



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

Anforderungen an Anschluss- fugensysteme in Asphaltdecken - Teil 1: Praxiserfahrung

Requirements of connecting joint systems for asphalt pavements – Part 1: Experiences in the practice

Exigences pour les systèmes de joints de raccordement des enrobés bitumineux - Partie 1: Connaissances pratiques

Empa Dübendorf, Abteilung Strassenbau/Abdichtungen
Sivottha Hean, Dipl. Chemiker HTL

Tecnotest AG, Rüschlikon
Andreas Bernhard, Dipl. Chemiker FH

**Forschungsprojekt VSS 2007/401 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

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

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

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

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

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

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

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

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



Anforderungen an Anschluss- fugensysteme in Asphaltdecken - Teil 1: Praxiserfahrung

Requirements of connecting joint systems for asphalt pavements – Part 1: Experiences in the practice

Exigences pour les systèmes de joints de raccordement des enrobés bitumineux - Partie 1: Connaissances pratiques

**Empa Dübendorf, Abteilung Strassenbau/Abdichtungen
Sivotha Hean, Dipl. Chemiker HTL**

**Tecnotest AG, Rüslikon
Andreas Bernhard, Dipl. Chemiker FH**

**Forschungsprojekt VSS 2007/401 auf Antrag des Schweizerischen
Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS)**

Impressum

Forschungsstelle und Projektteam

Projektleitung

Sivotha Hearn, EMPA Dübendorf, 8600 Dübendorf

Mitglieder

Andreas Bernhard, Tecnotest AG, 8803 Rüschlikon

Federführende Fachkommission

Fachkommission 4: Baustoffe

Begleitkommission

Präsident

Pierre Lehmann, CES Bauingenieur AG, 6060 Sarnen

Mitglieder

Kurt Frei, Walo Bertschinger AG, 6030 Ebikon

Franz Meier, Densokor AG, 5502 Hunzenschwil

Oskar Neubauer, 8606 Greifensee

Paul Roser, 4118 Rodersdorf

Rolf Werner, BEVBE, 8906 Bonstetten

Hans Peter Beyeler, Bundesamt für Strassen ASTRA, 3003 Bern

Antragsteller

Schweizerischer Verband der Strassen und Verkehrsfachleute (VSS)

Bezugsquelle

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

Inhaltsverzeichnis

Impressum	4
Zusammenfassung	7
Résumé	9
Summary	11
1 Einleitung	13
1.1 Ausgangslage	13
1.2 Aufgabenstellung	13
1.3 Forschungsauftrag	13
1.4 Erwartete Resultate	14
2 Vorgehen	15
2.1 Auswertung des verfügbaren Praxiswissens	15
2.2 Befragungen und Objektbegehungen	15
2.3 Auswertung und Ranking	15
3 Beschreibung der Anschlussfugensysteme	17
3.1 Anschlussfugensysteme mit Fugenband	17
3.1.1 „Fugenband selbstklebend“	17
3.1.2 „Fugenband angeflämmt“	17
3.1.3 „Fugenband heiss extrudiert“	18
3.2 Anschlussfugensystem „Plastmasse“	18
3.3 Anschlussfugensystem „Bitumenanstrich“	18
3.4 Anschlussfugensystem „Fugenmasseanstrich“	18
3.5 Anschlussfugensystem „Fugenmasse in gefräste Fuge“	19
4 Erkenntnisse aus der Literaturrecherche	21
4.1 Normen, Regelungen und angewendete Anschlusssysteme in Asphaltdecken in Deutschland, Österreich und Schweiz	21
4.1.1 Deutschland	21
4.1.2 Österreich	28
4.1.3 Schweiz	33
4.1.4 Tabellarischer Überblick über die Regelungen für Aufgrabungen, Fugen, Nähte, Anschlüsse und Randausbildungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz	36
4.2 Erfahrungen zu Anschlussfugensystemen	39
4.3 Studien an Anschlussfugensystemen	42
4.3.1 Vergleichende Untersuchungen des Verbundverhaltens verschiedener Materialien	42
4.3.2 Langzeitverhalten von Nahtsystemen mit heiss extrudiertem Fugenband auf einer Versuchsstrecke in Deutschland [16]:	43
4.3.3 Einfluss der Belagsdichte und Verdichtung im Bereich der Naht	44
4.3.4 Verbundverhalten von Anschlussfugensystemen mit Fugenband mit/ohne Primer	45
4.3.5 Temperatur des Fugenbands auf der „kalten Seite“ beim Belagseinbau	46
4.4 Schäden, Ursachen und Empfehlungen	46
4.4.1 Schadensbilder und deren Ursachen	46
4.4.2 Empfehlungen beim Anschlussfugensystem mit anzuflämmenden Fugenbändern	54
4.5 Prüfungen und Anforderungen an Materialien	57
4.5.1 Prüfvorschriften und Anforderungen für bitumenhaltigen Voranstrich, Kunststoffvoranstrich, heissverarbeitbare Fugenmasse und Bitumenfugenband	57
4.5.2 Prüfvorschriften und Anforderungen für übrige Nahtmaterialien	58
4.5.3 Prüfnormen für Voranstriche	58
4.5.4 Prüfnormen für heiss verarbeitbare Fugenmassen	59
4.5.5 Prüfnormen für anschmelzbare Bitumenfugenbänder	61
4.6 Wirtschaftlichkeit von Anschlusssystemen	62

5	Bestandsaufnahme	63
5.1	Vorgehen.....	63
5.2	Bestandsaufnahme bei Bauämtern	64
5.2.1	Strassennetzzustand und Zustandserfassung Anschlussfugen	64
5.2.2	Angewendete Anschlussfugensysteme	64
5.2.3	Wichtigkeit der Anschlussfugensysteme	65
5.2.4	Erfahrungen mit den Anschlussfugensystemen	65
5.2.5	Materialqualität.....	66
5.2.6	Systemvorgaben und Ausschreibungstext	66
5.3	Bestandsaufnahme bei Unternehmungen	67
5.3.1	Allgemeines/Vertragsverhältnis	67
5.3.2	Art und Zweck der Anschlussfugensysteme.....	67
5.3.3	Erfassung der Erfahrung.....	69
5.3.4	Materialqualität.....	69
5.3.5	Systemvorgaben	69
5.4	Bestandsaufnahme bei Herstellern und Lieferanten	70
5.4.1	Produkteangebot.....	70
5.4.2	Erfassung der Erfahrungen.....	70
5.4.3	Eigenüberwachung der Qualität in der Produktion	71
5.4.4	Fremdüberwachung der Qualität	71
5.4.5	Systemauswählende Stelle und Anforderungen des Käufers	71
5.5	Bestandsaufnahme Anschlussfugensysteme am Objekt	72
5.5.1	Nähte ohne Anschlussfugensysteme	74
5.5.2	Anschlussfugensysteme mit Fugenbändern.....	74
5.5.3	Anschlussfugensystem „Plastmasse“	75
5.5.4	Anschlussfugensystem „Fugenmasseanstrich“	75
5.5.5	Anschlussfugensystem „Fugenmasse in gefräste Fuge“.....	75
6	Auswertungen und Beurteilungen	77
6.1	Stellenwert von Anschlussfugen	77
6.2	Nachhaltigkeit	77
6.3	Normvorgaben in der Schweiz.....	77
6.4	Systemeignung	78
6.5	Marktangebot	79
6.6	Schadensmechanismen und massgebende Parameter.....	80
6.6.1	Geometrischer Aufbau und Arbeitsschritte	80
6.6.2	Ausführungsqualität	80
6.6.3	Materialmenge und Materialeigenschaften.....	80
7	Folgerungen	83
7.1	Eignung der Anschlussfugensysteme.....	83
7.2	Eignung von Materialeigenschaften.....	83
7.3	Prüfverfahren	83
7.4	Systemvorgaben	83
8	Empfehlungen für weiteres Vorgehen	85
	Anhänge	87
	Abkürzungen	107
	Literaturverzeichnis	109
	Projektabschluss	113
	Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen	117

Zusammenfassung

Anschlussfugen in Asphaltdecken kommen auf allen Strassentypen zur Anwendung. Sie entstehen bei Neubauten und vor allem bei Flickstellen nach Grabarbeiten. Anschlussfugen in Asphaltdecken werden in sehr vielfältiger Form gestaltet, wobei oftmals Präferenzen der Bauherrschaft das System bestimmen.

Mit dem Forschungsvorhaben wurde eine Übersicht über bestehende Anschlussfugensysteme und deren Praxiserfahrungen sowie über Stoff- und Systemprüfungen durch Literaturrecherchen, Befragungen bei Bauämtern, Unternehmungen und Herstellern/Lieferanten sowie Bestandsaufnahme an Objekten erstellt.

Ein Ranking der Schadensmechanismen und der massgebenden Parameter sowie eine Beurteilung der bestehenden Prüfungen wurden erarbeitet, welche als Grundlagen für die Folgeprojekte für Anschlussfugensysteme dienen.

Erfahrungen

Die durchgeführten Bestandsaufnahmen haben die Problematik von ungenügend funktionierenden Anschlussfugensystemen in Asphaltdecken klar aufgezeigt. Anschlussfugensysteme zwischen Arbeitsetappen und bei Flickstellen wurden immer wieder als Schwachstellen beobachtet. Ausgehend von Nähten und Anschlüssen bilden sich in den angrenzenden Deckschichten und Belagsaufbauten Risse und Ausbrüche.

In der Praxis stehen eindeutig die beiden Systeme mit Fugenband und mit Plastmasse im Vordergrund. Fugenbänder gelangen dabei bevorzugt bei Flickstellen, Plastmassen bei grösseren Asphaltierungsarbeiten zum Einsatz. Diese beiden Systeme ergeben bei fachgerechter Ausführung und richtiger Geometrie ein gutes Verhalten von Anschlüssen bzw. von Nähten zwischen zwei Asphaltdecken. Die übrigen Anschlussfugensysteme können als untauglich oder in der Ausführung als zu aufwendig beurteilt werden. Im Übergang von Asphalt zu Beton hat sich die heiss vergossene Fuge als Standard etabliert. Die Erfahrungen mit der verfüllten Fuge zwischen Asphalt und Beton werden als durchaus befriedigend beurteilt.

Bei den Materialien stehen die Eigenschaften Haftvermögen und Viskoelastizität im Vordergrund. Das Haftvermögen erlaubt Aussagen zum Verbund zwischen Nahtmaterial und angrenzenden Asphaltsschichten. Die Viskoelastizität gibt Erkenntnisse zum Verhalten des Materials bei den unterschiedlichen Witterungsbedingungen. Die übrigen Eigenschaften ergeben kaum brauchbare Hinweise zum Verhalten des Materials im Anschlussfugensystem. Sie können jedoch für die Werkseigene Produktionskontrolle durchaus sinnvoll sein.

Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit

Risse und Belagsausbrüche mindern die Nutzungsdauer der Asphaltdecken. Nicht oder ungenügend funktionierende Anschlussfugensysteme beeinträchtigen damit direkt die Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Strassenbelägen, die Decke muss aufgrund von den von Anschlussfugensystemen ausgehenden Schäden früher als geplant instandgesetzt werden. Mit funktionierenden Nähten kann die verlangte Nutzungsdauer von neuen Asphaltdecken sichergestellt werden, bei Flickstellen kann die Nutzungsdauer im Flickbereich sogar verlängert werden. Funktionierende Anschlussfugensysteme stellen somit einen sehr wichtigen Bestandteil zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Asphaltdecken dar. Die technischen Vertreter von Bauherren sind sich der Problematik der Wirtschaftlichkeit von Anschlussfugensystemen bewusst. Oftmals machen Politik und Verwaltung den technischen Vertretern in den Bauämtern jedoch Vorgaben, welche die Wirtschaftlichkeit der Anschlussfugensysteme markant beeinträchtigen.

Normierung

Die Forschungsarbeit zeigt für die Schweiz ein grosses Manko an Systemvorgaben von Anschlussfugensystemen auf. Die Schweizer Normen behandeln das Thema Nähte und Anschlüsse gar nicht oder unzureichend. Dieser Mangel führt einerseits zu markanten wirtschaftlichen Schäden durch Wertminderung an Strassen infolge von Schäden am Asphaltbelag im Bereiche von Anschlussfugensystemen und andererseits auch zur Beeinträchtigung der Nachhaltigkeit von Strassenbelägen. Mit den ab 2013 geltenden Schweizer Normen wird die ungenügende Situation noch zusätzlich verschärft. Die geltenden Normen enthalten nämlich ungenügende bzw. keine Vorgaben zur geometrischen Ausbildung von Anschlüssen.

Aufgrund der ungenügenden Vorgaben in den Schweizer Normen weichen die Materialhersteller aus und spezifizieren ihre Produkte vorwiegend nach dem Deutschen Regelwerk ZTV-Fug StB 01. Die Bauherren und Planer dagegen berücksichtigen die ausländischen Normen und Regelwerke nicht, mit dem Ergebnis, dass die Anschlussfugensysteme selten geplant sind, sondern die Ausführung oftmals dem Unternehmer überlassen wird.

Folgerungen und Empfehlungen

Die Situation der Normenvorgaben in der Schweiz hinsichtlich der Ausbildung der Nähte und Anschlüsse ist ungenügend. Die normative Situation wird der wirtschaftlichen Bedeutung von Anschlussfugensystemen nicht gerecht. Den Bauherren, Planern und Unternehmern stehen keine geeigneten Grundlagen für die konstruktive und materialspezifische Planung sowie für die Ausführung von Anschlussfugensystemen zur Verfügung. Es bestehen keinerlei Vorgaben und Anforderungen an Baustoffe wie Fugenbänder, Massen usw. Eindeutige normative Vorgaben an die Anschlussfugensysteme sowie an die geometrischen Ausbildungen von Nähten und Anschlüssen würden den Bauherren, den Unternehmern sowie den Materiallieferanten eine Hilfestellung bieten, um die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Nähten und Anschlüssen in Asphaltdecken markant zu verbessern.

Die Erkenntnisse aus dieser Arbeit dienen als Grundlage für die Erarbeitung der Schweizer Norm SN 670 288 "Fugeneinlagen und Fugenmassen; Anforderungen an Baustoffe in Anschlussfugensystemen".

Résumé

Les joints de raccordement des enrobés bitumineux sont utilisés sur tous les types de routes. On les trouve sur les revêtements neufs mais principalement sur les zones de réparation après des travaux de fouille. Les joints de raccordement prennent des formes très variées, le choix du système étant souvent déterminé par les préférences du maître d'ouvrage.

Le présent projet de recherche avait pour but d'établir une vue d'ensemble des systèmes de joints de raccordement et des expériences acquises avec eux dans la pratique ainsi que sur les essais des matériaux et des systèmes par des recherches dans la littérature, des enquêtes auprès des services des routes, des entreprises de construction et des fabricants/marchands ainsi que par des relevés d'état sur des objets.

Un classement des mécanismes d'endommagement et des paramètres déterminants ainsi qu'une évaluation des essais existants ont été établis pour servir de base aux projets subséquents sur les systèmes de joints de raccordement.

Connaissances pratiques

Les relevés effectués ont nettement mis en évidence l'existence d'un problème posé par des joints de raccordement dont le fonctionnement est défectueux avec les dommages qui s'ensuivent dans les revêtements bitumineux. On a fréquemment observé que les systèmes de joints de raccordement entre les étapes de pose et sur les réparations localisées constituent des points faibles. A partir des joints et des raccords il se produit des fissures et des éclatements dans les couches de roulements et dans les structures voisines du revêtement.

Dans la pratique, les deux systèmes qui dominent nettement sont les systèmes utilisant des bandes bitumineuses et ceux utilisant des masses bitumineuses plastiques. Les bandes de joint s'emploient surtout sur les réparations alors que les masses plastiques sont employées préférentiellement pour les gros travaux d'asphaltage. Appliqués correctement et avec une géométrie adéquate, ces deux systèmes aboutissent à un bon comportement des raccords et des joints entre deux revêtements bitumineux. Les autres systèmes de joint de raccordement peuvent être qualifiés d'inappropriés ou d'exécution trop compliquée. Pour les transitions entre le bitume et le béton, les joints coulés à chaud se sont établis comme standard. Les expériences faites avec ces joints coulés entre béton et bitume sont unanimement jugées satisfaisantes.

Pour les caractéristiques de matériau, l'adhérence et la viscoélasticité occupent le premier plan. L'adhérence permet d'obtenir des indications sur la liaison entre le matériau du joint et les couches d'enrobés bitumineux voisines. La viscoélasticité fournit des informations sur le comportement du matériau dans les différentes conditions climatiques. Les autres propriétés ne fournissent guère d'indications utilisables sur le comportement du matériau dans le système de joint de raccordement. Leur contrôle peut toutefois être judicieux pour l'assurance de la qualité interne du producteur.

Rentabilité et de durabilité

Ces fissures et éclatements réduisent la durée d'utilisation des revêtements. Les systèmes de joints de raccordement qui ne fonctionnent pas ou insuffisamment portent ainsi directement atteinte à la durabilité et à la rentabilité des revêtements routiers qui, du fait des dommages partant des systèmes de raccordement de joints, doivent être remis en état plus tôt que nécessaire. Les joints fonctionnant correctement permettent d'assurer une durée d'utilisation plus longue des nouveaux revêtements bitumineux et de prolonger celle des zones réparées. Les systèmes de raccordement de joints fonctionnant correctement sont ainsi un élément très important pour assurer la durabilité et la rentabilité des revêtements bitumineux. Les représentants techniques des maîtres d'ouvrage sont cons-

cients du problème de la durabilité et de la rentabilité des systèmes de raccordement de joints. Souvent ce sont les milieux politiques et de l'administration qui imposent à ces représentants techniques (services des routes) des conditions qui portent atteinte de façon marquante à la rentabilité des systèmes de raccordement de joints.

Normalisation

Ce travail de recherche met en évidence le déficit important qui existe en Suisse en matière de directives sur les systèmes de joints de raccordement. Les normes suisses ne traitent pas ou seulement insuffisamment le thème des joints et des raccordements. Ce déficit important conduit d'une part à des dommages économiques conséquents par dépréciation des routes suite à des dommages de leurs revêtements bitumineux au voisinage des joints de raccordement et d'autre part à une atteinte à la durabilité des revêtements routiers. Avec les normes suisses entrées en vigueur en 2013, cette situation déjà insuffisante s'est encore aggravée. Ces normes actuellement applicables ne mentionnent en effet que des directives insuffisantes ou aucunes directives sur la configuration géométrique des raccordements.

Suite à cette insuffisance des directives dans les normes suisses, les fabricants de produits se tournent vers la directive allemande ZTV-Fug StB 01. Les maîtres d'ouvrage et projeteurs n'ont eux pas recours à des normes et directives étrangères pour résultat que les systèmes de joints de raccordement ne sont que rarement planifiés et leur exécution souvent laissée à l'entrepreneur.

Conclusions et recommandations

En Suisse, les prescriptions normatives sur la configuration des joints et des raccordements sont plus que lacunaires. Cette situation revient à ignorer l'importance économique des systèmes de joints de raccordement. Les maîtres d'ouvrage, les projeteurs et les entrepreneurs ne disposent d'aucun outil pour la planification sur les plans de la configuration et des matériaux ainsi que pour l'exécution des systèmes de joints de raccordement. Il n'existe aucunes directives ni exigences sur les matériaux tels que bandes de joint bitumineuses, masses bitumineuses plastiques, etc.

Des prescriptions normatives claires sur les systèmes de joints de raccordement ainsi que sur la configuration géométrique des joints et des raccordements offriraient une aide aux maîtres d'ouvrage, aux entrepreneurs et aux fournisseurs de matériaux pour améliorer de manière marquante la rentabilité et la durabilité des réparations localisées sur les revêtements bitumineux.

Les résultats de ce travail servent de base pour l'élaboration de la norme suisse SN 670 288 «Produits de scellement de joints; exigences relatives aux matériaux des systèmes de joints de raccordement».

Summary

Connecting joints for asphalt pavements are used on all types of roads. They occur in new roadways, but are especially common in mended areas following excavations. There are many different methods for creating connecting joints in asphalt pavements and it is often the preference of the building contractor that determines which system is used.

In this research project, an overview of existing connecting joint systems and practical experience of using them, as well as material and system tests, was compiled by re-searching the literature, conducting surveys with building authorities, construction companies and manufacturers/suppliers, and examining existing joints on site.

A ranking of the damage mechanisms and the parameters affecting them was compiled, along with an assessment of existing tests, and these serve as the basis for follow-up projects on connecting joint systems.

Experiences

The examinations carried out on existing joints clearly demonstrate a problem of inadequately functioning joint systems and the resulting damage in asphalt pavements. Observations found that consistent weak points were connecting joint systems between stages and in mended areas. Cracks and surface eruptions originating from joints formed in the adjacent layers and pavement structures.

In practice, the two systems that clearly dominate are those using joint sealing tape and plastic masses. Joint sealing tapes are preferred for use in mended areas and plastic masses are preferred for larger asphaltting tasks. When used correctly in conjunction with the correct geometry, these two systems result in good interaction of joints between two asphalt pavements. Other joint systems are assessed as ineffectual or are too complex and costly in their execution. For transitions from asphalt to concrete, the hot-poured joint has established itself as the standard. Experiences with filled joints between asphalt and concrete are judged to be entirely satisfactory.

The most important material properties are adhesion and viscoelasticity. The level of adhesion is a good indicator of the bond between the joint material and the adjacent asphalt layers. The degree of viscoelasticity provides insights into the behaviour of the material in different weather conditions. The other properties are not useful as indicators of the behaviour of the material in the connecting joint system. However, they may be meaningful for production monitoring within the factory.

Cost effectiveness and sustainability

These cracks and surface eruptions reduce the service life of the asphalt pavement. Ineffective and inadequate connecting joint systems therefore have a direct detrimental effect on the sustainability and cost effectiveness of road surfaces, as damage originating from connecting joint systems means that the pavement has to be repaired earlier than would otherwise be necessary. With well-functioning joints, it is possible to ensure the required service life of new asphalt pavements and, in the case of mended areas, it is even possible to extend the service life in the mended area. Well-functioning connecting joint systems thus represent a very important element for ensuring the sustainability and cost effectiveness of asphalt pavements. The technical representatives of developers are aware of the problems of the cost effectiveness of connecting joint systems. Often, however, politics and government place requirements on the technical representatives (building authorities) that have a significant detrimental effect on the cost effectiveness of connecting joint systems.

Standardisation

This research study points to a serious lack of system requirements for connecting joint systems in Switzerland. The Swiss standards do not adequately address the issue of joints. This serious deficiency leads to significant economic damage due to the reduction in value of roads as a result of damage to the asphalt surface in the vicinity of connecting joint systems and also to reduced sustainability of road surfaces. With the Swiss standards which came into force in 2013, this unsatisfactory situation was exacerbated further. The current standards contain inadequate or no specifications for the geometric design of joints.

As a result of inadequate specifications in the Swiss standards, materials manufacturers are side-stepping these and specifying their products primarily according to the German rules ZTV-Fug StB 01. However, the developers and planners are not using foreign standards and rules, with the result that the connecting joint systems are rarely planned, the execution instead often being left to the contractor.

Conclusions and recommendations

The situation currently existing in Switzerland with regard to the standard specifications for the formation of joints is wholly inadequate. The current standards do not take into account the economic importance of connecting joint systems. There are no instruments available to developers, planners and contractors for structural or materials planning or for executing connecting joint systems. There are no specifications or requirements placed on building materials such as bituminous joint sealing tapes, sealants etc.

Clear normative specifications on connecting joint systems and on the geometric formation of joints would assist developers, building contractors and material suppliers in significantly improving the cost effectiveness and sustainability of mended areas in asphalt pavements.

The findings of this study have been used as the basis for the development of the Swiss standard SN 670 288 "Fugeneinlagen und Fugenmassen; Anforderungen an Baustoffe in Anschlussfugensystemen" (Joint fillers and joint sealants: requirements for building materials in connecting joint systems).

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

Nähte und Anschlüsse in Asphaltdecken entstehen zwangsläufig sowohl beim Neubau wie auch beim Unterhalt von allen Strassentypen (Autobahnen, Kantons-, Gemeinde- und Privatstrassen). Die Nähte verbinden beim Neubau die Schichten von Materialien mit vergleichbaren Eigenschaften, die Anschlüsse entstehen vor allem an Flickstellen nach Aufgrabungen und bei Unterhaltsarbeiten sowie bei Kontaktflächen unterschiedlicher Materialien.

Die Erfahrungen mit den Nähten und Anschlüssen sind positiv bis negativ, wobei die negativen Erfahrungen (offene Nähte und Anschlüsse) einen grossen Anteil stellen. Die offenen Nähte und Anschlüsse können ein sicherheitsrelevantes Problem für den Zweiradverkehr darstellen. Offene Nähte und offene Anschlüsse an sich beeinträchtigen die Asphaltdecke nicht. Sie bilden jedoch die Grundlage für Mängel und Schäden in den angrenzenden Asphaltdecken und mindern dadurch die Nutzungsdauer und damit auch die Nachhaltigkeit eines Asphaltbelags.

Anschlussfugensysteme in Asphaltdecken werden in sehr vielfältiger Form gestaltet, wobei oftmals Präferenzen der jeweiligen Bauherrschaft das System bestimmen. Die Norm SN 640 731b lässt die Anwendungen weitgehend offen, sie enthält keine Anhaltspunkte bezüglich Vorgaben an das System und keine Anforderungen an Baustoffe. Erfahrungen über die Eignung der angewendeten Systeme sind nicht erfasst und ausgewertet. Forschungsergebnisse mit aussagekräftigen Testreihen und Laborprüfverfahren sind nicht bekannt (Schweiz, Deutschland, Österreich).

1.2 Aufgabenstellung

Das vorliegende Forschungsvorhaben ist der erste Teil von drei zeitlich gestaffelten Forschungsvorhaben:

- Teil 1: Ermittlung der bestehenden Praxiserfahrung
- Teil 2: Erarbeitung von aussagefähigen Laborprüfmethoden
- Teil 3: Evaluieren des Praxisverhaltens

Im vorliegenden Teil 1 werden die in der Praxis vorhandenen Anschlussfugensysteme systematisch erfasst und hinsichtlich ihrer Tauglichkeit beurteilt. Dies umfasst:

- Bestandsaufnahme von bestehenden Anschlussfugensystemen und Praxiserfahrungen: Befragungen von Bauämtern und Unternehmungen sowie Objektbegehungen von geografisch repräsentativen Objekten in der Schweiz.
- Bestandsaufnahme von bestehenden Schadensbildern: Festhalten der Schadensarten, der Ausmasse und der Örtlichkeiten.
- Erfassen und Bewerten der Schadensmechanismen und der massgebenden Parameter.
- Erfassen und Bewerten von Stoff- und Systemprüfungen anhand Erkenntnissen aus der Literaturrecherche.
- Ranking von Anschlussfugensystemen aufgrund der Bestandsaufnahmen.

1.3 Forschungsauftrag

Das Bundesamt für Strassen beauftragte am 14. Mai 2008 die Forschungsgemeinschaft (Forschungsteam) mit der Durchführung der vorliegenden Forschungsarbeit.

Das Forschungsteam setzt sich wie folgt zusammen:

- EMPA Dübendorf, Abteilung Strassenbau / Abdichtungen, Dübendorf (Federführung)
- Tecnotest AG, Rüslikon

Die Begleitkommission, welche das Projekt inhaltlich, terminlich und finanziell überwacht, setzt sich aus folgenden Personen zusammen:

- Pierre Lehmann, CES Bauingenieur AG, 6060 Sarnen (Präsident Begleitkommission)
- Kurt Frei, Walo Bertschinger AG, 6030 Ebikon
- Franz Meier, Densokor AG, 5502 Hunzenschwil
- Oskar Neubauer, 8606 Greifensee
- Paul Roser, 4118 Rodersdorf
- Rolf Werner, BEVBE, 8906 Bonstetten
- Hans Peter Beyeler, Bundesamt für Strassen ASTRA, 3003 Bern

1.4 Erwartete Resultate

Mit dem Forschungsvorhaben werden Übersichten über bestehende Anschlussfugensysteme und deren Praxiserfahrungen sowie über Stoff- und Systemprüfungen erstellt.

Aufgrund der Schadensbilder können mögliche Versagensmechanismen definiert werden. Ein Ranking der Schadensmechanismen und der massgebenden Parameter sowie eine Beurteilung der bestehenden Prüfungen werden erarbeitet, welche als Grundlagen für die anschliessenden Forschungsvorhaben Teil 2: Anschlussfugensysteme - Erarbeitung von aussagefähigen Laborprüfmethoden (VSS 2007/402) und Teil 3: Anschlussfugensysteme - Evaluieren des Praxisverhaltens (VSS 2007/403) dienen.

Die Erkenntnisse aus dieser Arbeit sollen weiter als Grundlage für die Erarbeitung der Schweizer Norm SN 670 288 "Fugeneinlagen und Fugenmassen; Anforderungen an Baustoffe in Anschlussfugensystemen" dienen. Die Erkenntnisse bilden ausserdem die Grundlage für eine Überarbeitung der Vorgaben an Anschlussfugensysteme in den Schweizer Normen SN 640 430 und SN 640 731.

2 Vorgehen

2.1 Auswertung des verfügbaren Praxiswissens

Die im Rahmen der Literaturstudie zusammengetragenen Informationen werden zu den bereits vorhandenen Dokumenten ausgewertet, um auf das darin aufgeführte Wissen und die Erfahrungen zurückgreifen zu können. Daraus werden ein Fragenkatalog sowie eine Checkliste erstellt.

2.2 Befragungen und Objektbegehungen

Die Aufnahmen vor Ort beginnen mit den Abklärungen bei Tiefbauämtern und Bauunternehmungen über die angewendeten Anschlussfugensysteme. Die Angaben über Alter und Einbaubedingungen werden systematisch mittels Fragenkatalog und Checkliste erfasst und geordnet.

Der Zustand und allfällige Schäden der eingebauten Anschlussfugensysteme werden vor Ort visuell aufgenommen. Die Umgebungsbedingungen während der Aufnahmen wie Klima und Verkehr sind ebenfalls Teil der Erfassung.

2.3 Auswertung und Ranking

Aufgrund des Zustands vor Ort werden die Erfahrungen mit den Anschlussfugensystemen geordnet und verknüpft. Aus der Ordnung und den Erfahrungen wird ein Ranking der Anschlussfugensysteme erstellt. Die Schäden werden bewertet, Schadensmechanismen und deren massgebende Parameter werden abgeleitet. Daraus werden Vorschläge der vielversprechendsten Systeme für das Folgeprojekt Teil 3 unterbreitet. Mit dem gleichen Vorgehen werden die Prüfungen ebenfalls bewertet und Ergänzungen für das Folgeprojekt Teil 2 vorgeschlagen.

3 Beschreibung der Anschlussfugensysteme

3.1 Anschlussfugensysteme mit Fugenband

3.1.1 „Fugenband selbstklebend“

Das Fugenband selbstklebend ist ein vorgefertigtes, thermoplastisches Bandprofil in Rechteckform auf der Basis von Polymerbitumen und Füllstoffen. Das Fugenband selbstklebend weist auf einer langen Seite eine selbstklebende Beschichtung auf, welche im Anlieferungszustand mit einem Silikonpapier abgedeckt ist.

Die zweckmässige Dicke des Fugenbandes ist von den zu erwartenden temperaturinduzierten Bewegungen der Asphaltsschichten abhängig. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die eingebaute Fugenbreite geringer ist als die ursprüngliche Breite des Fugenbandes. In der Regel werden Fugenbänder mit der Breite 10 mm eingebaut. Es sind aber auch Fugenbänder mit 8 mm Breite im Handel. Fugenbänder sind für eine Änderung des Fugen­spalts bis zu 10 % ausgelegt. Bei der Breite von 10 mm ergibt dies eine zulässige Fugen­spaltänderung von 1 mm.

Die zweckmässige Höhe des Fugenbands richtet sich nach der Dicke der Asphaltdeck­schicht. Das Fugenband soll beim Einbau die Belags­oberfläche um 5 mm überragen.

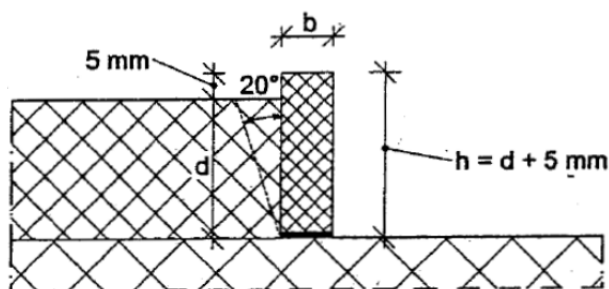


Abb. 3.1 Schemazeichnung der Fugenbandanordnung an der Nahtflanke (Bild 10 aus ZTV Fug-StB 01 [25])

Das Fugenband selbstklebend wird je nach Hersteller ohne Voranstrich oder in Kombination mit einem Voranstrich angewendet. Der Voranstrich wird auf die kalte Flankenseite appliziert und muss vor der Applikation des Fugenbands vollständig abgetrocknet sein.

Beim Einbau wird das Fugenband ausgerollt und auf die richtige Länge zugeschnitten. Nach dem Entfernen des Silikonpapierstreifens wird das Fugenband mit einem flachen Werkzeug oder mit der Hand an die kalte Naht- bzw. Anschlussflanke aufgebracht.

Beim Einbau des heissen Asphalts wird dem Fugenband ein vollständiges Durchschmelzen zugeschrieben. Es bildet damit eine dauerhaft-flexible Naht aus. Beim Walzen wird der Überstand in die Asphaltsschicht eingewalzt. Dabei entsteht die typische T-Form.

3.1.2 „Fugenband angeflämmt“

Das Fugenband angeflämmt ist ein vorgefertigtes, thermoplastisches Bandprofil in Rechteckform auf der Basis von Polymerbitumen und Füllstoffen. Das Fugenband angeflämmt weist auf einer Seite eine Schmelzbeschichtung auf, welche im Anlieferungszustand mit einem Trennpapier abgedeckt ist.

Die zweckmässige Dicke des Fugenbandes ist von den zu erwartenden temperaturinduzierten Bewegungen der Asphaltsschichten abhängig. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die eingebaute Fugenbreite geringer ist als die ursprüngliche Breite des Fugenbandes. In der Regel werden Fugenbänder mit der Breite 10 mm eingebaut. Es sind aber auch Fugenbänder mit 8 mm Breite im Handel. Fugenbänder sind für eine Änderung des Fugen­spalts bis zu 10 % ausgelegt. Bei der Breite von 10 mm ergibt dies eine zulässige Fugen­spaltänderung von 1 mm.

spalts bis zu 10 % ausgelegt. Bei der Breite von 10 mm ergibt dies eine zulässige Fugenspaltänderung von 1 mm.

Die zweckmässige Höhe des Fugenbands richtet sich nach der Dicke der Asphaltdeckschicht. Das Fugenband soll beim Einbau die Belagsoberfläche um 5 mm überragen.

Das Fugenband angeflämmt wird in Kombination mit einem Voranstrich angewendet. Der Voranstrich wird auf die kalte Flankenseite appliziert und muss vor der Applikation des Fugenbands vollständig abgetrocknet sein.

Beim Einbau wird das Fugenband ausgerollt und auf die richtige Länge zugeschnitten. Nach dem Entfernen des Trennpapiers wird die Schmelzbeschichtung mit dem Gasbrenner erwärmt und das Fugenband an die kalte Naht- bzw. Anschlussflanke aufgebracht.

Beim Einbau des heissen Asphalts verschmilzt das Fugenband, wird dabei mit dem Asphalt gewalzt und bildet so einen optimalen Anschluss zur "kalten" Seite. Durch das Verschmelzen des Polymerbitumens in die Hohlraumstruktur des Asphalts entstehen eine Nahtverbindung und ein Verschluss der Deckschicht. Es bildet damit eine dauerhaft-flexible Naht aus. Beim Walzen wird der Überstand in die Asphaltschicht eingewalzt, aus dem Fugenband entsteht dabei die typische T-Form.

3.1.3 „Fugenband heiss extrudiert“

Das Fugenband heiss extrudiert ist ein vor Ort erstelltes, thermoplastisches Fugenband auf der Basis von Polymerbitumen und Füllstoffen.

In einem Extrusionsgerät wird die Rohmasse erwärmt. Die erwärmte Rohmasse wird vom Extrusionsgerät durch eine Profildüse gepresst und dabei direkt an die bestehende Nahtflanke aufgebracht. Die Form der Profildüse bestimmt die Form des vor Ort gefertigten Fugenbands.

3.2 Anschlussfugensystem „Plastmasse“

Plastmassen sind lösemittelhaltige, thixotropierte, thermoplastische, kunstfaserverstärkte Massen auf der Basis von Polymerbitumen und Füllstoffen.

Plastmassen werden zumeist mit handgeführten, oft auf das Produkt abgestimmten Verarbeitungsgeräten über eine Auftragsdüse auf die Nahtflanke aufgetragen. Dank der maschinell vorgegebenen Schichtstärke entsteht eine gleichmässige und vollflächige Beschichtung.

3.3 Anschlussfugensystem „Bitumenanstrich“

Bitumenemulsionen und Lackbitumen enthalten Bitumen in der Grössenordnung von etwa 50 Masse-%. Bitumenanstriche werden mittels Streich-, Roll- oder Spritzverfahren an die Nahtflanke aufgetragen. Die Auftragsmenge beträgt ca. 1 kg/m^2 , d.h. die wirksame Bitumenmenge beträgt etwa $0,5 \text{ kg/m}^2$. Dies entspricht einer Bitumenschicht mit der Dicke von etwa 0,5 mm.

Unter Bitumenanstriche werden Bitumenemulsionen und Lackbitumen bezeichnet. M SNAR [18] bezeichnet Bitumenanstriche für Nahtverbindungen als ungeeignet.

3.4 Anschlussfugensystem „Fugenmasseanstrich“

Fugenmasseanstriche (auch als Versiegelungsmasse bezeichnet) sind heissverarbeitbare, thermoplastische Fugenmassen auf der Basis von Polymerbitumen und Füllstoffen.

Die Fugenmasse ist ausschliesslich in einem mit Rührwerk und Thermometer ausgerüs-

tetem Schmelzkessel langsam auf die Verarbeitungstemperatur aufzuschmelzen. Bei einem einfachen Bitumen-Schmelzkessel ohne Rührwerk besteht die Gefahr der Überhitzung der Masse, mit der Folge, dass die zur Stabilisierung und Vergütung der Produkte beigefügten Füllstoffe absinken oder zerstört werden.

Fugenmassenanstriche werden überwiegend für Längsnähte eingesetzt. Der Fahrbahnrand muss entsprechend der aktuellen Einbauvorschriften für Asphalt verdichtet werden. Durch den Einsatz geeigneter technischer Geräte wie z.B. Kantenschragformer am Fertiger und/oder Kantendrückrollen an der Walze ist der Asphaltstrand geradlinig und in der Regel mit einer Neigung von 2:1 abzuschrägen. Diese Geräte müssen der jeweiligen Einbaudicke der Asphaltschicht angepasst werden.

Die Bindemittelmenge muss gemäss M SNAR [18] auf waagerechten Flächen 1,5 kg/m² betragen. Bei geneigten Flächen muss die Auftragsmenge 4,0 kg/m² betragen.

3.5 Anschlussfugensystem „Fugenmasse in gefräste Fuge“

Fugenmassen sind im heissen Zustand giessbare, thermoplastische Massen auf der Basis von Polymerbitumen und Füllstoffen.

Beim Anschlussfugensystem „Fugenmasse in gefräste Fuge“ erfolgt die Ausbildung durch ein nachträgliches Fräsen eines definierten Fugenspalts in der Asphaltdeckschicht entlang der Naht. Fugenmassen sind für eine Änderung des Fugenspalts bis zu 25 % ausgelegt.

Der Fugenspalt wird ohne Einbau eines Unterfüllstoffs mit der heissverarbeitbaren Fugenmasse gefüllt.

Die Abmessungen des Fugenspalts richten sich nach der zu erwartenden Änderung des Fugenspalts. Das Verhältnis der Fugentiefe zur Fugenbreite soll zwischen 1,5 und 2,5 liegen. Die Fugenflanken sind nicht gefast.

Die ZTV Fug-StB 01 [25] enthält in Tabelle 2 die folgenden Vorgaben:

Änderung der Fugenspaltbreite [mm]	Fugenspaltbreite [mm]	Fugenspalttiefe bei Beton mit Unterfüllstoff [mm]	Fugenspalttiefe bei Asphalt und Beton ohne Unterfüllstoff [mm]
1	2	3	4
bis 2.0	8	27	20
bis 2.5	10	30	25
bis 3.0	12	35	25
bis 4.0	15	40	35
bis 5.0	20	50	35

Abb. 3.2 Fugenspaltbreite und -tiefe bei heissverarbeitbaren Fugenmassen (Tabelle 2 aus ZTV Fug-StB 01 [25])

4 Erkenntnisse aus der Literaturrecherche

Die folgenden Abschnitte beinhalten eine Zusammenfassung der Erkenntnisse der Literaturrecherche bezüglich:

- Normen, Regelungen und angewendete Anschlussfugensysteme in Asphaltdecken in Deutschland, Österreich und der Schweiz
- Stärken und Schwächen bei verschiedenen Anschlussfugensystemen
- Prüfungen und Anforderung an Materialien.

4.1 Normen, Regelungen und angewendete Anschlussysteme in Asphaltdecken in Deutschland, Österreich und Schweiz

In der europäischen Literatur werden hauptsächlich Beiträge aus Deutschland, Österreich und der Schweiz gefunden. Es handelt sich um Regelungen und Empfehlungen für die Ausbildung der Nähte und Anschlüsse von Asphaltdecken, die bei Neubauten von bahnförmigen Asphaltdecken in „heiss an heiss“ oder „heiss an kalt“-Verfahren entstehen. Literatur über Anschlüsse bei Flickstellen nach Grabarbeiten wurde sehr wenig gefunden.

In den Vereinigten Staaten sind hauptsächlich Literaturen über Einbau von Längsfugen, also Verbindungsstellen beim bahnenweisen Einbau von Asphalt gefunden worden. Verschiedene Aufbauten und Einbautechniken wurden im Rahmen von Forschungsarbeiten und Versuchen auf den Strassenstrecken untersucht und evaluiert. Es geht dabei um „heiss an heiss“ und „heiss an kalt“-Verfahren.

4.1.1 Deutschland

Normen und Regelwerke

In Deutschland werden die Nähte und Anschlüsse der Asphaltdecken in ZTV Fug-StB 01 [25] und in M SNAR [18] geregelt. Mit Herausgabe der ZTV Fug-StB 01 im Jahre 2001 wird die Herstellung und das Verfüllen von Fugenkammern in Betondecken und Asphaltbelägen wesentlich umfangreicher geregelt und damit die TL bit Fug 82 abgelöst. In der ZTV Fug-StB 01 werden Nähte und Anschlüsse im Asphaltstrassenbau jedoch nicht umfassend behandelt. Hierfür wird deshalb häufig das "Merkblatt für Schichtenverbund, Nähte, Anschlüsse und Randausbildung von Verkehrsflächen aus Asphalt" (M SNAR [18]) zur Leistungsbeschreibung genutzt, welches 1998 von der Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV veröffentlicht wurde. Im Gegensatz zur ZTV Fug-StB 01 enthalten Merkblätter jedoch keine rechtsverbindlichen, sondern nur empfehlende Hinweise, so dass das M SNAR [18] nicht in allen Ausschreibungen Rechtsgrundlage ist. Deshalb obliegt die Entscheidung über die Art und Weise der Ausbildung von Nähten und Anschlüssen dem Planer und der ausschreibenden Stelle [9].

Zusätzlich werden die Ausführungsmethoden für die Ausbildung der Nähte, Anschlüsse und Randfugen detailliert im DAV-Leitfaden für „Nähte, Anschlüsse, Randfugen“ [20] beschrieben. Die Ausbildung der Anschlüsse bei Aufgrabungen ist im DAV-Leitfaden „Richtiges Schliessen von Aufgrabungen“ [27] sowie detailliert in „Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen“ ZTV A-StB 12 (Ausgabe 2012) [28] geregelt.

Definition der Nähte und Anschlüsse

In Deutschland werden die Begriffe der Nähte und der Anschlüsse sowie die anzuwendenden Materialien in M SNAR [18], DAV-Asphalt Leitfaden [20] und ZTV Asphalt-StB 01 [23] ganz genau definiert:

- Nähte entstehen beim bahnförmigen Einbau „heiss an heiss“ oder „heiss an kalt“ bei Walzasphalt mit vergleichbaren Eigenschaften [9]

- Anschlüsse sind Kontaktflächen zwischen Mischgutarten mit unterschiedlichen Eigenschaften (z.B. Walzasphalt an Gussasphalt, Splittmastix an Gussasphalt) oder zwischen Asphaltsschichten bzw. -lagen und Einbauten (z.B. Bordsteine, Pflaster, Rinnen, Betondecken, Mauern, Metallteile). Anschlüsse werden in Deckschichten als Fugen ausgebildet. Bei Einbaubahnen aus Gussasphalt an Gussasphalt „heiss an kalt“ sind Fugen anzuordnen.

Angewendete Materialien für die Nähte

Zur Ausbildung der Nähte gelangen in Deutschland folgende Materialien zum Einsatz:

- „heiss an heiss“ bei Walzasphalt: keine Vorbehandlung der Flanke, kein Nahtkleber
- „heiss an kalt“ bei Walzasphalt: Vorbehandlung der Flanke des kalten Belages mit den folgenden Nahtklebern:
 - kaltverarbeitbare Bitumenmasse (Plastmasse, siehe Kapitel 3.2). Verbrauch bei 4 cm Deckschichtdicke etwa 200 g pro Laufmeter Nahtflanke
 - heissverarbeitbare Masse (Bitumen B200 oder Polymerbitumen). Die aufzubringende Masse sollte bei Deckschichten mit 4 cm Einbaudicke etwa 200 g pro Laufmeter Nahtflanke betragen
 - Bitumenemulsionen und andere kalt zu verarbeitende Bindemittel sind zum Anspritzen der Nahtflanken nicht geeignet.

Angewendete Materialien für die Anschlüsse/Fugen

Anschlüsse sind als Fugen mit folgenden Materialien auszubilden:

- Für eine gross zu erwartende Bewegung sind Fugen auszubilden, welche mit heissverarbeitbaren Fugenmassen vergossen werden. Dabei ist der Fugenvoranstrich zu verwenden.
- Für geringe Bewegung gelangen Fugen mit Bitumen-Fugenbändern zur Anwendung (anschmelzbare Bitumen-Fugenbänder, selbstklebenden Bitumen-Fugenbändern oder Bitumen-Fugenbänder im Extrusionsverfahren, siehe Kapitel 3.1). Der Fugenvoranstrich ist zu verwenden.

Ausbildung von Nähten

Die Ausbildung von Nähten ist in Deutschland in M SNAR [18] und DAV-Leitfaden [20] beschrieben.

Einbau „heiss an heiss“:

- Die besten Voraussetzungen für gute Nähte bietet der Einbau "heiss an heiss": gute Verzahnung und zuverlässige Verklebung der Nähte [20].
- Der Einbau "heiss an heiss" erfolgt in der Regel durch gestaffelt arbeitende Fertiger. Dabei muss der Abstand zwischen den Fertigern gering sein. Damit genügend Mischgut im Nahtbereich zur Verfügung steht, muss bei Fertigern ohne hohe Vorverdichtungsleistung die Bohle des zweiten Fertigers etwa 2 cm auf die erste Bahn übergreifen [18].
- Beim Einbau des Mischgutes in Verkehrsflächen mit Dachprofil erfolgt die Verdichtung mit Walzen für jede Einbaubahn mit Ausnahme des Nahtbereiches von aussen nach innen (von unten nach oben). Der Nahtbereich von etwa 15 cm wird erst zum Schluss gewalzt [18].

Einbau „heiss an kalt“:

- Längsnähte der einzelnen Schichten sollten niemals übereinander angeordnet werden, sondern sind um mindestens 10 cm zu versetzen (um eine mögliche Querschnittschwächung zu vermeiden).
- Die erste Bahn muss bis zur Kante profilgerecht, gleichmässig verdichtet und rissfrei sein. Die Nahtflanke soll in leicht angeschrägter (70° bis 80°), nicht in senkrechter Form angelegt werden.
- Zur Verzahnung der Bahnen soll die Kontaktfläche nicht glatt, sondern möglichst rau sein.

Die Kontaktfläche kann durch Formen und Verdichten beim Einbau oder durch Abkanten nach dem Einbau der ersten Bahn hergestellt werden. Bei Deckschichten muss abgekantet werden.

- Die Nahtflanke muss gründlich gereinigt werden.
- Der Einsatz von Heizgeräten zum Aufheizen des Nahtbereichs der ersten Bahn hat sich nicht bewährt.
- Die Nahtflanken von Tagesabschlüssen (Quernähte) werden in der Regel wie Längsnähte durch Abfräsen oder Einlegen eines Kantholzes o. ä. ausgeführt.
- Aufbringen des Bitumen-Nahtklebers in ausreichender Menge. Wegen der besseren Klebkraft und Kälteflexibilität sind vorzugsweise spezielle Polymerbitumen zu verwenden.
- Bei Deckschichten ist unter Beachtung des Verdichtungsmasses die Anschlussbahn mit geringer Überlappung (ca. 2 bis 3 cm) einzubauen. Das Asphaltmischgut dieser Überlappung muss vor dem Walzen bis zur Nahtkante zurückgeschoben werden. (Abb. 4.3 b).
- Der erste Walzgang auf der Anschlussbahn wird von der erkalteten ersten Bahn aus so durchgeführt, dass die Bandage etwa 5 bis 10 cm auf die heisse Anschlussbahn übergreift ("Kneifen" der Naht, Bild Abb. 4.3 c).
- Falls das Abwalzen im Nahtbereich aus verkehrstechnischen Gründen nicht von der bereits abgekühlten oder kalten Einbaubahn aus durchgeführt werden kann, muss das Abwalzen von der gerade eingebauten und noch heissen Bahn gemäss Abbildung Abb. 4.3 d und Abb. 4.3 e erfolgen.
- Die Vorbereitung und Herstellung von Quernähten erfolgt sinngemäss.

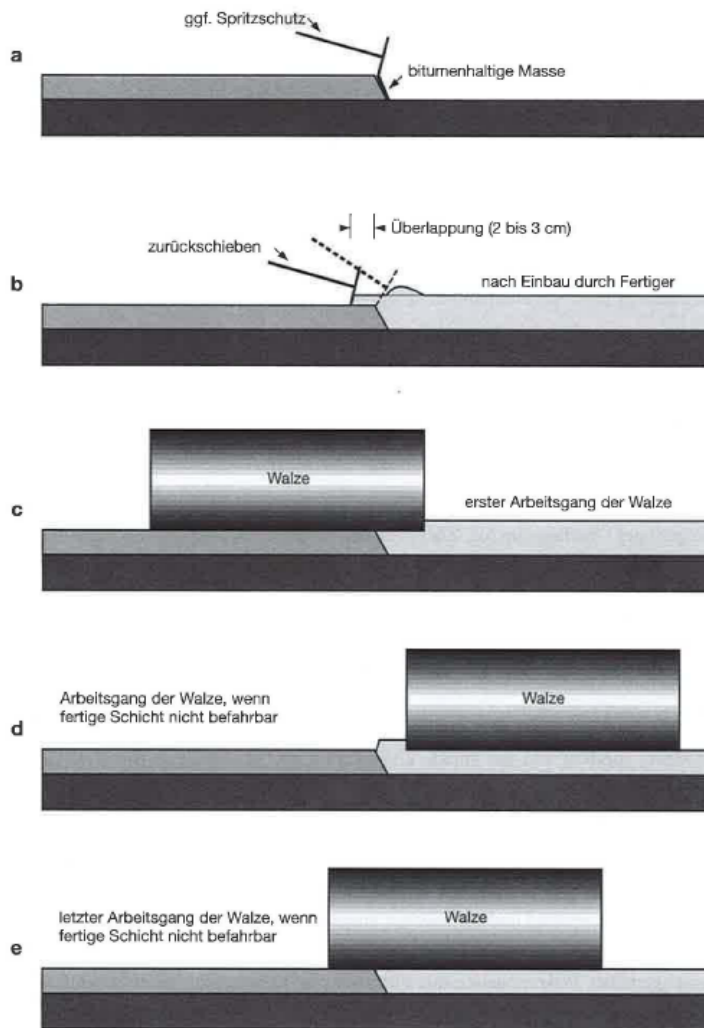


Abb. 4.3 Herstellen der Naht (Bild 3 aus M SNAR [18])

Ausbildung von Anschlüssen und Fugen

Die Ausbildung der Anschlüsse und Fugen ist in Deutschland in der ZTV Fug-StB 01 [25] beschrieben.

Die Anschlüsse sind als Fugen auszubilden. Je nach Grösse der zu erwartenden Bewegung kommen zwei Typen der Fugendichtung zur Anwendung: Fugen mit Fugenverguss (siehe Kapitel 3.5) und Fugen mit Fugenbändern (siehe Kapitel 3.1).

Fugen mit Fugenverguss (zur Aufnahme einer Bewegung bis ca. 25 % der Fugenbreite):

- Zwischen Einbaubahnen mit unterschiedlichen Mischguteigenschaften oder bei Anschlüssen von Asphaltdeckschichten an Einbauten, Bordsteinen, Betonteilen o. ä. wird nachträglich mit einem Fugenschneider eine Fuge in entsprechender Breite gemäss den "ZTV Fug-StB 01" geschnitten.
- Vor Einbauten, Bordsteinen, Betonteilen o. ä. ist vor dem Asphalteinbau das Verlegen herausnehmbarer Einlagen (z.B. Lehren, Flacheisen) zweckmässig.
- Entfernen jeglichen Schmutzes und Trocknen des Fugenraums
- Vollflächiges Auftragen des Voranstriches auf die sauberen, trockenen Fugenflanken und Abwarten, bis der Voranstrich vollständig durchgetrocknet ist.
- Anschliessend ist die Fuge mit einer heiss zu verarbeitenden bitumenhaltigen Fugenmasse gemäss den "ZTV Fug-StB 01" zu vergiessen. Bei warmer Witterung muss die

Oberkante des endgültigen Spiegels der erkalteten Vergussmasse in gleicher Höhe mit der angrenzenden Fahrbahn liegen. Bei kalter Witterung und entsprechend größerem Fugenraum soll der Vergussmassenspiegel 2 bis 3 mm tiefer liegen, um ein Herauspressen bei warmer Witterung zu vermeiden.

Fugen mit Fugenbändern (zur Aufnahme einer Bewegung bis 1 mm):

- Für das Verarbeiten von Fugenbändern sind ebene, geradlinige Flankenflächen erforderlich.
- Die Fugenflanken müssen abgekantet, gefräst, geschnitten sein oder aus vorgefertigten Bauteilen bestehen. Sie müssen möglichst glatt und frei von Verunreinigungen sein. Rostpartikel von Stahlteilen müssen entfernt werden. Anhaftende Schmutzreste sind mit Drahtbürste oder Druckluft zu entfernen.
- Aufstreichen oder Aufspritzen des Voranstrichmittels.
- Voranstrich gründlich austrocknen lassen.
- Das Anbringen der Fugenbänder (herkömmliche anschmelzbare Fugenbänder, selbstklebende Fugenbänder oder vor Ort extrudierte Fugenbänder) erfolgt nach den Verarbeitungsanweisungen des Herstellers.
- Die Höhe des Fugenbandes muss bei senkrechten und bis 20° geneigten Flächen die Oberfläche der Asphaltdecke um 5 mm überragen.
- Die Fugenbänder sind in Ecken nicht auszurunden, sondern zu stossen.
- Belag einbauen.

Ausbildung von Anschlüssen bei Aufgrabungen

Die Ausbildung der Anschlüsse bei Aufgrabungen ist in Deutschland im DAV-Leitfaden „Richtiges Schliessen von Aufgrabungen“ [27] beschrieben.

Der Leitfaden enthält detaillierte Ausführungsvorschläge vom Herstellen des Grabens bzw. der Aufgrabung bis zum Einbau und Verdichten des Deckschichtmischgutes mit anschliessendem, farblichem Angleichen der Oberfläche durch Abstreuen und Einwalzen des Brechsandes. Unten ist die Zusammenfassung der wesentlichen Vorgehensweise:

Herstellen des Grabens bzw. der Aufgrabung:

- Beim Aufnehmen der Asphaltsschichten ist zu vermeiden, dass Ausbrüche ausserhalb des Bereiches der Aufgrabung/Grabenbreite auftreten. Dazu ist die gewählte Grabenbreite gradlinig vorzuschneiden, zu fräsen oder abzukanten.
- Um Einbrüche des Grabens zu verhindern, empfiehlt sich z. B. ein Abstützen der Asphaltbefestigung durch Saumbohlen (Abb. 4.4)
- Die bei der Aufgrabung ausgebauten Materialien wie z. B. Frostschutzschicht oder Verfüllmaterial sind meist nicht geeignet, in der gleichen Funktion wieder eingebaut zu werden, da z. B. die Verdichtungs- oder Frostsicherheitskriterien nicht erfüllt werden. In diesem Fall sind sie abzufahren.

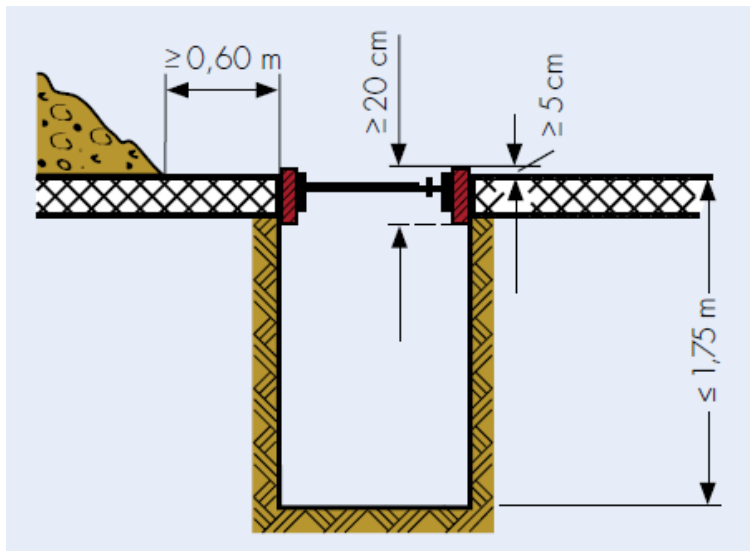


Abb. 4.4 Abstützen der Asphaltbefestigung (Bild auf der Seite 9 der [27])

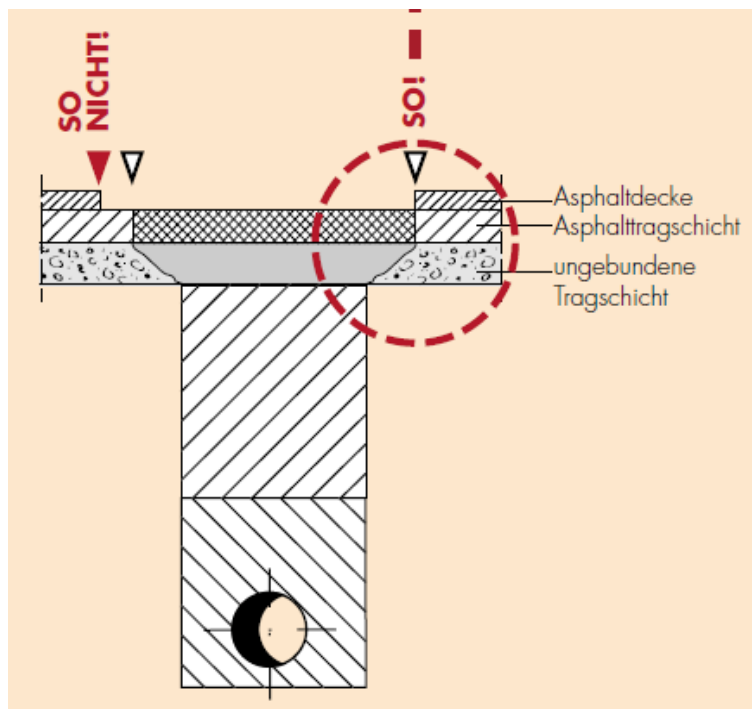


Abb. 4.5 Rückschnitt der Asphalttschichten (Bild auf der Seite 16 der [27])

Verfüllen des Grabens:

- Nach Verlegen der Leitungen sind die Bereiche der Leitungszone, die sich nicht einwandfrei verfüllen und verdichten lassen, z. B. Zwickel unter beengten Verhältnissen, insbesondere unter Rohren, mit Beton, Porenleichtbeton oder mit einem Boden-Bindemittel-Gemisch zu verfüllen.
- Das Füllmaterial ist lagenweise einzubauen. Dabei dürfen die Schütthöhen in Abhängigkeit vom Material und Verdichtungsgerät wegen der begrenzten Tiefenwirkung der Verdichtungsgeräte nicht überschritten werden. Schütthöhen von mehr als 30 cm sollten nicht ausgeführt werden. Richtwerte für die Schütthöhe und die geeigneten Verdichtungsgeräte mit entsprechenden Verdichtungsbedingungen werden in Abhängigkeit der Verdichtungsklassen in den Tabellen (Seite 12 und 13 der [27]) aufgeführt.

- Auf dem Planum, d.h. der Oberfläche der Verfüllzone, ist ein Verformungsmodul von mindestens E_{v2} ($= 45 \text{ MN/m}^2$) erforderlich.

Einbau der Asphaltsschichten mit anschliessender Ausbildung der Anschlüsse:

- Nach Einbau und Verdichtung der ungebundenen Schichten (Verfüllboden und Frostschutzschicht) sind die vorhandenen Asphaltsschichten je nach Auflockerung der ungebundenen Schichten in den Randzonen auf beiden Seiten ausreichend breit zurückzunehmen (mindestens 20 cm).
- Alle Asphaltsschichten sind mit einem durchgehenden Schnitt zu schneiden (Abb. 4.5). Ein Versatz der Schnitte in den Schichtgrenzen ist falsch und führt in der Regel später zu Projektionsrissen.
- Schon vor Beginn der Bauarbeiten empfiehlt es sich zu klären, welche Reststreifenbreiten auftreten bzw. zu erneuern sind. Verbleiben nach dem Rückschnitt Reststreifen der Asphaltbefestigung von unter 35 cm Breite, so sind diese zu entfernen.
- Vor dem Einbau der Asphaltsschichten sind Verunreinigungen (z.B. Laub oder Asphaltreste) von der Unterlage sowie loses Material im Winkel von Schnittfläche und Unterlage ebenfalls zu entfernen.
- Im Asphalttragschicht- und Asphaltbinderbereich kann so ein ausreichender Verbund durch Verwendung von geeigneter Bitumenemulsion oder einer Bitumenspachtelmasse hergestellt werden.
- In der Deckschicht ist jedoch ein höherwertiger Anschluss (verfüllte Fuge) auszubilden. Folgende Materialien kommen zur Anwendung: Plastische Bitumenmasse, Fugenbänder (vor dem Asphalteinbau) und heiss oder kaltverarbeitbare Fugenmasse (am Schluss, nach dem Fugenschneiden).
- Beim Schneiden der Fugen muss der Fugenschnitt genau über der Schnitt- bzw. Anschlussfläche sein.

Die Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV publizierte in 2012 eine spezielle Richtlinie für die Aufgrabungen in Verkehrsflächen ZTV A-StB 12 [28].

Das Regelwerk definiert

- die Anforderungen an Verdichtung, Verformungsmodul und Ebenheit sowie
- die Prüfungen der Verdichtung bei Erdarbeiten und des Oberbaus. und es behandelt
- das Entfernen des Oberbaus
- den Aushub des Unterbaus und des Untergrundes
- das Verfüllen und Verdichten der Aufgrabung und
- das Wiederherstellen des Oberbaus (separat für die Tragschichten ohne Bindemittel, für den Oberbau mit Asphalt, Oberbau mit Beton, Oberbau mit Pflasterdecken oder Plattenbelägen von Leitungsgräben sowie die Wiederherstellung der Oberbauschichten).

Der Wiederherstellung der Oberbauschichten mit Asphalt ist dem Verfahren in [25] ähnlich mit ein paar zusätzlichen, genaueren Angaben, z.B.:

- Die Wiederherstellung einer Asphaltbefestigung erfolgt nur im Heissverfahren.
- Die Zusammensetzung des Asphaltdeckschichtmischgutes ist der Zusammensetzung der vorhandenen Asphaltdeckschicht anzupassen.
- Asphaltdeckschichten aus Splittmastixasphalt sind mit Fertigern einzubauen. Ist dies nicht möglich, sollten sie mit Gussasphalt oder Asphaltbeton im Handeinbau ausgeführt werden.

- Die Abtreppungen sind parallel zur Grabenkante rechtwinklig zu schneiden oder zu fräsen (jeweils 15 cm bei Grabentiefen < 2 m und 20 cm bei Grabentiefen > 2 m; c in Abb. 4.6)
- In der Asphaltdeckschicht ist die Naht als Fuge mit zwei Möglichkeiten auszubilden: Vergiessen nachträglich hergestellter Fuge mit Fugenmasse oder Verwendung von Fugenbändern.
- Unabhängig von der Art der Fugenausbildung sind alle durchtrennten Asphalt-schichten mit Heissbitumen 160/220, Bitumenemulsion oder bitumenhaltigem Voranstrich vollflächig anzustreichen oder zu beschichten. Haftkleber darf nicht verwendet werden.

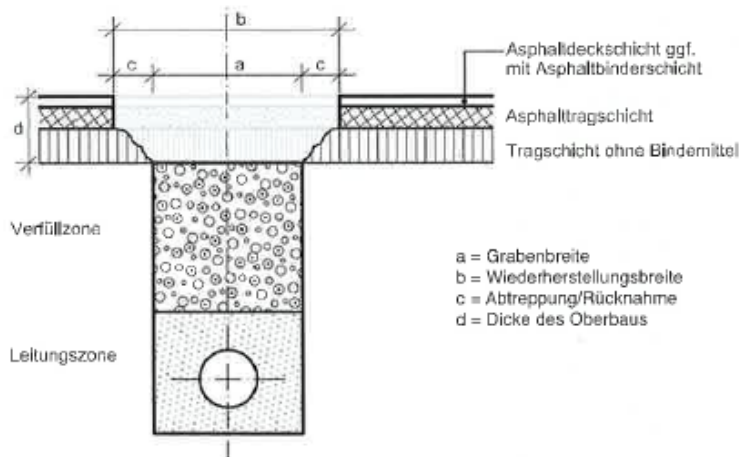


Abb. 4.6 Abtreppungen bei Asphaltbauweisen (Bild 4 ZTV A-StB 12 [28])

4.1.2 Österreich

Normen und Regelwerke

In Österreich werden die Nähte und Anschlüsse der Asphaltdecken in RVS 13 541 [21] sowie im Arbeitspapier Nr. 5 „Ränder, Nähte, Anschlüsse“ [22] geregelt.

In den Richtlinien und Vorschriften für das Strassenwesen RVS 13 541 werden hauptsächlich die Zustandserfassung und Ursachenforschung für Schäden beschrieben und Massnahmen für die Sanierung vorgeschlagen. Es werden keine detaillierten Vorgaben der generellen Ausführung von Nähten und Anschlüssen gegeben [3].

Das Arbeitspapier Nr. 5 der Österreichischen Forschungsgemeinschaft Strasse und Verkehr wurde 2003 vorgestellt und eingeführt. Dabei entspricht die Definition von Nähten und Anschlüssen derjenigen in M SNAR, z.B.:

- Eine „Naht“ entsteht beim bahnenweisen Einbau von nebeneinander liegenden Fertigerbahnen bzw. Einbauflächen zwischen Asphaltarten vergleichbarer Eigenschaften.
- Ein „Anschluss“ entsteht beim Kontakt zwischen Asphaltarten unterschiedlicher Eigenschaften bzw. beim Kontakt mit anderen Materialien (Beton, Metall, Stein).

Angewendete Materialien für Nähte

- „heiss an heiss“: keine Vorbehandlung der Flanke, kein Nahtkleber
- „heiss an kalt“: Die Flanke des kalten Belages wird mit hochviskoser, thixotroper (dickflüssig, pastös) bitumenhaltiger Masse (z.B. Bitumenemulsion) mit einer wirksamen

Bindemittelmenge von 1.5 bis 2.0 kg/m² unmittelbar vor dem Belageinbau vorbehandelt.

Angewendete Materialien für Anschlüsse

Für Anschlüsse können folgende Materialien eingesetzt werden:

- hochviskose, thixotrope bitumenhaltige Masse
- Fugenband
- heissverarbeitbare Fugenmasse.

Ausbildung von Nähten

Einbau „heiss an heiss“:

- Eine Vorbehandlung mit Nahtkleber ist nicht notwendig.
- Der Einbau "heiss an heiss" erfolgt mit dicht gestaffelten Fertigern. Dabei darf der Abstand zwischen den Fertigern nur so gross sein, dass die Mischguttemperatur in der vorausgehenden Bahn noch mindestens 30° über der Mindesteinbautemperatur gemäss RVS 8S.04.11 [35] liegt.

Einbau „heiss an kalt“:

- Der Nahtbereich ist unmittelbar vor dem Belageinbau gesondert vorzubehandeln: mit hochviskoser, thixotroper bitumenhaltiger Masse (1.5 bis 2.0 kg/m²).
- Es gibt zwei Möglichkeiten, den Nahtbereich zu verdichten: Variante 1 (siehe Abb. 4.7 und Abb. 4.8) oder Variante 2 gemäss Abb. 4.9.

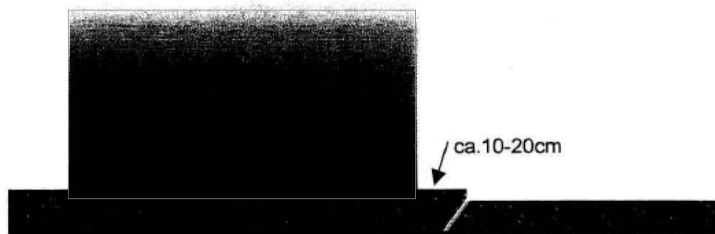


Abb. 4.7 Verdichtung nach Variante 1: Erste Walzbahn im frischen Mischgut (Abb. 4 des Arbeitspapiers [22]).



Abb. 4.8 Verdichtung nach Variante 1: Zweite Walzbahn über die Naht (Abb. 5 des Arbeitspapiers [22]). Der Vorteil dieser Ausführung liegt in der optimalen Nahtverbindung.

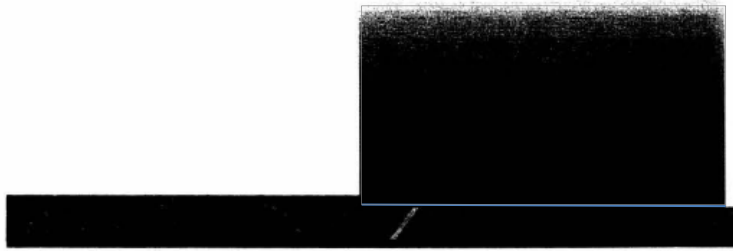


Abb. 4.9 Verdichtung nach Variante 2: Erster Walzübergang der Naht (Abb. 6 des Arbeitspapiers [22]). Der Vorteil dieser Ausführung ist die Erzielung einer optimalen Querebenheit. Als Nachteil kann eine schlechtere Verdichtung des Nahtbereiches durch "Wegdrücken" des Mischgutes entstehen.

Ausbildung von Anschlüssen

Die bei Anschlüssen entstehenden Fugen sind dauerhaft dicht zu verschliessen.

Anschlüsse von Asphaltflächen an Baustoffe mit unregelmässigen Oberflächen, wie z.B. Leistensteine, Bordsteine, Fräskanten bei Beton oder Asphalt sind durch einen Anstrich oder einen nachträglichen Fugenverguss herzustellen.

Der Einsatz von Fugenbändern ist für solche Anschlüsse ungeeignet.

Der Einsatz von anschmelzbaren Fugenbändern ist für glattflächige Einbauten, wie z.B. Schächte oder Einlaufgitter, vorteilhaft. Sie sind geeignet, das thermisch bedingte Schrumpfen nach Einbau des Asphaltes beim Erkalten aufzunehmen. Sie sind für Änderungen der Fugenspaltbreite bis zu 10 % ausgelegt.

Anstrich:

- Die Anschlussfläche ist mit hochviskoser, thixotroper bitumenhaltiger Masse mit einer wirksamen Bindemittelmenge von 1.5 bis 2.0 kg/m² vorzustreichen.

Fugen mit Fugenverguss:

- Beim Einsatz eines Fugenvergusses ist durch Einlagen die Ausbildung einer Fugenkammer (Fugenbreite von 15 bis 20 mm und Fugentiefe von 20 bis 30 mm) herzustellen.

Fugen mit Fugenbändern (zur Aufnahme einer Bewegung bis 1 mm):

- Vor Anbringen des Fugenbandes ist der Voranstrich aufzutragen.
- Das Anbringen des Fugenbandes erfolgt entsprechend den Verarbeitungsanweisungen des Herstellers.
- Das verlegte Fugenband darf vor Einbau der Deckschicht nicht überfahren werden.
- Der Überstand des Fugenbandes über die Anschlussfläche nach dem Einbau soll möglichst gering sein.
- Bei grösseren Einbaulängen soll das Fugenband maschinell eingebaut werden.

Ausbildung von Anschlüssen bei Aufgrabungen

Die Ausbildung der Anschlüsse bei Aufgrabungen ist in Österreich in RVS 13.01.43 „Instandsetzung nach Grabungsarbeiten“ [34] beschrieben. Die Richtlinie enthält detaillierte Ausführungsvorschläge für die Instandsetzungen von Strassenkonstruktionen (Fahrbahn, Gehsteig, Gehweg, Radweg) und über Leitungsgräben aller Art nach Aufgrabungen. Zusätzlich zur Bauweise mit bituminöser Deckschicht auf bituminöser Tragschicht enthält die Richtlinie auch Vorschläge für andere Bauweisen (separat für Fahrbahnen sowie für

Gehsteige, Gehwege und Radwege) wie Instandsetzung von

- Betonfahrbahndecken auf bituminöser Tragschicht
- bituminöser Deckschicht auf Tragschicht aus Beton oder Pflaster
- Gussasphalt auf Betonunterlagen
- Oberflächenbehandlung auf bituminöser Tragschicht
- Pflasterdecken.

Nachstehend ist die Zusammenfassung der Instandsetzung von bituminöser Deckschicht auf bituminöser Tragschicht nach den Grabungsarbeiten:

- Gebundene Tragschichten sind beidseitig breiter (mindestens 20 cm) als die darunterliegende ungebundene Schicht auszuführen.

Die gebundenen Tragschichten sind je nach Instandsetzungsart provisorisch oder endgültig herzustellen (siehe Abb. 4.13 ... Abb. 4.16). Die endgültige Instandsetzung ist im Regelfall erst nach dem Abklingen der Setzungen auszuführen.

- Bei vorläufiger Instandsetzung gibt es zwei Methoden A und B (siehe Abb. 4.10 ... Abb. 4.15).
- Deckschichten sind niveaugleich herzustellen. Fräsflächen sind mit Wasserhochdruckstrahl zu reinigen.
- Der Übergriff der Deckschicht über die bituminöse Tragschicht hat jeweils mindestens 20 cm zu betragen.
- Die Ausbildung der Ränder muss scharfkantig und geradlinig sein (Fräsen oder Schneiden).
- Die seitliche Verbindung mit dem Altbestand (Anschlüsse) ist je nach Beschaffenheit des bestehenden Strassenaufbaues durch geeignete technische Massnahmen (schmelzbares Fugenband oder Fugenverguss) auszubilden. Wenn die Deckschicht aus Gussasphalt besteht, müssen die Anschlüsse aus Fugenverguss hergestellt werden.

Die folgenden Abbildungen (Abb. 4.10 ... Abb. 4.15) zeigen die Ausführungen mit vorläufiger Instandsetzungsmethode A (linke Spalte) und mit vorläufiger Instandsetzungsmethode B (rechte Spalte). Zu einem späteren Zeitpunkt erfolgt die endgültige Instandsetzung (siehe Abb. 4.16 ... Abb. 4.17)

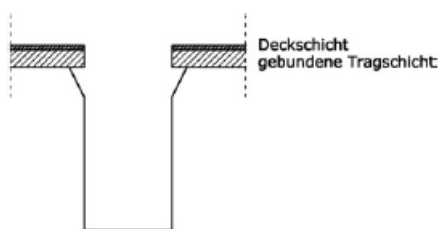


Abb. 4.10 Nach Aufgrabung (Abbildung 2 der RVS 13.01.43 [34])

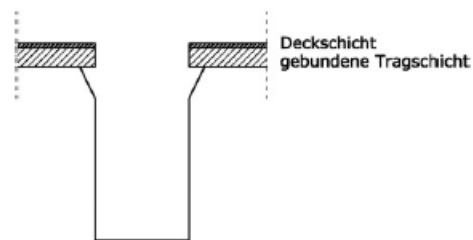


Abb. 4.11 Nach Aufgrabung (Abbildung 6 der RVS 13.01.43 [34])

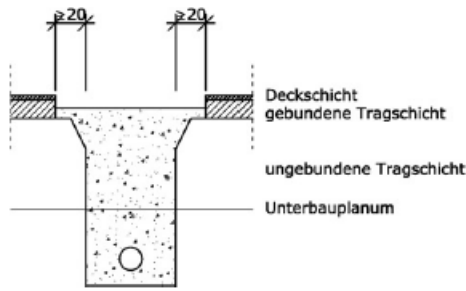


Abb. 4.12 Nach Entfernen des schadhaften Randbereiches und Verfüllung (Abbildung 3 der RVS 13.01.43 [34])

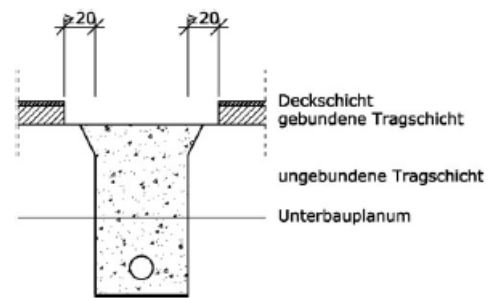


Abb. 4.13 Nach Entfernen des schadhaften Randbereiches und Verfüllung (Abbildung 7 der RVS 13.01.43 [34])

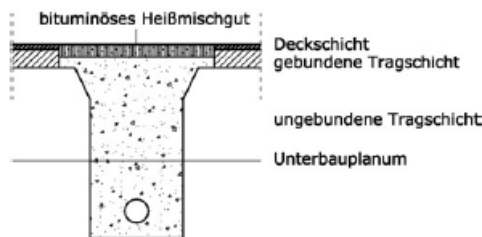


Abb. 4.14 Nach vorläufiger Instandsetzung A (Abbildung 4 der RVS 13.01.43 [34]).

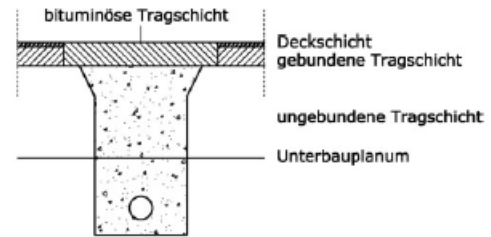


Abb. 4.15 Nach vorläufiger Instandsetzung B (Abbildung 8 der RVS 13.01.43 [34]).

Im Sonderfall darf auch bituminöses Kaltmischgut verwendet werden. Zum Ausführen der definitiven Instandsetzung wird das gesamte vorläufig eingebaute Asphaltmischgut entfernt und die ungebundene Tragschicht auf das endgültige Planum zu bringen. Danach sind die gebundene Tragschicht und Deckschicht (mit Übergriffen von je $\geq 20\text{cm}$) unmittelbar nach einander herzustellen. Anschlüsse mit der alten Deckschicht sind je nach Beschaffenheit des bestehenden Strassenaufbaues Fugenband oder Vergussmasse herzustellen.

Die bituminöse Tragschicht wird sofort bis zur Oberkante der angrenzenden Fahrbahnoberfläche herzustellen. Zum Einbau der Deckschicht ist die bituminöse Tragschicht in der erforderlichen Dicke der aufzubringenden Deckschicht und die notwendigen Mehrbreite ($\geq 20\text{cm}$) abzufräsen, zu reinigen und danach die Deckschicht aufzubringen. Anschlüsse mit der alten Deckschicht sind je nach Beschaffenheit des bestehenden Strassenaufbaues Fugenband oder Vergussmasse herzustellen.

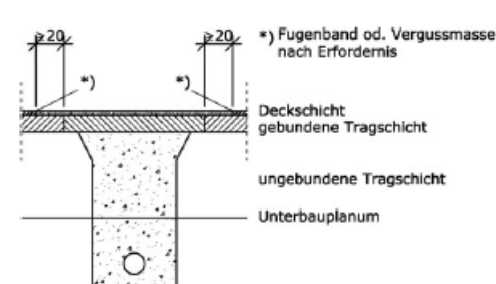


Abb. 4.16 Nach endgültiger Instandsetzung (Abbildung 5 der RVS 13.01.43 [34])

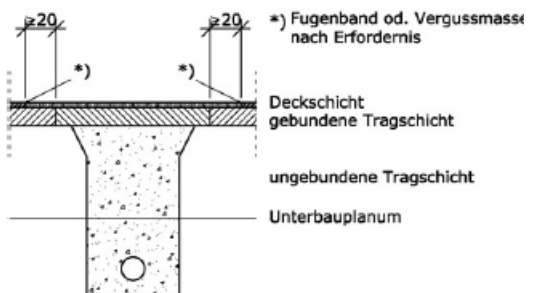


Abb. 4.17 Nach endgültiger Instandsetzung (Abbildung 9 der RVS 13.01.43 [34])

4.1.3 Schweiz

Normen und Regelwerke

In der Schweiz sind Anschlüsse und Arbeitsnähte von Asphaltdecken in SN 640 430b „Walzasphalt; Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten“ [30] geregelt. Die Ausführungen der Anschlüsse bei Aufgrabungen sind in SN 640 731b „Erhaltung bitumenhaltiger Oberbauten“ [31] und in SN 640 535c „Grabarbeiten, Ausführungsvorschriften“ [31] geregelt. Ausserdem findet man auch Regelungen bei den örtlichen Baubehörden (Tiefbauämtern).

Ausbildung von Anschlüssen gemäss SN 640 430b [30]

- Bei Anschlüssen (Stossverbindungen) an eine abgekühlte Asphaltbetonschicht ist ein genügend breiter Streifen bis auf die notwendige Tiefe zu fräsen, so dass die neuen bitumenhaltigen Schichten auch beim Anschluss in genügender Dicke eingebaut werden können.
- Die Schnittflächen der alten bitumenhaltigen Schichten sind zu reinigen und mit Heissbitumen oder einer geeigneten Masse anzustreichen oder es ist ein bitumenhaltiges Fugenband einzulegen.
- Bei Anschlüssen an Betondecken, an Fahrbahnübergänge und an Einbauten innerhalb der Fahrbahnfläche (z.B. Schachtabdeckungen) sind besondere Massnahmen vorzusehen wie Ankleben von Fugenbändern oder die Ausführung eines Gussasphaltstreifens mit Fugenband oder Fugenheissverguss.
- Bei Sperrschichten im Gleisbau sind die Arbeitsfugen mit Heissbitumen anzustreichen oder einem anderen geeigneten Fugenfüllmaterial anzubringen.
- Für Deck- und Binderschichten aus offenporigem Asphalt darf die Anschlussfläche wegen Drainwirkung nicht mit Anstrich oder Nahtkleber behandelt werden.

Ausbildung von Arbeitsnähten gemäss SN 640 430b [30]

- Der Einbau ist so zu organisieren, dass möglichst wenig Arbeitsnähte entstehen.
- Die Arbeitsnähte übereinanderliegender Schichten sind um mindestens 150 mm gegeneinander zu versetzen.
- Der Verdichtung von Nahtzonen ist besondere Beachtung zu schenken. Bei halbseitigem Einbau von Deckschichten ist zu verhindern, dass der Rand der Längsfuge überfahren wird.
- Der Rand des ersten Einbaustreifens ist mit einem geeigneten Gerät zu schneiden und die Schnittfläche mit einem geeigneten Anstrich zu versehen. Zudem kann die Nahtzone mit geeigneten Heizgeräten vorgewärmt werden.
- Bei Deckschichten mit SMA, AC MR, S- oder H-Mischgut oder bei Einbauten im Gebirge oder bei kalter Witterung ist auf der Anschlussfläche der Arbeitsnähte ein Fugenband, Heissbitumen oder eine geeignete Masse aufzubringen.
- Bei Tragschichten aus AC EME ist ein bitumenhaltiges Fugenband zu verwenden.
- Bei Schichten aus offenporigem Asphalt sind, wenn möglich, die Längsnähte zu vermeiden. Die Anschlussflächen der Arbeitsnähte und die unvermeidbaren Längsnähte dürfen nicht mit einem Anstrich behandelt werden, da sonst der Durchfluss des Wassers nicht mehr möglich ist. Die Nahtzone darf nicht mit Heizgeräten vorgewärmt werden.

Ausführungsvorschriften für Reparaturen von bitumenhaltigen Oberbauten und Instandsetzung von Asphaltbetonbelägen über Gräben gemäss SN 640 731b [32]

Die Norm SN 640 731b [32] enthält die Ausführungsvorschriften für Anschlüsse (Kap. 13) bei Reparaturen von bitumenhaltigen Oberbauten sowie für die Instandsetzung von Asphaltbetonbelägen über Gräben (Kap. 21 und 22).

Anschlüsse (Kap. 13):

Anschlüsse (Stossverbindungen) an bestehende bituminöse Beläge sind zu reinigen und mit Heissbitumen resp. einer geeigneten Masse anzustreichen, oder es ist ein bituminöses Fugenband anzukleben.

Instandsetzung von Asphaltbetonbelägen über Gräben (Kap. 21 und 22):

Es empfiehlt sich, die Instandsetzung in 2 Phasen durchzuführen. Die einzelnen Schichten sind in den Fugen zu überlappen.

Phase 1:

- Nachschneiden des Belages 20 cm ausserhalb Grabenrand
- Erstellen der Reinplanie
- Vorbehandlung der Schnittflächen (Voranstrich)
- Einbauen der Tragschicht bis Fahrbahnoberfläche

Phase 2:

- Abfräsen der Tragschicht auf Stärke Deckschicht mit 10 bis 15 cm Überlappung
- Reinigung und Voranstrich Tragschicht mit Haftvermittler
- Vorbehandlung der Schnittflächen (Heissbitumen, Spezialmasse, Fugenband)
- Einbau Deckschicht.

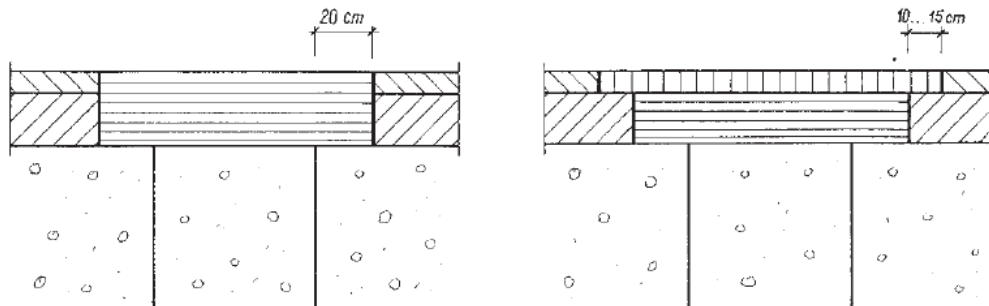


Abb. 4.18 Phase 1 (Abbildung aus der SN 640 731b [32])

Abb. 4.19 Phase 2 (Abbildung aus der SN 640 731b [32])

Erhaltung des Oberbaus; Reparatur, Instandsetzung und Erneuerung von Asphalt-schichten gemäss SN 640 731: 2013 [33]

Die Norm SN 640 731b [32] wurde revidiert und die revidierte Version SN 640 731 [33] trat im 2013 in Kraft. Die Ausführungsvorschriften für die Anschlüsse sowie für die Instandsetzung von Asphaltbetonbelägen über Gräben wurden siehe unten ersatzlos gestrichen. Somit sind Anschlussfugensysteme in der Norm SN 640 731 nicht mehr geregelt.

Ausbildung von Anschlüssen bei Aufgrabungen gemäss SN 640 535c [31]

Die Norm SN 640 535c [31] enthält die Ausführungsvorschriften bei Grabarbeiten. Sie definiert den Aushub (Geotechnik und Grundwasserverhältnisse), Normalprofil des Grabens, Verdämmungsabstand, Sohlenbreiten und Böschungsneigung, Aushubarbeiten, Materialdeponie, Einbau der Spriessung, Sicherheit und Schutz vorhandener Leitungen, Wassererhaltung sowie Auffüllung (Material für Grabauffüllung, Ausbau der Spriessung, Verdichtung Wiederherstellung der Fundationsschicht und Wiederherstellung von Tragschicht und Decke).

In Fahrbahnen sind Tragschicht und Decke gemäss SN 640 430b „Walzasphalt; Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten“ [30] nach der Grabauffüllung nicht nur auf Grabenbreite, sondern auch beidseitig auf einem zusätzlichen Streifen neu zu erstellen. Die Breite W (siehe Abb. 4.20) dieser Streifen muss mindestens gleich der Dicke der Fundationsschicht sein. Verbleibt ein Streifen bitumenhaltiger Schichten $W^* < 0.50$ m zum Strassenrand, muss dieser schmale Streifen ebenfalls erneuert werden.

Je nach Bedingungen kann, falls die Bedingungen betreffend Tragfähigkeit erfüllt sind, die Wiederherstellung der Tragschicht und Decke gemäss SN 640 731b „Erhaltung bitumenhaltiger Oberbauten“ [32] in einem Arbeitsgang gemäss Abb. 4.20 erfolgen oder

andernfalls in zwei Arbeitsgängen gemäss Abb. 4.21, welche im Regelfall ein Jahr auseinander liegen.

In der Norm SN 640 535c [31] gibt es keine Angaben zu den Fugenmaterialien, da dabei auf die SN 640 731b [32] verwiesen wurde. Die Norm SN 640 731b [32] wurde jedoch revidiert und trat im 2013 als SN 640 731: 2013 [33] in Kraft. Die revidierte SN 640 731 [33] enthält jedoch keine Angaben mehr über die Anschlussfugensysteme.

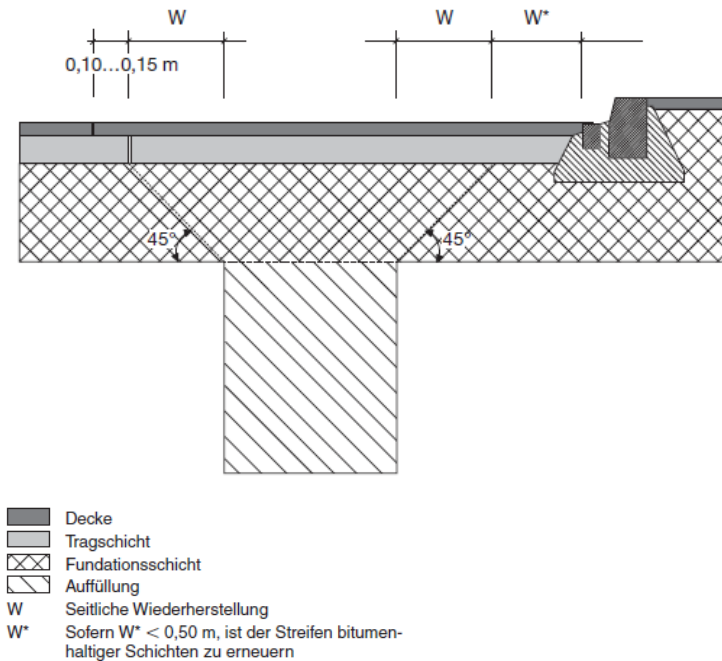


Abb. 4.20 Wiederherstellung von Tragschicht und Decke in einem Arbeitsgang (Abbildung 2 der Norm SN 640 535c [31]).

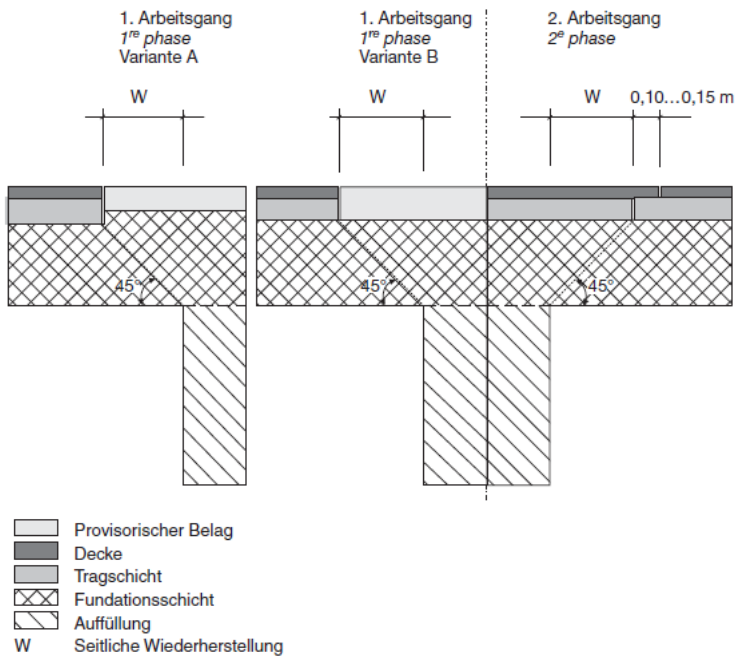


Abb. 4.21 Wiederherstellung von Tragschicht und Decke in zwei Arbeitsgängen (Abbildung 3 der SN 640 535c [31])

4.1.4 Tabellarischer Überblick über die Regelungen für Aufgrabungen, Fugen, Nähte, Anschlüsse und Randausbildungen in Deutschland, Österreich und der Schweiz

Abb. 4.22 Überblick über die Regelungen für Aufgrabungen, Fugen, Nähte, Anschlüsse und Randausbildungen in Deutschland

System Richtlinie/Norm	Bemerkung	Nähte „heiss an kalt“	Anschlüsse
Deutschland			
ZTV A-StB 12 (Aufgrabung) 2012 Asphaltleitfaden (Aufgrabungen) 2006	Richtlinien für Aufgrabungen allgemein. Geschnittene oder gefräste Fugenflanke: sauber und staubfrei. ZTV A-StB 12 entspricht weitgehend dem Asphaltleitfaden		Flankenvorbehandlung mit: - Bitumen 160/220 - Bitumenemulsion - Bit. Voranstrich - Haftkleber untersagt Fugenmaterial: - Heiss verarb. Fugenmasse - Fugenband
ZTV Asphalt-StB 07 2007 (abgeleitet aus) M SNAR (Schichtenverbund, Nähte, Anschlüsse u. Randausbildung) 1998 und Asphaltleitfaden (Schichtenverbund, Nähte, Anschlüsse u. Randausbildung) 2001	Merkblatt für Schichtenverbund, Nähte, Anschlüsse u. Randausbildung. Geschnittene oder gefräste Fugenflanke: sauber und staubfrei	Flankenvorbehandlung bei AC, SMA mit: - PmB 200g/m - Bitumenemulsion und kalte Plastmasse nicht empfohlen - Aufheizen der „kalten“ Naht nicht empfohlen - Haftkleber untersagt (lös.halt. Bitumenemulsion) Fugenmaterial: nicht erforderlich Flankenvorbehandlung mit bei MA: Fugenausbildung	Flankenvorbehandlung mit: - Bit. Voranstrich Fugenmaterial: - Heiss verarb. Fugenmasse - Fugenband
ZTV Fug-StB 01 (allgemeine Fugenausbildung) 2001	Norm für allgemeine Fugenherstellung und nicht explizit für Naht- oder Anschlussausbildung. Als Fugenmaterial: heiss- oder kaltverarbeitbare Fugenmasse, Fugenprofile und Fugenband		

Abb. 4.23 Überblick über die Regelungen für Aufgrabungen, Fugen, Nähte, Anschlüsse und Randausbildungen in Österreich

System Richtlinie/Norm	Bemerkung	Nähte „heiss an kalt“	Anschlüsse
Österreich			
RVS 13.01.43 [34] (Instandsetzung nach Grabungsarbeiten) 2009	RVS für fachgerechte Instandsetzung nach von Strassenkonstrukti- onen über Leitungsgrä- ben aller Art. Fugenmaterial gemäss Arbeitspapier Nr. 5 herzustellen. Entspricht weitgehend der ZTV A-StB 12, ist aber deutlich kürzer gefasst.	Geschnittene oder gefräste Fugenflanke mit Hochdruckstrahl reinigen. Fugenmaterial: - Anstrich, dh. hoch- viskose, thixotrope (dickflüssig, pastös) Bitumenmasse (mit wirksamer Bitumen- menge von 1.5 bis 2kg/m ²) - Nur Anspritzen von Bitumenemulsion ist nicht ausreichend	Geschnittene oder gefräste Fugenflanke mit Hochdruckstrahl reinigen. Fugenmaterial: - Anstrich (wie bei Naht) - Fugenverguss (Fu- genbreit 15 bis 20 mm) - Fugenband mit VA.

Abb. 4.24 Überblick über die Regelungen für Aufgrabungen, Fugen, Nähte, Anschlüsse und Randausbildungen in der Schweiz

System Richtlinie/Norm	Bemerkung	Nähte „heiss an kalt“	Anschlüsse
Schweiz			
SN 640 430b: 2008 [30] Walzasphalt; Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten	Nur ganz kurz in Ziffer 29 über die Materialien zur Ausbildung von Anschlüssen		An „kaltem“ Bit. Deckbelag: <i>Vorbehandlung:</i> - Gefräste Fugenflanke reinigen <i>Fugenmaterial:</i> - Heissbitumen - geeignete Masse - Fugenband An Betondecken, Schachtabdeckung: <i>Vorbehandlung:</i> - VA <i>Fugenmaterial:</i> - Fugenband - Fugenverguss
SN 640 731b: 2001 [32] Erhaltung bitumenhaltiger Oberbauten (abgelöst durch die Norm SN 640 731: 2013 [33])	Empfehlungen für die provisorische und definitive Reparatur örtlicher Schäden bituminöser Beläge sowie Instandsetzung von Asphaltbelägen über Gräben. Etwa gleich wie SN 640 430b, aber in 2 Phasen		Anschlüsse <i>Vorbehandlung:</i> - Fugenflanke reinigen <i>Fugenmaterial:</i> - Heissbitumen - geeignete Masse - Fugenband über Gräben <i>1. Phase</i> - Schnittfläche mit VA und Belagseinbau ohne Fugenmaterial <i>2. Phase (nach 1 Jahr)</i> - Deckschicht mit Überlappung 10-15 cm abfräsen <i>Fugenmaterial:</i> - Heissbitumen - geeignete Masse - Fugenband
SN 640 731: 2013 [33] Erhaltung bitumenhaltiger Oberbauten	In der neu revidierten Norm SN 640 731: 2013 wurden gegenüber der Vorgängernorm die Ausführungsvorschriften für die Anschlüsse sowie für die Instandsetzung von Asphaltbetonbelägen über Gräben ersatzlos gestrichen.		
SN 640 535c: 2005 [31] Grabarbeiten, Ausführungsvorschriften	Detaillierte Ausführungsvorschriften zu Grabarbeiten mit Angaben zur Wiederherstellung von Trag- und Deckschichten in einem Arbeitsgang (an einem Tag) oder in zwei Arbeitsgängen (2. Phase nach einem Jahr) wie bei SN 640 731b. Die Norm SN 640 535c enthält keine Angaben über die Verbundmaterialien, da auf die SN 640 731b verwiesen wurde. Die Norm SN 640 731b wurde jedoch revidiert, die neue Norm SN 640 731: 2013 enthält aber keine Angaben mehr zu Fugenanschlussystemen und die entsprechenden Verbundmaterialien.		

4.2 Erfahrungen zu Anschlussfugensystemen

Bereits 1991 wurde bei der Studie [9] an einer Versuchsstrecke (B241 im Oberharz) festgestellt, dass der Faktor "Bindemittelart bei der Nahtbehandlung" den grössten Einfluss auf das Tieftemperaturverhalten der Naht einer Asphaltdeckschicht hat.

In den USA ist die Verwendung von Haftklebern für die Längsnähte nicht obligatorisch. In einem Forschungsprojekt in den USA [10] wurden Einflüsse der Einbauverfahren und Anschlussmaterialien von Längsfugen während 6 Jahren auf einer Versuchsstrecke untersucht. Die Ergebnisse dieser Arbeit sowie die Praxis zeigten, dass Asphaltdecken mit Verwendung von Polymerbitumen oder Fugenbänder (T-Bond) als Naht dauerhafter und viel besser als Nahtkleber mit Bitumen oder Emulsion waren.

In den deutschen Regelwerken wird Bitumenemulsion als Nahtkleber ausdrücklich ausgeschlossen, da Bitumenemulsionen im Vergleich zu Fugenbändern oder Fugenverguss keine Bewegung aufnehmen können.

Gemäss [9] erfolgte auf der Interstate 70 eine umfassende Langzeitstudie über Fugenausbildung (Illinois DOT Study of Joint Construction Techniques 1997 – 2011). In diesem Forschungsprojekt wurden 10 verschiedene Bitumenprodukte bzw. Nahtausbildungen auf einer Länge von jeweils einer Meile über einen Zeitraum von 4 Jahren unter Verkehrsbelastung getestet. Im Ergebnis der Studie konnte festgestellt werden, dass nur jene Testmeile, in der ein Fugenband an der Mittelnahht eingebaut wurde, rissefrei war [9].

Die Anforderungen an Verbindungen im Bereich Naht und Anschlüsse sind hoch: Sie sollen wasserdicht sein, d. h. sich nicht öffnen unter Einwirkung von Verkehr und Klima. Um diesen Anspruch erfüllen zu können, braucht man eine hohe Qualität. Es gilt daher, mehr Bitumen an die Anbindungsflanke zu bringen. Das ist besonders wichtig bei Anschlüssen. Hier muss das Ziel sein, an dieser Stelle ein weiches Gelenk einzubauen, eine Höchstmenge von Bitumen zum Dichten, Bewegen und Haften zu platzieren. Belagsanschlüsse mit Bitumenfugenbändern gehören heute zum Stand der Technik und bei Leitungsgräben sogar zur Standardbauweise [7]. Die Anwendungsgrenzen der Fugenbänder, aber auch deren Vorteile gegenüber der Fugenausbildung mit Fugenverguss sind in [11] erläutert: Fugenbänder sind eine Fugenfüllung gemäss ZTV Fug-StB 01, jedoch im Vergleich mit den dort weiterhin geregelten Fugenfüllungen nur für die Aufnahme von geringen Bewegungen ausgelegt. Ihre Anwendung dient der Vermeidung "aufgehender Nähte". Fugenbänder bestehen aus modifiziertem Bitumen, welches ggf. mit Füllstoffen angereichert ist. Die geforderte Bewegungsaufnahme der Fugenbänder beträgt 10 %, bezogen auf die Breite des Fugenbandes. Die Ausgangsbreite des verwendeten Fugenbandes darf 10 mm nicht unterschreiten. Die Vorteile der Fugenbänder gegenüber der herkömmlichen Fugenausbildung kommen insbesondere bei der Ausbildung von Fugen an Einbauten zum Tragen. Zusätzlich zu einer Zeitersparnis wird hierbei ein Abstellen der Fugen mit einem Fugeneisen und damit die Gefahr der Beschädigung der eingebauten Asphalt-schichten beim Herausziehen der Fugeneisen vermieden. Weiterhin wird hierbei gegenüber der Methode Schneiden und Vergiessen anfallender Schneidschlamm vermieden. Fehlschnitte durch das Nichterkennen der Lage der Anschlussfuge durch übergewalztes Material sind ausgeschlossen. Für Einbauten und Durchdringungen oder kleine Baustellen wie Aufgrabungen im Strassenbau ist das Fugenband eine wirtschaftliche Lösung und kommt dort hauptsächlich zur Anwendung.

Nahtkleber heiss oder kalt?

In [14] werden der sinnvolle Einsatz, Grenzen sowie Vor- und Nachteile verschiedener Materialien der Anschluss-Systeme sehr gründlich diskutiert und daraus Empfehlungen abgegeben.

«Nahtkleber heiss oder kalt dienen, wie der Name schon sagt, der Verklebung von Nähten. Eine Bewegungsaufnahme, wie sie durch Fugenbänder oder ausgesparte und geschnittene Fugen möglich ist, wird durch Nahtverklebung nicht gewährleistet. Während der kalt verarbeitbare Nahtkleber als reine „Klebstofffunktion“ gesehen werden muss, ist bei dem System heiss verarbeitbarer Nahtkleber eine, wenn auch geringe, Bewegungs-

aufnahme möglich. Der kalt verarbeitbare Nahtkleber sollte daher nur bei gleichen Mischguttypen eingesetzt werden, während das heisse Material auch bei unterschiedlichen Mischguttypen zum Einsatz kommen kann. Das kalte Material ist thixotrop eingestellt und verläuft nach dem Ankleben an die Flanken nicht. Eine verhältnismässig genaue Dosierung der gewünschten Auftragsmenge ist möglich.

Das heissverarbeitbare Material wird in indirekt beheizten Vergusskesseln erhitzt. Das Material entspricht im Wesentlichen den TL Fug-Stb 01 [26]. Das Aufbringen auf die Flanke erfolgt wie Fugenverguss. Durch einen Schlauch und eine Vergusslanze wird über eine Pumpe das heisse Material an die Flanke angebracht. Das Material ist flüssig und läuft bis zum Erkalten an der Flanke herunter. Gefordert wird meist nach M SNAR [18] eine aufzutragende Menge von 200 Gramm pro Laufmeter bei einer Deckenstärke von 4 cm, d.h. es werden pro cm Schichtdecke 50 g Material verarbeitet. Manche Ausschreiber meinen, indem sie mehr Materialverbrauch fordern, etwas Besonderes zu tun und verlangen 400 Gramm pro Laufmeter. Selbst 200 g/m sind in der Regel nur schwer einzuhalten. Das heisse, flüssige Material läuft beim Verarbeiten an der Flanke herunter auf die Schutzschicht. Ein 1 bis 2 Millimeter breiter Materialfilm bleibt an der Flanke haften. Zur Einhaltung des vorgeschriebenen Verbrauchs von 200 g/m sind bei einer 4 Zentimeter hohen Schicht 2 mm Schichtdicke erforderlich. Die Verarbeitung und deren Resultate der Nahtverklebung zeigen die Grenzen der späteren Nutzung. Hier dürfte der Grund liegen, dass im M SNAR nur beim bahnenweisen Einbau von Asphaltmischgut mit vergleichbaren Eigenschaften Nähte vorgesehen sind, für Anschlüsse zwischen verschiedenen Mischgutarten jedoch Fugen.»

Bitumen-Nahtkleber oder Fugenbänder?

«Wenn man die Menge von offenen Fertignähten und Rissen in Asphaltdecken betrachtet, die Jahr für Jahr geschnitten oder gefräst und vergossen werden, stellt sich die Frage, ob bei der Anordnung von Nähten nicht am falschen Ende gespart wird. Sinnvoll wäre in allen Bereichen die Verarbeitung von Fugenbändern oder das Schneiden und Vergiessen von Fugen. Nur um ein paar Cent zu sparen, wir haben pro Meter Fahrbahn einen Meter Naht oder Fuge, geht man das Risiko ein, dass sich die hergestellten Nähte später öffnen und mit aufwendiger Verkehrssicherung und -behinderung als Risse saniert werden müssen. Dies kann als generelles Problem der Strassenunterhaltungs-Management-Systeme gesehen werden. Wir haben eine Kostenerfassung nach Bauweisen und Kilometern. Bei der Auftragsvergabe und der Wertung von Nebenangeboten bekommt oft nur der billigste Bieter, aber nicht der wirtschaftlichste, den Zuschlag. Die Vermeidung von Verkehrsbehinderungen und die Verringerung von Verletzten und Verkehrstoten fliesst in vielen Fällen nicht in die Betrachtung der Systeme ein. Spätestens unter diesem Aspekt würde man auf die Nahtausbildung verzichten und Bitumenbänder verlegen oder Fugen anordnen, um spätere Baustellen zu vermindern.

Anschmelzbare oder „selbstklebende“ Bitumenbänder werden in der ZTV Fug-Stb 01 [25] behandelt. Für diese Bänder wird eine zulässige Mindestbewegungsaufnahme von 10 % gefordert. Die Mindestbreite der Bänder ist mit 10 mm festgelegt. Dies bedeutet, dass mindestens 1 mm Bewegungsaufnahme ermöglicht wird. Die Fugenbänder werden vor dem Einbau der Deckschicht an die bereits vorhandene Naht der bestehenden Schicht appliziert. Ein Problem der Fugenbänder ist, dass diese durch den Einbau des heissen Mischgutes und das Anwalzen angeschmolzen werden. Das bedeutet, dass ein Teil des Materials nach dem Erhitzen verläuft, für eine gute Verklebung sorgt, aber keine Bewegungsaufnahme durch das Material ermöglicht. Beim Einbau des Asphalts und beim Anwalzen der neuen Schicht an die bestehende Schicht werden die Fugenbänder zusammengedrückt. Hierdurch nimmt man dem System weitere Möglichkeiten zur Aufnahme von Fugenbewegungen. Deshalb ist die Mindestanforderung der Bewegungsaufnahme auf nur 10 % festgelegt worden. Vergossene Fugen haben eine Mindestanforderung von 25 %.

Fugenbänder sind in der Herstellung etwas teurer als Nahtkleber, aber langfristig die bessere und kostengünstigere Methode. Ein Risikothema der Bitumenbänder ist die Verarbeitung und der Umgang auf der Baustelle mit applizierten Fugenbändern bis zum Einbau der Deckschicht. Für herkömmliche Fugenbänder, lange Zeit nach einem Hersteller

als „TOK-Band“ bekannt, ist eine gerade Kante nötig. Im M SNAR [18] wird das Schneiden von Kanten mit Fugenschneidern wegen der Verschmutzung durch Schneidschlamm nicht empfohlen. Das Merkblatt wurde 1998 herausgegeben, daher kann man davon ausgehen, dass diese Empfehlung durch die heute verwendeten Fugenschneider mit Absauganlagen nicht mehr zeitgemäss ist.

Die Kante der zuerst eingebauten Schicht sollte gerade abgekantet oder geschnitten werden. Die ZTV Fug-StB 01 [25] verlangt dies ausdrücklich. Nach dem Herstellen der geraden Kante werden die Fugenbänder angebracht. Dies erfolgt nach dem Säubern der Flanken und der Applikation des Voranstriches durch maschinelles Anbringen der mit offenen Flammen angeschmolzenen Fugenbänder. Ein Anbringen der Fugenbänder an gefräste Kanten „alt an neu“ zeigt sich als problematisch. Durch die unebenen Kanten und die herausgeschlagenen Steine beim Fräsen kann das Band nicht in der gewünschten Qualität verlegt werden. Ein weiteres Thema der Fugenbänder ist die nachlässige Behandlung zwischen der Applizierung der Bänder und dem Einbau der Deckschicht. Oft werden die gut verlegten Fugenbänder beim Einfahren der mit Mischgut beladenen LKWs in die Baustelle überfahren und kleben danach am Boden. Das Gleiche geschieht, wenn die LKW-Fahrer bei der Anlieferung zum Fertiger im Rückwärtsgang über längere Strecken über das angebrachte Fugenband fahren und es zerstören. Gegen solche Verarbeitungsfehler ist kein Material ausgelegt, hier ist Baustellenkoordination vor Ort gefragt.

Bei den „selbstklebenden“ Fugenbändern besteht in Bezug auf diese Risiken kein Unterschied. Der einzige Unterschied liegt in der Verarbeitung. Anstatt wie herkömmlich die Fugenbänder anzuschmelzen, wird hier das Band über einen Klebestreifen, der auf dem Band angebracht ist, an der Flanke verklebt. Alle anderen Eigenschaften der Bänder sind gleich.»

Vorteil von Bitumen-Fugenbändern im Extrusionsverfahren

«Eine sehr gute Alternative, eigentlich eine Verbesserung, ist das Anbringen von Fugenbändern über einen Extruder (TOKOMAT-System). Hier wird in Riegeln angeliefertes Material erwärmt, über den Extruder geformt und durch Düsen an die vorbereiteten Flanken angepresst. Der Vorteil neben der schnelleren Verarbeitung ist, dass mit diesem System das Material auch an gefrästen Flanken appliziert werden kann. Ein vorheriges Schneiden ist jedoch zu empfehlen, wenn beim Fräsen z.B. durch hohe Fräsgeschwindigkeiten Ausbrüche entstanden sind. Hier sollte der Einsatz von Schneidgeräten mit Absauganlage vorgeschrieben werden. Die Anforderungen an das Extrusionsverfahren sind in der ZTV Fug-StB 01 [25] geregelt, sie entsprechen denen für Fugenbänder.»

Wann sollten Fugenbänder vermieden werden?

Für Fugenbänder und für das Extrusionsverfahren sind 100 % trockene Flanken nötig. Hierdurch kann es vorkommen, dass bei feuchter Witterung, bei der Asphalteinbau noch möglich ist, nicht gearbeitet werden kann, da keine Fugenbänder verlegt werden können. Solche Ausfälle und Verlängerungen der Bauzeit sind bei den heutigen Anforderungen nicht möglich. In diesem Fall kann man an den entsprechenden Strecken, im Sinne einer schnelleren Bauausführung, die Fugenbänder weglassen und später in Tages- oder Nachtbaustellen in verkehrsarmen Zeiten die Fugen schneiden und vergiessen. Es ist sinnvoll für diese Arbeiten Firmen einzusetzen, die über beide Systeme verfügen. Bei der Ausschreibung sollte diese Situation als Eventualposition berücksichtigt werden.

Vorsichtsmassnahme bei Fugen

«Fugen, die geschnitten und vergossen werden, ermöglichen eine Mindestbewegungsaufnahme von 25 %. Dies ist ein wesentlicher Vorteil dieses Systems. Die Fugen werden mit Diamantwerkzeugen geschnitten. Ein Risiko ist, dass der Fugenschneider die Lage der zu schneidenden Fuge nicht genau erkennen kann, weil die Kante der vorhandenen Bahn nicht senkrecht und geradlinig ausgebildet wurde oder der Asphalt der neuen Bahn über die Kante gewalzt wurde. In solchen Fällen kann es passieren, dass der Schnitt einige Millimeter oder auch Zentimeter neben der eigentlichen Fuge hergestellt wird und

später ein Riss neben der falsch geschnittenen Fuge entsteht. Hier ist als Vorarbeit grösste Sorgfalt vom Asphalteinbauer gefordert. Ideal wäre es, wenn zwischen dem Einbau der Decke und dem Schneiden von Fugen einige Zeit gewartet werden könnte, bis der Riss zwischen den beiden Einbaubahnen erkennbar ist. Dann könnte man die Vorteile der höheren Bewegungsaufnahme durch Fugen nutzen und würde beim Schneiden exakt die Schnittstelle der zwei eingebauten Bahnen treffen, das heisst das Risiko von Fehlschnitten wäre ausgeschlossen. Dies ist auch aus abrechnungstechnischen Gründen jedoch meist nicht möglich, da die Fugen dann erst nach einigen Wochen oder Monaten geschnitten werden und die Baustellen nicht abgerechnet werden können. Zusätzlich treten Probleme mit der Gewährleistungszeit auf. Hier wäre ein generelles Umdenken erforderlich.»

Die Vor- und Nachteile der Systeme Fugenbänder und Fugenverguss sollten im Einzelfall für jedes Objekt abgewogen werden.

4.3 Studien an Anschlussfugensystemen

4.3.1 Vergleichende Untersuchungen des Verbundverhaltens verschiedener Materialien

Die Baudirektion des Kantons Zürich (Tiefbauamt/Strasseninspektorat UR III) hat das Verbundverhalten von vier Nahtsystemen auf einer 156 m langen Versuchsstrecke in Eilsau/Winterthur im 2010 untersucht. Untersucht wurde dabei das Verhalten der Längsfuge (Mittelnahrt) zwischen altem und neuem Belag (9.5 cm Tragschicht AC T 22 S). Es ist zu erwähnen, dass alle Nahtmaterialien von einem Hersteller stammten. Folgende Systeme mit entsprechenden Applikationsmethoden wurden nach dem Fräsen der Flanke des alten Belages angewendet:

1. *Heissverarbeitbare Fugenmasse Typ N2:*
Maschinell, Applizierung bei ca. 150°C mittels einer Lanze, Tiefe ab Belagsoberfläche ca. 9 cm, Verbrauch: ca. 51 g pro Laufmeter.
Bemerkung: Grössere Hohlräume wurden nicht mit der Fugenmasse verfüllt. Der Frässtaub wurde nicht ausreichend durch die Fugenmasse gebunden.
2. *Kaltspachtelmasse (lösemittelhaltig):*
Maschinell mit Führungsrade, Applizierung mittels einer Düse, Tiefe ab Belagsoberfläche ca. 6 cm, Verbrauch: ca. 65 g pro Laufmeter.
Bemerkung: Masse war formbeständig, grössere Hohlräume wurden mit der Kaltmasse vollständig aufgefüllt. Der Frässtaub wurde durch die Kaltmasse ausreichend gebunden.
An einem Teil der Strecke wurde die Kaltmasse von Hand appliziert.
Bemerkung: Materialdosierung ungenügend, ungleichmässiges Auftragen.
3. *Heissextrudiertes Fugenband:*
Maschinell mit Führungsrade, Applizierung mittels einer Düse, Tiefe ab Belagsoberfläche ca. 6 cm, Überstand ca. 1 cm, Verbrauch: keine Angaben.
Bemerkung: Die extrudierte Masse blieb bei 90°C formbeständig an der Flanke, grössere Hohlräume wurden mit der heiss extrudierten Masse vollständig aufgefüllt. Der Frässtaub wurde durch die Masse nicht ausreichend gebunden.
4. *Ohne Nahtmaterial:*
Unmittelbar vor dem Belagseinbau wurde die Flanke des kalten Belages mittels Gasbrenner vorgewärmt. Das Aufwärmen der Belagsnaht fand statt, bis die Walzübergänge beendet waren.
Bemerkung: Eine tiefgreifende Erwärmung der (kalten) Belagsflanke war nur unzureichend möglich, da sonst eine Versprödung des Bindemittels an der Belagsflanke stattfand.

Nach einem Winter wurde der Zustand der Naht visuell vor Ort beurteilt und die Eignung der Nahtsysteme an Bohrkernen untersucht. Das Bewertungskriterium lag dabei auf einer geschlossenen und kraftschlüssigen Verbindung der Naht. Pro Systemtyp wurden zwei

Bohrkerne (ein an einer oberflächlich „schlechten“ und ein an einer oberflächlich „guten“ Stelle) entnommen. Gemäss der Schlussbeurteilung der Studie waren die Systeme mit „Kaltspachtelmasse, maschinell eingebaut“ und „heissverarbeitbarer Fugenmasse“ am geeignetsten. In folgenden ist die Zusammenfassung der Beurteilungsergebnisse der einzelnen Nahtsysteme aufgeführt:

- *Nahtsystem mit heiss verarbeitbarer Fugenmasse:*
Ausreichende Nahtverklebung an beiden Bohrkerne. Kurze Abschnitte wiesen ansatzweise einen Riss auf. Wenige Ausbruchstellen.
- *Kaltspachtelmasse, maschinell eingebaut:*
Ausreichende Nahtverklebung an beiden Bohrkerne. Lokal sind an der Oberfläche Risse entlang der Naht zu erkennen. Teilweise war die Masse an die Oberfläche aufgestossen. Nur lokale Ausbruchstelle.
- *Kaltspachtelmasse, Handeinbau:*
Keiner der beiden Bohrkerne wies eine Nahtverklebung auf. Regelmässige Belagsausbrüche.
- *Heissextrudiertes Fugenband:*
Keiner der beiden Bohrkerne wies eine Nahtverklebung auf. Reste des Fugenbandes blieben an den Anschlussflächen sichtbar. Regelmässige Belagsausbrüche. Durchgehende Risse an der Belagsoberfläche entlang der Naht sichtbar.
- *Ohne Nahtmaterial:*
Keiner der beiden Bohrkerne wies eine Nahtverklebung auf. Teilweise waren Risse an der Oberfläche entlang der Naht sichtbar.

4.3.2 Langzeitverhalten von Nahtsystemen mit heiss extrudiertem Fugenband auf einer Versuchsstrecke in Deutschland [16]:

Im Rahmen einer Sanierung der Deckschicht der Bundesautobahn A81 in Höhe der Anschlussstelle Oberndorf im Jahr 1994 wurde die Dauerhaftigkeit des Nahtsystems mit vor Ort extrudiertem Bitumenfugenband untersucht. Als neuer Deckbelag wurde ein Asphaltbeton AC11 eingebaut. Für die Herstellung von Verbindungsstellen wurden folgende Arbeiten gemäss [18] ausgeführt:

- Schneiden der Fugenflanke des „kalten“ Belages und maschinelle Reinigung der Fugenflanke mit rotierenden Stahlbürsten
- Aufbringen des Voranstriches
- Maschinelles Einbringen des vor Ort extrudierten Bitumenfugenbandes
- Einbau der anschliessenden Deckschichtbahn mit einem Fertiger.

Nach einer Liegezeit von vier Jahren wurden Bohrkerne (Durchmesser ca. 125 mm) im Nahtbereich entnommen und im Labor die Wasserdichtigkeit gemäss DIN 52123 (50 mm Wasserhöhe, 24 Stunden, bei Raumtemperatur) sowie das Dehn- und Haftvermögen mittels Rabe-Versuch gemäss SN 671 920 (bei -10°C, Dehnen der Fuge in Stufen von 0.1 mm in weniger als 0.5 s mit jeweils 6min Unterbrechung) untersucht. Die Untersuchungsergebnisse sind in Abb. 4.25 (Ausschnitt aus Tabelle 1 der [16]) zusammengefasst.

		Probe T1	Probe T2	Probe T3	E-ZTVFug Teil 4
1. Bohrkernabmessungen					
1.1 Durchmesser	mm	154	154	154	-
1.2. Belagsdicke	mm	29	29	28	-
1.3. Fugenbreite	mm	ca. 5	ca. 5	> 3	-
1.4. Fülltiefe	mm	29	29	28	-
2. Raumdichte Deckbelag mit Fuge	g/cm ³	2,355	2,350	2,346	-
3. Wasserdurchlässigkeit - DIN 52123 - 24 Stunde/50 mm/RT im Anlieferzustand		dicht > 24 Std.	dicht > 24 Std.	dicht > 24 Std.	-
4. Dehn- u. Haftvermögen bei - 10° C					
4.1 Dehnung	mm %	1,3 > 25	1,5 > 30	Prüfling zurückgestellt	≥ 1,0 ¹⁾ ≥ 10 ¹⁾
4.2 Maximalspannung	N/mm ²	0,35	0,55		≤ 1,0 ¹⁾

Abb. 4.25 Zusammenfassung der Untersuchungsergebnisse (Tabelle 1 aus [16]).

Gemäss [16] konnte die Nahtbreite nicht durchgehend gemessen werden, da die Masse des Fugenbandes in die gefrästen Nahtflanken eingebunden war. Die Werte der Dehnung (>25%) lagen jedoch weit oberhalb der Anforderung von $\geq 10\%$ gemäss ZTV Fug-StB 01 [25] für anschmelzbare Bitumenfugenbänder in Anschlüssen.

Die Ergebnisse der Studie bestätigten, dass das Nahtsystem mit heiss extrudiertem Fugenband die Anforderungen der ZTV Fug-StB 01 [25] erfüllt und dauerhaft ist, wenn es ordnungsgemäss (gereinigte und trockene Fugenflanke, Aufbringung des Voranstriches) verarbeitet wird.

4.3.3 Einfluss der Belagsdicke und Verdichtung im Bereich der Naht

Eine Langzeituntersuchung über einen Zeitraum von 10 Jahren in den USA [1] zeigte, dass die Dauerhaftigkeit der Deckbeläge im Bereich der Längsfugen nicht nur von den Nahtmaterialien, sondern

- auch von der Dichte des Belages stark abhängt. Je höher die Belagsdicke im Bereich der Längsfugen erreichte wurde, desto besser ist die Dauerhaftigkeit. Aus diesem Grund empfiehlt [1], dass die Belagsdicke im Bereich der Längsfugen nicht 2 % (absolut) tiefer als diejenige der Fertigerbahn sein darf,
- auch von der Dichte bzw. von der Verdichtung des Belages im Bereich Naht/Anschluss stark abhängig ist. Je kleiner der Hohlraumgehalt des Belages im Bereich Naht/Anschluss erreicht wurde, desto besser war die Dauerhaftigkeit. Um dies zu erreichen, wird der Hohlraumgehalt des normalen Asphaltbetons im Bereich Naht/Anschluss auf $\leq 7.5\%$ limitiert. Je nach Staat wird der Hohlraumgehalt bis 10% zugelassen.

4.3.4 Verbundverhalten von Anschlussfugensystemen mit Fugenband mit/ohne Primer

Der Kampf um Aufträge in der Baubranche bleibt extrem hart. Aufgrund des Preisdruckes wird versucht, Kosten zu reduzieren und Arbeitsschritte einzusparen. Dabei unterliegt mancher Verarbeiter, aber auch mancher Hersteller Fehleinschätzungen. Am Ende stehen Verarbeitungsfehler und damit Folgeschäden für alle Beteiligten. Eine falsche Annahme ist bei der Applikation von Fugenbändern beispielsweise ein Verzicht:

- auf den Voranstrich
- auf die saubere Fugenflanke
- auf das Anschmelzen des anschmelzbaren Fugenbandes.

Ein Einfluss auf den Nahtverbund aufgrund dieses Verzichtes wurde im Rahmen einer Diplomarbeit [4] an folgenden Systemkombinationen im Labor untersucht:

- Einbau von Fugenbändern (selbstklebend und anschmelzbar) gemäss Herstellerangaben bzw. ZTV Fug-StB 01
- Einbau von Fugenbändern (selbstklebend und anschmelzbar) gemäss Herstellerangaben bzw. ZTV Fug-StB 01 (z.B. feuchte oder staubige Flanke; ohne Voranstrich; ohne Anschmelzen bei anschmelzbarem Fugenband)

Zur Bestimmung des Verbundes wurden Versuche entsprechend den Vorgaben der damaligen Schweizer Norm SN 671 920 (Rabe-Versuch) bei -10°C durchgeführt. In Tabelle Abb. 4.26 sind die Ergebnisse der Studie zusammengefasst. Damit das Nahtsystem die Anforderung der ZTV Fug-StB 01 erfüllt, muss der Dehnweg bis zur Flankenablösung oder bis zum Bruch $\geq 1.5\text{mm}$ sein. Dieser Wert entspricht 10% der Fugenbandbreite vor dem Zusammendrücken der Betonprismen.

Abb. 4.26 Zusammenfassung der Ergebnisse der Rabeversuche gemäss Studie in [4]

Ausführungsbedingungen	Dehnweg	Beurteilung
<i>Laborversuche mit selbstklebendem Fugenband</i>		
saubere Fugenflanke; mit Voranstrich	1.6 ... 1.8 mm	Anforderung erfüllt
saubere Fugenflanke; ohne Voranstrich	0.6 ... 0.9 mm	Anforderung nicht erfüllt
verschmutzte Fugenflanke; mit Voranstrich	0.4 ... 1.4 mm	Anforderung nicht erfüllt
verschmutzte Fugenflanke; ohne Voranstrich	0.5 ... 0.8 mm	Anforderung nicht erfüllt
<i>Laborversuche mit anschmelzbarem Fugenband</i>		
saubere Fugenflanke; mit Voranstrich, mit Anschmelzen	1.6 ... 1.8 mm	Anforderung erfüllt
saubere Fugenflanke; ohne Voranstrich, mit Anschmelzen	1.1 ... 1.2 mm	Anforderung nicht erfüllt
saubere Fugenflanke; mit Voranstrich, ohne Anschmelzen	0.4 ... 0.9mm	Anforderung nicht erfüllt
saubere Fugenflanke; ohne Voranstrich, ohne Anschmelzen	0.5 ... 0.8 mm	Anforderung nicht erfüllt

Die Ergebnisse der Studie lassen folgende Folgerungen gemäss [4] zu:

- Mit einem Bitumenfugenband, das die Anforderungen der ZTV Fug-StB 01 erfüllt, sind bei ordnungsgemässer Verarbeitung einwandfreie Ergebnisse zu erzielen. Zu dieser ordnungsgemässen Verarbeitung gehört, entgegen anderen Annahmen, auf jeden Fall der Voranstrich. Das gilt sowohl für die anschmelzbaren Fugenbänder als auch für die selbstklebenden Fugenbänder.
- Anschmelzbare Bitumenfugenbänder müssen auf jeden Fall angeschmolzen werden.

4.3.5 Temperatur des Fugenbands auf der „kalten Seite“ beim Belagseinbau

In der Studie [4] wurde untersucht, ob anschmelzbare Bitumenfugenbänder auf der „kalten Seite“ angeschmolzen werden müssen, oder ob diese Verbindung beim Einbau des heissen Mischgutes hergestellt wird. Dabei wurden die Temperaturen zwischen Fugenband und dem heissen Mischgut während des Deckschicht-Einbaus mit Splittmastixasphalt auf verschiedenen Baustellen unter unterschiedlichen Bedingungen gemessen. Die Breite des Fugenbandes betrug 8 mm. Die Temperaturen wurden mit Thermoelementen über einen Zeitraum von 20 min mit Intervallen von 15 s gemessen.

13 von 14 Messergebnissen der maximalen Temperaturmessungen an drei Baustellen variierten je nach Objektgegebenheiten zwischen 18°C und 27°C (Lufttemperatur) und zwischen 53.8°C und 81.6°C (Mischguttemperatur). Nur an einer Stelle mit einer Lufttemperatur von 28°C wurde eine maximale Mischguttemperatur von 96.4°C gemessen.

Die Fugenbänder haben einen Erweichungspunkt Ring und Kugel oberhalb von 120°C (z.T. > 150°C) und die Ergebnisse der Mischgut-Temperaturmessungen waren eindeutig tief. Die Wärmeenergie des Mischgutes reicht selbst bei einem nur 8 mm breiten Fugenband und bei sommerlichen Umgebungstemperaturen nicht aus, um das Fugenband komplett durchzuschmelzen und damit auch an der „kalten“ Seite eine dauerhafte Verbindung herzustellen. Deswegen müssen anschmelzbare Fugenbänder auf jeden Fall angeschmolzen werden.

4.4 Schäden, Ursachen und Empfehlungen

4.4.1 Schadensbilder und deren Ursachen

In [13] werden Schäden, Ursachengründe, entsprechende Massnahmen sowie Tipps zur Vermeidung stichwörterartig dargestellt, z.B.:

Längsnaht; heiss an heiss, offen



Abb. 4.27 Offene Längsnaht (heiss an heiss) und Walzenregime (Bilder aus [13]).

Mögliche Ursachen:

- Zu grosser Abstand der gestaffelt angeordneten Fertiger beim Belagseinbau
- Entmischungen
- Kein geordneter oder falscher Walzeinsatz

Massnahmen:

- Instandhaltung im Nahtbereich durch: Anspritzen und Abstreuen oder Aufbringen von Schlämmen oder Porenfüllmassen

Tipps zur Vermeidung:

- Fertiger- und Walzenregime festlegen
- Geringstmöglicher Abstand der gestaffelt einbauenden Fertiger

Längsnaht; heiss an kalt, offen, kein Verbund

Mögliche Ursachen:

- Kein Nahtverbund durch unzureichende und/oder fehlerhafte Vorbereitung der Kontaktfläche
- Mangelhafte Verdichtung der Nahtränder
- Kein geordneter oder falscher Walzeneinsatz

Massnahmen:

- Naht mit Abdeckband provisorisch abdecken und danach Fuge schneiden und mit Fugenmasse vergiessen
- Bei mangelhafter Verdichtung: streifenweiser Ersatz der Deckschicht im geschädigten Nahtbereich

Tipps zur Vermeidung:

- Walzenregime festlegen
- Kontaktfläche der ersten Bahn mit der Andruckrolle abschrägen (70-80°). Schneiden der ersten Bahn kann wegen Schneidschlamm nicht empfohlen werden
- Die Verarbeitungshinweise der Hersteller von Anstreichmittel beachten
- Nahtflanke indirekt vorwärmen (keine offene Flamme)
- Naht als Fuge ausbilden

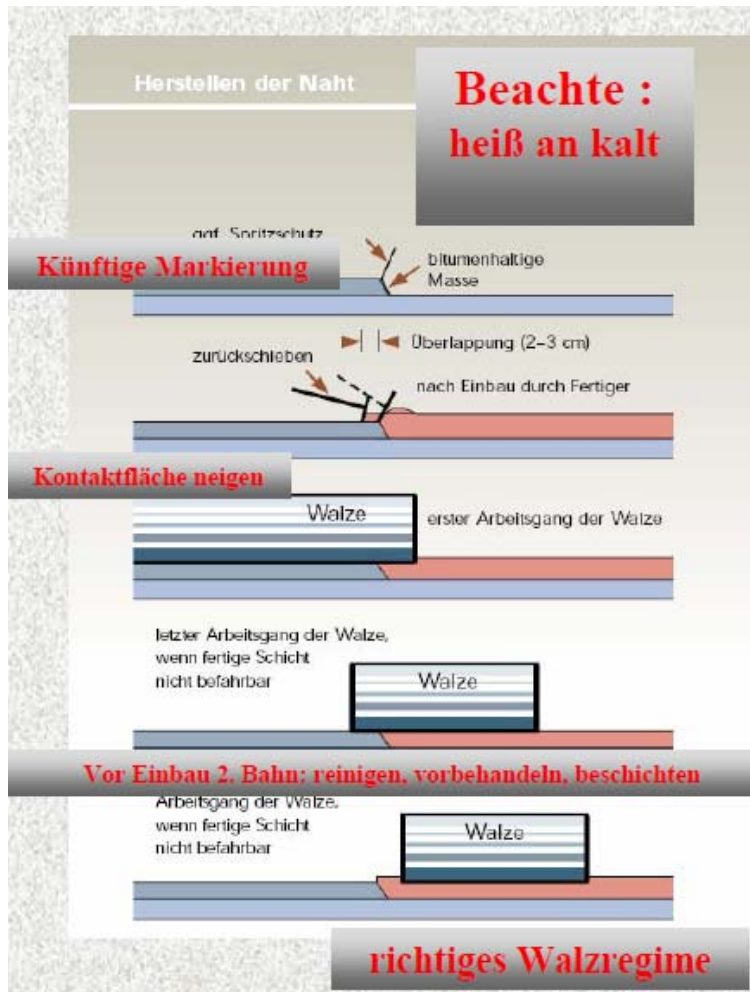


Abb. 4.28 Herstellen der Naht heiss an kalt gemäss Empfehlung in [13] (Bild aus [13])

Fugen; Quernähte, keine Längsebenheit



Abb. 4.29 Nicht vorhandene Längsebenheit an der Quernaht (Bild aus [13])

Mögliche Ursachen:

- Zu geringer Rückschnitt
- Zu früher Rückschnitt

Massnahmen:

- Höhengleichheit herstellen
- Ersatz des Übergangsbereiches

Tipps zur Vermeidung:

- Prüfung mit der 4m Latte
- Nahtflanke weit genug zurücklegen
- Rückschnitt erst unmittelbar vor dem Einbau

Risse an Aufgrabungen



Abb. 4.30 Risse an Aufgrabungen (Bild aus [13])

Mögliche Ursachen:

- Arbeitsnaht in unteren Schichten
- Die einzelnen Schichten wurden abgetrept
- Es wurde bis zur Oberkante der Fahrbahn zunächst mit Tragschichtmischgut verfüllt und anschliessend gefräst. Die mit Asphaltdeckschichtmischgut zu schneidende Fläche ist damit grösser als die ursprüngliche Aufgrabung

Massnahmen:

- Ausbau der gesamten Asphaltplombe, zurückschneiden und wieder verschliessen

Tipps zur Vermeidung:

- Vor dem Einbau der Asphalt-schichten zurückschneiden und die Tragfähigkeit prüfen
- ohne Abtreppung einbauen

Aufgrabung; Absenkung an Schnittstellen



Abb. 4.31 Nachsacken der Asphaltplombe einschliesslich der Nebenbereiche (Bild aus [13])

Mögliche Ursachen:

- Fehlender Rückschnitt
- Mangelhafte Verdichtung der ungebundenen Schichten

Massnahmen:

- Provisorischer Ausgleich der Setzung mit geeignetem Material
- Ausreichend grosser Rückschnitt mit Entfernen des Asphaltpaketes und Verdichtung der ungebundenen Schichten sowie Neueinbau der Asphalt-schichten

Tipps zur Vermeidung:

- Unterbau ausreichend verdichten
- Vorgeschriebenen Rückschnitt ausführen

Risse aus fehlerhaften Neben-Bauteilen



Abb. 4.32 Belagsrisse an angrenzenden Bauteilen (Bild aus [13])

Mögliche Ursachen:

- Fehlerhafte Einbettung des Bordes in das Betonwiderlager
- Gewaltsame Verschiebung beim Asphalteinbau
- Betonqualität z.B. Verwendung bereits abgebundenen Betons
- Mangelhafter Unterbau
- Fehlende Dehnungsfuge

Massnahmen:

- Kompletter Ersatz der Betonbettung und der Rückenstütze
- Anschluss als Fuge zwischen Fahrbahn und Rinne herstellen
- Verbesserung des Längs- und Quergefalles (z.B. Pendelrinne)
- Fugen innerhalb der Rinne erneuern (richtiges Fugenmaterial)
- Anordnung von Dehnungsfugen (siehe Skizze)



Abb. 4.33 Anordnung von Dehnungsfugen (Bild aus [13])

Tipps zur Vermeidung:

- Prüfung der Tragfähigkeit des Unterbaues
- Geforderte Dicke der Rückstütze beachten
- Keinen abgebundenen Beton verwenden
- Aushärtungszeit des Betons berücksichtigen
- Sorgfältiger Einbau und Verdichtung am Bord
- Ausreichende Anzahl von Dehnungsfugen (mindestens alle 8m)

Risse und Absenkung um Einbauten



Abb. 4.34 Rissbildung und Absenkung um Einbauten (Bild aus [13])

Mögliche Ursachen:

- Mangelnde Tragfähigkeit des Unterbaues
- Unsachgemässer Asphalteinbau
- Fehlerhafte und/oder fehlende Fugenausbildung
- Mangelhafte Verdichtung im Randzonenbereich

Massnahmen:

- Ersatz der Fahrbahn um den Einbauteil (z.B. ungebundene Tragschicht, Asphalt, Pflaster)
- Fuge herstellen
- Rissesanierung
- Erneuerung der Einbauten

Tipps zur Vermeidung:

- Immer Fugen um Einbauteile ausbilden
- Prüfung/Sicherstellen der Tragfähigkeit des Unterbaues
- Richtige Materialauswahl für die Verfüllung
- Sorgfältiger Asphalteinbau im Bereich der Einbauteile

Fahrspurmarkierung und Nahttrisse



Abb. 4.35 Einplanen der Fahrbahnränder (Bild aus [13])

Nahte nicht übereinander

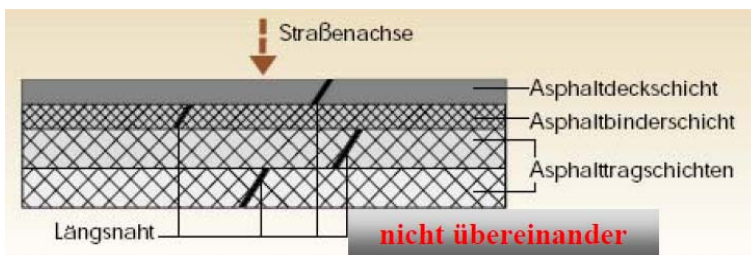


Abb. 4.36 Anordnen der Längsnahtstellen der Asphaltsschichten (Bild aus [13])

4.4.2 Empfehlungen beim Anschlussfugensystem mit anzuflämmenden Fugenbändern

[7] enthält wichtige Empfehlungen zur Verarbeitung von Fugenbändern, welche durch Erwärmung mit einer Gasflamme an der kalten Flanke vorgeklebt werden.

Verarbeitungsgrundsätze

«Um die Anforderungen an eine Fuge erfüllen zu können, ist neben der Baustoffqualität eine fachgerechte Verarbeitung wichtig. Das sogenannte weiche Gelenk in der Fugenkammer ist nur dann wirksam, wenn es beidseitig mit den angrenzenden Asphaltdeckschichten fest verbunden ist. Hier liegt der Kernpunkt der Verarbeitung.»

Auf der "heissen" Seite erfolgt die Verbindung durch die üblichen Einbautemperaturen des Mischgutes. Auf der "kalten" Seite muss dieser fehlende Einfluss künstlich erzeugt werden, und zwar mit Propangas. Dadurch wird an der Aussenseite des Fugenbandes ein etwas flüssiger Bitumenfilm erzeugt, der die erforderliche Verklebung mit dem bitumenhaltigen Haftgrund auf der Flanke herbeiführt, und zwar in Verbindung mit dem Anpressen des Bandes. Der Einsatz der Gasflamme ist zwingend und sollte hier so selbstverständlich sein wie im übertragenen Sinne die Walze beim Verdichten von Mischgut. Es ist nämlich nicht zu erwarten, dass die Mischguthitze allein eine ausreichende Verklebung auch an der kalten Seite bewirkt. Ein Verzicht auf die Gasflamme gefährdet das Funktionssystem von Fugenbändern und markiert damit einen Schwachpunkt. Dehnungen der Fugenmasse, um thermisch induzierte Zugspannungen abzubauen, sind dann nicht mehr möglich, wenn die Verbindung an der kalten Seite abgerissen ist. Das kalte punktweise Anklopfen des Fugenbandes mit Fäustel oder Beil führt höchstens zu einer Montagehaftung, aber nicht zum geforderten Ergebnis. Die Gefahr späterer Nahtöffnungen ist hier besonders gross. Eine Fuge soll das gleiche Höhenmass haben wie die Deckschicht. Damit regelt sich entsprechend die Bandhöhe. Trotzdem bevorzugt man aufgrund langjähriger praktischer Erfahrungen einen zusätzlichen Bandüberstand von mindestens 5 mm.

Durch das Walzen entsteht dann ein sogenannter Nietkopf. Sein Vorteil besteht darin, eventuelle Kornausbrüche im oberen Randbereich der vorhandenen Deckschicht verfüllen zu können, die beim Herstellen der Flanke durch Schneiden oder Fräsen entstanden sind. Dies zeigt sich besonders bei älteren Deckschichten.

Die Flanke als Kontaktfläche muss ebenso wie bei der Nahtherstellung auch bei dieser Bauweise eine wichtige Voraussetzung erfüllen: Sie muss sauber, trocken und mit einem Bindemittelfilm versehen sein. Die dazu notwendige Bauleistung ist eine grundsätzliche Auflage und darf den Fugenbändern nicht als zusätzlicher Aufwand angelastet werden, wie man häufig hören kann.

Bis auf wenige Ausnahmen ist praktisch immer ein Bitumenanstrich erforderlich. Im Hinblick auf optimale Verklebung muss dieser auf das verwendete Bitumenfugenband abgestimmt sein.»

Verarbeitung bei kleinflächigen Massnahmen

«Die häufigste Anwendung von Bitumen-Fugenbändern liegt im Leitungsgrabenbau. Hier handelt es sich meistens um kleinflächige Baustellen, bei denen eine maschinelle Verlegung des Bandes nur in wenigen Fällen lohnt. Somit ist der Handeinbau üblich.»

Im Bereich von Fahrbahnbefestigungen besteht die Unterlage der Deckschicht normalerweise aus einer Asphalttragschicht, von Hand eingebaut. Das führt häufig zu Unebenheiten, die im erlaubten Rahmen bis 10 mm betragen können. Somit variiert auch die Höhe der Flanke und gleichermassen auch der schon erwähnte Überstand des Fugenbandes. Ein zu grosser Bandüberstand schadet nicht, stört aber möglicherweise beim Einbau des Asphaltbetons, wenn zu seiner Höhenregulierung seitlich ausgelegte Flacheisen verwendet werden. Mit einem erwärmten Spachtel lässt sich aber der unpassende Materialanteil abschälen. Ist die Bandhöhe geringer als die Flankenhöhe, kommt es bei der üblichen

Applikation über das Aufrichten des Bandes zu einem Fehlbedarf im obersten Teil der Flanke. Damit wird man aber im Grundsatz der Aufgabenstellung nicht gerecht. Für solche Fälle halten erfahrene Firmen immer zwei brauchbare Bandabmessungen auf der Baustelle vor. Man kann sich natürlich damit behelfen, das zu niedrige Band unter Berücksichtigung des Überstandes "von oben nach unten" zu platzieren, was etwas handwerklichen Mehraufwand erfordert. Dieser Ausweg sollte eine Ausnahme bleiben und auf keinen Fall ein Vorwand sein, um Material beim Fugenband zu sparen. Im Prinzip sollte immer die Forderung erfüllt werden, die Flanke vollflächig mit Fugenbandmasse abzudecken.

Bei Gussasphalt im Handeinbau fehlt natürlich der Walzvorgang, um den Nietkopf zu formen. Deswegen wird der Überstand des Fugenbandes vor dem Einbau der Deckschicht erwärmt und mit einem Spachtel umgebördelt. Es ist vorteilhaft, Anschlüsse an Kanaldeckel, Schieberkappen, Rinnen und Bordsteine ebenfalls mit einem Bitumenfugenband zu versehen. Hier entfällt aber der Bandüberstand.

Die in den neuen Regelwerken verankerte Qualitätsverbesserung in der Anschlussnaht befreit nicht davon, andere technologische Bereiche im Leitungsgaben ebenso sorgfältig zu behandeln. Hier sei vorrangig die Abtreppung erwähnt, die in voller Dicke des Asphaltes durchgeführt werden muss (siehe Abb. 4.37, Belag an der linken Seite). Dieser Vorgang ist aber nur sinnvoll, wenn der Graben schon in der Leitungs- und Verfüllzone geschlossen worden ist. Hier besteht in der Praxis noch ein grosser Nachholbedarf. Als eine Art Kompromiss dafür wird häufig nur die alte Deckschicht zurückgeschnitten, was nicht richtig ist. Damit erhöht sich die Gefahr eines Reflexionsrisses in der neuen Deckschicht vor allem dann, wenn diese zu dünn ausgefallen ist. Ein so knappes Materialangebot oberhalb der Grabenwandlinie reicht meist nicht aus, um Scherkräfte als Resultat von Setzungen und Kornumlagerungen schadlos aufnehmen zu können (siehe Abb. 4.38). Eine Rissursache entsteht auch dann, wenn das Material der alten Deckschicht im Bereich des Rückschnitts nur unvollständig entfernt wurde. Die fehlende Einbauhöhe bildet dann eine Schwachstelle, die unter vorgenannten Kriterien ebenfalls zu dieser Rissbildung führen kann.»

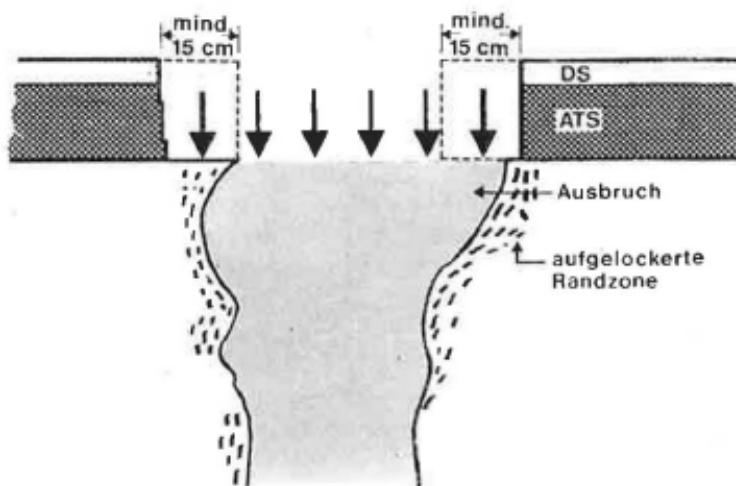


Abb. 4.37 Zurückschneiden der Belagsschichten. Die Asphaltsschichten sind nach dem Einbau der ungebundenen Tragschichten um ein bestimmtes Mass zurückzuschneiden. Nur dann kann im Bereich der aufgelockerten Randzonen nachgefüllt und effektiv verdichtet werden [7].



Abb. 4.38 Wird nur die Deckschicht abgetrepppt, besteht die Gefahr eines Reflexionsrisses in der Verlängerung der Grabenwand [7].

Verarbeitung bei grossflächigen Massnahmen

«Leider gab es vom Ergebnis her auch Einwände, die ihre Ursache allerdings vorwiegend in der Bauausführung hatten. Eine maschinelle Verarbeitung war damals selten, so dass das manuelle Verlegen mit Schaufel oder Stab im Vordergrund stand. Diese Ausführungsart neigte bei den grossen Baulosen zu unzureichenden Leistungen. So konnte passieren, dass Nachlässigkeiten beim Voranstrich, beim Einsatz der Gasflamme und beim Ankleben des Bandes auftraten.

Aber auch ein harter Wettbewerb leitete manchmal leichtfertige Konsequenzen ein. So begründete sich eingesparter Voranstrich darin, dass ein angeschmolzenes Fugenband den Haftgrund für eine bindemittelarme Flanke ersetzen kann. Oder der Verzicht auf die Propangasflamme sollte durch die Intensität des heissen Mischgutes der Deckschicht ausgeglichen werden. Diese ungenügende Applikation ergab oft nur eine Montagehaftung. Wenn sich dadurch das Fugenband durch Kontakt mit dem Seitenbegrenzungsblech des Einbaufertigers von der Flanke löste, wurde dieser Mangel oftmals noch als Nachteil der Bauweise beklagt. Auch ein zu niedrig gewähltes Bandprofil bringt keine Ersparnis, wenn sich durch fehlendes Material im oberen Bereich der Flanke ein Kerbspalt einstellt und zu aufwendigen Folgeschäden führen kann. Alles dies sind Zeichen von oft unzureichenden Kenntnissen. Aber auch ein Zeichen, dass die Information durch die Lieferanten der Bitumenfugenbänder zu wünschen übrig liess. Erfahrungsgemäss ist die manuelle Verlegung von Fugenbändern langsamer als die Einbaugeschwindigkeit eines Fertigers. Dadurch ist eine entsprechende Vorgabe erforderlich. In diesem Bereich überfahren aber die Mischgutfahrzeuge entsprechend dem Bauvortrieb verschiedentlich das schon verklebte Fugenband und verformen es dabei mehr oder weniger stark. Dieses Ergebnis ist unbefriedigend. Abhilfe erreicht man, indem die Kanten im Bereich der Überfahrten durch Bohlen geschützt werden. Diese durchaus bekannte Praxis findet häufig nicht genug Beachtung, weil dadurch ein Mehraufwand entsteht. Folgerichtig sollte das manuelle Verlegen in diesen Grössenordnungen durch eine maschinelle Möglichkeit ersetzt werden, die fachgerechter und zeitsparender ist.»

4.5 Prüfungen und Anforderungen an Materialien

Wie oben behandelt, kommen je nach Land folgende Naht- und Anschlussmaterialien in der Praxis zum Einsatz:

- Bitumenhaltiger Voranstrich
- Kunststoffvoranstrich
- Bitumen 160/220
- Polymerbitumen
- Bitumenemulsion
- Plastmasse mit und ohne Lösemittel
- Heissverarbeitbare Fugenmasse
- Anschmelzbares Bitumenfugenband
- Selbstklebendes Bitumenfugenband

4.5.1 Prüfvorschriften und Anforderungen für bitumenhaltigen Voranstrich, Kunststoffvoranstrich, heissverarbeitbare Fugenmasse und Bitumenfugenband

Offiziell gibt es Prüfvorschriften und Anforderungen für beide Voranstrichtypen, heissverarbeitbare Fugenmasse und anschmelzbares Bitumenfugenband gemäss TL Fug-StB 01 und TP Fug-StB 01 der deutschen Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen. In der Schweiz sind nur Prüfvorschriften und Anforderungen für Voranstriche und heissverarbeitbare Fugenmassen in der Norm SN 670 064 geregelt. Offizielle Anforderungen und Prüfvorschriften für selbstklebende Bitumenfugenbänder und vor Ort heiss extrudierte Bitumenfugenbänder existieren nicht.

Die Tabelle Abb. 4.39 zeigt einen Überblick über die bestehenden Normen in der EU, Deutschland und in der Schweiz für Fugeneinlagen und Fugenmassen in Verkehrsflächen in Beton und Asphalt.

Abb. 4.39 Übersicht über die bestehenden Normen für Fugenmaterialien

Fugenmaterial	Anforderungsnormen			Prüfvorschriften		
	CEN	D	CH	CEN	D	CH
Voranstriche (bitumenhaltig und auf Kunststoffbasis)	EN 14188-4	TL Fug-StB 01	SN 670 284	EN 14188-4	TP Fug-StB 01	SN 670 284
Heiss verarbeitbare Fugenmasse	EN 14188-1	TL Fug-StB 01	SN 670 281	EN 14188-1	TP Fug-StB 01	SN 670 281
Anschmelzbares Bitumenfugenband	keine	TL Fug-StB 01	keine	keine	TP Fug-StB 01	keine
Selbstklebendes und vor Ort extrudiertes Bitumenfugenband	keine	keine	keine	keine	keine	keine

4.5.2 Prüfvorschriften und Anforderungen für übrige Nahtmaterialien

Bei anderen in Frage kommenden Materialien wie Bitumen 160/220, Polymerbitumen, Bitumenemulsion, Plastmasse (mit und ohne Lösemittel) bestehen für spezifische Eigenschaften als Naht- oder Verbundmaterialien keine expliziten Prüfverfahren und Anforderungen.

4.5.3 Prüfnormen für Voranstriche

Prüfungen mit entsprechenden Anforderungen:

Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Darstellung der Ergebnisse ^a	Wert oder Angabe ^b
Homogenität	EN 15466-1	–	Schwellenwert	
Dichte	EN ISO 2811-2	kg/m ³	MDV	
Viskosität	EN ISO 2431	mm ² /s	MDV	
Alkalibeständigkeit	EN 15466-2	–	Schwellenwert	
Verdunstungsverhalten der flüchtigen Anteile	EN 15466-3	% Massenanteil	MLV	
Feststoffanteil	EN 15466-3	% Massenanteil	MDV	
Flammpunkt	EN ISO 2719	°C	MDV	
Erweichungspunkt der Feststoffe	EN 1427	°C	MDV	
^a MLV: vom Hersteller angegebener Grenzwert entsprechend 3.1; MDV: vom Hersteller angegebener Sollwert entsprechend 3.2. ^b Vom Hersteller auszufüllen. – Nicht relevant.				

Abb. 4.40 Übersicht über die bestehenden Prüfnormen für Voranstriche (Tabelle B.1 aus [36])

4.5.4 Prüfnormen für heiss verarbeitbare Fugenmassen

Prüfungen mit entsprechenden Anforderungen:

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Materialeigenschaften	Typ der heiß verarbeitbaren Fugenmasse				Prüfverfahren
		Nicht treibstoffbeständig		Treibstoffbeständig		
		N1	N2	F1	F2	
1	Vorbereitung von Proben für die Prüfung und wahrnehmbare Eigenschaften	Homogen in Übereinstimmung mit den Herstelleranweisungen				EN 13880-6
2	Erweichungspunkt, Ring und Kugel, in °C	≥85	≥85	≥85	≥75	EN 1427
3	Dichte bei +25 °C, in Mg/m ³	In Übereinstimmung mit den Herstelleranweisungen				EN 13880-1
4	Konus-Penetration bei +25 °C, 5 s, 150 g, in 0,1 mm	40 bis 130	40 bis 100	40 bis 130	40 bis 100	EN 13880-2
5	Kugel-Penetration und elastisches Rückstellvermögen bei +25 °C, 75-g-Kugel, 5 s, in %	≥60	≤60	≥60	≤60	EN 13880-3
6	Wärmebeständigkeit/Änderung der Konus-Penetration bei +70 °C/168 h					EN 13880-4
6.1	Konus-Penetration, in 0,1 mm	40 bis 130	40 bis 100	40 bis 130	40 bis 100	
6.2	Kugel-Penetration und elastisches Rückstellvermögen, in %	≥60	≤60	≥60	≤60	
7	Fließlänge, anfänglich und nach Wärmebeanspruchung bei +60 °C, 5 h, 75°-Winkel, in mm	≤2	≤3	≤5	≤10	EN 13880-5
8	Beständigkeit gegen Treibstofflagerung (Löslichkeit)					EN 13880-8
8.1	+35 °C, 24 h/Massenänderung, %	–	–	–	≤2	
8.2	+50 °C, 24 h/Massenänderung, %	–	–	≤2	–	
9	Verträglichkeit mit Asphalten bei +60 °C, 72 h	Keine Adhäsionsbrüche und keine Ölexudation		–	–	EN 13880-9
10	Haft- und Dehnvermögen					EN 13880-13
10.1	Gesamtdehnung nach 5 h, in mm	≥5	≥5	≥5	≥5	
10.2	Prüftemperatur, in °C	–25	–20	–20	–10	
10.3	Lagerungen					
	– in Wasser, 14 Tage lang bei Raumtemperatur	x	x			
	– in Treibstoff (siehe Zeile 8.2)			x	x	
10.4	Dehnspannungen					
	– Maximalspannung, in N/mm ²	1,00	0,75	–	–	
	– Spannung nach Versuchsende, in N/mm ²	≤0,15	–	–	–	
10.5	Adhäsionsbruch					
	– vollständig abgelöste Fugenflanken, in mm ²	Keine	Keine	<50	<50	
	– Spalttiefe, in mm	Keine	Keine	<3	<3	
10.6	Kohäsionsbruch					
	– Gesamtoberfläche der Risse, in mm ²	Keine	Keine	<20	<20	
	– Risstiefe, in mm	Keine	Keine	<3	<3	

Abb. 4.41 Übersicht (Teil 1) über die bestehenden Prüfnormen für heiss verarbeitbare Fugenmassen (Tabelle 2 aus [37])

Spalte	1	2	3	4	5	6
Zeile	Materialeigenschaften	Typ der heiß verarbeitbaren Fugenmasse				Prüfverfahren
		Nicht treibstoffbeständig		Treibstoffbeständig		
		N1	N2	F1	F2	
11.1	Haftvermögen					EN 13880-10
11.1.1	Dehnung, in mm	18	18	12	12	
	Dehnung, in %	75	75	50	50	
11.1.2	Anzahl der Zyklen	3	3	3	3	
11.1.3	Prüftemperatur, in °C	-20	0	-20	0	
11.1.4	Maximalspannung, in N/mm ²	0,48 ±0,10	0,48 ±0,10	0,48 ±0,10	0,48 ±0,10	
11.1.5	Dehnvermögen – vollständig abgelöste Fugenflanken, in mm ² – Spalttiefe, in mm	<50 <3	<50 <3	<50 <3	<50 <3	
11.1.6	Haftvermögen – Rissbereich, in mm ² – Risstiefe, in mm	<20 <3	<20 <3	<20 <3	<20 <3	
11.2	Haftvermögen (für Kaltklimagebiete)					EN 13880-7
11.2.1	Temperaturwechselbereich, in °C	+25/-30	+25/-20	+25/-30	+25/-20	
11.2.2	Verformungsgeschwindigkeit, in mm/h	0,6	0,6	0,6	0,6	
11.2.3	Verformung – Kompression, in % – Dehnung, in %	20 60	5 15	20 60	5 15	
11.2.4	Anzahl der Zyklen	3	3	3	3	
11.2.5	Beregnung, Gesamtdauer +5 °C/+20 °C, in %	20	20	20	20	
11.2.6	Beschaffenheit nach Dehnung auf 60 % bei Raumtemperatur – Adhäsionsbrüche – Kohäsionsbrüche	Keine Keine	Keine Keine	Keine Keine	Keine Keine	
11.2.7	Beschaffenheit nach Kompression und Rückstellung auf 60 % mit 2-mm-Kerbe in 1 Ecke – Adhäsionsbrüche – Kohäsionsbrüche	Keine Keine	Keine Keine	Keine Keine	Keine Keine	
11.2.8	Maximalspannung bei niedrigerer Temperatur – Asphalt, in N/mm ² – Beton, in N/mm ²	0,3 1,0	0,3 1,0	0,3 1,0	0,3 1,0	

Abb. 4.42 Übersicht (Teil 2) über die bestehenden Prüfnormen für heiß verarbeitbare Fugenmassen (Tabelle 2 aus [37])

4.5.5 Prüfnormen für anschmelzbare Bitumenfugenbänder

Deutsche Normen, Prüfungen mit entsprechenden Anforderungen:

Nr.	Art der Prüfung	Baustoff	Prüfung nach TP Fug-StB		Anforderungen	
					Eignungsprüfung	WEP und Fremdüberwachung
	1	2	3	4	5	6
1	Bindemittelgehalt	bitumenhaltiger Voranstrich	Tab. 1 Nr. 1	DIN 1996-6	≥ 30 M. %	wie Spalte 5
2	Lösemittelgehalt		Tab. 1 Nr. 2	DIN 1996-6	≤ 70 M. %	wie Spalte 5
3	Erweichungspunkt RuK des Festkörpers		Tab. 1 Nr. 3	DIN EN 1427	≥ 50 °C	-
4	Flammpunkt		Tab. 1 Nr. 4	DIN ISO 2592	≥ 21 °C	-
5	Trockengrad		Tab. 1 Nr. 5	DIN 53150*)	Prüfwert ist anzugeben	-
6	Flüssigkeitsgrad		Tab. 1 Nr. 6	DIN EN ISO 2431*)	Prüfwert ist anzugeben	wie Spalte 5
7	Äußere Beschaffenheit	Kunststoffvoranstrich	Tab. 1 Nr. 7	SNV 671 907	transparent, leicht farbig homogen	wie Spalte 5
8	Feststoffgehalt		Tab. 1 Nr. 8	SNV 671 725	≥ 15 M. %	wie Spalte 5
9	Trockengrad		Tab. 1 Nr. 5	DIN 53150	bei 10 °C und ≤ 0,5 h: mind. Trockengrad 4	-
10	Alkali-beständigkeit		Tab. 1 Nr. 9	SNV 671 910	Nachweis	-
11	Flüssigkeitsgrad		Tab. 1 Nr. 6	DIN EN ISO 2431*)	Prüfwert ist anzugeben	wie Spalte 5
12	Aschegehalt		anschmelzbares Fugenband	5.4.2	DIN 52 005	Prüfwert ist anzugeben
13	Erweichungspunkt RuK	5.4.3		DIN EN 1427	≥ 90 °C	≤ 8 °C bezogen auf Eignungsprüfung
14	Konuspenetration	5.4.4		BS 2499-3	20 bis 50 1/10 mm	wie Spalte 5
15	elastisches Rückstellverhalten	5.4.5		BS 2499-3	10 bis 30 %	Prüfwert ist anzugeben
16	Kaltbiegeverhalten	5.4.6		DIN 52123	± 0 °C	wie Spalte 5
17	Dehn- und Haftvermögen	5.5.2		SNV 671 920	bei -10 °C: ≥ 10 %, ≤ 1 N/mm ²	wie Spalte 5
18	Dehn- und Haftvermögen nach Wärmealterung	5.5.3		SNV 671 920	Prüfwert ist anzugeben	-

Abb. 4.43 Übersicht über die bestehenden Prüfnormen für anschmelzbare Bitumenfugenbänder (Tabelle 4.4.3 aus [26])

4.6 Wirtschaftlichkeit von Anschlussystemen

«Durch geringe Mehrinvestition können teure Folgeschäden vermieden werden: Bei falsch eingesetzten Systemen oder schlechter Verarbeitung der Systeme entstehen Risse und sich öffnende Fertignähte. Hier wird in einer Arbeitsgruppe der FGSV derzeit ein Merkblatt mit dem Titel (Stand Oktober 2002) „Hinweise für die Sanierung von Rissen sowie schadhaften Nähten und Anschlüssen in Verkehrsflächen aus Asphalt“ HSR erarbeitet. Schon die Erarbeitung eines solchen Merkblattes bestätigt die Forderung nach höherwertiger Nahtausbildung in Form von Fugen und nicht durch Verkleben. Ohne eine hohe Anzahl von Schäden wäre ein Merkblatt nicht nötig.»

Je nach Rissbild und Schadenursache, unter Berücksichtigung der restlichen Nutzungsdauer der Fläche, sind die entsprechenden Verfahren zu wählen. Aufgegangene Nähte und Risse sind letztendlich zu vermeidende Schadensfälle, die bei guter Planung und der Verwendung der höherwertigen Systeme (vorgefertigte oder vor Ort extrudierte Fugenbänder, bzw. geschnittene und vergossene Fugen) verhindert werden können. Durch vergleichsweise geringe Mehrinvestitionen können teure Folgeschäden und damit verbundene zusätzliche Behinderungen und zusätzliche Unfallrisiken für die Verkehrsteilnehmer vermieden werden. Als Dienstleister für den Verkehrsteilnehmer sollten Auftraggeber und Auftragnehmer an Qualitätsverbesserungen der heutigen Bauweisen, hier mit sehr geringen Mehrkosten, interessiert sein und über Veränderungen der Bearbeitung von Nähten und Anschlüssen nachdenken [14].

5 Bestandsaufnahme

5.1 Vorgehen

Die Bestandsaufnahme von bestehenden Anschlussfugensystemen und Praxiserfahrungen erfolgte aufgrund von Befragungen und Begehungen bei Bauämtern, Unternehmungen sowie bei Herstellern und Lieferanten. Für die Befragungen und Begehungen wurden vorgängig Fragebögen erstellt.

Befragungen bei Bauämtern (Kanton, Stadt und Gemeinde)

Bei den Bauämtern wurden Informationen zu den folgenden Themen eingeholt:

- systematische Erfassung des Strassennetzstatus und der Anschlussfugensysteme durch Bauherren,
- Arten der angewendeten Anschlussfugensysteme, deren Zwecke und Erfahrungen,
- eigene Bauvorgaben zu den Anschlussystemen sowie
- Anforderungen an Verbundmaterialien.

Befragungen bei Unternehmungen

Bei den Unternehmern wurden Informationen zu den folgenden Themen eingeholt:

- Werden die Anschlussfugen im Angebots- bzw. Vertragsformular explizit erwähnt?
- Ist die Ausführung der Anschlussfugensysteme dem Unternehmer freigestellt?
- Sind Anforderungen und Qualitätsnachweise an Verbundmaterialien im Angebotsformular explizit erwähnt?
- Arten der angewendeten Anschlussfugensysteme, deren Zwecke und Erfahrungen.
- Anforderungen an Verbundmaterialien.

Befragungen bei Herstellern und Händlern

Bei den Herstellern/Händlern wurden Informationen zu den folgenden Themen eingeholt:

- Produktangebote und Einsatzgebiete der Produkte.
- Erfahrungen mit verschiedenen Anschlussfugensystemen.
- Durchgeführte Prüfungen in der Produktion.
- Wer bestimmt die Auswahl der Anschlussfugensysteme?
- Welche Unterlagen verlangen die Käufer zum Produkt?

Bestandsaufnahme von Schadensbildern vor Ort

Die Bestandsaufnahme von bestehenden Schadensbildern fand im Rahmen von Objektbegehungen zusammen mit Bauämtern statt. Wichtig dabei waren die Art der Schäden und ihr Ausmass sowie Ort des Auftretens bei entsprechenden Anschlussfugensystemen. Sie dienen zum Erfassen und Bewerten der Schadensmechanismen und der massgebenden Parameter.

5.2 Bestandsaufnahme bei Bauämtern

Für die Befragungen und Begehungen wurden 24 Bauämter (Kanton, Stadt und Gemeinde) angegangen. 33% davon hatten kein Interesse am Thema Fugenanschlussysteme für Deckbeläge.

5.2.1 Strassennetzzustand und Zustandserfassung Anschlussfugen

Etwa 81% der Befragten erfassten den Zustand ihres Strassennetzes systematisch und regelmässig. Je nach Bauherrn war die Frequenz der Erfassung unterschiedlich (zwischen jährlich bis alle 5 Jahre). Die Quote der systematischen Erfassung der Anschlussfugen betrug bei Bauherren nur etwa 63% mit einer Erfassungsfrequenz zwischen alle 3 Jahre und alle 5 Jahre. In den Abbildungen Abb. 5.44 und Abb. 5.45 sind die Ergebnisse der Befragung bzgl. Strassennetzzustand und Zustandserfassung Anschlussfugen grafisch dargestellt.

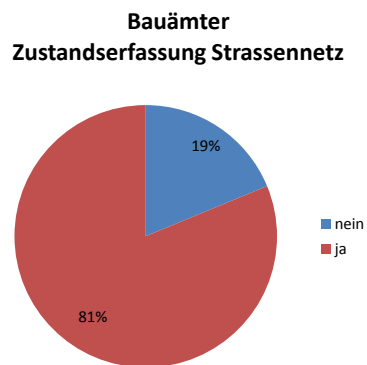


Abb. 5.44 Bauämter. Zustandserfassung des Strassennetzes

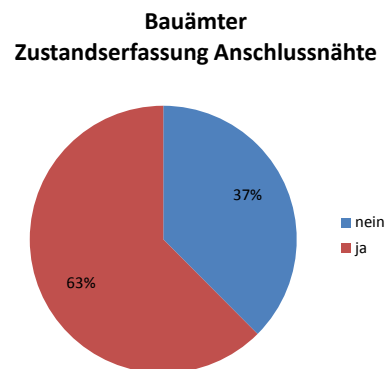


Abb. 5.45 Bauämter. Zustandserfassung Anschlussnähte

5.2.2 Angewendete Anschlussfugensysteme

Aufgrund der Angaben der Bauämter werden vor allem die Anschlussfugensysteme Fugenband und Plastmasse angewendet. Zusammen decken die beiden Systeme über 90% der ausgeführten Anschlussfugen ab. Die Anwendung des jeweiligen Systems basiert oft auf Präferenzen der Bauämter bzw. einzelnen Personen. Die weiteren Systeme Bitumenanstrich und Fugenmassenanstrich gelangen sehr vereinzelt zur Anwendung. Das Anschlussystem Fugenmasse in Fugenspalt gelangt überwiegend bei Anschlussfugen zwischen Asphalt und Beton zur Anwendung.

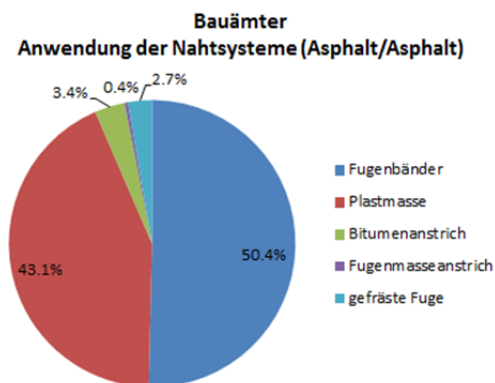


Abb. 5.46 Bauämter. Anwendung der Anschlussfugensysteme bei der Naht zwischen Asphalt und Asphalt

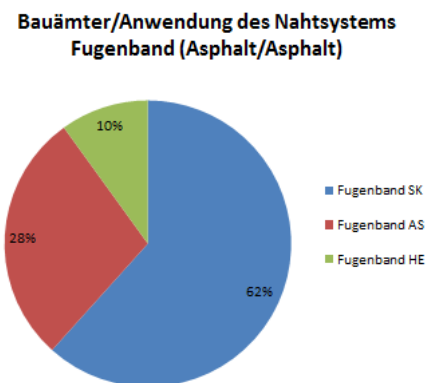


Abb. 5.47 Bauämter. Anwendung des Anschlussfugensystems mit Fugenband zwischen Asphalt und Asphalt

5.2.3 Wichtigkeit der Anschlussfugensysteme

Die Wichtigkeit der Anschlussfugensysteme ist je nach Bauherrn unterschiedlich.

Es gibt Bauherren, welche die Anschlussfugensysteme insbesondere bei Flickstellen als wichtig einstufen und dementsprechend eine systematische Bearbeitung der Flickstellen durchführen und verlangen. Dabei steht das System nach der SN 640 731b aus dem Jahre 2001 im Vordergrund (siehe Überblick über Merkblatt).

Auf der anderen Seite gibt es etliche Bauherren, welche Anschlussfugensysteme bei Flickstellen in geringem Masse oder gar nicht verwalten. Sie betreiben keine systematische Zustandserfassung und besitzen dementsprechend keine Kenntnisse über den Zustand ihrer Stassen. Sie machen keine Vorgaben an die Anschlussfugensysteme, sie überlassen die Art der Anschlussfugensysteme den Unternehmern.

5.2.4 Erfahrungen mit den Anschlussfugensystemen

Die Erfahrungen mit den Anschlussfugensystemen Fugenband und Plastmasse werden von den Bauämtern weitgehend gleich angegeben. Die Erfahrungen werden mit gut bis sehr gut bezeichnet. Tendenziell ist eine Zunahme des Anschlusssystems Fugenband zu verzeichnen bei gleichzeitigem Rückgang der Plastmasse. Ein Grund für den Wechsel liegt beim Vorteil der definierten Materialmenge beim Fugenband, bei der Plastmasse ist die Materialmenge von der Verarbeitungsqualität abhängig.

Die Erfahrungen mit den Anschlussfugensystemen Bitumenanstrich und Fugenmasseanstrich werden mit überwiegend schlecht angegeben.

Beim Anschluss Asphalt an Beton werden die Erfahrungen mit den Systemen "Fugenband angeschmolzen" und "Fugenmasse in gefräste Fuge" als gut angegeben. Beim Anschluss Asphalt an Beton zeichnet sich eine Tendenz zum Wechsel von "Fugenband angeschmolzen" zu "Fugenband selbstklebend" ab, da das selbstklebende Fugenband in der Ausführung einfacher ist. Entsprechende Erfahrungen liegen jedoch noch nicht vor.

Die Bauämter haben wiederholt von Schwierigkeiten mit den Anschlussfugensystemen aufgrund von Setzungen in der Fundationsschicht berichtet. Bei den wenigsten Bauämtern wird eine Plattendruckmessung zur Kontrolle der Verdichtung der Fundationsschicht verlangt oder durchgeführt. Bei den Bauämtern, welche eine 2-Phasen-Ausführung verlangen, also einem Ersatz der Deckschicht nach einer Liegezeit der provisorischen Flickstelle, berichten von positiven Erfahrungen, da die Nachverdichtungen in der Deckschicht kompensiert werden.

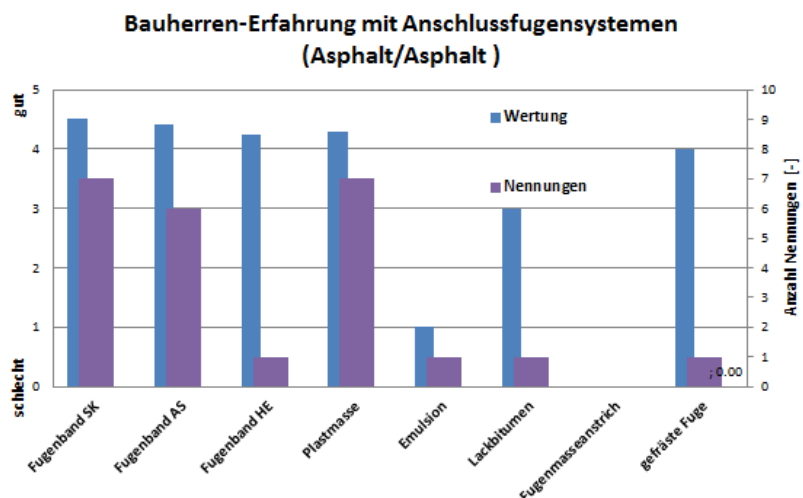


Abb. 5.48 Bauherren-Erfahrungen mit Anschlussfugensystemen zwischen Asphalt und Asphalt

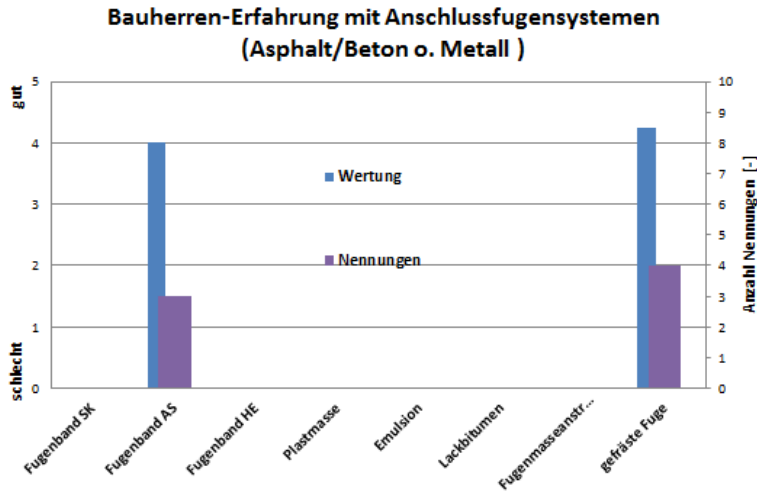


Abb. 5.49 Bauherren-Erfahrungen mit Anschlussfugensystemen zwischen Asphalt und Beton oder Metall

5.2.5 Materialqualität

Nur 11% der befragten Bauherren verlangten einen Qualitätsnachweis der Verbundmaterialien. Dabei wurden einzig die Prüfungen und Anforderungen der heiss-verarbeitbaren Fugenmassen erwähnt.

5.2.6 Systemvorgaben und Ausschreibungstext

89% der befragten Bauherren haben Systemvorgaben für die Nähte und Anschlüsse. Die Mehrheit von ihnen stuft die Anschlussfugensysteme insbesondere bei Flickstellen als wichtig ein und verlangt dementsprechend deren systematische Bearbeitung. Dabei steht das System nach der SN 640 731b [32] aus dem Jahre 2001 im Vordergrund. Im Anhang 2 sind Beispiele von Systemvorgaben beigelegt. Die anderen Bauherren überlassen die Art der Anschlussfugensysteme den Bauunternehmern oder den beauftragten Ingenieuren.

Systemvorgaben vorhanden?

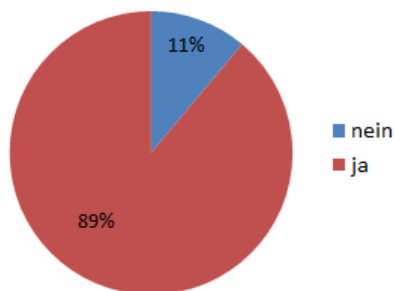


Abb. 5.50 Bauämter. Anwendung der Anschlussfugensysteme bei der Naht zwischen Asphalt und Asphalt

Eigene Ausschreibungstexte?

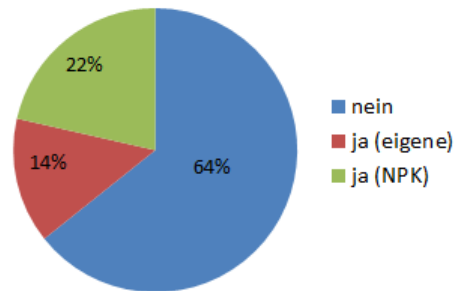


Abb. 5.51 Bauämter. Anwendung des Anschlussfugensystems mit Fugenband zwischen Asphalt und Asphalt

5.3 Bestandsaufnahme bei Unternehmungen

Bei den Unternehmungen wird die Notwendigkeit der Anschlussfuge als wichtig betrachtet. Die Unternehmer wenden auch bei fehlenden Vorgaben Anschlussfugensysteme an.

5.3.1 Allgemeines/Vertragsverhältnis

Zum Angebot und Vertragsverhältnis wurden allgemeine Fragen gestellt. Die Ergebnisse der Antworten sind in der Tabelle Abb. 5.52 zusammengefasst.

Abb. 5.52 Unternehmungen. Allgemeine Angaben zu Angebot bzw. Vertragsverhältnis mit Anschlussfugensystemen

Wie ist Ihre Unternehmung im Auftragsfall beteiligt?	<ul style="list-style-type: none"> - ca. 85% als Vertragspartner zum Bauherrn - ca. 16% als Arbeitsgemeinschaftspartner oder Unterakkordant zum Vertragspartner
Sind im Angebotsformular/Vertragsformular die Anschlussfugen explizit erwähnt?	<ul style="list-style-type: none"> - ca. 85% ja - ca. 13% nein
Ist im Angebotsformular für die Anschlussfugensysteme nichts erwähnt, ist die Ausführung der Anschlussfugensysteme dem Unternehmer frei gestellt. Und nach welchem Kriterium wird das Anschlussfugensystem erstellt?	<p>Die Entscheidung richtet sich meistens nach Erfahrungen und zum Teil nach dem auf der Baustelle vorhandenen Material:</p> <ul style="list-style-type: none"> - ca. 50% entweder Dilaplast oder Fugenband - ca. 12.5% nur Dilaplast - ca. 12.5% nur Fugenmasseanstrich - ca. 12.5% Fugenmasseanstrich oder Fugenband - ca. 12.5% Fugenmasseanstrich oder Fugenmasse in gefräste Fuge
Werden Anforderungen und Qualitätsnachweise im Angebotsformular für das Anschlussfugensystem explizit erwähnt?	<ul style="list-style-type: none"> - ca. 44% ja - ca. 56% nein
Wird das Anschlussfugensystem auf die ganze Höhe der Naht/des Anschlusses eingebaut?	<ul style="list-style-type: none"> - 100% nein, nicht die ganze Höhe, sondern nur an der Deckschicht - Falls an der Binderschicht auch verlangt, dann : <ul style="list-style-type: none"> ca. 40% Haftvermittler ca. 20% Emulsion ca. 20% Dilaplast ca. 20% Heissbitumen

5.3.2 Art und Zweck der Anschlussfugensysteme

Die Unternehmungen richten sich bei den Anschlussfugensystemen bei entsprechenden Vorgaben nach den Präferenzen der Bauherren. Aber zum Teil wurde es ihnen überlassen, selber die Art der Anschlussfugensysteme vorzuschlagen oder auszuwählen. Bei fehlenden Vorgaben wird überwiegend das Anschlussfugensystem Plastmasse angewendet. Dabei wird die Auftragsart mit dem Spachtel gegenüber dem Aufpinseln bevorzugt, weil damit eine grössere Menge aufgetragen wird.

Die Grafiken Abb. 5.53 und Abb. 5.54 zeigen die seit fünf Jahren verwendeten Anschlussfugensysteme für die Naht zwischen Asphalt und Asphalt sowie zwischen Asphalt und Beton oder Metall.

**Bauunternehmungen
Anwendung der Nahtsysteme (Asphalt/Asphalt)**

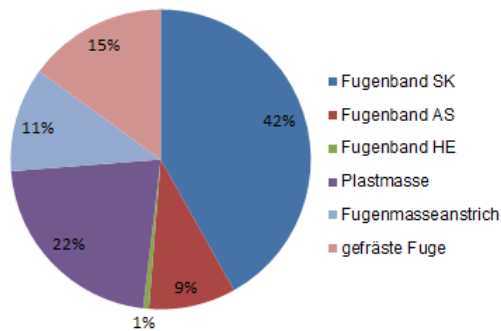


Abb. 5.53 Unternehmungen. Anwendung der Anschlussfugensysteme bei der Naht zwischen Asphalt und Asphalt

**Bauunternehmungen
Anwendung der Nahtsysteme
(Asphalt/Beton od. Stahl)**

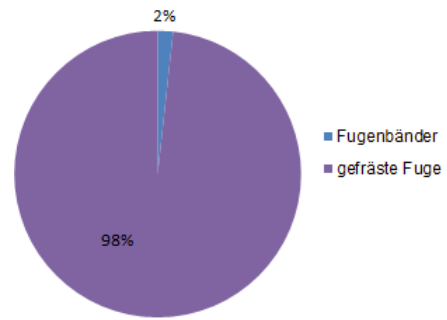


Abb. 5.54 Unternehmungen. Anwendung des Anschlussfugen-systems bei der Naht zwischen Asphalt und Beton oder Stahl

Die folgende Tabelle Abb. 5.55 zeigt für die Unternehmungen, welches Anschlussfugensystem für welchen Zweck seit fünf Jahren verwendet wurde.

Abb. 5.55 Unternehmungen. Anwendung von Anschlussfugensystemen

Asphalt / Asphalt	
Anschlussfugensysteme	Haupteinsatz
Fugenband selbstklebend SK oder angeflämmt AS	Flickstellen und Längsnaht für Deckschicht
Fugenband heisseextrudiert HE	nur Längsnaht für Deckschicht
Plastmasse	Flickstellen und Längsnaht für Deckschicht
Fugenmasseanstrich	Flickstellen und Längsnaht für Deckschicht
Fugenmasse in gefräste Fuge	Flickstellen und Längsnaht für Deckschicht
Emulsion/Lackbitumen	Flickstellen und Längsnaht für <i>Bindeschicht</i>
Asphalt / Beton oder Stahl	
Anschlussfugensysteme	Haupteinsatz
Fugenband selbstklebend SK oder angeflämmt AS	Flickstellen Deckschicht
Fugenband heisseextrudiert HE	nicht verwendet
Plastmasse	nicht verwendet
Fugenmasseanstrich	nicht verwendet
Fugenmasse in gefräste Fuge	Flickstellen Deckschicht
Emulsion/Lackbitumen	nicht verwendet

5.3.3 Erfassung der Erfahrung

Keine der befragten Unternehmungen betrieb eine systematische Erfassung der Erfahrung von Anschlussfugensystemen. Die folgende Tabelle Abb. 5.56 zeigt die Bewertung der Unternehmungen bzgl. der Eignung der Anschlussfugensysteme.

Abb. 5.56 Unternehmungen. Allgemeine Angaben zu Angebot bzw. Vertragsverhältnis mit Anschlussfugensystemen

Asphalt / Asphalt	
Anschlussfugensysteme	Bewertung
Fugenband selbstklebend SK oder angeflammt AS	75% gut/eher gut; 25% teils/teils zufrieden
Fugenband heisseextrudiert HE	keine Angabe
Plastmasse	50% gut/eher gut und 50% teils/teils zufrieden
Fugenmasseanstrich	gut/eher gut
Fugenmasse in gefräste Fuge	gut/eher gut
Emulsion/Lackbitumen	keine Angabe
Asphalt / Beton oder Stahl	
Anschlussfugensysteme	Bewertung
Fugenband selbstklebend SK oder angeflammt AS	75% gut/eher gut; 25% teils/teils zufrieden
Fugenband heisseextrudiert HE	keine Angabe
Plastmasse	50% gut/eher gut; 50% teils/teils zufrieden
Fugenmasseanstrich	keine Angabe
Fugenmasse in gefräste Fuge	100% gut/eher gut
Emulsion/Lackbitumen	keine Angabe

5.3.4 Materialqualität

Rund 62% der befragten Unternehmungen verlangten keinen Nachweis der Qualität der Verbundmaterialien. 25% entnahmen das Leistungsvermögen aus dem Produkt-Datenblatt. Lediglich 13% der Unternehmungen verlangten die gültigen Prüfberichte zum Produkt.

Aus diesem Grund wussten rund 87% der befragten Unternehmungen nicht, nach welchen Normen die Eigenschaften der Verbundmaterialien geprüft werden und welche Anforderung sie erfüllen müssen. Lediglich 13% verlangten bei Fugenmassen das Erfüllen der Anforderungen gemäss der Fugenmassennorm EN 14188-1 [37].

5.3.5 Systemvorgaben

Auf die Frage „Bestehen in Ihrer Firma Vorgaben an die Ausführung von Anschlussfugensystemen?“ haben alle mit ja beantwortet. Die Mitarbeiter wurden durch interne Schulung über die Ausführung von Anschlussfugensystemen ausgebildet. Meistens machten sie die Ausführung gemäss Vorschriften der Bauherren sowie gemäss Produkt-Datenblatt oder Belagshandbuch.

5.4 Bestandsaufnahme bei Herstellern und Lieferanten

Weitgehend einheitlich bezeichnen sie die Wertigkeit der Anschlussfugensysteme mit "Fugenmasse in gefräste Fuge" an erster Stelle, das Fugenband an zweiter Stelle und danach die Plastmasse. Die Eigenschaften der in der Schweiz zur Anwendung gelangenden Produkte richten sich mangels Schweizer Anforderungen nach den deutschen Regelwerken.

5.4.1 Produkteangebot

Für den Schweizermarkt bieten die Hersteller/Lieferanten überwiegend Produkte nach den deutschen Regelwerken an, wie Fugenbänder (selbstklebend, angeflämmt und heiss extrudiert), kalte Plastmasse (mit und ohne Lösungsmittel) und heiss verarbeitbare Fugenmassen. Eine Firma hat die Emulsion als Bitumenanstrich auch im Produktangebot.

Obwohl die deutschen Regelwerke für Fugenbänder eine minimale Dicke 10 mm verlangen, haben alle Hersteller auch Fugenbänder mit der Dicke von 8 mm im Sortiment. Die Dicke 8 mm kann dabei sogar als das hauptsächlich verwendete Fugenband bezeichnet werden.

Die Hersteller sind sich uneins in Bezug auf die Notwendigkeit eines Voranstriches vor der Applikation von Plastmassen und Fugenbändern. Ein Teil der Hersteller verlangt die Applikation eines Voranstriches zwingend, der andere Teil verneint die Notwendigkeit eines Voranstriches.

5.4.2 Erfassung der Erfahrungen

Die Hersteller/Lieferanten betreiben keine eigene, systematische Erfassung der Erfahrungen mit dem Verhalten der Anschlussfugensysteme in der Praxis. Sie erhielten die entsprechenden Informationen über Rückmeldungen von Verarbeitern und Bauherren.

Die folgende Tabelle Abb. 5.57 zeigt die Bewertung der Erfahrungen.

Abb. 5.57 Hersteller/Lieferanten. Erfahrung mit den Anschlussfugensystemen

Anschlussfugensysteme	Bewertung	
	Asphalt / Asphalt	Asphalt / Beton oder Asphalt / Stahl
Fugenband selbstklebend SK oder angeflämmt AS	gut/eher gut	gut/eher gut
Fugenband heisseextrudiert HE	gut/eher gut	gut/eher gut
Plastmasse	eher gut	eher gut
Fugenmasseanstrich	keine Angabe	keine Angabe
Fugenmasse in gefräste Fuge	gut/eher gut	gut/eher gut
Emulsion/Lackbitumen	keine Angabe	keine Angabe

5.4.3 Eigenüberwachung der Qualität in der Produktion

Die Eigenüberwachung der Qualität in der Produktion ist je nach Hersteller sehr unterschiedlich. Die folgende Tabelle Abb. 5.58 zeigt einen beispielhaften, grossen Unterschied der Frequenz der Eigenüberwachung der Qualität von Fugenbändern und heiss verarbeitbaren Fugenmassen (Fugenmasse in gefräste Fuge). Bei der kalten Plastmasse gab es keine Angaben über die Prüfungen und Anforderungen.

Abb. 5.58 Hersteller/Lieferanten. Eigenüberwachung der Qualität der Fugenbänder und der heiss verarbeitbaren Fugenmasse in der Produktion

Art der Prüfung	Prüfnorm	Prüfintervall	Anforderung
Hersteller 1 (Fugenbänder)			
Aschegehalt	DIN 52005	1x wöchentlich	TP/TL Fug-StB 01
Erweichungspunkt RuK	EN 1427	1x wöchentlich	dito
Konuspenetration	EN 13880-2	1x wöchentlich	dito
Elast. Rückstellverhalten	EN 13880-3	1x wöchentlich	dito
Kaltbiegeverhalten	DIN 52123	1x wöchentlich	dito
Dehn- und Haftvermögen	EN 13880-13	1x wöchentlich	dito
Dehn- und Haftvermögen nach Wärmealterung	EN 13880-13	nur Eignungsprüfung	dito
Hersteller 2 (heissverarbeitbare Fugenmasse)			
Aschegehalt	DIN 52005	Alle 3 Jahre	---
Erweichungspunkt RuK	EN 1427	dito	---
Konuspenetration	EN 13880-2	dito	---
Elast. Rückstellverhalten	EN 13880-3	---	---
Kaltbiegeverhalten	TP Fug-StB 01	dito	---
Dehn- und Haftvermögen	EN 13880-13	dito	---
Dehn- und Haftvermögen nach Wärmealterung	EN 13880-13	---	---

5.4.4 Fremdüberwachung der Qualität

Die Qualität der Nahtmaterialien der beiden oben erwähnten Hersteller wurde auch fremdüberwacht. Beim Hersteller 1 fand die Fremdüberwachung zweimal und beim Hersteller 2 nur einmal jährlich statt.

5.4.5 Systemauswählende Stelle und Anforderungen des Käufers

Auf die Frage „Wer bestimmt die Auswahl der Anschlussfugensysteme?“ wurde wie folgt geantwortet:

- 27% durch Planer/Ingenieur
- 30% durch Bauherren
- 30% durch Bauunternehmung
- ca. 3% durch Verkäufer

Die folgende Tabelle Abb. 5.59 zeigt die Unterlagen, welche die Käufer zum Produkt verlangt haben.

Abb. 5.59 Hersteller/Lieferanten. Vom Käufer verlangte Unterlagen

Unterlagen/Berichte	verlangt?	Bemerkung
Produktdatenblatt	ja	
Sicherheitsdatenblatt	ja	aber selten
Laborprüfwerte	nein	
QS-Nachweis	nein	
Referenzen	(ja)	sehr selten

5.5 Bestandsaufnahme Anschlussfugensysteme am Objekt

Die Bestandsaufnahme der Anschlussfugensysteme an Objekten konnte nur auf den innenstädtischen Strassen, Gemeindestrassen und Kantonstrassen durchgeführt werden. Wegen grossem Sicherheitsaufwand (Absperrung) wurde prinzipiell auf eine Begehung auf den Autobahnen verzichtet. Einzig von zwei Objekten auf den Autobahnen wurden dem Forschungsprojekt die dokumentierten Daten des Zustandes der Anschlussfugensysteme zur Verfügung gestellt. Es handelte sich bei einem Objekt um Längsnähte mit heiss extrudiertem Fugenband und bei einem zweiten Objekt um Randfugen mit heiss extrudiertem Fugenband bei einer Autobahnausfahrt.

Dabei wurden die Zustände der Anschlussfugensysteme sowohl von Flickstellen als auch der Längsnähte beurteilt. Bei den Anschlussfugensystemen handelte es sich ausschliesslich um Systeme mit Fugenbändern, Plastmasse, Bitumenanstrich und gefräste Fuge. Bei zwei Objekten handelte es sich um Nähte ohne Fugenmaterialien, da die Deckschichten mit dem Verfahren „heiss an heiss“ eingebaut wurden.

Es ist zu erwähnen, dass die Mehrheit der Befragten keine klaren Auskünfte über die Objekte geben konnte. Der Aufbau der Beläge und der Anschlussfugensysteme, die genaue Ausführung der Anschlussfugensysteme inklusive Vorbehandlungen der Flanken und das Alter der Objekte wurden meistens nur geschätzt.

In den folgenden Tabellen Abb. 5.60 und Abb. 5.61 sind die Ergebnisse der Bestandsaufnahmen der Anschlussfugensysteme zwischen Belag und Belag sowie zwischen Belag und Beton oder Stahl zusammengefasst. Als Art der Schäden werden Risse oder Flankenablösung angegeben. Die Tiefe der Risse und Flankenablösungen war unbekannt, da die Beurteilung der Schäden in diesem Projekt nur visuell stattfand.

Abb. 5.60 Anschlussfugensysteme zwischen Asphalt und Asphalt. Zusammenfassung der Ergebnisse der Bestandsaufnahmen

System	Objektart	Anzahl Objekte	Alter (Jahre)	Schäden	Art der Schäden/Bemerkung
Nähte ohne Verbundmaterialien (eingebaut heiss an heiss)	Flickstellen	1	7	etwa 90 %	offene Naht
	Längsfuge	1	4	etwa 90 %	
Fugenband SK (selbstklebend)	Flickstellen	2	2 bzw. 5	5% bzw. 15%	Mehrheitlich Flankenablösungen an den kalten Belagsseiten
	Längsfuge	2	1 bzw. 2	< 2% bzw. 5%	
Fugenband AS (angeschmolzen)	Flickstellen	2	8 bzw. 10	70% bzw. 90%	Risse und Flankenablösungen (mehrheitlich an den kalten Belagsseiten)
	Längsfuge	2	5 bzw. 9	25% bzw. 90%	Risse und Flankenablösungen (beidseitig)
Fugenband HE (heiss extrudiert)	Längsfuge (gerade)	1	4	etwa 10%	Ablösung / Flanke nicht geschnitten und dazu ein Verdichtungsmangel
	Längsfuge (Kurve)	1	4	etwa 30%	Ablösung / Verdichtungsmangel
	Längsfuge (gerade, Autobahn)	1	7	etwa 10% an Fuge und 90% am Belag (20cm von der Fuge)	Risse und Flankenablösungen im Fugenbereich und breite offene Fugen im Belag (Fugendurchschlag der Bindschicht)
	Längsfugen	7	4 bis 7	< 2%	Praktisch dichte Fuge
Plastmasse	Flickstellen	2	etwa. 5	5% bzw. 65%	Risse und Flankenablösungen (beidseitig)
	Flickstellen	2	etwa. 7	10% bzw. 80%	
	Längsfugen	4	etwa. 2	10% bis 50%	
	Längsfugen	3	5 bis 6	5% bis 90%	
Fugenmasseanstrich	Flickstellen	2	7 bis 10	etwa 90%	Risse und Flankenablösungen (beidseitig)
	Längsfuge	3	7 bis 9	etwa 90%	

Abb. 5.61 Anschlussfugensysteme zwischen Asphalt und Beton bzw. Metall. Zusammenfassung der Ergebnisse der Bestandsaufnahmen

System	Objektart	Anzahl Objekte	Alter (Jahre)	Schäden	Art der Schäden / Bemerkung
Fugenband AS (angeschmolzen)	Flickstellen am Metall	2	etwa 5	ca. 65%	Flankenablösungen am Metall
	Flickstelle am Beton	1	3	45%	Flankenablösungen am Beton
Fugenband HE (heiss extrudiert)	Fuge längs Randstein (Autobahn)	1	6	< 2%	praktisch dichte Fuge
Plastmasse	Flickstellen am Beton	1	etwa 3	50%	Flankenablösungen am Beton
		2	etwa 5	ca. 90%	
Fugenmasse in gefräste Fuge	Flickstellen am Metall	1	etwa 5	ca. 30%	Risse und Flankenablösungen am Metall

5.5.1 Nähte ohne Anschlussfugensysteme

An zwei Objekten (4- bzw. 7-jährig) auf zwei unterschiedlichen Hauptstrassen wurden die Längsnähte der Deckschicht im "heiss an heiss"-Verfahren eingebaut. Etwa 90% der Nähte beider Objekte waren offen (siehe Abb. I.24 ... Abb. I.26).

5.5.2 Anschlussfugensysteme mit Fugenbändern

Anschlussfugensystem „Fugenband SK selbstklebend“:

An den zwei Flickstellen und zwei Längsnähten zwischen Asphalt und Asphalt schnitt das Anschlussfugensystem „Fugenband SK selbstklebend“ relativ gut ab. Nach etwa 5 Jahren wiesen die Schäden (Flankenablösungen) höchstens 15% auf. Es ist zu bemerken, dass die Ablösungen mehrheitlich an den kalten Belagsseiten entstanden. Dies könnte an zwei Gründen liegen:

- mangelhafte Flankenvorbehandlung, wie z.B. unebene Flanke (Flanken fräsen statt schneiden), keine Säuberung der Flanke oder keine Verwendung des Voranstriches
- schwache Haftfestigkeit des Klebers des selbstklebenden Fugenbandes (bereits im Anlieferungszustand).

Anschlussfugensystem „Fugenband AS angeschmolzen“:

An zwei Flickstellen (8- bzw. 10-jährig) und zwei Längsnähten (5- bzw. 9-jährig) zwischen Asphalt und Asphalt betragen die Schäden (Risse und Flankenablösungen) zwischen 25% und 90%.

Zwischen Asphalt und Beton bzw. Metall war der Zustand von drei Anschlussfugensystemen (3- bis 5-jährig) mit „Fugenband AS angeschmolzen“ unbefriedigend. Die Flankenablösungen betragen zwischen 45% und 65%.

Anschlussfugensystem „Fugenband HE heiss extrudiert“:

Neun Objekte mit Längsnähten (Alter zwischen 4- und 7-jährig) zwischen Asphalt und Asphalt wiesen einen guten Zustand auf. Risse und Flankenablösungen betragen zwischen 2% und etwa 10%. An einem 10. Objekt (4-jährig), wo sich die Längsfuge an einer Kurve befand, betragen die Flankenablösungen etwa 30%. Ein Grund dafür könnte ein Verdichtungsmangel an der Kurve der Strasse sein.

Ein Anschlussfugensystem mit heiss extrudiertem Fugenband längs Randstein (Beton) an einer Autobahnausfahrt zeigte einen guten Zustand (praktisch dichte Fuge).

5.5.3 Anschlussfugensystem „Plastmasse“

Die Bestandsaufnahmen von Anschlussfugensystemen mit Plastmassen zwischen Asphalt und Asphalt wurden an vier Flickstellen und 7 Längsnähten durchgeführt. Der Zustand der Anschlussfugen war unterschiedlich. Bei den Flickstellen (5-jährig und 7-jährig) hatten zwei Objekten 5% und 10% Schäden (Risse und Flankenablösungen) und bei den zwei anderen Objekten waren die Schäden etwa 65% und 80%.

An drei Objekten (3 bis 5-jährig) wurden die Anschlussfugen zum Beton mit Plastmassen abgedichtet. Die Schäden betragen zwischen 50% und 90%.

5.5.4 Anschlussfugensystem „Fugenmasseanstrich“

An zwei Flickstellen und drei Längsnähten mit dem Anschlussfugensystem „Fugenmasseanstrich“ (7- bis 10-jährig) betragen die Schäden (Risse und Flankenablösungen) etwa 90%.

5.5.5 Anschlussfugensystem „Fugenmasse in gefräste Fuge“

Der Zustand vom Anschlussfugensystem mit „Fugenmasse in gefräste Fuge“ konnte nur an einem 5-jährigen Objekt (Belag/Metall) durchgeführt werden. Etwa 30% Schäden (Risse und Flankenablösungen) wurden festgestellt.

6 Auswertungen und Beurteilungen

6.1 Stellenwert von Anschlussfugen

Alle technischen Vertreter der Bauherren sind sich der Problematik der Wirtschaftlichkeit von Anschlussfugensystemen bewusst. Wie so oft ist jedoch dieses Wissen bei der Politik nicht angekommen. Oftmals zwingen politische Entscheide den technischen Vertretern (Bauämter) Lösungen und Nichtmassnahmen auf, welche die Wirtschaftlichkeit der Anschlussfugensysteme markant beeinträchtigen.

Ein Beratungsunternehmen auf dem Gebiet des Strassenunterhalts definiert die Wirtschaftlichkeit von Anschlussfugensystemen wie folgt: Der Wert einer Strasse darf durch Flicke nicht gemindert werden.

6.2 Nachhaltigkeit

Die Bestandsaufnahmen haben die Problematik von ungenügend funktionierenden Anschlussfugensystemen und den davon ausgehenden Schäden in Asphaltdecken klar aufgezeigt. Anschlussfugensysteme zwischen Etappen und bei Flickstellen wurden immer wieder als Schwachstellen in Asphaltdecken beobachtet. Ausgehend von Nähten und Anschlüssen bilden sich in den angrenzenden Deckschichten und Belagsaufbauten Risse und Belagsausbrüche. Diese Risse und Belagsausbrüche mindern die Nutzungsdauer der Asphaltdecke. Nicht und ungenügend funktionierende Anschlussfugensysteme beeinträchtigen damit direkt die Nachhaltigkeit von Strassenbelägen. Die Decke muss aufgrund von den von Anschlussfugensystemen ausgehenden Schäden früher als notwendig instandgesetzt werden.

Mit funktionierenden Nähten kann die verlangte Nutzungsdauer von neuen Asphaltdecken sichergestellt werden, bei Flickstellen kann die Nutzungsdauer im Flickbereich sogar verlängert werden. Funktionierende Anschlussfugensysteme stellen somit einen sehr wichtigen Bestandteil zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit von Asphaltdecken dar.

6.3 Normvorgaben in der Schweiz

Bis ins Jahr 2013 gab es in der Schweiz 3 Normen mit teilweise minimalen Vorgaben für die Ausbildung von Anschlussfugensystemen. Ab 2013 wird es noch 2 Normen mit Vorgaben für die Ausbildung von Anschlussfugensystemen geben, da bei der Revision der Norm SN 640 731b [32] zur Norm SN 640 731: 2013 [33] die entsprechenden Textteile aus der Norm entfernt wurden. Ab dem Jahre 2013 sind somit Vorgaben für die Ausbildung von Anschlussfugensystemen in den beiden folgenden Normen vorhanden:

- SN 640 430b: 2008 „Walzasphalt; Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten“ [30].
- SN 640 535c "Grabarbeiten, Stützmauern. Grabarbeiten, Ausführungsvorschriften" [31]

Die Norm SN 640 430b: 2008 [30] enthält die Ausführungsvorschriften für Anschlussfugensystemen bei Neuerstellung von Asphaltdecken. Die Vorgaben betreffen in allgemeiner Form die Konstruktion. Die Norm enthält keine Vorgaben an Materialspezifikationen, Materialverbrauch, Einbaudicke oder auch Einbauart. Aus der Norm können keine Anforderungen an die Materialien abgeleitet werden.

«Der Einbau ist so zu organisieren, dass möglichst wenig Arbeitsnähte entstehen. Die Arbeitsnähte übereinanderliegender Schichten sind um mindestens 150 mm gegeneinander zu versetzen. Der Verdichtung von Nahtzonen ist besondere Beachtung zu schenken. Bei halbseitigem Einbau von Deckschichten ist zu verhindern, dass der Rand der Längsfuge überfahren wird. Der Rand des ersten Einbaustreifens ist mit einem geeigneten Gerät zu schneiden und die Schnittfläche mit einem geeigneten Anstrich zu versehen. Zudem kann die Nahtzone mit geeigneten Heizgeräten vorgewärmt werden. Bei

Deckschichten mit SMA, AC MR, S- oder H-Mischgut oder bei Einbauten im Gebirge oder bei kalter Witterung ist auf der Anschlussfläche der Arbeitsnähte ein Fugenband, Heissbitumen oder eine geeignete Masse aufzubringen. Bei Tragschichten aus AC EME ist ein bitumenhaltiges Fugenband zu verwenden.

Bei Schichten aus offenporigem Asphalt sind, wenn möglich, die Längsnähte zu vermeiden. Die Anschlussflächen der Arbeitsnähte und die unvermeidbaren Längsnähte dürfen nicht mit einem Anstrich behandelt werden, da sonst der Durchfluss des Wassers nicht mehr möglich ist. Die Nahtzone darf nicht mit Heizgeräten vorgewärmt werden.»

Die SN 640 535c "Grabarbeiten, Stützmauern. Grabarbeiten, Ausführungsvorschriften" [31] aus dem Jahre 2005 enthält Ausführungsvorschriften für die Wiederherstellung von Tragschicht und Decke. Die Vorgaben betreffen in allgemeiner Form die Konstruktion und die geometrische Anordnung der Anschlüsse. Die Norm enthält keinerlei Vorgaben an die Ausbildung der eigentlichen Naht, keine Vorgaben an Materialspezifikationen, Materialverbrauch, Einbaudicke oder auch Einbauart. Aus der Norm können keine Anforderungen an die Materialien abgeleitet werden.

Aufgrund der ungenügenden Vorgaben in den Schweizer Normen weichen die Materialhersteller aus und spezifizieren ihre Produkte vorwiegend nach dem Deutschen Regelwerk ZTV-Fug-StB 01 [26]. Die Bauherren und Planer weichen dagegen nicht auf ausländische Normen und Regelwerke aus. Dies hat zur Folge, dass die Anschlussfugensysteme selten geplant sind, sondern die Ausführung oftmals dem Unternehmer überlassen ist. Zusammenfassend kann die Situation der Normenvorgaben in der Schweiz hinsichtlich der Ausbildung der Nähte und Anschlüsse als äusserst dürftig beurteilt werden. Die normative Situation wird der wirtschaftlichen Bedeutung von Anschlussfugensystemen nicht gerecht. Den Bauherren, Planern und Unternehmern stehen keine Werkzeuge für die konstruktive und materialmässige Planung sowie für die Ausführung von Anschlussfugensystemen zur Verfügung. Es bestehen keinerlei Vorgaben und Anforderungen an Baustoffe wie bitumenhaltige Fugenbänder, Massen usw.

6.4 Systemeignung

Die Bestandsaufnahme bei den Bauherren zeigt sehr deutlich eine Dominanz der beiden Anschlussfugensysteme Fugenband und Plastmasse, zusammen decken die beiden Anschlussfugensysteme über 90 % der Anwendung ab. Die übrigen Anschlussfugensysteme spielen eine untergeordnete Rolle und gelangen allenfalls, wie das Anschlussfugensystem "Fugenmasse in gefräste Fuge", bei Spezialanwendungen zur Anwendung.

Aufgrund der Auswertung der Literaturrecherche, den Befragungen und den Bestandsaufnahmen werden die verschiedenen Anschlussfugensysteme hinsichtlich ihrer Eignung und Anwendungstauglichkeit in der folgenden Tabelle Abb. 6.62 beurteilt.

Abb. 6.62 Eignung von Anschlussfugensystemen

Anschlussfugensystem	Flickstelle nach Aufgrabung, Asphalt-Asphalt	Neubau, Längs- und Quernaht Asphalt-Asphalt	Neubau, Asphalt-Beton und Einbauten
Fugenband SK (selbstklebend, Reaktivkleber)	++	+	-
Fugenband SK (selbstklebend, Kontaktkleber)	+	+	-
Fugenband AS (angeschmolzen)	++	+	+
Fugenband HE (heiss extrudiert)	+	++	-
Plastmasse	+	+	-
Bitumenanstrich (Emulsion / Lackbitumen)	-	-	-
Fugenmasseanstrich	-	++	-
Fugenmasse in gefräste Fuge	+	++ (Quernaht, Anschluss mit MA)	++
++	gute Eignung und Anwendungstauglichkeit		
+	befriedigende Eignung und Anwendungstauglichkeit		
-	unbefriedigende Eignung und Anwendungstauglichkeit		

6.5 Marktangebot

Von Produzenten werden die folgenden Anschlussfugensysteme angeboten:

- Fugenband selbstklebend, mit und ohne Voranstrich
- Fugenband schmelzbar, mit und ohne Voranstrich
- Fugenband extrudiert
- Plastmassen
- Fugenmasse

Lackbitumen und Emulsion werden auf dem Markt als Anschlussfugensysteme nicht angeboten, sie gelangen in Deckschichten als Anschlussfugensysteme auch nicht zur Anwendung.

Lackbitumen und Emulsion werden von den Unternehmungen allenfalls in Binderschichten angewendet.

6.6 Schadensmechanismen und massgebende Parameter

Aufgrund der Bestandsaufnahmen und der Literaturrecherche lassen sich bei den Schadensbildern mehrere Systematiken erkennen. Die zugehörigen Schadensmechanismen können daraus jedoch nicht abschliessend abgeleitet werden.

Aufgrund der Schadensbilder wie Ablösungen des Fugenbands auf der kalten Seite, Rissbildung in der Naht, Rissbildung entlang der Naht im alten und im neuen Belag, Rissbildung im neuen Belag oberhalb Abtreppungen werden geometrischer Aufbau der Anschlussfuge, Arbeitsschritte und Ausführungsqualität sowie Materialmenge und Materialeigenschaften als massgebende Einflussfaktoren vermutet. Diese massgebende Einflussfaktoren werden im Folgenden einzelnen beschrieben.

6.6.1 Geometrischer Aufbau und Arbeitsschritte

Beim geometrischen Aufbau der Nähte und Anschlüsse gelangen in der Schweiz überwiegend die beiden Varianten mit und ohne Abtreppung zum Einsatz. Die Flanken der Belagsschichten werden dabei vertikal ausgebildet. Die Variante mit Abtreppung ist dabei oftmals mit einer 2-Phasen-Ausführung verknüpft.

Bei der Variante ohne Abtreppung wirken alle horizontalen und vertikalen Bewegungen direkt auf das Anschlussfugensystem ein. Die horizontalen Bewegungen entstehen durch temperaturbedingte Längenänderungen in den Belagsschichten, die vertikalen durch Nachverdichtung und durch Überrolleffekte.

Bei der Variante mit Abtreppung werden die horizontal auf das Anschlussfugensystem einwirkenden Bewegungen durch die horizontale Klebfläche zwischen Deckschicht und Binderschicht markant reduziert. Die vertikal auf das Anschlussfugensystem einwirkenden Bewegungen sind durch die Abtreppung eliminiert.

Bei der 2-Phasen-Ausführung bei Flickstellen nach Aufgrabungen wird die Abtreppung in der Deckschicht erst zu einem späteren Zeitpunkt erstellt. Damit können allfällige Setzungen in der Flickstelle durch die Deckschicht aufgenommen werden.

6.6.2 Ausführungsqualität

Die Ausführungsqualität beeinflusst das Funktionieren eines Anschlussfugensystems markant.

Bei der Ausführungsqualität stehen vorwiegend die folgenden Faktoren im Vordergrund:

- Witterungsbedingungen
- Trockenheit bestehender Belag
- geometrische Ausbildung der Flanken der bestehenden Belagsschichten
- Sauberkeit der Flanken der bestehenden Belagsschichten
- Einbautemperatur der neuen Belagsschichten
- Verbund zwischen Anschlussfugensystem und den angrenzenden Belagsschichten (bestehend und Flickstelle)
- T-förmiges beidseitiges Verwalzen des überstehenden Fugenbandteils auf die Oberfläche des Deckbelags
- Auftragsmenge bei Plastmassen

6.6.3 Materialmenge und Materialeigenschaften

Materialmenge und Materialeigenschaften beeinflussen das Funktionieren von Anschlussfugensystemen. Diese werden auf Dehnung und Stauchung beansprucht, bei der Dehnung müssen die Materialien die entsprechenden Dehn- und Verbundeigenschaften aufweisen. Das Dehnverhalten wird dabei zusätzlich auch massgeblich von der Materialmenge beeinflusst.

Anschlussfugensysteme wie Bitumenanstrich mit minimalem Materialauftrag haben in der Praxis ein ungenügendes Verhalten gezeigt. Bei den Anschlussfugensystemen mit Plastmasse- bzw. Fugenmasseanstrich führt das Unterschreiten der minimalen Auftragsmengen zum vermehrten Versagen des Anschlussfugensystems.

7 Folgerungen

Dieses Forschungsprojekt liefert die Erkenntnisse, dass sich die zur Anwendung gelangenden Anschlussfugensysteme in der Praxis nur teilweise bewähren. Dabei scheinen die Dimensionierung der Anschlussfugen und die Materialeigenschaften einen massgeblichen Einfluss aufzuweisen.

Zusammenfassend bleibt der Eindruck zurück, dass insbesondere im Bereich der Flickstellen nach Aufgrabungen ein grosser Handlungsbedarf besteht. Das Versagen der Anschlussfugen bei diesen Flickstellen führt häufig zu einem unnötigen Werteverlust der Strasse.

7.1 Eignung der Anschlussfugensysteme

Bei den Anschlussfugensystemen stehen eindeutig die beiden Systeme mit Fugenband und mit Plastmasse im Vordergrund. Fugenbänder gelangen dabei bevorzugt bei Flickstellen, Plastmassen bei grösseren Asphaltierungsarbeiten zum Einsatz. Diese beiden Systeme ergeben bei richtiger Anwendung ein gutes Verhalten von Anschlüssen bzw. von Nähten zwischen zwei Asphaltdecken. Die übrigen Anschlussfugensysteme können als untauglich oder zu aufwendig in der Ausführung beurteilt werden.

Im Übergang von Asphalt zu Beton hat sich die vergossene Fuge als Standard etabliert. Die Erfahrungen mit der verfüllten Fuge zwischen Asphalt und Beton können als durchaus befriedigend beurteilt werden.

7.2 Eignung von Materialeigenschaften

Bei den Materialeigenschaften werden die folgenden Eigenschaften als geeignet beurteilt um das Leistungsvermögen von Nahtmaterialien zu charakterisieren:

- Haftvermögen
Das Haftvermögen erlaubt Aussagen zum Verbund zwischen Nahtmaterial und angrenzenden Asphaltsschichten.
- Viskoelastizität
Die Viskoelastizität gibt Erkenntnisse zum Verhalten des Materials bei den unterschiedlichen Witterungsbedingungen.

Die übrigen bekannten Materialeigenschaften mit den entsprechenden Prüfverfahren ergeben keine brauchbare Hinweise zum Verhalten des Nahtmaterialien im Anschlussfugensystem, sie können jedoch für die "Werkseigene Produktionskontrolle" durchaus sinnvoll sein.

7.3 Prüfverfahren

Die Nahtmaterialien müssen hinsichtlich der Eigenschaften Haftvermögen und Viskoelastizität ein entsprechendes Leistungsvermögen aufweisen. An diese Eigenschaften müssen in den Schweizer Normen Anforderungen gestellt werden. Die Nahtmaterialien müssen den Nachweis erbringen, dass die Anforderungen erfüllt sind.

7.4 Systemvorgaben

In der Schweiz besteht ein grosses Manko an Systemvorgaben. Die Schweizer Normen behandeln das Thema Nähte und Anschlüsse nicht bzw. nicht ausreichend. Dieses grosse Manko führt einerseits zu markanten wirtschaftlichen Schäden durch Wertminderung an Strassen infolge von Schäden am Asphaltbelag im Umfeld von Anschlussfugensystemen und andererseits auch zur Beeinträchtigung der Nachhaltigkeit von Strassenbelägen.

Die ab 2013 geltenden Schweizer Normen enthalten ungenügende bzw. keine Vorgaben zur geometrischen Ausbildung von Anschlüssen.

Eindeutige normative Vorgaben an die Anschlussfugensysteme sowie an die geometrischen Ausbildungen von Nähten und Anschlüssen würden den Bauherren, den Bauunternehmern sowie den Materiallieferanten eine Hilfestellung bieten, um die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Flickstellen in Asphaltdecken markant zu verbessern.

Die Schweizer Normen bedürfen diesbezüglich dringend einer Ergänzung.

8 Empfehlungen für weiteres Vorgehen

In der Schweiz ist der Kenntnisstand über die Auswirkungen von Materialabmessungen und Materialeigenschaften auf das Verhalten der Anschlussfugensysteme ungenügend. Die Schweizer Normen beinhalten keine Anforderungen an die Materialeigenschaften und keine Vorgaben an die geometrische Ausgestaltung von Asphaltnähten und Anschlüssen.

Das in der Praxis festgestellte Verhalten der Anschlussfugensysteme kann demzufolge nicht mit Vorgaben aus den Schweizer Normen verglichen werden. Es ist keine Aussage möglich, inwieweit das Materialverhalten der Grund für die Ablösungen von Anschlussfugensystemen ist.

Diese Wissenslücke gilt es, im Hinblick auf eine dringend notwendige Minimierung des Versagensrisikos von Anschlussfugensystemen, zu schliessen. Zurzeit ist der Wissensstand in der Schweiz nicht ausreichend, um Vorschläge für normative Vorgaben ausarbeiten zu können.

Das Verhalten von Anschlussfugensystemen ist daher einerseits in Bezug auf Materialeigenschaften und andererseits auf den Einfluss der Abmessungen und Ausgestaltung der eigentlichen Nahtverbindung weiter abzuklären.

Der Einfluss der folgenden Materialeigenschaften benötigt weitere Abklärung in Bezug auf das

- Verbundverhalten zu angrenzenden Belagsschichten
- Dehnverhalten
- Spannungsabbauverhalten unter Dehnung

Die dazu notwendigen Prüfverfahren sind abzuklären und zu definieren.

Der Einfluss von Abmessungen und Ausgestaltung der Anschlussfugensysteme benötigt weitere Abklärung in Bezug auf

- die Breite der Nahtverbindung bzw. Materialmenge
- die Ausgestaltung der Nahtverbindung
- den Einfluss des Schichtenverbunds zwischen den bitumenhaltigen Schichten im Nahtbereich.

Anhänge

I	Fotodokumentation Bestandsaufnahme	88
I.1	Anschlussfugensysteme mit Fugenband	88
I.2	Anschlussfugensysteme „Plastmasse“	92
I.3	Anschlussfugensystem „Fugenmasseanstrich“	94
I.4	Anschlussfugensystem „keine Massnahme“	95
I.5	Anschlussfugensystem „Asphalt - Beton“	97
I.6	Anschlussfugensystem „Asphalt - Stahl“	99
II	Beispiele von Systemvorgaben und Ausschreibungstexten	101
II.1	Auszug aus „Gesuch für eine Aufgrabungsbewilligung im Staatsstrassengebiet“ der Baudirektion des Kantons Zürich	101
II.2	Auszug aus „Ausführungsempfehlungen für Belagsarbeiten“ vom Tiefbauamt des Kantons Graubünden bei Arbeitsnähten und Grabenauffüllung	103

I Fotodokumentation Bestandsaufnahme

I.1 Anschlussfugensysteme mit Fugenband

I.1.1 Anschlussfugensysteme „Fugenband selbstklebend“



Abb. I.1 Anschlussfuge mit selbstklebendem Fugenband.



Abb. I.2 Anschlussfuge mit selbstklebendem Fugenband.



Abb. I.3 Anschlussfuge mit selbstklebendem Fugenband.



Abb. 1.4 Anschlussfuge mit selbstklebendem Fugenband.



Abb. 1.5 Anschlussfuge mit selbstklebendem Fugenband.



Abb. 1.6 Anschlussfuge mit selbstklebendem Fugenband.

I.1.2 Anschlussfugensysteme „Fugenband angeflämmt“



Abb. I.7 Anschlussfuge mit angeflämmten Fugenband.



Abb. I.8 Anschlussfuge mit angeflämmten Fugenband.



Abb. I.9 Anschlussfuge mit angeflämmten Fugenband.

I.1.3 Anschlussfugensysteme „Fugenband heiss extrudiert“



Abb. I.10 Anschlussfuge mit heiss extrudiertem Fugenband.



Abb. I.11 Anschlussfuge mit heiss extrudiertem Fugenband.



Abb. I.12 Anschlussfuge mit heiss extrudiertem Fugenband.

I.2 Anschlussfugensysteme „Plastmasse“



Abb. I.13 Anschlussfuge mit Plastmasse.



Abb. I.14 Anschlussfuge mit Plastmasse.



Abb. I.15 Anschlussfuge mit Plastmasse.



Abb. I.16 Anschlussfuge mit Plastmasse.



Abb. I.17 Anschlussfuge mit Plastmasse.



Abb. I.18 Anschlussfuge mit Plastmasse.



Abb. I.19 Anschlussfuge mit Plastmasse.

I.3 Anschlussfugensystem „Fugenmasseanstrich“



Abb. I.20 Anschlussfuge mit Fugenmasseanstrich.

I.4 Anschlussfugensystem „keine Massnahme“



Abb. I.21 Anschlussfuge „keine Massnahme“.



Abb. I.22 Anschlussfuge „keine Massnahme“.



Abb. I.23 Anschlussfuge „keine Massnahme“.



Abb. I.24 Anschlussfuge „keine Massnahme“.



Abb. I.25 Anschlussfuge „keine Massnahme“.



Abb. I.26 Anschlussfuge „keine Massnahme“.

I.5 Anschlussfugensystem „Asphalt - Beton“



Abb. I.27 Anschlussfuge „Asphalt - Beton“.



Abb. I.28 Anschlussfuge „Asphalt - Beton“.



Abb. I.29 Anschlussfuge „Asphalt - Beton“.



Abb. I.30 Anschlussfuge „Asphalt - Beton“.



Abb. I.31 Anschlussfuge „Asphalt - Beton“.



Abb. I.32 Anschlussfuge „Asphalt - Beton“.



Abb. I.33 Anschlussfuge „Asphalt - Beton“.

I.6 Anschlussfugensystem „Asphalt - Stahl“



Abb. I.34 Anschlussfuge „Asphalt - Stahl“.

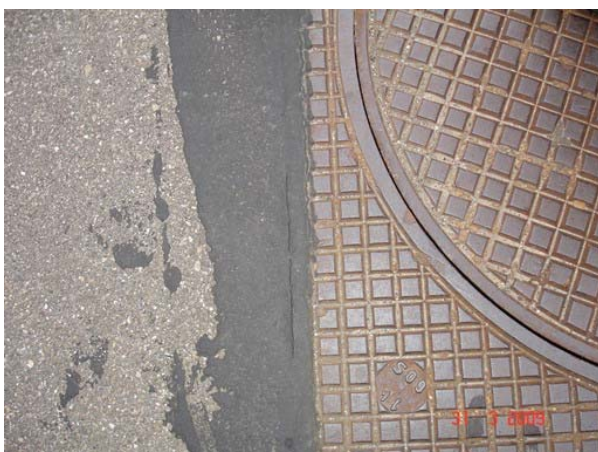


Abb. I.35 Anschlussfuge „Asphalt - Stahl“.

II Beispiele von Systemvorgaben und Ausschreibungstexten

II.1 Auszug aus „Gesuch für eine Aufgrabungsbewilligung im Staatsstrassengebiet“ der Baudirektion des Kantons Zürich



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 17.06.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2007/401

Projekttitel: Anforderungen an Anschlussfugensysteme in Asphaltdecken - Teil 1: Praxiserfahrung

Enddatum:

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die durchgeführten Bestandsaufnahmen haben die Problematik von ungenügend funktionierenden Anschlussfugensystemen aufgezeigt. Anschlussfugensysteme zwischen (Arbeits-) Etappen und bei Flickstellen werden immer wieder als Schwachstellen beobachtet. Ausgehend von Nähten und Anschlüssen bilden sich in den angrenzenden Belagsschichten Risse und Ausbrüche. Diese Mängel und Schäden mindern die Nutzungsdauer der Asphaltdecken. Nicht oder ungenügend funktionierende Anschlussfugensysteme beeinträchtigen damit direkt die Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Strassenbelägen, die Decke muss aufgrund von den von Anschlussfugensystemen ausgehenden Schäden früher als geplant instandgesetzt werden. Mit funktionierenden Nähten kann die verlangte Nutzungsdauer von neuen Asphaltdecken sichergestellt, bei Flickstellen kann die Nutzungsdauer im Flickbereich sogar verlängert werden. Funktionierende Anschlussfugensysteme stellen somit einen sehr wichtigen Bestandteil zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Asphaltdecken dar.

In der Praxis stehen die beiden Systeme mit Fugenband und mit Plastmasse eindeutig im Vordergrund. Fugenbänder gelangen dabei bevorzugt bei Flickstellen, Plastmassen bei grösseren Asphaltierungsarbeiten zum Einsatz. Diese beiden Systeme ergeben bei fachgerechter Ausführung und richtiger Geometrie ein gutes Verhalten von Anschlüssen bzw. von Nähten zwischen zwei Asphaltdecken. Die übrigen Anschlussfugensysteme können als untauglich oder in der Ausführung als zu aufwendig beurteilt werden.

Bei den Materialien stehen die Eigenschaften Haftvermögen und Viskoelastizität im Vordergrund. Das Haftvermögen erlaubt Aussagen zum Verbund zwischen Nahtmaterial und angrenzenden Asphaltsschichten. Die Viskoelastizität gibt Erkenntnisse zum Verhalten des Materials bei den unterschiedlichen Witterungsbedingungen. Die übrigen Eigenschaften ergeben kaum brauchbare Hinweise zum Verhalten des Materials im Anschlussfugensystem.

Die Forschungsarbeit zeigt für die Schweiz ein grosses Manko an Systemvorgaben von Anschlussfugensysteme auf. Die Schweizer Normen behandeln das Thema Nähte und Anschlüsse gar nicht oder unzureichend. Die Wahl des Anschlussfugensystems hängt oftmals von den persönlichen Überzeugungen der Beteiligten ab. Diese Randbedingungen führen einerseits zu markanten Kosten durch Wertminderung der Strassen infolge von Schäden am Asphaltbelag im Bereich von Anschlussfugensystemen, andererseits auch zur Beeinträchtigung der Nachhaltigkeit von Strassenbelägen. Mit den ab 2013 geltenden Schweizer Normen SN 640 430b und SN 640 535c wird die ungenügende Situation noch zusätzlich verschärft. Diese Normen enthalten ungenügende bzw. keine Vorgaben zur geometrischen Ausbildung von Anschlüssen. Aufgrund der ungenügenden Vorgaben in den Schweizer Normen weichen die Materialhersteller aus und spezifizieren ihre Produkte vorwiegend nach dem Deutschen Regelwerk ZTV-Fug StB 01. Die Bauherren und Planer dagegen berücksichtigen die ausländischen Normen und Regelwerke nicht mit dem Ergebnis, dass die Anschlussfugensysteme selten geplant werden, sondern die Ausführung oftmals dem Unternehmer überlassen wird.

Auszug aus den Allgemeinen Bedingungen für das Verlegen von Leitungen im Staatsstrassengebiet (Ausgabe 1. August 2006)

3. Planung

Für das Verlegen von Leitungen im Staatsstrassengebiet sind die Empfehlung SIA 205/2003, die SN (Schweizer Normen) sowie die Normen des Kantons Zürich massgebend.
Für die minimalen Verlegetiefen bzw. Überdeckungen ab OK Belag sind die Empfehlungen SIA 205/2003 einzuplanen und einzuhalten.

- Kommunikationsleitungen	min. 50 cm
- Elektroleitungen	min. 70 cm

6.1 Die Belagsinstandsetzung erfolgt gemäss der erteilten Bewilligung und in Absprache mit dem Unterhaltsbezirk.

6.2.1 Der Belagseinbau hat in grösseren, rechteckigen Flächen, nötigenfalls bis zur ganzen Fahrbahn- oder Gehwegbreite zu erfolgen.

7. Verrechnung

7.1. Bei Instandsetzung durch das TBA/SI

Die Verrechnung basiert auf dem Grabentarif des Tiefbauamtes.

9.1. Allgemeines

9.1.1 Über den Beginn der Aufgrabungsarbeiten hat der Leitungseigentümer den zuständigen Betriebsleiter des Unterhaltsbezirkes mindestens drei Arbeitstage im Voraus zu benachrichtigen.

9.1.2 Für die Signalisation der Baustelle ist das Normblatt SN 640 886 massgebend.

9.1.3 Grundsätzlich gilt die Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz der Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer bei Bauarbeiten (Bauarbeitenverordnung, BauAV) vom 29. Juni 2005.

9.1.4 Wenn voraussichtlich mehr als 30 m³ Ausbauasphalt anfallen, muss gemäss der „Richtlinie für die Verwertung mineralischer Bauabfälle“ vom BUWAL (Juli 1997) der Belag vorgängig auf polyzyklische aromatische Kohlenwasserstoffe (PAK) untersucht werden.

9.1.5 Verunreinigte Anlageteile sind sofort zu reinigen. Im Unterlassungsfall wird die Reinigung auf Kosten des Leitungseigentümers durch das TBA angeordnet.

9.1.6 Mindestens 20 cm über der Leitung ist ein Warnband aus Kunststoff auf die ganze Grabenlänge zu verlegen.

9.2. Grabarbeiten und Wiederinstandsetzungen

9.2.1 Für die Grabarbeiten und Wiederinstandsetzungen ist die Norm 640 535 mit nachfolgenden Änderungen und Ergänzungen massgebend.

Bei Leitungen sind folgende minimale Grabenbreiten zu berücksichtigen:

- Fahrbahn	≥ 85 cm (Walzenbreite 80 cm)
- Rad- und Gehweg	≥ 65 cm (Walzenbreite 60 cm)

9.2.2 Die Wiederinstandsetzung der Fundamentalschicht (Kieskoffer) hat in folgenden Stärken zu erfolgen:

- Fahrbahn	Oberbau 70 cm, abzüglich bituminöse Belagsdicke
- Rad- und Gehweg	Oberbau 55 cm, abzüglich bituminöse Belagsdicke

Bei besonderen Verhältnissen (spez. Baugrund oder stabilisierter Koffer) bleiben weitere Weisungen des Betriebsleiters des Unterhaltsbezirkes vorbehalten.

9.3. Nachschneiden/Restflächen

9.3.1 Nachschneiden

Die minimale, durch Aushubarbeiten gestörte Breite im bestehenden Oberbau beträgt in der Regel in der Fahrbahn 20 cm pro Grabenseite und im Rad- und Gehweg 10 cm.

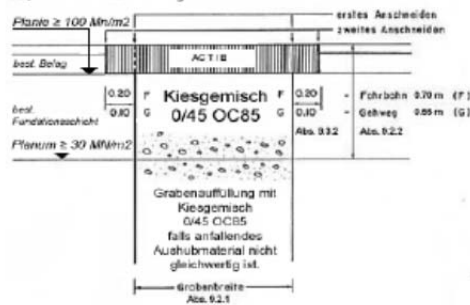
Auszug aus den Preisgrundlagen (Ausgabe 1. August 2006)

I) Gebühren / Zusatzaufwendungen

- Untersuchungsgebühr für die Behandlung des Grabenaufbruchgesuches: Pauschal Fr. 150.00, für Rechnungen an zwei Adressen Fr. 250.00. Falls eine kostenpflichtige Bewilligung zur Benützung des Staatsstrassengebietes (Verfügung) erteilt wird, entfällt diese Pauschale: Die Untersuchungsgebühr ist in diesem Fall Bestandteil der Verfügung und beträgt mindestens Fr. 400.00.

Grabenquerschnitt in Staatsstrassen

A.) nach Bauvollendung:



B.) in einem späteren Zeitpunkt:



Für die Grabenauffüllung kann je nach Schutzzone nach Absprache mit dem Betriebsleiter des Unterhaltsbezirks auch Gemisch RCB 0/45 OC 85 verwendet werden.

II.2 Auszug aus „Ausführungsempfehlungen für Belagsarbeiten“ vom Tiefbauamt des Kantons Graubünden bei Arbeitsnähten und Grabenauffüllung



5.2.4.2 Walzeinsatz

Das Mischgut ist mit möglichst hoher Vorverdichtung einzubauen. Hohe Vorverdichtung erspart Walzarbeit und reduziert die Gefahr von Schäden durch fehlerhaftes Walzen.

Direkt hinter dem Fertiger sind wirksame Walzen einzusetzen.

Auf dünnen Deckschichten können zu viele Walzübergänge mit Vibration den Schichtverbund verschlechtern. 3 - 4 Passen sind normalerweise optimal.

Um eine gute und gleichmässige Verdichtung zu erreichen, hat sich der Einsatz von 3 Walzen in der Reihenfolge Vibro-, Gummirad- und statische Glattmantelwalze bewährt.

Grundsätzlich ist die Wahl der Walzen und die Reihenfolge des Einsatzes den örtlichen Gegebenheiten anzupassen. Massgebend ist, dass die geforderten Verdichtungswerte erreicht werden.

Werden 2 Schichten im gleichen Jahr eingebaut, so kann bei der ersten Schicht auf die Gummiradwalze verzichtet werden, sofern die notwendige Verdichtung erreicht wird.

Die Arbeitsfugen sollten ohne Vibration (mit schwerer Glättwalze) verdichtet werden, um Kornertrümmern im Nahtbereich zu vermeiden.

Jeder Walzenführer muss unbedingt darüber informiert sein, wie viel Walzübergänge und welche Bahnbreite seinem Gerät zugeordnet sind. Die Verdichtung muss ausreichend und über die ganze Breite gleichmässig sein. Mit dem Walzen wird immer hinten auf dem bereits verdichteten Belag begonnen und zum Fertiger hin und in derselben Bahn zurückgefahren.

Das Übersetzen, d.h. das Wechseln auf die nächste Bahn, erfolgt stets hinten auf dem durch die zweite Walze verdichteten Belag um eine volle Walzbreite mit einer Überlappung von ca. 10 cm.

5.2.5 Arbeitsnähte (zu Ziffer 36 von [2])

Die besten Voraussetzungen für gute Längsnähte bietet der Einbau "heiss an heiss" mit zwei Fertigern im gestaffelten Einsatz.

Ist diese Arbeitsweise nicht möglich, so muss einer guten Ausführung der Arbeitsnähte besondere Beachtung geschenkt werden. Der Einbau ist so zu organisieren, dass möglichst wenige Arbeitsnähte entstehen. Der Arbeitsablauf ist vor Arbeitsbeginn mit der Bauleitung abzusprechen. Auf dem gesamten Belagsquerschnitt müssen alle Längsnähte und Anschlüsse um mind. 15 cm gegeneinander versetzt werden.

5.2.5.1 Einbau „heiss an kalt“ ohne Fugenbänder

Für eine optimale Nahtqualität ist eine gute Verzahnung und Verklebung die Voraussetzung.

Dabei ist folgendes zu beachten:

- Die erste Einbaubahn muss bis zur Kante (Arbeitsnaht) konstant und normkonform verdichtet sein.
- Die Kante selbst sollte leicht angeschrägt bis vertikal sein und eine raue Oberfläche aufweisen.
- Das Herstellen der Kante kann erfolgen:
 - Mittels Kantenschrägformer am Fertiger.
 - Durch Abschneiden eines Streifens mit einem an der Walze befestigten Schneidrad, solange das eingebaute Mischgut noch warm ist.
- Für die Verklebung der Naht bestehen folgende Möglichkeiten:
 - Das Anstreichen der Kante mit Heissbitumen (nicht überhitzen!).
 - Das Anstreichen der Kante mit einer bituminösen Anstrichmasse.



5.2.5.2 Einbau „heiss an kalt“ mit bituminösen Fugenbändern

Bei der Verwendung von bituminösen Fugenbändern ist der Verarbeitung besondere Beachtung zu schenken. Das kalte Anklopfen des Fugenbandes führt höchstens zu einer Montagehaftung. Die Gefahr späterer Fugenöffnung ist hier besonders gross.

In der Praxis sind folgende Punkte zu beachten:

- Die Kante der ersten Einbaubahn muss sauber sein. Dem ist insbesondere beim Nassschneiden besondere Beachtung zu schenken.
- Die Kante ist mit einem bituminösen Voranstrich zu versehen, der auf das verwendete Bitumenfugenband abgestimmt ist.
- Der Voranstrich muss trocken sein, bevor das Bitumenfugenband appliziert wird.
- Das Bitumenfugenband soll mindestens dieselbe Höhe haben wie die Dicke des eingebauten Belages, darf aber auch bis zu 5 mm überstehen.
- Das zu applizierende Bitumenfugenband muss auf der Seite, die gegen den bestehenden Belag zu liegen kommt, mit Propangas angeheizt werden, so dass ein etwas flüssiger Bitumenfilm entsteht.
Dies ergibt beim Anpressen des Bitumenbandes zusammen mit dem bitumenhaltigen Haftgrund auf der Belagskante eine optimale Verklebung. Der Einsatz der Gasflamme ist zwingend.
- Das Band sollte nicht zu früh angeklebt werden, damit die Transportfahrzeuge die fertig vorbereitete Fuge nicht überfahren.
- Die Verbindung auf der „heissen“ Seite erfolgt durch die Einbautemperatur des Mischgutes.

5.2.5.3 Walzen der Längsnähte

Bei der Nahtverdichtung arbeitet die Walze auf dem kalten Belag und mit 10- 20 cm Überlappung auf den heissen Belag.

Bei starkem Verkehr und Platzmangel wird die Naht mit der Walze auf dem heissen Belag mit 10 - 20 cm Überlappung auf den kalten Belag abgewalzt.

5.2.6 Belagsränder (zu Ziffer 37 von [2])

5.2.6.1 Mit Randeinfassungen (zu Ziffer 37.1 [2])

Die Belagsfläche muss die Belagsabschlüsse um max. 10 mm und die inneren Einbauten um max. 5 mm überragen.

5.2.6.2 Ohne Randeinfassungen (zu Ziffer 37.2 [2])

Die Ränder der bituminösen Schichten sind einwandfrei zu verdichten und seitlich anzuklopfen. Sie sind auf etwa 5 cm Breite sowie auf der Seitenfläche mit einem Anstrich zu versehen. **Trag- und Binderschichten werden ausschliesslich mit seitlich angebrachten Abkantblechen eingebaut.**

Rigolen werden bei 1-schichtigen AC T und bei Deckschichten mit der Einbaumaschine ausgebildet. Bei 2-schichtigen AC T wird die Rigole nach dem Einbau der 2. Schicht eingefräst. In diesem Fall wird in der Planie die Rigole nicht ausgebildet.

Rigolen (AC T, AC) sind mit einem Anstrich zu versehen. Bei AC T-Rigolen ist der Anstrich mit Emulsion (60%) auszuführen (mind. 1.5 kg/m²), bei AC-Rigolen mit einer bituminösen Schlämme (mind. 2.0 kg/m²).

5.2.7 Verkehrsfreigabe (zu Ziffer 41 [2])

Jeder Belag sollte **vor dem Einbau einer weiteren Schicht** sowie vor der Verkehrsfreigabe auf seiner Gesamtdicke ausgekühlt sein, ansonsten können Unebenheiten wie Spurrinnen etc. auftreten.



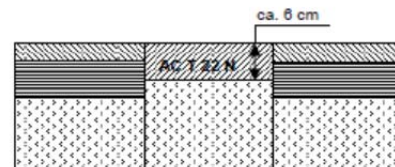
5.4. Grabenauffüllung

Der Graben ist bis UK Belag mit zugeführtem Koffermaterial in verdichteten Schichten zu max. 40 cm Stärke aufzufüllen. Die minimale Kofferstärke beträgt 80 cm.

Bei besonderen Umständen kann mit Zustimmung des zuständigen Bezirks (siehe nächste Seite) das vorhandene Material wieder in verdichteten Schichten eingefüllt werden.

5.4.1 Provisorische Instandsetzung

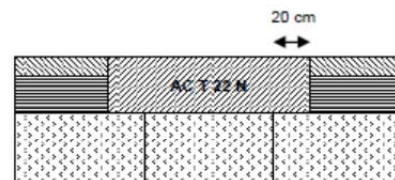
- Nachverdichten der Fundationsschicht
- Erstellen der Rohplanie
- Einbauen und Verdichten der AC T 22 N ca. 6 cm stark



5.4.2 Definitive Instandsetzung

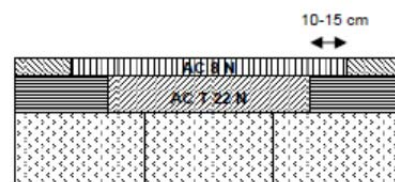
5.4.2.1 Phase 1

- Nachschneiden des Belages 20 cm ausserhalb des Grabenrandes
- Erstellen der Reinplanie
- Reinigen und Vorbehandeln der Schnittflächen
- Einbauen und Verdichten der Tragschicht von UK vorhandener Belagsstärke bis OK Strasse mit AC T 22 N, pro Schicht max. 9.0 cm



5.4.2.2 Phase 2

- Abfräsen der Tragschicht auf die Stärke der Deckschicht mit 10 - 15 cm Überlappung
- Reinigung und Voranstrich der Tragschicht
- Vorbehandlung der Schnittflächen (Fugenband)
- Einbauen und Verdichten der Deckschicht mit AC 8 N, 3 cm stark



Nach einmaliger Aufforderung zu erfüllen, sonst Ausführung durch Tiefbauamt gegen Verrechnung

5.4.3 Anmerkungen

1. Bei einschichtigen Belägen sind nach einem Jahr eingetretene Setzungen zu fräsen und mit AC T N-Mischgut von geeigneter Körnung auszugleichen.
2. Für den Voranstrich der gefrästen Tragschicht ist Bitumenemulsion zu verwenden.
3. Für die Vorbehandlung der Schnittflächen ist zu verwenden:
 - a) bei Tragschichten: Heissbitumen oder geeignete Anstrichmasse
 - b) bei Deckschichten: Bituminöses Fugenband
4. Für die Ergänzung der Deckschicht ist dasselbe Mischgut zu verwenden wie bei der bestehenden Deckschicht.
5. Bei Baubeginn ist der zuständige Bezirk des Tiefbauamtes Graubünden zu benachrichtigen.

Abkürzungen

Begriff	Bedeutung
DAV	Deutscher Asphaltverband e.V,
FGSV	Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen
ZTV	Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen
TL	Technische Lieferbedingungen
M SNAR	Merkblatt für Schichtenverbund, Nähte, Anschlüsse und Randausbildung von Verkehrsflächen aus Asphalt
RVS	Richtlinien und Vorschriften für das Strassenwesen

Literaturverzeichnis

Literatur

-
- [1] Kandhal, P., Mallick, *Evaluation of various longitudinal joint construction techniques for asphalt airfield pavements*. Proceeding of the 2007 FAA Worldwide Airport Technology Transfer Conference, Atlantic City, New Jersey, USA, April 2007
-
- [2] Kandhal, P., Ramirez, T., Ingram, P., *Evaluation of eight longitudinal joint construction techniques for asphalt pavements in Pennsylvania*. NCAT Report 02-03, February 2002
-
- [3] Gebhards, G., *Nähte und Anschlüsse im Asphaltstrassenbau*, GESTRATA Journal Folge 110, Oktober 2005
-
- [4] Torsten, L., Steffen, R., Gebhards, G., *Anschlüsse im Asphaltstrassenbau*. Fachbeitrag und Sonderdruck aus Strassen- und Tiefbau, Heft 1/2001, 2001
-
- [5] Brown, R., *Longitudinal Joint Density, Basic of longitudinal joint compaction*, Transportation Research Board TRB, Transportation Research Circular E-C105, S. 86-95, 9B, 3Q, 2006
-
- [6] Benson, J.S., Scherocman, J.A., *Longitudinal Joint Density, Construction of durable longitudinal joints*, Transportation Research Board TRB, Transportation Research Circular E-C105, S. 120-138, 22B, 8Q, 2006
-
- [7] Beermann, H., *Bitumenfugenbänder in Asphaltdeckschichten*. Sonderdruck aus der Zeitschrift Bitumen Heft 2 / 1990. 1990
-
- [8] Habersaat, U., *Anschlussfugen im Asphalt, Schwarz und billig verdient die gelbe Karte*. Zeitschrift der Asphaltprofi, Nr. 1, Mai 2008
-
- [9] Metzner, F., *Fugen, Nähte und Anschlüsse im Asphaltstrassenbau*, Referat Nr. 5 des 9. Weimar Strassenbausymposiums der Bauhaus-Universität Weimar, 29.03.2007
-
- [10] Uhlmeyer, J., *Longitudinal Joint Construction Techniques*. Washington State, Departement of Transportation, State Materials Laboratories, Technotes, Februar 2002
-
- [11] Alte-Teigeler, R., Recknagel, Ch., Sondermann, E., *Kommentare zu den Regelungen für Fugen in Verkehrsflächen*. Strasse + Autobahn 56, 2005
-
- [12] Williams, St., Pervis, A., Bhupathiraju, L., Porter, A., *Methods for evaluating longitudinal joint quality in asphalt pavements*. Transport Research Board TRB 2009 Annual Meeting, paper no 09-3357, 2009
-
- [13] Mansfeld, R., *Qualität von Anfang an*. Referat Weimar Strassenbausymposium. 03.04.2008
-
- [14] Alte-Teigeler, R., *Fugen, Nähte und Anschlüsse im Strassenbau, Fachartikel Bitumen, Erscheinungsjahr 2003, Seite 123*
<http://www.oat.de/Download/Fugen,%20Naehete%20und%20Anschluesse%20im%20Strassenbau.pdf>
-
- [15] James, A., Scherocman, P.E., *Construction of Durable Longitudinal Joints*. The Online Magazine of the Asphalt Institute. 303.03.2006
http://www.asphaltmagazine.com/singlenews.asp?item_ID=993&comm=0&list_code_int=MA_G01-INT
-
- [16] Gebhards, G., *Prüfung von Bohrkernen aus Nähten und Anschlüssen*. Fachbeitrag und Sonderdruck aus Strassen- und Tiefbau, Heft 12/99, 1999
-
- [17] EWP
-

Normen und Regelwerke

-
- [18] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV: *M SNAR „Merkblatt für Schichtenverbund, Nähte, Anschlüsse und Randausbildung von Verkehrsflächen aus Asphalt“*, Köln, 1998
-
- [19] *Schichtenverbund Nähte; Anschlüsse Randausbildung; Asphalt Leitfaden*. Deutscher Asphaltverband e.V, 1988
-
- [20] Deutscher Asphaltverband e.V, DAV, *Asphalt Leitfaden, Schichtenverbund Nähte; Anschlüsse Randausbildung*. Mai 2001
-
- [21] Forschungsgesellschaft für das Verkehrs- und Strassenwesen: *RVS 13 541 „Strasseninstandsetzung, Asphaltstrassen – Grundlagen zur Zustands- und Massnahmenbeurteilung“*, Wien, 1993
-
- [22] Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse und Verkehr, Arbeitsgruppe Asphaltstrasse. Arbeitspapier Nr. 5 „*Ränder, Nähte, Anschlüsse*“. Ausgabe Juli 2003
-
- [23] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV, Arbeitsgruppe Asphaltbauwesen FGSV. *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt. ZTV Asphalt-StB 07*, Ausgabe 2007
-
- [24] Schäfer, V. *Schichtenverbund, Nähte, Anschlüsse, Randausbildung, Asphalt Leitfaden*. Deutscher Asphaltverband e.V. Mai 2001
-
- [25] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV, *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Fugen in Verkehrsflächen. ZTV Fug-StB 01. Ausgabe 2001*
-
- [26] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV, *Technische Lieferbedingungen / Prüfvorschriften für Fugenfüllstoffe in Verkehrsflächen. TP/TL Fug-StB 01. Ausgabe 2001*
-
- [27] Milster R., Arlt J., Schumacher J., Moeck. DAV Leitfaden „Aufgrabungen“. Deutscher Asphaltverband e.V. 2. Auflage 2006
-
- [28] *Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV; Kommission für Kommunale Strassen. Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für Aufgrabungen in Verkehrsflächen. ZTV A-StB 12, Ausgabe 2012*
-
- [29] Forschungsgesellschaft für Strassen- und Verkehrswesen FGSV, Arbeitsgruppe Asphaltbauwesen FGSV. *Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Verkehrsflächenbefestigungen aus Asphalt. ZTV Asphalt-StB 08, Abschnitt 3.3*
-
- [30] SN 640 430b: 2008; Walzasphalt; Konzeption, Ausführung und Anforderungen an die eingebauten Schichten, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS; Fachkommission 5, Bau- und Geotechnik
-
- [31] SN 640 535c: 2005; Grabarbeiten, Ausführungsvorschriften, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS; Fachkommission 5, Bautechnik; VSS-Expertenkommission 5.05, Grabarbeiten, Stützmauern.
-
- [32] SN 640 731b: 2001; Erhaltung bitumenhaltiger Oberbauten, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS; Fachkommission 7, Erhaltungsmanagement.
-
- [33] SN 640 731: 2013; Reparatur, Instandsetzung und Erneuerung von Asphaltsschichten, Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS; Fachkommission 5, Bau und Geotechnik
-
- [34] Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse – Schiene - Verkehr; RVS 13.01.43 „*Instandsetzung nach Grabungsarbeiten*“. 1. Ausgabe (September 2009)
-

[35] Österreichische Forschungsgesellschaft Strasse – Schiene - Verkehr; RVS 8S.04.11: Oberbau / Asphalttschichten – Anforderungen an Asphalttschichten“. Ausgabe 2011

[36] SN 670 284a - NA (SN EN 14188-4); Fugeneinlagen und Fugenmassen - Teil 4: Spezifikationen für Voranstriche für Fugeneinlagen und Fugenmassen

[37] SN 670 281a - NA (SN EN 14188-1); Fugeneinlagen und Fugenmassen - Teil 1: Anforderungen an heiss verarbeitbare Fugenmassen

Projektabschluss



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Version vom 09.10.2013

Formular Nr. 3: Projektabschluss

erstellt / geändert am: 17.06.2014

Grunddaten

Projekt-Nr.: VSS 2007/401

Projekttitel: Anforderungen an Anschlussfugensysteme in Asphaltdecken - Teil 1: Praxiserfahrung

Enddatum:

Texte

Zusammenfassung der Projektergebnisse:

Die durchgeführten Bestandsaufnahmen haben die Problematik von ungenügend funktionierenden Anschlussfugensystemen aufgezeigt. Anschlussfugensysteme zwischen (Arbeits-) Etappen und bei Flickstellen werden immer wieder als Schwachstellen beobachtet. Ausgehend von Nähten und Anschlüssen bilden sich in den angrenzenden Belagschichten Risse und Ausbrüche. Diese Mängel und Schäden mindern die Nutzungsdauer der Asphaltdecken. Nicht oder ungenügend funktionierende Anschlussfugensysteme beeinträchtigen damit direkt die Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Strassenbelägen, die Decke muss aufgrund von den von Anschlussfugensystemen ausgehenden Schäden früher als geplant instandgesetzt werden. Mit funktionierenden Nähten kann die verlangte Nutzungsdauer von neuen Asphaltdecken sichergestellt, bei Flickstellen kann die Nutzungsdauer im Flickbereich sogar verlängert werden. Funktionierende Anschlussfugensysteme stellen somit einen sehr wichtigen Bestandteil zur Sicherstellung der Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Asphaltdecken dar.

In der Praxis stehen die beiden Systeme mit Fugenband und mit Plastmasse eindeutig im Vordergrund. Fugenbänder gelangen dabei bevorzugt bei Flickstellen, Plastmassen bei grösseren Asphaltierungsarbeiten zum Einsatz. Diese beiden Systeme ergeben bei fachgerechter Ausführung und richtiger Geometrie ein gutes Verhalten von Anschlüssen bzw. von Nähten zwischen zwei Asphaltdecken. Die übrigen Anschlussfugensysteme können als untauglich oder in der Ausführung als zu aufwendig beurteilt werden.

Bei den Materialien stehen die Eigenschaften Haftvermögen und Viskoelastizität im Vordergrund. Das Haftvermögen erlaubt Aussagen zum Verbund zwischen Nahtmaterial und angrenzenden Asphaltsschichten. Die Viskoelastizität gibt Erkenntnisse zum Verhalten des Materials bei den unterschiedlichen Witterungsbedingungen. Die übrigen Eigenschaften ergeben kaum brauchbare Hinweise zum Verhalten des Materials im Anschlussfugensystem.

Die Forschungsarbeit zeigt für die Schweiz ein grosses Manko an Systemvorgaben von Anschlussfugensysteme auf. Die Schweizer Normen behandeln das Thema Nähte und Anschlüsse gar nicht oder unzureichend. Die Wahl des Anschlussfugensystems hängt oftmals von den persönlichen Überzeugungen der Beteiligten ab. Diese Randbedingungen führen einerseits zu markanten Kosten durch Wertminderung der Strassen infolge von Schäden am Asphaltbelag im Bereich von Anschlussfugensystemen, andererseits auch zur Beeinträchtigung der Nachhaltigkeit von Strassenbelägen. Mit den ab 2013 geltenden Schweizer Normen SN 640 430b und SN 640 535c wird die ungenügende Situation noch zusätzlich verschärft. Diese Normen enthalten ungenügende bzw. keine Vorgaben zur geometrischen Ausbildung von Anschlüssen. Aufgrund der ungenügenden Vorgaben in den Schweizer Normen weichen die Materialhersteller aus und spezifizieren ihre Produkte vorwiegend nach dem Deutschen Regelwerk ZTV-Fug StB 01. Die Bauherren und Planer dagegen berücksichtigen die ausländischen Normen und Regelwerke nicht mit dem Ergebnis, dass die Anschlussfugensysteme selten geplant werden, sondern die Ausführung oftmals dem Unternehmer überlassen wird.



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

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

Zielerreichung:

Die an das Forschungsprojekt gestellten Ziele wurden erreicht. Die Erfahrung über die Funktionstüchtigkeit der Anschlussfugensysteme in der Praxis sind zusammengetragen und ausgewertet. Folgerungen und Empfehlungen sowie Vorschläge für die Erarbeitung von Normen sind postuliert.

Folgerungen und Empfehlungen:

Die Situation der Normenvorgaben in der Schweiz hinsichtlich der Ausbildung der Nähte und Anschlüsse ist ungenügend. Die normative Situation wird der wirtschaftlichen Bedeutung von Anschlussfugensystemen nicht gerecht. Die Erarbeitung eindeutiger normativen Vorgaben an die Anschlussfugensysteme, an die Materialeigenschaften sowie an die geometrische Gestaltung von Nähten und Anschlüssen ist notwendig und wird empfohlen. Diese Vorgaben würden den Bauherren, den Unternehmern sowie den Materiallieferanten helfen, die Wirtschaftlichkeit und Nachhaltigkeit von Etappenstössen und Flickstellen in Asphaltdecken auf einen verbesserten Stand anzuheben.

Die Erkenntnisse aus dieser Arbeit dienen als Grundlage für die Erarbeitung der Schweizer Norm SN 670 288 "Fugeneinlagen und Fugenmassen; Anforderungen an Baustoffe in Anschlussfugensystemen".

Publikationen:

[Empty box for publications]

Der Projektleiter/die Projektleiterin:

Name: Hean

Vorname: Sivotha

Amt, Firma, Institut: EMPA Dübendorf, Strassenbau/Abdichtungen

Unterschrift des Projektleiters/der Projektleiterin:

FORSCHUNG IM STRASSENWESEN DES UVEK

Formular Nr. 3: Projektabschluss

Beurteilung der Begleitkommission:

Beurteilung:

Die an das Forschungsprojekt gestellten Ziele wurden erreicht:

- Die Bestandesaufnahme von Anschlussfugensystemen in Deutschland, Österreich und in der Schweiz wurde durchgeführt.
- Die Befragungen von Bauämtern und Unternehmern sowie Objektbegehungen fanden statt und wurden ausgewertet. Die Schadensbilder sind dokumentiert.
- Die Schadensmechanismen und die massgebenden Parameter als Ursache der Mängel und Schäden sind festgehalten und dienen als Grundlage für eine qualitative Verbesserung der Anschlussfugensysteme.
- Das Projekt zeigt klar auf, dass in den Schweizer Normen keine Vorgaben an Materialeigenschaften und keine Ausführungsvorschriften festgehalten sind. Die in allgemeiner Form an die Geometrie gestellten Bedingungen genügen oft nicht, die geplante Nutzungsdauer zu erreichen, wodurch die Nachhaltigkeit und Wirtschaftlichkeit von Asphaltbelägen nicht gewährleistet ist.

Umsetzung:

Beim vorliegenden Forschungsvorhaben handelt es sich Teil 1: Praxiserfahrungen von Anschlussfugensystemen. Es dient als Grundlage für Teil 2: Erarbeitung von aussagefähigen Laborprüfmethoden. Der Teil 1 zeigt, dass der Abklärungsbedarf auf das Haftvermögen und die Viskoelastizität beschränkt werden kann.

weitergehender Forschungsbedarf:

Der Forschungsbedarf ist mit dem Teil 2: Erarbeitung von aussagefähigen Laborprüfmethoden und dem Teil 3: Evaluieren des Praxisverhältnis in die Wege geleitet.

Einfluss auf Normenwerk:

Die Erkenntnisse aus dieser Arbeit dienen als Grundlage für die Erarbeitung der Schweizer Norm SN 670 288 "Fugeneinlagen und Fugenmassen; Anforderungen an Baustoffe in Anschlussfugensystemen".

Der Präsident/die Präsidentin der Begleitkommission:

Name: Lehmann Vorname: Pierre

Am, Firma, Institut: CES Bauingenieur AG, Sarnen

Unterschrift des Präsidenten/der Präsidentin der Begleitkommission:


VSS FK4 M. Hugener:  15.8.14

Verzeichnis der Berichte der Forschung im Strassenwesen

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1465	ASTRA 2000/417	Erfahrungen mit der Sanierung und Erhaltung von Betonoberflächen	2014
1462	ASTRA 2011/004	Ermittlung der Versagensgrenze eines T2 Norm-Belages mit der mobiles Grossversuchsanlage MLS10	2014
1460	SVI 2007/017	Nutzen der Verkehrsinformation für die Verkehrssicherheit	2014
1459	VSS 2002/501	Leichtes Fallgewichtsgesetz für die Verdichtungskontrolle von Fundationsschichten	2014
1458	VSS 2010/703	Umsetzung Erhaltungsmanagement für Strassen in Gemeinden - Arbeitshilfen als Anhang zur Norm 640 980	2014
1457	SVI 2012/006	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 5: Medizinische Folgen des Strassenunfallgeschehens	2014
1456	SVI 2012/005	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 4: Einflüsse des Wetters auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1455	SVI 2012/004	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 3: Einflüsse von Fahrzeugeigenschaften auf das Strassenunfallgeschehen	2014
1454	SVI 2012/003	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 2: Einflüsse von Situation und Infrastruktur auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1453	SVI 2012/002	Forschungspaket VeSPA Teilprojekt 1: Einflüsse von Mensch und Gesellschaft auf das Strassenunfallgeschehen: Phase 1	2014
1452	SVI 2012/001	Forschungspaket VeSPA: Synthesebericht Phase 1	2014
1451	FGU 2010/006	Gasanalytik zur frühzeitigen Branddetektion in Tunneln	2013
1450	VSS 2002/401	Kaltrecycling von Ausbaupflaster mit bituminösen Bindemitteln	2014
1449	ASTRA 2010/024	E-Scooter - Sozial- und naturwissenschaftliche Beiträge zur Förderung leichter Elektrofahrzeuge in der Schweiz	2013
1448	SVI 2009/008	Anforderungen der Güterlogistik an die Netzinfrastruktur und die langfristige Netzentwicklung in der Schweiz. Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt C	2014
1447	SVI 2009/005	Informationstechnologien in der zukünftigen Gütertransportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA "Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz", Teilprojekt E	2013
1446	VSS 2005/454	Forschungspaket Recycling von Ausbaupflaster in Heissmischgut: EP3: Stofffluss- und Nachhaltigkeitsbeurteilung	2013
1445	VSS 2009/301	Öffnung der Busstreifen für weitere Verkehrsteilnehmende	2013
1444	VSS 2007/306	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von Anlagen des leichten Zweirad- und des Fussgängerverkehrs	2013
1443	VSS 2007/305	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit des strassengebundenen ÖV	2013
1442	SVI 2010/004	Messen des Nutzens von Massnahmen mit Auswirkungen auf den Langsamverkehr - Vorstudie	2013
1441_2	SVI 2009/010	Zielsystem im Güterverkehr. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz - Teilprojekt G	2013
1441_1	SVI 2009/010	Effizienzsteigerungspotenziale in der Transportwirtschaft durch integrierte Bewirtschaftungsinstrumente aus Sicht der Infrastrukturbetreiber Synthese der Teilprojekte B3, C, D, E und F des Forschungspakets Güterverkehr anhand eines Zielsystems für den Güterverkehr	2013
1440	SVI 2009/006	Benchmarking-Ansätze im Verkehrswesen	2013
1439	SVI 2009/002	Konzept zur effizienten Erfassung und Analyse der Güterverkehrsdaten Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz von Verkehrsmitteln im Güterverkehr der Schweiz TP A	2013

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1438_2	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 2. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1438_1	SVI 2009/011	Ortsbezogene Massnahmen zur Reduktion der Auswirkungen des Güterverkehrs - Teil 1. Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP H	2013
1437	VSS 2008/203	Trottoirüberfahrten und punktuelle Querungen ohne Vortritt für den Langsamverkehr	2013
1436	VSS 2010/401	Auswirkungen verschiedener Recyclinganteile in ungebundenen Gemischen	2013
1435	FGU 2008/007_OBF	Schadstoff- und Rauchkurzschlüsse bei Strassentunneln	2013
1434	VSS 2006/503	Performance Oriented Requirements for Bituminous Mixtures	2013
1433	ASTRA 2010/001	Güterverkehr mit Lieferwagen: Entwicklungen und Massnahmen Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B3	2013
1432	ASTRA 2007/011	Praxis-Kalibrierung der neuen mobilen Grossversuchanlage MLS10 für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen in der Schweiz	2013
1431	ASTRA 2011/015	TeVeNOx - Testing of SCR-Systems on HD-Vehicles	2013
1430	ASTRA 2009/004	Impact des conditions météorologiques extrêmes sur la chaussée	2013
1429	SVI 2009/009	Einschätzungen der Infrastrukturnutzer zur Weiterentwicklung des Regulativs Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP F	2013
1428	SVI 2010/005	Branchenspezifische Logistikkonzepte und Güterverkehrsaufkommen sowie deren Trends Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP B2	2013
1427	SVI 2006/002	Begegnungszonen - eine Werkschau mit Empfehlungen für die Realisierung	2013
1426	ASTRA 2010/025_OBF	Luftströmungsmessung in Strassentunneln	2013
1425	VSS 2005/401	Résistance à l'altération des granulats et des roches	2013
1424	ASTRA 2006/007	Optimierung der Baustellenplanung an Autobahnen	2013
1423	ASTRA 2010/012	Forschungspaket: Lärmarme Beläge innerorts EP3: Betrieb und Unterhalt lärmarmer Beläge	2013
1422	ASTRA 2011/006_OBF	Fracture processes and in-situ fracture observations in Gipskeuper	2013
1421	VSS 2009/901	Experimenteller Nachweis des vorgeschlagenen Raum- und Topologiemodells für die VM-Anwendungen in der Schweiz (MDATrafo)	2013
1420	SVI 2008/003	Projektierungsfreiräume bei Strassen und Plätzen	2013
1419	VSS 2001/452	Stabilität der Polymere beim Heisseinbau von PmB-haltigen Strassenbelägen	2013
1418	VSS 2008/402	Anforderungen an hydraulische Eigenschaften von Geokunststoffen	2012
1417	FGU 2009/002	Heat Exchanger Anchors for Thermo-active Tunnels	2013
1416	FGU 2010/001	Sulfatwiderstand von Beton: verbessertes Verfahren basierend auf der Prüfung nach SIA 262/1, Anhang D	2013
1415	VSS 2010/A01	Wissenslücken im Infrastrukturmanagementprozess "Strasse" im Siedlungsgebiet	2013
1414	VSS 2010/201	Passive Sicherheit von Tragkonstruktionen der Strassenausstattung	2013
1413	SVI 2009/003	Güterverkehrsintensive Branchen und Güterverkehrsströme in der Schweiz Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz Teilprojekt B1	2013
1412	ASTRA 2010/020	Werkzeug zur aktuellen Gangliniennorm	2013
1411	VSS 2009/902	Verkehrstelematik für die Unterstützung des Verkehrsmanagements in ausserordentlichen Lagen	2013
1410	VSS 2010/202_OBF	Reduktion von Unfallfolgen bei Bränden in Strassentunneln durch Abschnittsbildung	2013
1409	ASTRA 2010/017_OBF	Regelung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2013
1408	VSS 2000/434	Viellissement thermique des enrobés bitumineux en laboratoire	2012
1407	ASTRA 2006/014	Fusion des indicateurs de sécurité routière : FUSAIN	2012

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1406	ASTRA 2004/015	Amélioration du modèle de comportement individuel du Conducteur pour évaluer la sécurité d'un flux de trafic par simulation	2012
1405	ASTRA 2010/009	Potential von Photovoltaik an Schallschutzmassnahmen entlang der Nationalstrassen	2012
1404	VSS 2009/707	Validierung der Kosten-Nutzen-Bewertung von Fahrbahn-Erhaltungsmassnahmen	2012
1403	SVI 2007/018	Vernetzung von HLS- und HVS-Steuerungen	2012
1402	VSS 2008/403	Witterungsbeständigkeit und Durchdrückverhalten von Geokunststoffen	2012
1401	SVI 2006/003	Akzeptanz von Verkehrsmanagementmassnahmen-Vorstudie	2012
1400	VSS 2009/601	Begrünte Stützgitterböschungssysteme	2012
1399	VSS 2011/901	Erhöhung der Verkehrssicherheit durch Incentivierung	2012
1398	ASTRA 2010/019	Environmental Footprint of Heavy Vehicles Phase III: Comparison of Footprint and Heavy Vehicle Fee (LSVA) Criteria	2012
1397	FGU 2008/003_OBF	Brandschutz im Tunnel: Schutzziele und Brandbemessung Phase 1: Stand der Technik	2012
1396	VSS 1999/128	Einfluss des Umhüllungsgrades der Mineralstoffe auf die mechanischen Eigenschaften von Mischgut	2012
1395	FGU 2009/003	KarstALEA: Wegleitung zur Prognose von karstspezifischen Gefahren im Untertagbau	2012
1394	VSS 2010/102	Grundlagen Betriebskonzepte	2012
1393	VSS 2010/702	Aktualisierung SN 640 907, Kostengrundlage im Erhaltungsmanagement	2012
1392	ASTRA 2008/008_009	FEHRL Institutes WIM Initiative (Fiwi)	2012
1391	ASTRA 2011/003	Leitbild ITS-CH Landverkehr 2025/30	2012
1390	FGU 2008/004_OBF	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Belchentunnel	2012
1389	FGU 2003/002	Long Term Behaviour of the Swiss National Road Tunnels	2012
1388	SVI 2007/022	Möglichkeiten und Grenzen von elektronischen Busspuren	2012
1387	VSS 2010/205_OBF	Ablage der Prozessdaten bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1386	VSS 2006/204	Schallreflexionen an Kunstbauten im Strassenbereich	2012
1385	VSS 2004/703	Bases pour la révision des normes sur la mesure et l'évaluation de la planéité des chaussées	2012
1384	VSS 1999/249	Konzeptuelle Schnittstellen zwischen der Basisdatenbank und EMF-, EMK- und EMT-DB	2012
1383	FGU 2008/005	Einfluss der Grundwasserströmung auf das Quellverhalten des Gipskeupers im Chienbergtunnel	2012
1382	VSS 2001/504	Optimierung der statischen Eindringtiefe zur Beurteilung von harten Gussasphaltsorten	2012
1381	SVI 2004/055	Nutzen von Reisezeiteinsparungen im Personenverkehr	2012
1380	ASTRA 2007/009	Wirkungsweise und Potential von kombinierter Mobilität	2012
1379	VSS 2010/206_OBF	Harmonisierung der Abläufe und Benutzeroberflächen bei Tunnel-Prozessleitsystemen	2012
1378	SVI 2004/053	Mehr Sicherheit dank Kernfahrbahnen?	2012
1377	VSS 2009/302	Verkehrssicherheitsbeurteilung bestehender Verkehrsanlagen (Road Safety Inspection)	2012
1376	ASTRA 2011/008_004	Erfahrungen im Schweizer Betonbrückenbau	2012
1375	VSS 2008/304	Dynamische Signalisierungen auf Hauptverkehrsstrassen	2012
1374	FGU 2004/003	Entwicklung eines zerstörungsfreien Prüfverfahrens für Schweissnähte von KDB	2012
1373	VSS 2008/204	Vereinheitlichung der Tunnelbeleuchtung	2012
1372	SVI 2011/001	Verkehrssicherheitsgewinne aus Erkenntnissen aus Datapooling und strukturierten Datenanalysen	2012
1371	ASTRA 2008/017	Potenzial von Fahrgemeinschaften	2011
1370	VSS 2008/404	Dauerhaftigkeit von Betonfahrbahnen aus Betongranulat	2011
1369	VSS 2003/204	Rétention et traitement des eaux de chaussée	2012
1368	FGU 2008/002	Soll sich der Mensch dem Tunnel anpassen oder der Tunnel dem Menschen?	2011
1367	VSS 2005/801	Grundlagen betreffend Projektierung, Bau und Nachhaltigkeit von Anschlussgleisen	2011
1366	VSS 2005/702	Überprüfung des Bewertungshintergrundes zur Beurteilung der Strassengriffigkeit	2010
1365	SVI 2004/014	Neue Erkenntnisse zum Mobilitätsverhalten dank Data Mining?	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1364	SVI 2009/004	Regulierung des Güterverkehrs Auswirkungen auf die Transportwirtschaft Forschungspaket UVEK/ASTRA Strategien zum wesensgerechten Einsatz der Verkehrsmittel im Güterverkehr der Schweiz TP D	2012
1363	VSS 2007/905	Verkehrsprognosen mit Online -Daten	2011
1362	SVI 2004/012	Aktivitätenorientierte Analyse des Neuverkehrs	2012
1361	SVI 2004/043	Innovative Ansätze der Parkraumbewirtschaftung	2012
1360	VSS 2010/203	Akustische Führung im Strassentunnel	2012
1359	SVI 2004/003	Wissens- und Technologietransfer im Verkehrsbereich	2012
1358	SVI 2004/079	Verkehrsanbindung von Freizeitanlagen	2012
1357	SVI 2007/007	Unaufmerksamkeit und Ablenkung: Was macht der Mensch am Steuer?	2012
1356	SVI 2007/014	Kooperation an Bahnhöfen und Haltestellen	2011
1355	FGU 2007/002	Prüfung des Sulfatwiderstandes von Beton nach SIA 262/1, Anhang D: Anwendbarkeit und Relevanz für die Praxis	2011
1354	VSS 2003/203	Anordnung, Gestaltung und Ausführung von Treppen, Rampen und Treppenwegen	2011
1353	VSS 2000/368	Grundlagen für den Fussverkehr	2011
1352	VSS 2008/302	Fussgängerstreifen (Grundlagen)	2011
1351	ASTRA 2009/001	Development of a best practice methodology for risk assessment in road tunnels	2011
1350	VSS 2007/904	IT-Security im Bereich Verkehrstelematik	2011
1349	VSS 2003/205	In-Situ-Abflussversuche zur Untersuchung der Entwässerung von Autobahnen	2011
1348	VSS 2008/801	Sicherheit bei Parallelführung und Zusammentreffen von Strassen mit der Schiene	2011
1347	VSS 2000/455	Leistungsfähigkeit von Parkierungsanlagen	2010
1346	ASTRA 2007/004	Quantifizierung von Leckagen in Abluftkanälen bei Strassentunneln mit konzentrierter Rauchabsaugung	2010
1345	SVI 2004/039	Einsatzbereiche verschiedener Verkehrsmittel in Agglomerationen	2011
1344	VSS 2009/709	Initialprojekt für das Forschungspaket "Nutzensteigerung für die Anwender des SIS"	2011
1343	VSS 2009/903	Basistechnologien für die intermodale Nutzungserfassung im Personenverkehr	2011
1342	FGU 2005/003	Untersuchungen zur Frostkörperbildung und Frosthebung beim Gefrierverfahren	2010
1341	FGU 2007/005	Design aids for the planning of TBM drives in squeezing ground	2011
1340	SVI 2004/051	Aggressionen im Verkehr	2011
1339	SVI 2005/001	Widerstandsfunktionen für Innerorts-Strassenabschnitte ausserhalb des Einflussbereiches von Knoten	2010
1338	VSS 2006/902	Wirkungsmodelle für fahrzeugseitige Einrichtungen zur Steigerung der Verkehrssicherheit	2009
1337	ASTRA 2006/015	Development of urban network travel time estimation methodology	2011
1336	ASTRA 2007/006	SPIN-ALP: Scanning the Potential of Intermodal Transport on Alpine Corridors	2010
1335	VSS 2007/502	Stripping bei lärmindernden Deckschichten unter Überrollbeanspruchung im Labor-massstab	2011
1334	ASTRA 2009/009	Was treibt uns an? Antriebe und Treibstoffe für die Mobilität von Morgen	2011
1333	SVI 2007/001	Standards für die Mobilitätsversorgung im peripheren Raum	2011
1332	VSS 2006/905	Standardisierte Verkehrsdaten für das verkehrsträgerübergreifende Verkehrsmanagement	2011
1331	VSS 2005/501	Rückrechnung im Strassenbau	2011
1330	FGU 2008/006	Energiegewinnung aus städtischen Tunneln: Systemevaluation	2010
1329	SVI 2004/073	Alternativen zu Fussgängerstreifen in Tempo-30-Zonen	2010
1328	VSS 2005/302	Grundlagen zur Quantifizierung der Auswirkungen von Sicherheitsdefiziten	2011
1327	VSS 2006/601	Vorhersage von Frost und Nebel für Strassen	2010
1326	VSS 2006/207	Erfolgskontrolle Fahrzeugrückhaltesysteme	2011
1325	SVI 2000/557	Indices caractéristiques d'une cité-vélo. Méthode d'évaluation des politiques cyclables en 8 indices pour les petites et moyennes communes.	2010
1324	VSS 2004/702	Eigenheiten und Konsequenzen für die Erhaltung der Strassenverkehrsanlagen im überbauten Gebiet	2009
1323	VSS 2008/205	Ereignisdetektion im Strassentunnel	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1322	SVI 2005/007	Zeitwerte im Personenverkehr: Wahrnehmungs- und Distanzabhängigkeit	2008
1321	VSS 2008/501	Validation de l'odéomètre CRS sur des échantillons intacts	2010
1320	VSS 2007/303	Funktionale Anforderungen an Verkehrserfassungssysteme im Zusammenhang mit Lichtsignalanlagen	2010
1319	VSS 2000/467	Auswirkungen von Verkehrsberuhigungsmassnahmen auf die Lärmimmissionen	2010
1318	FGU 2006/001	Langzeitversuche an anhydritführenden Gesteinen	2010
1317	VSS 2000/469	Geometrisches Normalprofil für alle Fahrzeugtypen	2010
1316	VSS 2001/701	Objektorientierte Modellierung von Strasseninformationen	2010
1315	VSS 2006/904	Abstimmung zwischen individueller Verkehrsinformation und Verkehrsmanagement	2010
1314	VSS 2005/203	Datenbank für Verkehrsaufkommensraten	2008
1313	VSS 2001/201	Kosten-/Nutzenbetrachtung von Strassenentwässerungssystemen, Ökobilanzierung	2010
1312	SVI 2004/006	Der Verkehr aus Sicht der Kinder: Schulwege von Primarschulkindern in der Schweiz	2010
1311	VSS 2000/543	VIABILITE DES PROJETS ET DES INSTALLATIONS ANNEXES	2010
1310	ASTRA 2007/002	Beeinflussung der Luftströmung in Strassentunneln im Brandfall	2010
1309	VSS 2008/303	Verkehrsregelungssysteme - Modernisierung von Lichtsignalanlagen	2010
1308	VSS 2008/201	Hindernisfreier Verkehrsraum - Anforderungen aus Sicht von Menschen mit Behinderung	2010
1307	ASTRA 2006/002	Entwicklung optimaler Mischgüter und Auswahl geeigneter Bindemittel; D-A-CH - Initialprojekt	2008
1306	ASTRA 2008/002	Strassenglätte-Prognosesystem (SGPS)	2010
1305	VSS 2000/457	Verkehrserzeugung durch Parkieranlagen	2009
1304	VSS 2004/716	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen	2008
1303	ASTRA 2009/010	Geschwindigkeiten in Steigungen und Gefällen; Überprüfung	2010
1302	VSS 1999/131	Zusammenhang zwischen Bindemittleigenschaften und Schadensbildern des Belages?	2010
1301	SVI 2007/006	Optimierung der Strassenverkehrsunfallstatistik durch Berücksichtigung von Daten aus dem Gesundheitswesen	2009
1300	VSS 2003/903	SATELROU Perspectives et applications des méthodes de navigation pour la télématique des transports routiers et pour le système d'information de la route	2010
1299	VSS 2008/502	Projet initial - Enrobés bitumineux à faibles impacts énergétiques et écologiques	2009
1298	ASTRA 2007/012	Griffigkeit auf winterlichen Fahrbahnen	2010
1297	VSS 2007/702	Einsatz von Asphaltbewehrungen (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement	2009
1296	ASTRA 2007/008	Swiss contribution to the Heavy-Duty Particle Measurement Programme (HD-PMP)	2010
1295	VSS 2005/305	Entwurfgrundlagen für Lichtsignalanlagen und Leitfaden	2010
1294	VSS 2007/405	Wiederhol- und Vergleichspräzision der Druckfestigkeit von Gesteinskörnungen am Haufwerk	2010
1293	VSS 2005/402	Détermination de la présence et de l'efficacité de dope dans les bétons bitumineux	2010
1292	ASTRA 2006/004	Entwicklung eines Pflanzenöl-Blockheizkraftwerkes mit eigener Ölmühle	2010
1291	ASTRA 2009/005	Fahrmuster auf überlasteten Autobahnen Simultanes Berechnungsmodell für das Fahrverhalten auf Autobahnen als Grundlage für die Berechnung von Schadstoffemissionen und Fahrzeitgewinnen	2010
1290	VSS 1999/209	Conception et aménagement de passages inférieurs et supérieurs pour piétons et deux-roues légers	2008
1289	VSS 2005/505	Affinität von Gesteinskörnungen und Bitumen, nationale Umsetzung der EN	2010
1288	ASTRA 2006/020	Footprint II - Long Term Pavement Performance and Environmental Monitoring on A1	2010
1287	VSS 2008/301	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit von komplexen ungesteuerten Knoten: Analytisches Schätzverfahren	2009
1286	VSS 2000/338	Verkehrsqualität und Leistungsfähigkeit auf Strassen ohne Richtungstrennung	2010

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1285	VSS 2002/202	In-situ Messung der akustischen Leistungsfähigkeit von Schallschirmen	2009
1284	VSS 2004/203	Evacuation des eaux de chaussée par les bas-cotés	2010
1283	VSS 2000/339	Grundlagen für eine differenzierte Bemessung von Verkehrsanlagen	2008
1282	VSS 2004/715	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Zusatzkosten infolge Vor- und Aufschub von Erhaltungsmaßnahmen	2010
1281	SVI 2004/002	Systematische Wirkungsanalysen von kleinen und mittleren Verkehrsvorhaben	2009
1280	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit Verkehrspsychologischer Teilbericht	2010
1279	VSS 2005/301	Leistungsfähigkeit zweistreifiger Kreisel	2009
1278	ASTRA 2004/016	Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf das Fahrverhalten und die Verkehrssicherheit - Verkehrstechnischer Teilbericht	2009
1277	SVI 2007/005	Multimodale Verkehrsqualitätsstufen für den Strassenverkehr - Vorstudie	2010
1276	VSS 2006/201	Überprüfung der schweizerischen Ganglinien	2008
1275	ASTRA 2006/016	Dynamic Urban Origin - Destination Matrix - Estimation Methodology	2009
1274	SVI 2004/088	Einsatz von Simulationswerkzeugen in der Güterverkehrs- und Transportplanung	2009
1273	ASTRA 2008/006	UNTERHALT 2000 - Massnahme M17, FORSCHUNG: Dauerhafte Materialien und Verfahren SYNTHESE - BERICHT zum Gesamtprojekt "Dauerhafte Beläge" mit den Einzelnen Forschungsprojekten: - ASTRA 200/419: Verhaltensbilanz der Beläge auf Nationalstrassen - ASTRA 2000/420: Dauerhafte Komponenten auf der Basis erfolgreicher Strecken - ASTRA 2000/421: Durabilité des enrobés - ASTRA 2000/422: Dauerhafte Beläge, Rundlaufversuch - ASTRA 2000/423: Griffbarkeit der Beläge auf Autobahnen, Vergleich zwischen den Messergebnissen von SRM und SCRIM - ASTRA 2008/005: Vergleichsstrecken mit unterschiedlichen oberen Tragschichten auf einer Nationalstrasse	2008
1272	VSS 2007/304	Verkehrsregelungssysteme - behinderte und ältere Menschen an Lichtsignalanlagen	2010
1271	VSS 2004/201	Unterhalt von Lärmschirmen	2009
1270	VSS 2005/502	Interaktion Strasse Hangstabilität: Monitoring und Rückwärtsrechnung	2009
1269	VSS 2005/201	Evaluation von Fahrzeugrückhaltesystemen im Mittelstreifen von Autobahnen	2009
1268	ASTRA 2005/007	PM10-Emissionsfaktoren von Abriebspartikeln des Strassenverkehrs (APART)	2009
1267	VSS 2007/902	MDAinSVT Einsatz modellbasierter Datentransfernormen (INTERLIS) in der Strassenverkehrstelematik	2009
1266	VSS 2000/343	Unfall- und Unfallkostenraten im Strassenverkehr	2009
1265	VSS 2005/701	Zusammenhang zwischen dielektrischen Eigenschaften und Zustandsmerkmalen von bitumenhaltigen Fahrbahnbelägen (Pilotuntersuchung)	2009
1264	SVI 2004/004	Verkehrspolitische Entscheidungsfindung in der Verkehrsplanung	2009
1263	VSS 2001/503	Phénomène du dégel des sols gélifs dans les infrastructures des voies de communication et les pergélisols alpins	2006
1262	VSS 2003/503	Lärmverhalten von Deckschichten im Vergleich zu Gussasphalt mit strukturierter Oberfläche	2009
1261	ASTRA 2004/018	Pilotstudie zur Evaluation einer mobilen Grossversuchsanlage für beschleunigte Verkehrslastsimulation auf Strassenbelägen	2009
1260	FGU 2005/001	Testeinsatz der Methodik "Indirekte Vorauserkundung von wasserführenden Zonen mittels Temperaturdaten anhand der Messdaten des Lötschberg-Basistunnels	2009
1259	VSS 2004/710	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Synthesebericht	2008
1258	VSS 2005/802	Kaphaltestellen Anforderungen und Auswirkungen	2009
1257	SVI 2004/057	Wie Strassenraumbilder den Verkehr beeinflussen Der Durchfahrtswiderstand als Arbeitsinstrument bei der städtebaulichen Gestaltung von Strassenräumen	2009
1256	VSS 2006/903	Qualitätsanforderungen an die digitale Videobild-Bearbeitung zur Verkehrsüberwachung	2009

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
1255	VSS 2006/901	Neue Methoden zur Erkennung und Durchsetzung der zulässigen Höchstgeschwindigkeit	2009
1254	VSS 2006/502	Drains verticaux préfabriqués thermiques pour la consolidation in-situ des sols	2009
1253	VSS 2001/203	Rétention des polluants des eaux de chaussées selon le système "infiltrations sur les talus". Vérification in situ et optimisation	2009
1252	SVI 2003/001	Nettoverkehr von verkehrsintensiven Einrichtungen (VE)	2009
1251	ASTRA 2002/405	Incidence des granulats arrondis ou partiellement arrondis sur les propriétés d'adhérence des bétons bitumineux	2008
1250	VSS 2005/202	Strassenabwasser Filterschacht	2007
1249	FGU 2003/004	Einflussfaktoren auf den Brandwiderstand von Betonkonstruktionen	2009
1248	VSS 2000/433	Dynamische Eindringtiefe zur Beurteilung von Gussasphalt	2008
1247	VSS 2000/348	Anforderungen an die strassenseitige Ausrüstung bei der Umwidmung von Standstreifen	2009
1246	VSS 2004/713	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen: Bedeutung Oberflächenzustand und Tragfähigkeit sowie gegenseitige Beziehung für Gebrauchs- und Substanzwert	2009
1245	VSS 2004/701	Verfahren zur Bestimmung des Erhaltungsbedarfs in kommunalen Strassennetzen	2009
1244	VSS 2004/714	Massnahmenplanung im Erhaltungsmanagement von Fahrbahnen - Gesamtnutzen und Nutzen-Kosten-Verhältnis von standardisierten Erhaltungsmassnahmen	2008
1243	VSS 2000/463	Kosten des betrieblichen Unterhalts von Strassenanlagen	2008
1242	VSS 2005/451	Recycling von Ausbaupasphalt in Heissmischgut	2007
1241	ASTRA 2001/052	Erhöhung der Aussagekraft des LCPC Spurbildungstests	2009
1240	ASTRA 2002/010	L'acceptabilité du péage de congestion : Résultats et analyse de l'enquête en Suisse	2009
1239	VSS 2000/450	Bemessungsgrundlagen für das Bewehren mit Geokunststoffen	2009
1238	VSS 2005/303	Verkehrssicherheit an Tagesbaustellen und bei Anschlüssen im Baustellenbereich von Hochleistungsstrassen	2008
1237	VSS 2007/903	Grundlagen für eCall in der Schweiz	2009
1236	ASTRA 2008/008_07	Analytische Gegenüberstellung der Strategie- und Tätigkeitsschwerpunkte ASTRA-AIPCR	2008
1235	VSS 2004/711	Forschungspaket Massnahmenplanung im EM von Fahrbahnen - Standardisierte Erhaltungsmassnahmen	2008
1234	VSS 2006/504	Expérimentation in situ du nouveau drainomètre européen	2008
1233	ASTRA 2000/420	Unterhalt 2000 Forschungsprojekt FP2 Dauerhafte Komponenten bitumenhaltiger Belagsschichten	2009
660	AGB 2008/002	Indirekt gelagerte Betonbrücken - Sachstandsbericht	2014
659	AGB 2009/014	Suizidprävention bei Brücken: Follow-Up	2014
658	AGB 2006/015_OBF	Querkraftwiderstand vorgespannter Brücken mit ungenügender Querkraftbewehrung	2014
657	AGB 2003/012	Brücken in Holz: Möglichkeiten und Grenzen	2013
656	AGB 2009/015	Experimental verification of integral bridge abutments	2013
655	AGB 2007/004	Fatigue Life Assessment of Roadway Bridges Based on Actual Traffic Loads	2013
654	AGB 2005-008	Thermophysical and Thermomechanical Behavior of Cold-Curing Structural Adhesives in Bridge Construction	2013
653	AGB 2007/002	Poinçonnement des pontsdalles précontraints	2013
652	AGB 2009/006	Detektion von Betonstahlbrüchen mit der magnetischen Streufeldmethode	2013
651	AGB 2006/006_OBF	Instandsetzung und Monitoring von AAR-geschädigten Stützmauern und Brücken	2013
650	AGB 2005/010	Korrosionsbeständigkeit von nichtrostenden Betonstählen	2012
649	AGB 2008/012	Anforderungen an den Karbonatisierungswiderstand von Betonen	2012
648	AGB 2005/023 + AGB 2006/003	Validierung der AAR-Prüfungen für Neubau und Instandsetzung	2011
647	AGB 2004/010	Quality Control and Monitoring of electrically isolated post-tensioning tendons in bridges	2011

Bericht-Nr.	Projekt Nr.	Titel	Jahr
646	AGB 2005/018	Interactin sol-structure : ponts à culées intégrales	2010
645	AGB 2005/021	Grundlagen für die Verwendung von Recyclingbeton aus Betongranulat	2010
644	AGB 2005/004	Hochleistungsfähiger Faserfeinkornbeton zur Effizienzsteigerung bei der Erhaltung von Kunstbauten aus Stahlbeton	2010
643	AGB 2005/014	Akustische Überwachung einer stark geschädigten Spannbetonbrücke und Zustandserfassung beim Abbruch	2010
642	AGB 2002/006	Verbund von Spanngliedern	2009
641	AGB 2007/007	Empfehlungen zur Qualitätskontrolle von Beton mit Luftpermeabilitätsmessungen	2009
640	AGB 2003/011	Nouvelle méthode de vérification des ponts mixtes à âme pleine	2010
639	AGB 2008/003	RiskNow-Falling Rocks Excel-basiertes Werkzeug zur Risikoeermittlung bei Steinschlag-schutzgalerien	2010
638	AGB2003/003	Ursachen der Rissbildung in Stahlbetonbauwerken aus Hochleistungsbeton und neue Wege zu deren Vermeidung	2008
637	AGB 2005/009	Détermination de la présence de chlorures à l'aide du Géoradar	2009
636	AGB 2002/028	Dimensionnement et vérification des dalles de roulement de ponts routiers	2009
635	AGB 2004/002	Applicabilité de l'enrobé drainant sur les ouvrages d'art du réseau des routes nationales	2008
634	AGB 2002/007	Untersuchungen zur Potenzialfeldmessung an Stahlbetonbauten	2008
633	AGB 2002/014	Oberflächenschutzsysteme für Betontragwerke	2008
632	AGB 2008/201	Sicherheit des Verkehrssystem Strasse und dessen Kunstbauten Testregion - Methoden zur Risikobeurteilung Schlussbericht	2010
631	AGB 2000/555	Applications structurales du Béton Fibré à Ultra-hautes Performances aux ponts	2008
630	AGB 2002/016	Korrosionsinhibitoren für die Instandsetzung chloridverseuchter Stahlbetonbauten	2010
629	AGB 2003/001 + AGB 2005/019	Integrale Brücken - Sachstandsbericht	2008
628	AGB 2005/026	Massnahmen gegen chlorid-induzierte Korrosion und zur Erhöhung der Dauerhaftigkeit	2008
627	AGB 2002/002	Eigenschaften von normalbreiten und überbreiten Fahrbahnübergängen aus Polymerbitumen nach starker Verkehrsbelastung	2008
626	AGB 2005/110	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Baustellensicherheit bei Kunstbauten	2009
625	AGB 2005/109	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen bei Kunstbauten	2009
624	AGB 2005/108	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Risikobeurteilung für Kunstbauten	2010
623	AGB 2005/107	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Tragsicherheit der bestehenden Kunstbauten	2009
622	AGB 2005/106	Rechtliche Aspekte eines risiko- und effizienzbasierten Sicherheitskonzepts	2009
621	AGB 2005/105	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Szenarien der Gefahrenentwicklung	2009
620	AGB 2005/104	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Effektivität und Effizienz von Massnahmen	2009
619	AGB 2005/103	Sicherheit des Verkehrssystems / Strasse und dessen Kunstbauten / Ermittlung des Netzzrisikos	2010
618	AGB 2005/102	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten: Methodik zur vergleichenden Risikobeurteilung	2009
617	AGB 2005/100	Sicherheit des Verkehrssystems Strasse und dessen Kunstbauten Synthesebericht	2010
616	AGB 2002/020	Beurteilung von Risiken und Kriterien zur Festlegung akzeptierter Risiken in Folge aussergewöhnlicher Einwirkungen bei Kunstbauten	2009