



Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonober- flächen

**Expériences sur l'assainissement et l'entretien des
surfaces en béton**

**Experience with the renewal and maintenance of concrete
surfaces**

BEVBE Bonstetten

Rolf Werner

TSR Engineering GmbH

Mazyar Shojaati

Institut für Geotechnik, ETH Zürich

Markus Caprez

**Forschungsprojekt ASTRA 2000/417 auf Antrag des
Bundesamtes für Strassen (ASTRA)**

Mai 2014

1465

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)



Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen

**Expériences sur l'assainissement et l'entretien des
surfaces en béton**

**Experience with the renewal and maintenance of concrete
surfaces**

BEVBE Bonstetten

Rolf Werner

TSR Engineering GmbH

Mazyar Shojaati

Institut für Geotechnik, ETH Zürich

Markus Caprez

**Forschungsprojekt ASTRA 2000/417 auf Antrag des
Bundesamtes für Strassen (ASTRA)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Markus Caprez

Mitglieder

Mazyar Shojaati

Rolf Werner

Federführende Fachkommission

Fachkommission 5: Bau- und Geotechnik

Begleitkommission

Präsident

Ueli Stalder, Walo Bertschinger AG, Zürich

Mitglieder

VSS FNK 5.02

Ueli Stalder

Antragsteller

Bundesamt für Strassen (ASTRA)

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 Thematik.....	13
1.2 Auftrag.....	14
1.3 Analyse des Auftrags	14
1.4 Grundsätzliche Fragen	14
1.5 Zielsetzungen	15
1.6 Vorgehen.....	15
1.7 Abgrenzungen	16
2 Technische Grundlagen	17
2.1 Allgemein.....	17
2.2 Geschichtliche Entwicklung.....	17
2.3 Beanspruchung der Betondecken.....	17
2.4 Fugen	19
3 Schadenbilder von Betonbelägen	20
3.1 Allgemeines	20
3.2 Schäden im Querfugenbereich	22
3.3 Oberflächenschäden	22
3.4 Griffigkeit	22
3.4.1 Natürlicher Abtrag der Oberflächen-Mörtelschicht.....	22
3.4.2 Ungeeignete Gesteinskörnungen in der Betonoberschicht	23
3.4.3 Ablagerungen von Schmutz- und Pneu-Partikeln in Tunnelstrecken	23
3.5 Beispiel Aufzählung & Nummerierung	23
4 Instandsetzung	24
5 Ueberdeckung des Betons, Möglichkeiten, Erfahrungen	25
5.1 Allgemeines	25
5.2 Kunststoffoberflächenbehandlung	25
5.2.1 Anwendung	25
5.2.2 Sanierte Strecken.....	26
5.3 Bitumenhaltige Belagsüberzüge	26
5.3.1 Fugenausbildung ja oder nein?.....	26
5.3.2 SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer)	27
5.3.3 Beispiel A6 Thun-Spiez.....	28
5.3.4 Beispiel A6 Nord, Biel-Studen	28
5.3.5 Belagswahl	28
5.3.6 Beispiel Autobahn A1, St. Gallen Ost – Buriel.....	29
5.3.7 Belagsbewehrung als SAMI	30
5.3.8 Beispiel Hauensteinstrasse, BL	30
6 Schlussfolgerungen	31
6.1 Beantwortung der Fragen aus Abschnitt 1.4.....	31
6.2 Ergebnisse	32

7	Empfehlungen für die Praxis	33
	Literaturverzeichnis.....	34
	Projektabschluss	35
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen.....	38

Zusammenfassung

Betondecken bewähren sich wegen ihrer hohen Tragfähigkeit und ihrer günstigen Lastübertragung, insbesondere bei schlecht tragfähigem Untergrund / Unterbau für Verkehrsflächen mit hohem Schwerverkehrsanteil. Zudem haben sie gegenüber dem Asphaltbetonbelag umweltrelevante Vorteile, da 100% des Granulats abgetragener Betonfahrbahnen wieder für neue Betondecken verwendet werden kann.

In der Schweiz wird der Betondeckentyp „Folge gekoppelter Einzelplatten“, das heisst mit Quer- und Längsfugen angewendet. Die Plattengrösse bewegt sich in einem bestimmten Verhältnis zur Plattendicke.

Im Gegensatz zur hohen Nutzungsdauer der Betondecke muss die Fugendichtungsmasse in einem Intervall von ca. 10-12 Jahren erneuert werden. Wird dies vernachlässigt, werden die Fugen undicht, Oberflächenwasser kann in die Fundationsschicht gelangen und dort durch Erosion (sog. Pumpen) die Feinanteile der Schicht ausschwemmen. Hohlliegende Platten sowie eine Stufenbildung sind die Folgen.

Das Bundesamt für Strassen Astra hat mit dem Schreiben vom 19. April 2000 das IVT-ETH und das TFB Wildegg bzw. per 1. Januar 2002 das BEVBE in Bonstetten beauftragt, die Wirkungen von verschiedenen Erhaltungsmassnahmen auf Betonverkehrsflächen über einen längeren Zeitraum zu beobachten und zu bewerten. Die Ergebnisse sollen als Grundlage einer neuen Norm „Kompositbeläge“ verwendet werden.

Unter Einbezug verschiedener Literaturquellen sowie durch Feldmessungen werden die verschiedenen Problemkreise der Betondecken beurteilt und entsprechende Lösungsansätze vorgeschlagen. Beurteilt wird insbesondere das oben erwähnte Fugenproblem, das periodische Kontrollen der Fugen und deren Erneuerung in Zeitintervallen von 10 bis 15 Jahren notwendig macht.

Diamantschleifen (Grinding) ist eine sinnvolle Methode, um Stufenbildungen zu beheben. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass damit im Fugenbereich die Dicke der Betondecke reduziert wird. Das Grinding erhöht die Griffigkeit der Oberfläche markant.

Es sind Massnahmen zu treffen, welche das Eindringen von Wasser unter die Betondecke verhindern. Platten, die strukturelle Schäden aufweisen, sind teilweise oder komplett zu ersetzen. Ein bitumenhaltiger Überzug ist eine sinnvolle Sanierungsmassnahme, um die Betonoberfläche vor weiterer Schadenentwicklung zu schützen. Der Einbau einer SAMI-Schicht (Stress Absorbing Membrane Interlayer), bestehend aus Bitumen mit erhöhtem Polymergehalt, hilft mit, Reflektionsrisse in der Asphaltbetonschicht zu vermeiden. Allerdings sind dilatierende Querfugen im Asphaltbelag auch bei Belagsübergängen zu übernehmen und auszubilden.

Résumé

Les revêtements en béton font leur preuve grâce à leur haute portance et la transmission favorable des charges en particulier en présence de terrain / infrastructure de mauvaise portance pour des voies roulement avec une présence importante de trafic lourd. De plus, par rapport au revêtements bitumineux ils présentent des avantages environnementaux puisque 100% des granulats de récupération d'anciens revêtements peuvent être réutilisés.

En Suisse, les revêtements en béton ne sont pas construits de façon monolithique mais par des dalles superposées. Les joints qui en résultent sont arrangés de façon que des modifications en longueur dues au retrait et aux variations de température puissent se développer. A travers un joint non étanche l'eau peut s'infiltrer dans la couche de fondation et créer des espaces par l'érosion ou le gel qui vont déstabiliser les dalles. Les conséquences sont des dalles sans appuis ou des marches.

L'Office Fédéral des Routes (OFROU) a donné mandat, le 19 avril 2000, IVT de l'ETHZ et TFB de Wildegg, ainsi que le 1 janvier 2002 BEUBE de Bonstetten, pour observer et évaluer pendant une longue période l'effet de différentes mesures d'entretien des voies de roulement avec revêtement en béton. Les résultats seront utilisés comme base pour l'établissement d'une nouvelle norme sur les «revêtements composés».

L'ensemble des problèmes liés aux revêtements en béton est jugé sur la base de différentes sources bibliographiques et par des mesures in situ afin de proposer les solutions possibles correspondantes. En particulier c'est le problème des joints, cité auparavant, qui rend nécessaire le contrôle périodique des joints et leur renouvellement avec des intervalles de 10 à 15 ans.

Le meulage (Grinding) est une méthode raisonnable pour réparer des marches. Il faut d'ailleurs considérer que dans la zone des joints l'épaisseur des dalles se réduit. Les dalles ainsi rectifiées ont une durée d'utilisation de 10 à 15 ans. En outre le meulage augmente de façon prononcée la qualité antidérapante.

Les dalles qui présentent des défauts structurels sont à remplacer partiellement ou complètement. L'application d'une couche bitumineuse supplémentaire s'avère comme une mesure d'assainissement raisonnable pour protéger la surface du béton contre le développement de dégâts ultérieurs. La pose d'une couche SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer), composée de bitume avec un contenu élevé de polymères aide à éviter des fissures de réflexion dans la couche de béton bitumineux. Toutefois il faut reprendre et créer les joint de dilatation transversaux dans la couche bitumineuse ainsi que dans les transitions de couches.

Summary

Concrete pavement proves its effectiveness through its elevated bearing capacity and high load transfer, particularly on low bearing capacity ground and for infrastructures for the transportation of heavy goods. In addition, it has many environmental advantages over asphalt concrete pavement, as 100% of the granulates in discarded concrete can be reused for new concrete pavement.

In Switzerland, concrete pavement is not built monolithically but as distinct slabs poured one after another. The resulting joints are organized in such a way as to enable changes in length due to shrinkage or temperature variations. Rainwater can therefore penetrate into the sub-base layers through these permeable joints, resulting in the destabilization of the slabs through cavities formed by erosion and frost. Hollow slabs as well as the formation of steps on the joints are the result.

With their letter dated April 19, 2000, the Swiss Federal Highways office mandated the IVT-ETH Zurich and the TFB Wildegg, as well as the BEUBE in Bonstetten on January 1, 2002, to observe and evaluate the effect of different maintenance methods on concrete pavement over long periods of time. The results will then form the basis for a new building standard entitled "composite pavement".

Based on various technical literature sources and field measurements, various problems related to concrete pavement are evaluated and appropriate solutions are recommended. The above-mentioned joint problem is especially evaluated, which requires periodic checking and renewal of the joints every 10 to 15 years.

Diamond grinding is a reasonable method to level the steps on the joints. However, it must be noted that, with this method, the thickness of the slab is reduced in the joint area. Diamond-ground pavements have a service life of about 10 to 15 years. In addition, diamond grinding yields a large increase in skid resistance.

Generally, slabs which show structural damage must be be rehabilitated by means of partial or full replacement. In such cases, asphalt concrete overlay is a reasonable maintenance method to protect the concrete slab from further damage. Construction of a stress absorbent membrane interlayer (SAMI), which is composed of bitumen with a high polymer content, can help prevent the propagation of the reflection cracks into the asphalt concrete layer. However, the transversal dilation joints in the concrete layer should also be repeated and formed in the asphalt layer.

1 Einleitung

1.1 Thematik

Obwohl in der Schweiz in den letzten Jahren weniger Verkehrsflächen in der starren Bauweise (Beton) gebaut wurden, sind Betondecken in verschiedener Hinsicht interessant:

- Sehr lange Nutzungsdauer, normalerweise 40 bis 60 Jahre
- Sehr gute Lastverteilung in Gebieten mit schlechtem Untergrund
- Keine Verformungen wie Spurrinnenbildung
- Erhöhte Verkehrssicherheit dank der hellen Oberfläche
- Gutes Preis-Leistung-Verhältnis
- Sehr umweltfreundlich, da zu 100 % recycelbar
- Geringerer Treibstoffverbrauch, bis zu 6%, dank reduziertem Rollwiderstand

In den Vereinigten Staaten wurden in den letzten 100 Jahren rund eine Million Kilometer Betonstrassen gebaut. In Deutschland sind ca. 30% und Österreich ca. 40% der Autobahnen in starrer Bauweise ausgeführt. Bereits seit mehreren Jahren sind fugenlose, durchlaufend bewehrte Betondecken in verschiedenen europäischen Ländern im Trend (I, UK, F, P, E, NL).

In der Schweiz wurde die erste Betonstrasse 1907 als Versuchsstrecke gebaut (Militärstrasse Zürich). In sämtlichen Kantonen, ausser Appenzell Innerrhoden, wurden Betonstrassen realisiert.



Abb. 1.1 Passstrasse St. Gotthard Südrampe, 1966

1.2 Auftrag

Das Bundesamt für Strassen hat mit dem Schreiben vom 19. April 2000 dem IVT-ETH Zürich und der technischen Forschung und Beratung für Zement und Beton, TFB Wildegg, den folgenden Forschungsauftrag erteilt (FA 54/00):

«Die Forschungsstellen Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau (IVT) an der ETH Zürich und Technische Forschung und Beratung für Zement und Beton, TFB Wildegg, werden beauftragt, die Wirkungen verschiedener Erhaltungsmassnahmen auf Betonoberflächen über einen längeren Zeitraum zu beobachten und zu bewerten. Die Ergebnisse werden Teil der Grundlage einer neu zu schaffenden Norm SN 640 734 «Kompositbeläge» und sollen in die Arbeiten der VSS Expertenkommission 5.02 einfliessen.»

Die wissenschaftlichen Sachbearbeiter dieses Forschungsauftrages an den Institutionen TFB und IVT-ETH, Rolf Werner und Dr. Mazyar Shojaati haben eigene Ingenieurbüros gegründet, daher lauten die Adressen dieser zwei Forscher, BEVBE Beratung und Expertisen für Verkehrsflächen in Beton, 8906 Bonstetten, und TSR Engineering GmbH, 8051 Zürich.

1.3 Analyse des Auftrags

Da Mängel bei Betondecken in der Regel sehr spät, z. B. bei Belägen der 2. Generation nach 18 bis 25 Jahren eintreten, ist eine Langzeitbeobachtung notwendig, um aussagekräftige Bewertungskriterien vorlegen zu können. In dieser Beziehung sollen verschiedene Probleme der Betonstrassen untersucht und Lösungsvorschläge für unterschiedliche Mängel vorgelegt werden.

Folgende Punkte sind dabei zu beachten:

- Bei verschiedenen Problemen kommen unterschiedliche Massnahmen zum Einsatz.
- Die Massnahmen sollen klar definiert sein, damit eine Grundlage für eine neue Norm geschaffen wird.

1.4 Grundsätzliche Fragen

Aus dem Auftrag und der Analyse des Auftrags gehen hervor, dass für die Lösung der gestellten Aufgaben folgende Fragen zu beantworten sind:

- Welches sind die verschiedenen Probleme, die bei Betondecken im Laufe der Zeit vorkommen?

Die Antwort auf diese Frage ist im Hinblick auf die zu erwartende Beeinträchtigung des Verkehrs im Laufe der Zeit wichtig. Ausserdem sollte sie die zu lösenden Probleme besser erörtern.

- In welchem Zeitraum ist mit dem Auftreten der Mängel zu rechnen?

Die Antwort auf diese Frage zeigt, wie wirtschaftlich Betondecken sind und in welchen Zeitabständen mit grossen Sanierungen gerechnet werden muss.

- Welche verlängerte Gebrauchsdauer wird von Betondecken nach einer Sanierung erwartet?

Die Antwort auf diese Frage ist in Bezug auf die Wirtschaftlichkeit der Betondecken und die Zweckmässigkeit der Sanierungen wichtig.

1.5 Zielsetzungen

Aufgrund der Auftragsanalyse und den gestellten Fragen können die Ziele dieser Forschungsarbeit wie folgt formuliert werden:

- Untersuchung der Mängel und der Schadensbilder der Betondecken sowie des Zeitpunktes deren Eintretens
- Sanierungsvorschläge für die Mängel und Schadensbilder
- Beurteilung der Sanierungsvorschläge

Diese Punkte dienen als Grundlage für die Beantwortung der oben genannten Fragen.

1.6 Vorgehen

Zum Erfüllen der Zielsetzungen wurden einerseits mit Hinweisen aus der Literatur die Probleme der Betondecken und die jeweils möglichen Sanierungsmassnahmen erörtert und andererseits Sanierungsmassnahmen im Felde durchgeführt und deren Resultate dokumentiert.

Die Resultate des Literaturstudiums und der Feldbeobachtungen wurden danach zusammengefasst. Daraus wurden die Schlussfolgerungen gezogen und Empfehlungen für die Praxis ausgearbeitet. Abbildung 1.2 zeigt das Vorgehen schematisch.

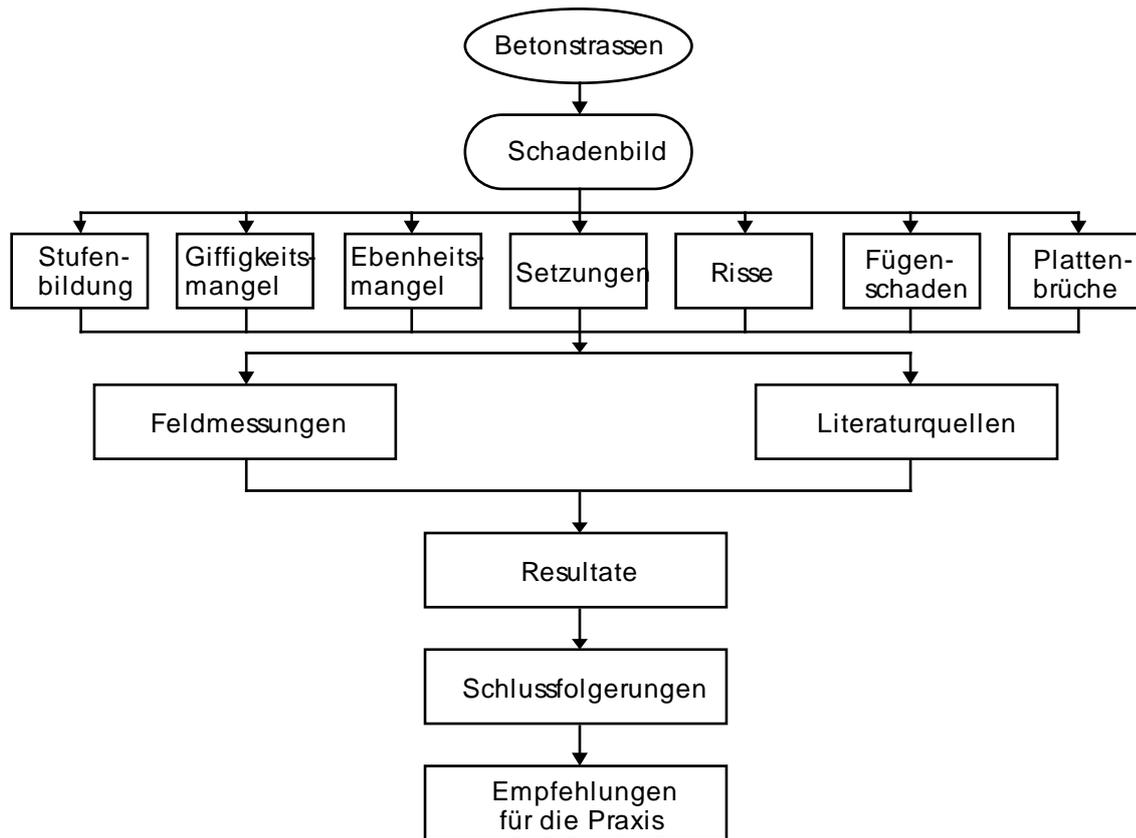


Abb.1.2 Vorgehen (schematisch)

1.7 Abgrenzungen

Dieser Bericht befasst sich nur mit den Betonverkehrsflächen und deren Sanierung. Die Sanierung des Untergrundes, der Fundationsschicht usw. sind nicht Teile dieses Berichtes.

Der Bericht macht nur Aussagen über Betondecken mit Portland Zement als Bindemittel. Spezielle Betonsorten und die damit verbundenen Sanierungsmassnahmen sind nicht Gegenstand dieses Berichtes.

Die vorgeschlagenen Sanierungsmassnahmen basieren auf vorliegenden Erfahrungen. Diese sollen im Laufe der Zeit mit neuen Daten bekräftigt werden.

2 Technische Grundlagen

2.1 Allgemein

Bei den Verkehrsflächen in Beton werden die Trag- und Deckschichten durch eine starre Betonplatte ersetzt. Die Platte muss eine gewisse Festigkeit aufweisen, um in der Lage zu sein, die Lasten aus dem Verkehr in den Untergrund / Unterbau zu leiten.

Nachfolgend werden die Konzeptionen bzw. die drei verschiedenen Generationen der starren Bauweise kurz beschrieben und danach die Beanspruchungen der Betondecken zusammengefasst.

2.2 Geschichtliche Entwicklung

Die Betonbauweise hat sich im Laufe der Jahre stark verändert. Sie kann grob in drei Generationen eingeteilt werden.

Die erste Generation, vor 1960, wurde in Schichtdicken zwischen 110 und 170 mm ein- oder zweischichtig eingebaut und war bewehrt. Die Quertugen wurden vibriert und verdübelt. Die Platten wiesen eine Länge von 10 bis 12 m auf. Der Zementgehalt betrug 400 kg/m³ Beton. Luftporenbildner zur Erzielung eines frosttausalzbeständigen Betons waren noch nicht eingeführt.

Beläge der zweiten Generation, bis ca. 1978, wurden generell zweischichtig, netzbewehrt und mit einer Gesamtdicke von 180 bis 200 mm eingebaut. Die Quertugen wurden vibriert und verdübelt. Die Platten wiesen eine Länge von 8 bis 10 m auf. Der Unterbeton war 130 bis 150 mm dick bei einem Zementgehalt von 250 kg/m³. Der Oberbeton hatte einen Zementgehalt von 350 bis 400 kg/m³ und wies eine Dicke von 50 bis 60 mm auf. Ab ca. 1965 wurde der Oberbeton durch Zugabe eines Luftporenbildners frosttausalzbeständig ausgeführt.

Die Beläge der dritten Generation, ab ca. 1978, weisen grundsätzliche Unterschiede von denjenigen der ersten und der zweiten Generation auf. Bei den Belägen der dritten Generation weisen die Platten eine Länge von maximal 5 m auf und sind nicht mehr bewehrt, die Fugen werden gefräst und nicht mehr vibriert und auch für den Unterbeton wird ein frosttausalzbeständiger Beton verwendet. Im zweischichtigen Einbau werden beide Schichten frisch in frisch eingebaut und wirken monolithisch zusammen. Durch gezielte Wahl der Zuschlagstoffe im Oberbeton und mit der Art der Oberflächenstrukturierung kann der Geräuschpegel, die Griffigkeit, die Abriebfestigkeit und die Wasserabflussfähigkeit positiv beeinflusst werden.

2.3 Beanspruchung der Betondecken

Die Betondecken werden durch folgende Einflüsse beansprucht:

- Verkehrslast
- Schwinden und gleichmässiges Abkühlen
- Ungleichmässiges Erwärmen und Abkühlen
- Einflüsse von Frost und Taumittel

Die Verkehrslast wird vom ausreichend dimensionierten Betonquerschnitt aufgenommen. Die Schwind- und Temperaturbewegungen werden durch Fugen möglichst unbehindert belassen, um keine zu grossen Zwängungen in Querschnitt zu verursachen. Allerdings

sind dabei die Plattenränder einer erhöhten Beanspruchung durch die Verkehrslast ausgesetzt.

- Verkehrslast und Reaktionsmodul

Für die Dimensionierung und Berechnung der Betonplatten wird eine Platte auf elastischer Unterlage als Model angenommen.

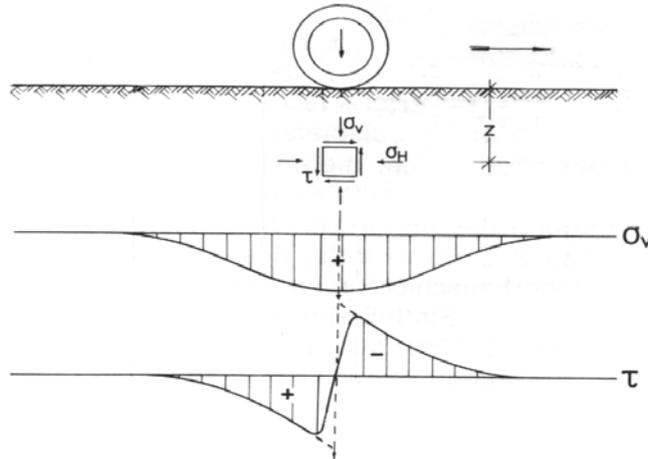


Abb. 2.1 Durch Verkehrslast verursachte Durchbiegung und Moment in der Platte (Weinhold und Gerlach, 1965)

Die Durchbiegung ist nach Westergaard proportional zur Spannung zwischen Platte und Unterlage, d. h. die Platte schwimmt gleichsam auf einer schweren Flüssigkeit. Die reaktive Stützkraft, die Reaktion des Untergrundes auf die Platte, ist damit proportional zur Deflektion, der Einsenkung der Platte.

Unter der Last treten Zugspannungen an der Plattenober- und -unterseite auf (siehe Abbildung 2.1). Mit der Bewegung der Last verschieben sich auch die Zugspannungen über die ganze Platte. Obwohl wegen der vorhandenen Momente die Platte oben und unten bewehrt sein sollte, sind die Betonfahrbahnen aus wirtschaftlichen Gründen in der Regel unbewehrt, deren Beständigkeit einzig von der Betonfestigkeit und -qualität abhängt.

Bei der Beanspruchung der Platte durch den Verkehr sind grundsätzlich drei Lastfälle zu betrachten. Je nach Laststellung werden verschieden grosse Biegemomente erwartet. Am meisten werden die Plattenecken beansprucht. Aus diesem Grund sollen die Fugen verdübelt sein, um die Querkräfte von einer Platte auf die andere zu übertragen und so die Momente zu verringern (Abbildung 2.2).

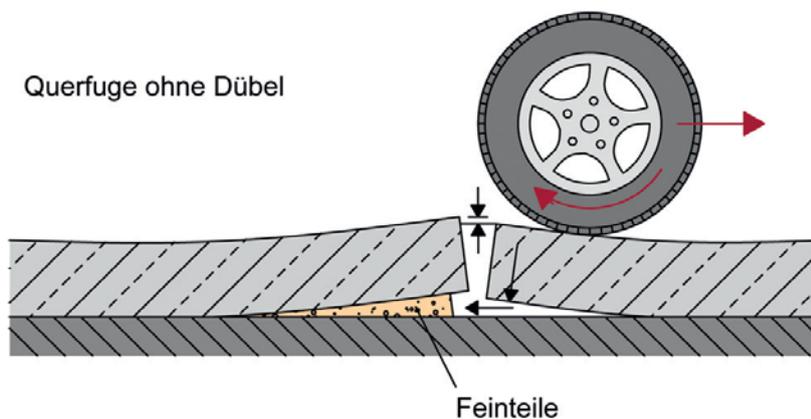


Abb. 2.2 Verformung der Platte bei unvollkommener Querkräfteübertragung (Prof. Dr. Ronald Blab; Betonstrassen Handbuch)

- Schwinden und gleichmässige Abkühlung

Nach dem Betonieren wird die Temperatur der Platte durch die Abbindewärme innert 15 bis 20 Stunden bis zu 20 °C ansteigen. Die Platte sollte in der Lage sein sich wenigstens in Längsrichtung dementsprechend auszudehnen. Es entstehen Druckspannungen (Zwängungen), die aber sofort wieder abklingen, weil der junge Beton stark kriechfähig ist.

Abkühlen und Schwinden verursachen eine Verkürzung der Platte. Da die Zugfestigkeit des jungen Betons noch klein ist, wird sie rasch überwunden; es entsteht ein ungleichmässiges Rissbild. Könnte sich eine Platte zwischen zwei Rissen unbehindert zusammenziehen, so würde keine weitere Beanspruchung entstehen. Da aber die Reibung auf der Unterlage eine freie Bewegung der Platte verhindert, baut sich in der Platte eine Zugkraft auf, welche in der Mitte zwischen zwei Rissen ihr Maximum erreicht und dort zu einem neuen Riss führen kann. Die durch Fugen begrenzte Plattenlänge X lässt sich aufgrund dieser Überlegung abschätzen.

Unter Berücksichtigung der Zugfestigkeit (ohne andere Beanspruchungen) dürfte der Fugenabstand bei 200 mm dicken Platten unabhängig von der Grösse der Temperaturänderung oder des Schwindmasses $2 * X = \text{circa } 10 \text{ m}$ betragen.

- Ungleichmässige Erwärmung und Abkühlung

Starke Sonnenstrahlung oder schnelle Abkühlung während der Nacht führen zu ungleichmässiger Wärmeverteilung im Plattenquerschnitt, das heisst zu Temperaturunterschieden zwischen Ober- und Unterseite der Platte. Dadurch erhalten die Plattenmitte und -ecken die Tendenz, sich von der Unterlage abzuheben. Das Eigengewicht und die Verkehrslast wirken dieser Deformation entgegen und erzeugen erhebliche Biegespannungen.

2.4 Fugen

Fugen sollen Zwängspannungen verhindern, welche in Folge von Temperatur- und Feuchtigkeitsänderungen im Beton entstehen. Es werden folgende Fugenarten unterschieden:

- Kontraktionsfugen (quer und längs), welche die Rissbildung infolge Schwindens und Temperaturschwankungen beschränken.
- Bewegungsfugen, welche die horizontalen Bewegungen infolge Temperaturschwankungen ermöglichen.
- Tagesfugen / Arbeitsfugen entstehen bei Etappierungen und Arbeitsunterbrüchen.
- Anschlussfugen zwischen Betondecke und Asphaltsschicht sowie bei Abschlüssen etc.

Der durch die Fugen bedingte, mögliche Kontinuitätsverlust kann verschiedene Nachteile zur Folge haben, die sich jedoch durch zweckmässige Gegenmassnahmen beheben lassen. Um die Nachteile der Fugen zu umgehen, werden auch fugenlose Betondecken (durchlaufend bewehrte Betondecken) gebaut.

3 Schadenbilder von Betonbelägen

3.1 Allgemeines

In Kapitel 2 wurden Aufbau und Entwicklung der in der Schweiz bis heute eingebauten Betondecken beschrieben sowie die auf einen starren Belag wirkenden Belastungen erläutert.

In diesem Kapitel werden nun die Schadenbilder, die in der Regel für die entsprechenden Konzeptionen und Bauweisen typisch sind, beschrieben. Schwerpunkte bilden dabei die Schadenbilder der bis etwa 1975 eingebauten Betondecken.

Abbildung 3.1 zeigt die häufigsten Schadenbilder in Bezug auf die jeweilige Ausführungsart des Belages.

	<p>A1 SG Buriert</p> <p>Kanten und Oberflächenschäden</p>
	<p>Abplatzungen</p> <p>Ursache ist die zu hoch liegende Bewehrung</p>

	<p>Schaden A13 bei BadRagaz</p>
	<p>Querrisse Ursache sind die zu grossen Plattenlängen</p>
	<p>Risse in der Asphaltüberdeckung bei Elsau-Elgg Ursache ist dass die Fugen nicht geschnitten wurden</p>

Abb. 3.1 Schadenbilder in Abhängigkeit der Ausführungsart

3.2 Schäden im Querfugenbereich

Einige der Schäden im Querfugenbereich sind unmittelbar die Folge eines nicht optimalen oder auch geschwächten Belagsaufbaus.

Einerseits verursacht das über undichte Fugen eindringende Wasser eine Migration des Feinanteils in der Foundationsschicht. Das unter Druck stehende Wasser verfrachtet bei rollendem Schwerverkehr losgelösten Sand und Silt und pumpt ihn in Gegenrichtung des fahrenden Verkehrs. Dadurch entstehen im Querfugenbereich Hohlstellen unter den Betonplatten, wobei beim Versagen der Dübel die typischen Stufen entstehen (faulting). Durch gezielte Massnahmen, welche ein Eindringen von Wasser in die Foundationsschicht verhindern, insbesondere durch periodisches Abdichten der Fugen lassen sich diese – den Fahrkomfort massiv beeinträchtigenden – Folgeschäden verhindern oder mindestens über Jahre verzögern.

Ein anderes Problem bilden die zwischen 1960 und 1975 eingebauten, zweischichtigen Betondecken. Die Verbundmängel zwischen Ober- und Unterbeton und die Erosion des nicht frosttausalzbeständigen Unterbetons sind für die gefährlichen Aufstauhungen (Blow-ups) und Plattenbrüche im Bereich der Querfugen verantwortlich (siehe Kapitel 3.5).

Allgemein treten diese Schäden hauptsächlich in der Schwerverkehrsspur (Normalfahrstreifen) auf, eher selten im Überholfahrstreifen.

3.3 Oberflächenschäden

Oberflächenschäden sind vor allem an den zweischichtigen, bewehrten Betondecken – ebenfalls aus der Einbauperiode 1960 – 1975 – festzustellen. Durch den Einsatz von Schienenfertigern mit Plattenvibratoren wurden während des Vibrierens des Oberbetons die auf der Betonunterschicht (auf -5cm) aufgelegten Bewehrungsnetze „nach oben vibriert“. Die Überdeckung der Bewehrung beträgt daher meistens nur zwischen 1 bis 3 cm. Die geringe Betonüberdeckung begünstigt die Korrosion des Stahls und bewirkt nach 18 – 25 Jahren die bekannten Abplatzungen an der Oberfläche. Durch das schnellere Abtrocknen des Normalfahrstreifens infolge grösserer Verkehrsbelastung ergeben sich bedeutend mehr Trocken-Nass-Phasen als auf dem Überholfahrstreifen, was sich negativ auf das Schadenausmass bei den Betondecken auf Autobahnen auswirkt: Der Normalfahrstreifen weist in der Regel 2- bis 4-mal mehr Abplatzungen auf, als der Überholfahrstreifen.

3.4 Griffigkeit

Unterschiedliche Ursachen können zur Verminderung der Griffigkeit führen:

- Natürlicher Abtrag der Oberflächen-Mörtelschicht
- Ungeeignete Gesteinskörnung in der Betonoberschicht
- Ablagerungen von Schmutz- und Pneubetrieb in Tunnels

3.4.1 Natürlicher Abtrag der Oberflächen-Mörtelschicht

Betondecken, welche mit Schienenfertigern eingebaut wurden – und das ist die grosse Mehrheit –, weisen durch ihre Fertigungsart (Plattenvibratoren) einen grösseren Mörtelanteil auf der Betonoberfläche auf, als die mit Gleitschalungsfertigern (Pervibration) eingebauten Betondecken. Wenn in den zur Strukturierung der Oberfläche (normalerweise ein Besenstrich) notwendigen Mörtel kein Härtezusatz eingearbeitet ist

(z.B. Lonsicar), wird diese Schicht mit den Jahren abgenutzt. Die Erfahrung zeigt, dass die Besen-strichstruktur, bzw. die Mörtelschicht – je nach Verkehrsbelastung – nach 10 – 15 Jahren abgetragen wird. Damit reduziert sich die Griffigkeit. Diese nimmt jedoch wieder zu, wenn die Gesteinskörnung > 4 mm freigelegt wird. Allerdings ist dann auch mit einer etwas grösseren Lärmentwicklung zu rechnen, da die heute über 20-jährigen Betondecken noch ohne Konzept zur Lärminderung erstellt wurden.

3.4.2 Ungeeignete Gesteinskörnungen in der Betonoberschicht

Eine Ursache, welche die Griffigkeit massiv beeinträchtigen kann, ergibt sich, wenn eine Gesteinskörnung für die Betonoberschicht gewählt wird, welche bei nasser Witterung seifig wird. Aus diesem Grund ist eine Gesteinskörnung mit genügender Polierfestigkeit (PSV) zu wählen.

3.4.3 Ablagerungen von Schmutz- und Pneu-Partikeln in Tunnelstrecken

Sowohl Asphalt- wie auch Betondecken verlieren vor allem in längeren Tunnels langfristig ihre Griffigkeit, weil Pneuabrieb und Staub nicht wie auf offener Strecke weg gewirbelt oder bei Regen abgewaschen werden, sondern sich auf den Fahrbahnflächen festsetzen können. Das blosse Abwaschen genügt zur Reinigung nicht. Der feine Schmutz haftet zu fest auf den Belägen und kann in der Regel nur durch Wasserhöchstdruck oder Kugelstrahlen entfernt werden. Werden solche Griffigkeitsverbesserungen durchgeführt, erzielt man mit der Aufhellung der durch die Ablagerungen etwas dunkel gewordenen Betonoberfläche noch einen zusätzlichen positiven Nebeneffekt.

3.5 Beispiel Aufzählung & Nummerierung

Blow-up

Blow-ups werden durch Überbeanspruchung des Betonbandes durch thermische Kräfte (Ausdehnung bei Erwärmung) im Bereich gestörter Querkraftübertragung bei den Querfugen (meist bei Verbundstörung zwischen Unter- und Oberbeton im Zusammenhang mit nicht funktionierenden, mit Schmutz gefüllten Fugen) ausgelöst. Es sind meist nur die sog. Tagesfugen (Etappenfugen) betroffen. Der Zeitpunkt des Auftretens ist oft bei der ersten sehr hohen Tagestemperaturen (Mai-Juni) bei der Temperaturspitze über Mittag zu erwarten.

Gerissene oder gebrochene Platten

Plattenrisse entstehen vor allem durch Sekundärsetzungen im Laufe der Nutzungsdauer. Betonstrassen mit Plattenlängen von 8 – 12 Metern, wie sie bis ca. 1960 eingebaut worden sind, weisen als Hauptschadenbild überwiegend Querrisse auf, einerseits wegen des aus heutiger Sicht unglücklichen Längen-/Breitenverhältnisses von 3 bis 4, und andererseits wegen des nach über 40 Jahren Nutzungsdauer mit Sicherheit unterdimensionierten Belagsaufbaus (Belagsdicke).

Heute werden Betondecken mit einem Längen- / Breitenverhältnis von maximal 1.5 ausgeführt.

4 Instandsetzung

Rein auf Grund der strukturellen Schäden ist eine Gesamterneuerung der Betondecke nicht zwingend, weil die Verkehrsfläche durch die entstandenen Risse entspannt ist und so einen Hocheinbau zulässt. Vielfach bedingt aber eine Anpassung der Geometrie die Wahl der Gesamtersatzlösung. Zudem weisen die bis 1960 eingebauten Betonstrassen nach heutigen Normen eine zu geringe Fundationsdicke von oft nur 20 – 30 cm auf.

Bei der Wahl der Instandsetzungsmassnahmen bei über 40-jährigen Betonstrassen ist daher auch die Erneuerung bzw. Verstärkung der Fundationsschicht in die Kostenberechnung mit einzubeziehen.

Dieser Umstand sowie die bereits in den vergangenen Jahren gemachten guten Erfahrungen rücken die bitumenhaltigen Belagsüberzüge und Verstärkungen (Hocheinbau) als äusserst kostengünstige, aber auch kurzfristig zu realisierende Instandsetzungsmassnahme an vorderste Stelle.

In Zeiten, in denen die Mittel für den Neubau und den Unterhalt des Strassennetzes äusserst knapp sind, bilden die Belagsüberzüge eine echte Alternative zur Gesamterneuerung von Betonfahrbahnen

Mögliche Varianten zur Instandsetzung von Betonfahrbahnen:

- Oberflächenbehandlung (OB)
- Dünnschichtbeläge
- Belagsüberzüge
- Mehrschichtiger Hocheinbau

5 Ueberdeckung des Betons, Möglichkeiten, Erfahrungen

5.1 Allgemeines

Für die Überdeckung einer Betondecke bieten sich je nach Zustand der zu überdeckenden Fahrbahn zahlreiche Möglichkeiten an. Ziel der Massnahme ist es in der Regel, Befahrbarkeit, Griffigkeit und Lärmverhalten nachhaltig zu verbessern und bei Bedarf den Oberbau zu verstärken. Gleichzeitig können auch die durch die Korrosion entstandenen Oberflächenabplatzungen gestoppt werden.

Folgende Varianten sind in der Schweiz bekannt und werden angewendet:

- Kunststoffoberflächenbehandlung
- Bitumenhaltige Belagsüberzüge (PA, AC, SMA, AC MR)
- Bitumenhaltige, mehrschichtige Belagsüberzüge (Verstärkung im Hocheinbau)

5.2 Kunststoffoberflächenbehandlung

5.2.1 Anwendung

- zur Verbesserung der Griffigkeit
- zur Lärminderung bei gezielter Wahl der Splittgrösse (z.B. 4 mm)

Vor dem Aufbringen der OB sind alle Oberflächen- und Kantenschäden in Stand zu setzen und fehlender Fugenverguss ist zu ergänzen.

Unebenheiten, insbesondere aber Stufenbildungen können mit dieser Massnahme nicht korrigiert werden. Stufen sind darum vorgängig abzufräsen, wippende Platten müssen durch unterpressen stabilisiert werden.

Da die Applikation zentimetergenau erfolgen kann, müssen die Randmarkierungen nicht entfernt werden, sondern können den seitlichen Abschluss der Sanierungsmassnahme bilden. Bei der Applikation der OB muss keine Rücksicht auf die Fugen genommen werden. Sie werden einfach überspritzt.

Auch nach dem Aufstreuen des Splitts bleiben die Fugen sichtbar.

Es sind allgemein keine Höhenanpassungen entlang der Fahrbahn vorzunehmen.

5.2.2 Sanierte Strecken

Stelle	Grund für die Wahl der Massnahme	Beurteilung der Massnahme
A8 (BE), Giessbachtunnel; 1989	Ungeeignete Körnung, massive Verschlechterung der Griffigkeit	Hat sich bewährt. Einzig in einem Bereich, in dem vermutlich während der Applikation Hydrauliköl ausfloss, musste die OB nach wenigen Jahren ergänzt werden.
A6 (BE), Allmendtunnel Thun, 1990	Griffigkeitsproblem (im Tunnelbereich)	Hat sich sehr gut bewährt. Mit der gezielten Wahl der Splittgrösse (4 mm) konnte auch der Lärm reduziert werden. Die OB ist auch nach Jahren unter Verkehr nicht beschädigt.

5.3 Bitumenhaltige Belagsüberzüge

Anwendung:

- zur Verbesserung der Befahrbarkeit
- zur Lärminderung
- zum Stoppen der Schadenbildung, insbesondere der Entwicklung der Oberflächenschäden (Abplatzungen infolge Korrosion der Netzbewehrung).

Die Dicke der aufgetragenen Asphaltbelagsschicht beträgt:

- 2 – 2,5 cm bei den Dünnschichtbelägen (AC, PA)
- 4 – 5 cm bei den übrigen als Belagsüberzüge geltenden Belägen (AC, SMA, AC MR, PA)

5.3.1 Fugenausbildung ja oder nein?

Auch nach dem Überdecken der Betonfahrbahn mit einem Asphaltbelag „arbeiten“ die Fugen, insbesondere die Quertfugen, infolge Temperaturschwankungen weiterhin. Wenn also die Quertfugen im Belagsüberzug nicht geschnitten werden, reisst der Asphaltbelag über den Fugen. Je dünner die Asphaltsschicht ist, desto eher reisst sie über den Quertfugen. Bei Dünnschichtbelägen ist es daher sehr empfehlenswert, die Quertfugen – unmittelbar nach Abschluss der Einbauarbeiten – zu schneiden und mit Fugenvergussmasse abzudichten.

Bei den 4 – 5 cm dicken Belagsüberzügen hat sich das Schneiden der Quertfugen ebenfalls bewährt. Bei der Versuchsstrecke mit Belagsüberzügen auf der A6 (Thun-Spiez) hat sich zudem gezeigt, dass die rissüberbrückende Schicht (SAMI) die Rissbildung im Asphalt kaum verhindert. Bewegungsfugen (Dilatationsfugen) und „stark arbeitende“ Fugen sind in jedem Fall zu schneiden. Es stellt sich die Frage, welches „stark arbeitende“ Fugen sind. Die Erfahrung zeigt, dass sie kaum auszumachen sind. Das führte dazu, im Zweifel eher alle Fugen zu schneiden, als Risse in Kauf zu nehmen.

Bei den über 50-jährigen Betondecken stellt sich die Frage des Fugenschneidens nur dann nicht unbedingt, wenn die alte Fahrbahn durch Aufschichten in der Nivellette angepasst und mit ein bis zwei Lagen Asphalt (z.B. ca. 8-15 cm) überdeckt wird. Die hier übli-

chen 10 – 12 m langen Betonplatten sind durch Querrisse zwar bereits entspannt und die eigentlichen Querfugen weisen keine grosse horizontale Bewegungsdynamik mehr auf. Diese beiden Umstände bewirken, dass die noch vorhandenen horizontalen Bewegungen über die Fahrbahnlänge recht gleichmässig verteilt werden. Werden auf solchen Betondecken 4-5 cm dicke Belagsüberzüge eingebaut, so sind mindestens die Querfugen zu schneiden.

Bei den zwischen 1965 und 1975 eingebauten Betondecken mit Plattenlängen von 8 m gibt es zwei Ausführungsarten des Belagssystems:

Bei der einen, älteren Ausführungsart ist jede 3. Querfuge als Bewegungsfuge ausgebildet, die zwei anderen als Kontraktionsfugen, die kaum grosse Bewegungen aufweisen. Hier genügt es, nur die als Bewegungsfugen ausgebildeten Querfugen (d. h. alle 24 m) im bitumenhaltigen Belagsüberzug zu schneiden.

Ein solches Objekt ist der Autobahnabschnitt der A1/A13 im St. Galler Rheintal zwischen den Anschlüssen Thal und St. Margrethen (SG), der zwischen 1987 und 1992 mit einem bitumenhaltigen Belagsüberzug (MR 16, 4 cm) versehen wurde. Hier wurde im Belagsüberzug nur jede 3. Querfuge geschnitten. Als SAMI wurde eine Oberflächenbehandlung mit 2,8 – 3,0 kg/m² Ralasten aufgebracht. Bis heute sind am Deckbelag keine Schäden und über den Querfugen keine Risse aufgetreten.

Bei der zweiten, jüngeren Ausführungsart, sind alle Querfugen als Kontraktionsfugen ausgebildet.

Ein solches Objekt ist der Autobahnabschnitt A1, zwischen den Anschlüssen St. Gallen Ost und Thal, der zwischen 2004 und 2005 mit einem bitumenhaltigen Belagsüberzug versehen wurde. Hier wurde ebenfalls nur jede 3. Querfuge geschnitten. Im Jahre 2010 musste festgestellt werden, dass über den ungeschnittenen Querfugen Risse im Belagsüberzug aufgetreten sind.

Dies führte zur Erkenntnis, dass zukünftig bei dieser Ausführungsart alle Querfugen im Asphalt geschnitten werden sollen.

Alle Strecken, ob Autobahnen oder Kantonsstrassen, bei welchen die Querfugen im Asphaltbelag geschnitten wurden, präsentieren sich auch nach über 10-jährigem Gebrauch in ausgezeichnetem Zustand. Dort, wo auf diese Massnahme verzichtet wurde, traten früher oder später Risse über den Querfugen auf. Die Forschungsarbeit 12/00 [1] gibt darüber detailliertere Auskunft. Die Faustregel bestätigt sich in etwa:

Rissentwicklung \approx 2 cm Tiefe pro Jahr

d.h. bei einem Asphaltbelag von 4 cm Dicke ergeben sich nach 2 Jahren Risse über den Querfugen sofern diese nicht geschnitten wurden.

Diese Risse verlaufen selten gradlinig über der Fuge und treten vielfach auch als Parallelrisse auf. Da die Sanierung solcher Risse einen grösseren Unterhaltsaufwand benötigt [1], sind bitumenhaltige Belagsüberzüge – bis zu einer Dicke von 5 cm – über den Querfugen immer zu schneiden.

5.3.2 SAMI (Stress Absorbing Membrane Interlayer)

Bei den Versuchsstrecken mit Belagsüberzügen auf der A6 (Thun-Spiez) und auf der A6 Nord (Biel-Studen) wurde im Jahr 2000 der Asphaltbelag über den Querfugen bewusst nicht geschnitten, um die Eigenschaften der SAMI zu überprüfen.

5.3.3 Beispiel A6 Thun-Spiez

Für die Versuchsstrecken wurden folgende Aufbauten gewählt:

- A) Belag: AC 11 S, 40 – 45 mm dick auf Betonbelag mit 6 m langen Platten SAMI: OB; 3kg/m² Membromac als Haftvermittler, Absplittung mit 0,3 % Bindemittel vorumhülltem Splitt 8/11 mm, heiss
- B) Belag: SMA 11, 40-45 mm dick auf Betonbelag mit 6 m langen Platten SAMI: Glasphalt Fabrikat S&P auf 1,3 – 1,5 kg/m² kunststoffmodifiziertes PmB als Haftvermittler
- C) Belag: SMA 11 und AC 11 S (je 50 % der Strecke) 40-45 mm dick auf Betonbelag mit 6 m langen Platten SAMI: Belagsbewehrung Stahlgeflecht, eingeschlämmt mit Slurry-Schicht 20 – 24 kg/m²

Rissentwicklung:

Bei beiden Aufbauten entstanden bereits im ersten Winter die ersten Risse. Im zweiten Winter war eine höhere Rissentwicklung festzustellen als im ersten. Während des dritten Winters zeigte sich eine geringere Risszunahme als während des zweiten Winters.

SAMI

Unabhängig von der gewählten SAMI entstanden über den Querfugen Risse im Asphaltbelag. Die Untersuchungen zeigen dass die SAMI die Bewegungen in den Fugenbereichen nicht übernehmen kann.

5.3.4 Beispiel A6 Nord, Biel-Studen

- A) Belag: AC 11 S, 40 – 45 mm dick auf Betonbelag mit 11.8 m langen Platten SAMI: OB; 3kg/m² Membromac als Haftvermittler, Absplittung mit 0,3 % Bindemittel vorumhülltem Splitt 8/11 mm, heiss
- B) Belag: SMA 11, 40-45 mm dick auf Betonbelag mit 11.8 m langen Platten SAMI: Glasphalt Fabrikat S&P auf 1,3 – 1,5 kg/m² kunststoffmodifiziertes PmB als Haftvermittler
- C) Belag: SMA 11 und AC 11 S (je 50 % der Strecke) 40-45 mm dick auf Betonbelag mit 11.8 m langen Platten SAMI: Belagsbewehrung Stahlgeflecht, eingeschlämmt mit Slurry-Schicht 20 – 24 kg/m²

5.3.5 Belagswahl

Für die Belagsüberzüge werden heute hauptsächlich folgende Asphaltarten verwendet:

- AC MR 8, AC MR 11 (sog. Raubelag)
- AC 11 S
- SMA 11

Alle diese Beläge haben sich als Belagsüberzüge auf den alten Betondecken bewährt. Ablösungen, ob mit oder ohne SAMI, wurden nur ganz selten festgestellt. Meist standen sie mit dem (schlechten) Zustand der Betondecke in Zusammenhang.

Allerdings kann festgestellt werden, dass der SMA 11 S eher zur Rissbildung über den Querfugen neigt, wenn der Asphalt über diesen Fugen nicht geschnitten wurde. Dies zeigen die Beobachtungen auf der A6 und A6 Nord, Kanton Bern. Die Ursache muss u.a. in der Matrix der Gesteinskörnung und im Bindemittel (Gehalt und Eigenschaften) gesucht werden.

5.3.6 Beispiel Autobahn A1, St. Gallen Ost – Buriet

Im Herbst 2002 wurden in der Verzweigung Meggenhus die Betonfahrbahnen mit einem bitumenhaltigen Belagsüberzug versehen. Dabei kamen, um erste Erfahrungen für die bevorstehende Instandsetzung des Abschnittes zu sammeln, verschiedene SAMI zur Anwendung:

- A) Belag: SMA 11, ca. 40 mm dick, auf Betonbelag mit 8 m langen Platten
SAMI: Glasphalt GS, Fabrikat S&P, auf ca. 1,5 kg/m² PmB als Haftvermittler
- B) Belag: SMA 11, ca. 40 mm dick, auf Betonbelag mit 8 m langen Platten
SAMI: Carbophalt G, Fabrikat S&P, auf ca. 0,4 kg/m² PmB als Haftvermittler
- C) Belag: SMA 11, ca. 40 mm dick, auf Betonbelag mit 8 m langen Platten
SAMI: OB

Als Asphaltbelag wurde ein SMA 11 eingebaut. Im Frühjahr 2003, als die Temperaturen erstmals über 20° C anstiegen, bildeten sich Blasen, ähnlich einem Gussasphalt auf feuchter Unterlage. Zu Beginn zeigten sie sich nur im Abschnitt, in welchem als SAMI das Vlies „Carbophalt“ (S&P) verwendet wurde. Später trat das Phänomen auch in den beiden übrigen Aufbauvarianten, beim „Glasphalt“ (S&P) und bei der OB, auf. In den Blasen wurde auch Methangas gefunden. Woher es stammt, konnte nicht festgestellt werden. Allerdings zeigte sich, dass ein hoch verdichteter SMA (Verdichtungsgrad des Belages $\geq 98\%$) sich ähnlich verhält, wie ein Gussasphalt.

Auf diesen Versuchsstrecken ist die Oberfläche der Betondecke (erstmalig) mit Mikrofräsen aufgeraut worden. Am Abend vor dem Aufbringen der SAMI ist die aufgeraute Oberfläche gewaschen worden. Diese aufgeraute Oberfläche nahm vermutlich mehr Feuchtigkeit auf, als die unaufgeraute, durch Schmutz „versiegelte“ Fahrbahn. Es scheint, dass diese Feuchtigkeit, welche sich bis zum Auftrag der SAMI nicht mehr genügend verflüchtigen konnte, die Blasenbildung mit beeinflusste.

Ursache der Blasenbildung

In den Jahren 2003 bis 2005 wurden verschiedene Kantonsstrassen- und Autobahnabschnitte mit Belagsüberzügen versehen. Dabei traten bei einzelnen Abschnitten vermehrt Blasen in der Asphaltenschicht auf. Die Vermutung, allenfalls von der Nassreinigung der Fahrbahn noch nicht verdunstetes Wasser könnte die Ursache der Blasenbildung sein, erhärtete sich nicht.

Nach eingehender Untersuchung [7] konnte die Ursache ermittelt werden. Sie liegt in der Gefügestruktur des darunterliegenden Betons.

Blasenbildung im Belagsüberzug können somit hauptsächlich auf zwei Einflussfaktoren zurückgeführt werden:

- Luftporengehalt des Betonuntergrunds bzw. der Betondecke
- Belagssorte

Verhinderung der Blasenbildung

Eine mögliche Blasenbildung kann durch die Verwendung eines Asphaltbetons mit einem Hohlraumgehalt von $\geq 6,0$ Vol-% verhindert werden. Dazu eignen sich insbesondere die Belagssorten AC MR 11 und AC MR 8. Diese Beläge sind aufgrund ihrer Struktur in der Lage, den aus dem Betonuntergrund allfällig auftretende Dampfdruck abzuleiten.

5.3.7 Belagsbewehrung als SAMI

Seit einigen Jahren wird zur Instandsetzung von Betonbelägen auch die Belagsbewehrung (z.B. System Bitufor) eingesetzt. Sie gilt zugleich als Belagsverstärkung. Als Vorteil hervorgehoben wird, dass auf die aufwändigen Vorbereitungsarbeiten (Instandsetzung der Betonfahrbahn, Reparatur der Oberflächenschäden) verzichtet werden kann. Zudem ermöglicht die massive Bewehrung, auf das Ausbilden von Fugen über den Betonquerfugen zu verzichten und erlaubt dadurch einen Betrieb der Verkehrsfläche mit minimalem Unterhaltsaufwand.

In der Schweiz wurde dieses System auf den folgenden 4 Strecken angewendet:

- Hauensteinstrasse (Kantonsstrasse) zwischen Diepfliigen und Wittinsburg BL, 1999
- Seestrasse Stäfa (Kantonsstrasse) ZH, 2000
- A6 Thun - Spiez, BE, 2000
- A6 Nord, Biel - Studen, BE, 2000

Auf allen vier Abschnitten wurde auf das Schneiden der Querfugen im bitumenhaltigen Belagsüberzug verzichtet.

5.3.8 Beispiel Hauensteinstrasse, BL

Aufbau: Der vorhandene Betonbelag wurde bis in eine Tiefe von 50 mm abgefräst,
SAMI: Belagsbewehrung Stahlgeflecht, eingeschlämmt mit Slurry-Schicht
Belag: Zweischichtig, 4 cm HMT 16 S und 2,5 cm SPA 8 S



Abb. 5.1 Schadenbilder an der Hauensteinstrecke Beobachtungen:

Bei der Besichtigung der Strecke im Frühjahr 2003, nach vier Wintern, zeigen sich in unregelmässigen Abständen Risse über den Querfugen; im Mittel traten diese Risse alle 100 m in Erscheinung. Über einer Querfuge ist der Asphaltbelag sogar stark aufgebrochen. Hier weisen die Betonplatten im Querfugenbereich offensichtlich Vertikalbewegungen auf. Da das Stahlgeflecht ein relativ starres Gebilde ist, wird bei vertikalen Plattenbewegungen der Asphaltbelag stärker in Mitleidenschaft gezogen, als bei einem (flexiblen) Geovlies.

Ist ein Stahlgeflecht als SAMI vorgesehen, muss demnach schwerpunktmässig die Stabilität der Betonplatten sichergestellt werden.

6 Schlussfolgerungen

6.1 Beantwortung der Fragen aus Abschnitt 1.4

Aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse aus dem Kapitel 3 ist es möglich, die in Abschnitt 1.4 gestellten Fragen zu beantworten.

- Welches sind die verschiedenen Probleme, die bei Betondecken im Laufe der Zeit vorkommen?

Ganz allgemein können bei einer Betondecke die Fugen, insbesondere die Querfugen Probleme bilden, da sie den schwächsten Punkt des Systems «Betondecke» bilden. Plattenrisse, undichte oder nicht funktionstüchtige Fugen sind weitere Problempunkte, die zu Folgeschäden führen können.

Oberflächenschäden (mangelnde Griffigkeit, Abrieb, Ablösungen, Schwindrisse) können ebenfalls mit den Jahren zu Problemen führen.

Eine weitere Gruppe von Schäden haben mit Tragfähigkeitsmängel der Platte oder des Untergrundes zu tun (strukturelle Probleme). Zudem ist mit partiellen Setzungen (und damit mit Plattenbrüchen) zu rechnen, wenn Wasser unter die Betonfahrbahn gelangen und es zu Materialverfrachtungen kommen kann.

- In welchem Zeitraum ist mit dem Auftreten der Mängel zu rechnen?

Der Zeitpunkt des Auftretens eines Mangels ist direkt abhängig, einerseits von der Dichtigkeit der Fugen und andererseits von der Möglichkeit, dass Wasser unter die Betonfahrbahn dringen kann. Besteht die Möglichkeit, dass Wasser unter die Betonfahrbahn eindringen konnte, entsteht durch die hohe dynamische Beanspruchung durch den Schwerverkehr ein Pumpeffekt der Betonplatten. Die Feinfraktion der Foundationsschicht wird herausgepresst, unter den Platten im Querfugenbereich entstehen Hohlräume, die Plattenverbindungen (Dübel) versagen und es bilden sich die typischen Stufen (faulting). Der Zeitpunkt der Stufenbildung ist je nach Schwerverkehrsanteil ca. 22- 25 Jahre nach Inbetriebsetzung der Betonfahrbahn.

Betonfahrbahnen, die bis ca. 1975 eingebaut wurden, sind bewehrt. Hier ist das Auftreten der Mängel von der Überdeckungshöhe der Bewehrung abhängig. Ist die Bewehrung rund einen Zentimeter überdeckt, treten die Abplatzungen bereits nach etwa 18-19 Jahren auf, ist sie 5 cm überdeckt ist mit keinen Abplatzungen mehr zu rechnen.

Griffigkeitseinbussen auf Autobahnen sind (in der Regel nur auf der Normalspur) nach etwa 10-15 Jahren zu erwarten, wobei die Griffigkeit nicht unter die geforderten Werte sinkt, sofern die Qualität der Gesteinskörnung den gestellten Anforderungen entspricht. In den Folgejahren erhöht sich aber die Griffigkeit wieder, da die Gesteinskörnung frei liegt.

Bei Kreiseln kann sich die Griffigkeit innerhalb 5- 10 Jahre stark vermindern, vor allem dann, wenn die Gesteinskörnung einen zu geringen PSV-Wert aufweist.

Fugen

Fugenmassen verlieren ihre Dichtigkeit nach ca. 10-15 Jahren. Ist die Fugenmasse keiner UV-Strahlung ausgesetzt (zum Beispiel in Tunnels), so verlängert sie ihre Nutzungsdauer auf rund 20 Jahre.

- Welche verlängerte Gebrauchsdauer wird von Betondecken nach einer Sanierung erwartet?

Kann sichergestellt werden, dass Wasser nicht mehr sowohl über die Fugen als auch seitlich unter die Betonfahrbahn gelangen kann, bleiben die Betonplatten stabil und ein erneutes Pumpen der Platten kann ausgeschlossen werden. mit der Überdeckung der Betonfahrbahn mit einem ein- oder mehrschichtigen Asphaltbelag können auch alle Oberflächenabplatzungen gestoppt werden. dadurch ergibt sich eine Verlängerung der Gebrauchsdauer von 25-30 Jahre.

Beispiele:

- A1, Genf-Lausanne, Betondecke erstellt 1964, Belagsüberzug eingebaut 1984.
- A13, Thal- St. Margrethen, Betondecke erstellt 1964, Belagsüberzug eingebaut 1987/88.

6.2 Ergebnisse

Aus den Antworten zu den im Abschnitt 1.4 gestellten Fragen wurden folgende Ergebnisse abgeleitet:

- Betondecken sind dauerhafte Beläge, die vor allem bei grossen Verkehrslasten und weicherem, weniger homogenem Untergrund vorteilhaft sind.
- Der Fugenbereich ist das schwache Glied im System Betondecke. Viele Probleme bei Betonfahrbahnen treten als Folgen von offenen oder nicht funktionstüchtigen Fugen auf.
- Das Eindringen des Meteorwassers in Fundationsschicht und Untergrund verursacht das Auswaschen des Feinanteils. Dies hat eine Destabilisierung der Platten und Stufenbildung zur Folge.
- Ein Belagsüberzug – mehrschichtig für Betonfahrbahnen mit strukturellen Schäden, einschichtig für Betonfahrbahnen mit Oberflächenschäden – ist eine ausserordentlich wirtschaftliche Sanierungsmassnahme.

7 Empfehlungen für die Praxis

Aus den obigen Schlussfolgerungen ergeben sich folgende Empfehlungen für die Praxis:

- Undichte Fugen und Plattenrisse sind möglichst rasch abzudichten. Es ist eine geeignete Dichtungsmasse zu wählen, welche eine Gebrauchsdauer von 10-15 Jahren gewährleistet. Die Fugen der Betonfahrbahnen sind bezüglich ihrer Funktionalität alle 5 Jahre zu kontrollieren.
- Die Stufenbildungen können durch Diamantschleifen eliminiert werden. Dabei ist zu beachten, dass die Platten, vor dem Schleifen, durch Unterpressen festgesetzt bzw. stabilisiert werden müssen.
- Die Kraftübertragung von Platte zu Platte muss gewährleistet bleiben. Daher sind Asphaltplomben – eingebaut zum Beispiel bei Blow up- Schäden und bei zu ersetzenden stark gerissenen Betonplatten – immer nur Notmassnahmen und müssen bei Betondecken auf Autobahnen für eine nachhaltige Sanierungsmassnahme wieder durch Beton ersetzt werden.
Bei untergeordneten Betonstrassen können Asphaltplomben – wenn keine grossen Horizontalkräfte zu erwarten sind – zugelassen werden.
- Stark strukturell beschädigte Betondecken sind vor einem bitumenhaltigen Überbau zu entspannen. Der Einbau einer OB (mit vorumhülltem Splitt) als SAMI-Schicht ist zu empfehlen.
- Bestehende Betonfahrbahnen müssen vor dem Aufbringen einer SAMI oder des Belagsüberzugs „nur“ gewaschen werden; eine Feinfräsen der Oberfläche ist ungeeignet und bringt keine Verbesserung der Schichthaftung.
- Betondecken welche mit frosttaumittelbeständigem Beton erstellt wurden (Betondecken ab ca. 1965), dürfen – um eine Blasenbildung zu verhindern – nur mit einem hohlraumreichen Asphaltbelag (Hohlraumgehalt ≥ 6 Vol-%) überdeckt werden.
- Zukünftig ist für stark beanspruchte Betondecken (Autobahnen, Kreisel, Busbahnhöfe usw.) eine gebundene (bitumenhaltige) Unterlage vorzusehen. Die Asphaltunterlage wirkt als Dämpfungsschicht und verhindert das Pumpen. Damit kann das Auswaschen der Feianteile aus der Foundationsschicht und damit eine spätere Stufenbildung vermieden werden.

Literaturverzeichnis

Normen

- | | |
|-----|--|
| [1] | Schweizer Norm SN 640 735b, Erhaltung des Oberbaus, Reparatur und Instandsetzung von Betondecken , Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, 2010. |
| [2] | Schweizer Norm SN 640 737, Erhaltung des Oberbaus, Asphaltsschichten auf bestehenden Betonfahrbahnen , Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute VSS, 2009. |

Dokumentation

- | | |
|------|---|
| [3] | I. Scazziga: «Sanierung von Strassen, Grundlagen der Strassenerhaltung» , Zürich, April 1998 |
| [4] | K. Dietrich, E. Boppart, M. Caprez: «Strassenbau, Vorlesungsunterlage, 6. Auflage» , Institut für Verkehrsplanung, Transporttechnik, Strassen- und Eisenbahnbau IVT ETH Zürich, 1999 |
| [5] | R. Werner, M. Blumer, Instandsetzung und Verstärkung von Betonfahrbahnen mit Asphaltbelägen , Bundesamt für Strassen, Forschungsbericht Nr. 468, 2000. |
| [6] | R. Werner, I. Scazziga, C. Raab, Kombinierte Beläge, Belagsübergänge auf Betondecken, Kompositbeläge , Bundesamt für Strassen, Forschungsbericht Nr. 1180, 2007. |
| [7] | R. Werner, F. Jacobs, Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat , Forschungsbericht Nr. 1370, 2011. |
| [8] | L. G. Mosher: «Restoration of Final Surface to Concrete Pavement by Diamond Grinding» , Third International Conference on Concrete Pavement Design and Rehabilitation, Purdue university, 1985 |
| [9] | G. K. Wells, R. Marsh: «Evaluate Performance of Grinding PCCP» , California Department of Transportation, 1993 |
| [10] | N. Wilke: «Joint and Crack Sealing and Repair for Concrete Pavements» , American Concrete Pavement Association, Arlington, Illinois, 1993 |
| [11] | R. Shreenath, H. T. Yu, L. Khazanovich, M. I. Darter: «Longevity of Diamond-Ground Concrete Pavements» , American Concrete Pavement Association, 78th Annual meeting of Transportation Research Board, January 10 – 14, 1999 |
| [12] | A. Bernhard, R. Werner, Asphaltsschichten auf Betonfahrbahnen, Blasenbildung im Belagsübergang , Beurteilungsbericht, 2011. |

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK **Formular Nr. 3: Projektabschluss**

erstellt / geändert am: Februar 2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: ASTRA 2000 / 417
Projekttitel: Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen
Enddatum: November 2013

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Als Schlussfolgerungen ergeben sich folgende Empfehlungen für die Praxis:

- Auftretende Risse im Fugenbereich sollen sofort saniert werden. Das Füllmaterial soll in der Lage sein, die Verkürzungen und Ausdehnungen der Platten ohne Schaden mitmachen zu können. Alte Dichtungsmaterialien sollen in Perioden von 10 bis 12 Jahren ersetzt werden.
- Die Stufenbildungen können durch Diamantschleifen saniert werden. Dabei, ist zu beachten, dass die Platten, vor dem Schleifen, stabilisiert werden müssen.
- Gebundene bitumenhaltige Fundationsschichten sind anzustreben. Somit kann das Auswaschen der Feinanteile aus der Fundationsschicht vermieden werden.
- Beim Ersetzen der alten Platten durch neue Platten, soll die Kraftübertragung zwischen den Platten mittels neuen Dübeln gewährleistet bleiben. Die Dübel sollen parallel zu Plattenoberfläche und Plattenrand eingebaut werden, damit sie nicht zu Zwängungen führen.
- Im Fall eines Asphaltüberzugs, sollen die Platten vorgängig entspannt werden. Der Einbau einer SAMI-Schicht zwischen den alten Betonplatten und dem neuen Asphaltbeton ist zu empfehlen.



Zielerreichung:

Das Ziel konnte zum grossen Teil erreicht werden

Folgerungen und Empfehlungen:

siehe oben unter Zusammenfassung der Projektresultate

Publikationen:

Die Resultate wurden für das Erarbeiten der entsprechenden VSS Normen verwendet. Unter anderen SN 640 737

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Caprez

Vorname: Markus

Amt, Firma, Institut: ETH Zürich, IVT und IGT

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Das Ziel der Forschungsarbeit konnte erreicht werden.

Umsetzung:

Die Umsetzung fand in der Erarbeitung entsprechender Normen statt.

weitergehender Forschungsbedarf:

zur Zeit besteht kein weiterer Forschungsbedarf

Einfluss auf Normenwerk:

Ja

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Stalder

Vorname: Ueli

Amt, Firma, Institut: Walo Bertschinger AG, Zürich

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:



Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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
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
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologientransfer 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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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	Entwurfsgrundlagen 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-roues légers	2008
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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 Kreisell	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: Griffigkeit 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
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 Abriebsparkeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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 verkehrintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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 Ausbausphal 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
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	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
		Zustandserfassung beim Abbruch	
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
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

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
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