



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

Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement

Application de couches intercalaires de géosynthétiques pour la gestion de l'entretien des chaussées

Application of asphalt interlayers for road maintenance management

**ETH Zürich, Eidgenössische Technische Hochschule
Institut für Verkehrsplanung und Transportsysteme (IVT)
Prof. H.P. Lindenmann
D. Jacobs, Dipl.-Ing. (Univ.)
F. Schiffmann, Dipl.-Ing. (Univ.)**

**Abteilung Strassenbau / Abdichtungen, EMPA Dübendorf
Prof. Dr. M. Partl, dipl. Bauing. ETH
C. Raab, Dipl.-Ing. (Univ.)**

Forschungsauftrag VSS 2007/702 auf Antrag des Schweizerischen Verbandes der Strassen- und Verkehrsfachleute

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Prof. H.P. Lindenmann, IVT ETH Zürich

Mitglieder

Prof. Dr. M. Partl, EMPA Dübendorf

C. Raab, EMPA Dübendorf

D. Jacobs, IVT ETH Zürich

F. Schiffmann, IVT ETH Zürich

Federführende Fachkommission

Fachkommission 5: Bautechnik

Fachkommission 7: Erhaltungsmanagement

Begleitkommission

Präsident

Martin Horat, Tiefbauamt Stadt Zürich

Mitglieder

Erhard Kaelin, SACR Zürich

Rolf Werner, Ing.büro BEVBE

Markus Grieder, Tiefbauamt Basellandschaft

Luzia Seiler, Bundesamt für Strassen ASTRA

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleuten, VSS

Bezugsquelle

Das Dokument kann kostenlos von <http://partnershop.vss.ch> heruntergeladen werden.

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Inhaltsverzeichnis	5
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Einleitung	13
1.1 Ausgangslage.....	13
1.2 Forschungsziel und -zweck.....	13
1.3 Vorgehen.....	14
1.4 Abgrenzung.....	14
2 Grundlagen zu Asphalteinlagen	15
2.1 Schichtensystem bitumenhaltiger Deck- und Tragschichten	15
2.2 Schichtenverbund.....	17
2.3 Begriffe zur Erhaltung des Oberbaus.....	19
2.4 Überblick zu Asphalteinlagen	22
2.4.1 Material.....	22
2.4.2 Struktur	22
2.4.3 Funktion.....	25
2.4.4 Eigenschaften.....	28
2.5 Anwendung von Asphalteinlagen im Strassenoberbau	30
2.5.1 Asphalteinlage als Zwischenschicht.....	30
2.5.2 Asphalteinlage mit Bitumen als Zwischenschicht.....	32
3 Wissensstand zu Asphalteinlagen	35
3.1 Produktsystematisierung für die Schweiz	35
3.2 Forschung Schweiz	37
3.2.1 Schichtenverbund und Bewehrungsmechanik	37
3.2.2 Tragfähigkeitsverbesserung	43
3.3 Forschung Ausland	44
4 Anwendungen von Asphalteinlagen in der Schweiz (Einzelstrecken)	47
4.1 Erhebungsumfang.....	47
4.2 Ergebnisse der Umfragen	48
4.3 Ergebnisse an den Einzelstrecken	51
4.3.1 Erneuerung Deckschicht	52
4.3.2 Totalersatz (Deck-, Binder- und/oder Fundationsschicht).....	53
4.3.3 Teilersatz (Deck-, Binder- und/oder Tragschicht)	55
4.3.4 Instandsetzung und Erneuerung von Teilen der Fahrbahn.....	57
5 Erkenntnisse	60
5.1 Literatur	60
5.2 Erkenntnisse der Umfrage.....	63
5.2.1 Produktsystematik	63
5.2.2 Einbaulage und Einbauart	64
5.2.3 Weitere Erfahrungen	66
6 Folgerungen	67
6.1 Folgerungen aus den Ergebnissen der Untersuchungen	67
6.1.1 Material.....	67

6.1.2	Lage im Oberbau und Schichtenverbund	67
6.1.3	Ausdehnung der Massnahme	67
6.1.4	Funktion und angestrebte Wirkung der Asphalteinlage	68
6.1.5	Tragfähigkeitsverbesserung	68
6.1.6	Zentral zu klärende Fragen	68
6.2	Konzept einer objektbezogenen Forschung	70
6.2.1	Kriterien und Output	70
6.2.2	Möglichkeiten der Durchführung: Teststrecken und Belastung	70
6.2.3	Durchführung der Forschung	74
	Literaturverzeichnis	75
	Projektabschluss.....	79
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	83

Zusammenfassung

In den letzten Jahren wurden im Erhaltungsmanagement von Strassen bei Instandsetzungen und Verstärkungen Asphalteinlagen eingesetzt. Dies sind nach der SN 670 259 EN 15381 Geotextilien oder geotextilverwandte Produkte, die bei Erhaltungsmaßnahmen von bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten angewendet werden können. Sie werden in oder zwischen den bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten eingebaut. Mit deren Anwendung soll eine Verlängerung der Instandsetzungsintervalle der Strasse, d.h. der Lebensdauer des Belages und damit eine Reduzierung der Aufwendungen für den Strassenunterhalt erzielt werden.

Ein gesamtschweizerischer Überblick zu den Anwendungen und den Erfahrungen der Wirksamkeit mit Asphalteinlagen im Erhaltungsmanagement bei den Deck- und Trag-schichten des Oberbaus fehlte bislang weitgehend. Da die Anwendung von Asphalteinlagen von wesentlicher Bedeutung für das Erhaltungsmanagement ist, wurde die vorliegende Forschungsarbeit initiiert, um die Produkte und die Grundlagen der Anwendungen sowie vorhandene Untersuchungen und Erfahrungen der Praxis zu Asphalteinlagen zu erfassen und zu analysieren. An Hand der Ergebnisse und Erkenntnisse sollten die Grundlagen für die Ausschreibung einer langzeitlichen, objektbezogenen Forschung erarbeitet werden.

Die Recherche zu den Produkten und Grundlagen der Anwendungen zeigte, dass Asphalteinlagen aus unterschiedlichen Materialien hergestellt sind und diese zu einer unterschiedlichen Struktur zusammengesetzt sind. Asphalteinlagen bestehen aus den Materialien Kunststoff, Glas, Carbon oder Stahl. Sie besitzen eine gitterförmige (Gitter), flächenförmige (Vliese) oder gitterförmige und flächenförmige (Verbundstoffe) Struktur. Aus der vereinfachten Marktrecherche in der Schweiz stellte sich heraus, dass von 18 Produkten 10 Verbundstoffe, 7 Gitter und 1 Vlies für die Anwendung zur Verfügung stehen. Die in der Schweiz am häufigsten angewendeten Produkte werden aus den Materialien Glas und Carbon angefertigt. Nebenbei gibt es noch wenige Anwendungen mit Produkten aus Stahl (Stahldrahtgeflecht) und Kunststoff. In der Norm SN 670 092 EN ISO 10318 ist eine Nomenklatur für die Produkte vorgegeben. Sie ist für die Vliese mit GTX-N, für die Gitter mit GGR und für die Verbundstoffe mit GCO festgelegt.

Im Strassenoberbau werden Asphalteinlagen bei Erhaltungsmaßnahmen im Hocheinbau und im Tiefeinbau eingesetzt. Es konnten hierbei drei wesentliche Einbautypen ermittelt werden. Beim Typ 1 wird die Asphalteinlage zwischen der alten, leicht beschädigten Asphaltdeckschicht und der neuen Deckschicht eingebaut (Hocheinbau). Beim Typ 2 wird die Asphalteinlage bei der Erneuerung der Deckschicht eingesetzt (Tiefeinbau). Beim Typ 3 wird die Asphalteinlage bei der Erneuerung weiterer Schichten in Form des Teil- bzw. Totalersatzes verwendet (Tiefeinbau).

Bei den drei beschriebenen Einbautypen befindet sich die Asphalteinlage im Verbund mit den bitumenhaltigen Schichten des Strassenoberbaus. Die Eigenschaften und die Funktionen von Asphalteinlagen wie das Bewehren, Abdichten und die Tragfähigkeitsverbesserung hängen damit nicht nur von der Asphalteinlage selbst ab, sondern auch vom Zusammenwirken der verschiedenen Schichten untereinander. Einen wesentlichen Einfluss auf die Funktionalität hat der Verbund der Schichten untereinander. In verschiedenen Laborversuchen wurde die Verbundscherkraft an Bohrkernen mit und ohne Asphalteinlage ermittelt. In den Versuchen stellte sich heraus, dass Asphalteinlagen den Verbund beeinträchtigen können. Zu den Ursachen fehlen bislang noch Aussagen weitestgehend.

Um die Erfahrungen bei der Anwendung mit Asphalteinlagen vor allem hinsichtlich der Langzeitwirkung zu ermitteln, wurden Interviews mit den Strassenbetreibern (Tiefbauämtern) und Produktherstellern in der Schweiz durchgeführt.

Die Auswertung der Interviews ergab, dass vor allem folgende Fragen bezüglich Einsatz und Wirksamkeit von Asphalteinlagen bei der Erhaltung unbeantwortet und deshalb von grossem Interesse sind:

- Überbrückung (Durchschlagen von Rissen, zeitliche Entwicklung)
- Rissbild (Verteilung, Rissweiten, etc.)
- Schub/Haftung (Verbundkraft und -wirkung, zeitliche Entwicklung)
- Steifigkeit/Verformung
- Feuchte im Rissbereich (Wassereindringung)

Aufbauend auf den Erkenntnissen der hier vorliegenden Pilotstudie wurde ein Konzept für eine objektbezogene Forschung hinsichtlich der zu untersuchenden Fragen, Einrichtung von Teststrecken und der Mess- und Prüfmethode zur Klärung der Wirksamkeit und Lebensdauer entworfen.

Die dazu nötigen Untersuchungsobjekte sollten die folgenden sein:

- Strasse mit Schäden
- Strasse mit künstlichen Schäden (Risse)
- Kurzstrecke mit Schäden (Risse)
- Labor Modellsystem mit künstlichen Schäden (Risse)

Dabei sollten mit Schwergewicht die folgenden Bereiche bearbeitet werden:

- Gitterförmige Asphalteinlagen (Glas und Carbon)
- Flächige Erhaltungsmassnahmen
- Einbaulage Typ 3a (zwischen Trag- und Binderschicht)

Neben diesen Schwerpunkten sollten wenn möglich, weitere Produkte aus anderen Materialien in die Untersuchungen miteinbezogen werden.

Für die Simulation der Verkehrsbelastung stehen der Verkehrssimulator MLS10 (EMPA) und der Verkehrslastsimulator Halle Fosse (EPFL) sowie der Verkehrslastsimulator MMLS (EMPA) zu Verfügung. Das Verhalten bei tiefen Temperaturen kann mit dem Joint Movement Simulator JMS der EMPA untersucht werden.

Das Ziel der langzeitlichen, objektbezogenen Forschung besteht darin, einerseits Kriterien für eine Anwendungsüberprüfung neuer Produkte zu entwickeln. Andererseits sollten in einer praxisnahen Systemuntersuchung sowie der erforderlichen Labormessungen die Wirksamkeit und Lebensdauer von Asphalteinlagen im Schichtensystem des Strassenoberbaus analysiert und beurteilt werden, um Produkte gezielt am Objekt validieren zu können.

Résumé

Ces dernières années, des couches intercalaires de géosynthétiques ont été utilisées pour les mises en état et les renforcements dans le cadre de la gestion de l'entretien des routes. Selon SN 670 259 EN 15381, elles sont des géotextiles et produits apparentés qui peuvent être utilisés pour les mesures d'entretien de couches de base et de roulement bitumineuses. Elles sont placées dans ou entre des couches de base et de roulement bitumineuses afin de prolonger les intervalles de remise en état des chaussées – à savoir la durée de vie du revêtement – et réduire les efforts d'entretien des chaussées.

Une vue d'ensemble à l'échelle de toute la Suisse sur les utilisations et expériences relatives à l'efficacité avec des couches intercalaires de géosynthétiques dans le cadre de la gestion de l'entretien des couches de base et de roulement de la chaussée n'existait pas jusqu'à présent. L'utilisation de couches intercalaires de géosynthétiques étant d'une importance considérable pour la gestion de l'entretien, le présent travail de recherche a été amorcé afin de recenser et d'analyser les produits et les bases des utilisations ainsi que les recherches existantes et expériences pratiques relatives aux géosynthétiques. Partant des résultats et des informations obtenus, les bases d'un appel d'offre pour une recherche sur le long terme relative à l'objet devraient être élaborées.

Les recherches sur les produits et les utilisations ont mis en évidence que les couches intercalaires de géosynthétiques sont constituées de matériaux et structures divers. Elles sont en plastique, en verre, en carbone ou en acier et leur structure est soit en forme de treillis (géogrilles), soit plane (géotextiles non-tissés) ou une combinaison des deux (géocomposites). Des études de marché simplifiées ont démontré que parmi 18 produits à disposition pour l'utilisation, il y a 10 géocomposites, 7 géogrilles et 1 géotextile non-tissé. Les produits appliqués les plus fréquemment en Suisse sont faits avec des matériaux en verre et à carbone. Par ailleurs, il existe encore peu d'applications avec des produits en acier (réseau de fil d'acier) et en matière plastique. La norme SN 670 092 EN ISO 10318 contient une nomenclature pour les produits: GTX-N désigne les géotextiles non-tissés, GGR les géogrilles et GCO les géocomposites.

Dans le cadre des mesures d'entretien des chaussées, des couches intercalaires de géosynthétiques sont utilisées pour le revêtement et le renforcement. Trois types principaux de mise en œuvre ont ainsi été déterminés. Pour le type 1, les géosynthétiques sont placés entre la vieille couche de roulement bitumineuse légèrement endommagée et la nouvelle couche de roulement (revêtement). Pour le type 2, les géosynthétiques servent à renouveler la couche de roulement (renforcement). Pour le type 3, les géosynthétiques sont utilisés pour le renouvellement en tant que remplacement structurel partiel ou total (renforcement).

Pour les trois types de mise en œuvre décrits, la couche intercalaire de géosynthétiques est en liaison avec les couches bitumineuses de la superstructure des routes. Les caractéristiques et fonctions des géosynthétiques – telles que renforcer, étanchéifier et améliorer la portance – ne dépendent ainsi pas seulement des géosynthétiques eux-mêmes mais aussi de leur interaction avec les autres couches. La liaison entre les couches exerce une grande influence sur la fonctionnalité. Lors de plusieurs expériences en laboratoire, l'effort tranchant de liaison a été déterminé sur des carottes avec et sans couche intercalaire de géosynthétiques. Les tests ont mis en évidence que les couches intercalaires de géosynthétiques peuvent entraver la liaison. Les causes restent cependant encore inconnues.

Afin de collecter les expériences faites sur l'utilisation de couches intercalaires de géosynthétiques et en particulier sur l'effet à long terme, des interviews ont été menées avec les exploitants de routes (services des Ponts et Chaussées) et les fabricants de produits suisses.

L'analyse des interviews a mis en évidence que les réponses aux questions suivantes relatives à l'utilisation et à l'efficacité de couches intercalaires de géosynthétiques dans le

cadre de l'entretien font encore défaut – c'est pourquoi elles relèvent d'un grand intérêt:

- Pontage (pénétration de fissures, évolution temporelle)
- Fissures (répartition, largeurs des fissures etc.)
- Poussée/adhérence (force et effet de liaison, évolution temporelle)
- Rigidité/déformation
- Humidité au niveau des fissures (infiltration d'eau)

Sur la base des informations tirées de la présente étude pilote, un concept portant sur une recherche relative à l'objet a été élaboré. Il présente les questions à analyser, l'installation de tronçons de test et des méthodes de mesurage et de contrôle afin de déterminer l'efficacité et la durée de vie.

A cet effet, les objets d'analyse devraient être les suivants:

- Route avec des dégradations
- Route avec des dégradations artificielles (fissures)
- Tronçon court avec des dégradations (fissures)
- Modèle en laboratoire avec des dégradations artificielles (fissures)

En outre, les domaines suivants devraient en particulier être traités:

- Géosynthétiques en forme de treillis (verre et carbone)
- Mesures d'entretien planes
- Type de mise en œuvre 3a (entre la couche de base et la couche de liaison)

À côté de ces points capitaux on devrait, si possible, intégrer des produits supplémentaires d'autres matières premières dans les études.

Pour la simulation du débit du trafic, le simulateur de trafic MLS10 (EMPA), le simulateur de trafic pondéral Halle Fosse (EPFL) ainsi que le simulateur de trafic pondéral MMLS (EMPA) sont à disposition. Le comportement lors de températures basses peut être étudié avec le Joint Movement Simulator JMS de l'EMPA.

L'objectif de la recherche sur le long terme relative à l'objet est, d'une part, de développer des critères pour une analyse d'utilisation de nouveaux produits. Par ailleurs, afin de pouvoir valider des produits de manière ciblée sur l'objet, l'efficacité et la durée de vie de couches intercalaires de géosynthétiques dans le système de couches de la superstructure des routes devraient être analysées et évaluées de manière axée sur la pratique ainsi qu'à l'aide des mesures en laboratoire nécessaires.

Summary

In recent years, asphalt interlayers have been used for repairs and reinforcements regarding road maintenance management. According to SN 670 259 EN 15381 these are geotextiles or related products which can be applied for road maintenance of bituminous road bases and wearing courses. They are fitted in or between bituminous road bases and wearing courses to contribute to the prolongation of road maintenance intervals. As a result, the life span of the pavement is increased and efforts for road maintenance are reduced.

A Swiss-wide overview regarding applications and experience with the effectiveness of asphalt interlayers in pavement maintenance management is largely missing so far. Due to the high relevance of the application of asphalt interlayers regarding maintenance management, the present research work has been initiated in order to capture and analyze the products, the fundamentals for their application, and existing research and practical experience regarding asphalt interlayers. Based on the results and insights, a foundation regarding the tender for long term and object related research was to be worked out.

The investigation of products and applications showed that asphalt interlayers are manufactured from various materials and composed in various structures. Asphalt interlayers consist of materials such as plastics, glass, carbon or steel. They feature structures which are either grid shaped (geogrids), plane (nonwoven geotextiles), or a combination of both (geocomposites). A simplified market search turned out the availability of at least 18 products consisting of 10 geocomposites, 7 geogrids and 1 nonwoven geotextile. Apart from certain applications with steel meshes and synthetics the most used materials for asphalt interlayer in Switzerland are glass fiber and carbon. The SN 670 092 EN ISO 10318 defines a product nomenclature, specifying GTX-N for nonwoven geotextiles, GGR for geogrids and GCO for geocomposites.

For pavements, asphalt interlayers are applied within maintenance treatments as overlays and replacements. Three major fitting types could be identified. With type 1, the asphalt interlayer is fitted between the old and damaged asphalt wearing course and the new wearing course (overlay). Type 2 is used for renewal of the pavement (replacement). Type 3 is used for pavement renewal in the sense of partial or total structural replacement (replacement).

With all three fitting types, the asphalt interlayer exists in a composite with bituminous courses of the pavement. The characteristics and functionality of asphalt interlayers – such as reinforcing, sealing and strengthening – do not only depend on the asphalt interlayer itself but also on its interaction with the neighboring layers. Various laboratory tests have assessed the shearing force on drill core samples with and without asphalt interlayers. The experiments yielded that asphalt interlayers are capable of compromising the composite. The exact causes have yet to be concluded.

In order to gather experience regarding the application and long-term performance of asphalt interlayers, interviews with road agencies and product manufacturers in Switzerland have been conducted.

The following questions regarding application and effectiveness of asphalt interlayers for maintenance remained unanswered and are therefore of great interest:

- Bridging (penetration of cracks, progress over time)
- Crack pattern (distribution, gap size, etc.)
- Shear/adhesion (forces and effects, progress over time)
- Rigidity/deformation
- Moisture at crack area (water intrusion)

Based on the findings of this present pilot study, a concept about object related research has been drafted. This includes questions to be investigated, installation of test tracks and establishment of a methodology for measurements and examinations in order to assess the effectiveness and life span.

The necessary research objects are as follows:

- Road with damages
- Road with artificial damages (cracks)
- Short haul route with damages (cracks)
- Laboratory model with artificial damages (cracks)

An emphasis shall be placed on the following areas:

- Grid shaped asphalt interlayers (glass and carbon)
- Plane maintenance measures
- Fitting type 3a (between road base and base course)

In addition to these key aspects further application of different materials should be considered, if possible.

For the simulation of traffic, the traffic load simulators MLS 10 (EMPA), Halle Fosse (EPFL) and MMLS (EMPA) are available. Behaviour at low temperatures can be analyzed with the Joint Movement Simulator JMS at EMPA.

The objective for long term and object related research consists of the development of criteria for an application assessment of new products. In order to validate various products on-site, the effectiveness and life span of asphalt interlayers within pavement course systems shall be assessed practically and with the required laboratory measurements.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen wird die Evaluation der notwendigen Erhaltungsmaßnahmen durch die steigenden Anforderungen an die Materialien und die Forderung nach einem effizienten Mitteleinsatz bedeutender. Die Industrie entwickelt für den Strassenbau neue Materialien mit dem Zweck, längere Lebensdauern der Erhaltungsmaßnahmen zu erzielen. In den letzten Jahren wurden in der Schweiz im Bereich der Instandsetzung und Verstärkung vermehrt Geokunststoffe aus verschiedenen Materialien und Strukturen verwendet. Die Ziele der Verwendung solcher Maßnahmen sind einerseits die Reduktion des Strassenunterhaltes und andererseits eine Verlängerung der Instandsetzungsintervalle der Strasse.

Das Forschungsprojekt (Pilotstudie) wurde initiiert um die unterschiedlichen Erfahrungen in der Anwendung von Asphalteinlagen zu analysieren um daraus den derzeitigen Kenntnisstand zu Asphalteinlagen erkennen zu können. Die Pilotstudie sollte zumindest einen gesamtschweizerischen Überblick zum Kenntnisstand der Anwendung von Asphalteinlagen in der Praxis für die Schweiz geben. Kenntnisse über die Langzeitwirkung und die Besonderheiten für verschiedene Einsatzzwecke dieser Konstruktionselemente waren von besonderem Interesse.

In der Schweiz existieren einzelne Forschungs- und Erfahrungsberichte zur Anwendung von Asphalteinlagen sowie Empfehlungen insbesondere von Produktherstellern. Die dazu im Rahmen des vorliegenden Forschungsauftrages durchgeführte Recherche konzentrierte sich auf Asphalteinlagen bei den bitumenhaltigen Deck- und Tragschichten des Oberbaus.

Die Recherche zeigte, dass herstellerepezifische Produktbeschreibungen vorhanden sind, Untersuchungen von neutralen schweizerischen Forschungseinrichtungen jedoch weitgehend fehlen. Es sind die Untersuchungen vom Belgian Road Research Centre (Valenstraete und Francken, 1995) und einer Sonderausgabe der Geotechnik 2009 (Meyer und Tazl, 2009) bekannt. Im schweizerischen Normenwerk fehlt zurzeit auch eine eigentliche Begriffssystematik für Asphalteinlagen zur Verwendung bei Instandsetzungen und Verstärkungen von bitumenhaltigen Deck- und Tragschichten.

1.2 Forschungsziel und -zweck

Ziel dieser Forschungsarbeit war die Erarbeitung eines gesamtschweizerischen Überblicks zu Anwendungen und Erfahrungen mit Asphalteinlagen im Erhaltungsmanagement in der Schweiz.

Konkret sollten folgende Grundlagen erarbeitet werden:

- Begriffsdefinition
- Übersicht zu Materialien, Struktur, Funktion und verschiedener Aufbaukonstruktionen
- Systematisierung von Asphalteinlagen
- Stand der Forschung zu Asphalteinlagen
- Überblick zu Erfahrungen in der Anwendung von Asphalteinlagen

Die Analyse dieser Grundlagen sollte Ergebnisse und Erkenntnisse dazu liefern, welche Anwendungsformen bei Reparatur, Instandsetzung und Erneuerung von bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten im Sinne der Zielsetzung vielversprechend sind und wo deshalb bestimmte Untersuchungen im Felde notwendig erscheinen.

1.3 Vorgehen

In einem ersten Schritt wurde das Schichtensystem von bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten beschrieben. Hierbei wird insbesondere auf den Schichtenverbund eingegangen, welcher Voraussetzung für die Funktionalität der Asphalteinlage im Schichtensystem ist. Anschliessend wurden CEN, DIN und SN Normen geprüft in wie weit auf Asphalteinlagen bereits in den Normen des Erhaltungsmanagements eingegangen wird. Darauf aufbauend wird ein Überblick zu den Grundlagen von Asphalteinlagen gezeigt, wobei vorhandene Kenntnisse zu Material, Struktur, Funktion, Eigenschaften und zur Lage von Asphalteinlagen im Strassenoberbau herausgestellt werden.

Mittels einer Recherche zu Forschungsberichten, Fachartikeln, internationalen Forschungsprojekten und Vereinigungen (wie z.B. Schweizer Vereinigung von Geokunststoffen SVG) wurde im zweiten Schritt der Stand der Forschung zu Asphalteinlagen im Strassenbau (bitumenhaltige Trag- und Deckschichten) erfasst und zusammengestellt. Um einen Überblick zu den Produkten zu gewinnen, wurde eine vereinfachte Marktrecherche bei Herstellern von Asphalteinlagen durchgeführt. Das Ergebnis der vereinfachten Marktrecherche ergab eine Systematisierung der recherchierten Produkte für die Schweiz nach Material, Struktur und Hersteller. Zu diesen Produkten wird zusätzlich der Erkenntnisstand in der Forschung in der Schweiz und Ergebnisse weiterer europäischer Forschungsprojekte dargestellt.

Im dritten Schritt wurde zur Erfassung der Erfahrungen und Erkenntnisse in der Anwendung von Asphalteinlagen eine Umfrage durchgeführt. Es wurden Projektleiter aus den Tiefbauämtern, Planer aus Ingenieurbüros und Produkthersteller zu den Anwendungen der Asphalteinlagen bei Instandsetzungen und Verstärkungen von bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten interviewt. Es wird an Beispielen aufgezeigt, welche recherchierten Produkte in Projekten des Erhaltungsmanagement bereits heute verwendet wurden, welche Einbaulage und -art bestand und ob Erfahrungen und Erkenntnisse beim Einbau von Asphalteinlagen erfasst und aufgezeichnet wurden.

Die Erkenntnisse aus der Literatur und der Umfrage zur Verwendung von Asphalteinlagen in der Schweiz wurden mit dem Zweck zusammengetragen, Erkenntnisse und Folgerungen zur Evaluation, zu Inhalt und Umfang einer möglichen objektbezogenen Forschung abzuleiten.

1.4 Abgrenzung

In dieser Forschungsarbeit wurde ausschliesslich die Anwendung von Asphalteinlagen im Erhaltungsmanagement von bitumenhaltigen Strassenoberbauten in der Schweiz untersucht. Die Einlagen für Betonbeläge und Kombinierte Beläge wurden nicht betrachtet. Diese Thematik wurde im Forschungsprojekt „Kombinierte Beläge“ (SN 640 737, 2009) behandelt.

Die Bewehrungen von ungebundenen Strassenbaukonstruktionen (Foundationsschichten) oder erdbaubewehrten Konstruktionen bildeten ebenfalls keinen Bestandteil der vorliegenden Untersuchungen der Pilotstudie.

Im Folgenden wird systematisch der Begriff Asphalteinlage verwendet und auf den in der Literatur auch verwendeten Begriff Asphaltbewehrungen verzichtet. Dies auch zur Abgrenzung, dass es im Rahmen der vorliegenden Pilotstudie ausschliesslich um Einlagen bei bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten ging.

2 Grundlagen zu Asphalteinlagen

2.1 Schichtensystem bitumenhaltiger Deck- und Tragschichten

Der Oberbau von Strassen ist grundsätzlich in einem Schichtensystem ausgeführt. Die Definitionen und Funktionen der einzelnen Schichten des Oberbaus sind für die Schweiz normiert (SN 640 302b, 2000). Es wird grundsätzlich in Ober- und Unterbau unterschieden. Die Oberbauschichten unterteilen sich in Decke und Tragschichten, wobei für die Asphaltbauweise die Decke, genauer Deck- und Binderschicht in Asphalt ausgeführt ist. Zusätzlich erfolgt in der Regel der Einbau der obersten der definierten Tragschichten mit bitumenhaltigem Mischgut. In Abbildung 2.1 ist der standardisierte Strassenaufbau aus dem Merkblatt des Bundesamtes für Strassen (ASTRA) dargestellt (ASTRA, 2007). Er entspricht auch der VSS Norm SN 640 302b (SN 640 302b, 2000).

Die Deckschicht besitzt unter anderem die Funktion die unteren Schichten gegen eindringendes Wasser, Temperatureinwirkung, mechanischen Verschleiss und Abrieb zu schützen. Die Tragschichten haben die Aufgabe Lasten flächig zu verteilen. Die Fundationsschicht verteilt die Lasten aus der Tragschicht auf den Unterbau und Untergrund (Turtschy et al., 2005). Die Wahl der Materialien, der Kornabstufung sowie der Schichtdicken hängt von den unterschiedlichen Anforderungen an die einzelnen Schichten und der auftretenden Belastungen (Verkehrslasten) je nach Lage im Oberbau ab (SN 640 324b, 1997; SN 640 420b, 2008). An den Schichtgrenzen treten lastbedingt Spannungen auf. Abbildung 2.1 zeigt vereinfacht die Spannungsverteilung infolge von flächig verteilten Lasten. Es sind die horizontal wirkenden Biegespannungen und die vertikal wirkenden Normalspannungen dargestellt. Auf die Angaben der verschiedenen Schubspannungen wurde aus Gründen der Übersichtlichkeit hier verzichtet.

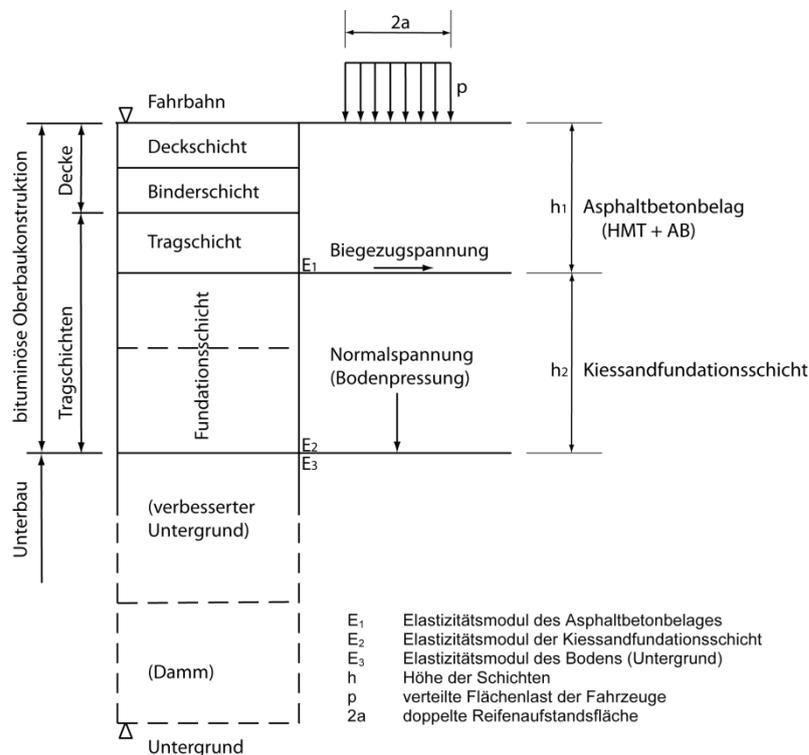


Abb. 2.1 Typischer Schichtaufbau eines Strassenkörpers mit lastbedingten Spannungen (vereinfacht) an Schichtgrenzen (ASTRA, 2007)

Nach der OECD (Organisation for Co-Operation and Development) (OECD, 1992) werden die aufgebracht Radlasten in statische (stationär), quasi-statische (rollstatisch, bewegt aber konstant) und dynamische Lasten (bewegt und variabel) eingeteilt. Dabei basieren die Bemessungsmethoden für den Fahrbahnoberbau einerseits auf der Grund-

lage von vereinfachten theoretischen Modellen wie homogener Halbraum, elastisch gebettete Platte oder Mehrschichtenmodell (Floss, 2007), bei welchen nur die statischen Lasten als vereinfachter Ansatz herangezogen werden. In den letzten Jahren findet zunehmend auch die Methode der finiten Elemente (FEM) Anwendung. Das Mehrschichtenmodell liefert für Asphaltbefestigungen meist ausreichend genaue Ergebnisse. In Abbildung 2.2 werden die Einwirkungen und Beanspruchungen des Mehrschichtenmodells vereinfacht dargestellt. Es werden Biegezugspannungen, Normalspannungen und Biegezugdehnungen gezeigt. Schubspannungen sind nicht mit abgebildet.

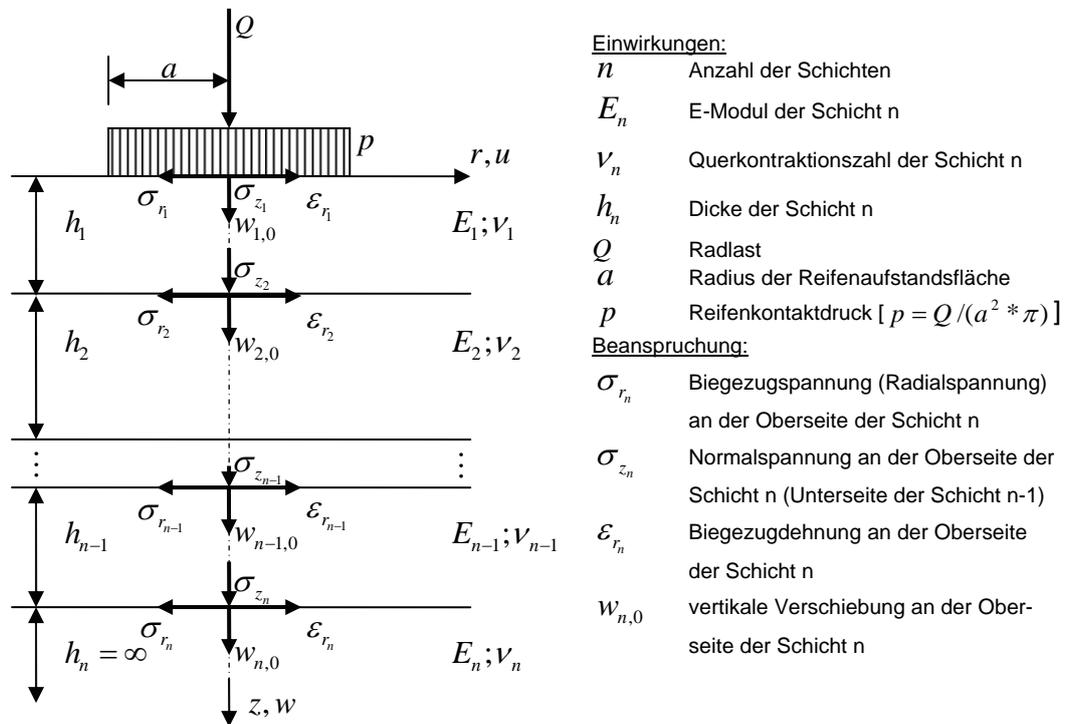


Abb. 2.2 Einwirkungen und Beanspruchungen im Mehrschichtenmodell, Prinzip (Straube und Krass, 2005)

Andererseits führen empirische Untersuchungen zu Erkenntnissen, welche als Grundlage für ein Verfahren zur Bemessung dienen. Ein bedeutendes Experiment der empirischen Strassenbauforschung weltweit stellt der ASSHTO ROAD TEST dar, bei dem erstmals wichtige Zusammenhänge über die Ursache und Wirkung der Belastung des Fahrbahnoberbaus erkannt wurden (AASHTO, 1974; Scazziga, 1975; Schnabel und E. Nakkel 1962).

Der Zustand und die Funktion der einzelnen Schichten werden durch Feuchtigkeit, Frost, Ausdehnung und Schrumpfung infolge von Temperaturänderungen beeinträchtigt. Risse und Brüche in Strassenbelägen sind Schwachstellen durch die Wasser in das Schichtensystem eindringen und damit zu Schäden und zur Reduktion der Tragfähigkeit führen kann. Die Reduktion der Tragfähigkeit kann zu Senkungen, Materialausbrüchen, Rissen und Unebenheiten im Belag führen. Der beschädigte Bereich breitet sich rasch aus, so dass Sanierungsmassnahmen notwendig werden (Rüegger et al., 1988; Valenstraete und Francken, 1995).

Hierbei wurde festgestellt, dass die Verstärkung im Hocheinbau gerissener Strassendecken kaum eine wirtschaftliche Instandsetzungsmassnahme ist, da die Risse der unteren Schichten erneut an die Strassenoberfläche durchschlagen (Schmalz, 2007; Valenstraete und Francken, 1995).

Solche Risse werden als Reflexionsrisse bezeichnet und sind in Abbildung 2.3 gezeigt.



Abb. 2.3 Typische Schadensbilder für Reflexionsrisse (Bennert und Maher, 2008; Rathmeyer, 2007)

Eine wirtschaftlichere Instandsetzungsmassnahme kann der Einbau von Zwischenschichten in Form von Asphalteinlagen in die bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten sein. Mit den ursprünglich im Erdbau verwendeten Produkten soll eine abdichtende und bewehrende Funktion bei Instandsetzungsmassnahmen erzielt werden (Schmalz, 2007; Valenstraete und Francken, 1995).

Bei vielen Sanierungsmassnahmen mit Asphalteinlagen kam es zu Schäden, da die Anwendung der Materialien aus dem Erdbau nicht ohne weiteres auf bitumenhaltige Trag- und Deckschichten übertragbar ist. Besondere Bedeutung kommt dem Schichtenverbund zu. Dieser kann durch den Einbau der Asphalteinlage ungünstig beeinflusst werden. Daneben gab es Sanierungsprojekte, bei denen keine Schäden nach Einbau der Asphalteinlage festgestellt wurden.

Auf die Bedeutung vom Schichtenverbund für die Funktionstüchtigkeit eines Strassenoberbaus wird im Folgenden näher eingegangen.

2.2 Schichtenverbund

Der Einsatz von Asphalteinlagen als Instandsetzungsmassnahmen von Asphaltfahrbahnen bei bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten des Oberbaus erfolgt mit dem Ziel, die Eigenschaften im Vergleich zu einer klassischen Ausführung in bitumenhaltiger Bauweise zu verbessern. Werden dabei jedoch die grundlegenden Zusammenhänge von Ursache und Wirkung der Belastung von Asphaltbefestigungen nicht berücksichtigt, können die Anforderungen an den Oberbau nicht oder nur ungenügend erfüllt werden. Dabei stellt ein ungenügender Schichtenverbund vielfach die Ursache für Schäden an bitumenhaltigen Deck- und Tragschichten dar (Raab und Partl, 1998).

Glet (Glet, 1999) verdeutlicht die Bedeutung des Schichtenaufbaus durch die Gegenüberstellung von qualitativen Eigenschaftsanforderungen, Schub- und Druckspannungen in Abhängigkeit von der Schichtdicke und stellt daraus die Funktionen der Schichten dar (Abb. 2.4). Er stellte ausserdem fest, dass obwohl die Kräftewirkungen von oben nach unten im Oberbau abnehmen, die Schubkräfte in der Tiefe von zwischen 4-8 cm ihr Maximum erreichen.

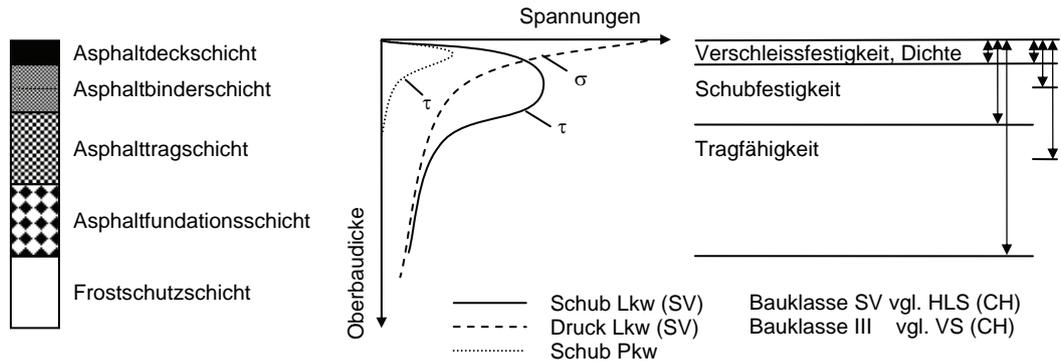


Abb. 2.4 Zuordnung der Eigenschaftsanforderungen sowie schematische Darstellung der Schub- und Druckspannungen in Abhängigkeit von der Schichttiefe und die daraus folgenden Funktionen der Schichten (schematisch) (Glet, 1999)

Ist der Schichtenverbund mangelhaft, gibt es grundsätzlich drei verschiedene Versagensmechanismen (Raab und Partl, 1999):

- Mode I: Zugversagen
- Mode II: Schubversagen (längs)
- Mode III: Schubversagen (quer)

Diese treten durch eine Überlagerung von mehreren Belastungen wie thermisch induzierte Eigenspannungen, Brems- bzw. Beschleunigungslasten oder Spannungskomponenten in Längs- bzw. Querrichtung beim langsam rollenden Rad auf (Abb. 2.5). Dabei werden die vom Schichtenverbund maximal aufnehmbaren Spannungen überschritten. Sind die maximal aufnehmbaren Spannungen der Schichten kleiner, tritt das Versagen nicht am Verbund, sondern in der Schicht selbst auf. Aus diesem Grund sollten bei der direkten Scherprüfung in der Schweiz einerseits die Verbundscherkraft (Schichtgrenze = Verbundscherene) und andererseits die Schichtscherkraft (Schicht = Schichtscherebene) ermittelt werden (Raab und Partl, 1999).

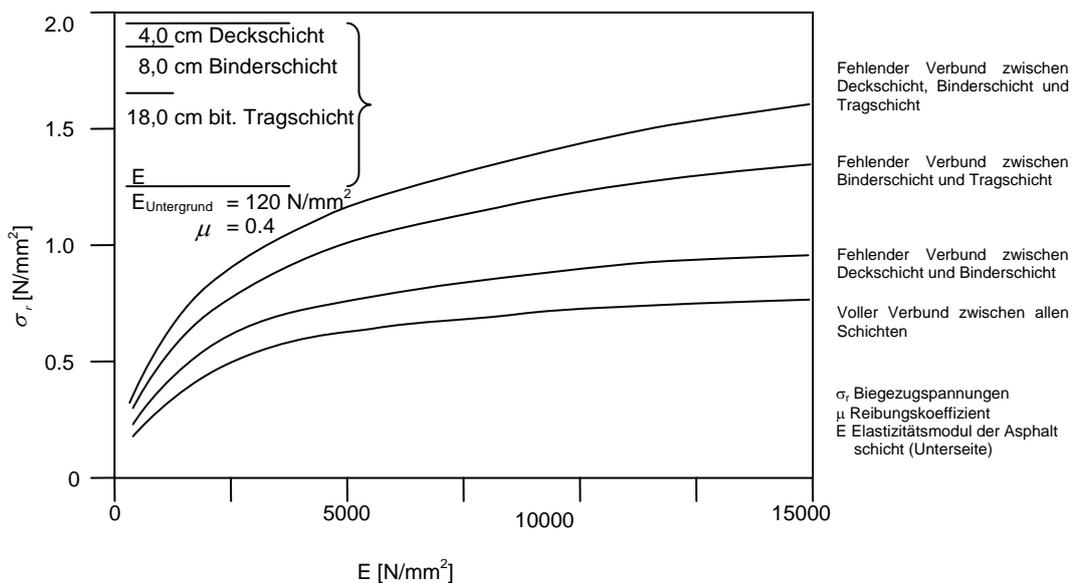


Abb. 2.5 Biegezugspannungen (σ_r) an der Unterseite der Asphalttragschicht für 50 kN-Einzelrad-Überrollung (FGSV 1990)

Stöckert (Stöckert, 2002) beschreibt zusammenfassend die Einflussgrößen. Der Verbund zwischen bitumenhaltigem Mischgut und einer darunter liegenden bitumenhaltigen Schicht entsteht durch Verzahnung und Verklebung. Die Verzahnung wird beeinflusst

durch die Rauheit der Unterlage, die Mischgutzusammensetzung der zu verbindenden Schichten, die Einbautechnik (z.B. Einbau heiß oder kalt) und die Verdichtung sowie die Temperaturen der Unterlage und des Mischguts.

Die Verklebung wird begünstigt durch die Verwendung von Mischgut mit klebfähigen Bindemittelfilmen, eine ausreichend hohe Einbautemperatur zur Verschmelzung der Bindemittelfilme (Unterlage, Mischgut), das Zusammenpressen von Unterlage und Mischgut beim Einbau und der Verdichtung, das gleichmäßige Ansprühen der Unterlage mit einem bitumenhaltigen Bindemittel in der für den Verwendungszweck erforderlichen Art und Menge und das Verhindern oder Beseitigen von Stoffen, die ein Verkleben verhindern (z.B. Feuchtigkeit).

Dieser Verbund wird durch die unterschiedlichsten Faktoren im Herstellungsprozess und über die Periode der Gebrauchsdauer beeinflusst. Abbildung 2.6 gibt einen Überblick über die wichtigsten Einflüsse auf den Schichtenverbund.

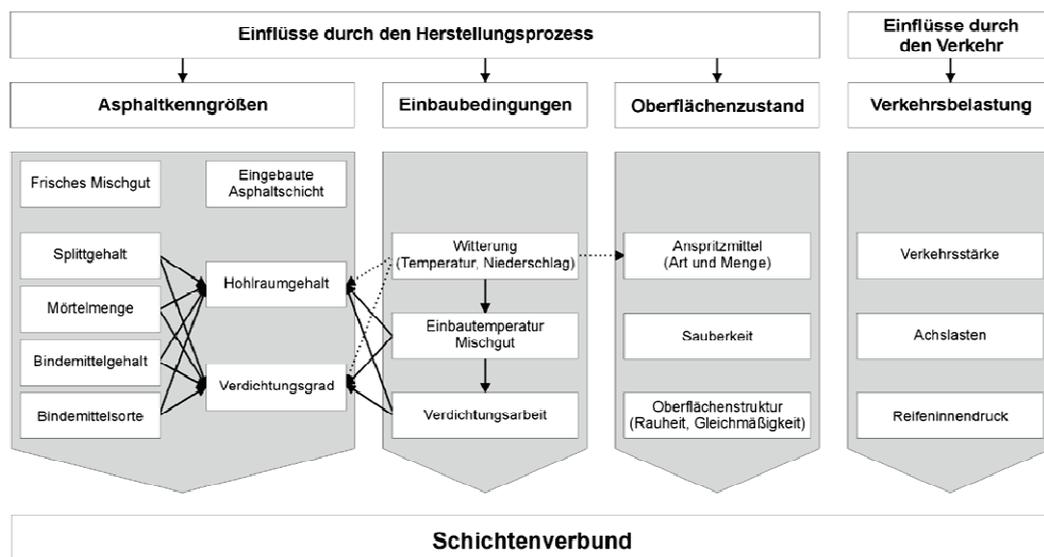


Abb. 2.6 Einflüsse auf den Schichtenverbund (Stöckert, 2002)

2.3 Begriffe zur Erhaltung des Oberbaus

In der SN 670 259 EN 15381 „Geotextilien oder geotextilverwandte Produkte – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich sind“ (SN 670 259 EN 15381, 2008) werden Grundlagen zu den erforderlichen Eigenschaften von Produkten, die als Asphalteinlage beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten eingesetzt werden, angegeben.

Als Asphalteinlage werden in der SN 670 259 EN 15381 Geotextilien und geotextilverwandte Produkte bezeichnet, die zwischen zwei Schichten gebunden sind. Die Produkte können metallisch oder nicht metallisch sein.

Die SN 670 259 EN 15381 legt die relevanten Eigenschaften von metallischen und nicht metallischen Geotextilien und geotextilverwandten Produkten, sowie die geeigneten Prüfverfahren zur Bestimmung dieser Eigenschaften fest. Zudem werden Anforderungen, die von Herstellern und Händlern für die Darstellung von Produkteigenschaften zu beachten sind, dargelegt.

Die Norm geht nicht auf die Eigenschaften der Asphalteinlage im Einbauzustand und auf das Zusammenwirken im Schichtensystem (Schichtenverbund) ein. Die festgelegten Prüfungen erfolgen ausschliesslich am Produkt, wobei keine Mindestanforderungen zu den relevanten Eigenschaften im Einbauzustand genannt werden.

Die Geotextilien und geotextilverwandten Produkte der SN 670 259 EN 15381 wurden ursprünglich in der Geotechnik angewendet. Der übergeordnete Begriff solcher Produkte ist Geokunststoffe. Die Abbildung 2.7 gibt einen Überblick zur Unterteilung der Geokunststoffe. Die für das vorliegende Forschungsprojekt relevanten Produkte sind rot markiert.

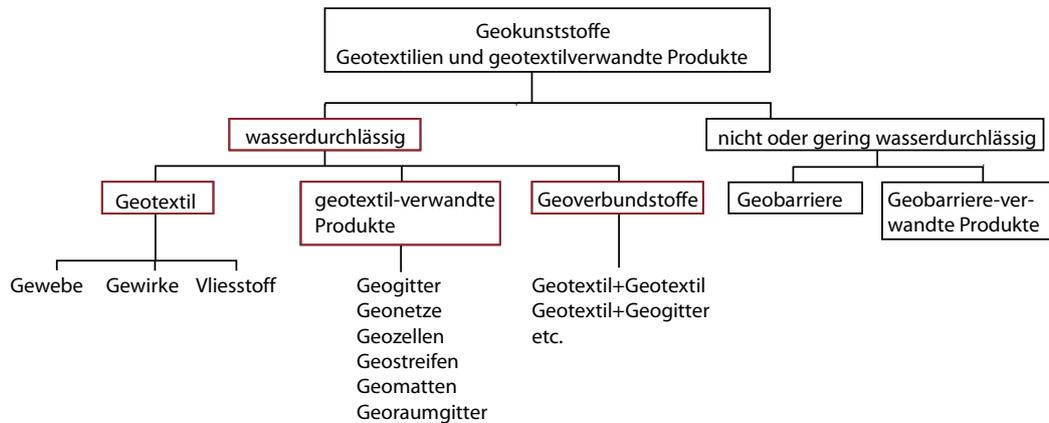


Abb. 2.7 Zuordnung von Asphalteinlagen (Müller-Rochholz, 2008)

In der Abbildung 2.7 sind neben den Geotextilien und geotextilverwandten Produkten auch Geoverbundstoffe als Asphalteinlage markiert. Diese Produkte werden ebenfalls als Asphalteinlage verwendet. Metallische Produkte wie Stahl sind nicht mit in der Abbildung 2.7 dargestellt.

Definitionen zu den in Abbildung 2.7 dargestellten Produkten sind in der SN 670 092 EN ISO 10318 „Geokunststoffe – Begriffe“ (SN 670 092 EN ISO 10318, 2006) und der Schweizer Norm SN 670 240 „Geotextilien und geotextilverwandte Produkte, Begriffe und Produktbeschreibung“ (SN 670 240, 1996) angegeben. Die SN 670 092 EN ISO 10318 verwendet Symbole (Abkürzungen) für die Geokunststoffe, was einen Ansatz zur Systematisierung der Geokunststoffe gibt. Im Folgenden werden die Begriffsdefinitionen zu Geokunststoffen und die Symbole beschrieben.

Geokunststoff (GSY)

Oberbegriff, der ein Produkt beschreibt, bei dem mindestens ein Bestandteil aus synthetischem oder natürlichem Polymerwerkstoff hergestellt wurde, in Form eines Flächengebilde, eines Streifens oder einer dreidimensionalen Struktur, das bei geotechnischen und anderen Anwendungen im Bauwesen im Kontakt mit Boden und/oder anderen Baustoffen verwendet wird (SN 670 092 EN ISO 10318, 2006).

Geotextil (GTX)

Aus polymeren Faserstoffen hergestelltes Flächengebilde, das wasser- und luftdurchlässig ist und im Tiefbau verwendet wird (SN 670 090, 2008; SN 670 240, 1996).

Geotextilverwandtes Produkt (GTP)

Wasser- und luftdurchlässiges polymeres Flächengebilde, das im Tiefbau verwendet wird (SN 670 240, 1996).

Geoverbundstoff (GCO)

Aus Komponenten aufgebautes Flächengebilde, das im Tiefbau verwendet wird und aus mindestens einem Geotextil oder geotextilverwandten Produkt besteht (SN 670 240, 1996).

Weitere Normen, Handbücher und Arbeitspapiere, die sich mit Geokunststoffen befassen, sind in der Tabelle 2.1 aufgelistet.

Tab. 2.1 Normen, Handbücher und Arbeitspapiere zu Geokunststoffen

Land	Norm, Handbuch, Arbeitspapier	Titel
Schweiz	SN 670 092 EN ISO 10318	Geokunststoffe – Begriffe (2006)
	SN 670 240 SN 670 090	Geotextilien und geotextilverwandte Produkte, Begriffe und Produktbeschreibung (1996)
	SN 670 242	Geokunststoffe Anforderungen für die Funktion Bewehren (2005)
	SN 670 259 EN 15381	Geotextilien oder geotextilverwandte Produkte – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich sind (2008)
	Handbuch für den Geokunststoffanwender	Bauen mit Geokunststoffen (2003)
	SVG Geotextilhandbuch	Kapitel 11 - Geotextileinlagen in bituminösen Belägen (1988)
Deutschland	FSGV AP 69	Verwendung von Vliesstoffen, Gittern und Verbundstoffen im Asphaltstrassenbau (2006)
	M Geok E	Merkblatt über die Anwendung von Geokunststoffen im Erdbau des Straßenbaus (FGSV 535)

In der Schweiz wurde 1985 das Geotextilhandbuch des Schweizerischen Verbandes für Geokunststoffe (SVG) erstmals herausgegeben (Rüegger et al., 1988). Das Kapitel 11 befasst sich mit „Geotextileinlagen in bituminösen Belägen“. Es wird auf die Theorie und die Praxis von Geotextileinlagen eingegangen. Das Geotextilhandbuch sollte zu einer fachgerechten und breiten Anwendung der damals noch wenig verbreiteten Technologie beitragen.

Aufgrund neuer Forschungsergebnisse und technologischen Erkenntnissen, Anwendererfahrungen und aktuellen Normen und Richtlinien wurde das Handbuch „Bauen mit Geokunststoffen“ (Rüegger und Hufenus, 2003) erarbeitet. Dieses Handbuch behandelt u.a. die Eigenschaften, Hauptaufgaben und Anwendungsgrundlagen von Geokunststoffen im Erdbau und bei den ungebundenen Schichten des Strassenbaus. Die Anwendungen von Asphaltteinlagen bei bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten werden nicht behandelt.

Eine Empfehlung zur Anwendung von Asphaltteinlagen bei Erhaltungsmaßnahmen von Strassen ist in der SN 640 732a „Erhaltung bitumenhaltiger Oberbauten Instandsetzung“ (SN 640 732a, 2003) zu finden. In der SN 640 732a wird der Einbau von Asphaltteinlagen bei Instandsetzungsmassnahmen als spannungsabsorbierende Zwischenschicht in Form von Geotextilien und Stahlgitter empfohlen. In der Abbildung 2.8 werden die Schweizer Normen, die sich mit dem Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen beschäftigen, dargestellt.



Abb. 2.8 Normen für die Erhaltung von Strassen (SN 640 730b, 1998; SN 640 737, 2009)

Zusammenfassend ergab die Recherche, dass Handbücher und Arbeitspapiere in der Schweiz und Deutschland existieren, die Anwendung von Asphalteinlagen bei bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten hingegen nur sehr wenig in den Normen behandelt wird.

Die SN 670 259 EN 15381 gibt eine Begriffsdefinition zu Asphalteinlagen und beschreibt die erforderlichen Eigenschaften von Asphalteinlagen beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten. Zu Produkten, die als Asphalteinlage verwendet werden können, verweist die SN 670 259 EN 15381 auf die SN 670 092 EN ISO 10318. In der SN 670 092 EN ISO 10318 werden Begriffe zu Geokunststoffen definiert und eine Symbolik für die Produkte gegeben, womit ein Ansatz zur Systematisierung von Asphalteinlagen gegeben ist.

Eine Norm, die die Eigenschaften der Asphalteinlage im Einbauzustand und auf das Zusammenwirken des Schichtensystems (Schichtenverbund) eingeht, existiert noch nicht. Die festgelegten Prüfungen in der SN 670 259 EN 15381 erfolgen ausschliesslich am Produkt, wobei keine Mindestanforderungen zu den relevanten Eigenschaften im Einbauzustand genannt werden.

Die Anwendung der Asphalteinlage als spannungsabsorbierende Zwischenschicht bei Instandsetzungsmassnahmen wird in der SN 640 732a benannt. Es werden aber auch in dieser Norm keine Angaben zu den Eigenschaften im Einbauzustand angegeben.

2.4 Überblick zu Asphalteinlagen

2.4.1 Material

Nach SN 670 092 EN ISO 10318 (SN 670 092 EN ISO 10318, 2006) (vgl. Ziffer 2.3) ist ein Geokunststoff ein Produkt, bei dem mindestens ein Bestandteil aus einem synthetischen oder natürlichen Polymerwerkstoff besteht. Im Asphaltstrassenbau wird als synthetischer Stoff Kunststoff genutzt und als natürliche Stoffe Glas und Carbon. Neben den synthetischen und natürlichen Stoffen werden Asphalteinlagen aus Stahl hergestellt.

Kunststoffe sind synthetische Stoffe, die sich aus Molekülen zu langen Ketten (Polymeren) zusammensetzen. Bei den Kunststoffen werden die Materialien Polypropylen, Polyester und Polyvinylalkohol für Asphalteinlagen verwendet. In der SN 670 259 EN 15381 werden Kurzbezeichnungen für Kunststoffe angegeben, die auch in dieser Forschungsarbeit verwendet werden.

PP: Polypropylen
 PET: Polyester
 PVA: Polyvinylalkohol

Die Materialien Kunststoff, Glas und Carbon werden zu Fasern bzw. Bahnen weiter verarbeitet.

2.4.2 Struktur

Die Struktur ergibt sich aus der Anordnung von den Fasern oder Bahnen und dem Stahldraht in der Asphalteinlage. Aus den Materialien Glas und Carbon werden Fasern hergestellt, die zu Faserbündeln weiterverarbeitet werden. Die Faserbündel werden durch unterschiedliche Verfahrenstechniken zu einer bestimmten Struktur angeordnet.

Die Anordnung der Fasern führt zu einer Asphalteinlage mit den folgenden Strukturen:

- gitterförmig
- flächenförmig
- gitterförmig und flächenförmig

Gitterförmige Asphalteinlagen (Gitter) können aus den Materialien Glas, Kunststoff, Carbon und Stahl bestehen.

Aus den Materialien Glas und Carbon werden endlose, unverdrehte, gestreckte Fasern produziert, die zu Bündeln weiterverarbeitet werden. Durch verschiedene Verfahrenstechniken wie z.B. das Weben oder Legen werden aus den Filamentbündeln Produkte mit einer spezifischen Gitterstruktur (Knotenstruktur und Öffnungsweite) hergestellt. Gitter aus Kunststoffen werden durch Extrudieren und Verstrecken produziert. Die Faserbündel werden zur Verbesserung des Haftverbundes mit einer bitumenhaltigen Schicht umhüllt (Müller-Rochholz, 2008; Rüeegger und Hufenus, 2003).

Bei Asphalteinlagen aus Bezinal (Zi- Al) beschichteten Stahldrähten, sind die Drähte verdreht und mit einem massiven, zur optimierten Verankerung im Asphalt, gedrehten Flachdraht verstärkt (Bekaert, 2010).

Die Abbildung 2.9 zeigt Beispiele gitterförmiger Asphalteinlagen.

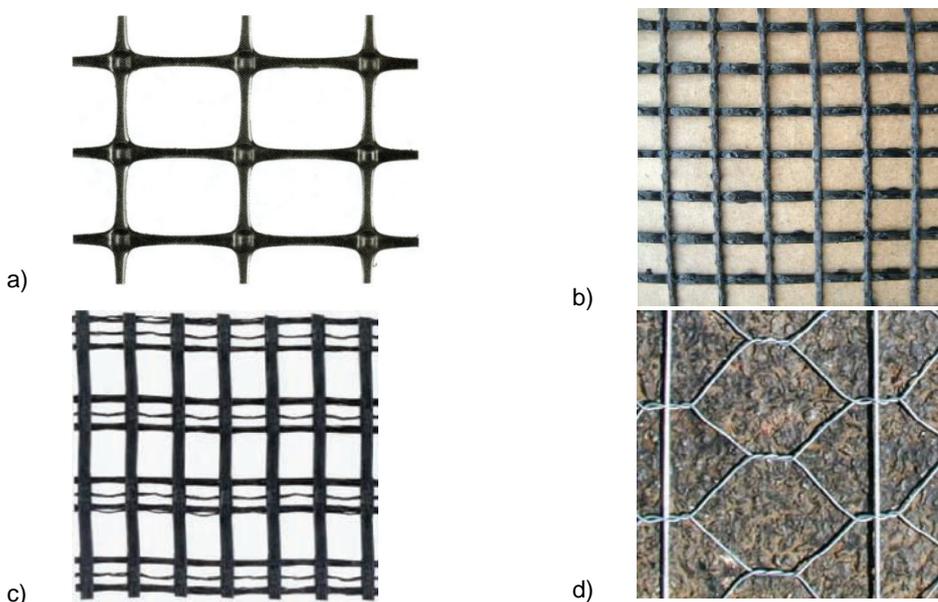


Abb. 2.9 a) extrudiertes Kunststoffgitter b) Glasfasergitter c) Polyestergitter d) Stahlgitter (RÜEGGER UND HUFENUS, 2003)

Zusammenfassend können gitterförmige Asphalteinlagen aus folgenden Materialien und Verfahrenstechniken hergestellt sein (Tab. 2.2)

Tab. 2.2 Material und Verfahrenstechniken bei der Herstellung gitterförmiger Asphalteinlagen PP Polypropylen; PET Polyester; PVA Polyvinylalkohol (Müller-Rochholz, 2008)

	Kunststoff			Glas	Carbon	Stahl
	PP	PET	PVA			
Gewebt		x	x	x		
Gelegt		x		x	x	
Gestreckt	x				x	
Verdrillt						x

Bei flächenförmigen Asphalteinlagen (Vliese) werden aus 3-15 cm langen ausgerichteten oder wirt gelegten Fasern durch mechanische, thermische oder chemische Einwirkungen Faserschichten hergestellt. Diese Faserschichten werden als Vliese bezeichnet (FSGV AP 69, 2006; Rüeegger et al., 1988; Rüeegger und Hufenus, 2003).

Die mechanische Verfestigung erfolgt durch Vernadeln oder Vernähen der Fasern (Abb. 2.10). Bei der thermischen Einwirkung verkleben die Fasern miteinander (Abb.

2.10). Bei der chemischen Einwirkung werden die Fasern durch ein Bindemittel adhäsiv verbunden (FSGV AP 69, 2006; Rüeegger et al., 1988). Abbildung 2.10 zeigt die verschiedenen Arten der Verfestigung von Vliesfasern zu einer Asphalteinlage.

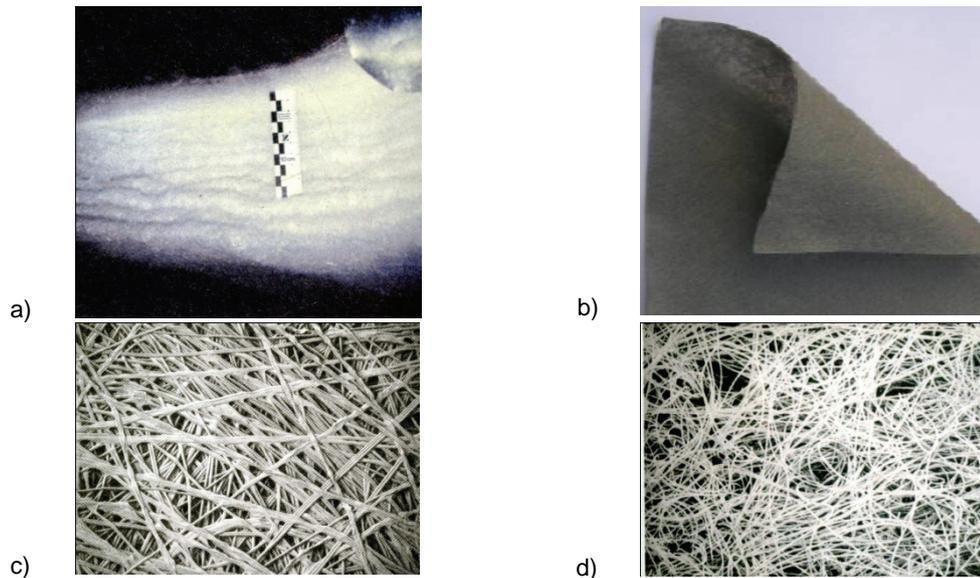


Abb. 2.10 a) Vlieslagen unverfestigt b) Faserschicht c) REM - Vlies thermisch verfestigt, d) REM - Vlies mechanisch verfestigt (vernadelt); (Asphalt Academy, 2008; Müller-Rochholz, 2008; Rüeegger und Hufenus, 2003)

Die Kombination aus einer gitterförmigen und flächenförmigen Asphalteinlage ergibt einen Verbundstoff. Es werden Gitter auf Vliese durch Klebung oder Annäherung befestigt. Abbildung 2.11 zeigt verschiedene Produkte von Verbundstoffen.

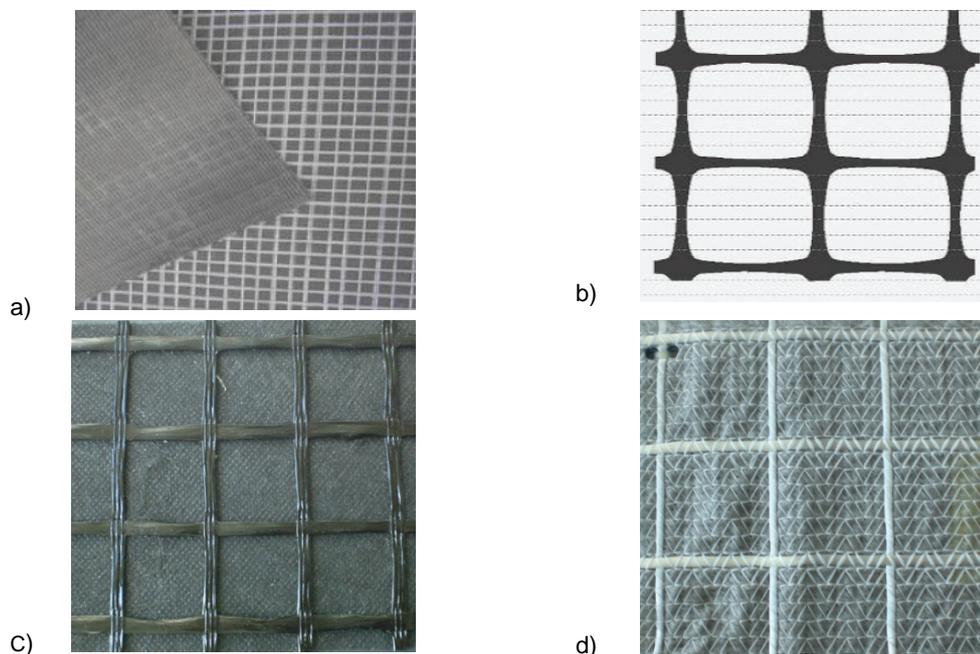


Abb. 2.11 a) Glasfaser auf Vlies geklebt, b) Kunststoffgitter auf Vlies geklebt c) vorbituminiertes Glasfasergitter auf Vlies geklebt d) Glasfaser auf Vlies gewebt; (Asphalt Academy, 2008)

2.4.3 Funktion

Die Problematik von Asphaltmischgut liegt in der Dauerhaftigkeit der Funktion in den Trag- und Deckschichten. Die Lebenszyklusintervalle werden beeinflusst durch äussere Einwirkungen wie Temperatur, Frost-/Tauwechsel, Hebungen und Senkungen des Untergrundes, Schwerverkehrsbelastung und innere Einflüsse wie Materialermüdung, Eindringung von Feuchtigkeit, Mischgutzusammensetzung, Verdichtung und Schichtenverbund.

Die Folge der äusseren und inneren Einwirkungen sind Spannungen, die u.a. zu Rissen, Materialausbrüchen und Senkungen in den bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten führen können. Entsprechend können Asphalteinlagen grundsätzlich in den in Tabelle 2.3 aufgeführten Fällen angewendet werden.

Tab. 2.3 Wirkung von Asphalteinlagen

Verformungen (Fokus: Steifigkeit)		Risse (Fokus: Festigkeiten)		Oberbautyp	
Setzungen	Spurrinnen	Thermisch	Reflexion		
+	+	+	+	Neu	Asphalt
-	-	-	+	Alt	
+ gute Wirkung - keine Wirkung					

Dabei können je nach Beschaffenheit der Asphalteinlagen (z.B. Festigkeit, Steifigkeit, Haftung zwischen Einlage und Asphalt) ganz verschiedene Effekte erzielt werden. Diese Wirkungen sind bei der Konzipierung von Einlagen bewusst zu berücksichtigen.

Grundsätzlich sollen mit Asphalteinlagen die folgenden Funktionen erfüllt werden:

- Rissüberbrückung
- Rissverteilung
- Spannungsabbau
- Abdichtung gegen eindringendes Wasser
- Tragfähigkeitserhöhung

Hinsichtlich Rissen ist insbesondere zu definieren, ob die Asphalteinlage eine Rissüberbrückung im Sinne einer passiven oder eine Rissverhinderung im Sinne einer aktiven Rolle übernehmen soll, wobei die Möglichkeit der Grob- oder Feinverteilung der Risse je nach Steifigkeit und Verankerung der Asphalteinlage in diese Konzipierung eingehen muss (Abbildung 2.12). Wegen der ausgeprägten Temperaturabhängigkeit von Asphalt muss im Konzept genau berücksichtigt werden, in welchem Temperaturbereich die Asphalteinlage ihre volle Wirkung entfalten soll.

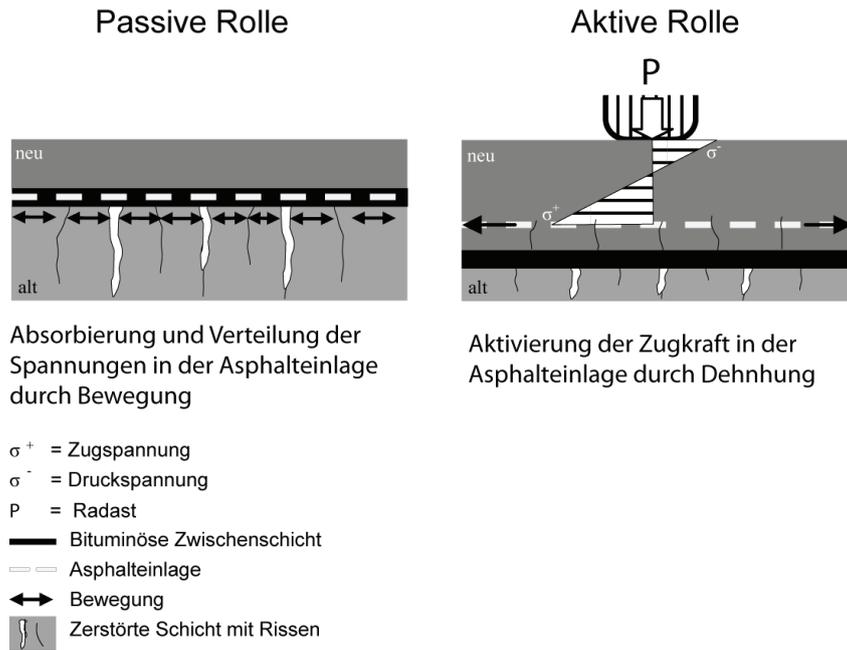


Abb. 2.12 Prinzipielle Wirkung von Asphalteinlage

In Abbildung 2.13 wird das Durchschlagen von Rissen (Reflexionsrisse) aus einer unteren Schicht in eine darüberliegende Asphaltschicht dargestellt. Die Ursache der Rissübertragung auf die obere Schicht liegt in den am Riss auftretenden Spannungen im Grenzbereich der aneinanderliegenden Schichten. Die Spannungen ergeben sich aus der Biegebeanspruchung (σ_r) und der vertikalen Schubbeanspruchung (τ^D) infolge von Verkehrslasten sowie der Dehnung (ϵ) durch Temperaturänderung im Material (Leykauf, 1986) (vgl. Abb. 2.13). Sind die Beanspruchungen der unteren Schicht (horizontale Zugkräfte) grösser als die inneren Widerstände der oberen Schicht, kommt es zum Versagen in Form von Rissbildung im Material. Risse in der Deckschicht sind Schwachstellen durch die Wasser in das Schichtensystem eindringen und zu Folgeschäden z.B. Tragfähigkeitsverlust führen kann (Valenstraete und Francken, 1995).

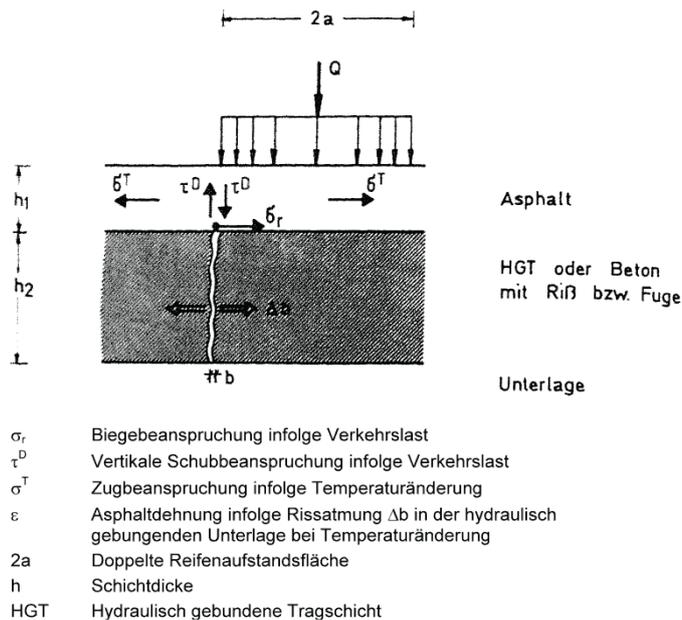


Abb. 2.13 Entstehung von Reflexionsrissen im Asphalt (Leykauf, 1986)

Um die Entstehung der Schäden zu verhindern bzw. zu verzögern werden Asphalteinlagen verwendet. Diese werden zwischen den Asphaltsschichten in den spannungsbeanspruchten Bereich verlegt. Dort sollen sie zur Spannungsaufnahme beitragen, so dass die Verbreiterung bzw. das Durchschlagen von Rissen verzögert bzw. verhindert wird.

Der Spannungsabbau im bitumenhaltigen Belag wird in der Literatur durch zwei unterschiedliche Mechanismen erklärt:

- Kriechen
- Bewehren

Der Begriff „Kriechen“ wird nach Rügger (Rügger et al., 1988) als ein Vorgang viskoser Verformungen bei Vliesen bezeichnet, durch welche Spannungsspitzen abgebaut werden können. Beim Einbau von Vlies als Asphalteinlage, übernimmt dieses die Funktion der Bindemittelspeicherung. Dessen Fasern erhöhen zudem die Viskosität des Systems Bitumen – Vlies (FSGV AP 69, 2006). Vliese zeichnen sich durch eine hohe Bruchdehnung aus, die in der Regel nach Valenstraete (FSGV AP 69, 2006; Valenstraete und Francken, 1995) über 35 % liegt.

Der Spannungsabbau durch Bewehren wird nach FGSV AP 69 (FSGV AP 69, 2006) durch eine lokal begrenzte horizontale Beweglichkeit und der Übernahme von Zugspannungen durch Bewehrungselemente erreicht (vgl. Abb. 2.12).

Nach SN 670 259 EN 15381 (SN 670 259 EN 15381, 2008) „wird die Spannungsentlastung durch ein Strassenbaumaterial (Vliesstoff oder Zweckverbund) geschaffen, das - bei ordentlicher Verlegung zwischen einer Strassenoberfläche oder einer neuen Asphaltdeckschicht - leichte Differentialbewegungen zwischen den zwei Schichten ermöglicht. Dadurch wird die Ausbreitung von Brüchen in der Asphaltdeckschicht verzögert oder gestoppt“.

Die Wirkung der Asphalteinlage als Bewehrung ist nach Brugger (Brugger, 2004) nur dann gewährleistet, wenn die auftretenden Kräfte in die Bewehrungseinlage eingeleitet werden können. Die feste Verankerung der Asphalteinlage zwischen den Asphaltsschichten resp. der Schichtenverbund ist von ausschlaggebender Bedeutung.

Es ist festzustellen, dass der Spannungsabbau durch zwei unterschiedliche Mechanismen in Abhängigkeit von der Asphalteinlage Vlies und Gitter in der Literatur beschrieben wird. In Tabelle 2.4 werden die Aspekte zum Spannungsabbau für Vlies und Gitter gegenübergestellt.

Tab. 2.4 Vergleich der Asphalteinlagen Vlies und Gitter

Asphalteinlage	Vlies	Gitter
Vergleichsaspekt		
Funktion der Asphalteinlage	Bindemittelspeicher	Zugkraftaufnahme
Mechanismus beim Spannungsabbau	Verformungsausgleich durch Viskosität des Bindemittels	Krafteinleitung ins Gitter bei lokal begrenzter horizontaler Beweglichkeit
Materialeigenschaft	Viskosität Bruchdehnung	Dehnsteifigkeit
Probleme mit der Asphalteinlage	Anfällig gegen Schubkräfte Schichtenverbund	Kraftschlüssiger Schichtenverbund

Die Funktion Abdichtung wird in der SN 670 259 EN 15381 (SN 670 259 EN 15381, 2008) mit dem Begriff Zwischenschicht-Abdeckung beschrieben. Demnach wird die Abdichtung mit einem Strassenbaumaterial erreicht, welches im Zusammenhang mit einer Bitumenschicht als Schutz gegen das Eintreten von Wasser agiert und somit die Verschlechterung des Belages verhindert. Nach Rügger (Rügger et al., 1988) wirkt ein bitumenimprägniertes Vlies als Wassersperre. Dies wird erreicht, indem das Vlies als Träger von Bindemitteln wirkt, wodurch das Aufbringen einer grösseren Menge Bindemittel möglich ist. Dadurch können grössere und gleichmässige Schichtdicken, als sie mit rei-

nem Bitumen möglich sind hergestellt werden, die eindringendes Wasser zurückhalten.

Dadurch, dass das Eindringen von Wasser, Tausalz, organischen und anorganischen Bestandteilen verhindert wird, können nach Nesslauer (Nesslauer, 2003) Tragfähigkeitsverminderungen und Frostschäden vermieden werden.

Eine Tragfähigkeitsverbesserung soll in und zwischen bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten vor allem mit Geogittern erreicht werden. Es können auch Stahldrahtgeflechte verwendet werden (Bekaert, 2010).

Grundvoraussetzung für den funktionsgerechten Aufbau ist ein ausreichender Schichtenverbund zwischen den Teilen des Belagsaufbaues. Der schubssichere Verbund der Asphalteinlage im Schichtensystem ist von ausschlaggebender Bedeutung, dass die Funktionen der Asphalteinlage erfüllt werden können.

2.4.4 Eigenschaften

Im Schichtensystem des bitumenhaltigen Oberbaus ist die Asphalteinlage mit den bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten verbunden, so dass die in Ziffer 2.4.3 beschriebenen Funktionen Bewehren, Abdichten und Tragfähigkeitsverbesserung nicht nur von den Eigenschaften der Asphalteinlage abhängen, sondern von dem Zusammenwirken der verschiedenen Schichten untereinander (Raab und Partl, 1999). Die Eigenschaften der Asphalteinlage müssen daher auf die jeweilige Bauaufgabe und die viskoelastischen Eigenschaften des bitumenhaltigen Mischgutes angepasst werden (Schmalz, 2005).

Asphalt ist nach Straube (Straube und Krass, 2005) ein technisch hergestelltes oder natürlich vorkommendes Gemisch aus Gesteinskörnungen sowie Bitumen und gegebenenfalls weiteren Zusatzstoffen. Nach Rüeegger (Rüeegger et al., 1988) werden langfristig wirkende Zugspannungen durch Kriechen abgebaut und kurzfristig wirkende Zugspannungen durch das Bitumen elastisch aufgenommen. Bei Ermüdungen im Bitumen können Risse schon bei kleinen Dehnungen unter 0.2 % auftreten. Nach Wilmers (Wilmers, 2008) können Produkte eine gerichtete Zugfestigkeit in eine Asphaltschicht einbringen, wenn diese bei Zugbeanspruchung eine hohe Gegenkraft bei geringer Dehnung entwickeln.

Nach SN 670 092 EN ISO 10318 (SN 670 092 EN ISO 10318, 2006) soll beim Bewehren das Spannungs-Dehnungs-Verhalten eines Geotextils oder eines geotextilverwandten Produkts zur Verbesserung der mechanischen Eigenschaften des Bodens oder eines anderen Baustoffes genutzt werden.

Das Spannungs-Dehnungs-Verhalten wird mit dem Elastizitätsmodul (E-Modul) ausgedrückt. Dieser Materialkennwert dient der Beschreibung des Zusammenhangs zwischen Spannung und Dehnung bei der Verformung eines festen Körpers bei linear elastischem Verhalten.

Nach Wiehler (Wiehler et al., 1996) liegt der E-Modul von Asphaltbeton bei einer Temperatur von 5°C bei 8000 N/mm² und bitumenhaltige Tragschichten bei 6000 N/mm². Nach Brown (Brown et al., 1985) liegt der E-Modul unter dynamischen Beanspruchungen zwischen 100 - 10 000 MN/m².

Bei Betrachtungen zum Elastizitätsmodul der Asphalteinlage beschreibt Scherer (Scherer, 2004), dass der E-Modul eines Fasergitters tiefer als der theoretische E-Modul der Faser liegt. Die Ursache dafür liegt in der Herstellung des Gitters, bei der die Fasern nicht optimal angeordnet werden. Nach Scherer (Scherer, 2004) ist für den Vergleich im „Verbundbaustoff armerter Asphalt“ der theoretische Elastizitätsmodul der Faser um einen Reduktionsfaktor von 1.5 abzumindern.

Ein weiterer wichtiger Materialkennwert, in Bezug auf die Funktion Bewehrung, ist die Bruchdehnung. Diese gibt die bleibende Verlängerung der Probe nach dem Bruch bezogen auf die Anfangsmesslänge an.

In Tabelle 2.5 sind die abgeminderten E-Module und Bruchdehnungen für Asphalt und Asphalteinlagen gegenübergestellt.

Tab. 2.5 Vergleich E-Modul von Asphalt zu Fasergittern (Brown et al., 1985; Brugger, 2001; Scherer, 2004)

Material	E-Modul (N/mm ²)			Bruchdehnung (%)	
AC	100-10 000			-	
GGR/PP	8000			10-12	
GGR/PET	10 000			12-15	
GGR/G	47 000			3.0	
GGR/C	160 000			1.6	
GGR/S	210 000			0.1	
GGR	Gitter	PP	Polypropylen	G	Glasfaser
		PET	Polyester	S	Stahl
		C	Carbonfaser	AC	Asphalt

Gemäss Angaben der Firma Huesker/Schoellkopf kann die Bruchdehnung von Polypropylen bis zu 16 % betragen. Die Höchstkraftzugdehnung von Polyestergerittern, die zur Asphalteinlage eingesetzt werden, liegt bei 10-12% (Huesker/Schoellkopf, 2010).

Die Ausgangsfasern Glas, Carbon und Stahl entwickeln bei Zugbeanspruchung eine hohe Gegenkraft bei geringer Dehnung. Nach Wilmers (Wilmers, 2008) bringen sie eine gerichtete Zugfestigkeit in die Asphalttschicht ein. Die Voraussetzung dafür ist nach Wilmers der zugfeste Verbund der Asphalteinlage im Schichtensystem bitumenhaltiger Trag- und Deckschichten.

Im FSGV Arbeitspapier 69 (FSGV AP 69, 2006) und in Müller-Rochholz (Müller-Rochholz, 2008) sind Eigenschaften, Prüfverfahren und Richtwerte für Asphalteinlagen, mit denen gute Erfahrungen gemacht wurden, zusammengetragen. Diese sind in Tabelle 2.6 dargestellt.

Tab. 2.6 Eigenschaften, Prüfverfahren und Richtwerte für Asphalteinlagen (FSGV AP 69, 2006; Müller-Rochholz, 2008)

Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	GTX-N	GGR	GCO
			Richtwerte	Richtwerte	Richtwerte
Zugfestigkeit	DIN EN ISO 10319	kN/m	9	20/20	20/20
Höchstzugkraftdehnung	DIN EN ISO 10319	%	55	15	215
Schmelzpunkt	EN ISO 3146	°C	160	160	160
Schichtenverbund Abscherverhalten	ALPA-StB, Teil 4	kN	10	10	10
Umweltunbedenklichkeit	M Geok E, Ausgabe 2005, Abschnitte 3.1, 6.28 – 17.6	Ist nachzuweisen, insbesondere auch im Hinblick auf Recycling			
GTX-N	Vlies				
GGR	Gitter				
GCO	Verbundstoff				

Die in der SN 670 249a „Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Bau von Strassen und sonstigen“ (SN 670 249a, 2007) angegebenen geforderten Eigenschaften von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten gelten nicht für Geotextilien und geotextilverwandte Produkte, die in bitumenhaltigen Schichten des Strassenbaus eingesetzt werden. Im Handbuch „Bauen mit Geokunststoffen“ (Rüegger und Hufenus, 2003) werden Richtwerte für Eigenschaften von Geotextilien und geotextilverwandten Produkten für die Anwendung im Erdbau angegeben. Richtwerte für Asphalteinlagen bei der Anwendung in bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten werden nicht beschrieben.

Eine Wiederverwendung des Asphalts sollte durch die Asphalteinlage nicht verhindert werden. Vliesstoffe können gefräst werden, ebenso Kunststoffgitter. Beim Abfräsen von Schichten mit gewebten Gittern aus hochfesten Polyesterfasern kann es Probleme geben, wenn diese so ungünstig von der Fräswalze gegriffen werden, dass sie sich um diese herumwickeln. Dies ist zu vermeiden, wenn die Frästiefe auf mehrere Zentimeter tiefer eingestellt wird, was aber nicht immer gewollt ist. Maschendrahtgitter mit Drahtseilverstärkung werden beim Fräsen freigelegt und dann herausgezogen oder neu überbaut (Müller-Rochholz, 2008).

Nach Angaben der Firma Bekaert eignen sich Stahldrahtgeflechte als Asphalteinlagen auch unter Berücksichtigung des Rückbaus. Beim Rückbau mit Stahldrahtgeflechtem verstärkten Strassen, wird bis auf das Geflecht gefräst, anschliessend kann das Stahldrahtgeflecht maschinell aufgenommen und separat rezykliert werden (Bekaert, 2010).

Nach Brugger (Brugger, 2001) ist die Rezyklierbarkeit bei Polyester als problematisch anzusehen und damit auch ungeeignet als Asphalteinlage. Carbon, Glas und Polypropylen sind rezyklierbar. Aus diesem Grund eignen sich nach Brugger diese Ausgangsfasern als Asphalteinlage (Brugger, 2001).

Neuere Untersuchungen belegen, dass das Fräsen von Polyestergerittern doch machbar ist und auch das Recycling unproblematisch sei (CROW, 1995; Huesker/Schoellkopf, 2010; RWTH Aachen, 2008).

2.5 Anwendung von Asphalteinlagen im Strassenoberbau

Asphalteinlagen werden bei Erhaltungsmassnahmen in den bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten eingebaut. In Ziffer 2.5.1 wird in Abbildung 2.14 die unterschiedliche Einbaulage, die eine Asphalteinlage in einer Erhaltungsmassnahme annehmen kann, dargestellt. In Ziffer 2.5.2 werden die unterschiedlichen Einbauweisen gezeigt.

2.5.1 Asphalteinlage als Zwischenschicht

Belagsschichten mit schweren und durchgehenden Rissen oder starken Verformungen müssen durch Belagserneuerung ersetzt werden. Asphalteinlagen werden bei der Instandsetzung von Fahrbahnen, bei den Massnahmen - Belagsüberzüge und Belagserneuerung - eingesetzt. Sie werden auf der tragfähigen, standfesten, nur leicht gerissenen Deckschicht verlegt und die neue Deckschicht wird darüber eingebaut. Weiterhin werden Asphalteinlagen zwischen Trag- und Deckschichten (mit/ohne Binderschicht) verwendet (vgl. Abb. 2.14)

In der Schweizer Norm SN 640 732a werden beim Einbau einer neuen Belagsschicht bitumenimprägnierte Geotextilien und Stahlgitter als spannungsabsorbierende Zwischenschicht empfohlen. Es wird aber keine Angabe zu einer Mindestschichtdicke für die neue Deckschicht angegeben.

Vor der Wahl einer Erhaltungsmassnahme wird eine Schadenanalyse durchgeführt. Je nach Schadensschwere und -ausmass und Schadenursache wird die Erhaltungsmassnahme gewählt. Abbildung 2.14 zeigt die möglichen Lagen der Asphalteinlage im Strassenoberbau bei den Instandsetzungsmassnahmen Belagsüberzug, Deckschichterneuerung und Belagserneuerung.

Die Lage von der Asphalteinlage bei bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten, wird hier zusammen mit dem vom ASTRA typisierten Strassenoberbau dargestellt (ASTRA, 2007) (Abb. 2.14).

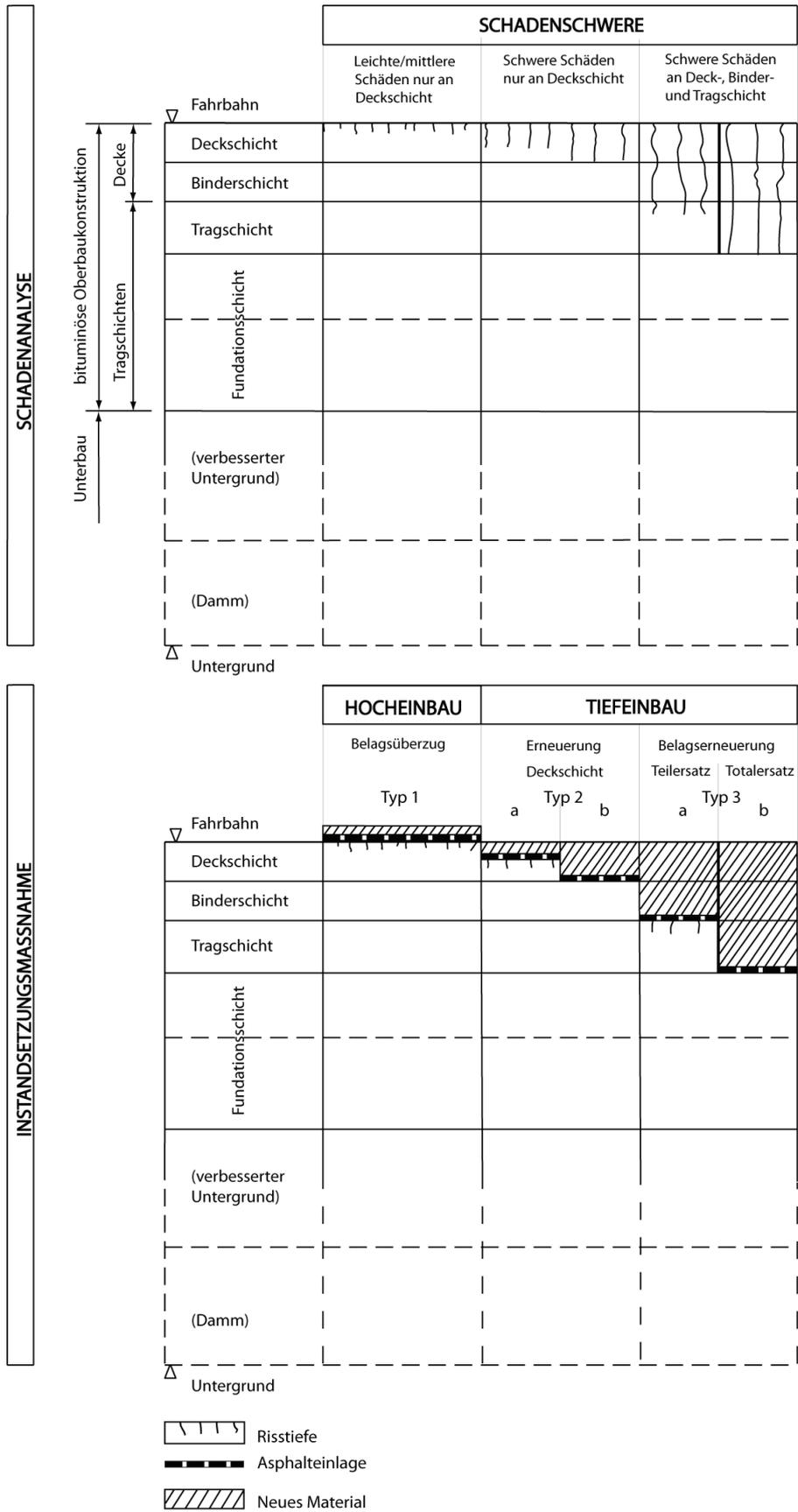


Abb. 2.14 Darstellung der Lage der Asphalteinlage mit Hilfe des typisierten Strassenoberbaus des ASTRA

Es wurden drei Typen für die Lage der Asphalteinlage erkannt. Beim Typ 1 werden die Asphalteinlagen im Hocheinbau bei Verstärkungen verwendet. Die Asphalteinlage wird dabei auf die alte leicht beschädigte Asphaltdeckschicht aufgebracht und mit einer neuen Deckschicht überbaut. Bei den Typen 2 und 3 werden die Asphalteinlagen beim Tiefeinbau verwendet. Beim Typ 2 wird die Asphalteinlage bei der Erneuerung der Deckschicht eingesetzt, wobei die Asphalteinlage in der Regel zwischen Binder- und Deckschicht liegt. Beim Typ 3 wird die Asphalteinlage bei der Belagserneuerung in Form des Teil- bzw. Totalersatzes verwendet. Bei dieser Massnahme befindet sich die Asphalteinlage zwischen Binder- und Tragschicht, bzw. zwischen Trag- und Fundationsschicht.

Im Bericht des internationalen Cost Projektes 348 – REIPAS (siehe Ziffer 3.3) wird je nach Schadenbild eine Empfehlung der Lage und des Produkts gegeben. Tabelle 2.7 zeigt Empfehlungen zu Materialien, die zur Vermeidung von Belagsschäden angewendet werden können.

Tab. 2.7 Empfohlene Anwendungen von Asphalteinlagen im Strassenbau im Cost Projekt 348 -REIPAS

Vermeidung	GTX-N	GGR/PP GGR/PET	GGR/S	GCO PP/GTX-N GCO PET/GTX-N
Spurrinnen		x	x	x
Risse durch Frosthebung		x	x	
Reflexionsrisse	x	x	x	x
Ermüdungsrisse	x	x	x	x
Tragfähigkeitsverluste	x	x	x	x
GTX-N Vlies	PP	Polypropylen		
GGR Gitter	PET	Polyethylen		
GCO Verbundstoff	S	Stahl		

Nach Tabelle 2.7 ist die Anwendung von Polymer- und Stahlgitter bei allen aufgeführten Schadenbildern möglich. Geotextilien (GTX-N) sind nur beschränkt anwendbar. Sie sollen nicht bei Spurrinnen und Rissen durch Frosthebung angewendet werden. Die Verbundstoffe aus Polymergitter und Geotextil sind bei Rissen durch Frosthebung nicht wirksam.

2.5.2 Asphalteinlage mit Bitumen als Zwischenschicht

Im Folgenden werden drei verschiedene Einbauarten von Asphalteinlagen beschrieben. Bevor die Asphalteinlage in den bitumenhaltigen Belag eingebaut wird, erfolgt die Reinigung und Trocknung der Unterlage. Der Verbund von Asphalteinlage mit der oben- und untenliegenden Schicht wird mit einem Haftmittel oder einer schlammartige Masse hergestellt. Haftmittel und Asphalteinlage sind aufeinander abgestimmt, wobei der Produkt-hersteller der Asphalteinlage und der Hersteller der Bitumenemulsion eng zusammenarbeiten.

Das System Bitufor (Firma Bekaert) besteht aus einem Stahldrahtgeflecht (Mesh Track 1 + 2) und einer Slurry. Die Slurry ist auf Basis einer Bitumen-Emulsion hergestellt. Das Stahldratgeflecht wird direkt auf die Unterlage mit einem dafür entwickelten System abgerollt und flachgewalzt sowie am Rollenanfang auf die Unterlage vernagelt. Anschliessend erfolgt die Einschlammung mit der ca. 0.5 bis 1 cm dicken Slurry (Kaltmikrobelag). Nach dem Erhärten der Slurry wird eine ca. 5 cm dicke Deckschicht aufgebracht (vgl. Abb. 2.15).

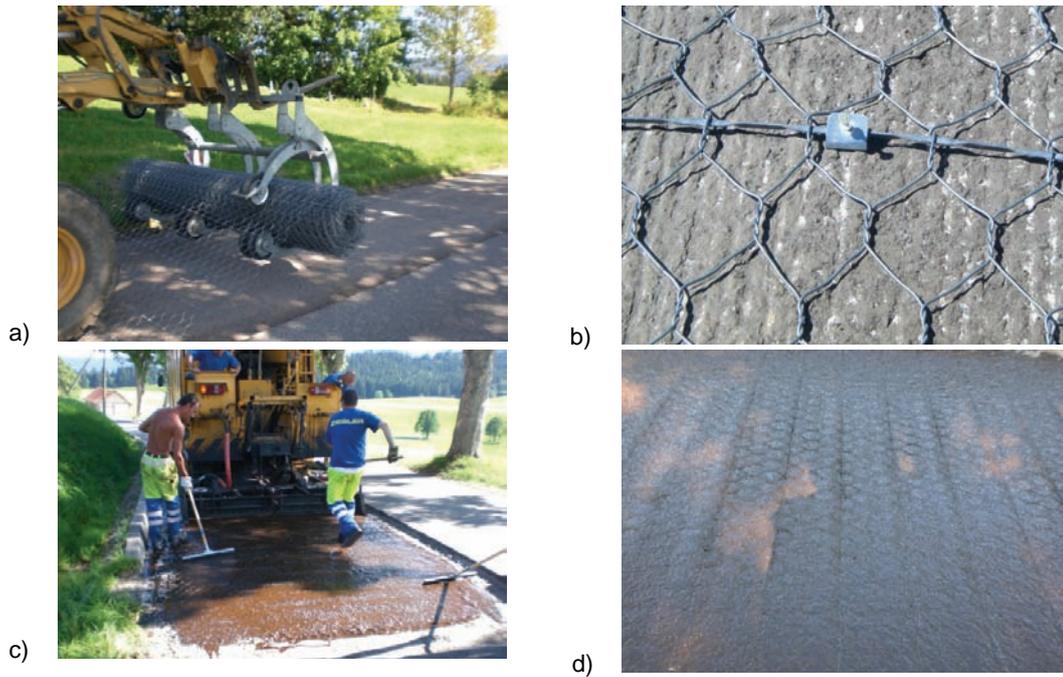


Abb. 2.15 a) Abrollsystem; b) Vernageltes Stahldrahtgeflecht; c) Aufbringen der Slurry auf das Stahldrahtgeflecht; d) System aus Slurry und Stahldrahtgeflecht

Bei der nächsten Einbauweise (Firma Sytec) wird in Abbildung 2.16a die Reinigung der Unterlage mit Wasser unter Hochdruck und in Abbildung 2.16b die Trocknung von feuchten Stellen gezeigt. In Abbildung 2.16c wird das Aufbringen einer Bitumenmembran als Haftmittel dargestellt. Anschliessend wird mit einer speziell entwickelten Verlegungsmaschine das Gitter verlegt und mit einer Bürste glatt gestrichen (vgl. Abb. 2.16d).



Abb. 2.16 a) Reinigung der Strasse; b) Trocknung der Strasse; c) Spritzung Bitumenmembran; d) Verlegung der Asphalteinlage

Beim dritten System (Firma S&P) wird auf die zuvor gereinigte Unterlage eine Bitumenemulsion auf die Unterlage aufgespritzt (vgl. Abb. 2.17a). Anschliessend erfolgt die Verlegung des Gitters mit einer Apparatur, die auf einen Radlader montiert wird (vgl. Abb. 2.17b).

In der Abbildung 2.17c ist das Abflämmen der Folie von der Asphalteinlage und in der Abbildung 2.17d ist das fertig verlegte Gitter auf der Unterlage dargestellt.

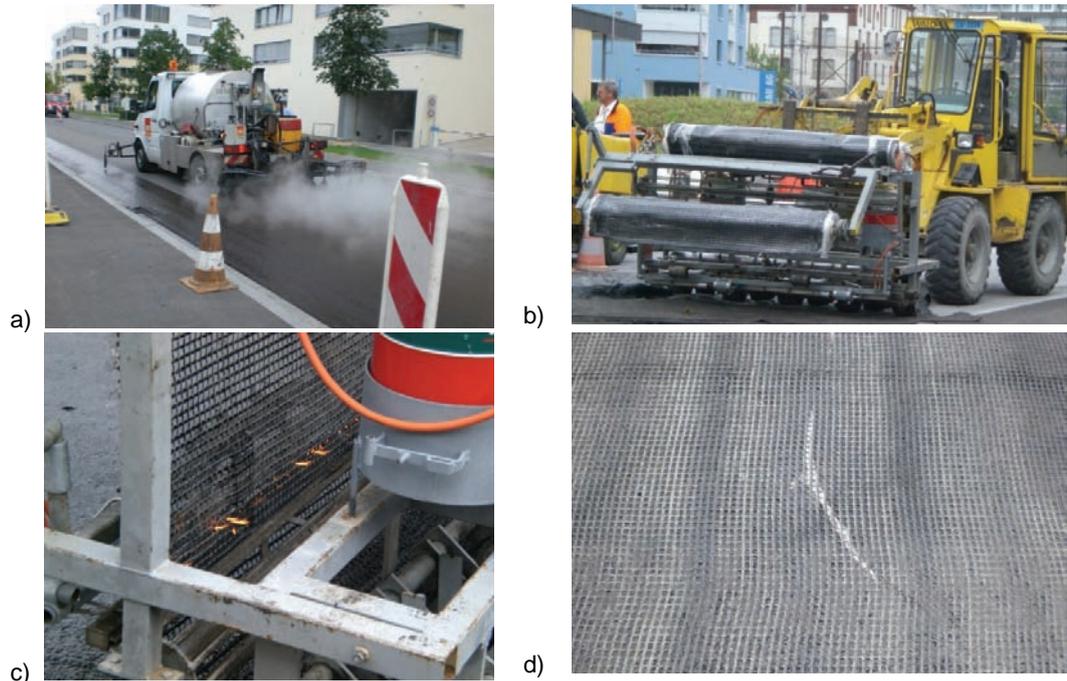


Abb. 2.17 a) Spritzung Bitumenemulsion; b) Verlegeeinrichtung; c) Abflämmung der Folie und Verlegung der Asphalteinlage; d) verlegte Asphalteinlage

3 Wissensstand zu Asphalteinlagen

3.1 Produktsystematisierung für die Schweiz

Es ist von Interesse welche Produkte auf dem Schweizer Markt angeboten werden und herauszustellen welches Material mit welcher Struktur am häufigsten verwendet wird. Um einen Überblick zu den Produkten zu erhalten, wurde eine vereinfachte Marktrecherche bei Herstellern durchgeführt.

Die vereinfachte Marktrecherche für die Schweiz ergab, dass acht Hersteller Produkte aus unterschiedlichen Materialien und Strukturen anbieten.

Auf Grundlage der in der SN 670 092 EN ISO 10318 (SN 670 092 EN ISO 10318, 2006) aufgeführten Symbole für Geokunststoffe wurde eine Systematisierung der recherchierten Produkte erarbeitet. In der DIN EN ISO 1318 werden die Symbole wie folgt verwendet:

- Geotextil GTX
- Geovliesstoffe GTX-N (nonwoven)
- Geotextilverwandtes Produkt GTP
- Geogitter GGR
- Geoverbundstoffe GCO
- Bewehren GTX+GTX; GTX+GGR

In Tabelle 3.8 sind die in der Schweiz angebotenen Produkte gemäss Marktrecherche nach Struktur, Material und Hersteller gegliedert. Neue Produkte, wie z.B. Glasgrid Tackfilm von Saint-Gobain, bzw. Produkte mit denen noch wenig Erfahrungen bestehen (z.B: Basaltgitter) sind in dieser Tabelle nicht aufgeführt. Die Entwicklung solcher Produkte schreitet jedoch rasch voran. Dazu wären vorerst entsprechende einheitliche Beurteilungs- und Prüfkriterien für deren System-Anwendung in der Schweiz zu erarbeiten.

Tab. 3.8 Produktübersicht der Asphalteinlagen in der Schweiz

Struktur	Material	S&P Reinforcement	SYTEC Bausysteme AG	TenCate Geosynthetics AG	Fritz Landolt AG	Tensar International GmbH	Huesker/Schoellkopf	REHAU AG	Bekaert
GTX-N	PP			PGM					
GGR	PET						Hatelit		
	C/G	Carbophalt G							
	G	Glasphalt G	Glasgrid					ARMAPAL G	
		Glasphalt bit						ARMAPAL GL	
S								Mesh Track	
GCO	PP/C	Carbophalt GS							
	PP/G	Glasphalt GS		PGM-G	Landobit	Glastex		ARMAPAL plus	
		Glasphalt GV				Tensar Crack Stop			
PP/PP						Tensar AR-G			
GTX-N	Vlies		PP	Polypropylen	C	Carbonfaser			
GGR	Gitter		PET	Polyester	S	Stahl			
GCO	Verbundstoff		G	Glasfaser					

Hinsichtlich der Struktur ist Tabelle 3.8 zu entnehmen, dass von insgesamt 18 Produkten das Angebot an Verbundstoffen mit 9 Produkten am grössten ist. Es werden weiterhin 8 Produkte mit einer gitterförmigen Struktur (Gitter) und nur 1 flächenförmiges Produkt (Vlies) im Sinne von Asphalteinlagen angeboten.

Bei der Betrachtung der Materialien, aus denen die Gitter und Vliese hergestellt sind, wird deutlich, dass die Anzahl an Asphalteinlagen aus Glasfasern mit 5 Produkten am höchsten ist. Aus Kunststoff bestehen 2 Produkte und aus Carbonfasern und Stahl wird nur jeweils ein Produkt angeboten.

Kunststoffe werden vor allem bei Verbundstoffen eingesetzt. Bei den Verbundstoffen bestehen 7 Produkte aus Kunststoff und Glas, 1 Produkte aus Kunststoff und Kunststoff und 1 Produkt aus Kunststoff und Carbon.

Abbildung 3.18 zeigt in Anlehnung an Tabelle 3.8 die Produkte, die auf dem Schweizer Markt angeboten werden.





Abb. 3.18 Angebot an Asphalteinlagenprodukten auf dem Schweizer Markt

3.2 Forschung Schweiz

In der Schweiz sind Untersuchungsberichte und Fachartikel zu Asphalteinlagen zu den Aspekten Schichtenverbund, Bewehrungsmechanik, abdichtende Wirkung und Tragfähigkeitsverbesserung bekannt.

Zum Schichtenverbund und Bewehrungsmechanik sind die folgenden Grundlagen aus Forschungsarbeiten der Eidgenössischen Materialprüfungs- und Forschungsanstalt in Dübendorf (EMPA Dübendorf) vorliegend:

- Auswirkungen von Geotextilien auf den Schichtenverbund bei bitumenhaltigem Hoch-einbau auf Betonstrassen (Raab, 2007)
- Besondere Aspekte des Schichtverbundes von Belägen (Raab und Partl, 2004)
- Laboruntersuchungen an unterschiedlich verstärkten Asphalt-schichten (Sokolov, 2007)
- Experimentelle Untersuchungen von gitterverstärkten Asphalt-Kompositen mittels 4-Punkt Biegeprüfung (Kim et al., 2009a) und (Kim et al., 2009b)

Zur Tragfähigkeitsverbesserung sind die folgenden Arbeiten bekannt:

- Tragfähigkeitsverbesserung infolge Asphaltarmierung / Erste Erkenntnisse (Faeh, 2004)
- Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen (Jacot, 2009)

3.2.1 Schichtenverbund und Bewehrungsmechanik

Der Schichtenverbund zwischen der Asphalteinlage und den oben- und untenliegenden Belagsschichten ist nach Scherer (Scherer, 2004) die Voraussetzung, dass die auftretenden Kräfte in die Asphalteinlage eingeleitet und die Spannungen abgebaut werden können.

Um den Einfluss einer Zwischenschicht auf den Schichtenverbund zu ermitteln, wurden Abscherversuche nach SN 670 461 „Bituminöses Mischgut Bestimmung des Schichtverbundes (nach Leutner)“ an Bohrkernen durchgeführt. Es wurde dabei überprüft, ob der Anforderungswert für den Schichtenverbund trotz der Zwischenschicht eingehalten wird. In weiteren Versuchen wurde getestet in wie weit die Dehnung durch eine Asphalteinlage verringert und damit die Rissbildung verhindert bzw. verzögert werden kann. Die Dehnungen mit und ohne Asphalteinlage wurden mit Dehnmessstreifen, die an der Unterseite von Belagsschichten befestigt wurden, bestimmt.

In drei unterschiedlichen Forschungsberichten wurde der Einfluss einer Asphalteinlage auf den Schichtenverbund untersucht (Raab, 2007; Raab und Partl, 2004; Sokolov, 2007).

Im Forschungsbericht von Sokolov (Sokolov, 2007) wurde die EMPA Dübendorf von der Firma S&P Reinforcement beauftragt den Schichtenverbund einer Asphalteinlage, die zwischen zwei Asphaltsschichten liegt, zu überprüfen.

In den Forschungsberichten von Raab (Raab und Partl, 2004) und Raab (Raab, 2007; Raab und Partl) wurde der Schichtenverbund einer Asphalteinlage, die zwischen einer Beton- und Asphaltsschicht liegt (kombinierte Beläge), überprüft. Die Durchführung der Versuche erfolgte durch die EMPA Dübendorf im Auftrag des ASTRA.

Die Untersuchungen von Sokolov (2007) unterscheiden sich zu den Untersuchungen von Raab (2007) und Raab (2004) im Material, aus dem die untere Schicht besteht. Bei Sokolov (2007) wurden Asphaltbeläge verwendet. Demgegenüber bei Raab (2007) und Raab (2004) wurden die Versuche mit Betonunterlagen durchgeführt. Im vorliegenden Forschungsprojekt stehen die bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten im Vordergrund. Vergleichsweise werden die Untersuchungen mit Betonuntergrund herangezogen.

Im Folgenden werden die drei Versuche beschrieben und anschliessend die Untersuchungsergebnisse gegenübergestellt.

In dem Forschungsbericht „Besondere Aspekte des Schichtverbundes von Belägen“ von Raab (Raab und Partl, 2004) wurde der Schichtenverbund kombinierter Beläge in Form von Asphaltüberzügen auf alten Betonstrassen, wie sie im Zusammenhang mit Instandsetzungsmassnahmen Verwendung finden, getestet. Im Vordergrund der Untersuchungen stand dabei die Frage, welchen Einfluss spannungsabsorbierende Zwischenschichten oder rissüberbrückende Einlagen (z.B. Vlies) auf den Schichtenverbund haben. Der Schichtenverbund wurde an Bohrkernen nach der SN 670 461 (SN 670 461, 2000) ermittelt. In den Versuchen hatten die Bohrkernne einen Durchmesser von 150 mm und die Untersuchungstemperatur betrug 20°C. Die Prüfeinrichtung ist in Abbildung 3.19 dargestellt

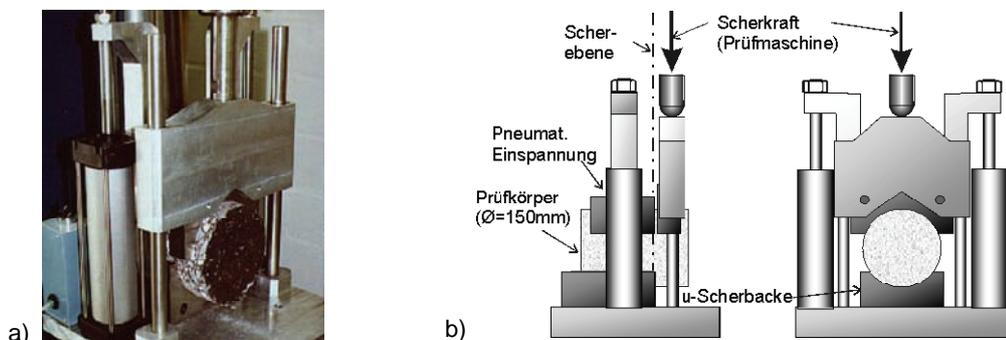


Abb. 3.19 Abscherprüfung nach Leutner: a) EMPA-Scherprüfeinrichtung; b) Prinzipskizze (Raab, 2007)

Es wurde festgestellt, dass Bohrkernne mit Stahlgitter die geringsten Scherkräfte mit Werten zwischen 1.3 kN und 4.2 kN (Mittelwert: 2.5 kN) erreichten. Es folgten Glasfasereinlagen (Vlies) mit Werten zwischen 6.1 kN und 7.7 kN (Mittelwert: 6.6 kN). Die Scherkräfte bei der Oberflächenbehandlung waren am höchsten und lagen zwischen Werten von 14.4 kN und 15.8 kN (Mittelwert: 15.4 kN). Der Anforderungswert von 15 kN für den Schichtenverbund nach Leutner wurde nur von der Oberflächenbehandlung erfüllt. Der Schichtenverbund durch Stahlgittereinlagen und Glasfasereinlagen wurde erheblich verringert und ist damit als kritisch zu beurteilen (Raab und Partl).

In dem vom ASTRA in Auftrag gegebenen Forschungsprojekt (Raab, 2007), wurden verschiedene Zwischenschichten und Sanierungsarten miteinander verglichen. Es wurde ein zu sanierendes Autobahnteilstück bei Bern in sechs Testfelder eingeteilt. Diese unterschieden sich in verschiedenen Zwischenschichten und unterschiedlichen Einbauarten

z.B. dem Feinfräsen der Betonunterlage.

Die Testfelder wurden wie folgt aufgebaut. Testfeld 1 wurde mit einer Oberflächenbehandlung versehen und die Unterlage wurde gereinigt und gefräst. Testfeld 2, 3, 4 wurden mit einer Asphalteinlage versehen. In Testfeld 2 wurde ein Gittervlies, in Testfeld 3 ein vorbituminiertes Carbongitter und in Testfeld 4 ein Glasgitter eingebaut. Alle drei Testfelder wurden zuvor gereinigt und feingefräst. Testfeld 5 und 6 hatten keine Zwischenschicht. Die Betonoberfläche erhielt einen Voranstrich und bei Testfeld 5 wurde eine Fräsung durchgeführt.

Die Abscher- und Haftzugprüfungen erfolgten direkt nach Einbau, ein halbes und ein Jahr nach dem Einbau (vgl. Abb. 3.20).

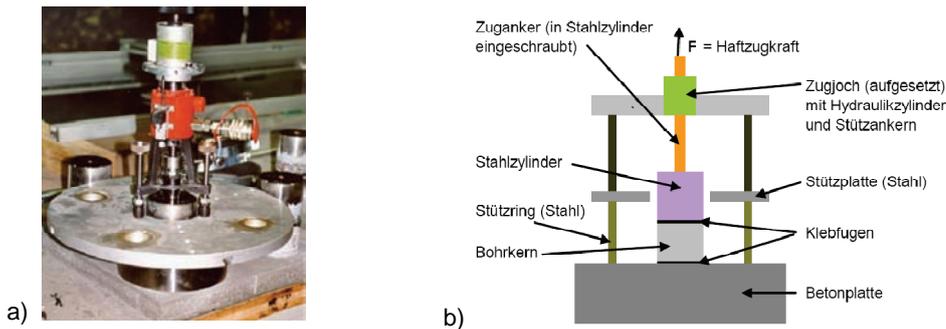


Abb. 3.20 Haftzugprüfung im Labor: a) Aufbau der Vorrichtung; b) Prinzipskizze (Raab, 2007)

Die Ergebnisse zur Scherfestigkeit fielen wie folgt aus. Die höchsten Scherkräfte wurden bei Bohrkernen der Testfelder 5 und 6, die keine Zwischenschicht hatten, ermittelt (Mittelwert der Scherkraft von 17 kN und 18 kN). Bei dem Testfeld 2 mit Glasgittervlies wurden die geringsten Scherkräfte von 3.3 kN festgestellt. Das Testfeld 3 mit Carbongitter wies eine Scherkraft von 12.6 kN auf und hatte damit eine höhere Scherkraft als das Testfeld 4 mit einem Glasgitter (8.5 kN). Die Fräsung der Betonoberfläche führte zu einer verringerten Scherfestigkeit.

Im Forschungsartikel von Sokolov (Sokolov, 2007) werden Untersuchungen mit dem Produkt Carbophalt G der Firma S&P Reinforcement auf Testfeldern definierter Größe durchgeführt. In Abbildung 3.21 wird die Herstellung eines Testfeldes gezeigt. Neben dem Schichtenverbund wurde getestet, ob durch das Produkt Carbophalt G Ermüdungsrisse und thermische Risse vermindert werden können und welchen Einfluss Wasser auf das Gebrauchsverhalten hat.

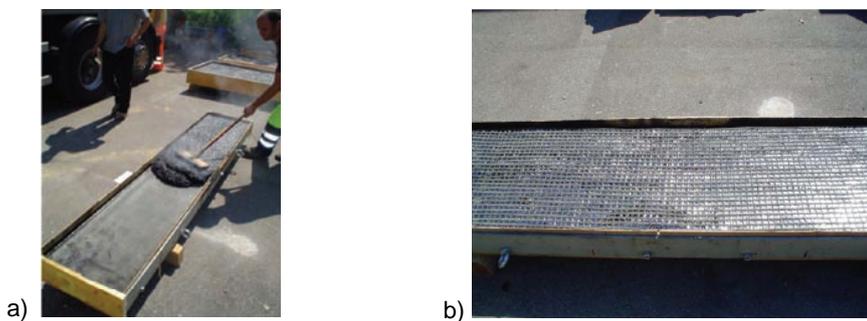


Abb. 3.21 a) Herstellung eines Testfeldes; b) Carbophalt G verlegt in einem Testfeld

Bei den Versuchen zum Einfluss der Asphalteinlage auf Ermüdungsrisse, wurde diese zwischen zwei Walzasphaltschichten appliziert. Die Schichten wurden auf eine Moosgummiunterlage, die den Untergrund darstellte, aufgebaut (Abb. 3.22). Bei den Untersuchungen wurde neben der Behandlung der Unterlage durch Fräsen die Lage von Carbophalt G innerhalb der Walzasphaltschicht variiert. Bei Prüfkörper K1 wurde kein Carbophalt G verwendet. Bei Prüfkörper K2 wurde das Carbophalt G auf die Moosgummiun-

terlage verlegt. Bei Prüfkörper K3 befand sich das Carbophalt G in einer Tiefe von 4 cm und bei Prüfkörper K4 von 3 cm. Beim Prüfkörper K5 wurde der Walzasphalt in einer Tiefe von 4 cm angefräst und das Carbophalt daraufverlegt. In Abbildung 3.22 sind die unterschiedlichen Prüfkörper dargestellt.

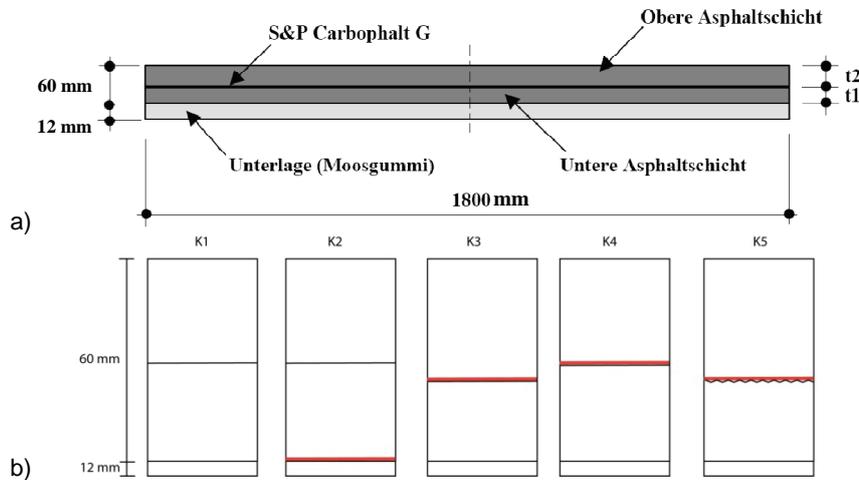


Abb. 3.22 a) Aufbau der Versuche zu Ermüdungsrissen; b) Aufbau der Prüfkörper mit unterschiedlicher Lage der Asphalteinlage (K2-K5) und angefräster Unterlage (K5)

Die Verkehrslast wurde vom Model Mobile Load Simulator (MMLS) simuliert. Mit drei Dehnungsmessstreifen, die an der Unterseite der Belagsschicht angebracht wurden, konnte die Dehnung der Unterseite der Belagsschicht während den Radüberrollungen ermittelt werden (vgl. Abb.3.23).

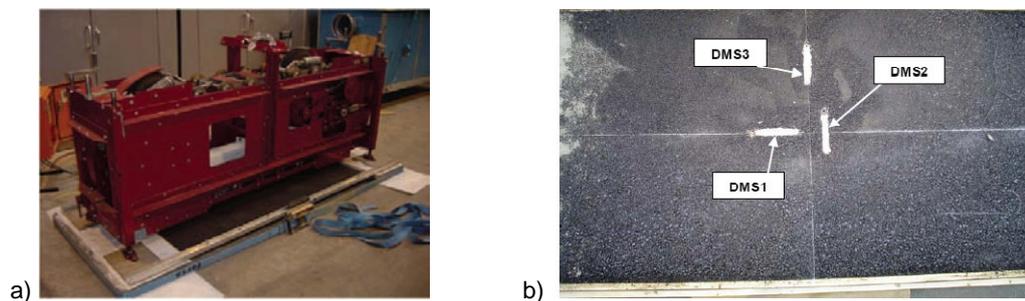


Abb. 3.23 a) Verkehrssimulator MMLS auf Testfeld; b) Lage der Dehnungsmessstreifen

Nach ca. 0.5 Mio. Radüberrollungen wurden Prüfkörper von innerhalb und ausserhalb der Spurrinnenzone entnommen und Abscherprüfungen nach Leutner durchgeführt.

Die höchsten Verbundscherkräfte mit 20.31 kN wurden beim Prüfkörper K1 ohne Carbophalt G erreicht. Bei den Prüfkörpern mit Carbophalt G wurden die höchsten Verbundscherkräfte beim Prüfkörper K5 mit Anfräsung und 4 cm tief eingebauten Carbophalt G mit 17.74 kN ermittelt. Die niedrigsten Verbundscherkräfte mit Carbophalt G wurden beim Prüfkörper K4 ohne Anfräsung und 3 cm tiefen Carbophalt G mit 5.97 kN erreicht.

Bei den Dehnungsmessungen wurde festgestellt, dass die mittlere Dehnung bei Prüfkörpern mit Carbophalt G geringer ist als ohne Carbophalt G. Dies lässt darauf schließen, dass durch das Carbophalt G die Dehnung reduziert wurde. Durch die Vorbehandlung (Fräsen) der Kontaktzone zwischen den Belagsschichten, wurde die Dehnung zusätzlich verringert. Die Untersuchungsergebnisse zeigten weiterhin, dass die Lage des Carbongitters einen Einfluss auf die Wirkung hat. Es konnte festgestellt werden, dass das Carbongitter nur zwischen zwei Belagsschichten im Verbund wirksam wurde. Beim Einbau des Carbongitters direkt auf die Fundationsschicht, wurde keine Wirkung erzielt.

Bei den Versuchen zum Einfluss der Asphalteinlage auf thermische Risse wurde eine Betonschicht als Unterlage verwendet. In diese wurde eine Fuge, die einen thermischen Riss darstellte, eingebracht (vgl. Abb. 3.24). Die Fugenöffnung wurde periodisch mit einem Spindelmotor durch eine horizontale Bewegung bei einer Temperatur von -5°C erweitert. Die dabei auftretenden Verformungen im darüber liegenden Asphalt wurden mit einem Weggeber gemessen (vgl. Abb. 3.24).

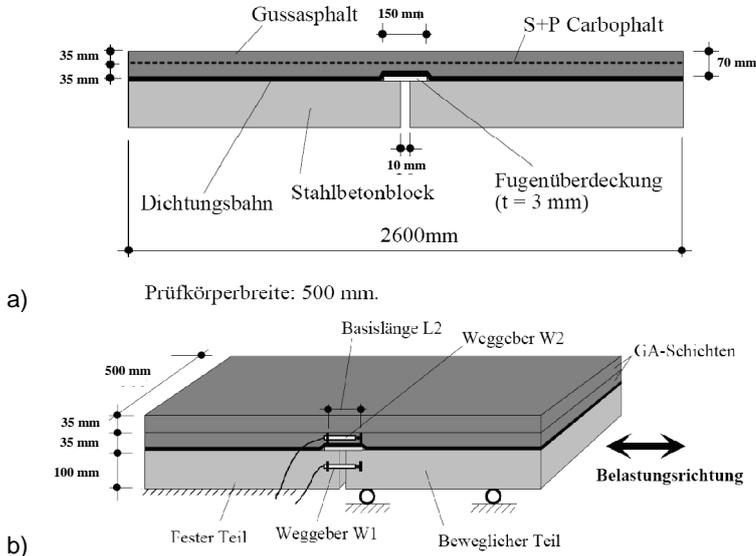


Abb. 3.24 a) Versuchsaufbau für Untersuchungen von thermischen Rissen; b) Schema der Prüfeinrichtung (Masse in mm)

Die Untersuchungsergebnisse zeigten, dass Prüfkörper mit Carbophalt G eine höhere Bruchdehnung und damit eine höhere Bruchspannung erzeugt werden konnte. Es stellte sich heraus, dass die Öffnungsweite der Fuge einen Einfluss auf die Anzahl der Belastungszyklen bis zum Bruch hatte. Ab einer Anfangsöffnungsweite von 6 mm war nur ein Belastungszyklus bis zum Bruch zu verzeichnen.

In den Versuchen zum Einfluss von Wasser auf das Gebrauchsverhalten von bitumenhaltigen Belägen mit Asphalteinlagen wurden ein offenporiger Asphalt (obere Schicht) und AC 8 S (untere Schicht) verwendet. Die Prüfkörper befanden sich in einer Wasserwanne, wobei der Wasserspiegel bis 20 mm unter der oberen Prüfkörperoberfläche eingestellt wurde. Die Anwesenheit von Wasser bewirkte eine beschleunigte Zerstörung der Prüfkörper. Es wurden durchgehende Längsrisse bzw. die komplette Zerstörung der Prüfkörper beobachtet. Bei Prüfkörpern mit Carbophalt G wurde festgestellt, dass sie einer größeren Anzahl von Überrollungen bis zur Längsrissentstehung standhalten konnten. Die Entstehung von Längsrissen wurde durch Carbophalt G verzögert, was darauf hindeutet, dass durch Einbau von Carbophalt G das Eindringen von Wasser in die Asphaltschichten verhindert wurde.

In Tabelle 3.9 und Tabelle 3.10 sind die Untersuchungsaspekte und Versuchsbedingungen der drei beschriebenen Versuche und die Ergebnisse zu den Verbundscherkräften bei den Scherversuchen zusammengestellt.

Tab. 3.9 Zusammenfassung der Forschungsergebnisse für die Schweiz

	Sokolov (2007)	Raab (2004)	Raab (2007)
Schichtensystem	Bitumenhaltige Beläge Walzasphalt und Gussasphalt	Kombinierte Beläge (Betonunterlage + Asphalt-schicht)	Kombinierte Beläge (Betonunterlage + Asphalt-schicht)
Untersuchungsaspekte	Schichtenverbund in Abhängigkeit von: <ul style="list-style-type: none"> Lage der Asphalteinlage Vorbehandlung der Unterlage (Fräsen) Wasserzugabe Dehnung in Abhängigkeit von: <ul style="list-style-type: none"> Ermüdungsrisse Thermische Risse 	Schichtenverbund in Abhängigkeit von: <ul style="list-style-type: none"> Art der Asphalteinlage 	Schichtenverbund in Abhängigkeit von : <ul style="list-style-type: none"> Art der Asphalteinlage Vorbehandlung (Fräsen) der Unterlage Liegedauer (Zeit)
Untersuchungsstrecke	Testfeld (Verkehrsstärke simuliert mit MMLS, vertikale Radbelastung eines gewöhnlichen Lastwagens)	Autobahnversuchsstrecke	6 Testfelder auf Autobahnversuchsstrecke
Temperatur (Leutner)	25°C	20°C	20°C

Tab. 3.10 Überblick zu den Versuchsbedingungen der Versuche Sokolov (2007), Raab (2004) und Raab (2007)

Versuche	Produkt	Lage Asphalt-einlage (cm)	Mischgutsorte für DS	Material Unter-lage	Fräsung Unterlage	S _{max} (kN)
Sokolov (2007)	OB	Keine Asphalt-einlage	AC 8 S	Bitumi-nös	nein	20.31
	GGR/C	4	AC 8 S		nein	9.84
	GGR/C	3	AC 8 S		nein	5.97
	GGR/C	4	AC 8 S		ja	17.74
Raab (2004)	OB	Keine Angabe	Keine Angabe	Beton	nein	15.4
	GTX-N/G	Keine Angabe	Keine Angabe		nein	6.6
	GGR/S	Keine Angabe	Keine Angabe		nein	2.5
Raab (2007)	OB	4.5	AC 11 oder SMA 11	Beton	ja	11.3
	GGR/C	4.5	AC 11 oder SMA 11		ja	12.6
	GGR/G	4.5	AC 11 oder SMA 11		ja	8.5
	GTX-N/G	4.5	AC 11 oder SMA 11		ja	3.3
	kein Material	4.5	AC 11 oder SMA 11		ja	17
	kein Material	4.5	AC 11 oder SMA 11		nein	18
GTX-N	Vlies	PP	Polypropylen	S _{max}	Verbundscherkraft	
GGR	Gitter	S	Stahl	DS	Deckschicht	
		C	Carbonfaser			
		G	Glasfaser			

Zusammenfassend ist festzustellen, dass Asphalteinlagen zu einer Reduktion der Dehnung im Asphalt beitragen können. Dies wurde in den von Sokolov (Sokolov, 2007) beschriebenen Versuchen nachgewiesen, bei denen durch den Einbau von Glasfaser- und Carbonfasergitter die Dehnung im Asphalt um 33 % gegenüber einem Prüfkörper ohne Asphalteinlage reduziert werden konnte. Weiterhin wurde von Sokolov festgestellt, dass Asphalteinlagen zu einer Abdichtung beitragen. Dadurch, dass das Eindringen von Wasser in die Asphalt-schichten verhindert wurde, konnten die Prüfkörper mit Asphalteinlage einer grösseren Anzahl von Überrollungen bis zur Längsrisseentstehung standhalten.

Hinsichtlich des Schichtenverbundes wurde festgestellt, dass die Verbundscherkräfte durch Asphalteinlagen reduziert werden können. In den von Sokolov (Sokolov, 2007) beschriebenen Versuchen lagen die Verbundscherkräfte bei den Prüfkörpern mit Carbongit-

tern jedoch über den erforderlichen Wert von 15 kN. Was zur Reduktion der Verbund-scherkräfte beiträgt, wurde in den Forschungsberichten nicht genau erläutert.

Bezüglich Bewehrungsmechanik wurde in der Arbeit von Kim (Kim et al., 2009a) an 4-Punkt Biegeproben festgestellt, dass die Gitterverstärkung sich positiv auf das strukturelle Verhalten, insbesondere auch auf die Rissverteilung auswirkt. Dabei konnte das Biegeverhalten mit einem bilinearen Bruchmodell unter Anwendung der Viskoelastizitätstheorie gut beschrieben werden.

Bei der Anwendung von Stahldrahtgeflechten in Holland wurden keine negativen Entwicklungen im Zusammenhang mit dem Schichtenverbund bekannt (Bekaert, 2010).

3.2.2 Tragfähigkeitsverbesserung

Zu Tragfähigkeitsuntersuchungen sind zwei Forschungsarbeiten in der Schweiz bekannt. Im Forschungsartikel von Faeh (Faeh, 2004) werden die von der Firma SACR AG durchgeführten Untersuchungen zum Einfluss eines Carbongitters auf den Strukturwert beschrieben. In dem Forschungsbericht von Jacot (Jacot, 2009) werden die Untersuchungen zur Tragfähigkeitsverbesserung von Faeh (Faeh, 2004) aufgegriffen und eine Quantifizierung von Erhaltungsmaßnahmen via Strukturwertanteile durchgeführt.

Die Tragfähigkeitsverbesserung durch eine Asphalteinlage im Forschungsartikel von Faeh (Faeh, 2004) wurde mit Deflektionsmessungen ermittelt. In einem ersten Schritt wurden die Deflektionen an der bestehenden Strasse gemessen. In einem zweiten Schritt wurde die Deflektionen der mit 4 cm dicken überbauten Asphalt-schicht und der zwischen alter und neuer Asphalt-schicht eingebauten Asphalteinlage in Form von Carbon- und Glasfasergitter ermittelt. Die Werte der Deflektionen nach der Sanierung ergaben sich demnach aus der Kombination von der Asphalteinlage und der neuen 4 cm Deckschicht im Hocheinbau.

Die Verstärkungswirkung der Asphalteinlage und der neuen Deckschicht im Hocheinbau wurde mit dem Verstärkungsdiagramm von Lacroix (SN 640 733, 1997) ermittelt. Dazu wurden die gemessenen Deflektionen in das Diagramm eingetragen und die Verstärkungsdicken herausgelesen. Die Differenz der Deflektionsreduktion wurde als äquivalente zusätzliche Asphaltverstärkungsschicht ausgedrückt. Die Auswertungen der Messungen ergaben, dass den Carbongittern eine äquivalente Verstärkungswirkung von 4.5 cm zugeschrieben werden kann.

Die Verstärkungswirkung wurde anschliessend mit dem Finite Element Programm LUCAS (London University Structural Analysis System) überprüft (Faeh, 2004). Für die Berechnungen wurde ein Schichtmodell vom gesamten Schichtaufbau des bestehenden Strassenzuges erstellt. In Tabelle 3.11 sind die Ergebnisse aus den Berechnungen mit LUCAS und die Werte aus den Messungen der Deflektionen von SACR AG dargestellt.

Tab. 3.11 Vergleich der gemessenen Werte mit den berechneten Werten im Schichtenmodell

	Messungen SACR AG Sektion 14, Rückfahrt Strassenaxe (mm/100)	Berechnung LUCAS (mm/100)
Keine Verstärkung	-39	-38.2
0.04m neue Deckschicht im Hocheinbau	-	-30.8
0.04m neue Deckschicht im Hocheinbau + Car- bongitter	-30	-30.6

Die Deflektionsmessungen der Firma SACR AG ergaben für den Oberbau mit neuer Deckschicht im Hocheinbau und Carbongitter einen Wert von -30 mm/100. Der Wert für die Deflektionen mit LUCAS lag in etwa im gleichen Grössenbereich von -30.6 mm/100.

Die Gegenüberstellung der berechneten Werte im Schichtenmodell lässt darauf schließen, dass das Carbongitter kaum einen Einfluss auf die maximalen Deflektionen hat und die Deflektionsreduktion ausschliesslich durch die neue Deckschicht im Hocheinbau verursacht wurden. Die Ursache war, dass das Carbongitter im Schichtmodell (siehe Abb. 3.25) bei den Berechnungen mit LUCAS in der Druckzone lag und nicht in der Zugzone. Damit konnten die auftretenden Zugspannungen durch das Carbongitter nicht aufgenommen werden.

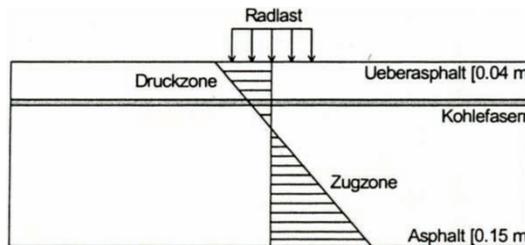


Abb. 3.25 Schichtenmodell bei Finite Element Methode Berechnung mit LUCAS mit Asphalteinlage in der Druckzone (Faeh, 2004)

Durch den Vergleich der gemessenen Werte mit den Ergebnissen aus der Finiten Element Berechnung mit LUCAS wurde erkannt, dass die Asphalteinlage nur Wirkung erzielen kann, wenn sie in der Zugzone eingebaut wird.

Die Ergebnisse in den von Faeh (Faeh, 2004) beschriebenen Untersuchungen zur Tragfähigkeitsverbesserung wurden in einem Teilprojekt des Forschungspakets Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Jacot (Jacot, 2009) einbezogen. In dem Teilprojekt wurde die Tragfähigkeitsverbesserung von Erhaltungsmaßnahmen via Strukturwertanteil quantifiziert. Jacot stellte fest, dass der Einbau einer Carbonarmierung einer Belagsverstärkung von 3 cm entspricht, so dass bei einem optimalem Einbau eine SN-Erhöhung von 12 Punkten ($3 \text{ cm} * 4.0 \text{ Pt./cm}$) bewirkt wird. Die Lage der Asphalteinlage hat dabei einen entscheidenden Einfluss auf die Wirkung der Asphalteinlage in den bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten. Nach Jacot sollte diese „so tief wie möglich zwischen zwei Belagsschichten appliziert werden, damit von der Belagsoberfläche bis zur Armierung eine möglichst grosse statische Höhe erreicht wird“ (Jacot, 2009).

3.3 Forschung Ausland

Im Vorfeld dieses Forschungsprojektes wurde recherchiert, welche internationalen Forschungsprojekte und Vereinigungen sich mit dem Thema der Asphalteinlagen beschäftigen haben. Es existiert eine Vielzahl von Arbeiten, die sich mit speziellen Produkten, Fragestellungen und Dimensionierungsfragen auseinandersetzen. Als Beispiel für die Aktivitäten in den USA sei die Arbeit von Perkins erwähnt (Perkins et al., 2004), welche eine umfangreiche Literaturübersicht enthält. Zu erwähnen sind auch die Arbeiten an der University of Illinois Urbana-Champaign, wo einige Arbeiten zum Thema Asphalteinlagen gegen Reflexionsrisse erschienen sind (Al-Qadi und Elseifi, 2004). Insbesondere wurden aber die zwei Forschungsprojekte COST 348 – REIPAS (Rathmayer et al., 2006) und REFLEX sowie die Grundlagen der internationalen Vereinigung RILEM herangezogen.

Das europäische Forschungsprojekt COST REIPAS (COST-348, 2002) wurde initiiert, um den Gebrauch von Stahl und Geokunststoffen bei Erhaltungsmaßnahmen zu fördern und breiten Kreisen zugänglich zu machen. REIPAS steht für „Reinforcement of Pavements with Steel Meshes and Geosynthetics“.

In den beteiligten Ländern wurden durch eine Umfrage die Anwendungsfelder der unterschiedlichen Materialien in der Erhaltung von Strassen ermittelt (Rathmayer, 2007).

Die Umfrage ergab, dass Asphalteinlagen im Neubau und bei Instandsetzungsmassnahmen als Einlagen gerissener Fahrbahnen und zur Verhinderung von Reflexionsrissen verwendet werden.

Es wurde weitgehend übereinstimmend festgestellt, dass Asphalteinlagen die folgenden Funktionen übernehmen sollten:

- Verringerung der Zugdehnungen im Asphalt, auf Grund der Mobilisierung von Zugkräften in der Asphalteinlage
- Spannungsabbauende Zwischenschicht zur Vermeidung der Spannungsübertragung auf die unteren Schichten (Tragschicht und Fundationsschicht)

Allgemeine Richtlinien für die Bemessung des Oberbaus mit Asphalteinlagen sollten nicht nur auf Laboruntersuchungen basieren. Ein Bemessungsmodell oder Leitfaden nach COST REIPAS sollte folgende Aspekte einbeziehen:

- Dominierendes Schadenbild
- Verkehrsklasse
- Temperaturverhältnisse
- Eigenschaften des Strassenaufbaus (Schichten)
- Eigenschaften des Schichtmaterials
- Eigenschaften des Materials der Asphalteinlage
- Interaktion zwischen Asphalteinlage und umgebendem Asphalt
- Ausrüstung für die Ausführungen

Ein Bemessungsmodell oder eine Berechnungsmethode, die all diese Punkte berücksichtigt, ist nach COST REIPAS nicht vorhanden.

REFLEX steht für „Reinforcement of flexible road structures with steel fabrics to prolong service life“. Es ist ein europäisches Forschungsprojekt im 4.EC Rahmenprogramm, das 2002 abgeschlossen wurde. REFLEX beschäftigte sich mit einem Bemessungsmodell für Stahlgitter, die in der Erhaltung von Strassen angewendet werden. Die Stahlgitter wurden im Mehrschichtmodell als Äquivalentschicht integriert. Mittels grossmassstäblichen Belastungsversuchen wurde versucht, das Rechenmodell zu verifizieren, wobei das Ergebnis jedoch quantitativ unbestimmt blieb (Rathmeyer, 2007).

RILEM ist eine internationale Vereinigung von Forschungsinstituten und Experten im Strassenbau, die sich mit unterschiedlichen Materialien, Systemen und Aufbauten des Strassenbaus beschäftigen. RILEM steht für „Réunion Internationale des Laboratoires et Experts des Matériaux, systèmes de construction et ouvrage“. Die Vereinigung wurde im Juni 1947 mit dem Ziel gegründet, die wissenschaftliche Zusammenarbeit im Bereich der Baustoffe und Strukturen zu fördern. 70 Länder gehören der Vereinigung an. RILEM hat sich in verschiedensten Tagungen (die letzte Tagung on Cracking in Pavements fand am 18 Juni 2008 in Chicago statt) mit der Rissproblematik und damit auch mit der Frage der Verstärkungen auseinandergesetzt.

Im Rahmen des unter Leitung der EMPA stehenden RILEM Technical Committees TC 206 ATB Advanced Testing and Evaluation of Bituminous Materials Task Group TG 4 Pavement Performance Prediction and Evaluation wird gegenwärtig ein Vergleichsversuch in Italien organisiert, wo verschiedene Verstärkungen in einer mit Lastwagen stark befahrenen Strasse eingebaut werden und entsprechend parallel hergestellte Prüfkörper durch verschiedene Labors in eigenen Versuchen vergleichend beurteilt werden sollen. Die Durchführung dieser Versuche ist auf 2010 geplant. Eine schematische Darstellung dieser Versuche enthält die folgende Abbildung 3.26.

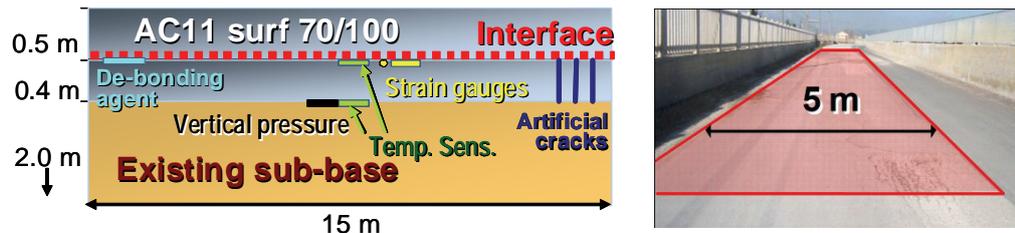


Abb. 3.26 Konzept des vorgesehenen RILEM TC 206 ATB Vergleichsversuchs in Italien

Die zu erwartenden Ergebnisse sind zu gegebener Zeit zu sichten und zu beurteilen bzw. in einer allfälligen objektbezogenen Forschung zu berücksichtigen.

4 Anwendungen von Asphalteinlagen in der Schweiz (Einzelstrecken)

In der Literatur und im Internet werden auf den Seiten der Produkthersteller ausgeführte Projekte nur kurz beschrieben. Es wird jedoch nicht näher auf gesammelte Erfahrungen zu den einzelnen Projekten eingegangen wie z.B. zu Art und Umfang eventuell aufgetretener Schäden, erkannter oder vermuteter Schadensursachen.

Aus diesem Grund wurden direkte Kontakte mit Projektleitern aus den Tiefbauämtern, Planern aus Ingenieurbüros und Produktherstellern hergestellt und Gespräche durchgeführt. Die Informationen und in den Gesprächen erhobenen Daten wurden in einem Fragebogen erfasst.

Allen Fachleuten, die in den Gesprächen zu Projekten Auskunft gegeben und Unterlagen zu den Projekten zur Verfügung gestellt haben, sei an dieser Stelle herzlich gedankt.

4.1 Erhebungsumfang

Um für die Schweiz einen umfassenden Überblick zur Anwendung von Asphalteinlagen zu erhalten, wurden die Fachleute in den Tiefbauämtern der Kantone und die Produkthersteller schriftlich über das Forschungsprojekt informiert. Anschliessend wurde das Gespräch telefonisch oder in einem persönlichen Treffen durchgeführt.

In den Gesprächen wurden folgende Kriterien zu den durchgeführten Projekten erfragt:

1. Ausgangslage:

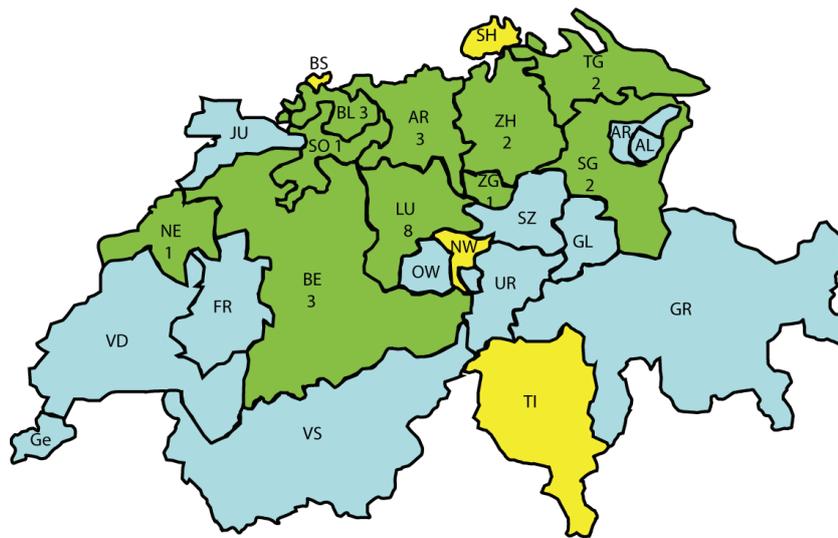
- Schadenbild
- Analyse Schäden

2. Massnahme:

- Produkt
- Erwartete Wirkung
- Einbau (realisiert)
- Erfahrungen

3. Beispiel

In Abbildung 4.27 wird ein Überblick zu den gewonnenen Informationen aus den Kantonen der Schweiz gegeben. Von den grün markierten Kantonen wurden vollständige Informationen zu Projekten mit Asphalteinlagen erhalten. Die Anzahl der Projekte sind jeweils in der Fläche des Kantons vermerkt. In den gelb markierten Kantonen wurden Asphalteinlagen bei der Instandsetzung von Betonstrassen angewendet oder der Einbau von Asphalteinlagen ist nicht bekannt. Von den blau markierten Kantonen liegen noch keine Informationen zu Projekten vor.



AG = Aargau	GE = Genf	OW = Obwalden	UR = Uri
AI = Appenzell in-Rh..	GL = Glarus	SG = Sankt Gallen	VD = Waadt
AP = Appenzell A.-Rh.	GR = Graubünden	SH = Schaffhausen	VS = Wallis
BE = Bern	JU = Jura	SO = Solothurn	ZG = Zug
BL = Basel-Landschaft	LU = Luzern	SZ = Schwyz	ZH = Zürich
BS = Basel-Stadt	NE = Neuenburg	TG = Thurgau	
FR = Freiburg	NW = Nidwalden	TI = Tessin	

- Vollständige Informationen erhalten
- Kein Einbau bekannt oder bisher nur bei Betonbauweise angewendet
- Noch keine Informationen erhalten

Abb. 4.27 Informationen zu Asphalteinlagen in den Kantonen der Schweiz

4.2 Ergebnisse der Umfragen

Von zehn Kantonen wurden Informationen zu 26 Projekten erhalten, bei denen Asphalteinlagen bei Erhaltungsmassnahmen von bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten zur Anwendung kamen.

Zur Beschreibung der Ausgangslage (vor der Sanierungsmassnahme) wurde in der Regel das Schadenbild mit dem Schadenkatalog aus der SN 640 925b „Anleitung zur visuellen Zustandserhebung und Indexbewertung mit dem Schadenkatalog“ (SN 640 725b, 2003) und der SN 640 730b „Erhaltung von Fahrbahnen“ (SN 640 730b, 1998) verwendet. Die Schadenbilder reichten von örtlichen Schäden bis hin zu ausgedehnten Belagschäden und ausgedehnten strukturellen Schäden.

Die örtlichen Schäden beliefen sich auf örtliche Belagsschäden wie z.B. Ausmagerungen, wilde Risse und Einzelrisse. Ausgedehnte Belagsschäden kamen in Form von Ausmagerungen, wilden Rissen und Reflexionsrissen sowie Belagsverformungen wie z.B. Spurrinnen und Aufwölbungen vor. Bei den strukturellen ausgedehnten Schäden wurden Längsrisse und Setzungen dokumentiert.

In drei Projekten wurden neben der visuellen Zustandserhebung messtechnische Untersuchungen mit Bohrkernen durchgeführt, wobei dort vorab eine ungenügende Tragfähigkeit festgestellt wurde. Eine mögliche Begründung für die geringe Anzahl messtechnischer Untersuchungen liegt darin, dass die Wahl und Anordnung der Massnahmen oft vor Ort besprochen und entschieden wurden.

Die Auswertung der Fragebögen nach der Art der Massnahme ergab vier typische Anwendungsfelder der Asphalteinlagen bei Erhaltungsmassnahmen:

- Neue Deckschicht (Verstärkung) im Hocheinbau
- Erneuerung Deckschicht
- Teilersatz (Deck-, Binder- und/oder Tragschicht) oder Totalersatz (Deck-, Binder-, Trag- und/oder Fundationsschicht)
- Instandsetzung und Erneuerung von Teilen der Fahrbahn (z.B. bei Fahrbahnverbreiterung, Grabenaushub)

Im ersten Anwendungsfall wurden die gerissenen Fahrbahndecken mit einer neuen Deckschicht versehen. Zwischen der neuen und der alten bitumenhaltigen Schicht wurde die Asphalteinlage mit dem Zweck der Rissüberbrückung verlegt. Durch die Asphalteinlage sollte das Durchschlagen von Rissen aus der alten in die neue Schicht verhindert werden.

Im zweiten Anwendungsfall wurde die beschädigte Deckschicht bis zur Tragschicht abgefräst. Die Asphalteinlage wurde zwischen der alten Tragschicht mit eventuell vorhandenen Schäden und der neuen Deckschicht verlegt. Der Zweck der Asphalteinlage sollte hierbei die Rissüberbrückung sein. Es sollte vermieden werden, dass Risse aus der Tragschicht in die neue Deckschicht durchschlagen. Daneben wurde die Aufnahme von Schubkräften als angestrebte Wirkung angegeben.

Beim dritten Anwendungsfall wurden die Deckschicht und die Tragschicht komplett neu ersetzt. Bei diesen Projekten war eine verminderte Tragfähigkeit des Untergrundes der Anlass. Die Asphalteinlage wurde zwischen der Fundationsschicht und der Tragschicht verlegt. Diese sollte zu einer Tragfähigkeitsverbesserung beitragen.

Beim vierten Anwendungsfall grenzen in Folge der Durchführung von Massnahmen wie z.B. der Fahrbahnverbreiterung oder Grabenaushub unterschiedliche Oberbaukonstruktionen aneinander. Der verbreiterte bzw. ausgehobene Teil der Fahrbahn besitzt einen neuen und damit anderen Aufbau als der alte Teil der Fahrbahn. Die zwischen den beiden unterschiedlichen Fahrbahnaufbauten vorhandene Arbeitsfuge stellt eine Unstetigkeit (Störstelle) dar. Um Längsrisse durch ungleiche Setzungen entlang der Fuge zu vermeiden, wurde diese mit einer Asphalteinlage bedeckt und die Deckschicht darüber aufgebracht.

Es wurde bei den Massnahmen zwischen örtlichen und flächigen Massnahmen unterschieden. Unter den flächigen Massnahmen wurden Massnahmen verstanden, bei denen die Asphalteinlage auf beiden Fahrstreifen flächig verlegt wurde. Bei örtlichen Massnahmen (Kleinflächen) wurden die Asphalteinlagen zum Überbrücken von örtlichen Schäden verwendet. Die Asphalteinlagen wurden bei beschädigten Teilstücken, streifenweise bei Längs- und Querrissen oder bei Fugen infolge von unterschiedlichen angrenzenden Oberbaukonstruktionen eingesetzt. Abbildung 4.28 verdeutlicht den Unterschied zwischen dem flächigen und örtlichen Einsatz von Asphalteinlagen bei bitumenhaltigen Belägen.

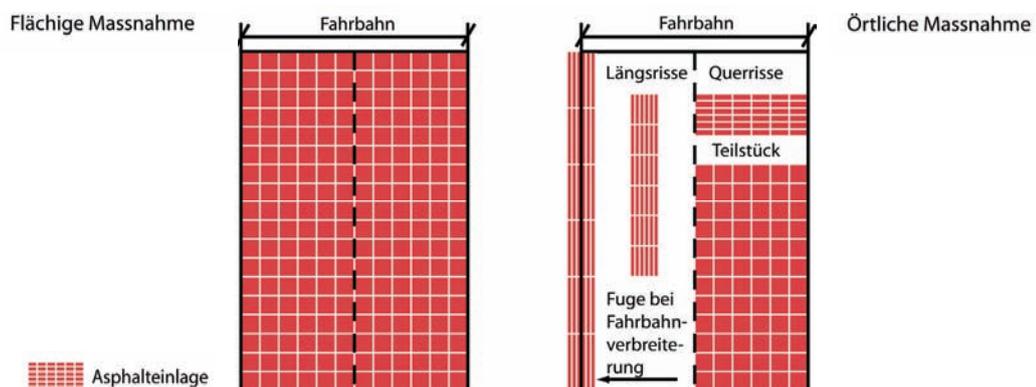


Abb. 4.28 Darstellung der Unterschiede zwischen flächiger und örtlicher Massnahme

Die vier beschriebenen Anwendungsfälle wurden sowohl als örtliche als auch als flächige Massnahmen durchgeführt. Es wurden 14 flächige und 12 örtliche Massnahmen registriert.

Für die Massnahmen kamen die Produkte Carbophalt G, Glasphalt bit, Glasphalt G, Gridseal, Glasgrid, PGM und Mesh Track zu Anwendung. In Tabelle 4.12 sind die Anzahl der Produkte gemäss der Umfrage dargestellt.

Tab. 4.12 Anwendungsfälle von Asphalteinlagen gemäss Umfrage Schweiz

Struktur	Material	S&P Reinforcement	SYTEC Bau-systeme AG	TenCate Geo-synthe-tics AG	Fritz Landolt AG	Scho-ellkopf /Hues-ker	Tensar Inter-natio-nal GmbH	REHAU AG	Bekaert			
GTX-N	PP			PGM	1							
GGR	PET					HaTelit	0					
	C/G	Carbo-phalt G	11									
	G	Glas-phalt G	4	Glas-grid	1			ARM - APAL G	0			
		Glas-phalt bit	4	Grid-seal	3			ARM - APAL GL	0			
S								Mesh Track	2			
GCO	PP/C	Garb-ophalt GS	0									
	PP/G	Glas-phalt GS	0		PGM-G	0	Lando-bit	0	Glas-tex	0	ARM-APAL plus	0
		Glas-phalt GV	0						Crack Stop	0		
PP/PP		0						Ten-sar AR-G	0			
GTX-N	Vlies		PP	Polypropylen		G	Glas					
GGR	Gitter		PET	Polyester		S	Stahl					
GCO	Verbundstoff		C	Carbon								

Aus der Gesamtheit der Projekte ist nicht zu erkennen, welches Produkt für welche Massnahme am besten geeignet ist. Es können aber einzelne Gesetzmässigkeiten zusammenfassend dargestellt werden.

Der Erfahrungsstand bei den Tiefbauämtern zu den Asphalteinlagen ist unterschiedlich. Einige Tiefbauämter haben sehr wenige Erfahrungen mit Asphalteinlagen. Sie haben Bedenken, dass die Asphalteinlage im Schichtensystem der bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten nicht die gewünschte Wirkung erzielt. Sie vermuten, es mangelte am ausreichenden Schichtenverbund. Ausserdem sehen sie das Fräsen und Recycling der Asphalteinlagen als problematisch an, hierbei vor allem bei Stahlgittern.

In anderen Tiefbauämtern existieren einige Erfahrungen. Sie treten den Asphalteinlagen sehr offen und experimentierfreudig gegenüber. Sie sind in einem Versuchsstadium, wo Asphalteinlagen bei Sanierungsprojekten ausprobiert werden und verfolgt wird, wie sich die Massnahme bewährt. Dies erfolgt zumeist durch die visuelle Zustandserhebung im Rahmen der periodischen Beurteilung von Fahrbahnen. Sie sind vom Nutzen der Asphalteinlagen überzeugt und zeigen Offenheit gegenüber neuen Produkten.

4.3 Ergebnisse an den Einzelstrecken

Zu einigen Projekten lagen Situationspläne und Normalprofile vor. Diese wurden mit den Informationen nach folgendem Schema zusammengestellt:

1. Ausgangslage:

- Schadenbild
- Analyse Schäden

2. Massnahme:

- Produkt
- erwartete Wirkung
- Einbau (realisiert)
- Erfahrungen

3. Beispiele

Die in Tabelle 4.13 aufgelisteten Projekte werden im Folgenden mit Hilfe der zur Verfügung gestellten Unterlagen näher beschrieben.

Tab. 4.13 Übersicht zu den Einzelstrecken in der Schweiz

Massnahme	Objekt	Kanton
Erneuerung Deckschicht	Hittnauerstrasse Gemeinde Pfäffikon	Zürich
Totalersatz oder Teilersatz	Seeburgstrasse Stadt Luzern	Luzern
	Hirschmattstrasse Stadt Luzern	Luzern
	Bahnhofstrasse Liestal	Basel-Landschaft
	Arisdorfunnel Nationalstrasse N2	Basel-Landschaft
Instandsetzung und Erneuerung von Teilen der Fahrbahn	Forchstrasse Stadt Zürich	Zürich
	Eitalstrasse Tecknau	Basel-Landschaft
	Kerzers - Bern Bethlehem (Belagslos Tunnel Brünnen)	Bern

4.3.1 Erneuerung Deckschicht

Objekt: Hittnauerstrasse Gemeinde Pfäffikon, Kanton Zürich

1. Ausgangslage:

- Schadenbild: Schwere Belagsschäden
- Analyse Schäden: Keine messtechnischen Untersuchungen, keine Analyse

2. Massnahme:

- Produkt: PGM von der Firma TenCate
- Erwartete Wirkung: Rissüberbrückung
- Einbau (realisiert): 2004
- Erfahrungen: Nach 5-6 Jahren kam es zu Rissbildung in der Deckschicht.

3. Beispiel: Situation und Schichtenaufbau der Hittnauerstrasse

Die Hittnauerstrasse im Kanton Zürich wurde im Jahr 2004 saniert. Ein Teil vom Los wurde mit einer Oberflächenbehandlung, der andere Teil wurde mit einer spannungsabsorbierenden Zwischenschicht (bituminiertes Vlies) saniert. Das Vlies wurde zwischen der Heimschicht und einer 3.5 cm hohen Splittmastixschicht eingebaut. In Abbildung 4.29 sind der Situationsplan und der Schichtenaufbau der Hittnauerstrasse dargestellt.

5-6 Jahre nach dem Einbau des Vlieses wurden erneut Risse in der Deckschicht festgestellt. Die Ursache war zu hartes Bitumen, wobei aber keine Untersuchungen dazu durchgeführt wurden. Die Risse wurden erneut vergossen. Im Kurvenbereich wurden Wellenbildungen durch Schubbewegungen in der Deckschicht festgestellt.

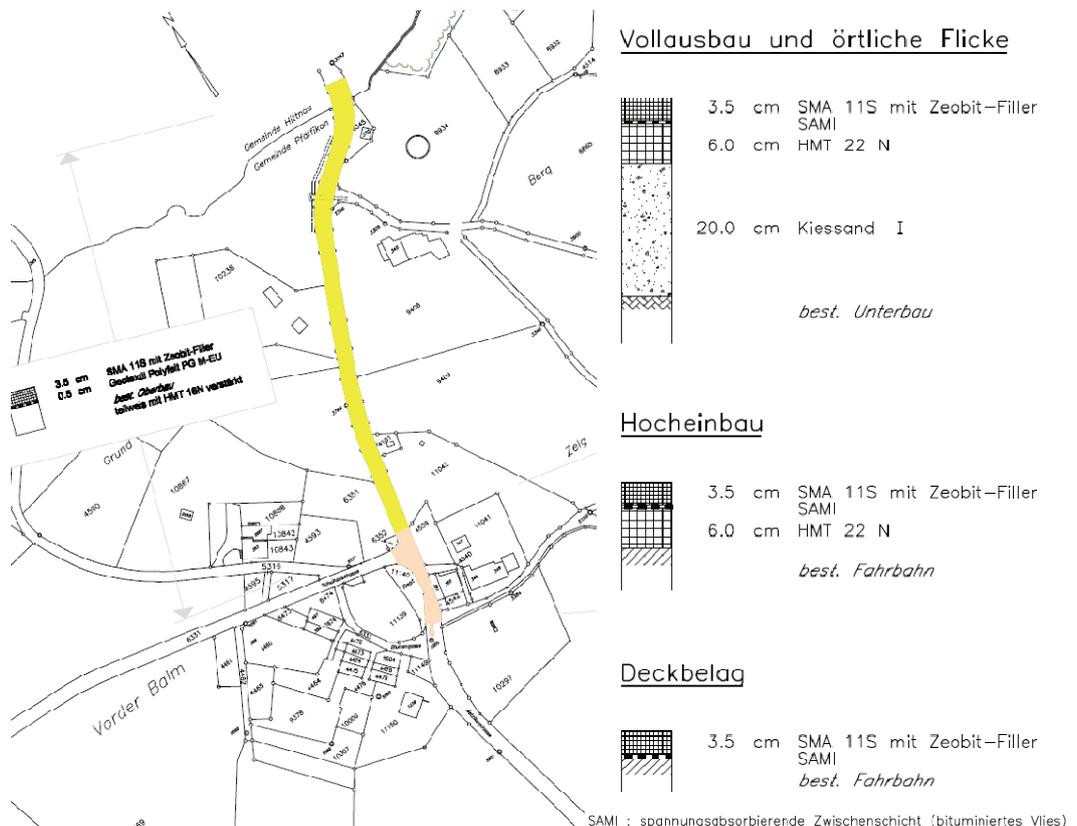


Abb. 4.29 Situation und Schichtenaufbau Hittnauerstrasse (Gisler Ingenieure)

4.3.2 Totalersatz (Deck-, Binder- und/oder Fundamentalschicht)

Objekt: Seeburgstrasse Stadt Luzern, Kanton Luzern (2004)

1. Ausgangslage:

- Schadenbild: Setzungsempfindlicher Boden, hoher Wasserspiegel im Bereich der Strasse, da die Strasse in der Nähe vom Vierwaldstädter See liegt
- Analyse Schäden: Keine messtechnischen Untersuchungen, keine Analyse

2. Massnahme:

- Produkt: Carbophalt G
- Erwartete Wirkung: Verstärkung der Tragschicht
- Einbau (realisiert): 2004
- Erfahrungen: Noch keine Erfahrungen vorhanden

3. Beispiel: Geometrisches Normalprofil Seeburgstrasse

Im Jahr 2004 wurde die Seeburgstrasse im Kanton Luzern saniert. Durch die Nähe zum Vierwaldstädter See liegt ein setzungsempfindlicher Boden vor. Zur Verstärkung der neu eingebauten Schichten wurden ein Geovlies und ein Geogitter zwischen dem Untergrund und Fundamentalschicht eingebaut. Zusätzlich wurde eine Asphalteinlage (im Normalprofil als Asphaltbewehrung bezeichnet) in die Tragschicht eingebaut (Abb. 4.30).

Bisher liegen noch keine Erfahrungen und Dokumentationen zum Zustand der Seeburgstrasse vor.

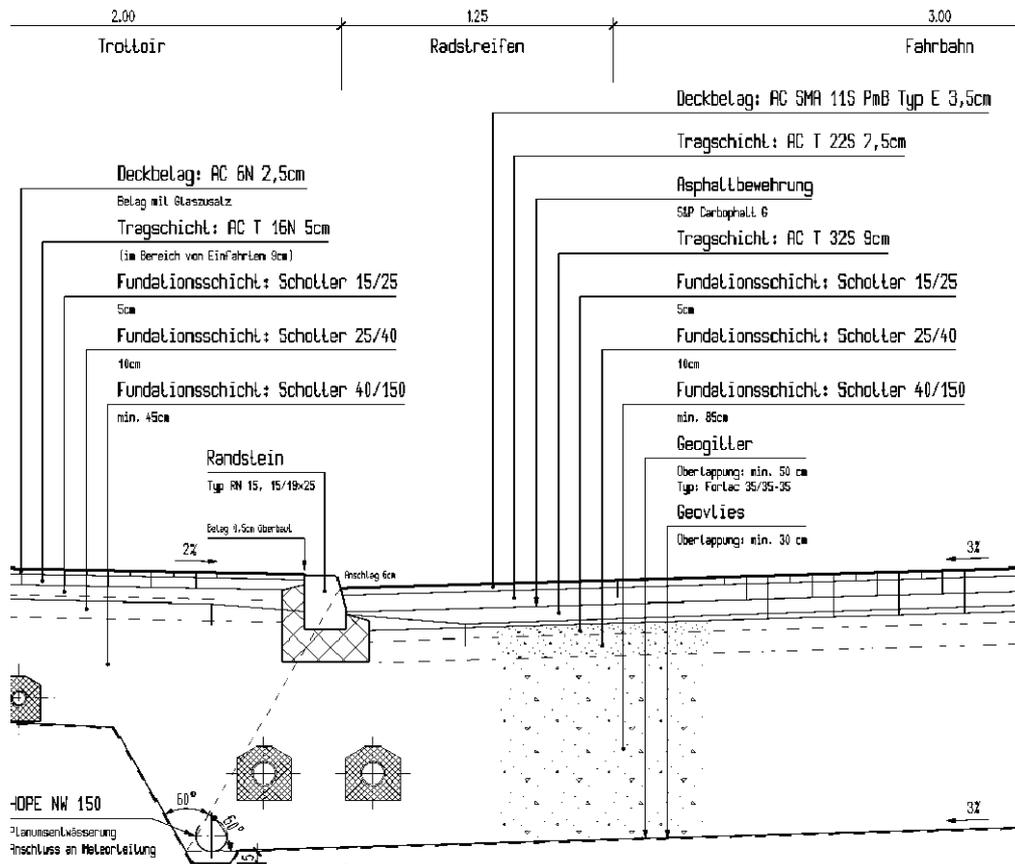


Abb. 4.30 Geometrisches Normalprofil Seeburgstrasse (Emch+Berger Stadt Luzern)

Objekt: Hirschmattstrasse Stadt Luzern, Kanton Luzern (2007)

1. Ausgangslage:

- Schadenbild: Neuer Werkleitungsbau; ungenügende Tragfähigkeit
- Analyse Schäden: Bohrkernuntersuchungen

2. Massnahme:

- Produkt: Glasphalt G
- Erwartete Wirkung: Verstärkung der Tragschicht
- Einbau (realisiert): 2007
- Erfahrungen: Keine Dokumentation

3. Beispiel: Geometrisches Normalprofil Hirschmattstrasse

Die im Jahr 2007 sanierte Hirschmattstrasse befindet sich in der Stadt Luzern. Durch den Einbau neuer Werkleitungen wurden die alten Strassenschichten total ersetzt. Vor der Sanierung durchgeführte Deflektionsmessungen führten zum Ergebnis, dass eine schlechte Tragfähigkeit vorhanden ist.

In der Abbildung 4.31 ist der Schichtaufbau der neuen Strasse dargestellt. Die Asphalteinlage (im Normalprofil als Netzarmierung bezeichnet) wurde über beide Fahrstreifen flächig verlegt und befindet sich zwischen der Asphalttragschicht und der Binderschicht.

Bisher liegen noch keine Erfahrungen und Dokumentationen zum Zustand der Hirschmattstrasse vor. Der Zustand wird jedoch durch das Strasseninspektorat der Stadt Luzern periodisch beurteilt.

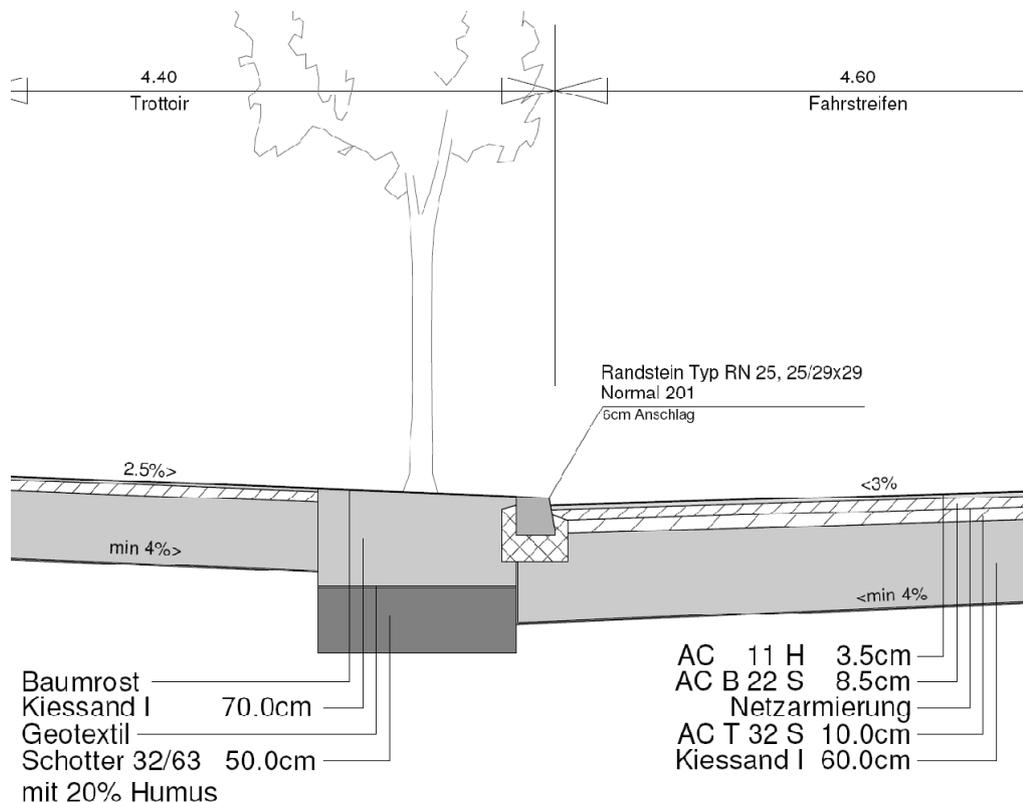


Abb. 4.31 Geometrisches Normalprofil Hirschmattstrasse (Tiefbauamt Stadt Luzern, Verkehrsplanung und Bau; Herr Daniel Nussbaumer)

4.3.3 Teilersatz (Deck-, Binder- und/oder Tragschicht)

Objekt: Bahnhofstrasse Liestal, Kanton Basel-Landschaft (2004)

1. Ausgangslage:

- Schadenbild: Risse in Deckschicht, Verformungen, ungenügende Tragfähigkeit
- Analyse Schäden: Keine messtechnischen Untersuchungen, keine Analyse

2. Massnahme:

- Produkt: Mesh Track (System Bitufor)
- Erwartete Wirkung: Tragfähigkeitserhöhung
- Einbau (realisiert): 2004
- Erfahrungen: Bisher sind keine Schäden sichtbar

3. Beispiel: Situationsplan und Schichtenaufbau der Bahnhofstrasse in Liestal

Die Bahnhofstrasse wurde im Jahr 2004 saniert. Der Fahrbahnbelag war stark gerissen, teilweise verformt und stark abgefahren. Zudem wurde eine ungenügende Tragfähigkeit festgestellt. Das Stahlgitter wurde zwischen der Fundationsschicht, welche belassen wurde, und der Tragschicht eingebaut (Abb. 4.32). Das Gitter sollte eine Tragfähigkeits-erhöhung bewirken.

Bisher traten keine Schäden bei der Bahnhofstrasse auf. Es wurde 2005 eine visuelle Zustandsaufnahme (Index I1) gemacht und 2007 erfolgte die Schlussprüfung (Garantie-abnahme).

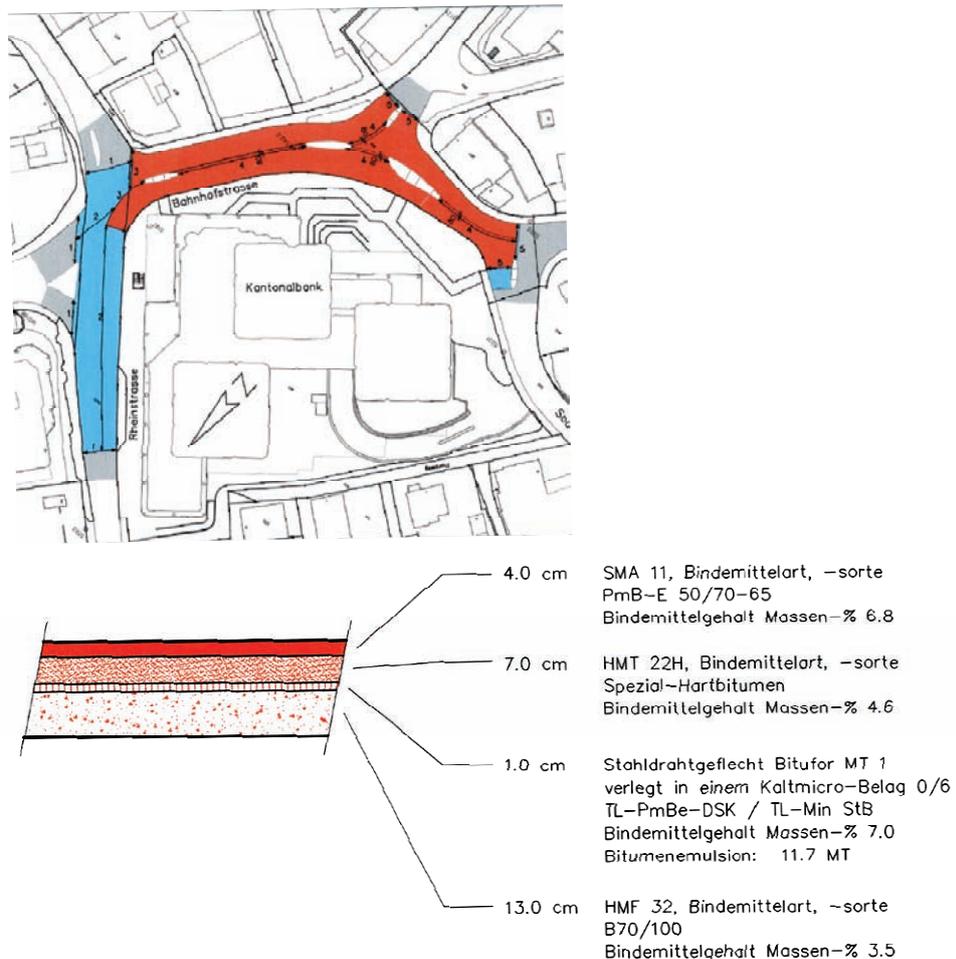


Abb. 4.32 Geometrisches Normalprofil Bahnhofstrasse Liestal (Bau- und Umweltschutz-direktion Kanton Basel-Landschaft; Herr Markus Grieder)

Objekt: Arisdorftunnel Nationalstrasse N2, Kanton Basel-Landschaft (2005)

1. Ausgangslage:

- Schadenbild: Reflexionsrisse
- Analyse Schäden: Keine messtechnische Analyse

2. Massnahme:

- Produkt: Carbophalt G
- Erwartete Wirkung: Tragfähigkeitserhöhung
- Einbau (realisiert): 2005
- Erfahrungen: Keine Erfahrungen

3. Beispiel. Geometrisches Normalprofil und Schichtenaufbau vom Arisdorftunnel

Der Arisdorftunnel wurde im Jahr 2005 saniert. Durch eine visuelle Zustandsbeurteilung wurden Reflexionsrisse festgestellt.

Auf der gesamten Fahrbahnlänge gab es Abschnitte von 60m², bei denen die Asphalteinlage auf der ganzen Breite unter der Asphalttragschicht eingebaut wurde. Die Abbildung 4.33 zeigt das geometrische Normalprofil und den Schichtenaufbau.

Bisher liegen noch keine Erfahrungen zum Fahrbahnzustand vor.

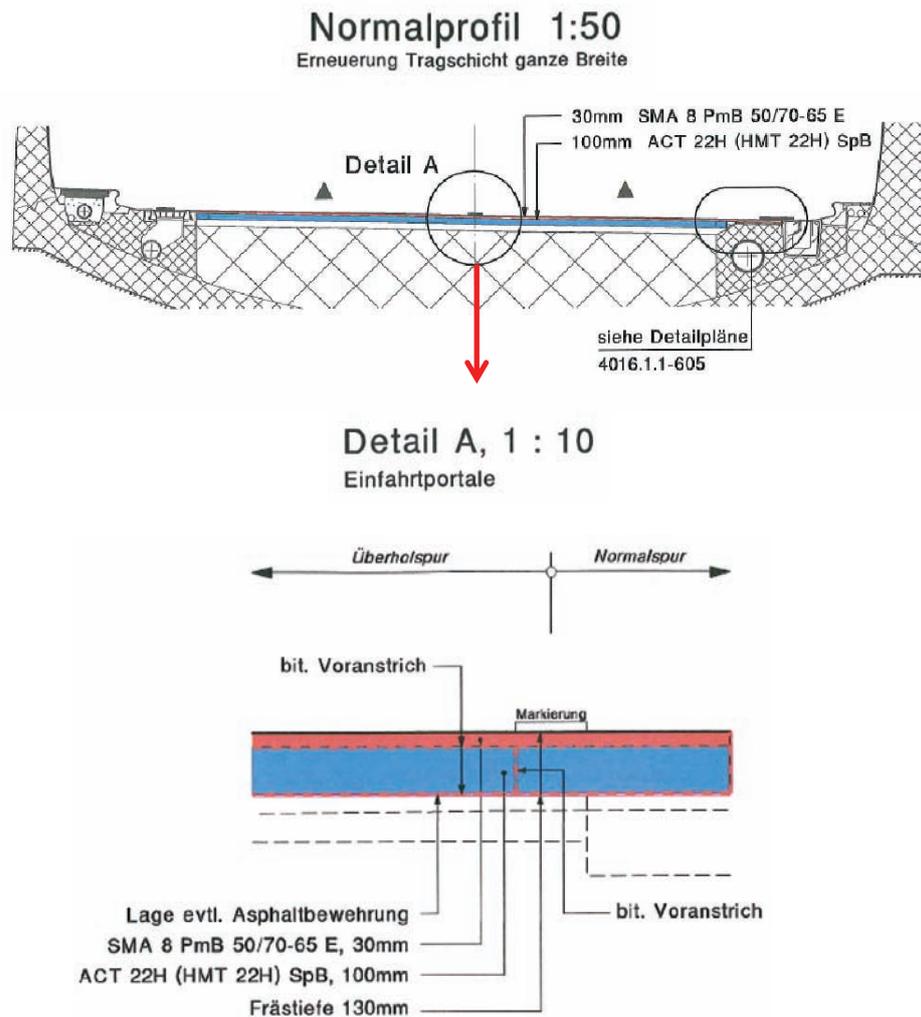


Abb. 4.33 Geometrisches Normalprofil und Schichtenaufbau vom Arisdorftunnel (AST-RA-Filiale Zofingen, Herr Zbinden)

4.3.4 Instandsetzung und Erneuerung von Teilen der Fahrbahn

Objekt: Forchstrasse Stadt Zürich, Kanton Zürich (2009)

1. Ausgangslage:

- Schadenbild: Oberflächenschäden
- Analyse Schäden: Keine messtechnische Analyse

2. Massnahme:

- Produkt: Gridseal
- Erwartete Wirkung: Rissüberbrückung (Fuge)
- Einbau (realisiert): 2009
- Erfahrungen: keine Erfahrungen

3. Beispiel. Geometrisches Normalprofil von der Forchstrasse

Die Forchstrasse wurde 2009 saniert. Die Ursache der Sanierung waren Oberflächenschäden in der bestehenden Fahrbahn.

Die alte Fahrbahn wurde 6 cm tief abgefräst und der Schichtaufbau wurde belassen. Neben der alten Fahrbahn wurden neue Werkleitungen in einen neuen Schichtaufbau verlegt. Der alte Schichtaufbau unterschied sich daher vom neuen Schichtaufbau. Auf die vorhandene Arbeitsfuge zwischen dem neuen und alten Schichtaufbau wurde die Asphalteinlage verlegt (siehe Abb. 4.34)

Bisher liegen noch keine Erkenntnisse und Erfahrungen zum Einbau der Asphalteinlage vor.

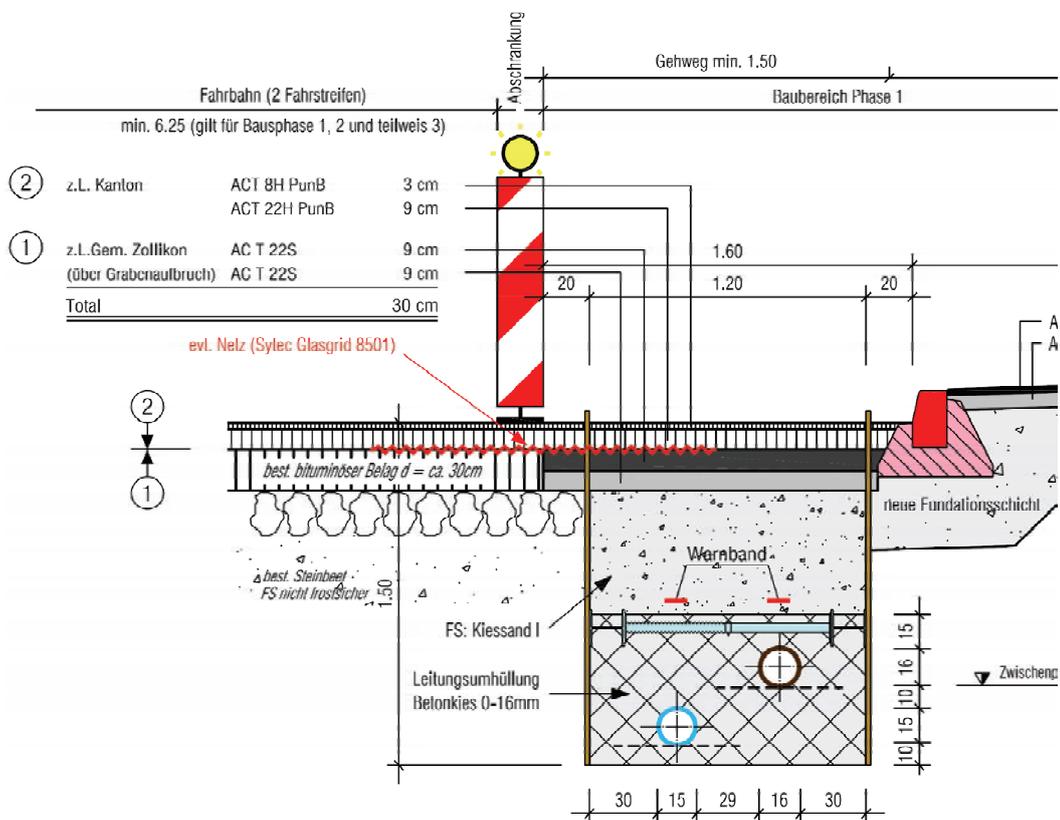


Abb. 4.34 Geometrisches Normalprofil von der Forchstrasse (Gisler Ingenieure)

Objekt: Eitalstrasse Tecknau, Kanton Basel-Landschaft (2004 u. 2007)

1. Ausgangslage:

- Schadenbild: Verbreiterung der Fahrbahn, Dammaufschüttung
- Analyse Schäden: Keine messtechnischen Untersuchungen, keine Analyse

2. Massnahme:

- Produkt: Carbophalt G
- Erwartete Wirkung: Rissüberbrückung (Fuge)
- Einbau (realisiert): 2004 und 2007
- Erfahrungen: Liegen noch nicht vor

3. Beispiel. Geometrisches Normalprofil von der Eitalstrasse in Tecknau

Die Eitalstrasse wurde in 2 Längsetappen (2004 u. 2007) verbreitert. Dies erforderte Grossteils eine Dammschüttung. Da die bestehende Strasse genügend tragfähig war, wurde das System Hocheinbau gewählt. Auf Empfehlung des beigezogenen Geotechnikers wird die Deckschicht erst 2010 eingebaut.

Ziel der Asphalteinlage (im Normalprofil als Netze bezeichnet) ist es, die Längsrisse durch ungleiche Setzungen entlang dem angebauten Bereich zu vermeiden. Die Asphalteinlagen werden auf der Tragschicht verlegt und mit einer 3.5 cm Deckschicht überbaut (Abb. 4.35).

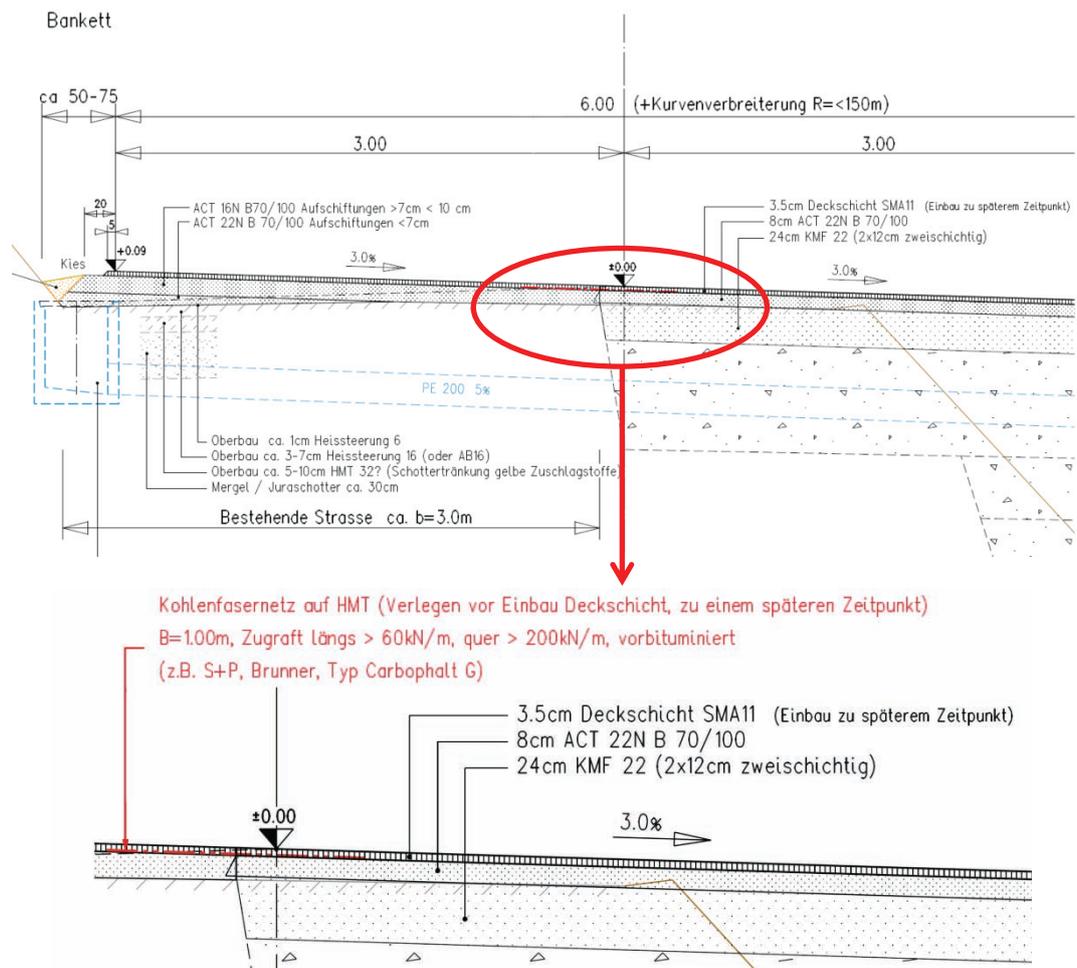


Abb. 4.35 Geometrisches Normalprofil Eitalstrasse in Tecknau (Bau- und Umweltschutzdirektion Kanton Basel-Landschaft; Herr Markus Grieder)

Objekt: N1 Kerzers - Bern Bethlehem (Belagslos Tunnel Brünnen), Kanton Bern (2007)

1. Ausgangslage:

- Schadenbild: Verbreiterung der Fahrbahn
- Analyse Schäden: Keine messtechnischen Untersuchungen, keine Analyse

2. Massnahme:

- Produkt: Glasgrid
- Erwartete Wirkung: Rissüberbrückung (Fuge), Tragfähigkeitserhöhung
- Einbau (realisiert): 2007
- Erfahrungen: Liegen noch nicht vor

3. Beispiel. Situationsplan und Schichtenaufbau des Belagsloses Tunnel Brünnen

Der Tunnel Brünnen wurde 2007 saniert. Die Richtungsfahrbahn wurde von zwei auf drei Fahrstreifen durch Hinzunahme des Standstreifens erweitert. Da der Strukturwert des Standstreifens zu gering war, wurde die bitumenhaltige Trag- und Deckschicht erneuert. Der unter dem vorhandenen Standstreifen verlegte Rohrblock, führte zu einer Unstetigkeit im Aufbau der Tragschicht. Um Schäden infolge dieser Unstetigkeit zu vermeiden, erfolgte die Verwendung einer Asphalteinlage (im Normalprofil als Belagsarmierung bezeichnet). Diese wurde in der Tragschicht verlegt (Abb. 4.36).

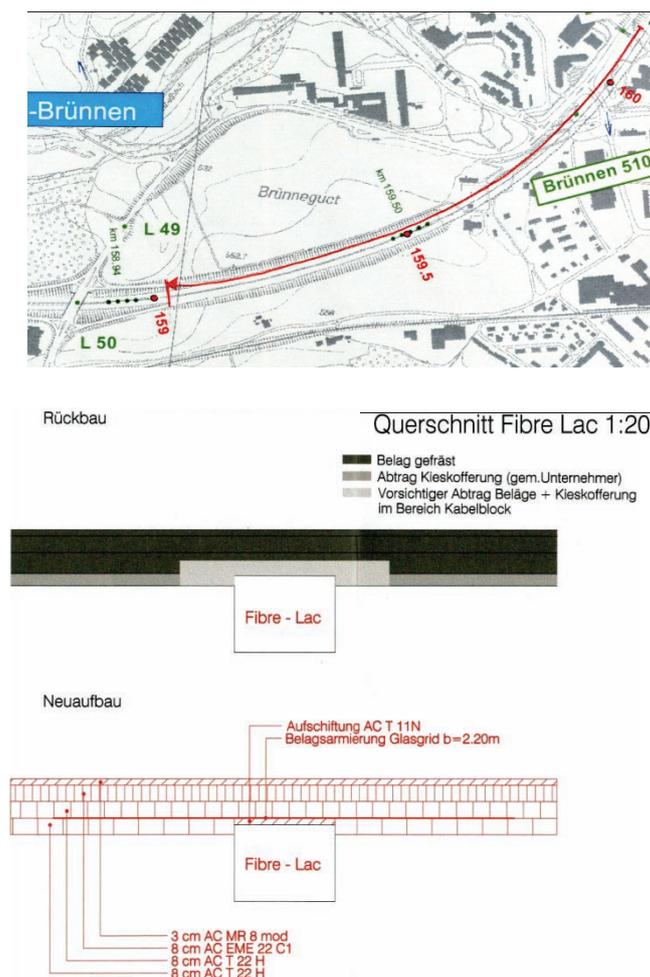


Abb. 4.36 Situationsplan und Schichtenaufbau des Belagslos Tunnel Brünnen (Bau-, Verkehrs- und Energiedirektion des Kantons Bern; Herr Werner Eichenberger)

5 Erkenntnisse

5.1 Literatur

Asphalteinlagen werden seit mehreren Jahren bei Erhaltungsmassnahmen bitumenhaltiger Oberbauten in der Schweiz eingesetzt. In der Schweiz und in Deutschland existieren Handbücher und Arbeitspapiere, in denen die Eigenschaften, Hauptaufgaben und Anwendungsfelder der Asphalteinlagen aufgezeigt werden. Die Anwendung von Asphalteinlagen bei bitumenhaltigen Deck- und Tragschichten ist dabei nur sehr wenig in die Normen eingegangen.

Die SN 670 259 EN 15381 „Geotextilien oder geotextilverwandte Produkte – Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich sind“ (SN 670 092 EN ISO 10318, 2006) ist eine internationale Norm, die eine Begriffsdefinition zu Asphalteinlagen enthält und die erforderlichen Eigenschaften von Asphalteinlagen beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten beschreibt. Zu Produkten, die als Asphalteinlage verwendet werden können, verweist die SN 670 259 EN 15381 auf die SN 670 092 EN ISO 10318. In der SN 670 092 EN ISO 10318 „Geokunststoffe – Begriffe“ werden Begriffe zu Geokunststoffen definiert und eine Symbolik für die Produkte gegeben, womit ein Ansatz zur Systematisierung von Asphalteinlagen gegeben wurde (SN 670 092 EN ISO 10318, 2006).

Eine Norm, die die Eigenschaften der Asphalteinlage im Einbauzustand und auf das Zusammenwirken des Schichtensystems (Schichtenverbund) eingeht, existiert noch nicht. Die festgelegten Prüfungen in der SN 670 259 EN 15381 erfolgen ausschliesslich am Produkt, wobei keine Mindestanforderungen zu den relevanten Eigenschaften im Einbauzustand genannt werden.

Die Anwendung der Asphalteinlage als spannungsabsorbierende Zwischenschicht bei Instandsetzungsmassnahmen wird in der SN 640 732a gezeigt, wobei aber auch in dieser Norm keine Angaben zu den Eigenschaften im Einbauzustand gegeben werden.

Die Asphalteinlagen bestehen aus den Materialien Kunststoff, Glas, Carbon und Stahl, die zu einer flächenförmigen, gitterförmigen oder zu einem Verbund aus beiden Strukturen angeordnet sind. In Anlehnung an die vorgegebene Symbolik der SN 670 259 EN 15381, wurden die auf dem Schweizer Markt vorhandenen Produkte im Rahmen dieser Pilotstudie systematisiert.

Aus Material und Struktur ergeben sich die Eigenschaften und die Funktionen (Wirkung) einer Asphalteinlage. Von besonderer Bedeutung sind die Parameter Elastizitätsmodul (E-Modul) und Bruchdehnung.

Verschiedene bitumenhaltige Mischgüter weisen grundsätzlich viskoelastisches (oder thermoplastisches) Verhalten auf (Wiehler et al., 1996). Nach Wiehler (Wiehler et al., 1996) liegt der dynamische Elastizitätsmodul von Asphaltbeton bei einer Temperatur von 5°C bei 8000 N/mm² und von Asphalttragschichten bei 6000 N/mm². Nach Brown (Brown et al., 1985) liegt der Elastizitätsmodul unter dynamischen Beanspruchungen zwischen 100 - 10 000 N/mm².

Nach Scherer (Scherer, 2004) ist der Elastizitätsmodul eines Fasergitters tiefer als der theoretische Elastizitätsmodul der Faser. Die Ursache dafür liegt in der Herstellung des Gitters, bei der die Fasern nicht optimal angeordnet werden. Nach Scherer (Scherer, 2004) ist für den Vergleich im Verbundbaustoff armerter Asphalt der theoretische Elastizitätsmodul der Faser um einen Reduktionsfaktor von 1.5 abzumindern. In Tabelle 5.14 sind die abgeminderten Elastizitätsmodule für Asphalteinlagen dem Elastizitätsmodul von Asphalt gegenübergestellt.

Tab. 5.14 Vergleich Elastizitätsmodul von Asphalt mit Asphalteinlagen (Brown et al., 1985; Scherer, 2004)

Asphalt bzw. Asphalteinlage	E-Modul (N/mm ²)
Asphalt (AC)	100-10 000
Polypropylen (GGR/PP)	8000 *
Polyesterfaser (GGR/PET)	10 000 *
Glasfasergitter (GGR/G)	47 000 *
Carbonfasergitter (GGR/C)	160 000 *
Stahlgitter (GGR/S)	210 000 *
	* mit Faktor 1.5 abgemindert

Es wird deutlich, dass der Elastizitätsmodul von Kunststoffgittern sehr nahe dem Elastizitätsmodul von Asphalt liegt. Zudem besitzen Kunststoffe im Vergleich zu den anderen Fasergittern eine hohe Bruchdehnung. Der Einbau von Kunststoffgittern als Asphalteinlage bewirkt nach Scherer (Scherer, 2004) keine höhere Biegesteifigkeit und führt daher zu keiner bewehrenden Wirkung im Asphalt. Der Elastizitätsmodul von Glas, Carbon und Stahl ist grösser als vom Asphalt, wodurch eine Bewehrung möglich ist.

Nach der Firma Huesker/Schoellkopf wird im Gegensatz dazu, den Kunststoffgittern eine sehr gute Wirkung bei der Rissverminderung (Verzögern von Reflexionsrissen) zugemessen (Huesker/Schoellkopf, 2010).

Einen Nachweis für die bewehrende Wirkung von Gitterprodukten aus Glas und Carbon liefern die Ergebnisse der Dehnungsversuche von Sokolov (Sokolov, 2007). Durch den Einbau von Glasfaser- und Carbonfasergitter konnte die Dehnung im Asphalt um 33 % gegenüber einem Probekörper ohne Asphalteinlage reduziert werden. Bezüglich des Bruchverhaltens wurde nach der Methode der 4Pkt Biegeprüfung bei 10°C festgestellt, dass mit Carbon und Glas bis zum endgültigen Versagen deutlich höhere Verformungen aufgenommen werden können und je nach Verstärkungsgitter eine Erhöhung der Bruchfestigkeit bis zu nahezu dem doppelten Wert eines unverstärkten Prüfkörpers erreicht werden konnte (Kim et al., 2009a).

Die Voraussetzung zur Reduktion der Dehnung ist der Schichtenverbund zwischen der Asphalteinlage und der oben- und untenliegenden Schicht. Versuche an Bohrkernen mit Asphalteinlagen nach Leutner zeigten, dass die Asphalteinlage eine Abminderung des Schichtenverbundes bewirkt.

In den von Sokolov (Sokolov, 2007) beschriebenen Versuchen wurden Abscherprüfungen nach Leutner an Bohrkernen mit einem Durchmesser von 150 mm durchgeführt. Die Verbundscherkraft bei Probekörpern ohne Asphalteinlage wurde gegenüber mit Asphalteinlage von 20.31 kN auf 17.74 kN reduziert. Die erforderliche Verbundscherkraft von 15 kN wurde bei Prüfkörpern mit Carbongitter, die in 4 cm Tiefe und auf einer gefrästen Unterlage eingebaut wurden, nicht unterschritten. Die niedrigsten Verbundscherkräfte wurden bei Prüfkörpern erreicht, bei denen die Unterlage nicht angefräst wurde und die Asphalteinlage 3 cm tief eingebaut wurde. In Abbildung 5.37 sind die Ergebnisse für die Verbundscherkräfte blau dargestellt.

Die Versuche von Raab (Raab und Partl, 2004) und Raab (Raab, 2007) wurden mit einer Betonunterlage durchgeführt. Die erforderliche Verbundscherkraft von 15 kN wurde bei keinem Prüfkörper mit Asphalteinlage erreicht. In diesen Versuchen wurde durch die Fräsung der Unterlage gegenüber den Versuchen von Sokolov die Verbundscherkraft vermindert. In Abbildung 5.37 sind die Ergebnisse zu den Verbundscherkräften der Versuche von Raab (2004) grün und der Versuche von Raab (2007) rot dargestellt.

Die erforderliche Verbundscherkraft liegt bei 15 kN. Diese wurde in der Abbildung 5.37 mit einem hervorgehobenen Niveau markiert.

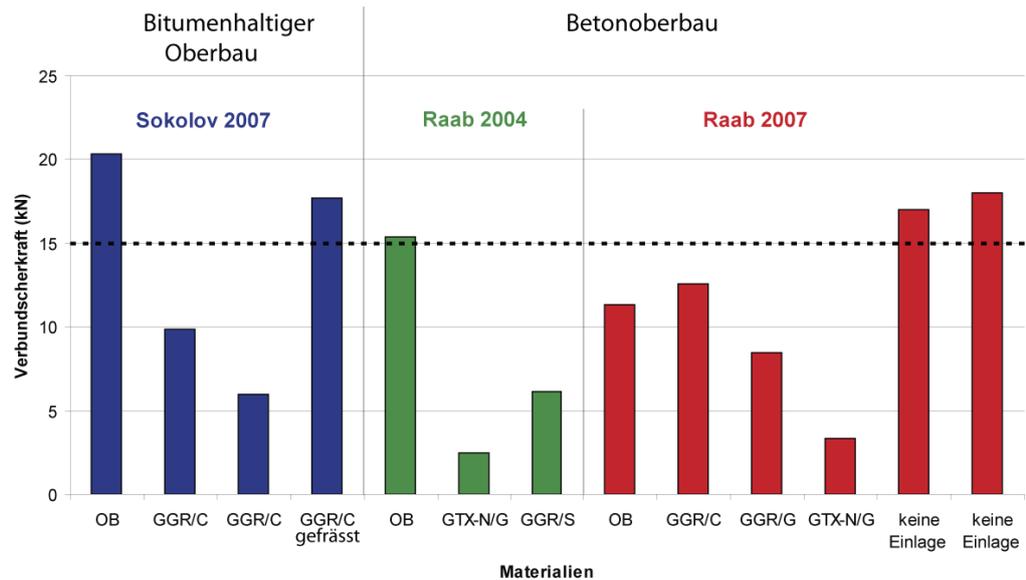


Abb. 5.37 Übersicht der gemessenen Verbundscherkräfte in den Scherversuchen nach Leutner verschiedener Untersuchungen (Raab, 2007; Raab und Partl, 2004; Sokolov, 2007)

Die Versuchsbedingungen bei der Prüfung des Schichtenverbundes weichen bei den von Sokolov (Sokolov, 2007), Raab (Raab und Partl, 2004) und Raab (Raab, 2007) beschriebenen Versuchen voneinander ab. Unterschiede sind im Versuchsaufbau wie z.B. dem Material der Unterlage (Asphalt oder Beton) und der Mischgutzusammensetzung der Deckschicht (SMA 11, AC 8 S, AC 11), der Behandlung der Unterlage (Fräsung ja/nein) und der Lage der Asphalteinlage im Schichtensystem festzustellen. Weiterhin variieren die Versuchsbedingungen bei der Prüfung des Schichtenverbundes wie z.B. die Prüftemperatur. Daher sind die Ergebnisse nur bedingt miteinander vergleichbar. Eine Testreihe, bei der die Produkte mehrerer Hersteller von einem unabhängigen Forschungsinstitut untersucht wurden, existiert bislang noch nicht. Es scheint jedoch, dass die Tiefenlage der Asphalteinlage (in Zugzone) und die Beschaffenheit der Auflage (gefrässt) der neuen mit einer Asphalteinlage versehenen Schicht eine wichtige Rolle für den Verbund spielt.

In den Untersuchungen von Faeh (Faeh, 2004) zur Tragfähigkeit wurde festgestellt, dass die Asphalteinlage zu einer Verbesserung der Tragfähigkeit beiträgt. Die Auswertung der durchgeführten Deflektionsmessungen vor und nach Einbau der Asphalteinlage ergab, dass den Carbonschichten eine äquivalente Verstärkungswirkung von 4.5 cm zugeschrieben werden kann. Beim Schichtenmodell der Finiten Element Berechnung befand sich die Asphalteinlage in der Druckzone. Durch den Vergleich der gemessenen Werte mit den Ergebnissen aus der Finiten Element Berechnung mit LUCAS wurde erkannt, dass die Asphalteinlage nur die Wirkung erzielen kann, wenn sie in der Zugzone eingebaut wird. In den Versuchen von Sokolov (Sokolov, 2007) wurde festgestellt, dass ein Carbonschicht nur zwischen zwei Belagsschichten im Verbund wirksam wird. Beim Einbau des Carbonschichters direkt auf die Fundamentalschicht, wurde keine Wirkung erzielt.

Bei den Versuchen zum Einfluss des Wassers auf Probekörper mit Asphalteinlage stellte Sokolov (Sokolov, 2007) fest, dass die Asphalteinlage eine positive risshemmende Wirkung erzielen kann.

Zusammenfassend ist festzustellen, dass es noch keine objektiven, gesamtschweizerischen vergleichbaren Untersuchungen von neutralen Forschungsinstitutionen gibt und insbesondere einheitliche Beurteilungs- und Prüfkriterien für das Verhalten von Asphalteinlagen in Systemen fehlen. Hier besteht Forschungs- und Entwicklungsbedarf. Erste wichtige Hinweise liefern einige bereits durchgeführte Laboruntersuchungen.

5.2 Erkenntnisse der Umfrage

Zur Evaluierung der Anwendungen der Asphalteinlagen in der Schweiz wurden eine vereinfachte Marktrecherche und eine Umfrage zu Projekten in den Tiefbauämtern, bei Planern aus Ingenieurbüros und bei Produktherstellern durchgeführt. Die Erkenntnisse aus der Marktrecherche und der Umfrage zu Produkten/Materialien, Einbaulage und Einbauart sowie weitere Erfahrungen sind im Folgenden zusammengefasst.

5.2.1 Produktsystematik

Die Marktrecherche für die Schweiz ergab, dass 9 Produkte für Verbundstoffe (GCO), 8 Gitterprodukte (GGR) und 1 Vliesprodukt (GTX-N) angeboten werden. Von den 18 Produkten werden 12 Produkte aus Glasfasern (G), 3 Produkte Kunststoff (PP und PET), 2 Produkte aus Carbonfaser (C) und 1 Produkte aus Stahl (S) hergestellt. Diese Informationen beruhen auf Herstellerangaben und stellen eine momentane Aufnahme der Produkte da. Sie erheben nicht den Anspruch auf Vollständigkeit.

Bei der Umfrage in den Tiefbauämtern, Planern aus Ingenieurbüros und Produktherstellern wurden Informationen zu 26 Projekten zur Analyse zur Verfügung gestellt. Diese stellen eine unvollständige Auswahl für die Schweiz dar.

In 25 Projekten wurden Gitterprodukte und in 1 Projekt ein Vlies verwendet. Bei keinem der 26 Projekte wurde ein Verbundstoff eingebaut. Von 25 Gitterprodukten bestanden 12 aus Glasfaser, 11 aus Carbonfaser und 2 aus Stahl. Das Vlies bestand aus Polypropylen. An Hand der Ergebnisse der Umfrage scheint es, dass in der Praxis Gitterprodukte aus Glas und Carbon bevorzugt zur Anwendung kommen.

Bei der Umfrage wurde festgestellt, dass sich unter dem Fokus der Nachhaltigkeit für die Bauunternehmen verschiedene Entscheidungskriterien ergeben. Das Abfräsen und Recycling von Asphalt mit Asphalteinlagen aus Kunststoff (Polyester) oder Stahl ist für die Unternehmer problematisch, obwohl damit keine praktischen Erfahrungen bestehen und dies eine vorläufige Einschätzung darstellt. Diese Materialien sollen zur Störung und Abnutzung der Fräsmaschine führen. Die Stofftrennung von Stahl/Asphalt und Kunststoff/Asphalt ist momentan noch nicht möglich. Die Materialien Glas und Carbon beeinträchtigen die Fräsbarkeit und das Recycling nicht.

Die Gitterprodukte aus Glas und Carbon wurden bei allen unter Ziffer 2.5.1 aufgeführten Einbauvarianten (Hocheinbau und Tiefeinbau) angewendet. Als Zweck der Anwendung wurden die Rissüberbrückung und die Tragfähigkeitsverbesserung angegeben.

Einen Überblick zu den Erkenntnissen der vereinfachten Marktrecherche und der Umfrage wird in der Tabelle 5.15 gegeben.

Tab. 5.15 Zusammenfassung der Erkenntnisse aus der vereinfachten Marktrecherche und Umfrage zu den Produkten in der Schweiz

Struktur	Material	Ergebnis Marktrecherche (18)	Ergebnis Projekte (26)	Fräsbarkeit	Recycling
GTX-N	PP	1	1	+	-
GGR	PET	1	-	+-	+-
	C/G	1	11	+	+
	G	5	12	+	+
	S	1	2	-	-
GCO	PP/C	1	-	/	/
	PP/G	7	-	/	/
	PP/PP	1	-	/	/
Struktur:		Material:	Fräsbarkeit:	Recycling:	
GTX-N	Vlies	PP Polypropylen	+ nicht problematisch	+ möglich	
GGR	Gitter	PET Polyester	- problematisch	- nicht möglich	
GCO	Verbundstoff	C Carbonfaser G Glasfaser S Stahl	/ keine Aussage		

Die Umfrage zeigte zudem, dass wissenschaftlich fundierte Ergebnisse, welche Aussagen über die Änderung der Tragfähigkeit und Rissvermeidung betreffen, kaum existieren in der Schweiz.

5.2.2 Einbaulage und Einbauart

Die Lage der Asphalteinlage bei Erhaltungsmassnahmen wurde anhand des Merkblatt Oberbau vom ASTRA (ASTRA, 2007) in Ziffer 2.5.1 erläutert. Es wurden drei Typen herausgestellt, bei denen die Asphalteinlagen bei Erhaltungsmassnahmen im Hocheinbau und Tiefeinbau angewendet werden. In Abbildung 5.38 wird die Lage der Asphalteinlagen im Schichtensystem dargestellt.

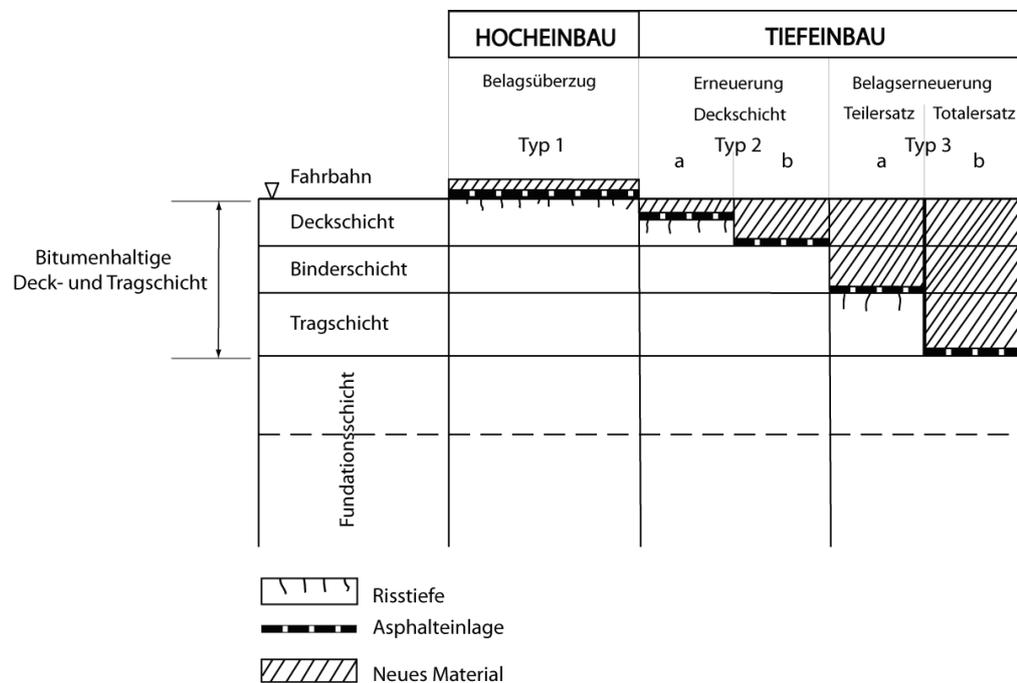


Abb. 5.38 Systematisierung der Lage von Asphalteinlagen im Strassenoberbau bei Erhaltungsmassnahmen

Die Auswertung der Fragebögen ergab vier typische Anwendungsfelder bei Erhaltungsmaßnahmen, bei denen Asphalteinlagen eingesetzt werden. Diese sind:

- Neue Deckschicht (Verstärkung) im Hocheinbau (Typ 1)
- Erneuerung Deckschicht (Typ 2)
- Teilersatz (Deck-, Binder- und/oder Tragschicht) oder Totalersatz (Deck-, Binder-, Trag- und/oder Foundationsschicht) (Typ 3)
- Instandsetzung und Erneuerung von Teilen der Fahrbahn (z.B. bei Fahrbahnverbreiterung, Grabenaushub)

Bei 19 von 26 Projekten wurde die Asphalteinlage bei der Erneuerung der Deck- und Tragschicht (Typ 2, Typ 3a) verwendet, wobei diese zwischen der Trag- und der Deckschicht oder zwischen Trag- und Binderschicht angeordnet wurde. Bei 5 von 26 Projekten wurde die Asphalteinlage im Zuge des Totalersatzes oder Teilersatzes eingebaut (Typ 3). Die Asphalteinlage wurde bei diesem Massnahmentyp zwischen der Foundations- und Tragschicht oder zwischen der Trag- und Deckschicht angeordnet. Beim Hocheinbau (Typ 1) befand sich die Asphalteinlage zwischen der alten und neuen Deckschicht. Zur Anwendung bei der Fahrbahnverbreiterung bzw. Hocheinbau von gerissenen Fahrbahndecken existieren jeweils zwei Beispiele. Bei der Fahrbahnverbreiterung wurde die Asphalteinlage zwischen der Trag- und Deckschicht angeordnet.

In 2 Projekten vom Typ 3a wurde die Asphalteinlage mit einer 3.5 cm dicken Deckschicht überbaut. In diesen Projekten wurde festgestellt, dass 3.5 cm Hocheinbau bzw. Verstärkung der Asphalteinlage zu gering war, so dass die Kräfte aus den Verkehrslasten nicht aufgenommen werden konnten. Nachdem die Asphalteinlage mit einer 6 cm dicken Deckschicht überbaut wurde, traten keine Schäden mehr auf.

Für den Einbau der Asphalteinlage sind verschiedene Arbeitsschritte notwendig. Durch eine gründliche Reinigung der Unterlage werden Verschmutzungen, die die Haftung zwischen der Unterlage und der Asphalteinlage beeinträchtigen können, vermieden. Nasse Stellen auf der Unterlage sollten getrocknet werden, damit die Haftung zwischen Haftmittel resp. Asphalteinlage gewährleistet wird. Die Asphalteinlagen werden vom Hersteller meist selbst eingebaut, so dass Einbaufehler vermieden werden können. Für den Einbau werden dafür speziell entwickelte Verlegungseinrichtungen verwendet.

In Tabelle 5.16 sind die Typen bei denen Asphalteinlagen angewendet wurden, aufgeführt.

Tab. 5.16 Übersicht zur Einbaulage der Asphalteinlagen

Struktur	Material	Ergebnis Projekte (26)	Typ1	Typ2		Typ3	
				a	b	a	b
GTX-N	PP	1	1	-	-	-	-
GGR	C/G	11	1	-	1	7	2
	G	12	-	-	-	10	2
	S	2	-	-	-	1	1
			2	0	1	18	5
Struktur:		Material:					
GTX-N Vlies		PP Polypropylen					
GGR Gitter		C Carbonfaser					
		G Glasfaser					
		S Stahl					

Erfahrungen zu Typ 1 sind noch sehr gering. Erfahrungen zum Typ 2 sind auch gering, aber wären von grossem Interesse für die Erhaltung. Zu Typ 3a sind am meisten Erfahrungen vorhanden und es besteht ein grosses Interesse im Bereich von Erhaltungsmaßnahmen. Erfahrungen zum Typ 3b sind wenig vorhanden, sind aber auch nur von Nebeninteresse.

5.2.3 Weitere Erfahrungen

Die meisten Ergebnisse der Umfrage beziehen sich auf Versuchsstadien, bei denen Asphalteinlagen bei Erhaltungsprojekten zur Anwendung kamen und wo verfolgt wird, wie sich die Massnahme bewährt. Die Asphalteinlagen werden nicht nur bei kurzen örtlichen Massnahmen, sondern auch vollflächig bei längeren Strecken eingebaut. Die Untersuchungen werden wenig systematisch und koordiniert durchgeführt, so dass kaum schlüssige Erkenntnisse für den Erfolg beim Einbau einer Asphalteinlage ableitbar sind.

Zu den örtlichen Massnahmen sind gute Erfahrungen vorhanden. Bei flächigen Massnahmen fehlen Erfahrungen zur Wirksamkeit und Langlebigkeit der Asphalteinlagen. Daher ist die Zweckmässigkeit des Einsatzes von Asphalteinlagen bei flächigen Massnahmen von grossem Interesse.

Bis jetzt fehlen auch in der Schweiz schlüssige Erkenntnisse, um eine Aussage zur Verlängerung der Instandsetzungsintervalle und über eine Tragfähigkeitsverbesserung treffen zu können.

6 Folgerungen

6.1 Folgerungen aus den Ergebnissen der Untersuchungen

6.1.1 Material

Aus Tabelle 3.7 in Ziffer 3.1 wird ersichtlich, dass in der Schweiz eine Vielfalt an Produkten für Asphalteinlagen angeboten wird. Aus den in der Schweiz durchgeführten Forschungen einerseits und den Umfrageergebnissen andererseits (siehe auch Tabelle 5.15) wurde deutlich, dass dabei Glas- und Carbongitter am häufigsten zur Anwendung kommen. Verschiedene Anwender von Asphalteinlagen und dies im Gegensatz zu Produktherstellern (Huesker/Schoellkopf, 2010) haben vorläufige Bedenken bzgl. genügen den Schichtenverbund bei Produkten aus Stahl und Kunststoff. Dies aber ohne, dass entsprechende Untersuchungen zum Schichtenverbund gemacht wurden.

Aufgrund der Umfrage ist nicht eindeutig zu erkennen, welches Produkt für welche Massnahme am besten geeignet ist. Die Erfahrungen der einzelnen Kantone sind sehr unterschiedlich und berücksichtigen die jeweiligen Gegebenheiten und Anwendungsbereiche, bei denen es sich um größere und kleinere Projekte mit unterschiedlichen Zielen (Rissüberbrückung, Tragfähigkeitsverbesserung, Verstärkung Randzonen u.a.) handelt.

Mit objektiven Kurz- und Langzeituntersuchungen sollte das Verhalten der Schichten des gesamten Strassenkörpers im Verbund mit der Asphalteinlage hinsichtlich der Veränderung bzgl. der Rissbildung und der Wirkung bzgl. der Tragfähigkeit geprüft, analysiert und beurteilt werden. Der Versuchsaufbau und die Versuchsbedingungen sollten so gewählt werden, dass die Vergleichbarkeit der Ergebnisse miteinander gegeben ist.

6.1.2 Lage im Oberbau und Schichtenverbund

Es gibt bisher nur wenige wissenschaftlich fundierte Erkenntnisse zu Vor- und Nachteilen des Schichtenverbundes bei bitumenhaltigen Decken mit Asphalteinlagen. Zur Anwendung und Optimierung von Asphalteinlagen ist es notwendig entsprechende Untersuchungen durchzuführen, um gesicherte Ergebnisse, insbesondere zur Anwendung von Asphalteinlagen zwischen Binder- und Deckschicht (Typ 2b) und der Binder- und Trag-schicht (Typ 3a), zu erhalten.

Ergebnisse zu Untersuchungen des Schichtenverbundes, der Abdichtung und der Tragfähigkeitsverbesserung mit Asphalteinlagen gibt es relativ wenige, bzw. handelt es sich weitgehend um punktuelle Untersuchungen. Eine Ausnahme bilden die im Rahmen einer Forschung (Werner et al., 2007) an einer ASTRA Teststrecke durchgeführten Untersuchungen. Es muss aber angemerkt werden, dass es sich hierbei um Asphalteinlagen auf einer Betonunterlage handelt. Auch das Thema „Performance“ von Asphalteinlagen wurde durch Werner (Werner et al., 2007) nur für Asphalteinlagen auf einer Betonunterlage näher untersucht.

Versuche mit Asphalteinlagen, bei denen untersucht wird, mit welchem Material der Schichtenaufbau reduziert werden kann, könnten zu einer Materialeinsparung beim Asphalt und damit möglicherweise zur Kostenreduktion führen.

6.1.3 Ausdehnung der Massnahme

Im Zuge der Langzeituntersuchungen wäre es sinnvoll Versuche durchzuführen vor allem im grossflächigen Einsatz und für Kleinflächen. Das Schwergewicht liegt auf den grossflächigen Einsatz.

Zu den örtlichen Massnahmen (Kleinflächen) gehören:

- Asphalteinlagen zur Verstärkung bei Flickern
- Asphalteinlagen bei Reparaturen bei speziellen Rissbildern
- Randflächige Asphalteinlagen zur Verbesserung/Verstärkung Randzone/Randabschlüsse

Flächige Massnahmen sind:

- Fahrbahnflächige Asphalteinlagen zum Zwecke der Verhinderung der Rissbildung
- Randflächige Asphalteinlagen zur Verbesserung der Tragfähigkeit

Dabei ist zu beachten, dass bei solchen Massnahmen dem Schichtenverbund grösste Aufmerksamkeit zugemessen wird. Die Wirkungen bei gezielter Einbaulage verschiedener Materialien im flächigen Einsatz und deren Dauerhaftigkeit, müssen mit entsprechenden Feldversuchen, welche durch Laborversuche begleitet werden, gewonnen, analysiert und beurteilt werden.

6.1.4 Funktion und angestrebte Wirkung der Asphalteinlage

Grundsätzlich sollen mit Asphalteinlagen die folgenden Wirkungen in bitumenhaltigen Trag- und Deckschichten angestrebt werden:

- Rissüberbrückung
- Rissverteilung
- Spannungsabbau
- Abdichtung gegen eindringendes Wasser
- Tragfähigkeitserhöhung

Hinsichtlich Rissen ist insbesondere zu definieren, ob die Asphalteinlage eine Rissüberbrückung im Sinne einer passiven oder eine Rissverhinderung im Sinne einer aktiven Rolle übernehmen soll, wobei die Möglichkeit der Grob- oder Feinverteilung der Risse je nach Steifigkeit und Verankerung der Asphalteinlage in diese Konzipierung eingehen soll. Wegen der ausgeprägten Temperaturabhängigkeit von Asphalt muss im Konzept genau berücksichtigt werden, in welchem Temperaturbereich die Asphalteinlage ihre volle Wirkung entfalten soll.

6.1.5 Tragfähigkeitsverbesserung

Da es bisher nur sehr wenige Untersuchungen zum Einfluss von Asphalteinlagen auf die Tragfähigkeit gibt, wären entsprechende Abklärungen zur Untersuchung der Tragfähigkeit bezogen auf Material, Schichtstärke und Einbaulage von besonderem Interesse. Dies auch hinsichtlich allfällig möglicher Kosteneinsparungen.

6.1.6 Zentral zu klärende Fragen

Die nachstehende Tabelle 6.17 gibt einen Überblick zu den im Vordergrund stehenden, zentral zu klärenden Fragen.

Tab. 6.17 Wirkung von Asphalteinlagen

Verformungen (Fokus: Steifigkeit)		Risse (Fokus: Festigkeiten)		Oberbautyp	
Setzungen	Spurrinnen	Thermisch	Reflexion		
+	+	+	+	Neu	Asphalt
-	-	-	+	Alt	
+ gute Wirkung - keine Wirkung					

In der objektbezogenen Forschung sollten mit Kurz- und Langzeitversuchen schlüssige Kenntnisse zum Schichtenverbund von Asphalteinlagen in bitumenhaltigen Belägen erarbeitet werden. Von Interesse ist das Verhalten des gesamten Strassenkörpers im Verbund mit der Asphalteinlage bei flächiger Anordnung über ganze Fahrstreifen, d.h. auf die Untersuchung kleinflächiger, bzw. lokal beschränkter Anwendung soll weitgehend verzichtet werden. Beim Auftreten geringerer Werte für die Verbundscherkräfte mit Asphalteinlage als die erforderlichen Werte, sollten die Ursachen dafür erkannt und Lösungsvorschläge für eine Erhöhung des Schichtenverbundes gemacht werden.

In der objektbezogenen Forschung sollten Versuche durchgeführt werden, mit denen sich eine mögliche Tragfähigkeitserhöhung bzw. Verbesserung Rissüberbrückungseigenschaften durch die Asphalteinlage nachweisen lässt. Damit könnten allenfalls auch Aussagen über die Reduktion der Einbaudicken getroffen werden können.

Untersuchungen mit einer objektbezogenen Forschung sollten dazu beitragen, die richtige Lage der Asphalteinlage im Strassenoberbau und damit die verbundene Wirkung zu erkennen. Von Interesse ist, ob die Erhöhung der Tragfähigkeit bzw. Rissüberbrückungsfähigkeit von der Einbauposition der Asphalteinlage abhängig ist. Es sollten daher Versuche im Hocheinbau (Typ 1) und vor allem im Tiefeinbau (Typ 2 und Typ 3a) durchgeführt werden. Die Asphalteinlagen sollten in den Versuchen zum Teil örtlich und flächig eingebaut werden, wobei der Schwerpunkt auf den grossflächigen Einsatz liegt. Ausgehend davon, sollte eine Entscheidungshilfe zum Einbau der Asphalteinlagen erarbeitet werden, durch die Einbaufehler vermieden werden können.

Da einheitliche Beurteilungs- und Prüfkriterien für das Verhalten von Asphalteinlagen in Systemen fehlen, wodurch sich insbesondere auch bei neuen innovativen Systemen erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich grundsätzlicher Eignung ergeben, sind entsprechende Systemprüfmethoden zu erarbeiten, mit welchen Asphalteinlagen im Modellmassstab untersucht werden könnten. Hierzu bieten sich die Prüfungen mit dem 1:3 Verkehrssimulator MMLS3 bezüglich Ermüdungsverhalten und dem Joint Movement Simulator JMS für tiefe Temperaturen sowie Schichtenverbundtests an.

Ein weiterer Punkt, der in der bisherigen Forschung weitgehend ausser Acht gelassen wurde, der aber in einer objektbezogenen Forschung berücksichtigt werden sollte, ist der Einfluss von Klima und Feuchtigkeit (Wasser) auf Aufbauten mit Asphalteinlagen.

Zur Erstellung einer Einsatzempfehlung für Asphalteinlagen bei Massnahmen des Erhaltungsmanagements von bitumenhaltigen Belägen, sollten alle Versuche mit einer repräsentativen Anzahl an Stichproben durchgeführt werden. Es sollten verschiedene Produkte für Asphalteinlagen und unterschiedliche Mischgutsorten für Deck-, Binder- und Tragschicht wie AC, SMA oder PA verwendet werden. Zu prüfen wäre auch die Verwendung von temperaturreduzierten Mischgutsorten. Aufgrund der in der Schweiz gesammelten Erfahrungen soll das Schwergewicht bei den Asphalteinlagen auf Gitterprodukte aus Carbon und Glas sowie deren Kombiprodukte gelegt werden. Neben diesen Schwerpunkten sollten wenn möglich, weitere Produkte aus anderen Materialien in die Untersuchungen mit einbezogen werden.

6.2 Konzept einer objektbezogenen Forschung

6.2.1 Kriterien und Output

Wie aus dem Kapitel „Zentral zu klärende Fragen“ hervorgeht sollten im Rahmen einer objektbezogenen Forschung die nachstehenden Kriterien untersucht werden, wobei Fragen der Rissüberbrückung und des Schichtenverbunds die höchste Priorität eingeräumt werden soll.

Kriterien:

- Überbrückung (Durchschlagen von Rissen, zeitliche Entwicklung)
- Rissbild (Verteilung, Rissweiten, etc.)
- Schub/Haftung (Verbundkraft- und Wirkung, zeitliche Entwicklung)
- Steifigkeit/Verformung
- Feuchte im Rissbereich (Wassereindringung)

Tabelle 6.18 gibt einen Überblick über den Output der objektbezogenen Forschung und zeigt, mit welchen Mitteln der jeweilige Output erreicht werden kann.

Der Fokus der objektbezogenen Forschung liegt dabei, wie in Tabelle 6.18 dargestellt, auf einem Vergleich unterschiedlicher Asphalteinlagen und Asphaltmaterialien, wobei auch Einbauten in unterschiedlichen Belagstiefen untersucht werden sollen. Die daran abzuleitenden Empfehlungen können quantitativ oder qualitativ ausfallen.

Die Evaluation von Bemessungsmethoden und die Erstellung von Anforderungswerten könnte je nach Auswahl der Teststrecken bzw. der Art der Beanspruchung auch Inhalt der Forschung sein, hat aber eindeutig geringere Priorität.

Tab. 6.18 Output objektbezogener Forschung

Output	Fokus	Labor	APT	Teststrecke
Vergleich	+++	+	+	+
Bemessungsmethoden	+	-	+	(+)
Anforderungen	+	(+)	(+)	+
Testmethoden :	Labor	Prüfungen durch Labor-Systeme		
	APT	Beschleunigte Belagsprüfung (Accelerated Pavement Testing)		
	Teststrecken	Beobachtung nach Einwirkungen durch reale Verkehrsbelastung		

6.2.2 Möglichkeiten der Durchführung: Teststrecken und Belastung

Tabelle 6.19 zeigt mögliche Aufbauten und Varianten für die Durchführung der objektbezogenen Forschung. In den Abbildungen 6.39 bis 6.42 werden die in der Tabelle erwähnten Verkehrslastsimulatoren und Prüfeinrichtungen gezeigt.

Tab. 6.19 Mögliche Aufbauten und Varianten der objektbezogenen Forschung

Untersuchungsobjekt	Oberbau alt/neu	Simulation der Verkehrsbelastung		
		EMPA	EPFL, LAVOC	Realität
Strasse mit Schäden	alt	MLS10 (1:1)	/	Realverkehr
Strasse mit künstlichen Schäden (Risse)	alt	MLS10 (1:1)	/	Realverkehr
	neu	MLS10 (1:1)	/	Realverkehr
Kurzstrecke mit Schäden (Risse)	alt	MLS10 (1:1)	/	/
	neu	MLS10 (1:1)	/	/
Labor Modellsystem mit künstlichen Schäden (Risse)	Künstl. gealtert (mech vorbelastet)	MMLS3 (1:3)	Halle Fosse (1:1)	/
	neu	MMLS3 (1:3) JMS	Halle Fosse (1:1)	/



Abb. 6.39 Verkehrslastsimulator MLS10 (Dynamic Mobile Load Simulator, Verkehrslastsimulation im Massstab 1:1, EMPA)



Abb. 6.40 Verkehrslastsimulator Halle Fosse (Verkehrslastsimulation im Massstab 1:1, EPFL, LAVOC)

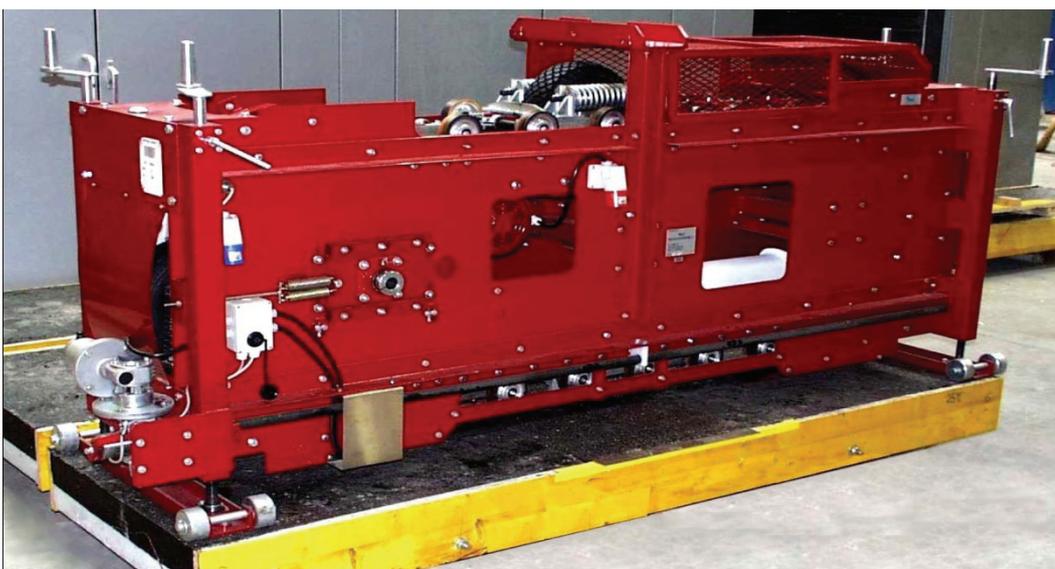


Abb. 6.41 Verkehrslastsimulator MMLS3 (Model Mobile Load Simulator, Verkehrslastsimulation im Massstab 1:3, EMPA)



Abb. 6.42 Joint Movement Simulator JMS zur Untersuchung des Verhaltens bei tiefen Temperaturen (EMPA)

Als Untersuchungsobjekt gäbe es grundsätzlich die Möglichkeit eine bereits existierende Strasse als Teststrecke wie folgt zu benutzen.

Strasse mit Schäden (Risse)

Dabei könnte es sich um eine vorhandene Strecke mit Schäden handeln, die im Rahmen der objektbezogenen Forschung dann, analog der erwähnten ASTRA Teststrecke mit Betonunterlage, mit unterschiedlichen Asphalteinlagen und Asphaltbelägen gebaut werden könnte.

Der Vorteil dieser Variante besteht darin, dass sowohl Verkehrsbelastung als auch Belagsaufbau realen Verhältnissen entsprechen und zudem eine beschleunigte Verkehrssimulation mit dem Verkehrslastsimulator MLS10 auf begrenzten Teilstücken (z.B. Randstreifen) möglich wäre.

Der Nachteil besteht darin, dass einerseits eine Sperrung zwecks Bohrkernentnahme oder Einsatz des Verkehrslastsimulators zu Verkehrsbehinderungen führen könnte und dass zum anderen die Schäden in den unterschiedlichen Testfeldern nicht unbedingt gleich sind, was einen qualitativen und quantitativen Vergleich zwischen den in unterschiedlichen Feldern eingebauter Asphalteinlagen und Belagssorten erschweren würde. Dies gilt insbesondere für Typ 2b und Typ 3a, weil hier das Schadensbild erst nach Entfernen der vorhandenen Schichten sichtbar wäre.

Strasse mit künstlich erzeugten Schäden (Risse)

Hier könnte entweder eine bestehende, aber intakte Strasse oder auch eine neue Strasse gesucht werden, bei der die Möglichkeit besteht gezielt, künstliche Schäden (Risse) in Form von Schnitten mit definierten Rissbreiten einzubauen (Abbildung 6.43).

Der Vorteil dieser Variante besteht wie oben darin, dass sowohl Verkehrsbelastung als auch Belagsaufbau realen Verhältnissen entsprechen und zudem eine beschleunigte Verkehrssimulation mit dem Verkehrslastsimulator MLS10 auf begrenzten Teilstücken (z.B. Randstreifen) möglich wäre. Ausserdem könnte durch definierte Schäden dafür gesorgt werden, dass die Bedingungen auf allen Versuchsfeldern identisch wären. Bei einer neuen Strasse fiel zudem die Unsicherheit der Vorgeschichte weg.

Nachteilig wäre, dass eine Sperrung zwecks Bohrkernentnahme oder Einsatz des Verkehrslastsimulators auch hier zu Verkehrsbehinderungen führen könnte und zudem der Einbau von künstlichen Schäden sowie Messsonden mit einem zusätzlichen finanziellen und zeitlichen Aufwand verbunden wäre.

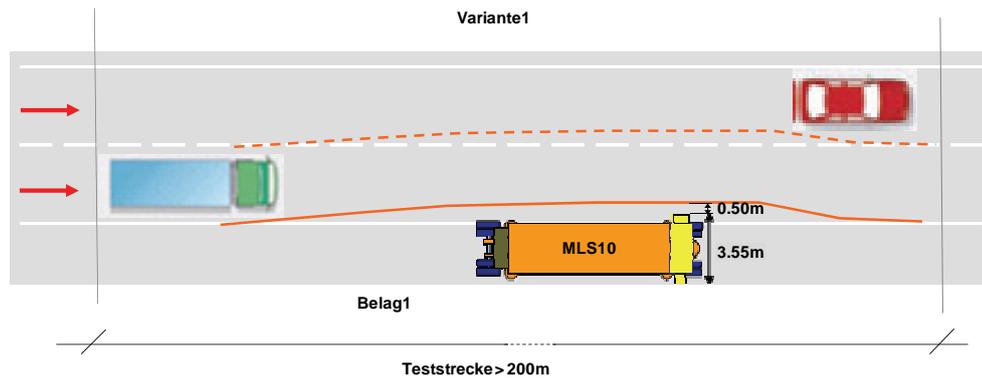


Abb. 6.43 Teststrecke mit vorhandenen oder künstlich erzeugten Schäden bei ausreichenden Platzverhältnissen (schematisch, nicht massstäblich) Festlegungen nach VSS-Normen (SN 640 885c, 1999) und ASTRA-Richtlinie (Art. Nr. 308 103.d, 2002))

Kurzstrecke mit Schäden bzw. Kurzstrecke mit künstlich erzeugten Schäden (Risse)

Analog der beiden bisher diskutierten Varianten wäre auch hier die Möglichkeit einer bestehenden Strecke mit oder ohne Schäden in Betracht zu ziehen. Es könnte sich dabei um Strecken auf einem alten Flugplatz oder aber eine nicht befahrene Strasse bzw. im Fall einer Kurzstrecke mit künstlich erzeugten Schäden auch um eine Baupiste handeln, die zu einem späteren Zeitpunkt dann wieder rückgebaut werden könnte. Da dieses Vorgehen auch im Falle der RILEM TC 206 ATB Vergleichsversuche in Italien gewählt wurde, sind gewisse Synergien denkbar. Vor- und Nachteile von Strecken mit Schäden bzw. künstlich erzeugten Schäden wurden bereits erwähnt.

Der Vorteil einer solchen Strecke besteht in ihrer unbeschränkten Zugänglichkeit und Verfügbarkeit sowohl für Probenentnahmen als auch für die beschleunigte Alterung mit dem Verkehrslastsimulator MLS10. Auch könnten auf relativ kurzen Abschnitten ca. 50...200m eine grosse Anzahl von Asphalteinlagen und Belagsschichten eingebaut werden und zudem wäre im Fall von künstlich erzeugten Schäden durch gezieltes Abfräsen einzelner Felder der Einbau von Asphalteinlagen in unterschiedlichen Belagstiefen möglich (vgl. Abbildung 6.44).

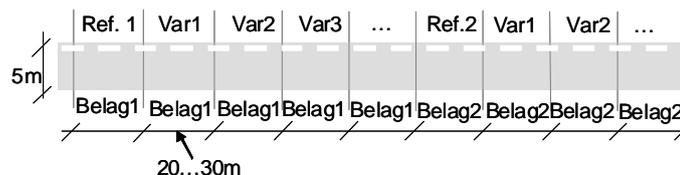


Abb. 6.44 Kurzstrecke mit vorhandenen oder künstlich erzeugten Schäden

Im Gegensatz zu den beiden ersten Varianten könnte hier keine reale Verkehrsbelastung aufgebracht werden.

Neben der Untersuchung auf einer Strasse oder Teststrecke könnten ergänzend Untersuchungen im Labor an Modellsystemen mit künstlich erzeugten Schäden durchgeführt werden.

Labormodellsystem mit künstlich erzeugten Schäden

Ein Labormodellsystem besitzt den Vorteil, dass hier einerseits die Halle Fosse des LAVOC und andererseits der kleine Verkehrslastsimulator MMLS3 der EMPA (Massstab 1:3) zum Erzeugen einer Belastung verwendet werden könnten. Labormodellsysteme können im Gegensatz zu Strassen oder Teststrecken unter definierten Bedingungen (z.B. Temperatur, Feuchtigkeit) belastet und geprüft werden und damit einheitliche Beurteilungs- und Prüfkriterien für das Verhalten von Asphalteinlagen in Systemen liefern. Dies

ist insbesondere mit Blick auf die Einführung neuer innovativer Systeme erforderlich, da in diesen Fällen erhebliche Unsicherheiten hinsichtlich grundsätzlicher Eignung bestehen.

Es sind daher entsprechende Modell-Systemprüfungen zu erarbeiten, mit welchen Asphalteinlagen im Modellmassstab untersucht werden könnten. Hierzu bieten sich die Prüfungen mit dem 1:3 Verkehrssimulator MMLS3 bezüglich Ermüdungsverhalten und dem Joint Movement Simulator JMS für tiefe Temperaturen sowie Schichtenverbundtests an. Mit dem MMLS3 Gerät könnte insbesondere eine relativ rasche und kostengünstige Systemprüfung zur Beurteilung des verkehrsinduzierten Ermüdungsverhaltens im Temperaturbereich 0 bis 35°C allenfalls unter Einwirkung von Feuchte entwickelt werden. Eine Systemprüfung für das Tieftemperaturverhalten hinsichtlich Abkühlkontraktion könnte mit Hilfe der in Abbildung 6.42 dargestellten Joint Movement Simulator JMS, einer „Streckbank“ erarbeitet werden, zumal damit langsamer Horizontalzug erzeugt werden kann.

Labormodellsysteme könnten auch u. U. künstlich gealtert oder auf andere Art vorbehandelt werden. Anhand solcher Systeme liesse sich beispielweise auch der Einfluss von Klima und Feuchtigkeit näher und unter definierten Bedingungen untersuchen.

6.2.3 Durchführung der Forschung

Aufgrund der oben beschriebenen Vorgehensweise bzw. im Hinblick auf die vorgeschlagenen Verkehrslastsimulatoren wird vorgeschlagen, auf eine Ausschreibung der objektbezogenen Forschung zu verzichten und statt dessen gezielt ein Konsortium bestehend aus ETH, EMPA, LAVOC und Asphalteinlagenherstellern einzuladen. Dieses Konsortium sollte unter Leitung der Bauherren (ASTRA und/oder Kanton), welcher die für die Forschung geeigneten Straßen oder Teststrecken vorschlagen und zur Verfügung stellen müsste, das genaue Vorgehen und den Einsatz von Materialien, Prüfmethode, Zeitintervallen ect. festlegen.

Es wird vorgeschlagen, dass die Kosten für Strassen oder Teststrecken von den Bauherren baustellenbezogen oder im Rahmen von objektbezogener Forschung aufgebracht werden. Da die beteiligten Hersteller von Asphalteinlagen die Forschungsergebnisse nutzen können, sollten sie die Kosten für Material und Einbau ihrer Systeme sowie die Überwachung des Einbaus übernehmen. Alle Kosten für die Durchführung der Forschung, wie Prüfkörperentnahme, Prüfkörperherstellung im Labor, Prüfungen, Messtechnik, Auswertung und Berichterstattung wären Aufgaben der Forschungsstellen (Konsortium).

Literaturverzeichnis

(Al-Qadi und Elseifi, 2004)	Al-Qadi, I. und M. A. Elseifi (2004) Field installation and design considerations of steel reinforcing netting to reduce reflection of cracks, Vortrag, Fifth International RILEM Conference on Reflective Cracking in Pavements, Limoges (F), 5.-7. May 2004
(Art. Nr. 308 103.d, 2002)	Art. Nr. 308 103.d (2002) Berücksichtigung des Unterhalts bei der Projektierung und beim Bau der Nationalstrassen Planung und Durchführung des Unterhalts, , Verkehr Eidgenössisches Departement für Umwelt, Energie und Kommunikation, Bern
(Asphalt Academy, 2008)	Asphalt Academy (2008) Technical Guideline: Asphalt Reinforcement for Road Construction, First Edition, Pretoria
(ASTRA, 2007)	ASTRA (2007) Merkblatt Oberbau, Typischer Schichtaufbau, Abteilung Strasseninfrastruktur Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern
(AASHTO, 1974)	AASHTO (1974) Interimsrichtlinien für die Dimensionierung der Strassen 1972, American Association of State Highway and Transportation Officials, Deutsche Übersetzung, Vereinigung Schweizerischer Strassenfachleute, Zürich
(Bekaert, 2010)	Bekaert (2010) Stellungnahme zum Forschungsbericht "Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement", Unveröffentlichter Brief der Firma Bekaert
(Bennert und Maher, 2008)	Bennert, T. und A. Maher (2008) Field and Laboratory Evaluation of a Reflective Crack Interlayer in New Jersey, Transportations and Research,
(Brown et al., 1985)	Brown, S. F., J. M. Brunton, D. A. B. Hughes und B. V. Brodrick (1985) Polymer Grid reinforcement of Asphalt, Journal of the Association of Asphalt Paving Technologists 54-85
(Brugger, 2001)	Brugger, A. (2001) Asphaltbewehrungen – eine Lösung gegen Rissreflektionen sowie Spurrinnenbildung, GESTRATE Journal, 11-20 (95)
(Brugger, 2004)	Brugger, A. (2004) Verstärkungswirkung von Kohlefaserbewehrung in Asphaltstrassen, GESTRATE Journal, 9-20 (103)
(CROW, 1995)	CROW (1995) Geen vrees voor de frees, Centrum voor Regelgeving en Onderzoek in de Grond-, Water- en Wegenbouw en de Verkeerstechneik, publikatie 95
(Elsing, 2005)	Elsing, A. (2005) Anforderungen an Asphaltbewehrungen Erfahrungen aus über 35 Jahren Asphaltbewehrung mit Gittern aus Polyester, tis (3) 18-21
(Faeh, 2004)	Faeh, A. (2004) Tragfähigkeitsverbesserung infolge Asphaltarmierung / Erste Erkenntnisse, Vortrag, S&P Reinforcement Fachtagung März 2004, Liestal, St. Gallen, Bern, ETH Zürich, Sursee, 4. März 2004
(FGSV 1990)	FGSV , F.-A. N. B. K. (1990) Bemessung flexibler Fahrbahnbefestigungen - Abschnitt B5.1 - Einfluß des Schichtenverbundes auf das Verhalten von Asphaltbefestigungen, Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen,
(Floss, 2007)	Floss, R. (2007) Ertüchtigung von Fahrbahnbefestigungen mit Geotextilen Einlagen, Vortrag auf dem 5. Geokunststoff-Kolloquium der NAUE-Unternehmensgruppe am 25./26. Januar 2007 in Bad Lauterberg, Tiefbau (5)
(Flügge, 1991)	Flügge, F. (1991) Auf Stoff gebaut ..., Was sind - was können Geotextilien, bd baumaschinendienst (9) 702-708
(FSGV AP 69, 2006)	FSGV AP 69 (2006) Verwendung von Vliesstoffen, Gittern und Verbundstoffen im Asphaltstrassenbau, Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen e.V., Köln
(Glet, 1999)	Glet, W. (1999) Schichtenaufbau und Schichtenverbund in Fahrbahnbefestigungen aus Asphalt, Straße und Autobahn, 238-246 (5)
(Huesker/Schoellkopf, 2010)	Huesker/Schoellkopf (2010) Begleitschreiben zum Forschungsbericht "Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement", Unveröffentlichter Brief der Firma Huesker/Schoellkopf
(Jacot, 2009)	Jacot, A. (2009) Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert, Schriftenreihe, Schlussbericht VSS 2004/713, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern

(Kim et al., 2009a)	Kim, H., M. N. Partl, R. Pimenta und S. Hean (2009a) Experimental Investigation of Grid-reinforced Asphalt Composites Using Four-point Bending Beam Tests, Journal of Composite Materials
(Kim et al., 2009b)	Kim, H., K. Sokolov, L. D. Poulikakos und M. N. Partl (2009b) Fatigue Evaluation of Carbon FRP-Reinforced Porous Asphalt Composite System Using a Model Mobile Load Simulator, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2116 (-1) 108-117
(Leykauf, 1986)	Leykauf, G. (1986) Reflexionsrisse bei Asphaltstrassen Strasse und Tiefbau (40) 8-16
(Meyer, 2007)	Meyer, N., Nernheim, Axel, Tazl, Martin (2007) Wirkungsweise von Asphalteinlagen, Baublatt, 16-20 (5)
(Meyer und Tazl, 2009)	Meyer, N. und M. Tazl (2009) Wirkungsweise und Wirksamkeit von Asphalteinlagen bei der Verzögerung von Reflexionsrissen, Geotechnik
(Müller-Rochholz, 2008)	Müller-Rochholz, J. (2008) Geokunststoffe im Erd- und Verkehrswegebau Werner Verlag, Köln
(Nesslauer, 2003)	Nesslauer, S. (2003) Untersuchungen zum Verformungs- und Tragverhalten bewehrter Asphaltstrassen, Bau von Landverkehrswegen, Technische Universität München
(OECD, 1992)	OECD (1992) Dynamic loading of pavements, Road Transport Research, Organisation for economic co-operation and development,
(Perkins et al., 2004)	Perkins, S. W., B. R. Christopher, E. L. Cuelho, G. R. Eiksund, I. Hoff, C. W. Schwartz, G. Svano und A. Watn (2004) Development of Design Methods for Geosynthetic Reinforced Flexible Pavements FHWA Report, DTFH61-01-X-00068, US Department of Transportation, Washington, DC (US)
(Raab, 2007)	Raab, C. (2007) Auswirkungen von Geotextilien auf den Schichtverbund bei bitumenhaltigem Hocheinbau auf Betonstrassen, Vortrag, Asphaltverstärkungen mit Einlagen. Erfahrungen und Perspektiven. Tagung Empa-Akademie, EMPA Dübendorf, 15. Mai 2007
(Raab und Partl, 2004)	Raab, C. und M. Partl (2004) Besondere Aspekte des Schichtverbundes von Belägen Eidgenössisches Material- und Prüfforschungsanstalt (Empa), Dübendorf
(Raab und Partl, 1998)	Raab, C. und M. N. Partl (1998) Neue Erkenntnisse zum Schichtenverbund von Asphaltbelägen, Bitumen, 1
(Raab und Partl, 1999)	Raab, C. und M. N. Partl (1999) Methoden zur Beurteilung des Schichtenverbundes von Asphaltbelägen, Schriftenreihe, 442, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern,
(Rathmayer et al., 2006)	Rathmayer, H., C. Jenner, A. Correia, G. Eiksund, A. de Bondt und S. Said (2006) COST 348 Reipas Reinforcements of Pavements with Steel Meshes and Geosynthetics, Draft final report (version 5. Jan 2006),
(Rathmeyer, 2007)	Rathmeyer, H. (2007) Armierung im Asphaltstrassenbau - Das Cost 348 REIPAS Projekt Vortrag, Asphaltverstärkungen mit Einlagen. Erfahrungen und Perspektiven. Tagung Empa-Akademie, EMPA Dübendorf, 15. Mai 2007
(Rüegger et al., 1988)	Rüegger, R., J. F. Ammann und F. P. Jaecklin (1988) Das Geotextilhandbuch Kapitel 11 Geotextileinlagen in bituminösen Belägen, Schweizerischer Verband der Geotextilfachleute, St. Gallen
(Rüegger und Hufenus, 2003)	Rüegger, R. und R. Hufenus (2003) Bauen mit Geokunststoffen, Ein Handbuch für den Geokunststoff Anwender, St. Gallen
(RWTH Aachen, 2008)	RWTH Aachen (2008) Untersuchung des Fräsverhaltens von HaTelit-bewehrten Asphaltfahrbahnen
(Scazziga, 1975)	Scazziga, I. (1975) AASHTO Interimsrichtlinien für die Dimensionierung der Strassen 1972 (Deutsche Übersetzung der amerikanischen Originalausgabe von AASHTO INTERIM GUIDE FOR DESIGN STRUCTURES 1972), Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(Scherer, 2004)	Scherer, J. (2004) Vorbituminierte Armierungsgitter für Asphaltbeläge, Vortrag, S&P Reinforcement Fachtagung März 2004, Liestal, St. Gallen, Bern, ETH Zürich, Sursee,
(Schmalz, 2005)	Schmalz, M. (2005) Hat sich bewehrter Asphalt bewährt?, Vortrag, 21. Regentstauer Asphalt- und Straßenbau-Seminar am 13. April 2005, Regentstauf, 13. April 2005
(Schmalz, 2007)	Schmalz, M. (2007) Vliesstoffe, Gitter und Verbundstoffe im Asphaltstrassenbau, Asphalt, (4) 20-27

(Schnabel und E. Nakkel 1962)	Schnabel, H. und E. Nakkel (1962) Zum AASHO-Road-Test, Straße und Autobahn, 423-435
(SN 640 302b, 2000)	SN 640 302b (2000) Strasse und Gleiskörper, Terminologie, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 640 324b, 1997)	SN 640 324b (1997) Dimensionierung Strassenoberbau, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS),
(SN 640 420b, 2008)	SN 640 420b (2008) Asphalt, Grundnorm, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 640 725b, 2003)	SN 640 725b (2003) Erhaltungsmanagement der Fahrbahnen (EMF) Zustandserhebung und Indexbewertung, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 670 259 EN 15381, 2008)	SN 670 259 EN 15381 (2008) Geotextilien und geotextilverwandte Produkte - Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich sind, DIN Deutsches Institut für Normung, Berlin
(SN 640 730b, 1998)	SN 640 730b (1998) Erhaltung von Fahrbahnen - Kopfnorm; Massnahmenkonzept Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 640 732a, 2003)	SN 640 732a (2003) Erhaltung bitumenhaltiger Oberbauten - Instandsetzung, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 640 733, 1997)	SN 640 733 (1997) Erhaltung von Fahrbahnen Oberbauverstärkung von Fahrbahnen in bituminöser Bauweise aufgrund von Deflektionsmessungen, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 670 734 EN ISO 10319, 2008)	SN 670 734 EN ISO 10319 (2008) Geokunststoffe Zugversuch am breiten Streifen, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 640 737, 2009)	SN 640 737 (2009) Erhaltung des Oberbaus, Asphaltsschichten auf bestehenden Betonfahrbahnen, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 640 885c, 1999)	SN 640 885c (1999) Signalisation von Baustellen auf Autobahnen und Autostrassen Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 640 900a, 2004)	SN 640 900a (2004) Erhaltungsmanagement - Grundnorm Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 670 090, 2008)	SN 670 090 (2008) Geokunststoffe - Grundnorm, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 670 092 EN ISO 10318, 2006)	SN 670 092 EN ISO 10318 (2006) Geokunststoffe - Begriffe Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 670 240, 1996)	SN 670 240 (1996) Geotextilien und geotextilverwandte Produkte, Begriffe und Produktbeschreibung Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 670 242, 2005)	SN 670 242 (2005) Geokunststoffe Anforderungen für die Funktion Bewehren Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 670 249a, 2007)	SN 670 249a (2007) Geotextilien und geotextilverwandte Produkte Geforderte Eigenschaften für die Anwendung beim Bau von Strassen und sonstigen Verkehrsflächen, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(SN 670 461, 2000)	SN 670 631 (2000) Bituminöses Mischgut, Bestimmung des Schichtverbunds (nach Leutner), Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS), Zürich
(Sokolov, 2007)	Sokolov, K. (2007) Laboruntersuchungen an unterschiedlich verstärkten Asphaltsschichten Vortrag, Asphaltverstärkungen mit Einlagen. Erfahrungen und Perspektiven. Tagung Empa-Akademie, Dübendorf, 15. Mai 2007
(Stöckert, 2002)	Stöckert, U. (2002) Ein Beitrag zur Festlegung von Grenzwerten für den Schichtverbund im Asphaltstraßenbau, Institut für Verkehr, Fachgebiet Straßenwesen mit Versuchsanstalt, Technischen Universität Darmstadt
(Straube und Krass, 2005)	Straube, E. und K. Krass (2005) Strassenbau und Strassenerhaltung, Ein Handbuch für Studium und Praxis, Erich Schmidt Verlag, Berlin

(Turtschy et al., 2005)	Turtschy, J.-C., M. Partl, E. Stahel, T. Bühler, R. Werner und M. Horat (2005) Schweizerisches Handbuch für die Konzeption des Strassenoberbaus, Forschungsauftrag VSS 2000/412
(Valenstraete und Francken, 1995)	Valenstraete, A. und L. Francken (1995) Risssthemende Zwischenschichten BULLETIN CRR, (3) 3-10
(Werner et al., 2007)	Werner, R., I. Scazziga und C. Raab (2007) Kombinierte Beläge: Belagsüberzüge auf Betondecken, Kompositbeläge, Schriftenreihe, 1180, Schlussbericht VSS 2001/501, Bundesamt für Strassen, UVEK, Bern
(Wiehler et al., 1996)	Wiehler, H.-G., P. Pilz und R. Händel (1996) Strassenbau: Konstruktion und Ausführung, Berlin
(Wilmers, 2008)	Wilmers, W. (2008) Kunststoffe im Asphaltoberbau, Strassenbau, 12-16 (10)
(Zofka et al., 2008)	Zofka, A., M. Marasteanu und M. Turos (2008) Determination of Asphalt Mixture Creep Compliance at Low Temperatures by Using Thin Beam Specimens, Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2057 (-1) 134-139

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		ARAMIS SBT
Formular Nr. 3: Projektabschluss		
erstellt / geändert am:	12. Februar	
Grunddaten		
Projekt-Nr.:	VSS 2007/702	
Projekttitel:	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	
Enddatum:	Februar 2010	
Texte:		
Zusammenfassung der Projektresultate:	<p>Asphalteinlagen werden im Erhaltungsmanagement seit mehreren Jahren mit dem Ziel, der Instandsetzungsintervallverlängerung der Strasse, d.h. der Lebensdauer des Belages und damit der Reduzierung der Aufwendungen des Strassenunterhalts, angewendet. Bisher fehlten jedoch Erfahrungen zur Wirksamkeit und Lebensdauer von Asphalteinlagen in den verschiedenen Schichtlagen bei den bitumenhaltigen Deck- und Tragschichten des Oberbaus weitgehend.</p> <p>In der vorliegenden Pilotstudie wurde mit einer Literaturrecherche, mit Interviews bei Strassenbetreibern (Tiefbauämter) und Produktherstellern sowie mit einer vereinfachten Marktrecherche ein Überblick zu den Produkten, den typischen Anwendungsfeldern sowie zum Erfahrungsstand zu Asphalteinlagen bei Sanierungsprojekten für die Schweiz erarbeitet. Aus den Erkenntnissen wurden die wichtigen Fragen, welche bezüglich dem Einsatz und der Wirksamkeit von Asphalteinlagen bei der Erhaltung von Strassen heute noch nicht beantwortbar sind, abgeleitet.</p> <p>Darauf aufbauend wurde ein Konzept für eine langzeitliche objektbezogene Forschung hinsichtlich der Einrichtung von Teststrecken, Mess- und Prüfmethode und der Durchführung von Untersuchungen gegeben. Ziel einer solchen Forschungsarbeit ist die Entwicklung von Kriterien für eine Anwendungsprüfung neuer Produkte mittels einer praxisnahen Systemuntersuchung und entsprechenden Labormessungen.</p>	
ARAMIS SBT: Entwurf Formular3_Projekt Asphaltbewehrung_26 03 10.doc		Seite 1 / 4



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Die Zielsetzung gemäss Forschungsauftrag wurde erreicht. Allerdings liess sich auf Grund der in der Praxis weitgehend fehlenden Erfahrungen kaum ein eigentlicher, fundierter und aussagekräftiger Überblick über die Anwendungen, geschweige denn über die Wirksamkeit, von Asphaltteinlagen herstellen.

Folgerungen und Empfehlungen:

In der Praxis werden heute im Bereich des Erhaltungsmanagements Asphaltteinlagen hauptsächlich zur örtlichen Überbrückung und Reparatur von lokalen Oberflächenschäden (Risse) unter Verwendung von Carbon- und Glasfasergittern eingesetzt. Die Pilotstudie hat gezeigt, dass zur Klärung der Fragen des konkreten Einsatzbereiches und -zweckes, der Wirkungen in den verschiedenen Schichtlagen und in örtlichen aber vor allem flächigen Anwendung, sowie der Lebensdauer, entsprechende Feldversuche mit begleitenden Laboruntersuchungen erforderlich sind. Dies kann in einer objektbezogenen Forschung in einer länger andauernden Hauptuntersuchung erfolgen.

Publikationen:

H.P., Lindenmann, M. Partl, C. Raab, D. Jacobs und F. Schiffmann (2010), Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphaltteinlagen) im Erhaltungsmanagement VSS 2007/702, Schriftenreihe UVEK, ..., VSS, Zürich



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Beurteilung der Begleitkommission:

Diese Beurteilung der Begleitkommission ersetzt die bisherige separate fachliche Auswertung.

Beurteilung:	Der Forschungsbericht gibt eine gute Übersicht über die in der Schweiz angebotenen und auch schon eingesetzten Asphalteinlagen im Bereich der bitumenhaltigen Deck- und Tragschichten. Leider liess sich kein fundierter Überblick über die Erfahrungen bzgl. Wirkung und Lebensdauer ableiten, da offensichtlich konkrete Erfahrungen weitestgehend fehlen. Vielmehr lässt sich aus den Erkenntnissen der Pilotstudie erkennen, dass in der Schweiz Asphalteinlagen im Bereich der Substanzerhaltung sich eher noch in einer Phase des Probierens befinden und dies vor allem im kleinflächigen, örtlichen Reparaturmassnahmenbereich. Zurzeit existieren weitgehend nur Anwendungsempfehlungen von Herstellern und Vertreibern von Produkten von Asphalteinlagen. Der Forschungsbericht kommt deshalb richtigerweise zum Schluss, einen ausgedehnten und längerandauernden Hauptversuch mit begrenzten Feld- und begleitenden Laboruntersuchungen durchzuführen.
Umsetzung:	Eine Umsetzung der Erkenntnisse dieser Pilotstudie ist nicht möglich und war aber auch nicht geplant. Die Ergebnisse zeigen klar auf, welches die interessierenden Einsatzbereiche sind, nämlich flächige Anwendungen, oft zwischen Trag – und Deckschicht des Belages zur Rissüberbrückung und -vermeidung. Auch die Erhöhung bzw. der Erhalt der Verformungsresistenz gehören zu den interessierenden Bereichen. Zudem wird deutlich, welche Art und Umfang von Untersuchungen dabei im Feld und im Labor nötig wären und welche Untersuchungs- und Messgeräte verwendet werden müssten.
weitergehender Forschungsbedarf:	Es wird vorgeschlagen zur Klärung der wichtigen Fragen des Einsatzes von Asphalteinlagen im Erhaltungsmanagement einen durch die Praxis unterstützten Feldversuch mit begleitenden Laborversuchen zu konzipieren und ihn wissenschaftlich auszuwerten resp. zu begleiten. Daher sollten in erster Linie die Fragen der zweckmässigen Einsatzausdehnung (örtlich, flächig), der Wirkung auf schadhafte Fahrbahnoberflächen und die Einsatzgrenzen der verschiedenen Produkte geklärt werden. Als Ziel gälte es jene massgebende Kriterien und deren Einsatzgrössen (Wertebereiche) herzuleiten, welche bei jeglichen Produkten eine Abschätzung der Zweckerfüllung einer Asphalteinlage im konkreten Fall erlaubt resp. aufzeigt und was für Anforderungen bzgl. Wirkung und Lebensdauer sie als Erhaltungsmassnahme bieten. Offene Fragen bestehen auch im Bereich des Recyclings (Fräsbarkeit, Resttiefe als Bestandteil des Recycling-Mischgutes).
Einfluss auf Normenwerk:	Zurzeit noch offen, Bedarf ist jedoch gross.

Präsident Begleitkommission:

Name:	Horat	Vorname:	Martin
Amt, Firma, Institut:	Tiefbauamt Stadt Zürich		
Strasse, Nr.:	Amtshaus V		
PLZ:	8023	Email:	martin.horat@zuerich.ch
Ort:	Zürich	Telefon:	+41 - 44 - 412 23 35
Kanton, Land:	Zürich, Schweiz	Fax:	+41 - 44 - 412 07 37



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Unterschrift Präsident Begleitkommission:

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt-Nr.	Titel	Datum
1227	VSS 2004/601	Umweltbauabnahme (UBA) <i>Réception environnementale des travaux (RET)</i>	2008
1228	SVI 2001/508	Mobilitätsmuster zukünftiger Rentnerinnen und Rentner – eine Herausforderung für das Verkehrssystem 2030? <i>Mobilité des futurs retraités – un défi pour le système des transport en 2030?</i>	2008
1229	SVI 2004/081	Modal Split Funktionen im Güterverkehr <i>Fonctions de répartition modale pour le trafic de marchandises</i>	2008
1230	SVI 2004/090	Monitoring und Controlling des Gesamtverkehrs in Agglomerationen <i>Monitoring et controlling de l'ensemble du trafic dans les agglomérations</i>	2008
1231	SVI 2004/045	Mobilitätsmanagement in Betrieben – Motive und Wirksamkeit <i>Gestion de la mobilité dans les entreprises – motifs et efficacité</i>	2008
1232	ASTRA 2005/008	Low Power Wireless Sensor Network for Monitoring Civil Infrastructure <i>Drahtloses Sensornetzwerk zur Infrastrukturüberwachung</i>	2009
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten <i>Components durables des couches bitumineux</i>	2009
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen Standardisierte Erhaltungsmaßnahmen <i>Mesures d'entretiens standardisées</i>	2008
1236	ASTRA 2008/008_7	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR <i>Analyse Comparative des accents stratégiques et des champs d'action prioritaires de l'OFROU et de l'AIPCR</i>	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz <i>Bases pour eCall en Suisse</i>	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen <i>Sécurité routière pour chantiers de courte durée et aux jonctions dans la zone d'un chantier de route à grand débit</i>	2008
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen <i>Bases de dimensionnement pour le renforcement par géosynthétiques</i>	2009

Bericht-Nr.	Projekt-Nr.	Titel	Datum
1240	ASTRA 2002/010 & 2005/009	L'acceptabilité du péage de congestion: Résultats et analyse de l'enquête réalisée en Suisse <i>Die Akzeptanz von Gebühren zur Vermeidung von Stau auf Strassen: Resultate und Analysen von Untersuchungen in der Schweiz</i>	2009
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests <i>Amélioration des informations fournies par l'essai d'orniérage LCPC</i>	2009
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbauasphalt in Heissmischgut: Initialprojekt <i>Recyclage des matériaux bitumeux de démolition dans les enrobés à chaud: projet initial</i>	2007
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen <i>Les coûts de l'entretien courant des routes</i>	2008
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen <i>Bénéfice total - rapport avantages / coûts des mesures d'entretien standardisées</i>	2008
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert <i>Influences et interactions de l'état de surface et de la portance sur la valeur intrinsèque et la valeur d'usage</i>	2009
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen <i>Exigences à l'équipement routier pour l'utilisation de la bande d'arrêt d'urgence</i>	2009
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen <i>Facteurs d'influence sur la résistance au feu de structures en béton</i>	2009
1250	VSS 2005/502	Strassenabwasser Filterschacht <i>Traitement des eaux de routes dans des chambres avec sac en géotextile</i>	2007
1251	VSS 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumeux <i>Auswirkung der gerundeten oder teilweise gerundeten Gesteinskörnungen auf die Griffigkeit des Asphaltbetons</i>	2008