggeber und Auftragnehmer im Rahmen der Entscheidungsprozesse.

Literatur

- [1] Bueche, N., Dumont, A.-G. & Angst C. Projet initial – Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques. Forschungsmandat VSS 2008/502. 2009. (<http://www.vss.ch/fr/shop/>)
- [2] Bueche, N. Evaluation des performances et des impacts des enrobés bitumineux tièdes. Thèse EPFL N°5169. Lausanne. 2011. (<http://library.epfl.ch/theses/>)
- [3] Bueche, N., et Dumont, A.-G. Energy in warm mix asphalt. Eurasphalt & Eurobitume Congress. Istanbul. 2012.
- [4] Bueche, N. Asphalt mixture choice : a decision-aid model. IRF Bulletin. Environment & Climate Change. Volume 2. March 2012
- [5] Bueche, N. Analyse des performances et des impacts des enrobés bitumineux tièdes. Route et Trafic N° 7-8. Juillet-Août 2012

Anschrift des Verfassers:

Dr. ès sc EPF Nicolas Bueche
EPFL-LAVOC/ nibuXs sàrl
Rue de Bassenges 4
CH-1024 Ecublens
nicolas.bueche@nibuxs.ch

Dipl.-Ing. Hans-Peter Beyeler
Bundesamt für Strassen ASTRA
Abteilung Infrastruktur
Mühlestrasse 2, Ittigen
CH-3003 Bern
hans-peter.beyeler@astra.admin.ch

Dr.-Ing. sc. techn. ETH Thomas Arn
Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via R. Simen 19 / CP 1535
CH-6648 Minusio
thomas.arn@lombardi.ch

Mischguttyp	Zieltemperatur	kg CO _{2,eq} /t Asphaltmischgut	Einsparungen (nur Produktion)
REF-HOT	160 °C	26,88	
FR-PACK	130 °C	23,26	14 %
FR-ZEO	130 °C	18,82	30 %
FR-WATER	115 °C	18,22	32 %
FR-WATER+RAP	115 °C	23,21	14 %

Tabelle 3: Emissionen aus Energieverbrauch (Strom und Heizöl) Quelle: PLANET EP-2, Neosys AG