



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken - Initialprojekt

Systèmes d'étanchéité et couches bitumineuses sur ponts en béton – projet initiale

Systems of Sealing and Bituminous Layers on Bridges of Concrete – Initial Project

**Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
Dr. Remy Gubler**

Forschungsprojekt VSS 2006/509 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

November 2014

1505

Der Inhalt dieses Berichtes verpflichtet nur den (die) vom Bundesamt für Strassen unterstützten Autor(en). Dies gilt nicht für das Formular 3 "Projektabschluss", welches die Meinung der Begleitkommission darstellt und deshalb nur diese verpflichtet.

Bezug: Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)

Le contenu de ce rapport n'engage que les auteurs ayant obtenu l'appui de l'Office fédéral des routes. Cela ne s'applique pas au formulaire 3 « Clôture du projet », qui représente l'avis de la commission de suivi et qui n'engage que cette dernière.

Diffusion : Association suisse des professionnels de la route et des transports (VSS)

La responsabilità per il contenuto di questo rapporto spetta unicamente agli autori sostenuti dall'Ufficio federale delle strade. Tale indicazione non si applica al modulo 3 "conclusione del progetto", che esprime l'opinione della commissione d'accompagnamento e di cui risponde solo quest'ultima.

Ordinazione: Associazione svizzera dei professionisti della strada e dei trasporti (VSS)

The content of this report engages only the author(s) supported by the Federal Roads Office. This does not apply to Form 3 'Project Conclusion' which presents the view of the monitoring committee.

Distribution: Swiss Association of Road and Transportation Experts (VSS)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK
Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication DETEC
Dipartimento federale dell'ambiente, dei trasporti, dell'energia e delle comunicazioni DATEC

Bundesamt für Strassen
Office fédéral des routes
Ufficio federale delle Strade

Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken - Initialprojekt

Systèmes d'étanchéité et couches bitumineuses sur ponts en béton – projet initiale

Systems of Sealing and Bituminous Layers on Bridges of Concrete – Initial Project

**Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt
Dr. Remy Gubler**

**Forschungsprojekt VSS 2006/509 auf Antrag des Schweizerischen
Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Remy Gubler, Empa Dübendorf, Dübendorf

Federführende Fachkommission

Fachkommission 5: Bautechnik

Begleitkommission

Präsident

Markus Caprez

Mitglieder

Mitglieder der EK 5.10, Abdichtungssysteme und Prüfungen

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

	Impressum	4
	Zusammenfassung	7
	Résumé	9
	Summary	11
1	Einleitung	13
1.1	Ausgangslage, Problemstellung	13
1.1.1	Hintergrund.....	13
1.1.2	Abgrenzungen	14
1.1.3	Ergebnisse der Abklärungen in der Expertenkommission 2005 und 2006	14
1.1.4	Weiterentwicklung des Projektes im Sommer 2007.....	16
1.1.5	Zielsetzung des Initialprojektes	16
1.2	Zweck des Initialprojektes	16
1.3	Auftrag.....	17
1.4	Gliederung des Berichtes des Initialprojektes.....	17
1.5	Begriffe	17
2	Inhalt des Forschungspaketes	18
2.1	Ziel des Forschungspaketes	18
2.2	Zweck des Forschungspaketes.....	18
2.3	Zusammenhänge	18
2.4	Notwendigkeit.....	20
2.5	Erwartete Resultate.....	20
2.6	Nutzer und Nutzniesser der Erkenntnisse	20
2.7	Organisationsform	20
2.7.1	Zeitlicher Ablauf	20
2.7.2	Validierung	21
2.7.3	Objektbezogene Forschung	21
2.7.4	Zuteilung zu Expertenkommissionen	21
2.7.5	Roter Faden	22
2.7.6	Organisation	23
3	Beschreibung der Einzelprojekte	25
3.1	EP 1: Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung	25
3.1.1	Ausgangslage.....	25
3.1.2	Bewertung durch das IP	26
3.1.3	Ergebnisse der Literaturrecherche.....	26
3.1.4	Folgerungen für das Forschungsprojekt	26
3.1.5	Fragenkatalog	28
3.1.6	Forderungen der EK/BK.....	28
3.1.7	Nutzen der Forschung.....	28
3.2	EP 2: Flüssigkunststoff-Abdichtung, Erfassen der Verbundproblematik	28
3.2.1	Ausgangslage.....	28
3.2.2	Bewertung durch das IP	29
3.2.3	Ergebnisse der Literaturrecherche.....	30
3.2.4	Folgerungen für das Forschungsprojekt	30
3.2.5	Fragenkatalog	30
3.2.6	Forderungen der EK/BK.....	31
3.2.7	Nutzen der Forschung.....	31
3.3	EP 3 Langzeitverhalten des Verbundes.....	31
3.3.1	Ausgangslage.....	31
3.3.2	Bewertung durch das IP	31
3.3.3	Fragenkatalog	32
3.3.4	Forderungen der EK/BK.....	32
3.3.5	Nutzen der Forschung.....	32
3.4	EP 4: Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen	33

3.4.1	Ausgangslage	33
3.4.2	Bewertung durch das IP.....	33
3.4.3	Ergebnisse der Literaturrecherche	34
3.4.4	Folgerungen für das Forschungsprojekt	34
3.4.5	Fragenkatalog	34
3.4.6	Forderungen der EK/BK.....	35
3.4.7	Nutzen der Forschung	35
3.5	Mechanismen der Blasenbildung.....	35
3.5.1	Ausgangslage	35
3.5.2	Lösungsansatz.....	36
3.5.3	Ergebnisse der Literaturrecherche	36
3.5.4	Folgerungen für das Forschungsprojekt.....	36
3.5.5	Fragenkatalog	36
3.5.6	Forderungen der EK/BK.....	37
3.5.7	Nutzen der Forschung	37
3.6	Randanschlüsse und Randabschlüsse sowie Anschlüsse an Einbauten	37
3.6.1	Ausgangslage	37
3.6.2	Bewertung durch das IP.....	38
3.6.3	Fragenkatalog	38
3.6.4	Ergebnisse der Literaturrecherche	38
3.6.5	Folgerungen für das Forschungsprojekt.....	38
3.6.6	Forderungen der EK/BK.....	38
3.6.7	Nutzen der Forschung	38
4	Ergebnisse des IP	39
4.1	Vorschlag für den Zugschwellversuch	39
4.2	Vorschlag für den Schubschwellversuch	39
4.3	Schutzschichten aus Walzasphalt	40
4.3.1	Ausgangslage	40
4.3.2	Bewertung des IP.....	40
4.3.3	Ergebnisse der Literaturrecherche	41
5	Zeitliche und materielle Verknüpfung der Einzelprojekte	42
5.1	EP 1: Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung	42
5.2	EP 2: Flüssigkunststoff-Abdichtung, Erfassen der Verbundproblematik	42
5.3	EP 3: Langzeitverhalten des Verbunds	42
5.4	EP 4: Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen.....	43
5.5	EP 5: Mechanismen der Blasenbildung.....	43
5.6	EP 6: Randanschlüsse und Randabschlüsse sowie Anschlüsse an Einbauten.....	43
5.7	Zeitliche Verknüpfung	43
5.8	Zusammenfassung der Leistungen zwischen den EP.....	44
6	Ausschreibungsunterlagen	45
6.1	Rahmenausschreibung	45
6.2	EP 1: Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung	47
6.3	EP 2: Flüssigkunststoff-Abdichtung, Erfassen der Verbundproblematik	48
6.4	EP 3 Langzeitverhalten des Verbunds	49
6.5	EP 4: Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen.....	50
6.6	EP 5: Mechanismen der Blasenbildung.....	51
6.7	EP 6: Randanschlüsse und Randabschlüsse sowie Anschlüsse an Einbauten.....	53
6.8	Begleitkommission	54
	Anhänge.....	55
	Glossar.....	56
	Literaturverzeichnis.....	57
	Projektabschluss	69
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	72

Zusammenfassung

Das Initialprojekt zum Forschungspaket „Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken“ hat zum Ziel, die Grundlagen für das Starten des gleichnamigen Forschungspaketes zu schaffen. Zu diesem Zweck beschreibt es Zielsetzung und Zweck des Forschungspaketes, die Zusammenhänge und die Gliederung des Forschungspaketes sowie die erwarteten Resultate und den zu erwartenden Nutzen.

Das Forschungspaket steht in direktem Zusammenhang mit der Normierung, insbesondere mit der Norm SN 640 450 „Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken“. Bereits beim Verfassen der Norm hat es sich gezeigt, dass wohl breites Wissen vorhanden ist, das viele Aspekte dieser Norm über ein hoch komplexes System abdeckt. Doch zeigten sich auch substantielle Lücken. Um die wesentlichen dieser Lücken abdecken zu können, umfasst das Forschungspaket die Elemente:

- Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung
- Flüssigkunststoffabdichtung, Erfassen der Verbundproblematik
- Langzeitverhalten des Verbundes
- Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen
- Mechanismen der Blasenbildung
- Randanschlüsse und Randabschlüsse, Anschlüsse an Einbauten

Für jedes dieser Elemente enthält dieser Bericht des Initialprojektes eine Projektbeschreibung, Angaben zur zeitlichen und materiellen Verknüpfung der Einzelprojekte und den Ausschreibungstext.

Résumé

Le projet initial du paquet de recherche «Systèmes d'étanchéité et couches bitumineuses sur ponts en béton» a pour but de réunir les bases nécessaires au lancement de ce paquet de recherche. A cette fin, il décrit l'objet et le but, ainsi que les liens et la structure de ce paquet de recherche de même que les résultats et les bénéfices attendus.

Ce paquet de recherche est en relation directe avec la normalisation, et en particulier avec la norme SN 640 450 «Systèmes d'étanchéité et couches bitumineuses sur ponts en béton». Déjà lors de la rédaction de cette norme il était apparu que l'on disposait certes d'un large savoir recouvrant de nombreux aspects de ces systèmes hautement complexes mais qu'il existait cependant des lacunes substantielles. Afin de combler l'essentiel de ces lacunes, ce paquet de recherche comporte les éléments suivants:

- Stabilité de la structure globale, essai et évaluation
- Etanchéité à base de polymères liquides, saisie des problèmes de liaison
- Comportement à long terme de la liaison
- Essais non destructifs, évaluation de la liaison et des surfaces
- Mécanismes de la formation de cloques
- Raccords aux bords et bordures, raccords avec les installations

Le projet initial donne pour chacun de ces éléments une description du projet, des indications sur les relations temporelles et matérielles des projets entre eux ainsi que le texte d'appel d'offres.

Summary

The initial project of the research packet „Systems of Sealing and Bituminous Layers on Bridges of Concrete” has the goal to prepare the base for the research packet. To achieve this, it describes the goal and the purpose of the research packet, its structure and the links between the individual research projects as well as the expected results and benefits.

The research packet is directly connected with the standardization, especially with the standard SN 640 450 „Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken“. Already during the writing of these standards, the broad knowledge base on this complex matters was recognized, but at the same time several substantial gap in the knowledge recognized too. To cover these gaps, the research packet consists of the following elements:

- Structures resistant to rutting, testing and assessment
- Liquid polymers, investigation of adhesion
- Long term behavior of adhesion
- Nondestructive testing, assessment of adhesion and surfaces
- Mechanism of blister formation
- Edge connections to bridge deck waterproofing's

The initial project describes for each of these elements the individual project, the time scale and links to other projects in the packet and the invitation of tenders.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage, Problemstellung

1.1.1 Hintergrund

Im Jahre 2005 ist die Norm 640 450 „Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken“ [5] publiziert worden. Schon während ihrer Ausarbeitung hat sich erheblicher Forschungsbedarf gezeigt. Bestätigt wurde das auch durch die Vernehmlassung. Es ist also ein breites und für verschiedene Teile der Norm SN 640'450 gut abgestütztes Sachwissen vorhanden. Es bleiben aber wesentliche Lücken zu schliessen (Prinzipienskizze, siehe *Abb.1*). Dieses Schliessen der Lücken ist eine wesentliche Voraussetzung für die anstehende, tiefgreifende Revision der Norm SN 640 450.

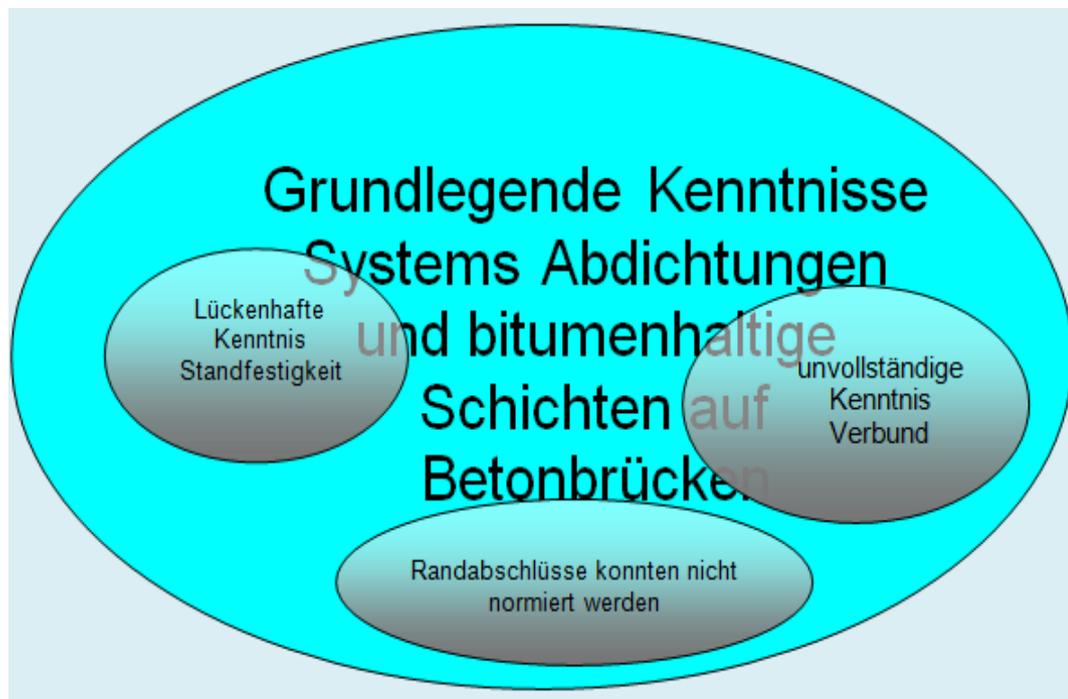


Abb.1 Grafische Darstellung einiger wichtiger Wissenslücke.

Die wichtigsten Lücken sind in diesem Initialprojekt untersucht worden. Darauf aufbauend sind Randbedingungen und Ausschreibungstexte erarbeitet worden. Von der AGB ist zudem der Vorschlag gekommen, abzuklären, ob das Projekt „Praxisrelevante Mechanismen der Blasenbildung“ auch im Paket behandelt werden soll. Als Ergebnis dieser Vorgeschichte hat die EK 5.10 (neu NFK 3.10) die folgenden offenen Fragen als wichtig bewertet:

- a. Standfester Gesamtaufbau (von Abdichtungssystem und bitumenhaltiger Decke), Prüfung und Bewertung: Die Forschung hat verbesserte Grundlagen zur Behandlung dieser Fragen in der Normierung zu liefern. Sie hat dazu Verfahren zu liefern, die es erlauben, den Aufbau als System zu prüfen
- b. Flüssigkunststoff-Abdichtung, Erfassen der Verbundproblematik: Es wurden Bedenken zum ausreichenden Verbund zwischen FLK für Abdichtungen und der darauf folgenden Schichten aus Gussasphalt geäußert. Daraus ergeben sich verschiedene zu erforschende Teilbereiche wie aussagekräftige Erstprüfungen, Erfassen des Verbundes nach dem Einbau und Identifikation der hauptsächlichsten Einflussfaktoren auf den Verbund. Zukünftige Normen sollten auch laufende technische Weiterentwicklungen abdecken, die Forschung hat dafür die nötigen Daten zu liefern. Dazu wird die Schweiz den Guideline zu

- FLK „Liquid Applied Bridge Deck Waterproofing Kits“ implementieren müssen. Auch dazu soll die Forschung Daten liefern.
- c. Langzeitverhalten des Verbundes: Ein wesentliche Teil der Schäden in Brücken ist auf mangelhaften Verbund zurückzuführen. Dabei kommt dem Verbund zwischen Abdichtung und Schutzschicht die grösste Bedeutung zu, es wurden aber auch aber Verbundschäden zwischen Schutzschicht und Deckschicht beobachtet. Der Verbund kann schon als Folge unsachgemässen Arbeiten (Wasser, Lösemittel, Verschmutzungen) mangelhaft sein oder fehlen, oft aber entwickeln sich Verbundschäden über Jahre hinweg aus kleinen Einbaumängeln und führen dann zu frühzeitigem Versagen. Die Forschung soll deshalb gezielt das Langzeitverhalten untersuchen.
 - d. Zerstörungsfreie Prüfung, Beurteilung von Verbund und Oberflächen: Vor Einbau der Abdichtung und bitumenhaltigen Decken können zerstörungsfreie Prüfungen dazu verwendet werden, den Betonuntergrund zu prüfen. Die zerstörungsfreie Prüfung des Betonuntergrundes kann im Gegensatz zu Handprüfungen eine Messlinie oder eine Fläche abdeckende Resultate liefern. Nach Einbau kann mit zerstörungsfreien Prüfungen das Gesamtsystem kontrolliert werden. Da die Entnahme von Bohrkernen bis auf die Brückenplatte eine Verletzung der Abdichtung darstellen und eine Reparatur nötig machen, ist eine zerstörungsfreie Prüfung, die es erlaubt, die Anzahl der zu entnehmenden Bohrkern auch nur schon zu reduzieren, von grossem Interesse.
 - e. Mechanismen der Blasenbildung: Dabei handelt es sich um ein bei der AGB eingegebenes Forschungsprojekt, dessen Zusammenhang mit den anderen Einzelpaketen des geplanten Forschungspaketes abgeklärt werden soll, um entscheiden zu können, in welchem Rahmen diese spezielle Forschung durchgeführt werden soll.
 - f. Randanschlüssen und Randabschlüssen sowie Anschlüssen an Einbauten: Für die weitere Normierung bestanden in diesem Bereich Wissenslücken. Die SN 640 450 behandelte diese Fragen nicht, teils um nicht Widersprüche zwischen der Normen und den Richtlinien des ASTRA zu generieren, teils aber auch aus mangelnden Kenntnissen. Das Wissen ist nach Meinung der Kommissionsmitglieder weitgehend vorhanden, doch verstreut über verschiedenste Quellen (Richtlinien, Verbandsdokumente, internationale Literatur). Ein übersichtlicher und zusammenfassender Bericht ist für die Normierung unerlässlich.

1.1.2 Abgrenzungen

Das Forschungspaket bezieht sich auf Aufbauten auf Betonbrücken mit Abdichtungssystemen mit Verbund im Sinne der Norm SN 640450 [5]. Es ergänzt die Forschungsarbeiten der AGB, AGB553 [77], AGB577 [78], AGB579 [79], AGB582 [80], AGB597 [81], AGB598 [82] und berücksichtigt die Erkenntnisse der laufenden Forschungsarbeiten AGB 2004/002 [75]. Es behandelt keine Fahrbahnübergänge wie die Forschungsarbeit AGB 2001/083 [72]. Eine allfällige weitere Nutzung der Ergebnisse für Aufbauten auf anderen Brückentypen und für Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Decken in Tunnels ist wünschenswert aber nicht das primäre Ziel dieses Forschungspaketes.

Abgeschlossene schweizerische Forschungsprojekte mit Bezug zu Brücken sind im Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen, Nummern 161 bis 660, aufgeführt. Im Literaturverzeichnis finden zudem sich die relevanten Normen [4 bis 71] und die Ergebnisse der umfassenden Literaturrecherche [84 bis 206].

Änderungen von Europäischen Normen zu erreichen, ist nicht das primäre Ziel dieses Forschungspaketes. Hingegen berücksichtigt es die europäischen Normen, wie auch aus der Literatur ersichtlich ist. Ebenso ist es anzustreben, die im Rahmen dieser Forschung als vielversprechend bewertete neue Prüfverfahren mittelfristig als europäische Normen vorzuschlagen.

1.1.3 Ergebnisse der Abklärungen in der Expertenkommission 2005 und 2006

In den Jahren 2005 und 2006 wurden Vorarbeiten durch R. Gubler und im Rahmen der EK 5.10, „Gruppe Brücken“, geleistet, die in einem Konzept für das Forschungspaketes resultierten, das die Grundlage für das Initialprojekt bildet.

EP 1. Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung

Die Spurbildung auf Brücken ist ein volkswirtschaftlich wesentlicher Schaden. Das Prüfen einzelner Schichten genügt nicht, weil das Verhalten des Gesamtaufbaus nicht einfach aus dem der einzelnen Schichten hergeleitet werden kann. Beispielsweise wurde ein überproportionaler Einfluss dünner elastischer Abdichtungsschichten beobachtet.

Notwendig sind somit Prüf- und Bewertungsverfahren um die Eignung von Aufbauten feststellen zu können.

EP 2: Flüssigkunststoff-Abdichtungen, Erfassen der Verbundproblematik

Flüssigkunststoffe (FLK) können kostengünstig und frei von Fugen und Überlappungen eingebaut werden. Die Systeme haben zudem grosses Potenzial für künftige Entwicklungen. Zugleich sind aber mit solchen Systemen verschiedentlich Schäden aufgetreten, weil Abdichtung und Schutzschichten nicht ausreichend kompatibel und der Einbau zu anspruchsvoll waren.

Notwendig sind somit Prüf- und Bewertungsverfahren um die Kompatibilität von FLK und Schutzschichten feststellen zu können.

EP 3: Schutzschichten aus Walzasphalt

Dieses geplante EP wurde nach Vorstellen des ersten Entwurfs dieses Berichts in der EK aufgrund der geänderten Sachlage in Frage gestellt und in der Folge durch ein neues EP mit dem Arbeitstitel „Langzeitverhalten des Verbundes“ ersetzt.

EP 4: Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen

Die zerstörungsfreie Prüfung (ZFP) erlaubt in vielen Fällen eine flächendeckende Untersuchung. Zudem wird die bei Probeentnahme unvermeidliche Schwächung des Abdichtungssystems vermieden.

Durch Vergleich der Ergebnisse der ZFP mit denen anderer EP sollen Anforderungen für ZFP formuliert werden, die einen Teilersatz der zerstörenden Prüfungen (mit Probenahme) durch ZFP ermöglichen.

EP 5: Mechanismen der Blasenbildung

Das EP behandelt die experimentelle und numerische Erfassung der Einflussfaktoren bei der Blasenbildung unter einer Brückenabdichtung aus Polymerbitumen-Dichtungsbahn.

Blasenbildung beim Einbau hat oft Schwachstellen zur Folge, aus denen sich in der Folge Schäden entwickeln. Das EP kann grundlegend zum Verständnis der Blasenbildung beitragen und Möglichkeiten aufzeigen, diesen Schäden entgegenzuwirken.

Diese EP wurde auf Wunsch der AGB provisorisch dem FP zugeordnet, im IP soll abgeklärt werden, inwieweit es Verbindungen zwischen EP 5 und dem restlichen Teilen des FP gibt. Darauf basierend nimmt das IP Stellung zur Frage, ob das EP 5 definitiv ins FP eingliedert oder separat durchgeführt werden soll.

EP 6: Randanschlüsse und Randabschlüsse sowie Anschlüsse an Einbauten

Diese Elemente sind für eine verlässliche Abdichtung der Brückenplatte gegenüber Wasser wesentlich. Es bestehen aber Lücken in der Normierung und es fehlt der für das Arbeiten der Normenkommission nötige Sachstandbericht.

1.1.4 Weiterentwicklung des Projektes im Sommer 2007

Auf der Grundlage des Berichtes des Initialprojektes zuhanden der Expertenkommission / Begleitkommission wurde in mehreren Sitzungen im Sommer 2007 das Konzept für das Forschungspaket in enger Zusammenarbeit mit der Forschungsstelle des IP revidiert. Insbesondere wurde das ursprünglich geplante Einzelpaket EP 3 „Schutzschichten aus Walzasphalt“ neu erwogen. Grundlagen der Diskussionen war, dass das ASTRA neu Schutzschichten aus Gussasphalt verlangt und zurzeit die Mehrheit der Kantone das System Schutzschichten aus Walzasphalt nicht mehr anwendet. Daher kann der Text in der Norm 640 450 (insbesondere Ziffer 13) belassen werden. Die während der Bearbeitung der Vernehmlassung zu SN 640 450 vorgesehene detaillierte Auflistung der Fälle, in denen Schutzschichten aus Walzasphalt eingesetzt werden dürfen, ist nach Meinung der Mehrheit nicht mehr nötig.

Die Teilnehmer massen dafür dem Problem des Verbundes ein so entscheidendes Gewicht zu, dass anstelle des EP „Schutzschichten aus Walzasphalt“ durch die Forschungsstelle des IP ein EP „Langzeitverhalten des Verbundes“ entwickelt und auf Beschluss der EK/BK in das Forschungspaket integriert wurde. Daraus ergeben sich folgende Änderungen:

- Die das Langzeitverhalten betreffenden Teile des EP 2 wurden in das neue EP 3 übergeführt
- Das EP 3 wurde neu konzipiert unter dem Titel „Langzeitverhalten des Verbunden
- Abdichtungen ohne Verbund werden neu im EP 3 behandelt
- Einbezug des Einflusses der Feuchtigkeit bei Herstellung und auf das Langzeitverhalten in EP 2 und EP 3
- Einbezug der in Situ Validierung

1.1.5 Zielsetzung des Initialprojektes

Das Initialprojekt hat zum Ziel, die Durchführung des Forschungspaketes vorzubereiten und auf den neusten fachlichen Stand abzustimmen. Im Einzelnen gehört dazu:

- Verfassen eines Pflichtenheftes für den Gesamtprojektleiter, Ausschreibung für die Gesamtprojektleitung in Strasse und Verkehr. Vorschlag des Gesamtprojektleiters zuhanden ASTRA aufgrund der eingegangenen Angebote.
- Vorschlag für Begleitgruppe des FP und die Begleitgruppen der EP (Expertenkommissionen) aus FK5, EK5.10, EK5.01, EK4.07, ASTRA-Vertreter, AGB-Vertreter, SIA-Vertreter
- Allenfalls notwendige Neuabgrenzungen und Definitionen gegenüber den im Antrag formulierten Projekten aufgrund des neusten Erkenntnisstandes vornehmen.
- Soweit absehbar, sich allenfalls abzeichnender Bedarf für weitergehende Forschung identifizieren
- Ausarbeiten der fachlichen Zusammenhänge
- Evaluation der zeitkritischen Verbindungen zwischen den Einzelprojekten (Wann muss welches EP welche Informationen dem oder den anderen liefern?)
- Bereinigung der Kostenobergrenzen
- Formulierung dieses Informationstransfers inhaltlich und zeitlich als von Anbietern zwingend zu beachtende Meilensteine.

1.2 Zweck des Initialprojektes

Das Initialprojekt bezweckt, das Forschungspaket schlüssig und umfassend zu beschreiben, um

- den Bewilligungsinstanzen die Entscheidungsgrundlagen für die Bewilligung des Forschungspaketes bereitzustellen (Einzelpakete und Gesamtprojektleitung)
- darauf aufbauend die Dokumente für eine Ausschreibung vorzubereiten, und
- im Falle einer Genehmigung das Forschungspaket organisatorisch für den Start vorzubereiten.

1.3 Auftrag

Das Initialprojekt legt wesentliche Elemente der Forschungsrichtung der Einzelprojekte fest. Es definiert die Abgrenzungen zwischen den Einzelprojekten und passt sie den neusten technisch-wissenschaftlichen Erkenntnissen an. Es berücksichtigt dabei den aktuellen Stand der Normierung. Im Rahmen des Initialprojektes werden die Themen und Ausschreibungstexte der Einzelprojekte des Forschungspaketes überarbeitet und festgelegt.

1.4 Gliederung des Berichtes des Initialprojektes

Der Bericht wird entsprechend dem Forschungsprojekt gegliedert. Er umfasst damit die folgenden Teile:

- Ausgangslage und Zweck des Initialprojektes in Kapitel 1
- Beschreibung des Forschungspaketes in Kapitel 2
- Beschreibung der Einzelprojekte EP 1 bis EP 6 in Kapitel 3
- Ergebnisse dieses IP in Kapitel 4
- Zeitliche und materielle Verknüpfungen zwischen den Einzelprojekten in Kapitel 5
- Ausschreibungsunterlagen in Kapitel 6

1.5 Begriffe

Es gelten die Begriffe der SN 640 450, nur Begriffe, die dort nicht aufgeführt sind, werden hier zusätzlich definiert.

Expertenkommission: Entspricht der Fach- und Normungskommission der VSS

Georadar: Ground Penetrating Radar, Radar mit dem Strukturen unter der Oberfläche von Bauteilen erfasst und analysiert werden können.

Startup-Phase: Phase des Projektes, in der die Projektleiter der Einzelprojekte zusammen mit dem Leiter des IP und dem Gesamtleiter einen letzten Projektvergleich vornehmen.

2 Inhalt des Forschungspaketes

2.1 Ziel des Forschungspaketes

Ziel ist die Erarbeitung des nötigen Wissens für die gezielte Ergänzung der Norm 640450 Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Decken auf Betonbrücken. In den wesentlichen Punkten ist das Ziel des Forschungspaketes somit:

- Die Sicherstellung der Qualität des Abdichtungssysteme
- Das Erreichen einer langen Nutzungsdauer der Brückenbauwerke durch verlässlichen Schutz der Betonkonstruktion
- Die Reduktion der Verkehrsbehinderung durch Baustellen (Brücken sind von entscheidender Bedeutung für den Verkehr)
- Die Überführung von Richtlinien in Normen (z.B. Bereiche FLK und Randabschlüsse)
- Die Wissensvermittlung durch die Publikation des Berichtes und durch Publikation der Ergebnisse in der nationalen und internationalen Fachpresse

2.2 Zweck des Forschungspaketes

Das Forschungspaket bezweckt das gezielte Schliessen von Wissenslücken im Bereiche von Abdichtungssystemen und bitumenhaltigen Decken insbesondere auf Betonbrücken, Norm SN 640 450 [5]. Es konzentriert sich auf die aktuellen, anlässlich der Normierung erkennbar gewordenen wichtigen Probleme in diesem Bereich.

- Die im Rahmen des IP geleistete Vorarbeit bezweckt die Erhöhung der Erfolgchancen des FP, indem sie:
- Einen übergreifenden Rahmen für die Einzelprojekte absteckt
- Sachliche Zusammenhänge definiert (formuliert als Leistungserbringung und Leistungsempfang)
- Zeitliche Vorgaben definiert
- Hintergrundinformationen zur Verfügung stellt (zum Beispiel Literatur, Verfahrenshinweise)

2.3 Zusammenhänge

Den Querverbindungen zur SIA und ASTRA wird durch den Einsatz von Fachleuten in der BK Rechnung getragen.

Die *Abb. 1* zeigt die Einzelprojekte und die gegenseitigen Zusammenhänge.

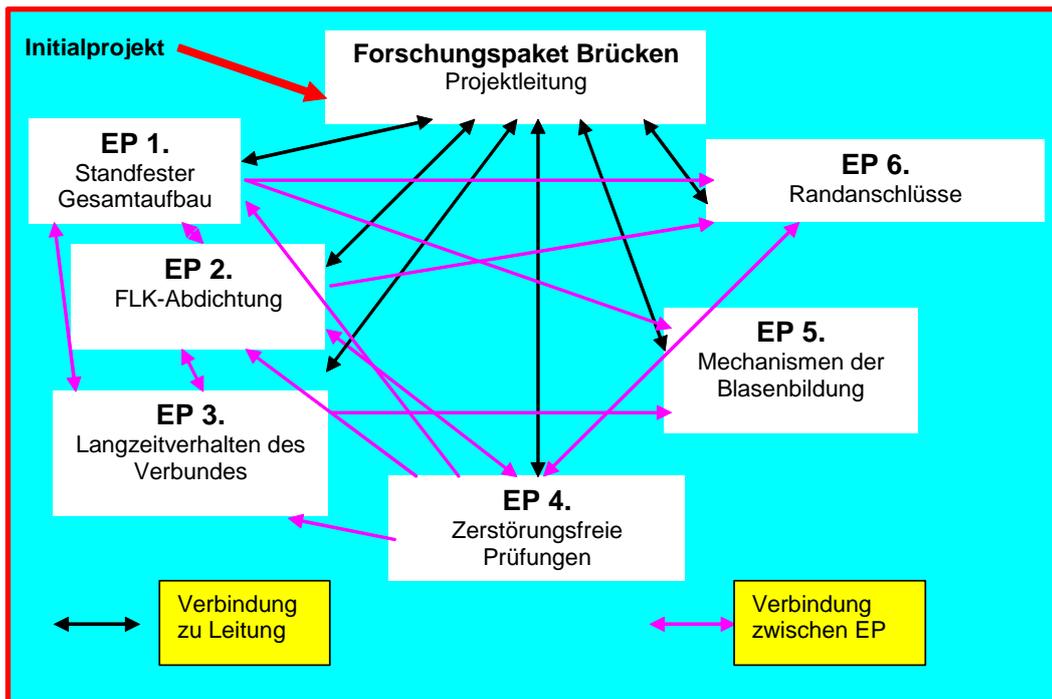


Abb.2 Forschungspaket und Einzelprojekte (EP) mit fachlichen Zusammenhängen.

Organisatorische Zusammenhänge:

Sämtliche Einzelprojekte tauschen Informationen mit der Projektleitung aus, die für deren Verteilung unter den Einzelprojekten zuständig ist. Zwischen ausgewählten Einzelprojekten (siehe Kapitel 5) ist der Austausch der Ergebnisse beim Erreichen von Meilensteinen vorgeschrieben.

Leistungserbringungen:

Die Leistungserbringungen und deren zeitliche Verknüpfungen sind im Kapitel 5 im Detail beschrieben.

Fachliche Zusammenhänge:

Zwischen den Forschungsprojekten bestehen über die Leistungserbringungen einige fachliche Zusammenhänge. Die Projektleitung hat dafür besorgt zu sein, dass der entsprechende Informationsfluss gewährleistet ist. Folgende Zusammenhänge können jetzt schon genannt werden, weitere werden allenfalls in Startup-Phase definiert:

- Funktionsfähigkeit der Abdichtung (EP 2 mit Verträglichkeit, EP 3 mit der Verbundproblematik, EP 4 mit zerstörungsfreien Prüfmethode für Undichtigkeit und Wasserunterläufigkeit, ev. EP 5 mit Modellierung der Blasenbildung). Zielsetzung des Informationsaustausches ist allgemein ein umfassendes Problembewusstsein, spezifisch auch eine hinreichend einheitliche Darstellung der Verbunds- und Dichtigkeitsproblematik.
- Einsatzbereich der Flüssigkunststoffe mit der Verträglichkeit von verschiedenen Flüssigkunststoffen als Abdichtung und für Randanschlüsse (EP 2 und EP 6).
- Zerstörungsfreie Prüfung bei Randabschlüssen. Dieser neue Ansatz sollte im EP 6 durchaus in Hinblick auf den Wissensstand überprüft werden, das bedingt einen Informationsaustausch zwischen EP 4 und EP 6.

2.4 Notwendigkeit

Die während der Normierung durch die Expertenkommission erkannten offenen Fragen bestätigten sich auch in der Vernehmlassung. Zudem zeigte es sich, dass der Brückenbau immer noch sehr föderalistisch gehandhabt wird. Das ist weder im Interesse der Wirtschaftlichkeit noch der Qualität. Die technisch oft suboptimalen Lösungen sind ebenfalls nicht nur Kosten treibend, sie führen auch zu Verkehrsbehinderungen. Diese sind umso gravierender, als die Brücken oft Schlüsselstellen im Verkehrsnetz sind.

2.5 Erwartete Resultate

Das Forschungspaket soll

- die Grundlage für das Schliessen von Wissenslücken im Bereich der Norm SN 640 450 liefern. Davon profitieren werden auch verwandte und auch erst geplante Normen. So wird in Bezug auf Abdichtungssystem und bitumenhaltige Schichten auf Beton in Tunnels in der SN 640 450 nur gesagt, die Norm kann auch bei solchen Systemen angewendet werden. Wissenslücken in der SN 640 450 betreffen also auch solche Bauweisen.
- das Verständnis für Schadensmechanismen fördern und dieses in den Dienst der Schadensvermeidung stellen. Damit kann das Qualitätsniveau gehoben und die Nutzungsdauer der Brücken verlängert werden.
- nationale und internationale Erfahrungen für die Schweiz besser nutzbar machen. Es soll der Wissensvermittlung für die Praxis dienen.

2.6 Nutzer und Nutzniesser der Erkenntnisse

Die Schweiz hat allein auf den Nationalstrassen rund 4000 Brücken, auf dem übrigen Strassennetz weit über 10000 Brücken. Der Unterhalt ist ein wesentlicher Kostenfaktor und belastet die öffentliche Hand überproportional. Die Brücken sind zudem Schlüsselstellen im Verkehrsnetz. Einschränkungen des Verkehrs durch Baustellen fallen hier besonders ins Gewicht. Entsprechend gross ist die Motivation, Schäden zu vermeiden. Nutzniesser des Forschungspaketes und aller Einzelprojekte sind somit

- die Bauherren, da Informationen und Normen ihnen Planungshilfen liefern und da bessere Normen Kosten senken (Absenken der life cycle costs, insbesondere durch Schutz der Betonkonstruktion und damit verlängerter Nutzungsdauer)
- die Unternehmungen, die auf gute Normen angewiesen sind, um Baufehler zu vermeiden
- die Verkehrsteilnehmer, die von einer höheren Verfügbarkeit des Strassennetzes profitieren (Reduktion der Baustellen, weniger Verkehrsbehinderungen, verlängerte Nutzungsdauer). Die verringerten Verkehrsbehinderungen sind gerade bei Brücken von besonderer Bedeutung, da oft der Verkehr auf Brücken hin kanalisiert wird. Behinderungen können deshalb massive Rückstaus auslösen.

Realisiert wird dieser Nutzen durch:

- Einfluss auf die Normierung
- Know-How-Transfer durch Fachpublikationen in der schweizerischen und internationalen Fachpresse

2.7 Organisationsform

2.7.1 Zeitlicher Ablauf

Der geplante zeitliche Ablauf und der Aufwand sind für IP, PL und die EP in *Abb.3* aufgeführt, die auch den Gesamtaufwand angibt.

Projekt	Zeitplanung							Aufwand geschätzt (kFr.)
	1. Jahr		2. Jahr		3. Jahr		4. Jahr	
	1. HJ	2. HJ	3. HJ	4. HJ	5. HJ	6. HJ	7. HJ	
IP: Initialisierungsprojekt								77
PL: Projektleitung, Synthesebericht		SU						130
EP1: Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung		SU						200
EP2: Flüssigkunststoffabdichtung, Erfassen der Verbundproblematik		SU						230
EP3: Langzeitverhalten des Verbundes		SU						220
EP4: Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen		SU						200
EP5: Mechanismen der Blasenbildung		SU						130
EP6: Randanschlüsse und Randabschlüsse sowie Anschlüsse an Einbauten		SU						90
Reserve								180
Gesamtaufwand, geschätzt								1457

Abb.3 Geplanter zeitlicher Verlauf mit Startup-Phase (SU).

2.7.2 Validierung

Eine Validierung in einer Grossversuchsanlage drängt sich beim EP 1 auf. Die Forschungsstelle hat sich zu den Rahmenbedingungen einer Validierung zu äussern. Validierungsprojekte sind zudem denkbar beim EP 3. Die Forschungsstelle hat eine diesbezügliche Stellungnahme auszuarbeiten.

2.7.3 Objektbezogene Forschung

Für die EP 1, EP 2 und EP 4 ist eine objektbezogene Forschung anzustreben. Bei den EP 3, EP 5 und EP 6 ist eine objektbezogene Forschung problematisch (EP 3) oder abzulehnen (EP 5 und EP 6).

2.7.4 Zuteilung zu Expertenkommissionen

Die Zuteilung zu Expertenkommissionen ist in *Tab. 1* aufgeführt. Den Expertenkommissionen obliegt die Evaluation der eingegangenen Angebote.

Tab. 1 Zuteilung zu Expertenkommissionen

EP	Expertenkommission	Bemerkung
1	EK 5.01	
2	EK 5.10	Zuzug SIA
3	EK 5.03	Zuzug von Vertretern EK 5.09 und EK 5.10
4	EK 7.07	Zuzug EK 5.10
5	EK 5.09	
6	EK 4.07	Zuzug ASTRA

2.7.5 Roter Faden

Der rote Faden ergibt sich der gemeinsamen Materialbasis, die mit Objekten (Brücken, die während der Durchführung des Forschungspaketes gebaut oder bis auf den Betonuntergrund saniert werden sowie kürzlich erstellten und gut dokumentierte Brücken). Koordiniert durchzuführende Aufgaben sind somit

- die Wahl der Materialien
- die Wahl von Objekten

Objekte können sich im Bau befindliche (für EP 4 nur solche) oder bestehenden Brücken sein bei denen zweckdienliche Materialdaten vorliegen. Die gewählten Objekte können grundsätzlich von mehr als einem EP genutzt werden. Das EP 1 hat zwei Objekte mit Deckschichten aus Walzasphalt zu suchen, bei denen es gezielt die volumetrischen Kennwerte der eingebauten Deckschicht, und der Eignungsprüfung dieses Materials mit den volumetrischen Kennwerten seiner Laborproben zu untersuchen hat. Da der Verbund von Deckschichten aus Walzasphalt zur darunterliegenden Schutzschicht aus Gussasphalt im EP 3 ein Thema ist, kann es diese Objekte mitnutzen. Das EP 2 benötigt mindestens 3 Objekte. Das EP 4 wird für seine Messkampagnen 5 Objekte evaluieren, die teilweise von den EP1, EP2 und EP3 mit ausgewertet werden können. Die *Tab. 2* und *Tab. 3* enthalten Vorschläge zur gemeinsamen Nutzung, die allenfalls in der Startup-Phase noch geändert werden kann.

Bei der Evaluation der Objekte und der Materialbeschaffung kommt der Projektleitung eine wichtige Rolle zu. Diese Prozesse sind an Bauvorhaben gebunden, die Planbarkeit ist daher limitiert. Der Projektleitung obliegt es, die Kohärenz der Evaluation und Beschaffung sicherzustellen.

Tab. 2 Synergien bei der Evaluation von Objekten

EP	Selektion	Ziel des selektieren EP	Mitnutzung durch (je Mindestzahl nach Aufbau und untersuchte Bedarf)	Objektzahl
1	2 Objekte	Verdichtung Walzasphalt, Laborprüfkörper / Bohrkerne	Deckschicht Verhaltensvergleich aus EP 2, EP 3	4
2	2 Objekte	Materialvergleich	EP 1, EP 4	3
3	2 Objekte	Langzeitverhalten Schichtenverbundes in Situ	des EP 1	4
4	5 Objekte	Messkampagnen	EP 1, EP 2 und EP 3	5

Das EP 6 wird generell und möglichst umfassend mit den Informationen über die selektionierten Objekte beliefert.

Es sollen im Rahmen des Machbaren die gleichen Baustoffe verwendet werden. Die Baustoffe sollen sich zudem an realen Objekten orientieren.

Tab. 3 Baustoffe für Laborprüfkörper

Schicht	Material	Bezeichnung Forschungspaket	im Verwendung in EP
Haftvermittler	Bitumenhaltige Haftvermittler auf Emulsions- und/oder Lösemittelbasis	H	4
Abdichtung	Flüssigkunststoff	PU #1, PU #2, Acryl, 1 (PU), 2, 4 PMMA	
	Polymerbitumen-Dichtungsbahn	PBD #1, PBD #2	1, 3, 4, 5
	Gussasphalt	MA #1, ev. MA #2	
Schutzschicht	Gussasphalt	MA #1, MA #2, ev. MA #3	1, 2, 4, 5
Deckschicht	Gussasphalt	MA #4, MA #5	1, 2, 4, 5
	Walzasphalt AC	AC #1, AC #2	1, 3, 4
	Walzasphalt MR oder SMA	MR #1, SMA #1	1

2.7.6 Organisation

Das Organigramm in verdeutlicht die Organisationsform. Der übergeordneten Begleitkommission, präsiert durch H. Hürzeler, obliegt die administrative und auch finanzielle Kontrolle. Der fachliche Input kommt aus den Expertenkommissionen (siehe Tab. 1) die als Begleitkommissionen der EP wirken.

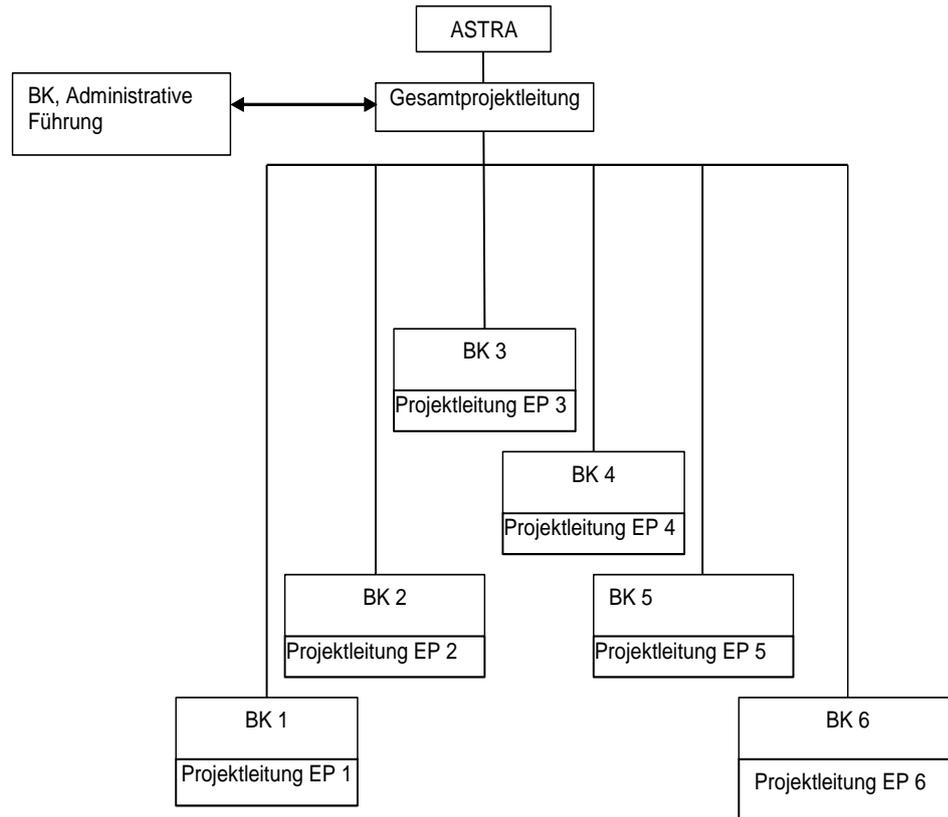


Abb.4 Organisationsform

3 Beschreibung der Einzelprojekte

3.1 EP 1: Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung

3.1.1 Ausgangslage

Die Spurbildung auf Brücken ist ein volkswirtschaftlich wesentlicher Schaden. Um die Dichtigkeit dauerhaft zu erreichen, werden im Bereich Abdichtung/Schutzschicht oft relativ weiche Schichten eingebaut. Zudem haben diese Schichten ein von standfesten bitumenhaltigen Schichten stark abweichendes rheologisches Verhalten. Das führte in der Praxis fallweise dazu, dass standfeste Deck- und Binderschichten auf einem elastischen oder relativ weichen Abdichtungssystem versagten. Das Prüfen einzelner Schichten genügt somit nicht. Das Verhalten des Gesamtaufbaus kann nicht mit hinreichender Aussagesicherheit aus dem der einzelnen Schichten hergeleitet werden.

Zum Bestimmen der Standfestigkeit einzelner Schichten sind verschiedene Prüfverfahren in Betracht zu ziehen. Im Einzelnen sind das:

- der Spurbildungstest in verschiedenen Varianten gemäss EN12697-22 [67]
- die statische Kriechprüfung
- die Stempeleindringprüfung gemäss EN12697-20 [21] und EN12697-21 [66]
- die dynamische Stempeleindringprüfung [92]
- der Druckschwellversuch (uniaxial) gemäss [93]
- der triaxiale Druckschwellversuch nach EN12697-25 [70]

Neben diesen Laborprüfungen sind auch noch Grossversuchsanlagen und Verkehrssimulatoren im Rahmen von zwar aufwändigen dafür aber praxisnahe Untersuchungen in Betracht zu ziehen.

Für Gesamtaufbauten auf Brücken sind diese Verfahren mit verschiedenen Mängeln behaftet. Die statische Kriechprüfung ist weder in der Schweiz noch in der EN normiert. Beim Spurbildungstest ist in der Schweiz nur das Verfahren mit dem grossen Rad ins Normenwerk übernommen worden, das für Gussasphalt nicht geeignet ist. Die Stempeleindringprüfung eignet sich nur für Gussasphalt und kann für den Gesamtaufbau nicht verwendet werden, da die Kräfte lokal konzentriert sind. Der uniaxiale Druckschwellversuch ist in der EN nicht normiert.

Für keines der Verfahren liegt eine Norm oder allgemein anerkannte Versuchsbeschreibung für Gesamtaufbauten vor. Es fehlen damit auch die für einen Gesamtaufbau relevanten Messverfahren.

Die Vernehmlassung zur Norm SN 640 450 [5] hat entsprechend dieser erhebliche Differenzen in der Auffassung der Eignung der Systeme bezüglich Standfestigkeit bei hohen Verkehrsaufkommen gezeigt. Die anschliessende Diskussion der EK hat ergeben, dass Grundlagen für die Beurteilung des Systems als ganzes (d.h. der verschiedenen Aufbauten gemäss SN 640 450) weitgehend fehlen. Für die Wertung der Systeme sind solche Grundlagen essentiell.

Zusammenfassung: Spurbildung auf Brücken ist ein volkswirtschaftlich wesentlicher Schaden. Das Prüfen einzelner Schichten genügt nicht, weil das Verhalten des Gesamtaufbaus nicht einfach aus dem der einzelnen Schichten hergeleitet werden kann. Beispielsweise wurde ein überproportionaler Einfluss dünner elastischer Abdichtungsschichten beobachtet.

3.1.2 Bewertung durch das IP

Aufgrund ihrer Sachkenntnis führte die Forschungsstelle in einem ersten Schritt eine Bewertung der Prüfungen durch. Die Ergebnisse sind in *Tab. 4* zusammengestellt.

Tab. 4 Beurteilung von Verfahren zum Prüfen des Gesamtaufbaus

Prüfung	Vorteile	Mängel, Nachteile
Spurbildungstest EN, grosses Rad	Praxisnahe Belastung durch rollendes Rad. In der Schweiz eingeführt.	Für Gussasphalt ungeeignet, die unrealistische Dauerbelastung führt zu einem Aufheizeffekt und dadurch zu Falschaussagen. Aufwändige Prüfkörperherstellung.
Spurbildungstest EN, kleines Rad	Belastung durch rollendes Rad.	In der Schweiz nicht eingeführt, Eignung für Gussasphalt unklar
Statische Kriechprüfung	Einfache Prüfung	Geringe Praxisrelevanz für rollenden Verkehr. Fehlender Seitendruck ist praxisfremd. In der Schweiz nicht eingeführt.
Statische Stempeleindringprüfung	Einfache Prüfung. In der Schweiz eingeführt	Nur bedingt praxisrelevant. Nur für weichere Gussasphalte brauchbar. Nicht geeignet für Gesamtaufbau.
Dynamische Stempeleindringprüfung	In der Schweiz bekannt. Für Gussasphalt geeignet.	Für Walzasphalte nicht geeignet. Eignung für Gesamtaufbauten sehr fragwürdig.
Druckschwellversuch gemäss [P1]	In der Schweiz eingeführt. Grundsätzlich für Gesamtaufbauten geeignet.	Stand der Normierung unbefriedigend. Fehlender Seitendruck ist praxisfremd.
Triaxialer Druckschwellversuch	Europäisch Normiert. Vermutlich für Gesamtaufbauten geeignet.	In der Schweiz nicht gebräuchlich.
Verkehrssimulator, Grossversuchsanlage	Sehr praxisnah	Aufwändig, bedingt vorselektionierte Aufbauten

Aus der *Tab. 4* ergibt sich, dass der triaxiale Druckschwellversuch der beste Kandidat für das Prüfen des Gesamtaufbaus auf Widerstand gegen bleibende Verformungen ist. Der Anbieter hat neben dem triaxialen Druckversuch als zweite Prüfung zu Vergleichszwecken entweder den Spurbildungstest mit kleinem Rad oder den Druckschwellversuch anzubieten. Da ein umfangreicher Erfahrungshintergrund vorliegt, ist zumindest punktuell abzuklären inwieweit der Spurbildungstest zu ähnlichen oder anderen Ergebnissen führt. Da Stempeleindringprüfungen sich für den Gesamtaufbau nicht eignen, ist diese Prüfung nicht zwingend und höchstens in beschränktem Ausmass zu berücksichtigen. Der Anbieter hat ihren Einsatz zu begründen. Ebenso müssen die statischen Prüfverfahren nicht weiter verfolgt werden. Der Einsatz eines Verkehrssimulators oder das Prüfen in einer Grossversuchsanlage ist im Rahmen dieses Forschungspaketes nicht vorgesehen und würde den finanziellen Rahmen sprengen. Das EP 1 hat aber einen Vorschlag zu einem solchen Projekt zu entwerfen und zu diskutieren.

3.1.3 Ergebnisse der Literaturrecherche

Während es eine reichhaltige Literatur zum Thema Spurbildung und permanente Deformation gibt, ergab das Screening nur wenig spezifische Treffer, die sich, soweit erkennbar, auf Gussasphalt beziehen [115, 138]. Hingegen sind die Prüfverfahren gut beschrieben [65 bis 71, 92, 93].

3.1.4 Folgerungen für das Forschungsprojekt

Gemäss dem Literaturscreening ergibt sich gegenüber der Analyse der Forschungsstelle keine wesentlich Änderung des Konzeptes des EP 1. Es zeigte aber klar, dass das

Problem mit normierten Verfahren behandelt werden kann. Es sind bloss die Prüfbedingungen dem Problem entsprechend zu definieren. Beim triaxialen Druckversuch differenzieren nach Erfahrung der Forschungsstelle die in der EN für AC formulierten Bedingungen für standfeste Beläge wenig. Zumindest der Endzustand (Dicken der Schichten nach der Prüfung) ist zu erfassen. Besonderes Augenmerk bedarf die Probenherstellung und die Probenvorbereitung.

Das EP 1 hat vor allem was das Material betrifft Bezug zu den anderen EP. Es ist aber sicherzustellen, dass bei Schutzschichten aus Walzasphalt die gleichen Materialien wie im EP 3 verwendet werden, bei Aufbauten mit Schutzschichten aus Gussasphalt auf polymermodifizierten Bitumendichtungsbahnen sind die gleichen Gussasphaltnischgute zu verwenden und bei Aufbauten mit FLK-Abdichtungen ist eine Absprache mit dem EP 2 nötig.

Die Norm SN 640450 umfasst 12 Aufbauten (die noch in Varianten ausgeführt werden können), der finanzielle Rahmen lässt geschätzt die Untersuchung von 8 bis 10 Aufbauten zu. Es ist deshalb vom Anbieter ein detailliertes Programm vorzulegen, das vorzeigt, welche Aufbauten wie geprüft werden sollen. Es muss auf dem Vorschlag des IP für eine Versuchsmatrix in *Tab. 5* basieren. Diese gibt aber nur die zwingend verlangten Aufbauten wieder und lässt dem Anbieter die Freiheit, zusätzlich Aufbauten auszuwählen. Angaben in Klammern wie PBD/MA/(MR, SMA) bedeuten, dass der Anbieter die Wahl zwischen den angegebenen Schichten (im Beispiel Deckschicht AC MR oder SMA) hat.

Tab. 5 Versuchsmatrix Standfester Gesamtaufbau

Versuch	Anzahl Aufbauten	Aufbauten, Mindestanforderung
Versuche an Aufbauten		
1 Triaxialer Druckschwellversuch	10	2 PBD/MA/MA, 1 PBD/MA/AC, 1 PBD/MA/(MR,SMA), 3 FLK/MA/MA, 1 PBD/AC/(AC,MR,SMA)
2 Alternativversuch	10	wie Triaxialer Druckschwellversuch
3 Bestimmen der Schichtdicken vor und nach dem Prüfen	20	Alle Prüfkörper 1 und 2
4 Dynamische Stempeleindringtiefe	4	4 Aufbauten Deckschichten aus MA
5 Statische Stempeleindringtiefe	4	Gleiche wie Versuch 4
6 Spurbildungstest grosses Rad	3	PBD/MA/(MR,SMA), PBD/MA/MA, FLK/MA/(MR,SMA)
Versuche an Baustoffen		
7 Bindemittelgehalt und Korngrössenverteilung	40	Schichten der PK 1 und 2
8 Triaxialer Druckschwellversuch	4	die meistgebrauchten Mischgute MA und AC für Schutz- und Deckschicht
9 Alternativversuch	4	wie triaxialer Druckschwellversuch
10 Bindemittleigenschaften	10	Die eingesetzten Mischgute, aus 1
Prüfkörperherstellung		
11 Platten, anschliessend Bohren der zylindrischen PK		für 1, 2, 4, 5, 6
12 Zylindrischen PK		für 8, 9

3.1.5 Fragenkatalog

Vom Einzelprojekt werden Antworten zu folgenden Fragen erwartet:

- Wie stuft die Forschungsstelle die verschiedenen Prüfverfahren zur Bewertung des Gesamtaufbaus hinsichtlich Standfestigkeit ein (unter Berücksichtigung von Aussagekraft, Prüfdauer und Prüfkosten)?
- Welche Anteile der Verformung sind den einzelnen Schichten im Gesamtaufbau zuzuordnen? Lassen sich besonders verformungsempfindliche Schichten (beziehungsweise Materialien aus denen sie bestehen) eruieren?
- Welches ist das Verformungsverhalten typischer Aufbauten im Sinne der Norm SN 640 450?
- Was für Hinweise an Anforderungswerte liefern die Ergebnisse des EP?

3.1.6 Forderungen der EK/BK

In der Begleitkommission wurde der Einsatz eines Verkehrssimulators oder alternativ die Untersuchung in einer Grossversuchsanlage diskutiert. Der Vorteil einer solchen Untersuchung ist unzweifelhaft die Praxisnähe. Es ist aber unmöglich, die in *Tab. 5* geforderten 8 bis 10 Aufbauten in eine solche Untersuchung mit einzubeziehen. Weniger als 8 Aufbauten sind aber nach Ansicht der EK nicht mehr repräsentativ. Aus der Diskussion resultierte deshalb als Lösungsvorschlag, dass aus dem EP 1 ein Vorschlag für ein Folgeprojekt zu resultieren hat, das dann mit 3 oder 4 aufgrund der Ergebnissen selektionierten Aufbauten durchgeführt werden kann.

3.1.7 Nutzen der Forschung

Nutznieser sind insbesondere die Verkehrsteilnehmer, da die störenden Spurrinnen reduziert und die Intervalle zwischen baulichen Massnahmen vergrössert werden.

3.2 EP 2: Flüssigkunststoff-Abdichtung, Erfassen der Verbundproblematik

3.2.1 Ausgangslage

Die bisher als FLK verwendeten Produkte (auf PU-Basis) weisen neben Vorteilen (einfache und daher kostengünstige Applikation im Vergleich zum Aufschweissen bei polymermodifizierten Dichtungsbahnen) den Nachteil einer geringeren Kompatibilität zu bitumenhaltigen Schichten auf. So kann sich als Folge der Restfeuchte an der Unterseite der Schutzschicht eine Reiskornstruktur bilden. Solche verborgenen Einbauschäden führen zu einer reduzierten Gebrauchsdauer. Ein sehr sorgfältiges Arbeiten während dem Einbau ist deshalb unerlässlich und wird auch durch SN 640 450 gefordert.

International sind auch neuere Systeme im Einsatz (Referenzflächen im Umfang von 100'000 m² für Produkte auf Acrylbasis, PMMA, liegen vor) und stehen in der Schweiz vor der Markteinführung. Für diese Systeme fehlen noch die nötigen Erfahrungen in der Schweiz, um ihren Gebrauch normativ regeln zu können. Im Interesse der Sicherung einer nachhaltigen Qualität von Brückenbelagssystemen durch die Normierung ist eine ergänzende Forschung zwingend.

Zusammenfassung: FLK können kostengünstig und frei von Fugen und Überlappungen eingebaut werden. Die Systeme haben zudem grosses Potenzial für künftige Entwicklungen. Zugleich sind aber mit solchen Systemen verschiedentlich Schäden aufgetreten, weil Abdichtung und Schutzschichten nicht ausreichend kompatibel und oder Einbaufehler auftraten. Deswegen wird diese Bauweise in der Literatur als anspruchsvoll bezeichnet [82].

3.2.2 Bewertung durch das IP

Der Wasserhaushalt der FLK ist eine der wesentlichen Ursachen der Blasenbildung, wobei dabei nicht nur an grosse Blasen zu denken ist, sondern auch an kleine Bläschen (Reiskornstruktur). Die Wasseraufnahme an definierten Laborproben (freier Film gemäss SN 640 450) ist deshalb bei mindestens 3 Temperaturen und 3 verschiedenen Luftfeuchtigkeiten zu bestimmen. Neben der Wassersättigung ist auch der Verlauf der Wasseraufnahme zu untersuchen. Die in *Tab. 6* aufgeführten Bedingungen müssen dabei abgedeckt sein.

Die erwähnten Arten von Blasen können Schäden verursachen. Auch wenn grosse Blasen aufgestochen werden, verbleibt eine Schwachstelle. Jede Schwachstelle, auch eine aus kleinen Bläschen, kann als Keim für eine spätere kalte Blasenbildung wirken, wie sie in [85 bis 87] beschrieben ist. Die Untersuchungsmethodik muss deshalb die Frage angehen, wie Blasen nachzuweisen sind (im Labor und in Situ, Zusammenarbeit mit FP 4) und welche Faktoren die Blasenbildung beeinflussen.

Eine intensive Beziehung besteht zum EP 3. Es ist anzustreben, die gleichen Laborprüfkörper zu verwenden. Die beiden Forschungsstellen organisieren den nötigen Austausch der Prüfkörper.

Beziehungen bestehen zum EP 4, da in Situ Messungen wahrscheinlich am besten mit zerstörungsfreien Prüfungen erfolgen, die eine flächendeckende Beurteilung des Zustandes ermöglichen. Erfahrungsaustausch mit dem EP 5 ist anzustreben, obwohl das Letztere mit Bitumendichtungsbahnen, also einem anderen Material arbeitet.

Die Aufbauten sind als Platten herzustellen. Zum Prüfen kann bis in den Beton gebohrt werden, auf die Schutzschicht kann dann das Verbindungsstück geklebt werden, um Zugversuche durchführen zu können. Die Versuche werden bis zum Abreissen durchgeführt, gemessen wird die maximale Zugkraft. Ein entsprechender Versuchsaufbau für den Einsatz in Situ ist bekannt.

Die Ideen der Forschungsstelle des IP zur Herstellung der Laborproben sind in *Tab. 6* zusammengestellt, X sind etwa fünf noch nicht definierte FLK. Sie können vom Anbieter des EP vorgeschlagen werden, es kann darunter beispielsweise ein ganz neu auf dem Markt erscheinendes Produkt sein. Sämtliche PU-FLK werden mit dem gleichen Gussasphalt überbaut, bei den Acryl- und PMMA-FLK soll nur dann ein anderer Gussasphalt als Schutzschicht verwendet werden, wenn sich das aus den Anweisungen des FLK-Lieferanten ergibt.

Tab. 6 Vorschläge zur Lagerung von Laborproben von FLK (freier Film, Beton + FLK)

Text	Lagerungsbedingungen FLK	Bemerkung
PU #1	Feucht, 25 °C	Entspricht einer Situation (Situation 1) nach Regen und Entfernen des sichtbaren Wasser
PU #1	Feucht, 5 °C	Entspricht einer Situation (Situation 2) mit Taufeuchte
PU #1	50 % Luftfeuchtigkeit, 25 °C	Entspricht dem Normalfall mit günstigem Wetter (Situation 3)
PU #1	10 % Luftfeuchtigkeit, 25 °C	Entspricht sehr trockenem Wetter (Situation 4)
PU #2	Feucht 25 °C	Entspricht Situation 1
PU #2	10 % Luftfeuchtigkeit, 25 °C	Entspricht Situation 4
Acryl	Feucht 25 °C	Entspricht Situation 1
Acryl	10 % Luftfeuchtigkeit, 25 °C	Entspricht Situation 4
PMMA	Feucht 25 °C	Entspricht Situation 1
PMMA	10 % Luftfeuchtigkeit, 25 °C	Entspricht Situation 4
X (EP-Vorschlag)	Feucht 25 °C	Entspricht Situation 1

X	10 % Luftfeuchtigkeit, 25 °C	Entspricht Situation 4
---	------------------------------	------------------------

3.2.3 Ergebnisse der Literaturrecherche

Publikationen fanden sich vor allem im deutschen Sprachraum [98, 100, 129]. Eine sehr umfangreiche Zusammenstellung meist älterer Literatur ist in [82] zu finden. Der Sachstandbericht zeigt für FLK-Abdichtungen positive und negative Erfahrungen. Der Einbau wird generell als anspruchsvoll taxiert. Der Witterungsproblematik wird dabei das grösste Gewicht zugemessen. Blasenbildung und Schichtablösung werden als die häufigsten Schäden während der Nutzungsdauer angegeben.

3.2.4 Folgerungen für das Forschungsprojekt

Die Literaturrecherche bestätigt im Wesentlichen die von der Forschungsstelle auf Basis der Gespräche in der Expertenkommission zusammengestellten Vorschläge. Diese sind allerdings nicht abschliessend und vom Anbieter zu vertiefen.

Bezüglich Materialwahl hat dieses EP mit dem EP 1 (FLK und Gussasphalt) und dem EP 3 zusammenzuarbeiten. Bezüglich FLK obliegt ihm die Evaluation der Materialien.

Hinsichtlich der Lagerung und Wassereinwirkung auf Laborprüfkörper ist eine Zusammenarbeit mit EP 3 angezeigt.

Ausgewählte Aufbauten sollten mittels ZFP untersucht werden, das bedingt Absprachen mit dem EP 5.

Tab. 7 Versuchsmatrix Flüssigkunststoffe

Versuch	Anzahl Prüfobjekte	Aufbauten, Mindestanforderung
Versuche an Aufbauten		
1 Zugversuch	21 Serien à 4 Einzelprüfungen	10 FLK gemäss Tab. 6. 1 Aufbau auf Holzuntergrund, mit Verbund, Situation 4
In Situ Versuch		
2 Zugversuch	6 Objekt à 8 Einzelprüfungen	6 Objekte, so gut wie möglich die Verteilung von 1 repräsentierend
Versuche an Baustoffen		
3 Bindemittelgehalt und Korngrössenverteilung	12	Alle Schutzschichten
4 Bindemittleigenschaften	6	Alle Mischgute und deutlich unterschiedliche Einbautemperaturen
5 Schichtdicken	9 FLK	Gemäss Tab. 6, Bedingungen siehe Text, für Wasserhaushalt Doppelbestimmungen
6 Wasserhaushalt	Proben von 5	
Prüfkörperherstellung		
7 Platten, anschliessend Anbohren für Prüfung	21 Platten	für 1
8 Anbohren in Situ	6 Stellen	für 2
9 Rückstellmuster FLK	9	für 5

3.2.5 Fragenkatalog

Vom Einzelprojekt werden Antworten zu folgenden Fragen erwartet:

- Wie wirkt sich der Wasserhaushalt der FLK auf den Verbund zu bitumenhaltigen Schichten aus?
- Wie bewertet die Forschungsstelle den Einsatz dynamischer Prüfverfahren in Situ?
- Was für Anforderungen schlägt die Forschungsstelle aufgrund der ermittelten Kennwerte vor?
- Welche Anforderungen an die Restfeuchte in FLK in Situ empfiehlt die Forschungsstelle?

3.2.6 Forderungen der EK/BK

Aus der Diskussion in der EK/BK ergab sich das neue EP 3 Langzeitverhalten des Verbundes. Das bedingt eine enge Zusammenarbeit zwischen EP 2 und EP 3. Zugleich wird ein Teil der Aufgaben des EP 2 ins EP 3 transferiert, insbesondere die Zugschwellprüfungen. Die obenstehende Formulierung des EP 2 trägt diesen Entscheidungen Rechnung.

3.2.7 Nutzen der Forschung

Nutznieser sind neben den im Paket erwähnten Zielgruppen in vermehrtem Umfange Systems- und Materiallieferanten, die sich dementsprechend an den Forschungskosten beteiligen.

3.3 EP 3 Langzeitverhalten des Verbundes

3.3.1 Ausgangslage

Ein durch geringe Mängel beim Einbau oder aufgrund einer reduzierten Materialverträglichkeit geschwächter Verbund kann durch die Einwirkungen des Verkehrs weiter abnehmen, wenn Scherkräfte bis auf die Abdichtung übertragen werden oder wenn Pumpeffekte auftreten. Weil ein dynamische Schub- oder Scherversuch aufwendig ist, favorisiert die Forschungsstelle des IP den dynamischen Zugschwellversuch [F9]. Alternativ kommt auch die Torsionsprüfung in Frage. Der Antragsteller hat sich dazu zu äussern, mit welchen Methoden nach seiner Auffassung diese Problematik angegangen werden soll. Er hat eine Begründung für seinen Vorschlag zu liefern. Er hat zu belegen, wie genau er die Prüfbedingungen reproduzieren kann.

3.3.2 Bewertung durch das IP

Die Aufbauten sind als Platten herzustellen. Zum Prüfen kann bis in den Beton gebohrt werden, auf die Schutzschicht kann dann das Verbindungsstück geklebt werden, mit dem Zugschwellversuche durchgeführt werden können. Die Versuche werden bis zum Abreissen durchgeführt, gemessen wird die Anzahl Lastzyklen bis zum Abreissen. Ein entsprechender Versuchsaufbau kann mit vertretbarem Aufwand auch in Situ eingesetzt werden.

Als Aufbauten schlägt das IP folgendes vor:

- PU #1 (ev. PU #2), Acryl, PMMA des EP 2 (Tab. 6, nur Abdichtung und Schutzschicht auf Beton), 2 Lagerungen der FLK, total 6 Prüfkörper
- PBD mit Schutzschicht MA, 2 Lagerungen gemäss Vorschlag Forschungsstelle, 2 Prüfkörper
- MA für Abdichtungen mit Schutzschicht MA, 2 Lagerungen gemäss Vorschlag Forschungsstelle, 2 Prüfkörper
- Schutzschicht MA mit Deckschicht MA, 1 Lagerung, 1 Prüfkörper (Gesamtaufbau)
- Schutzschicht MA mit Deckschicht AC, 1 Lagerung, 1 Prüfkörper (Gesamtaufbau)

Die Lagerung entspricht für FLK den Situationen 1 und 4 der *Tab. 6*. An einem Aufbau mit PU/Schutzschicht (Referenz-FLK) sind die Parameter der Zugschwellprüfung zu variieren (nur eine Lagerung, Situation 3, aber 6 Belastungsbedingungen, sowie zwei zusätzliche Prüftemperaturen an PBD). Die Versuchsmatrix zeigt *Tab. 8*.

Tab. 8 Versuchsmatrix Langzeitverhalten des Verbunds

Versuch	Anzahl Prüfobjekte	Aufbauten, Minimalanforderung
Versuche an Aufbauten		
1 Zugschwellversuch (und/oder Schubschwellversuch)	20 Serien à 4 Einzelprüfungen	3 FLK (2 Lagerungen, 6 PK) gemäss <i>Tab. 6</i> und oben aufgeführtem Vorschlag Aufbauten, PBD, MA, Parametervariation
In Situ Versuche		
2 Zugschwellversuch (und/oder Torsionsversuch)	6 Objekte à 4 Einzelprüfungen	Gleiche Objekte wie EP 2
Versuche an Baustoffen		
3 Bindemittelgehalt und Korngrössenverteilung	1	Schutzschicht MA für Abdichtungen, restliche Ergebnisse können von EP 2 übernommen werden
4 Bindemittleigenschaften	1	Schutzschicht MA für Abdichtungen, restliche Ergebnisse können von EP 2 übernommen werden
Prüfkörperherstellung		
5 Platten, anschliessend Anbohren für Prüfung	20 Platten	für 1
6 Anbohren in Situ	6 Stellen	für 2

3.3.3 Fragenkatalog

Vom Einzelprojekt werden Antworten zu folgenden Fragen erwartet:

- Wie wirkt sich die Konditionierung der Abdichtung auf das Langzeitverhalten des Verbunds zu bitumenhaltigen Schichten aus?
- Wie bewertet die Forschungsstelle die angewandten Prüfmethode in Hinblick auf ihre Eignung, die Systemtauglichkeit zu überprüfen?
- Wie bewertet die Forschungsstelle den Einsatz in Situ?
- Welche Anforderungen schlägt die Forschungsstelle aufgrund der ermittelten Kennwerte vor?
- Kann aufgrund der Variation der Versuchparameter ein Hinweis auf die Wirkung der Schichtdicken des Gesamtaufbaus auf das Risiko von Blasenbildung gegeben werden?

3.3.4 Forderungen der EK/BK

Aus Reihen der EK/BK wurde ergänzend der Schubschwellversuch vorgeschlagen. Für in Situ Prüfungen müsste er durch einen dynamischen Torsionsversuch ersetzt werden. Anbieter haben aufzuzeigen, welches der Prüfverfahren Zugschwellversuch und Schubschwellversuch sie einsetzen wollen und was sie für Resultate damit erreichen wollen.

3.3.5 Nutzen der Forschung

Nutznieser sind die im Paket erwähnten Zielgruppen, wobei Bauherren primär von der angestrebten verlängerten Nutzungsdauer profitieren dürften.

3.4 EP 4: Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen

3.4.1 Ausgangslage

Zerstörungsfreie Prüfungen wie Georadar und Thermographie liefern erwiesenermassen wertvolle Informationen für die Beurteilung des Systems Abdichtung und bitumenhaltige Decke auf einer Fahrbahnplatte aus Beton. Dies ist auch flächendeckend möglich, während Probenahmen von Bohrkernen nur punktuelle Informationen liefern. Die Probenahme von Bohrkernen auf Betonbrücken führt zudem immer zu einer lokalen Schadensstelle.

Mit zerstörungsfreien Prüfungen wie Laserprofilometrie kann die Oberflächenrauigkeit ermittelt werden. Ebenso kann zerstörungsfrei die Porosität des Betonuntergrundes oder die ausreichende Überdeckung der Armierung ermittelt werden. Diese Methoden sind den normierten Verfahren wie Sandfleckmethode vor allem deshalb überlegen, weil sie entlang einer Linie ein Profil liefern oder flächendeckend messen können und damit weit umfassendere Daten über den Zustand des Betonuntergrundes liefern. Für die Normierung stehen aber noch keine verlässlichen Grundlagen zur Bewertung dieser Informationen vor. So findet eine flächendeckende Messmethode naturgemäss viel mehr Schadstellen als eine punktuelle. Sie würde damit, unbesehen angewendet, eine erhebliche Verschärfung der Anforderungen bringen. Das kann dazu führen, dass ein unbedeutendes Restrisiko zu einem volkswirtschaftlich viel zu hohen Preis weiter reduziert wird.

Grundsätzlich ist jede vermiedene Entnahme eines Bohrkerns auf einer Brücke eine gute Entnahme. Zerstörungsfreie Prüfungen haben das Potenzial, solche Entnahme zu vermeiden oder doch zumindest zahlenmässig zu reduzieren. Es bestehen durchaus erste Erfahrungen in diesem Einsatzbereich. Allerdings fehlen systematisch auf die normierten Systeme in der Schweiz abgestimmte Untersuchungen, die Richtlinien für eine Normierung solcher Kontrollverfahren liefern können.

Zusammenfassung: Zerstörungsfreie Prüfung erlaubt in vielen Fällen eine flächendeckende Untersuchung. Zudem wird die bei Probeentnahme unvermeidliche Schwächung des Abdichtungssystems vermieden.

3.4.2 Bewertung durch das IP

Nach Auffassung der Forschungsstelle ergeben sich aus den Diskussionen anlässlich der Normierung folgende Schwerpunkte:

- Verfahren zur Feststellung des Verbundes im eingebauten Zustand
- Verfahren zur Bestimmung der Oberflächenstruktur
- Verfahren zum Auffinden von Schäden in den bitumenhaltigen Schichten, Abdichtung und Betonuntergrund
- Luftporosität des Betonuntergrundes (z.B. Torrent-Gerät)

Im Sinne der notwendigen Konzentration sieht die Forschungsstelle die Verfahren Georadar und Thermographie zur Feststellung des Verbundes und von Schäden als gegeben und die Laserprofilometrie für die Erfassung der Oberflächeneigenschaften als favorisiert an. Grundsätzlich steht es Anbietern frei, die Arbeit auf zwei Institutionen zu verteilen, da die Bestimmung der Oberflächenstruktur unabhängig von der Feststellung des Verbundes ist. In diesem Fall ist die Arbeit aber so zu organisieren, dass überbaute Oberflächen, an denen nachträglich der Verbund zerstörungsfrei untersucht werden sollen, auch laserprofilometrisch erfasst werden kann, um abschätzen zu können, inwieweit diese Oberflächeneigenschaften den Verbund mitbestimmen.

Tab. 9 fasst die Einsatzmöglichkeiten der drei Verfahren aus Sicht der Forschungsstelle zusammen.

Verfahren	Betonuntergrund	Haftvermittler	Abdichtung	Deckschicht
Georadar	Baufehler im Beton Feuchtigkeit im Beton			Schäden in bitumenhaltigen Schichten, ev. Verbund
Thermografie	Feuchtigkeit im Beton	Feuchtigkeit und Lösemittel im Haftvermittler	Verbund Abdichtung Betonuntergrund	ev. Verbund
Laserprofilometrie	Oberflächenstruktur			Oberflächenstruktur

3.4.3 Ergebnisse der Literaturrecherche

Eine vergleichsweise grosse Zahl von Publikationen zu Georadar und auch mehrere Literaturstellen zu Thermografie wurden beim Screening gefunden. Dabei ist eine Häufung der Publikationen in jüngster Zeit zu beobachten. Es handelt sich somit um eine international aktiv bearbeitete Methodik.

3.4.4 Folgerungen für das Forschungsprojekt

Vom Anbieter wird erwartet, dass er der internationalen Forschungstätigkeit schon bei seiner Offerte gebührend Rechnung trägt. Als Teil der Forschungsarbeit wird darüber hinaus eine Zusammenfassung der Ergebnisse erwartet, aufgrund derer gegebenenfalls das Untersuchungsprogramm den neusten Erkenntnissen angepasst werden kann.

Der Anbieter bearbeitet Tab. 10 die mit den Einsatzmöglichkeiten. Er hat einen Einsatzplan auszuarbeiten, der die Messkampagnen mit dem Ablauf der Arbeiten auf den Brücken, also z.B. Messkampagne Georadar und Thermografie am Tag vor Aufbringen des Haftvermittlers, Laserprofilometrie nach Reprofilierung und Reinigung des Betonuntergrundes.

Versuch	Anzahl Prüfobjekte	Aufbauten
Messkampagnen		
Anzahl Objekte	5	Mindestens je 2 FLK und 2 PDB
Anzahl Messkampagnen pro 4 Objekt		gemäss Tab. 9
Messungen Laboraufbauten	an	
Anzahl Messkampagnen	4	Gemäss Absprache in SU

3.4.5 Fragenkatalog

Vom Einzelprojekt werden Antworten zu folgenden Fragen erwartet:

- Was ist die Nachweisgrenze (Ausmass, Schwere) von Schäden (Baufehler in Beton, Schäden in bitumenhaltigen Schicht, Verbund)?
- Was ist die Nachweisgrenze von Feuchtigkeit (Beton, Haftvermittler)?
- Was ist die Nachweisgrenze von Verbundmängeln (fehlender Verbund versus mangelhafter Verbund, Grösse der Schadstelle)?
- Was sind die möglichen Aussagen zur Oberflächenstruktur?

- Inwieweit sind die nachweisbaren Schäden für das Funktionieren des Abdichtungssystems nach Meinung der Forschungsstelle relevant?
- Welche Prüfverfahren sind aufgrund der vorhandenen Literatur und den während der Forschung gemachten Erfahrungen als besonders geeignet zu bezeichnen?
- Was für Empfehlungen zum Einsatzbereich der verschiedenen Methoden der ZFP lassen sich geben?
- Was für Vorschläge für Anforderungswerte kann die Forschungsstelle aufgrund der Prüfergebnisse der Objekten und unter Analysieren der vorhandenen Daten (Einbauprotokolle, Mischgutanalysen) machen?

3.4.6 Forderungen der EK/BK

Von Mitgliedern der EK/BK stammt der Vorschlag, auch die Luftporosität als Verfahren in Betracht zu ziehen.

3.4.7 Nutzen der Forschung

Die Ergebnisse der Forschung dienen insbesondere den Bauherren bei der Analyse von Schadenfällen und den Verkehrsteilnehmern, da zerstörungsfreie Prüfungen zu erheblichen Teilen ohne Absperrung unter Verkehr durchgeführt werden können.

3.5 Mechanismen der Blasenbildung

Voller Titel: Experimentelle und numerische Erfassung der Einflussfaktoren bei der Blasenbildung unter einer Brückenabdichtung aus Polymerbitumen-Dichtungsbahn

Die Beschreibung dieses EP basiert auf der Projektidee AGB 2005/24 und den entsprechenden ans AGB weitergereichten Anträgen.

3.5.1 Ausgangslage

Das Vorhandensein von Verbundmängeln, Hohlstellen oder Blasenkeimen zwischen dem Betonuntergrund und der Polymerbitumen-Dichtungsbahn auf einer Brücke kann beim Aufbringen des heissen Gussasphalts zur Entstehung von Blasen (heisse Blasen) unterhalb der Dichtungsbahn führen. Auch können Feuchtigkeit und Lösemittleinschlüsse schlagartig Blasen einer beachtlichen Grösse erzeugen. Auch wenn die Blasen sich beim Abkühlen wieder zurückbilden, bleiben doch oft Schwachstellen zurück, die die Gebrauchsdauer des Systems verkürzen.

Der Mechanismus des Blasenwachstums beim Aufbringen von Gussasphalt ist nur unzureichend erforscht. Dementsprechend sind die Vorkehrungen gegen diese Art von Blasenbildung teilweise aus der Luft gegriffen. So gibt es bezüglich der minimalen Schichtdicke, die dem Druck in der Blase entgegenwirkt, im internationalen Bereich Unterschiede in den Normen, ja selbst in der Schweiz herrschen divergierende Auffassungen.

Dabei ist das Wachstum der „kalten“ Blasen in Brückenbelägen seit längerer Zeit das Thema zahlreicher Untersuchungen [85 bis 89]. Der Mechanismus des Blasenwachstums von „heissen“ Blasen hingegen bleibt weitgehend unerforscht.

In dieser Arbeit soll der Einfluss von vier Faktoren (der Druck in der Blase, die Anfangstemperatur von Gussasphalt, die Belagsdicke und die Art der Blasenkeime) auf das Blasenwachstum unter einer Polymerbitumen-Dichtungsbahn während und unmittelbar nach dem Aufbringen des heissen Gussasphalts experimentell untersucht und numerisch simuliert werden.

Zusammenfassung: Blasenbildung beim Einbau hat oft Schwachstellen zur Folge, aus denen sich in der Folge Schäden entwickeln. Das Ziel ist somit das Entwickeln eines Simulationstestes zur Bestimmung des Widerstandes gegen Blasenbildung zwischen Betonuntergrund und Abdichtung (PBD).

3.5.2 Lösungsansatz

Im experimentellen Teil werden zwei Arten von Blasenkeimen als mit Luft gefüllte Hohlräume an der Grenze zwischen der Betonuntergrund und der Polymerbitumen-Dichtungsbahn simuliert:

- a. Einzelblase, bestehend aus einem Hohlraum;
- b. Blasenkolonie, bestehend beispielsweise aus neun Hohlräumen, die im quadratischen Muster angeordnet sind.

Der Luftdruck in den Blasenkeimen wird in drei Stufen geändert und während eines Experiments konstant gehalten. Die Belagsdicken und Anfangstemperaturen des Gussasphaltes werden jeweils in zwei Stufen variiert. Das Blasenwachstum während der Prüfungen wird quantitativ erfasst. Die jeweils entstandene Schädigung des Abdichtungssystems wird fotografisch erfasst und beschrieben.

Im numerischen Teil der Arbeit wird ein thermo-mechanisches Modell der Entwicklung von „heissen“ Blasen erstellt und anhand der experimentellen Ergebnisse verifiziert. Thermoviskose Eigenschaften der Materialien werden berücksichtigt.

3.5.3 Ergebnisse der Literaturrecherche

Die Arbeiten [85, 89] zeigen deutlich, dass eine einmal gebildete Blase allein aufgrund dem Tagesgang der Temperatur wachsen kann. Es sind weder Lösemittel noch Wasser nötig, obwohl beide, falls vorhanden, das Blasenwachstum noch fördern können. Damit der Schadensmechanismus wirken kann, braucht es aber zwingend einen Ansatzpunkt, also eine Schwachstelle wie eine heisse Blase, die beim Abkühlen ungenügend verklebt ist, eine Reiskornstruktur und dergleichen mehr.

3.5.4 Folgerungen für das Forschungsprojekt

Es handelt sich hier um einen neuartigen Forschungsansatz, die das Verständnis grundlegender Mechanismen der Bildung von Blasen und Schwachstellen fördern soll. Die erarbeitete Methodik kann zukünftig mithelfen, wichtige Parameter wie Schichtdicken gemäss SN 640450 und Einbaubedingungen wissenschaftlich fundiert festzulegen.

3.5.5 Fragenkatalog

Vom Einzelprojekt werden Antworten zu folgenden Fragen erwartet:

- Wie bewertet die Forschungsstelle die Anwendbarkeit des entwickelten numerischen Verfahrens zur Beurteilung konkreter Aufbauten?
- Konnte das Verfahren so formuliert werden, dass auch andere (Forschungsinstitutionen, Ingenieurbüros) es anwenden können und was sind allenfalls die Anforderungen an solche Stellen.
- Wie bewertet die Forschungsstelle die angewandten Prüfmethode in Hinblick auf ihre Eignung, die Systemtauglichkeit zu überprüfen?
- Welche Schichtdicken des Gesamtaufbaus können das Risiko von Blasenbildung wesentlich reduzieren (Schätzung aufgrund der Variation der Grundzuglast)?

3.5.6 Forderungen der EK/BK

Das EP 5 war in der EK umstritten. Ein Teil der EK befürwortete eine Vorstudie, da nach ihrer Ansicht die umfassenden vorhandenen Arbeiten ungenügend berücksichtigt sind. In Beisein von P. Stoffel wurde schliesslich entschieden, das Einzelprojekt unverändert ins Gesamtprojekt einzugliedern, weil es einen theoretisch interessanten Ansatz verfolgt, der durchaus das Potenzial hat, zu einem wesentlich verbesserten Verständnis des Phänomens „heisser Blasen“ zu führen.

3.5.7 Nutzen der Forschung

Nutznieser sind die im Forschungspaket aufgeführten Zielgruppen.

3.6 Randanschlüsse und Randabschlüsse sowie Anschlüsse an Einbauten

3.6.1 Ausgangslage

Die EK 5.10 hat beim Verfassen der Norm SN 640 450 die Randan- und Randabschlüsse und Anschlüsse an Einbauten nicht behandelt, obwohl die Ausführung dieser Detailarbeiten für das Funktionieren des Systems von grosser Bedeutung ist. Dafür gab es folgende Gründe:

- Eine Vielfalt der Systeme kombiniert mit einem Mangel an für die Normierung relevanten Daten (objektiv erfasster Erfahrungshintergrund zu den verschiedenen Systemen) machte es sehr schwierig, diesen Bereich zu normieren
- Der ohnehin schon grosse Umfang der Brückennorm liess es nicht zu, diesen Bereich auch noch zu integrieren
- Es existierte eine ASTRA-Richtlinie, auf die verwiesen werden konnte, auch wenn sie die EK nicht in allen Punkten überzeugte

Die Applikation von Abdichtungen in der Fläche mit und ohne Verbund zum Betonuntergrund ist Gegenstand der Norm SN 640 450: Abdichtungssystem und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken. Darin wird vom Grundsatz ausgegangen, dass der Betonuntergrund, das Abdichtungssystem und die Decke ein Gesamtsystem bilden und die Elemente dieses Gesamtsystems aufeinander abzustimmen sind. Die Anforderungen an die Systemaufbauten, den Betonuntergrund, die Abdichtungssysteme und die bitumenhaltigen Decken auf Brückenplatten in Beton sind in der Norm klar formuliert. Sie beinhaltet ausserdem Erstprüfung und Materialanforderungen und enthält Hinweise zu Überwachung und Unterhalt.

Der Untersuchungsbericht Anschlüsse von Brückenabdichtungen aus Polymerbitumen-Dichtungsbahnen einer Arbeitsgruppe des ASTRA vom März 1993 und die Dokumentation Brückenabdichtungssysteme mit Polymerbitumen-Dichtungsbahnen einer SIA-Tagung vom April 1998 zeigen eindeutig, dass das Thema der Abdichtungsanschlüsse als Übergang von der Abdichtung zum Brückenrand beziehungsweise zu Einbauten sehr komplex ist. Die Problematik der Abdichtungsanschlüsse ist immer noch aktuell. Es besteht seit Jahren ein hoher Bedarf an Erfahrungsaustausch und an Forschung. Aus diesem Grund wurden die Abdichtungsanschlüsse in der Norm SN 640 450 bewusst ausgeklammert. Die Grundlagen für eine seriöse Normierung stand schlichtweg nicht zur Verfügung. Die unbestrittene Schwachstelle von Anschlüssen bleibt weiterhin ein aktuelles Problem, das nicht so behandelt wird, wie es seiner Bedeutung entsprechend behandelt werden müsste.

Die einzige Richtlinie zum Thema Abdichtungsanschlüsse liegt beim Bundesamt für Strassen vor. In den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken sind Vorschläge enthalten, welche allerdings nur für die Brücken im Nationalstrassennetz

gelten. Diese werden zwar sinngemäss auch für andere Brücken angewendet, eine Verpflichtung besteht jedoch nicht. Das Normenwerk weist somit eine empfindliche Lücke auf.

Zusammenfassung: Randabschlüsse sind für eine verlässliche Abdichtung der Brückenplatte gegenüber Wasser wesentlich. Es bestehen aber Lücken in der Normierung und es fehlt der für das Arbeiten der Normenkommission nötige Sachstandbericht.

3.6.2 Bewertung durch das IP

Das Thema ist für die Normierung von Bedeutung, insbesondere in Hinblick auf die angestrebte Überführung von Richtlinien in Normen. Der Bericht soll eine Basis für die Erstellung einer anwendergerechten Norm liefern.

3.6.3 Fragenkatalog

Das Forschungsprojekt hat im Rahmen des Sachstandberichtes aufgrund der vorhandenen Literatur, Dokumente der Fachverbände und Erfahrungen die folgenden Fragen zu beantworten:

- Welche Systeme eignen sich grundsätzlich für Randanschlüsse und Abdichtungen zu Einbauten?
- Mit welchen Systemen von Randanschlüssen kann eine funktionstüchtige, dichte und dauerhafte Verbindung zu Einbauten erreicht werden?
- Wie können die Systeme hinsichtlich Baustellentauglichkeit (Temperatur und Feuchtigkeit) beurteilt werden?
- Wie können die Anschlüsse in Situ überprüft bzw. kontrolliert werden?
- Welches ist die Langzeiterfahrung mit verschiedenen Systemen (Umfrage)?

3.6.4 Ergebnisse der Literaturrecherche

Im Screening wurde eine erhebliche Anzahl relevanter Publikationen gefunden.

3.6.5 Folgerungen für das Forschungsprojekt

Die Arbeit muss sich zum einen auf im nationalen Rahmen vorhandenen Dokumente (auch von Fachverbänden) und auf die internationale Literatur stützen.

3.6.6 Forderungen der EK/BK

Die Aufgabenstellung ist gegenüber dem ersten Entwurf zu verbreitern. Es sind Randa- und Randabschlüsse in die Betrachtung einzubeziehen und Anschlüsse nicht nur an Stahleinbauten sondern generell an Einbauten zu behandeln. Es soll aber weiterhin ein Sachstandbericht erstellt werden und zwar auf Basis

- nationaler und internationaler Literatur
- vorhandenen Normen und Richtlinien ASTRA
- Richtlinien und Vorschriften der Fachverbände

3.6.7 Nutzen der Forschung

Nutznieser sind die im Forschungspaket aufgeführten Zielgruppen.

4 Ergebnisse des IP

4.1 Vorschlag für den Zugschwellversuch

Die Prüfung kann grundsätzlich von jedem Labor realisiert werden, das den Druckschwellversuch durchführen oder die dynamische Stempeleindringtiefe durchführen kann, es handelt sich also um eine relativ einfache Prüfung. Die Prüfbedingungen lassen sich im Wesentlichen aus der SN 640 450 ableiten. Diese fordert bei 25 °C Haftzugfestigkeiten von 0,36 MPa (0,4 MPa bei 23 °C) für PBD-Abdichtungen auf Betonuntergrund, den gleichen Wert für Schutzschichten aus MA auf PBD. Für FLK fordert sie 1,5 MPa (unabhängig von Temperatur) zwischen FLK und Betonuntergrund und 0,8 MPa zwischen Schutzschichten und FLK. Am Systemaufbau gilt zwingend der kleinere Wert. Für eine dynamische Belastung sind wesentlich kleinere Zugkräfte als bei der statischen Prüfung aufzubringen. Für eine Vorversuchsserie bei 23 °C wäre mit einem Viertel zu beginnen, also 0,1 MPa für PBD und 0.2 MPa für FLK.

Durchzuführen ist die Prüfung bei 23 °C an einem Laborprüfkörper, aufgebaut gemäss Tab. 20 der SN 640 450. In die Prüfkörper ist mit einer Bohrkronen, Innendurchmesser 100 mm, an vier Stellen bis auf den Beton zu bohren. Auf die angeschliffene Oberfläche ist ein Zwischenstück mit passendem Gewinde, Stahl, 100 mm Durchmesser Zugversuche auf den noch am Beton haftenden Bohrkern zu kleben. An zwei Bohrkernen ist das Wasser auszublasen, in den andern beiden ist 24 h nach Lagerung mit Wasser im Bohrspalt zu prüfen, ohne das Wasser zu entfernen. Die Pulsrate ist in der Grössenordnung von einem Zugschwellversuch pro Sekunde sein, für einen typischen Aufbau mit FLK (als Referenz) sollten zwischen 1000 und 2000 Zugschwellversuche gebraucht werden, bis der Bohrkern ausgerissen wird.

Nach Erfahrung des Autors differenzieren solche dynamische Versuche hervorragend zwischen verschiedenen Materialien. Bei genügender Abmessung des Prüfkörpers kann die Prüfung an einem als Doppelbestimmung durchgeführt werden, zuerst trocken, dann nach Wasserlagerung. Zugschwellversuche wären bei der angegebenen Geometrie 785 N (etwa 80 kg), dazu käme eine Grundlast von maximal 100 N. Die Prüfparameter sind in Tab. 11 aufgeführt.

Tab. 11 Prüfparameter im Zugschwellversuch

Parameter	Stellwert	Bemerkung
Prüftemperatur	23 °C	15 und 30 in der Parametervariation am Referenzaufbau PBD
Vorlast [MPa]	gem. Parametervariation	0.005, 0.01, 0.02, 0.04 in der Parametervariation am Referenzaufbau FLK
Puls Peak zu Vorlast [MPa]	gem. Parametervariation	0.1, 0.2, 0.4 in der Parametervariation am Referenzaufbau FLK
Zug Vorlast [N]	78	für Spannung 0.01 MPa, Beispiel
Puls Kraft [N]	785	für Spannung 0.1 MPa, Beispiel
Prüftemperatur	23 °C	15 und 30 in der Parametervariation am Referenzaufbau PBD

4.2 Vorschlag für den Schubschwellversuch

Der Schubschwellversuch ist in der BK vorgeschlagen worden. Seine Realisierung ist nach Auffassung der Forschungsstelle des IP schwieriger als die des Zugschwellversuches. Wenn ein Anbieter diese Prüfvariante wählt, so hat er darum

aufzuzeigen, dass er den Versuch beherrscht und damit die geforderten Informationen gewinnen kann.

Eine in Situ Anwendung wäre nach Auffassung der Forschungsstelle Neuland. Bekannt ist da der Torsionsversuch, der grundsätzlich auch als Torsionsschwingversuch durchgeführt werden kann und als Ersatz für den Schubschwellversuch durchgeführt werden könnte.

Die Prüfbedingungen haben sich grundsätzlich an denen zu orientieren, die für den Zugschwellversuch vorgeschlagen worden sind. Parameter sind in Anlehnung an *Tab. 11* festzulegen, wobei für den Schubpuls 0.1 N/mm^2 zu wählen wäre.

4.3 Schutzschichten aus Walzasphalt

Eine erste Version des EP 3 basiert auf einer ursprünglich in der EK erarbeitete Einteilung des FP, in dem das Thema des EP 3 Schutzschichten aus Walzasphalt war. Der Entscheid für dieses EP fiel aufgrund mehrerer Stellungnahmen in der Vernehmlassung zur SN 640 450, die den Walzasphalt als Schutzschicht als im Wesentlichen gleichberechtigt in der Norm sehen wollten. In Besprechungen im Sommer 2007 kam die EK zur Überzeugung, dass in Zwischenzeit Schutzschichten aus Gussasphalt weitgehend akzeptiert sind und Schutzschichten aus Walzasphalt mehrheitlich im Sinne der Norm 640 450 eingebaut werden. Deshalb erübrigt sich das alte EP 3 und wird ersetzt. Der erarbeitete Text zum Thema Schutzschichten aus Walzasphalt ist hier gekürzt als Information eingefügt.

4.3.1 Ausgangslage

Schutzschichten aus Walzasphalt werden in mehreren Kantonen in der Schweiz angewendet. Die Begründung ist eine im Vergleich zu Gussasphalt erhöhte Standfestigkeit. Die Expertenkommission sah Probleme bei der Perforierung der Abdichtung, der Verdichtung von Walzasphalt auf Brücken, der Belagsentwässerung, dem Risiko stehenden Wassers auf der Abdichtung und der wegen dieser Wassereinwirkung reduzierten Nutzungsdauer. Die [SN 640 450] gewichtet diesen Punkt etwas stärker als den Gewinn an Standfestigkeit und schränkte deshalb den Gebrauch von Walzasphalt als Schutzschichten ein. Es fehlen aber aus Sicht der Expertenkommission hinreichend wissenschaftlich belegte Ergebnisse zu den genannten Problemen, welche es erlauben, die Einschränkungen präziser zu formulieren und in der Norm überzeugend zu begründen.

Bei Anwendungen in Tunnels ist zudem bei der Auswahl zwischen Walz- und Gussasphalt die Arbeitshygiene zu berücksichtigen. Gussasphalt wird bei höheren Temperatur verarbeitet, was mehr Emissionen verursacht. Es besteht deshalb das Interesse, hier Walzasphalt zu fördern.

Heute werden Schutzschichten oft aufgrund von Meinungen gewählt. Rational begründete und anerkannte, neutrale Kriterien für den Einsatz können mithelfen, die volkswirtschaftlich optimalen Lösungen zu finden. Die Normen sollten diesen Prozess unterstützen und ihre Erarbeitung ist deshalb auch auf diese Daten angewiesen.

Zusammenfassung: Schutzschichten aus Walzasphalt sind kostengünstig und erlauben es, den Aufbau der angrenzenden Strasse im Wesentlichen zu übernehmen. Es besteht aber das Risiko, die Abdichtung zu perforieren, zudem ist der Verbund oft schlechter als bei Gussasphalt und unterläufiges Wasser hat ein Schadenspotenzial.

4.3.2 Bewertung des IP

Forschungsbedarf ergibt sich in der Bewertung des Langzeitverbundes. Eine Forschung in diesem Bereich soll sich deshalb auf die Einwirkung des Wassers im Bereich der

Abdichtung konzentrieren. Fraglich ist auch, ob die eingeführte Prüftechnik zur Feststellung des Verbundes ausreichend ist. Es ist zu vermuten, dass dynamische Prüfverfahren bessere Ergebnisse bringen. Da ein dynamischer Schub- oder Scherversuch aufwendig ist, ist ein dynamischer Zugschwellversuch [92] in Betracht zu ziehen. Die bei der Prüfung entstehenden Schadstellen sind fotografisch zu dokumentieren und ihr Zustand ist auszuwerten. Ein Schwergewicht der Forschung ist die Prüfkörperlagerung und ihre Validierung.

4.3.3 Ergebnisse der Literaturrecherche

Das Screening ergab keine Hinweise zu im internationalen Rahmen aktuell laufender Forschung. Die Problemstellung ist somit national, da aber, wie die Vernehmlassung zur SN 640450 gezeigt hat, von einer gewissen Aktualität.

5 Zeitliche und materielle Verknüpfung der Einzelprojekte

Diese Kapitel beschreibt für jedes Einzelprojekt, welche Informationen es zu welcher Zeit an welchen Projektpartner zu liefern hat. Das Kapitel ist die Grundlage für die Besprechungen der Startup-Phase in der es noch im Detail modifiziert werden kann.

Die fachlichen Zusammenhänge sind übersichtsmässig in Kapitel 2.3 dargestellt. Spezifische Hinweise sind in den Beschreibungen der EP (Kapitel 3.1 bis 3.6) enthalten.

Für die Evaluation der Objekte einigen sich die Forschungspartner in der Startup-Phase auf eine geografische Aufteilung, damit vermieden wird, dass die gleichen Objekte mehrmals evaluiert werden.

5.1 EP 1: Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung

Das EP 1 hat folgende Leistungen zu liefern:

- Evaluation von 2 Objekten (realisierte oder während der Forschung gebaute Brücken), für EP 2, EP 3, EP 6
- Evaluation von 2 Mischgutsorten Deckschicht MA, für EP 2 und EP 3
- OK für ZFP-Untersuchung von 2 Objekten im Labor, an EP 4

5.2 EP 2: Flüssigkunststoff-Abdichtung, Erfassen der Verbundproblematik

Das EP 2 hat folgende Leistungen zu liefern:

- Evaluation von 2 Objekten (realisierte oder während der Forschung gebaute Brücken), für EP1, EP 4, EP 6
- Evaluation von 2 Mischgutsorten Schutzschicht MA, für EP 1, EP 3
- Evaluation von 4 FLK, für EP 1, EP 3

Das EP 2 hat zudem mindestens bei jedem Meilenstein seine Erkenntnisse zur Verträglichkeit der Abdichtung mit der Schutzschicht EP 3, EP 4 und EP 6 mitzuteilen.

5.3 EP 3: Langzeitverhalten des Verbunds

Das EP 3 hat folgende Leistungen zu liefern:

- Evaluation von 2 PBD, für EP 1
- Evaluation von 2 Mischgutsorten Deckschicht AC, für EP 1
- OK für ZFP-Untersuchung von 2 Objekten im Labor an EP 4

Das EP 3 hat zudem mindestens bei jedem Meilenstein seine Erkenntnisse zur Langzeitverhalten des Verbundes den EP 2 und EP 4 mitzuteilen.

5.4 EP 4: Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen

Das EP 4 hat folgende Leistungen zu liefern:

- Evaluation von 5 Objekten (realisierte oder während der Forschung gebaute Brücken), für EP 1, EP2, EP3, EP6
- Ergebnisse von ZFP-Untersuchungen im Labor, an EP 1 und EP 2
- Informationsaustausch mit EP 6

Das EP 4 hat zudem mindestens bei jedem Meilenstein seine Erkenntnisse zur Machbarkeit des Erkennens von Mängeln EP 2 und EP 3 mitzuteilen.

5.5 EP 5: Mechanismen der Blasenbildung

Das EP 5 ist als Grundlagenforschung im Bereich des Systems Betonuntergrund - PBD - Gussasphalt hat angesiedelt und von daher nicht konzipiert, Leistungen für die anderen EP zu erbringen. Seine Vertreter könnten allenfalls ihr Know How in der Materialwahl von PBD und Gussasphalt einbringen. Es macht auf jeden Fall Sinn, wenn dieses EP im Sinne des roten Fadens die gleichen Materialien einsetzt.

Darüber hinaus soll das EP 4 hat zudem mindestens bei jedem Meilenstein seine Erkenntnisse dem Risiko der Blasenbildung zwischen Abdichtung und Betonuntergrund EP 1, EP 2 und EP 3 mitzuteilen.

5.6 EP 6: Randabschlüsse und Randabschlüsse sowie Anschlüsse an Einbauten

Vom EP 6 wird ein Sachstandbericht zu wesentlichen konstruktiven Details verlangt. Es ist damit nicht konzipiert, Leistungen für die anderen EP zu erbringen. Es soll aber die Informationen aus den von anderen EP evaluierten Objekten verwerten, um die in ihm erarbeiteten Folgerungen anhand konkreter aktueller Objekte zu überprüfen.

Das EP 6 hat zudem mindestens bei jedem Meilenstein seine Erkenntnisse zur Verträglichkeit der bei Randabschlüssen verwendeten FLK mit bitumenhaltigen Materialien dem EP 4 mitzuteilen.

5.7 Zeitliche Verknüpfung

Die zeitlichen Verknüpfungen betreffen primär die Leistungserbringung. Das sind meist Informationen, die ein EP einem andern liefern muss, in einigen Fällen handelt es sich um Messungen, die von einem EP für andere erbracht werden. Zudem ist die Materiallagerung zu definieren. *Tab. 1* definiert die Zeitpunkte der Leistungserbringung.

Tab. 12 Zeitplan der Leistungserbringung

Arbeit	EP	Aufbauten
Je ein Objekt evaluieren	EP 1, EP 2, EP 3, EP 4	Innert 6 Monaten nach Projektbeginn
3 Objekte evaluieren	EP 4	innert 9 Monaten nach Projektbeginn
Je ein Objekt evaluieren	EP 1, EP 2, EP 3, EP 4	Innert 12 Monaten nach Projektbeginn
Materialien Evaluieren	EP 1, EP2, EP 3, EP 4	Innert 9 Monaten nach Projektbeginn
Laborprüfkörper für ZFP	EP 1, EP 2	Innert 18 Monaten nach Projektbeginn
Ergebnisse ZFP an Laborprüfkörpern	an EP 4	Innert 24 Monaten nach Projektbeginn

Für Beschaffung und Lagerung ist primär das evaluierende EP zuständig. Andere EP, die die gleichen Materialien verwenden, haben ihren Bedarf dem evaluierenden EP mitzuteilen. Materialtransporte zwischen den EP gehen zulasten des empfangenden EP. Details werden in der Startup-Phase zwischen den EP vereint.

5.8 Zusammenfassung der Leistungen zwischen den EP

Die Verknüpfungen zwischen Leistungserbringern und -empfängern sind in *Abb.5* dargestellt.

Leistungserbringer	Leistungsempfänger						Verknüpfungsgrad
	EP 1	EP 2	EP 3	EP 4	EP 5	EP 6	
EP 1		+	+	+	+	+	5
EP 2	+			+		+	3
EP 3	+				+	+	3
EP 4	+	+	+			+	4
EP 5	(+)						0.5
EP 6				+			1
Verknüpfungsgrad	3.5	2	2	3	2	4	

Abb.5 Verknüpfungen Leistungserbringung und Leistungsempfänger

Die Analyse zeigt, dass EP 5 am wenigsten in Paket verankert ist. Es ist deshalb durch die Begleitkommission zu entscheiden, ob dieses EP im Paket verbleiben oder als eigenständiges Projekt abgewickelt werden soll.

6 Ausschreibungsunterlagen

6.1 Rahmenausschreibung

Die Schweiz kann mit Fug und Recht als ein Land der Brücken bezeichnet werden. Ein flächendeckendes, fein strukturiertes Verkehrsnetz bedingt zusammen mit der Topografie als Alpenland einen hohen Anteil an Kunstbauten im Strassennetz, also an Tunneln, Brücken und Lehnviadukten.

Im innerstädtischen Bereich müssen bei Kunstbauten Linienführung, Erschliessung dicht besiedelter Räume, Entflechtung, Konkurrenz um den knappen Platz, Bevölkerungsschutz (Stichworte Unfälle, Lärm, Emissionen) berücksichtigt werden. Im Mittelland dominieren Linienführung, ökonomische Gesichtspunkte, Landschaftsschutz. In Bergregionen dagegen sind nicht nur die extreme Topografie, sondern auch die vielfältigen besonderen Gefahren wie Lawinen oder instabiles Gelände zu berücksichtigen.

Brücken nehmen dabei oft eine Schlüsselstellung im Strassennetz ein. Der Verkehr wird in der Fläche zusammengeführt überwindet dann an wenigen Stellen ein Hindernis. Verkehrsbehinderungen wegen Baustellen auf Brücken fallen deshalb besonders ins Gewicht. Damit werden an das Abdichtungssystem und die bitumenhaltige Decke auf Brücken besonders hohe Anforderungen gestellt.

Abdichtung und Belag bilden ein System, dessen Komponenten gut aufeinander abgestimmt sein müssen. Die Wahl des Systems richtet sich nach den konkreten Anforderungen, die vielfältig sein können. Der Verkehr erfordert eine hochwertige Oberfläche, was im Einzelnen Ebenheit, Oberflächenentwässerung, Griffigkeit und Dauerhaftigkeit bedeutet. Zum anderen muss die Betonkonstruktion der Brücke vor schädigenden Einflüssen geschützt werden, wobei es in erster Linie um die Gefahr der Korrosion der Bewehrung geht. Beim Verfassen der Norm SN 640 450 haben sich auch Problemfelder gezeigt, die zu wesentlichen Teilen durch die anschliessende Vernehmlassung bestätigt worden sind.

Inhaltliche Gliederung

Die weitere Analyse hat deshalb zur Formulierung der folgenden Gliederung des Forschungspaketes in Einzelprojekte geführt:

- GL. Leitung, Steuerung und Koordination VSS 2006/510
- EP 1. Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung VSS 2006/511
- EP 2: Flüssigkunststoffe, FLK, Erfassen der Verbundproblematik VSS 2006/512
- EP 3: Langzeitverhalten des Verbundes, VSS 2006/513
- EP 4: Zerstörungsfreie Prüfung, ZFP, Beurteilung von Verbund und Oberflächen VSS 2006/514
- EP 5: Mechanismen der Blasenbildung, VSS 2006/515
- EP 6: Randabschlüsse und Abdichtungen zu Stahleinbauten, VSS 2006/516

Allgemein gültige Anforderungen an Offerten

Der Anbieter hat neben den unten genannten formalen Kriterien folgende Punkte darzulegen, bzw. auszuführen:

- den Nutzen seines Einzelpaketes aus seiner Sicht
- eine Literaturnachweis für sein Projekt
- Eine kurze Beschreibung welche Informationen zum technischen Stand das Einzelprojekt den Projektpartnern liefert

Fristen

Genehmigung durch die Kommission für Forschung im Strassenwesen am: 2007

Publikation in „strasse und verkehr“: 2007

Eingabefrist für die Offerte der Gesamtprojektleitung: 2007

Eingabefrist für die Offerten: 2007

Zwingende, grundsätzliche Voraussetzungen

Evaluiert werden ausschliesslich Offerten für Forschungsbegehren, die hinsichtlich Inhalt, Form und Eingabefrist den zwingenden Vorgaben (Empfehlung VSS 641 001-4, Anhang) entsprechen.

Das Forschungsprojekt hat die Bedingungen der Verordnung über die Strassenbauforschung zu erfüllen, in einem prioritären Schwerpunkt der UVEK-Strategie Forschung im Strassenwesen zu liegen und den formellen Vorgaben zu entsprechen. Das Forschungsprojekt hat die im Bericht „Forschungspaket Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Decken auf Betonbrücken, Initialprojekt“ aufgeführten Bedingungen zu erfüllen und auf die dort beschriebenen fachlichen Hintergründe zu berücksichtigen.

Beurteilungsinstanz

Die Beurteilung der Offerten erfolgt durch die VSS Fachkommission 5, Bautechnik auf Antrag der um die BK des Initialprojektes erweiterte EK 5.10.

Beurteilungskriterien

Die Beurteilungsinstanz beurteilt die Offerten nach folgenden Kriterien:

Eignungskriterien (Ausschreibungskriterien)

- Erfüllung der zwingenden, grundsätzlichen Voraussetzungen
- Ausrichtung auf das Ziel
- Erreichung des Zwecks
- Notwendigkeit der Forschung
- Zweckmässigkeit Vorgehen, Methodik, Arbeitsprogramm
- Erreichung der erwarteten Resultate, Erkenntnisse und Folgerungen
- Nutzen aus Sicht der Nutzniesser

Zuschlagskriterien

Beurteilungspreis (Division Vergleichspreis mit dem Erfüllungsgrad).

Offerte (Angebot)

Die Offerte für die Bearbeitung dieses Forschungsprojekts hat die vorgehenden Punkte und die spezifischen Forderungen des Einzelprojektes zu berücksichtigen und muss vollständig sein.

Die Unterlagen der Offerte sind komplett sowohl in Papierform (unterzeichnet) als auch auf EDV-Träger (Diskette oder CD-ROM) mit dem Vermerk „Forschungsbegehren / Vertraulich“ einzureichen an die VSS-Geschäftsstelle in Zürich einzureichen.

Es sind die gemäss ARAMIS-SBT vorgeschriebenen Formulare ([www. Rapp.ch](http://www.Rapp.ch)) und die erforderlichen Anhänge einzureichen.

Die in der Ausschreibung festgelegte Eingabefrist ist einzuhalten. Andernfalls wird die Offerte für die Bearbeitung des Forschungsprojekts nicht berücksichtigt.

6.2 EP 1: Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung

Ausgangslage

Die Spurbildung auf Brücken ist ein volkswirtschaftlich wesentlicher Schaden. Um die Dichtigkeit dauerhaft zu erreichen, werden im Bereich Abdichtung/Schutzschicht oft relativ weiche Schichten eingebaut. Zudem haben diese Schichten ein von standfesten bitumenhaltigen Schichten stark abweichendes rheologisches Verhalten. Das führte in der Praxis fallweise dazu, dass standfeste Deck- und Binderschichten auf elastischem oder relativ weichem Abdichtungssystem versagten. Das Prüfen einzelner Schichten genügt somit nicht. Das Verhalten des Gesamtaufbaus kann nicht mit hinreichender Aussagesicherheit aus dem der einzelnen Schichten hergeleitet werden.

Die Standfestigkeit einzelner Schichten wird mit verschiedenen Prüfverfahren bestimmt. Der in der Rahmenschreibung genannte Bericht enthält eine Liste bekannter und normierter Prüfungen. Es werden die Vor- und Nachteile der verschiedenen Verfahren für die Anwendung auf Aufbauten aufgezeigt.

Ziel

Das hauptsächliche Ziel des EP ist Prüfungen für das Ermitteln der Standfestigkeit von Aufbauten im Sinne eines Eignungsnachweises zu evaluieren und erste Vorschläge für Anforderungswerte zu formulieren. Das EP 1 hat dazu zu folgenden Fragen Stellung zu nehmen:

- Wie stuft die Forschungsstelle die verschiedenen Prüfverfahren zur Bewertung des Gesamtaufbaus hinsichtlich Standfestigkeit ein (unter Berücksichtigung von Aussagekraft, Prüfdauer und Prüfkosten)?
- Welche Anteile der Verformung sind den einzelnen Schichten im Gesamtaufbau zuzuordnen? Lassen sich besonders verformungsempfindliche Schichten (beziehungsweise Materialien aus denen sie bestehen) eruieren?
- Welches ist die Verformung typischer Aufbauten im Sinne der Norm SN 640 450?
- Was für Hinweise an Anforderungswerte liefern die Ergebnisse des EP?

Es werden folgende, konkrete Resultate bei Durchführung der Forschungsarbeit erwartet:

- Vorschlag eines geeigneten Prüfverfahrens zur Erstprüfung von Aufbauten bezüglich Standfestigkeit (Widerstand gegen permanente Deformation)

- Prüfen von 8 bis 10 Aufbauten aus dem Katalog der Norm SN 640 450 mit Walz- und Gussasphalt als Deck- und Schutzschichten und mit den Abdichtungen PBD, FLK und MA
- Vorschlag für Anforderungen aufgrund von Kennwerten typischer Aufbauten gemäss [SN 640450]
- Diskussion der Ergebnisse und Darlegung ihrer Bedeutung für die Normierung

Kostenrahmen

Projektstart: 2008

Projektdauer: 3 Jahre

Geschätzte Projektkosten: CHF 200'000.-.

Der Anbieter hat eine objektbezogene Forschung anzustreben.

6.3 EP 2: Flüssigkunststoff-Abdichtung, Erfassen der Verbundproblematik

Ausgangslage

Die bisher als FLK verwendeten Produkte (auf PU-Basis) weisen neben Vorteilen (einfache Applikation im Vergleich zum Aufschweissen bei polymermodifizierten Dichtungsbahnen) den Nachteil einer geringeren Kompatibilität zu bitumenhaltigen Schichten auf. Das bedingt sehr sorgfältiges Arbeiten. Deshalb sind neuere Systeme international im Einsatz (Referenzflächen im Umfang von 100'000 m² für Produkte auf Acrylbasis liegen vor) und stehen auch in der Schweiz vor der Markteinführung. Für einzelne Systeme fehlen noch die nötigen Erfahrungen in der Schweiz, um ihren Gebrauch normativ regeln zu können. Im Interesse der Sicherung einer nachhaltigen Qualität von Brückenbelagssystemen durch die Normierung ist eine ergänzende Forschung zwingend.

Ziel

Das hauptsächliche Ziel des EP ist das Erfassen des Wasserhaushaltes von FLK und das Evaluieren einfacher Prüfungen zum Eignungsnachweis und zur Kontrolle von Aufbauten. Das EP 2 hat deshalb zu folgenden Fragen Stellung zu nehmen:

- Wie wirkt sich der Wasserhaushalt der FLK auf den Verbund zu bitumenhaltigen Schichten aus?
- Wie bewertet die Forschungsstelle die angewandten Prüfmethode in Hinblick auf ihre Eignung, die Systemtauglichkeit zu überprüfen.
- Wie bewertet die Forschungsstelle den Einsatz in Situ?
- Was für Anforderungen schlägt die Forschungsstelle aufgrund der ermittelten Kennwerte vor?

Der in diesem EP dargestellte Stand der Technik wird als Bestandteil in den Gesamtbericht integriert. Die Ergebnisse dieses Forschungsprojektes bilden Grundlage für das Festlegen von normativen Anforderungen auf Grund der EOTA-Richtlinien für FLK für Abdichtungen.

Erwartete Resultate

Es werden folgende, konkrete Resultate bei Durchführung der Forschungsarbeit erwartet:

- Wasseraufnahme und dessen Einfluss auf Verbund zu bitumenhaltigen Schichten
- Ergebnisse dynamischer Prüfverfahren in Situ an mit den Laboraufbauten vergleichbaren Aufbauten
- Auswertung der ermittelten Kennwerte in Hinblick auf Anforderungen in Situ und für Laboraufbauten
- Auswertung in Hinblick auf Anforderungen an die Restfeuchte in FLK in Situ

Kostenrahmen

Projektstart: 2008

Projektdauer: 3 Jahre

Geschätzte Projektkosten: CHF 230'000.-.

Der Anbieter hat eine objektbezogene Forschung anzustreben.

6.4 EP 3 Langzeitverhalten des Verbunds

Ausgangslage

Ein durch geringe Mängel beim Einbau oder aufgrund einer reduzierten Materialverträglichkeit geschwächter Verbund kann durch die Einwirkungen des Verkehrs weiter abnehmen, wenn Scherkräfte bis auf die Abdichtung übertragen werden oder wenn Pumpeffekte auftreten. Weil ein dynamische Schub- oder Scherversuch aufwendig ist, favorisiert die Forschungsstelle des IP den dynamischen Zugschwellversuch [92]. Alternativ kommt auch die Torsionsprüfung in Frage. Der Antragsteller hat sich dazu zu äussern, mit welchen Methoden nach seiner Auffassung diese Problematik angegangen werden soll. Er hat eine Begründung für seinen Vorschlag zu liefern. Er hat zu belegen, wie genau er die Prüfbedingungen reproduzieren kann.

Die Aufbauten sind als Platten herzustellen. Zum Prüfen kann bis in den Beton gebohrt werden, auf die Schutzschicht kann dann das Verbindungsstück geklebt werden, mit dem Zugschwellversuche durchgeführt werden können. Die Versuche werden bis zum Abreissen durchgeführt, gemessen wird die Anzahl Lastzyklen bis zum Abreissen. Entsprechende Versuchsaufbauten können, vertretbarer Aufwand vorausgesetzt, auch In Situ eingebaut werden.

Ziel

Ziel des EP 3 ist es, ein Laborverfahren zu entwickeln, mit dem die Eignung eines Aufbaus in Bezug auf das Langzeitverhalten des Verbundes bewertet werden kann. Das EP 3 hat zu folgenden Fragen Stellung zu nehmen:

- Wie wirkt sich die Konditionierung der Abdichtung auf das Langzeitverhalten des Verbunds zu bitumenhaltigen Schichten aus?
- Wie bewertet die Forschungsstelle die angewandten Prüfmethode in Hinblick auf ihre Eignung, die Systemtauglichkeit zu überprüfen?
- Wie bewertet die Forschungsstelle den Einsatz in Situ?
- Was für Anforderungen schlägt die Forschungsstelle aufgrund der ermittelten Kennwerte vor?

- Kann aufgrund der Variation der Versuchsparameter ein Hinweis auf die Wirkung der Schichtdicken des Gesamtaufbaus auf das Risiko von Blasenbildung gegeben werden?

Erwartete Resultate, Erkenntnisse, Folgerungen

- Vorschlag eines geeigneten Prüfverfahrens zur Erstprüfung von Aufbauten bezüglich des Langzeitverhaltens des Verbundes
- Prüfen von mindestens 6 Aufbauten oder Teilaufbauten
- Vorschlag für Anforderungen aufgrund von Kennwerten typischer Aufbauten gemäss Norm SN 640450
- Diskussion der Ergebnisse und Darlegung ihrer Bedeutung für die Normierung

Kostenrahmen

Projektstart: 2008

Projektdauer: 3 Jahre

Geschätzte Projektkosten: CHF 220'000.-.

6.5 EP 4: Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen

Ausgangslage

Zerstörungsfreie Prüfungen wie Georadar und Thermographie liefern erwiesenermassen wertvolle Informationen für die Beurteilung des Systems Abdichtung und bitumenhaltige Decke auf einer Fahrbahnplatte aus Beton. Dies ist auch flächendeckend möglich, während Probenahmen von Bohrkernen nur punktuelle Informationen liefern. Die Probenahme von Bohrkernen auf Betonbrücken führt zudem immer zu einer lokalen Schadensstelle.

Mit zerstörungsfreien Prüfungen wie Laserprofilometrie kann die Oberflächenrauigkeit ermittelt werden. Ebenso kann zerstörungsfrei die Porosität des Betonuntergrundes oder die ausreichende Überdeckung der Armierung ermittelt werden. Diese Methoden sind den normierten Verfahren wie Sandfleckmethode vor allem deshalb überlegen, weil sie entlang einer Linie ein Profil liefern oder flächendeckend messen können und damit weit umfassendere Daten über den Zustand des Betonuntergrundes liefern. Für die Normierung stehen aber noch keine verlässlichen Grundlagen zur Bewertung dieser Informationen vor. So findet eine flächendeckende Messmethode naturgemäss viel mehr Schadstellen als eine punktuelle. Sie können damit, unbesehen angewendet, eine erhebliche Verschärfung der Anforderungen bringen. Das kann dazu führen, dass ein unbedeutendes Restrisiko zu einem volkswirtschaftlich viel zu hohen Preis weiter reduziert wird.

Aus diesem Grunde ist jede vermiedene Entnahme eines Bohrkerns auf einer Brücke eine gute Entnahme. Zerstörungsfreie Prüfungen haben das Potenzial, solche Entnahme zu vermeiden oder doch zumindest zahlenmässig zu reduzieren. Es bestehen durchaus erste Erfahrungen in diesem Einsatzbereich. Allerdings fehlen systematisch auf die normierten Systeme in der Schweiz abgestimmte Untersuchungen, die Richtlinien für eine Normierung solcher Kontrollverfahren liefern können.

Ziel

Ziel des EP ist den Einsatz der zerstörungsfreie Prüfung zu fördern, da so die Anzahl Probenahmen verringert und den dadurch verursachten Schäden entgegengewirkt werden kann. Vom EP 4 werden Antworten zu folgenden Fragen erwartet:

- Was ist die Nachweisgrenze (Ausmass, Schwere) von Schäden (Baufehler in Beton, Schäden in bitumenhaltigen Schicht, Verbund)?
- Was ist die Nachweisgrenze von Feuchtigkeit (Beton, Haftvermittler)?
- Was ist die Nachweisgrenze von Verbundmängeln (fehlender Verbund versus mangelhafter Verbund, Grösse der Schadstelle)?
- Was sind die möglichen Aussagen zur Oberflächenstruktur?
- Inwieweit sind die nachweisbaren Schäden für das Funktionieren des Abdichtungssystems nach Meinung der Forschungsstelle relevant?
- Welche Prüfverfahren sind aufgrund der vorhandenen Literatur und den während der Forschung gemachten Erfahrungen als besonders geeignet zu bezeichnen?
- Was für Empfehlungen für Einsatzbereich der verschiedenen Methoden der ZFP lassen sich geben?
- Was für Vorschläge für Anforderungswerte kann die Forschungsstelle aufgrund der Prüfergebnisse der Objekte und unter Analysieren der vorhandenen Daten (Einbauprotokolle, Mischgutanalysen) machen?

Erwartete Resultate, Erkenntnisse und Folgerungen

Von der Forschungsarbeit werden folgende Resultate erwartet:

- Prüfen von Referenzobjekten und Analysieren der Daten in Hinblick auf das Vorgehen beim Festlegen von Anforderungswerten
- Messtechnische Unterstützung anderer Einzelprojekte
- Formulieren von Regeln zum Einsatz zerstörungsfreier Prüfungen auf Strassen und damit Schaffen der Grundlage für eine Prüfnorm „Zerstörungsfreies Prüfen von Betonuntergrund und Abdichtungssystemen auf Betonbrücken“

Kostenrahmen

Projektstart: 2008

Projektdauer: 2,5 Jahre

Geschätzte Projektkosten: CHF 200'000.-.

Der Anbieter hat eine objektbezogene Forschung anzustreben.

6.6 EP 5: Mechanismen der Blasenbildung

Ausgangslage

Das Vorhandensein von Verbundmängeln, Hohlstellen oder Blasenkeimen zwischen dem Betonuntergrund und der Polymerbitumen-Dichtungsbahn auf einer Brücke kann beim Aufbringen des heissen Gussasphalts zur Entstehung von Blasen (heisse Blasen) unterhalb der Dichtungsbahn führen. Ebenso können Lösungsmiteleinschlüsse schlagartig Blasen einer beachtlichen Grösse erzeugen. Auch wenn die Blasen sich beim Abkühlen wieder zurückbilden, bleiben doch oft Schwachstellen zurück, die die Gebrauchsdauer des Systems verkürzen.

Der Mechanismus des Blasenwachstums beim Aufbringen von Gussasphalt ist nur unzureichend erforscht. Dementsprechend sind die Vorkehrungen gegen diese Art von Blasenbildung teilweise aus der Luft gegriffen. So gibt es bezüglich der minimalen Schichtdicke, die dem Druck in der Blase entgegenwirkt, im internationalen Bereich Unterschiede in den Normen, ja selbst in der Schweiz herrschen divergierende Auffassungen.

Ziel

Es ist ein Simulationstest zu entwickeln, mit dem der Widerstand gegen die Bildung von Blasen, wie sie zwischen Betonuntergrund und Dichtungsbahn beim Aufbringen des heissen Gussasphalts auftreten können, beurteilt werden kann. Untersucht werden soll der Einfluss des Blasendrucks, der Temperatur, der Betonfeuchte, der Belagsdicke sowie der Art der Blasenkeime (Einzelblase, Blasenkolonie). Die Ergebnisse sind mit einem numerischen Modell zu rationalisieren.

Das Forschungsprogramm bezweckt die Entwicklung eines Simulationsversuches zur Beurteilung des Risikos von Blasenbildung zwischen Betonuntergrund und Abdichtung. Es liefert ein numerisches Modell, mit dem grob abgeschätzt werden kann, inwieweit ein Risiko der Blasenbildung für einen gegebenen Aufbau vorliegt.

Fragenkatalog

Vom Einzelprojekt werden Antworten zu folgenden Fragen erwartet:

- Wie bewertet die Forschungsstelle die Anwendbarkeit des entwickelten numerischen Verfahrens zur Beurteilung konkreter Aufbauten?
- Konnte das Verfahren so formuliert werden, dass auch andere (Forschungsinstitutionen, Ingenieurbüros) es anwenden können und was sind allenfalls die Anforderungen an solche Stellen?
- Wie bewertet die Forschungsstelle die angewandten Prüfmethode in Hinblick auf ihre Eignung, die Systemtauglichkeit zu überprüfen?
- Welche Schichtdicken des Gesamtaufbaus können das Risiko von Blasenbildung wesentlich reduzieren (Schätzung aufgrund der Variation der Grundzuglast)?

Erwartete Resultate, Erkenntnisse und Folgerungen

Das EP 5 hat eine experimentelle und numerische Modellierung des Mechanismus der Blasenbildung als Basis für die Beurteilung verschiedener Systemaufbauten zu liefern. Die Untersuchung soll praktische Hinweise betreffend Belagsstärke, kritische Temperaturen, erforderliche Blaseninnendrucke sowie die Art der Blasenkeime bei „heissen“ Blasen liefern. Das Projekt kann als Ausgangspunkt für spätere Untersuchungen unter Praxisbedingungen dienen. Es soll gezeigt werden, wie und in welchem Umfange das numerische Modell zur Risikoabschätzung verwendet werden kann.

Kostenrahmen

Projektstart: 2008

Projektdauer: 2 Jahre ?

Geschätzte Projektkosten: CHF 130'000.-.

6.7 EP 6: Randanschlüsse und Randabschlüsse sowie Anschlüsse an Einbauten

Ausgangslage

Es ist unbestritten, dass funktionstüchtige Abdichtungen die Nutzungsdauer von Brückentragwerken nachhaltig verlängern. Dabei muss unterschieden werden zwischen Abdichtungen in der Fläche und Randanschlüssen.

Der Untersuchungsbericht Anschlüsse von Brückenabdichtungen aus Polymerbitumen-Dichtungsbahnen einer Arbeitsgruppe des ASTRA vom März 1993 und die Dokumentation Brückenabdichtungssysteme mit Polymerbitumen-Dichtungsbahnen einer SIA-Tagung vom April 1998 zeigen eindeutig, dass das Thema der Abdichtungsanschlüsse als Übergang von der Abdichtung zum Brückenrand beziehungsweise zu Einbauten sehr komplex ist. Die Problematik der Abdichtungsanschlüsse ist immer noch aktuell. Es besteht seit Jahren ein hoher Bedarf an Erfahrungsaustausch und an Forschung. Aus diesem Grund wurden die Abdichtungsanschlüsse in der Norm SN 640 450 bewusst ausgeklammert: Die Grundlagen für eine seriöse Normierung stehen schlichtweg nicht zur Verfügung.

Die einzige Richtlinie zum Thema Abdichtungsanschlüsse liegt beim Bundesamt für Strassen vor. In den Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken sind Vorschläge enthalten, welche allerdings nur für die Brücken im Nationalstrassennetz gelten. Diese werden zwar sinngemäss auch für andere Brücken angewendet, eine Verpflichtung besteht jedoch nicht. Das Normenwerk weist eine empfindliche Lücke auf.

Ziel

Das EP 6 hat im Rahmen des Sachstandberichtes zu folgenden Fragen zu beantworten:

- Welche Systeme eignen sich grundsätzlich für Randanschlüsse and Abdichtungen zu Einbauten?
- Mit welchen Systemen von Randanschlüssen kann eine funktionstüchtige, dichte und dauerhafte Verbindung zu Einbauten erreicht werden?
- Wie können die Systeme hinsichtlich Baustellentauglichkeit (Temperatur und Feuchtigkeit) beurteilt werden können?
- Wie können die Anschlüsse in Situ überprüft bzw. kontrolliert werden können?
- Welches ist die Langzeiterfahrung mit verschiedenen Systemen (Umfrage)?

Erwartete Resultate, Erkenntnisse und Folgerungen

Von der Forschungsarbeit werden aufgrund der recherchierten Literatur und Unterlagen folgende Resultate erwartet:

- Grundlagen für die erweiterte Normierung
- Vorschläge für baustellentaugliche Lösungen und deren Kontrollmöglichkeiten
- Vorschläge für ein allenfalls notwendiges Folgeprojekt

Kostenrahmen

Projektstart: 2008

Projektdauer: 2 Jahre

Geschätzte Projektkosten: CHF 90'000.-.

6.8 Begleitkommission

Die Begleitkommission unter Präsident Hans Hürzeler ist in *Tab. 13* aufgeführt. Sie hat primär die administrative Führung, ist aber auch inhaltlich auf dem Laufenden zu halten. Die fachliche Führung obliegt den EK gemäss *Tab. 1*.

Tab. 13 *Begleitkommission des Forschungspaketes (Stand bei Ausschreibung)*

Name, Vorname Amt, Firma, Institut Adresse:	Email:	Telefon:	Fax:
Präsident: H. Hürzeler, Dept. Bau, Verkehr, Umwelt Entfelderstrasse 22, 5001 Aarau	hans.huerzeler@ag.ch	062 835 36 21	062 835 36 29
Philip Stoffel Helbling Beratung+Bauplanung AG Hohlstrasse 614 CH-8048 Zürich	philip.stoffel@helbling.ch	044 438 18 20	044 438 18 10
H. Aeschlimann, Aeschlimann AG Untere Brühlstrasse 38, 4800 Zofingen	info@aeschlimann.ch	062 745 07 06	062 745 07 50
J. Dobler, Bundesamt für Strassen, Worblenstrasse 68, 3003 Bern	jacques.dobler@astra.admin.ch	031 322 94 32	031 323 23 02
P. Lehmann, CES Bauingenieur AG, Güterstrasse 3, 6060 Sarnen	pierre.lehmann@cesag.ch	041 666 70 30	041 666 70 31
C. Waeber, Service des autoroutes FR, 1706 Fribourg	christian.waeber@bar-fr.ch	026 305 38 18	026 305 38 38

Anhänge

Das Dokument enthält keine Anhänge.

Glossar

Begriff	Bedeutung
AC	Asphaltbeton
AC #2	Die Mischgutsorte Asphaltbeton Nummer 2 dieses Forschungspaketes
BKG	Begleitkommission Gesamtprojekt
BKE	Begleitkommission eines Einzelprojektes
EK	Expertenkommission
EP	Einzelprojekt
FLK	Flüssigkunststoff-Abdichtung
FP	Forschungspaket
GL	Gesamtprojektleiter
GP	Gesamtprojekt
GPR	Ground Penetrating Radar, Georadar
IP	Initialprojekt
MA	Gussasphalt
MR	Asphaltbeton AC MR, „Macro rugeux“
PBD	Polymerbitumendichtungsbahn
PL	Projektleitung (Gesamtprojekt)
PU	Flüssigkunststoff auf Polyurethan-Basis
SMA	Splittmastixasphalt
SU	Startup-Phase
VSS	Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)
X	steht für durch die Forschungsstelle eines EP vorzuschlagendes Material
ZFP	Zerstörungsfreie Prüfungen

Literaturverzeichnis

Weisungen und Richtlinien des ASTRA

- [1] Bundesamt für Strassen ASTRA (1999), „**Richtlinie Projektierung und Ausführung von Kunstbauten der Nationalstrassen**“.
- [2] Bundesamt für Strassen ASTRA (2005), „**Richtlinien für konstruktive Einzelheiten von Brücken Kapitel 5 Abdichtungen und Beläge**“.
- [3] Bundesamt für Strassen ASTRA (1998), „**Richtlinie Überwachung und Unterhalt der Kunstbauten der Nationalstrassen**“.

Normen

- [4] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Prüfplan für Walzasphalt; Festlegung der durchzuführenden Prüfungen**“, *SN 640434*.
- [5] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS (2005), „**Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken**“, *SN 640450*.

In SN 640'450 aufgeführte Normen und Dokumente, Stand 2007

- [6] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Allgemeine Bedingungen für den Strassenoberbau**“, *SN 507708*.
- [7] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Strasse und Gleiskörper; Terminologie**“, *SN 640302*.
- [8] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Asphalt; Grundnorm**“, *SN 640420*.
- [9] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Walzasphalt; Konzeption, Ausführung, Anforderungen an die eingebauten Beläge**“, *SN 640430*.
- [10] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen- Teil 1: Asphaltbeton**“, *SN 640 431-1bNA; EN 13108-1:2006*.
- [11] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen- Teil 5: Splittmastixasphalt**“, *SN 640 431-5NA; EN 13108-5:2006*.
- [12] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Gussasphalt; Konzeption; Ausführung, Anforderungen an die eingebauten Beläge**“, *SN 640440*.
- [13] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Asphaltmischgut – Mischgutanforderungen- Teil 6: Gussasphalt**“, *SN 640441-NA; EN 13108-6:2006*.
- [14] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Gussasphalt und Asphaltmastix für Abdichtungen; Definitionen, Anforderungen und Prüfverfahren**“, *SN 640442 ; EN 12970 : 2000*.
- [15] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Prüfplan für Gussasphalt**“, *SN 640444*.
- [16] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Griffigkeit; Messverfahren**“, *SN 640510*.
- [17] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Griffigkeit; Bewertung**“, *SN 640511b*.
- [18] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Ebenheit; Prüfung der Geometrie**“, *SN 640520*.
- [19] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Bitumen und bitumenhaltiger Bindemittel; Rahmenwerk für die Spezifikation von polymermodifizierten Bindemitteln**“, *SN 670210a-NA; EN 14023:2005*.
- [20] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Asphalt; Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 8: Bestimmung von volumetrischen Charakteristiken von Asphalt-Probekörpern**“, *SN SN 670408; EN 12697-8: 2003*.
- [21] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Asphalt ; Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 20: Eindringversuch an Würfeln oder Marshall-Probekörpern**“, *SN 670 429; EN 12697-20: 2003*.
- [22] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Asphalt ; Prüfverfahren für Heissasphalt - Teil 29: Bestimmung der Masse von Asphalt-Probekörpern t**“, *SN 670 429; EN 12697-29: 2002*.

-
- [23] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Feststellung der äusseren Beschaffenheit**“, SN 670 500-6; EN 01425: 1999/A1: 2006.
-
- [24] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**L Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel; Bestimmung des Erweichungspunktes; Ring und Kugel-Verfahren t**“, SN 670500-8; EN 1427: 1999.
-
- [25] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel; Bestimmung der elastischen Rückstellung von modifiziertem Bitumen**“, SN 670547; EN 13398: 2003.
-
- [26] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel; Bestimmung der Streckeigenschaften von modifizierten Bitumen mit dem Kraftduktilitäts-Verfahren**“, SN 670548; EN13589: 2003.
-
- [27] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel; Bestimmung der Ausflusszeit von Bitumenemulsionen mittels Ausflussviskosimeter**“, SN 670581; EN12846: 2002.
-
- [28] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel; Bestimmung des Ausrührrückstands bis 160 °C**“, SN 670582.
-
- [29] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Fugenmassen; Voranstriche für Fugenmassen; Bestimmung des Aussehens und der Beschaffenheit**“, SN 670671.
-
- [30] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Fugenmassen; Voranstriche für Fugenmassen; Bestimmung der Alkalibeständigkeit**“, SN 670 672.
-
- [31] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Fugenmassen; Voranstriche für Fugenmassen; Bestimmung des Trocknungsverhaltens und des Feststoffanteils**“, SN 670 673.
-
- [32] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Abdichtungsbahnen Bestimmung der Masshaltigkeit Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen**“, EN 01107-1: 1999; SIA 281.302.
-
- [33] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Abdichtungsbahnen Bitumenbahnen für Dachabdichtungen Bestimmung des Kaltbiegeverhaltens**“, SEN 01109-1: 1999; SIA 281.304.
-
- [34] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Abdichtungsbahnen Bitumenbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung der Wärmestandfestigkeit**“, EN 01110: 1999; SIA 281.303.
-
- [35] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Messung der Haftfestigkeit im Abreissversuch**“, EN 1542 SIA 162.42.
-
- [36] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Produkte und Systeme für den Schutz und die Instandsetzung von Betontragwerken – Prüfverfahren – Referenzbetone für Prüfverfahren**“, EN 1766 SIA 162.424.
-
- [37] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Abdichtungsbahnen – Bestimmung der Länge, Breite und Geradheit – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen**“, EN 01848-1: 1999 SIA 281.319.
-
- [38] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Abdichtungsbahnen – Bestimmung sichtbarer Mängel – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen**“, EN 01850-1: 1999 SIA 281.320.
-
- [39] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Dachdichtungsbahnen – Teil 1: Bitumenbahnen für Dachabdichtungen – Bestimmung des Zug-Dehnverhaltens**“, EN 12311-1: 1999; SIA 281.301.
-
- [40] Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS, „**Gussasphalt und Asphaltmastix für Abdichtungen – Definitionen, Anforderungen und Prüfverfahren**“, SN 640 442; EN 12970: 2000.
-
- [41] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen – Bestimmung der Abreissfestigkeit**“, EN 13596: 2004.
-
- [42] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen aus Beton – Bestimmung der Wasserabsorption**“, EN 14223: 20046.
-
- [43] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen aus Beton – Bestimmung der Fähigkeit zur Rissüberbrückung**“, EN 14224: 2004.
-
- [44] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen aus Beton – Bestimmung der Verträglichkeit nach Wärmelagerung**“, EN 14691: 2004.
-
- [45] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen aus Beton – Bestimmung des Widerstandes gegenüber Verdichtung der Schutzschicht**“, EN 14692: 2004.
-

- [46] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen aus Beton – Bestimmung des Verhaltens von Bitumenbahnen bei Anwendung von Gussasphalt**“, prEN 14693: 2004.
- [47] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Abdichtungsbahnen – Bitumen-tungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen aus Beton – Bestimmung des Widerstandes gegenüber dynamischem Wasserdruck nach Schadenvorbeanspruchung**“, EN 14694: 2004.
- [48] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Abdichtungsbahnen – Bitumenbahnen mit Trägereinlage für Abdichtungen von Brücken und andere Verkehrsflächen aus Beton – Definitionen und Eigenschaften**“, 14695: 2004.
- [49] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Mineralölerzeugnisse und Schmierstoffe – Bestimmung des Flammpunktes – Verfahren nach Pensky Martens im geschlossenen Tiegel**“, EN 22719: 1988.
- [50] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Lacke und Anstrichstoffe - Bestimmung der Auslaufzeit mit Auslaufbecher**“, EN ISO 2431: 1993.
- [51] Europäisches Komitee für Normung CEN, „**Abdichtungsbahnen – Abdichtungssysteme auf Beton für Brücken und andere Verkehrsflächen aus Beton – Bestimmung des Verhaltens von Bitumenbahnen bei Anwendung von Gussasphalt**“, prEN 14693: 2004.
- [52] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Erhaltung von Betonwerken**“, SIA 162/5.
- [53] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Betonbau – Ergänzende Festlegungen**“, SIA 262/2.
- [54] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Bitumen- und Polymerbitumendichtungsbahnen – Anforderungswerte und Materialprüfungen**“, SIA 281.
- [55] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Polymerbitumendichtungsbahnen – Schälzugprüfungen**“, SIA 281/2.
- [56] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Bitumenbahnen – Haftzugprüfungen**“, SIA 281/3.
- [57] Deutsches Institut für Normung DIN, „**Prüfverfahren für Beton – Festbeton in Bauwerken und Bauteilen**“, *DIN 01048-2*.
- [58] Deutsches Institut für Normung DIN, „**Prüfung von Kunststoffen – Zugversuch**“, *DIN 53455*.
- [59] Deutsches Institut für Normung DIN, „**Prüfung von Kautschuk und Elastomeren – Härteprüfung nach Shore A und D**“, *DIN 53505*.
- [60] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, „**Teil 3, technische Prüfvorschriften für Baustoffe zur Herstellung von Brückenbelägen auf Beton mit Dichtungsschicht nach**“, *ZTV-Bel-B, Teil 3*.
- [61] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, „**Technische Lieferbedingungen für Reaktionsharze für Grundierungen, Versiegelungen und Kratzspachtelungen unter Asphaltbelägen auf Beton**“, *ZTL-BEL-EP*.
- [62] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, „**Teil 3, zusätzliche technische Vorschriften und Richtlinien für die Herstellung von Brückenbelägen auf Beton, Teil 3: Dichtungsschicht aus Flüssigkunststoff**“, *ZVT-BEL-B*.
- [63] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen FGSV, „**Teil 3, zusätzliche technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Schutz und Instandsetzung von Betonbauteilen**“, *ZVT-ING*.
- [64] Schweizerischer ingenieur- und architektenverein sia, „**Register Bitumendichtungsbahnen**“.

Normen, Fortsetzung

- [65] Europäisches Komitee für Normung CEN (2003), „**Asphalt – Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 20: Eindringversuch an Würfeln oder Marshall-Probekörpern**“, *EN 12697-20*.
- [66] Europäisches Komitee für Normung CEN (2003), „**Asphalt – Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 21: Eindringversuch an Platten**“, *EN 12697-21*.
- [67] Europäisches Komitee für Normung CEN (2003), „**Asphalt – Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 22: Spurbildungstest**“, *EN 12697-22*.
- [68] Europäisches Komitee für Normung CEN (2003), „**Asphalt – Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 23: Bestimmung der indirekten Zugfestigkeit von Asphaltprüfkörpern**“, *EN 12697-23*.
- [69] Europäisches Komitee für Normung CEN (2004), „**Asphalt – Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 24: Beständigkeit gegen Ermüdung**“, *EN 12697-24*.
- [70] Europäisches Komitee für Normung CEN (2005), „**Asphalt – Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 25: Druckschwellversuch**“, *EN 12697-25*.

-
- [71] Europäisches Komitee für Normung CEN (2004), „**Asphalt – Prüfverfahren für Heissasphalt – Teil 26: Steifigkeit**“, EN 12697-26.
-

Laufende Forschungsprojekte, Arbeitsgruppe für Brückenforschung

-
- [72] AGB 2001/083: Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung, Empa
-
- [73] AGB 2002/002: Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen; Eigenschaften nach langzeitiger Verkehrsbelastung, Empa
-
- [74] AGB 2002/009: Feldversuche mit dem akustischen Überwachungssystem Soundprint
-
- [75] AGB 2004/002: Applicabilité de l'enrobé drainant sur ouvrages d'art du réseau des routes nationales
-
- [76] AGB 2005/009: Détermination de chlorure par géoradar, Empa
-

Dokumentation

-
- [77] Bericht 553, AGB 1998/100: Erfassung massgebender Einflussfaktoren bei Brückenabdichtungssystemen mit Polymerbitumen-Dichtungsbahnen (PBD) (FP)
-
- [78] Bericht 577, AGB 2001/477: Schädigungsmechanismen beim Auflämmen von Polymer-Dichtungsbahnen
-
- [79] Bericht 579 AGB1995/001: Fahrbahnübergänge aus Polymerbitumen; Einbau und Langzeiterfassung am Objekt
-
- [80] Bericht 582, AGB2000/533: Zuverlässigkeit und Genauigkeit von Georadar-Ergebnissen auf Betonbrücken (EP4)
-
- [81] Bericht 597, AGB 1998/201, Erfassung massgebender Einflussfaktoren bei Brückenabdichtungssystemen mit Polymerbitumendichtungsbahnen
-
- [82] Bericht 598, AGB 2002/022, Brückenabdichtungen mit Flüssigkunststoff, Sachstandbericht (EP2)
-
- [83] Schäden durch Alkali-Aggregat-Reaktion in der Schweiz
-
- [84] Hean, S., Partl, M. N.: *Erfassung massgebender Einflussfaktoren bei Brückenabdichtungssystemen mit Bitumenbahnen. Laboruntersuchungen.* Forschungsarbeit AGB 1998/201 (2006).
-
- [85] Michalski, C.: Modellvorstellungen zur Deutung des Blasenwachstums im Gussasphalt und anderen thermoviskosen Stoffen für den Strassenbau. Eigenverlag des Fachgebietes Konstruktiver Strassenbau im Institut für Verkehrswirtschaft, Strassenwesen und Städtebau der Universität Hannover (1992).
-
- [86] Michalski, C.: Wachsende Blasen in Schichten aus Asphalt unter besonderer Berücksichtigung von Brückenbelägen, Teil 1: Entstehen wachsender Blasen. Strasse + Autobahn, vol.5 (1997)
-
- [87] Michalski, C.: Wachsende Blasen in Schichten aus Asphalt unter besonderer Berücksichtigung von Brückenbelägen, Teil 2: Wachsende Blasen in der Praxis. Strasse + Autobahn, vol.7 (1997)
-
- [88] Gerlach, A.: Zu den Ursachen von Blasenbildungen in bituminösen Fahrbahnbefestigungen. Die Asphaltstrasse, vol.7 (1985)
-
- [89] Rogosch, N.: Zur Blasenbildung in thermoviskosen Stoffen unter Berücksichtigung rheologischer Materialkennwerte und geometrischer Randbedingungen. Dissertation, Mitteilungen aus dem Fachgebiet Konstruktiver Strassenbau im Institut für Verkehrswirtschaft, Strassenwesen und Städtebau der Universität Hannover (1994)
-
- [90] Hobbs, R.E.: Two-dimensional upheaval buckling of a heavy sheet. Thin Walled Structures, vol. 8 (1994).
-
- [91] Partl, M.N., C. de la Roche (Editors): Performance Testing and Evaluation of Bituminous Materials PTEBM'03, Session Permanent Deformation, p 483-542, Proceedings of the 6th International RILEM Symposium, RILEM Publications s.a.r.l 2003
-
- [92] R. Leutner, H. Lorenzl, K. Mollenhauer: Ermittlung von Materialkennwerten mittels Zugschwellversuch und dynamischem Triaxialversuch für die analytische Bemessung, Strasse und Autobahn, Nr. 11, S. 692 - 698 (2006).
-
- [93] Technische Prüfvorschriften für Asphalt im Strassenbau TP A-StB, Einaxialer Druckschwellversuch – Bestimmung des Verformungsverhaltens von Walzasphalten bei Wärme, Ausgabe 1999
-

Die folgenden Referenznummern entsprechen den Nummern der Literaturlatenbank ITRD (Stand Suche 2007) und können verwendet werden, um die Publikation von dort herunterzuladen. Sie kann als Startpunkt für den Aufbau der Literaturverzeichnisse der einzelnen EP dienen. In Fällen, in denen sich bei der Durchsicht ein Bezug zu einem oder mehreren EPs zeigte, sind diese in Klammern aufgeführt.

Dokumentation

-
- [94] 305206: "KUNSTSTOFFE IM STRASSENBAU - NEUE ENTWICKLUNGEN UND STAND", BIERHALTER, W. STRASSENBAU-TECH (1974), vol. 27, no. 13. p. 15-6,21. 19 refs., ISSN: 0039-2200
-
- [95] 305760 : "BELAEGE AUF ORTHOTROPEN FAHRBAHNPLATTEN", SCZYSLO, S.; KOLDEWITZ, W.; PANKUWEIT, H. STRASSENBAU-TECH (Jul 1973), vol. 26, no. 13&14. p. 35-45&17-20. 4 refs., ISSN: 0039-2200
-
- [96] 305864 : "FUGEN IN BITUMINOESEN BRUECKENBELAEGEN", VON STOSCH, H.J. STRASSENBAU-TECH (1976), vol. 29, no. 11 (EP6)
-
- [97] 305933 : "TRINIDAD-ASPHALT IN JAPAN", KLOSS, H.D. STRASSENBAU-TECH (1976), vol. 29, no. 20. p. 25-7. - refs., ISSN: 0039-2200
-
- [98] 321060 : "REAKTIONSHARZ-SYSTEME IM STRASSEN- UND BRUECKENBAU - BRUECKENABDICHTUNG, SCHUTZBESCHICHTUNGEN, REPROFILIERUNG, RISSINJEKTIONEN", ASENDORF, K.; JACOBI, E. STRASSEN UND VERKEHR 2000 - INTERNATIONALE STRASSEN- UND VERKEHRSKONFERENZ BERLIN, 6.-9. SEPT. 1988, 1988., vol. 2*1 p. 437-42. 19, refs., FORSCHUNGSGESELLSCHAFT FUER STRASSEN- UND VERKEHRSWESEN E.V. (EP2, EP3)
-
- [99] D344290 : "Fahrbahnuebergaenge aus Polymerbitumen. Einbau und Langzeiterfassung am Objekt", HEAN, S. (Eidgenoessische Materialpruefungs- und Forschungsanstalt, (EMPA), Duebendorf (Suisse). Abteilung Strassenbau (FP)
-
- [100] D344363 : "Vertraeglichkeit von reaktionsharzgebundenen Duennbelaeagen mit Abdichtungssystemen nach den ZTV-BEL-ST", EILERS, S. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach (DEU));, STOLL, G. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach (DEU)) BERICHTE DER BUNDESANSTALT FUER STRASSENWESEN. UNTERREIHE BRUECKEN- UND, INGENIEURBAU (2000), no. 31. p. 22. 0 refs., Published by: BUNDESANSTALT, FUER STRASSENWESEN, ISSN: 0943-9293 (EP2, EP3)
-
- [101] D344808 : "Bericht ueber das Expertengespraech "Laermminderung Fahrbahnuebergaenge" in der Bundesanstalt fuer Strassenwesen (BAST) in Bergisch Gladbach", HEMMERT-HALSWICK, A. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach, (DEU)) STRASSE UND AUTOBAHN (2000), vol. 51, no. 4. p. 267-8. 0 refs., ISSN: 0039-2162
-
- [102] D344940 : "Vorschlaege zur Auswahl von Pruefverfahren fuer Korrosionsschutz- Beschichtungsstoffe nach TL 918 300 Teil 2 und ZTV-KOR auf der Grundlage von DIN EN ISO-Normen. Untersuchungen zur Hitzebestaendigkeit von High-Solid-Beschichtungen", EHL, K. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach (DEU));, HIRSCH, V. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach (DEU)) (Jul 2000) p. 46. 5 refs., Published by: BUNDESANSTALT FUER STRASSENWESEN
-
- [103] D345302 : "Abdichtung von Beton-Brueckenbauwerken. Vergleich der ZTV-BEL-B Teil 1, Ausgabe 1999, mit den ZTV-BEL-B 1
-
- [104] D347147 : "Fahrbahnuebergaenge aus Asphalt. Auswertung einer Umfrage", WRUCK, R. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach (DEU)) STRASSE UND AUTOBAHN (2001), vol. 52, no. 4. p. 224-6. 0 refs., ISSN: 0039-2162 BERICHTE DER BUNDESANSTALT FUER STRASSENWESEN. UNTERREIHE BRUECKEN- UND, INGENIEURBAU (2002), no. 36. p. 20. 7 refs., Published by:, WIRTSCHAFTSVERLAG NW, ISSN: 0943-9293
-
- [105] D348588 : "Untersuchung ueber die Auswirkung des Abstreumaterials bei der Grundierung auf die Dauerhaftigkeit der Brueckenabdichtung", RAUPACH, M. (TH Aachen (DEU). Institut fuer Bauforschung); WOLFF, L. (TH, Aachen (DEU). Institut fuer Bauforschung) (Jan 2002) p. 63. 10 refs., Published by: TECHNISCHE HOCHSCHULE AACHEN,, INSTITUT FUER BAUFORSCHUNG
-
- [106] D349323 : "Praktische Aspekte der Systemwirkung von Gussasphalt im Brueckenbau", HEAN, S.; PARTL, M.N. BITUMEN (2000), vol. 62, no. 4. p. 138-41. 13 refs., ISSN: 0006-3916
-
- [107] D349403 : "Asphalt-Kalender 2001: Bitumenwerkstoffe und ihre Anwendungen", 2001. p. XIV+421. + refs., ERNST & SOHN, VERLAG FUER ARCHITEKTUR UND, TECHNISCHE WISSENSCHAFTEN GMBH, ISBN: 3-433-01592-9
-
- [108] D349431 : "Hinweise und Erlaeuterungen zu den Zusaetzlichen Technischen Vertragsbedingungen und Richtlinien fuer die Herstellung von Fahrbahnuebergaengen aus Asphalt in Belaegen auf Bruecken und anderen Ingenieurbauwerken aus Beton - ZTV BEL-FUe (Ausgabe 2001)", 2001., no. 780
-
- [109] D350510 : "Zusaetzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien fuer Ingenieurbauten - ZTV-ING: Teil 8: Bauwerksausstattung, Abschnitt 2: Fahrbahnuebergaenge aus Asphalt (Ausgabe 2003)", 2003., no. 782
-

- [110] D350681 : "Verfuellter offenporiger Asphalt: Zur Instandsetzung von Fahrbahnbelaeagen an Bruecken-, Tunnel- und Trogbauwerken", DUDENHOEFER, B.; SCHUMANN, R. ASPHALT (2003), vol. 38, no. 4. p. 16-24. 12 refs., Published by: UNIVERSITAET MUENCHEN, ISSN: 0945-6228
- [111] D350686 : "Kompletterneuerung einer Brueckenabdichtung an einem Wochenende
- [112] D351390 : "Temperaturen an der Unterseite orthotroper Fahrbahntafeln beim Einbau der Gussasphalt-Schutzschicht", EILERS, M. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach (DEU)); KUECHLER, E. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach (DEU)); QUAAS, B. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach (DEU)) (Jan 2003) p. 41. 12 refs., Published by: BUNDESANSTALT FUER, STRASSENWESEN BER BAST B (2003), no. 41. p. 40. 12 refs., Published by: WIRTSCHAFTSVERLAG NW, ISSN: 0943-9293
- [113] D356174 : "Verhalten von zwei Fahrbahnebergangssystemen aus Asphalt fuer grosse Bewegungen", HEAN, S.; PARTL, M.N. BITUMEN (2004), vol. 66, no. 1. p. 19-24. 4 refs., ISSN: 0006-3916
- [114] D356281 : "Erarbeitung einer Produktspezifikation fuer "niedrigtemperaturhaertende Beschichtungsstoffe" zur Anwendung unter schwierigen Applikationsbedingungen", KRUEGER, J. FORSCHUNG STRASSENBAU UND STRASSENVERKEHRSTECHNIK (2004), no. 888. p. 23., 1 refs., Published by: BUNDESMINISTERIUM FUER VERKEHR, BAU- UND, WOHNUNGSWESEN, ISSN: 0344-0788 ISBN: 3-936892-26-1
- [115] D356517 : "Erweiterte Eignungspruefungen fuer Brueckenbelaeage aus Gussasphalt", EULITZ, H-J; DAMM, K-W; AMMADI, M. BITUMEN (2004), vol. 66, no. 4. p. 150-4. 7 refs., ISSN: 0006-3916 (EP1, FP)
- [116] D356518 : "Stand und Entwicklung von Fahrbahnebergangen aus Asphalt in Deutschland", KOLL, R-J; RECKERMANN, J. BITUMEN (2004), vol. 66, no. 2. p. 63-9. 16 refs., ISSN: 0006-3916
- [117] D357281 : "Untersuchung der Wirkung unterschiedlicher Oberflaechenschutzkonzepte", MEIER, S-D-J (Concretum Construction Science AG, Zuerich (Suisse)); MARTINOLA, G. (Concretum Construction Science AG, Zuerich (Suisse)) (Feb 2006), no. 596. p. 71. 40 refs., Published by: BUNDESAMT FUER, STRASSENBAU (ASTRA)
- [118] D357765 : "Einsatz temperaturabgesenkter Gussasphalte im Strassen- und Brueckenbau", DROEGE, C. (Eurovia Services GmbH, Materialpruefungsanstalt, Bottrop, (DEU)) TIEFBAU TBG (2005), vol. 117, no. 12. p. 713-5. 4 refs., ISSN: 0944-8780
- [119] D358578 : "Ueberpruefung des Georadarverfahrens in Kombination mit magnetischen Verfahren zur Zustandsbewertung von Brueckenfahrbahnplatten aus Beton mit Belagsaufbau (EP4)
- [120] D359046 : "Brueckentragwerke aus Hochleistungsbeton ohne Abdichtung: Teil II - Bestandsaufnahme", MACHT, J.; STEIGENBERGER, J.; HANDLER, H. STRASSENFORSCHUNG (2005), no. 551. p. 59. + refs., Published by: KOMMISSIONSVERLAG OESTERREICHISCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT STRASSE UND, VERKEHR, ISSN: 0379-1491
- [121] D359048 : "Erfahrungssammlung ueber die Bewaehrung von Fahrbahnebergangen aus Asphalt", WRUCK, R. (Bundesanstalt fuer Strassenwesen, Bergisch Gladbach (DEU)) FORSCHUNG STRASSENBAU UND STRASSENVERKEHRSTECHNIK (2005), no. 919. p. 22.. 6 refs., Published by: BUNDESMINISTERIUM FUER VERKEHR, BAU- UND, WOHNUNGSWESEN, ISSN: 0344-0788
- [122] D359049 : "Betondecken auf kurzen Bruecken und in Tunneln", LEYKAUF, G. DEUTSCHER STRASSEN- UND VERKEHRSKONGRESS 2004, 2005., no. 001
- [123] D359402 : "Weniger Strassenverkehrslaerm ist moeglich: das Forschungsprojekt "Leiser Strassenverkehr 2"
- [124] D706981 : "Untersuchung der Verfahren zur Pruefung und zur Bewertung der Haftfestigkeit von Beschichtungen bei der Instandsetzung des Korrosionsschutzes im Zusammenhang mit der europaeischen Normung",
- [125] D706983 : "Untersuchungen ueber die Auswirkung des Abstreumaterials bei der Grundierung auf die Dauerhaftigkeit der Brueckenabdichtung",
- [126] D707487 : "Vergleichende Untersuchungen des Tieftemperaturverhaltens und der Standfestigkeit von Gussasphalten mit verschiedenen Bindemitteln" (EP1)
- [127] D707611 : "Rissueberbrueckung von Korrosionsschutzbeschichtungen auf staehlernen Untergruenden"
- [128] D707637 : "Neue Grundierungen fuer die Abdichtungssysteme nach den ZTV-BEL-B Teile 1-3"
- [129] D707740 : "Einfluss der Betonoberflaechenvorbereitung auf die Haftung von Epoxidharz (EP2, EP3)
- [130] D707773 : "Pruefung der Rissueberbrueckung bei Brueckenbelaeagen auf Beton
- [131] D707779 : "Ueberpruefung des Georadarverfahrens in Kombination mit magnetischen Verfahren zur Zustandsbewertung von Brueckenfahrbahnplatten aus Beton (EP4)
- [132] D707820 : "Beobachtung von Schutz- und Instandsetzungsarbeiten an Betonbruecken im Hinblick auf die Ausfuehrungsqualitaet
- [133] D707852 : "Instandhaltung des Korrosionsschutzes durch Teilerneuerung - Bewaehrung

- [134] D707901 : "Vertraeglichkeit der Abdichtungssysteme nach den ZTV ING Teil 7 Abschnitt 4 (ZTV-BEL-ST) mit temperaturreduzierten Gussasphalten (FP)
- [135] D707928 : "Vergleich der neuen europaeischen Normen fuer Bitumen-Bahnen" (Comparison between the new European standards for bitumen sheeting/Germany) Active; in Bearbeitung STAD 08 Nov 2006
- [136] E104441 : "Supplying the M1-A1 link", SAUL, C. (Cross Green Coated Roadstone) QUARRY MANAGEMENT (Jan 2000) p. 20-4. 5 refs., Published by: QMJ, PUBLISHING LTD, ISSN: 0305-9421
- [137] E106713 : "Waterproofing of bridge decks practice in South Africa", DHIR, R.K. [Editor] (Dundee Univ, UK); NEWLANDS, M.D. [Editor] (Dundee, Univ, UK); HOPPE, G.E. (Hawkins Hawkins & Osborn, South Africa) CONTROLLING CONCRETE DEGRADATION. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL SEMINAR HELD AT THE UNIVERSITY OF DUNDEE, SCOTLAND, UK ON 7 SEPTEMBER, 1999, 2000. p. 123-32. 3 refs., THOMAS TELFORD PUBLISHING, THOMAS TELFORD, LTD, ISBN: 0-7277-2819-9 (FP)
- [138] E107280 : "Performance testing of mastic asphalt for bridge surfacing", ELLIOTT, R.C. (Scott Wilson Pavement Eng, Nottingham, UK); SIDA, M., (Anderson Asphalt, Hong Kong) PROCEEDINGS OF THE PAPERS SUBMITTED FOR REVIEW AT 2ND EURASPHALT AND, EUROBITUME CONGRESS, HELD 20-22 SEPTEMBER 2000, BARCELONA, SPAIN. BOOK 1, - SESSION 4 (2000) p. 1022-8. 6 refs., Published by: FOUNDATION, EURASPHALT, ISBN: 90-802884-3-8 (EP1)
- [139] E107295 : "Bituminous surfacings with polymers modified bitumen to the bridge carriageway. The experience of the bridge over Danube from Giurgeni-Vadu Oii", FLOREA, S. PROCEEDINGS OF THE PAPERS SUBMITTED FOR REVIEW AT 2ND EURASPHALT AND, EUROBITUME CONGRESS, HELD 20-22 SEPTEMBER 2000, BARCELONA, SPAIN. BOOK 2, - SESSION 2 (2000) p. 143-8. 4 refs., Published by: FOUNDATION EURASPHALT, ISBN: 90-802884-3-8 (FP)
- [140] E109307 : "Reflective cracking in bridge deck surfacings of asphalt", ABD EL HALIM, A.O. [Editor]; TAYLOR, D.A. [Editor]; MOHAMED, EHH, [Editor]; VATER, E.J. (Fed Inst Materials Res & Testing (BAM), Berlin., Germany) REFLECTIVE CRACKING IN PAVEMENTS - RESEARCH IN PRACTICE. PROCEEDINGS OF, THE 4TH INTERNATIONAL RILEM CONFERENCE, 26-30 MARCH 2000, OTTAWA, CANADA., 2000. p. 331-41. 6 refs., RILEM PUBLICATIONS, ISBN: 2-912143-14-4
- [141] E109594 : "Asphaltic plug expansion joint: an emerging technology", TYAGI, V.K. (Kolon Intl, Seoul, Korea) INDIAN HIGHWAYS (Dec 2000), vol. 28, no. 12. p. 37-47. 7 refs., Published, by: INDIAN ROADS CONGRESS, ISSN: 0376-7256 (EP6)
- [142] E111253 : "Mastic asphalt treatment for road pavement on PWD roads, Delhi", RAJORIA, K.B. (Government of Delhi, India); SINGH, P. (Government of, Delhi, India); SINGH, N. (Government of Delhi, India) INDIAN HIGHWAYS (Sep 2001), vol. 29, no. 9. p. 5-15. 2 refs., Published, by: INDIAN ROADS CONGRESS, ISSN: 0376-7256
- [143] E113316 : "Numerical study on sound propagation from depressed/semi-underground", roads SAKAMOTO, S. (Tokyo Univ, Japan); TACHIBANA, H. (Tokyo Univ, Japan) INTER-NOISE 2001 - ABSTRACTS FROM INTERNATIONAL CONGRESS AND EXHIBITION, ON NOISE CONTROL ENGINEERING, HELD AUGUST 27-30, 2001, THE HAGUE, THE, NETHERLANDS, 2001. p. -. 2 refs., CONGRESS SECRETARIAT, ISSN: 0105-175X ISBN: 90-806554-1-4/Netherlands/English
- [144] E113637 : "Concrete bridge inspection with a mobile GPR system", HUGENSCHMIDT, J. (Swiss Fed Lab Materials Testing & Res) CONSTRUCTION AND BUILDING MATERIALS (2002), vol. 16, no. 3. p. 147-54. 6, refs., Published by: ELSEVIER SCIENCE LTD, ISSN: 0950-0618 (EP4)
- [145] E113810 : "Going with the flow", PARKER, D. NEW CIVIL ENGINEER (28 Feb 2002), no. 1431. p. 37-8. 0 refs., Published, by: EMAP CONSTRUCT LTD, ISSN: 0307-7683
- [146] E116124 : "Rubberised bitumen for roads", DHARMARAJ, SJP (Highways Research Station, India) INDIAN HIGHWAYS (Oct 2002), vol. 30, no. 10. p. 55-61. 13 refs., Published by: INDIAN ROADS CONGRESS, ISSN: 0376-7256
- [147] E116839 : "Speeding up the survey", BRIGHTWELL, S. BRIDGE DESIGN & ENGINEERING (2002), vol. fourth quarter, no. 29. p. 66-7., 0 refs., Published by: HEMMING INFORMATION SYSTEMS, ISSN: 1359-7493
- [148] E117249 : "Monitoring and response analysis of highway light-weight structures with EPS geofoam", DELMAS, P. [Editor]; GOURC, J.P. [Editor]; DUSKOV, M. (Infra Eng, Delft., The Netherlands); KOEHORST, BAH (Hydraulic Eng Divn, Delft, The, Netherlands) GEOSYNTHETICS: STATE OF THE ART - RECENT DEVELOPMENTS. PROCEEDINGS OF THE, SEVENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GEOSYNTHETICS, 7-ICG, HELD 22-27, SEPTEMBER 2002, NICE, FRANCE. VOLUME 1 (Sep 2002) p. 165-8. 3 refs., Published by: AA BALKEMA (SWETS & ZEITLINGER B.V.), ISBN: 90-5809-523-1
- [149] E117423 : "Performance testing and evaluation of bituminous materials PTEBM'03. Proceedings of the 6th International RILEM Symposium held Zurich, Switzerland, 14-16 April 2003", PARTL, M.N. [Editor] (2003) p. xviii+634. + refs., Published by: RILEM PUBLICATIONS S.A.R.L, ISBN: 2-912143-35-7 (EP1)

-
- [150] E117498 : "Development and use of functional asphalt tender specifications", PARTL, M.N. [Editor]; VAN ROOIJEN, R.C. (Ooms Avenhorn Holding, The, Netherlands); DE BONDT, A.H. (Ooms Avenhorn Holding, The Netherlands) PERFORMANCE TESTING AND EVALUATION OF BITUMINOUS MATERIALS PTEBM'03., PROCEEDINGS OF THE 6TH INTERNATIONAL RILEM SYMPOSIUM HELD ZURICH,, SWITZERLAND, 14-16 APRIL 2003 (2003) p. 596-602. 6 refs., Published by:, RILEM PUBLICATIONS S.A.R.L, ISBN: 2-912143-35-7
-
- [151] E117847 : "Practical aspects of interaction between mastic asphalt and waterproofing components in bridge and tunnel construction", ZOOB, S.E. [Editor] (Nottingham Univ, UK); COLLOP, A.C. [Editor], (Nottingham Univ, UK); BROWN, S.F. [Editor] (Nottingham Univ, UK); PARTL,, M.N. (EMPA, Dubendorf, Switzerland); HEAN, S. (EMPA, Dubendorf,, Switzerland) PROCEEDINGS OF THE 4TH EUROPEAN SYMPOSIUM ON PERFORMANCE OF BITUMINOUS, AND HYDRAULIC MATERIALS IN PAVEMENTS, BITMAT 4, 11-12 APRIL 2002,, NOTTINGHAM, UK, 2002. p. 57-63. 7 refs., AA BALKEMA (SWETS & ZEITLINGER, BV)
-
- [152] E121235 : "Second Nanjing cable-stayed bridge", LIU, L. (HPDI, China); ZENG, X. (HPDI, China) STRUCTURAL ENGINEERING INTERNATIONAL (Jan 2004), vol. 14, no. 1. p. 34-6., 0 refs., Published by: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BRIDGE AND, STRUCTURAL ENGINEERING (IABSE), ISSN: 1016-8664
-
- [153] E121509 : "Rapid rehabilitation of bridge sealings and overlays", SIMMLEIT, N. (TPA Bau- und Umwelttechnik GmbH, Cologne, Germany);, SIKINGER, T. (TPA Bau- und Umwelttechnik GmbH, Cologne, Germany) PROCEEDINGS OF THE 3RD EURASPHALT AND EUROBITUME CONGRESS HELD VIENNA,, MAY 2004 - VOLUME 1, 2004. p. 297-301. 14 refs., FOUNDATION EURASPHALT, ISBN: 90-802884-4-6
-
- [154] E121511 : "Rollpave - prefab road for rapid construction", NAUS, RWM (Dura Vermeer Infrastructuur BV, Hoofddorp, The Netherlands);, BHAIRO, P.D. (Dura Vermeer Infrastructuur BV, Hoofddorp, The, Netherlands); VAN MONTFORT, J. (Intron BV, Sittard, The Netherlands);, GIEZEN, W. (Smid & Hollander BV, Groningen, The Netherlands) PROCEEDINGS OF THE 3RD EURASPHALT AND EUROBITUME CONGRESS HELD VIENNA,, MAY 2004 - VOLUME 1, 2004. p. 310-7. 0 refs., FOUNDATION EURASPHALT, ISBN: 90-802884-4-6
-
- [155] E121515 : "A new type of bridge expansion joint integrated into an asphalt surface layer", VAN BOCHOVE, G.G. (Heijmans Infrastructure, Rosmalen, The Netherlands);, VAN BEERS, PJJM (Heijmans Infrastructure, Rosmalen, The Netherlands) PROCEEDINGS OF THE 3RD EURASPHALT AND EUROBITUME CONGRESS HELD VIENNA,, MAY 2004 - VOLUME 1, 2004. p. 351-9. 0 refs., FOUNDATION EURASPHALT, ISBN: 90-802884-4-6 (EP6)
-
- [156] E123507 : "Surface blessing", DUSSEK, I. BRIDGE DESIGN & ENGINEERING (2004), vol. second quarter, no. 35. p. 46-7., 0 refs., Published by: HEMMING INFORMATION SERVICES, ISSN: 1359-7493
-
- [157] E123862 : "Applications and long-term performances of asphalt underlayment trackbeds at special trackworks", ROSE, J.G. (Kentucky Univ, Lexington, USA); TUCKER, P.M. (CSX, Transportation, Jacksonville, FL, USA) PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL CONFERENCE AND EXHIBITION RAILWAY, ENGINEERING 2003, HELD LONDON, UK, 30 APRIL - 1 MAY 2003 - CDROM (2003), p. 14. 10 refs., Published by: ENGINEERING TECHNICS PRESS, ISBN: 0-947644-51-2
-
- [158] E127918 : "A new category of semi-integral abutment in China", JIN, X. (Hunan Univ, China); SHAO, X. (Hunan Univ, China); PENG, W., (Hunan Univ, China); YAN, B. (Hunan Univ, China) STRUCTURAL ENGINEERING INTERNATIONAL (Aug 2005), vol. 15, no. 3. p., 186-8. 6 refs., Published by: INTERNATIONAL ASSOCIATION FOR BRIDGE AND, STRUCTURAL ENGINEERING (IABSE), ISSN: 1016-8664
-
- [159] E129966 : "High fibre diet", MEIER, H. BRIDGE DESIGN & ENGINEERING (2005), no. 39. p. 46-7. 0 refs., Published, by: HEMMING INFORMATION SERVICES, ISSN: 1359-7493
-
- [160] E130493 : "Asphalt surfacing to bridge decks", NICHOLLS, J.C. (TRL, UK); JORDAN, R.W. (TRL, UK); HASSAN, K.E. (TRL, UK) TRL REPORT TRL655 (Sep 2006) p. 28. 10 refs., Published by: TRL LIMITED, ISSN: 0968-4107
-
- [161] E130746 : "Improving asphalt concrete quality for ramps and approaches", SARSAM, S.I. (Baghdad University,Iraq) INDIAN HIGHWAYS (Mar 2006), vol. 34, no. 3. p. 61-66. 12 refs., Published, by: INDIAN ROADS CONGRESS, ISSN: 0376-7256 (EP1)
-
- [162] E204110 : "Thin pavements with synthetic binder used in Denmark", ROSENBERG, J. (Danish Road Institute) REPORT (2000), no. 105. p. 20. 7 refs., Published by: DANISH ROAD, DIRECTORATE, ISSN: 0909-1386 ISBN: 87-90145-73-9
-
- [163] E204111 : "Surfacing of concrete bridges", WEGAN, V. (Danish Road Institute); NIELSEN, B.C. (Danish Road Institute) REPORT (2000), no. 106. p. 17. 5 refs., Published by: DANISH ROAD, DIRECTORATE, ISSN: 0909-1386 ISBN: 87-90145-71-2 REPORT, Published by: DANISH ROAD DIRECTORATE, ISSN: 0909-1386 ISBN: 87-90145-77-1
-
- [164] E204426 : "Evaluation and repair of pavement on long-span bridges", YAMADA, I. (Honshu-Shikoku Bridge Authority); OHSHIMA, E. (Honshu-Shikoku, Bridge Authority) ROAD ENGINEERING ASSOCIATION OF ASIA AND AUSTRALASIA (REAAA) CONFERENCE,, 10TH, 2000, TOKYO, JAPAN (2000) p. 11. - refs., Published by: ROAD, ENGINEERING ASSOCIATION OF ASIA AND AUSTRALASIA (REAAA)
-

- [165] E204432 : "Installation and follow-up evaluation of draining pavement on highways", KAWAMURA, M. (Hanshin Expressway Public Corporation); SAITA, K. (Hanshin, Expressway Public Corporation); OGIHARA, E. (Naigai Koei Co); TAKIGUCHI, T. (Taisei Rotec Co) ROAD ENGINEERING ASSOCIATION OF ASIA AND AUSTRALASIA (REAAA) CONFERENCE,, 10TH, 2000, TOKYO, JAPAN (2000) p. 11. - refs., Published by: ROAD, ENGINEERING ASSOCIATION OF ASIA AND AUSTRALASIA (REAAA)
- [166] E204555 : "Performance of deck expansion joints in New Zealand road bridges", BRUCE, S.M. (Opus International Consultants, New Zealand); KIRKCALDIE, D.K. (Opus International Consultants, New Zealand) Transfund New Zealand Research Report (2000), no. 186. p. 93. + refs., Published by: TRANSFUND NEW ZEALAND, ISSN: 1174-0574 ISBN: 0-478-11594-6
- [167] E205608 : "Bridge construction and repairing, surveillance report, part 2 Siltojen rakentamisen ja korjaamisen seuranta, seurantaraportti, osa 2.", TIEHALLINNON SELVITYKSIA, FINNRA REPORTS (2003), vol. 3
- [168] E206891 : "Polymer modified waterproofing and pavement system for the High Coast bridge in Sweden: Research, testing and experience", EDWARDS, Y. (VTI, Sweden); WESTERGREN, P. (Vaegverket, Sweden) VTI RAPPORT (2001), no. 430A. p. 86. 9 refs., Published by: STATENS VAEG-, OCH TRANSPORTFORSKNINGSINSTITUT, ISSN: 0347-6030
- [169] E208457 : "New type of joint transition is flexible and stable Nieuw type voegovergang is flexibel n stabiel", WEGEN (2000), vol. 74, no. 9. p. 20-23. 0 refs., Published by: CROW, ISSN: 0043-2067
- [170] E208627 : "Asphaltic plug joints Stenfyldte fuger", WEGAN, V. (Danish Road Institute, Denmark) EXTERNAL NOTE 17 (2003), no. 17. p. 61. 2 refs., Published by: DANISH, ROAD DIRECTORATE, DANISH ROAD INSTITUTE, ISSN: 1395-5530 ISBN: 87-91177-28-6 (EP6)
- [171] E209860 : "Asphaltic plug joint characterisation and performance evaluation", PARTL, M.N. (EMPA, Switzerland); HEAN, L. (EMPA, Switzerland); POULIKAKOS, L. (EMPA, Switzerland) INTERNATIONAL SOCIETY FOR ASPHALT PAVEMENTS, NINTH INTERNATIONAL, CONFERENCE ON ASPHALT PAVEMENTS AUGUST 17 - 22, 2002. PROCEEDINGS, 2003., p. -. 5 refs. Price: 100USD, ISBN: 87-91177-15-4 (EP6)
- [172] E209902 : "Non-destructive IR-thermography for distress detection in asphalt pavements and bridge deck surfacings", OBA, K. (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and Research,, Switzerland); PARTL, M. (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing, and Research, Switzerland) INTERNATIONAL JOURNAL OF ROAD MATERIALS AND PAVEMENT DESIGN (2000), vol., 1(4), no. 4. p. 407-18. 10 refs., Published by: HERMES SCIENCE EUROPE LTD, ISSN: 1468-0629 (EP4)
- [173] E209919 : "Temperature analysis in prediction of the rutting of asphalt concrete bridge pavements", CRISPINO, M. (Politecnico di Milano, Italy); NICOLOSI, V. (University of, Rome, Italy) INTERNATIONAL JOURNAL OF ROAD MATERIALS AND PAVEMENT DESIGN (2001), vol., 2, no. 4. p. 403-19. 18 refs., Published by: HERMES SCIENCE EUROPE LTD, ISSN: 1468-0629 (EP1)
- [174] E210263 : "Mastic asphalt and waterproofing components for bridge and tunnel construction", PARTL, M.N. (Swiss Federal Laboratories for Materials Testing and, Research (EMPA)); HEAN, S. (Swiss Federal Laboratories for Materials, Testing and Research (EMPA)) AAPA INTERNATIONAL FLEXIBLE PAVEMENTS CONFERENCE, 12TH, 2003, MELBOURNE,, VICTORIA, AUSTRALIA (2003) p. 11. 7 refs., Published by: AUSTRALIAN, ASPHALT PAVEMENT ASSOCIATION (AAPA)
- [175] E213190 : "Condition study on bridge deck trial waterproofing systems of polymer-modified bitumen sheet membranes Kermieristyskoerakenteiden kunto 2005 - Sukuran ja Karhunkankaan sillat", LAUKKANEN, K. (VTT) TIEHALLINNON SELVITYKSIA, FINNRA REPORTS (2006), vol. 3200975, no., 1
- [176] E213203 : "Handling waste materials in bridge repairing and road construction Purkumateriaalien kasittely siltojen korjauksessa ja tienrakentamisessa", KORHONEN, M. (Tiehallinto) TIEHALLINNON SELVITYKSIA, FINNRA REPORTS (2005), vol. 3200943, no., 31
- [177] E214400 : "Side effects of calcium chloride Kalsiumkloridin sivuvaikutukset", VESTOLA, E. (VTT Technical Research Centre of Finland); POHJANNE, P. (VTT, Technical Research Centre of Finland); CARPON, L. (VTT Technical Research, Centre of Finland); KAUNISTO, T. (VTT Technical Research Centre of, Finland); AHLROOS, T. (VTT Technical Research Centre of Finland) TIEHALLINNON SELVITYKSIA, FINNRA REPORTS (2006), vol. 3201014, no., 38
- [178] E807262 : "EVALUATION OF GPR BRIDGE DECK SURVEY RESULTS USED FOR DELINEATION OF REMOVAL (EP4)
- [179] E807265 : "EFFECTIVENESS OF GROUND PENETRATING RADAR FOR PREPARING PRE-TENDER DETERIORATION ESTIMATES ON ASPHALT COVERED REINFORCED CONCRETE BRIDGE DECKS", BARNES, C.L.; TROTTIER, J-F STRUCTURAL MATERIALS TECHNOLOGY IV - AN NDT CONFERENCE. LOCATION:, ATLANTIC CITY, NEW JERSEY. HELD 28 FEBRUARY - 3 MARCH 2000 (2000) p., 47-52. - refs., Published by: TECHNOMIC PUBLISHING COMPANY, INCORPORATED, ISBN: 1566769493 (EP4)
- [180] E807624 : "GROUND-PENETRATING RADAR FOR NETWORK-LEVEL CONCRETE DECK REPAIR MANAGEMENT", BARNES, C.L.; TROTTIER, J-F JOURNAL OF TRANSPORTATION ENGINEERING (ASCE) (May 2000), vol. 126, no. 3., p. 257-262. - refs., Published by: AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, ISSN: 0733-947X (EP4)

- [181] E807876 : "BOND CHARACTERISTICS OF OVERLAYS PLACED OVER BRIDGE DECKS SEALED WITH HIGH-MOLECULAR-WEIGHT METHACRYLATE", SHAHROOZ, B.M.; GILLUM, A.J.; COLE, J.; TURER, A. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD (2000), no. 1697. p. 24-30. - refs., Published by: TRANSPORTATION RESEARCH BOARD, ISSN: 0361-1981 ISBN: 030907150X
- [182] E809109 : "PERFORMANCE EVALUATION OF PERCOL ELASTIC CEMENT AC GRADE", KNOLL, D.E.; BUCZESKIE, E.J. (Jan 2000) p. 36. - refs., Published by: PENNSYLVANIA DEPARTMENT OF, TRANSPORTATION
- [183] E810231 : "ASPHALT PLUG JOINTS: REFINED MATERIAL TESTS AND DESIGN GUIDELINES", BRAMEL, B.K.; DOLAN, C.W.; PUCKETT, J.A.; KSAIBATI, K. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD - JOURNAL OF THE TRANSPORTATION RESEARCH, BOARD (2000), no. 1740. p. 126-134. - refs., Published by: TRANSPORTATION, RESEARCH BOARD, ISSN: 0361-1981 ISBN: 0309067448
- [184] E810233 : "OPTIMIZATION OF TACK COAT APPLICATION RATE FOR GEOCOMPOSITE MEMBRANE ON BRIDGE DECKS", DONOVAN, E.P.; AL-QADI, I.L.; LOULIZI, A. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD - JOURNAL OF THE TRANSPORTATION RESEARCH, BOARD (2000), no. 1740. p. 143-150. - refs., Published by: TRANSPORTATION, RESEARCH BOARD, ISSN: 0361-1981 ISBN: 0309067448
- [185] E811116 : "INVESTIGATION INTO IMPROVEMENT OF BRIDGE APPROACHES IN SOUTH CAROLINA", PIERCE, C.E.; BAUS, R.L.; HARRIES, K.A.; YANG, W. (Feb 2001) p. 104. - refs., Published by: UNIVERSITY OF SOUTH CAROLINA,, COLUMBIA Published by: SOUTH CAROLINA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION Published by: FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION
- [186] E814302 : "STONE MASTIC ASPHALT IN COLORADO", HARMELINK, D. (Apr 2001) p. 108. - refs., Published by: UNIVERSITY OF COLORADO, DENVER Published by: COLORADO DEPARTMENT OF TRANSPORTATION Published by: FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION
- [187] E814318 : "MAINTENANCE OF CONCRETE BRIDGES", SPRINKEL, M. TRANSPORTATION RESEARCH RECORD - JOURNAL OF THE TRANSPORTATION RESEARCH, BOARD (2001), no. 1749. p. 60-63. - refs., Published by: TRANSPORTATION, RESEARCH BOARD, ISSN: 0361-1981 ISBN: 0309072093
- [188] E815495 : "COMPARISON OF GROUND PENETRATING RADAR BRIDGE DECK EVALUATION AND REPAIR; POLK-QUINCY VIADUCT I-70, TOPEKA, KANSAS", MEGGERS, D.A.; WORLEY, N.A. (Sep 2000) p. 17. - refs., Published by: KANSAS DEPARTMENT OF, TRANSPORTATION Published by: FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (EP4)
- [189] E816571 : "EVALUATION OF PERFORMANCE OF BRIDGE DECK EXPANSION JOINTS", CHANG, L-M; LEE, Y-J JOURNAL OF PERFORMANCE OF CONSTRUCTED FACILITIES (ASCE) (Feb 2002), vol., 16, no. 1. p. 3-9. - refs., Published by: AMERICAN SOCIETY OF CIVIL, ENGINEERS, ISSN: 0887-3828
- [190] E817044 : "BLACKTOP RESURFACING OF BRIDGE DECKS", MIKULIC, D.; GUCUNSKI, N.; MAHER, A. (Jun 2001) p. 137. - refs., Published by: RUTGERS UNIVERSITY Published by: NEW JERSEY DEPARTMENT OF TRANSPORTATION Published by: FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION
- [191] E819149 : "PERFORMANCE OF OVERLAYS PLACED OVER SEALED DECKS UNDER STATIC AND FATIGUE LOADING", COLE, J.; GILLUM, A.J.; SHAHROOZ, B.M. JOURNAL OF BRIDGE ENGINEERING (ASCE) (Jul 2002), vol. 7, no. 4. p., 206-213. - refs., Published by: AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, ISSN: 1084-0702
- [192] E821301 : "PHENOMENA AND CONDITIONS IN BRIDGE DECKS THAT CONFOUND GROUND-PENETRATING RADAR DATA ANALYSIS", BARNES, C.L.; TROTTIER, J-F TRANSPORTATION RESEARCH RECORD - JOURNAL OF THE TRANSPORTATION RESEARCH, BOARD (2002), no. 1795. p. 57-61. - refs., Published by: TRANSPORTATION, RESEARCH BOARD, ISSN: 0361-1981 ISBN: 0309077222 (EP4)
- [193] E822325 : "INVESTIGATION OF PAVEMENT PERMEABILITY: OLD BRIDGE ROAD", PROWELL, B.D. (Oct 2001) p. 17. - refs., Published by: VIRGINIA TRANSPORTATION RESEARCH, COUNCIL Published by: VIRGINIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
- [194] E823516 : "REHABILITATION OF THE OLD COLORADO RIVER BRIDGE", CANNON, J.A.; MUELLER, P.E.; PATTERSON, R.A.; WOOD, C. CONCRETE INTERNATIONAL (Feb 2003), vol. 25, no. 2. p. 52-55. 0 refs., Published by: AMERICAN CONCRETE INSTITUTE, ISSN: 0162-4075
- [195] E826253 : "AN EVALUATION OF BRIDGE DECK JOINT SEALING SYSTEMS IN VIRGINIA", FRENCH, J.W.; MCKEEL, W.T.,JR (Jun 2003) p. 14. - refs., Published by: VIRGINIA TRANSPORTATION RESEARCH, COUNCIL Published by: VIRGINIA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION Published by: FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION
- [196] E826890 : "CASE STUDIES : THE SECOND ANNUAL ROADS & BRIDGES CASE STUDY SECTION", ROADS & BRIDGES (Jun 2003), vol. 41, no. 6. p. 51-66. 0 refs., Published, by: SCRANTON GILLETTE COMMUNICATIONS, INCORPORATED, ISSN: 8750-9229
- [197] E827222 : "MID-CONTINENT TRANSPORTATION RESEARCH SYMPOSIUM (AMES, IOWA, AUGUST 21-22, 2003). PROCEEDINGS", MID-CONTINENT TRANSPORTATION RESEARCH SYMPOSIUM. LOCATION: AMES, IOWA., HELD: 21-22 AUGUST 2003 (Aug 2003) p. -. - refs., Published by: CENTER, FOR TRANSPORTATION RESEARCH AND EDUCATION, ISBN: 0965231062

-
- [198] E827531 : "APPLICATION OF INFRARED THERMOGRAPHIC IMAGING TO BITUMINOUS CONCRETE PAVEMENTS -- INTERIM REPORT", MYERS, L.A.; MAHONEY, J.; STEPHENS, J.E. (Aug 2001) p. 51. - refs., Published by: UNIVERSITY OF CONNECTICUT,, STORRS Published by: CONNECTICUT DEPARTMENT OF TRANSPORTATION Published by: FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION (EP4)
-
- [199] E827643 : "LONG RANGE PROGRAM COST ESTIMATING METHODOLOGY FOR SCDOT", SKIPPER, C.O.; BELL, L.C. (Jul 2003) p. 150. - refs., Published by: CLEMSON UNIVERSITY Published by: SOUTH CAROLINA DEPARTMENT OF TRANSPORTATION Published by: FEDERAL HIGHWAY ADMINISTRATION
-
- [200] E829051 : "UPGRADING ORTHOTROPIC BRIDGE DECKS WITH FIBER REINFORCED COMPOSITES", SMITH, J.W.; BRIGHT, S. HIGH PERFORMANCE MATERIALS IN BRIDGES. PROCEEDINGS OF THE INTERNATIONAL, CONFERENCE. LOCATION: KONA, HAWAII. HELD: 29 JULY - 3 AUGUST 2001 (2003), p. 463-472. - refs., Published by: AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, ISBN: 078440691X
-
- [201] E829056 : "ADHESION OF SEALERS ON THERMAL SPRAY COATINGS", CROWE, J.J.; MAKOSKY, M.J. JOURNAL OF PROTECTIVE COATINGS & LININGS (JPCL) (Dec 2003), vol. 20, no., 12. p. 35-41. - refs., Published by: TECHNOLOGY PUBLISHING COMPANY, ISSN: 8755-1985
-
- [202] E829628 : "CREATING FRICTION WHERE RUBBER MEETS THE ROAD", KUENNEN, T. BETTER ROADS (Oct 2003), vol. 73, no. 10. p. 30-36. 0 refs., Published, by: JAMES INFORMATIONAL MEDIA, INCORPORATED, ISSN: 0006-0208
-
- [203] E829652 : "ROADS & BRIDGES 2004 BUYER'S AND SPECIFICATIONS GUIDE", ROADS & BRIDGES (Dec 2003), vol. 41, no. 12. p. 36. 0 refs., Published, by: SCRANTON GILLETTE COMMUNICATIONS, INCORPORATED, ISSN: 8750-9229
-
- [204] E830414 : "FLEXURAL PERFORMANCE OF RETROFITTED REINFORCED CONCRETE CANTILEVERED BENT CAPS - PART 2", FONSECA, F.; GLENN, B.W. (Dec 2003) p. 214. - refs., Published by: BRIGHAM YOUNG UNIVERSITY Published by: UTAH DEPARTMENT OF TRANSPORTATION
-
- [205] E830883 : "NEW YORK STRETCHES BRIDGE DECK LIFE", CONSTANTINO, F. BETTER ROADS (Feb 2004), vol. 74, no. 2. p. 98-99. 0 refs., Published by:, JAMES INFORMATIONAL MEDIA, INCORPORATED, ISSN: 0006-0208
-
- [206] E831974 : "EFFECTIVENESS OF GROUND PENETRATING RADAR IN PREDICTING DECK REPAIR QUANTITIES", BARNES, C.L.; TROTTIER, J-F JOURNAL OF INFRASTRUCTURE SYSTEMS (ASCE) (Jun 2004), vol. 10, no. 2. p., 69-76. - refs., Published by: AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS, ISSN: 1076-0342 (EP4)
-

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 9.11.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2006/509

Projekttitel: Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken - Initialprojekt

Enddatum: 9.11.2014

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Das Initialprojekt zum Forschungspaket „Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken“ hat zum Ziel, die Grundlagen für das Starten des gleichnamigen Forschungspaketes zu schaffen. Zu diesem Zweck beschreibt es Zielsetzung und Zweck des Forschungspaketes, die Zusammenhänge und die Gliederung des Forschungspaketes sowie die erwarteten Resultate und den zu erwartenden Nutzen.

Das Forschungspaket steht in direktem Zusammenhang mit der Normierung, insbesondere mit der Norm SN 640 450 „Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken“. Bereits beim Verfassen der Norm hat es sich gezeigt, dass wohl breites Wissen vorhanden ist, das viele Aspekte dieser Norm über ein hoch komplexes System abdeckt. Doch zeigten sich auch substanzielle Lücken. Um die wesentlichen dieser Lücken abdecken zu können, umfasst das Forschungspaket die Elemente:

- Standfester Gesamtaufbau, Prüfung und Bewertung
- Flüssigkunststoffabdichtung, Erfassen der Verbundproblematik
- Langzeitverhalten des Verbundes
- Zerstörungsfreie Prüfungen, Beurteilung von Verbund und Oberflächen
- Mechanismen der Blasenbildung
- Randanschlüsse und Randabschlüsse, Anschlüsse an Einbauten

Für jedes dieser Elemente enthält der Bericht des Initialprojektes eine Projektbeschreibung, Angaben zur zeitlichen und materiellen Verknüpfung der Einzelprojekte und den Ausschreibungstext.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Das Ziel, die Grundlagen für eine Ausschreibung des Forschungspaketes "Abdichtungssysteme und bitumenhaltige Schichten auf Betonbrücken" und die nachfolgende Durchführung zu schaffen, wurde vollumfänglich erreicht.

Folgerungen und Empfehlungen:

Das Initialprojekt zeigt Wert und Machbarkeit des geplanten Forschungsprojektes auf. Es empfiehlt dessen Durchführung.

Publikationen:

Keine

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Gubler

Vorname: Remy

Amt, Firma, Institut: Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt, Dübendorf

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Das Ziel des Initialprojektes wurde erreicht, die angestrebten Ausschreibungen fanden 2007 statt.

Umsetzung:

Das Initialprojekt lieferte die Ausschreibungstexte und die Grundlagen für das Forschungspaket. Es wurde somit durch dessen Ausschreibung und dessen Start umgesetzt.

weitergehender Forschungsbedarf:

Stand 2007: Ausformuliert als Forschungspaket

Einfluss auf Normenwerk:

Keinen.

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: *Thorsten Rucktäschel* Vorname:

Amt, Firma, Institut: *BTS Bavexpert AG / UVEK 3.10*

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Stand: 15.06.2014

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobiles Grossversuchsanlage MLS10	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgesetz für die Verdichtungskontrolle von Fundationsschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbauphosphalt mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbaupasphalt in Heissmischgut: EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	2013
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bituminous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchsanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013
1431	ASTRA 2011/015	TeVeNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	2013
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarrer Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1408	VSS 2000/434	Vieillissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologietransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkieranlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labormassstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'oedomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitquellversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		roues légers	
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmaßnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffbarkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDA in SVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbaupasphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
656	AGB 2009/015	Experimental verification of integral bridge abutments	2013
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des ponts dalles précontraints	2013
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoermittlung bei Steinschlagschutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009