

Master's Thesis

# **Asphalt pavements – Overview and assessment of existing systems**

Submitted in satisfaction of the requirement for the degree of  
Diplom Ingenieur  
of the TU Vienna, Faculty of civil engineering

---

DIPLOMARBEIT

## **Asphalteinlagen – Überblick und Bewertung bestehender Systeme**

Ausgeführt zum Zwecke der Erlangung des akademischen Grades eines  
Diplom-Ingenieurs  
eingereicht an der TU Wien, Fakultät für Bauingenieurwesen

von

Christoph CONRAD  
Matrikelnummer 0826377

unter der Führung von

Univ. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Ronald BLAB

und

Univ. Ass. Dipl.-Ing. Dr. techn. BSc Lukas EBERHARDSTEINER

Institut für Verkehrswissenschaften Forschungsbereich Straßenwesen  
Technische Universität Wien  
Gusshausstraße 28/230/3  
A-1040 Wien

Wien, Februar 2023



## Eidesstattliche Erklärung

Ich habe zur Kenntnis genommen, dass ich zur Drucklegung meiner Arbeit unter der Bezeichnung

### Diplomarbeit

nur mit Bewilligung der Prüfungskommission berechtigt bin.

Ich erkläre an Eides statt, dass ich meine Diplomarbeit nach den anerkannten Grundsätzen für wissenschaftliche Abhandlungen selbständig ausgeführt habe und alle verwendeten Hilfsmittel, insbesondere die verwendete Literatur, genannt habe.

Weiters erkläre ich, dass ich diese Diplomarbeit weder im In- noch im Ausland (einer Beurteilerin/ einem Beurteiler zur Begutachtung) in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit übereinstimmt.

Wien, Februar 2023



Christoph CONRAD

## Kurzfassung

Schon in der Antike bei den Römern wurde die Wichtigkeit eines gut ausgebauten und entsprechend gewarteten Straßennetzes geschätzt. Denn seit jeher stehen Straßen für einen schnellen Transport von Waren und Menschen. Das war damals schon wichtig, in unserer globalisierten Welt ist dies nahezu unerlässlich. Die Pflege und die Wartung des Straßennetzes untersteht Staat, Ländern und Gemeinden bzw. staatsnahen Betrieben. Da die Pflege und die Wartung des Straßennetzes eine kostenintensive Angelegenheit ist, versucht man mit Hilfe der Technik kostengünstigere Alternativen für die Sanierung von Straßen zu entwickeln.

Asphalteinlagen verringern den Kostenaufwand von Straßensanierungen, weil sie einerseits den Arbeitsaufwand bei der Sanierung selbst reduzieren und andererseits die Lebensdauer der so sanierten Straße verlängern. Da es drei verschiedene Systeme von Asphalteinlagen gibt und jedes System seinen spezifischen Anwendungsbereich hat, muss die jeweilige Fehlerquelle der Straße gefunden werden. Die drei Systeme von Asphalteinlagen sind (i) Asphaltvliese, (ii) Asphaltgitter und (iii) eine Kombination der beiden Systeme. Neben den Anwendungsbereichen unterscheiden sich die drei Systeme sowohl in den verwendeten Materialien als auch geringfügig beim Einbau. Auch wenn Asphalteinlagen eine relativ junge Technik im Straßenbau darstellen, wurde die Funktionsweise von Asphalteinlagen in diversen Versuchen, sowohl Feld- als auch Laborversuchen, nachgewiesen. Dabei traten vor allem die positiven Eigenschaften von Asphalteinlagen zum Vorschein. Die Erkenntnisse aus diversen Versuchen und der Praxis haben Eingang in die nationalen Regeln und technischen Normen gefunden, dies nicht nur in Österreich, sondern weltweit.

## Abstract

The importance of a well-developed and appropriately maintained road network was already valued by the Romans in ancient times. As roads have always been a symbol for the rapid transport of goods and people. This was already important at that time, in our globalised world this is essential. The maintenance of the road network is the responsibility of the state, federal states and municipalities or government-related companies. Since the maintenance of the road network is a cost-intensive issue, technology is used to develop cheaper alternatives for the reconstruction of roads.

Geosynthetics asphalt pavements reduce the cost of road reconstruction, because they reduce the amount of work required for the reconstruction itself and also extend the life of the road reconstructed. As there are three different systems of geosynthetics and each system has its own specific application, it is necessary to find the source of the road failure. The three systems of asphalt pavements are (i) non-woven, (ii) grid and (iii) a combination of the two systems. In addition to the areas of application, the three systems differ in the materials used and slightly in the construction.

Although geosynthetics asphalt pavements are a relatively new technique in road construction, the functionality of asphalt pavements has been demonstrated in various tests, namely in field and laboratory tests. The positive characteristics of asphalt pavements in particular became apparent. The findings from various tests and practice have been incorporated into national rules and technical standards, not only in Austria but worldwide.

## Inhaltsverzeichnis

1	Grundlagen.....	7
1.1	Ausgangssituation .....	7
1.2	Technischer Aufbau einer Straße.....	8
1.2.1	Asphaltbauweise .....	8
1.2.2	Betonbauweise.....	9
1.2.3	Dimensionierung des Aufbaues .....	10
1.3	Beanspruchung einer Straße.....	11
1.3.1	Verkehrsbedingte Beanspruchungen .....	11
1.3.2	Witterungsbedingte Beanspruchung.....	13
1.4	Rissbildung.....	14
2	Asphalteinlagen.....	16
2.1	Geschichtliche Entwicklung.....	16
2.2	Arten von Asphalteinlagen.....	17
2.2.1	Asphaltvlies .....	17
2.2.2	Asphaltgitter.....	18
2.2.3	Kombinationsprodukte.....	19
2.3	Material von Asphalteinlagen .....	19
2.3.1	Asphaltvliese .....	20
2.3.2	Asphaltgitter.....	20
2.3.3	Kombinierte Produkte .....	20
2.4	Verlegung und Einbau von Asphalteinlagen.....	21
2.4.1	Einbau von Asphaltvliesen oder Kombinationsprodukten.....	22
2.4.2	Einbau von Asphaltgittern.....	24
2.4.3	Einbau von Stahleinlagen.....	27
2.5	Funktionsweise von Asphalteinlagen.....	28
2.5.1	Abdichtende Wirkung .....	29
2.5.2	Spannungsabbauende Wirkung .....	30
2.5.3	Bewehrende Wirkung .....	31
2.5.4	Kombinierte Wirkung.....	32
2.6	Recycling von Asphalteinlagen.....	32
3	Nationale Richtlinien.....	34
3.1	Österreich.....	35
3.1.1	ÖNORM EN 15381.....	35
3.1.2	RVS 08.16.02 .....	40

3.2	Vergleich von nationalen Regelwerken.....	48
3.2.1	Deutschland (FGSV AP69).....	48
3.2.2	Schweiz.....	50
3.2.3	Rumänien (AND 592).....	51
3.2.4	Großbritannien .....	53
3.3	Vergleich von nationalen Regelwerken außerhalb des EU-Raumes mit österreichischen Regelwerken.....	56
3.3.1	USA (M288-06).....	56
4	Versuche (Literatur) .....	58
4.1	Untersuchung der Wirksamkeit von bitumengetränkten Vliesen im Zusammenhang mit der Wasserabdichtung.....	58
4.2	Untersuchung der Wirksamkeit von Asphalteinlagen gegen Ermüdungsrissbildung.....	62
4.3	Untersuchung des Schichtverbundes von Asphalteinlagen .....	69
5	Praktische Erfahrungen mit Asphalteinlagen.....	76
5.1	Erfahrungen der Bundesländer .....	76
5.1.1	Burgenland.....	77
5.1.2	Steiermark.....	78
5.1.3	Niederösterreich.....	79
5.2	Erfahrung der Baufirmen .....	80
6	Conclusio.....	81
	Literaturangabe .....	83
	Abbildungsverzeichnis .....	86
	Anhang.....	88

## 1 Grundlagen

### 1.1 Ausgangssituation

In Österreich gibt es, wie in allen westlichen Industrienationen, sehr gut ausgebaute Verkehrsnetze. Vor allem das Straßennetz ist hoch entwickelt. Es gibt über 134.000 Straßenkilometer, [1]. Davon sind 2.200 km den Autobahnen und Schnellstraßen zuzuordnen, 34.100 km zählen zu den Landesstraßen und die restlichen Straßenkilometer fallen in den Bereich der Gemeindestraßen, [2]. Die meisten Straßen wurden in den 1960er bis 1970er Jahren erbaut, wobei das Augenmerk bei Sanierungen eher auf den hochrangigen Straßen liegt. Daher hat ein Großteil der Straßen seine maximale Lebensdauer erreicht und der Bedarf an Straßensanierungen ist dementsprechend hoch. Österreichweit liegt der Erhaltungsrückstand bei ca. 30 %, [3]. Zusätzlich setzt das erhöhte Verkehrsaufkommen den Straßen zu. Laut Verkehrsclub Österreich (VÖC) wurden 2016 bei jeder vierten Zählstelle 20 % mehr LKWs gezählt als noch im Jahr 2010. Dabei wurden insgesamt 121 Zählstellen auf Autobahnen und Schnellstraßen österreichweit ausgewertet. Bei St. Pölten Süd wurden an Werktagen beispielsweise durchschnittlich 13.400 LKW gezählt, [26]. LKW belasten die Straßen um ein Vielfaches stärker als PKW. Bedingt durch das erhöhte Verkehrsaufkommen kommt es auch immer häufiger zu Staus auf den Straßen. Wie in Abbildung 1-1 ersichtlich, hat die Geschwindigkeit einen hohen Einfluss auf die Belastung der Straße.

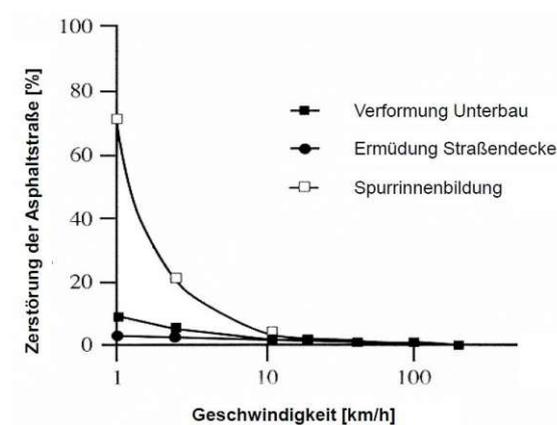


Abbildung 1-1 Einfluss der Geschwindigkeit auf die Zerstörung des Straßenaufbaus, [3]

Aufgrund all dieser Faktoren müssen neue Sanierungskonzepte erstellt werden. Die Aufgabe besteht darin, eine möglichst einfache kostengünstige und langlebige Methode zu etablieren. Wie in den folgenden Kapiteln dargelegt, sind Asphalteinlagen für diese Aufgaben gut geeignet.

## 1.2 Technischer Aufbau einer Straße

Die Straße ist ein hoch beanspruchtes Bauwerk. Durch den ständig wachsenden Verkehr bedarf es einer besonders sorgfältigen und vorausschauenden Planung. Straßen sollen einerseits über eine lange Lebensdauer verfügen und andererseits möglichst kostengünstig in ihrer Errichtung sein. Im Laufe der Geschichte haben sich zwei Bauweisen herauskristallisiert: die Asphaltbauweise und die Betondeckenbauweise

Was beide Methoden gemein haben, ist die Aufteilung des Straßenkörpers in Unter- und Oberbau. Der Unterbau besteht in der Regel aus dem anstehenden Untergrund und dem Dammkörper. Der Untergrund kann, bei Bedarf, mit geeigneten Methoden verbessert werden. Der Dammkörper wird mittels Anschüttung von geeigneten Materialien hergestellt. Der Aufbau des Oberbaus hängt von der gewählten Bauweise ab. Dieser wird in den folgenden Kapiteln aufgezeigt.

### 1.2.1 Asphaltbauweise

Bei der Bauweise mit Asphalt wird der Oberbau in mehrere Schichten unterteilt. Diese erfüllen unterschiedliche Aufgaben und müssen deswegen auch gewissen Anforderungen genügen.

- **Deckschicht**  
Die Deckschicht dient dazu, die Tragschicht vor äußeren Einflüssen zu schützen. Dazu zählen mechanische und chemische Beanspruchungen durch Witterung und Taumittel. Zusätzlich sorgt die Deckschicht für eine optimale Kraftübertragung zwischen Rad und Straße. Daher muss sie eine besonders verschleißfeste, griffige und ebene Oberfläche aufweisen, [4].
- **Binderschicht**  
Der Name leitet sich von der früheren Aufgabe ab, die Deckschicht mit der grobkörnigen Tragschicht zu „verbinden“, [4]. Im modernen Straßenbau nimmt die Binderschicht vor allem die hohen Schubspannungen des Verkehrs auf und verhindert Verformungen. Daher ist eine hohe Verzahnung gefordert, welche durch eine raue Oberfläche und eine gute Verklebung der Asphaltsschichten erreicht wird, [4].
- **Tragschicht**  
Die Tragschicht ist das Bindeglied zwischen dem Unterbau und der Decke. Die Tragschicht muss die Verkehrslasten aufnehmen können, ohne dass sich die Raumdichte und die Korngrößenverteilung zu stark ändern, [1]. Die Tragschicht muss eine hinreichend große Biegezugfestigkeit haben, um die Biegezugspannungen, welche aus der Verkehrslast entstehen. Bei zu hoher Belastung kommt es zur Rissbildung.

- Frostschutzschicht

Die Frostschutzschicht dient als kapillarbrechende Schicht. Dadurch verhindert sie, dass Wasser von Eislinsen über den Kapillareffekt angezogen wird.

Alle Schichten des Oberbaus haben eine lastverteilende Wirkung. Diese ist extrem wichtig, um eine hohe Kontaktspannung zwischen Ober- und Unterbau zu verhindern. Zu hohe Kontaktspannungen führen zu lokalen Schäden in der Gesteinskörnung. Damit sich die Schichten des Aufbaus wie ein homogener Körper verhalten, muss eine ausreichend hohe Verklebung der einzelnen Schichten vorhanden sein. Dabei spielt vor allem die Scherfestigkeit eine wichtige Rolle. Siehe dazu mehr in Kapitel 1.3.1.

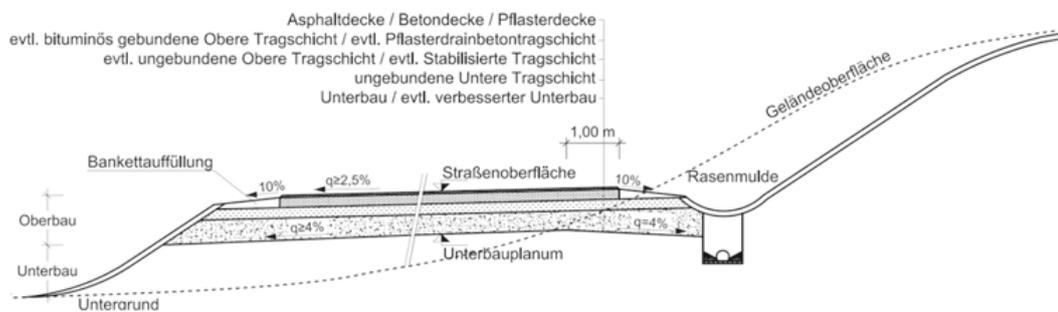


Abbildung 1-2 Schematischer Aufbau einer Asphaltstraße, [36]

Die meisten Straßen werden derzeit in der Asphaltbauweise gefertigt, weil Asphalt im Vergleich zu Beton relativ günstig ist. Asphalt lässt sich gut zurückbauen und recyceln. Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass Asphalt die Temperaturspannungen gut kompensieren kann und daher eine fugenlose Herstellung der Straße möglich ist, was wiederum den Einbau erleichtert.

### 1.2.2 Betonbauweise

Beton hat im Vergleich zu Asphalt gänzlich andere Eigenschaften, aber auch gewisse Vorteile. Beton ist ein sehr viel steiferer Baustoff, weshalb weniger Schichten als bei der Asphaltbauweise erforderlich sind. Der Oberbau besteht zunächst aus einer unteren Tragschicht. Diese wird als ungebundene Schicht ausgeführt. Wenn allerdings eine zementstabilisierte Tragschicht eingebaut wird, kann die ungebundene Tragschicht dünner ausgeführt werden, siehe dazu RVS 03.08.63. Auf diese untere Tragschicht kommt eine bituminöse Zwischenschicht. Darauf werden Felder aus Beton hergestellt. Allerdings muss aufgrund des Temperatur- und Schwindverhaltens von Beton, die Betonstraße in Felder eingeteilt werden. Die Felder werden untereinander mithilfe von Fugen entkoppelt. Durch die in den Fugen auftretenden Querkräfte kann man bei Beton keine Einlagen anwenden, weil diese die Querkräfte nicht aufnehmen können.

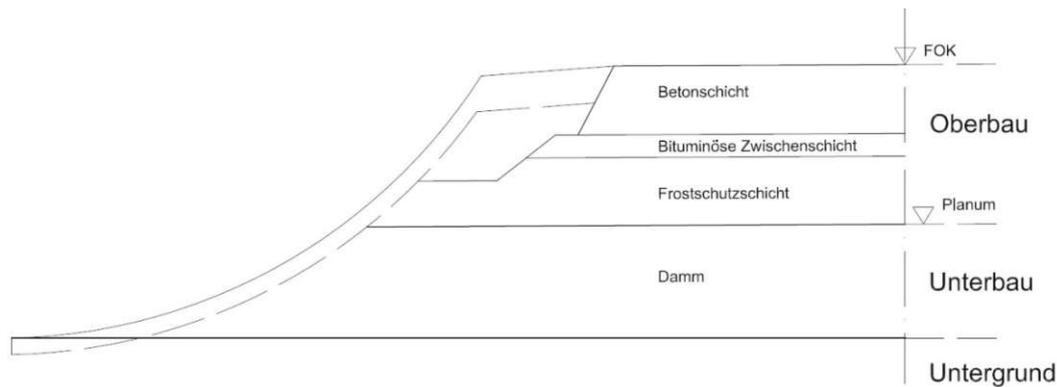


Abbildung 1-3 Schematischer Aufbau einer Betonstraße

Beton zeichnet sich durch eine höhere Gebrauchsdauer, aber auch durch höhere Baukosten aus. Durch seine Eigenschaften findet Beton vor allem bei hoch beanspruchten Straßen bzw. Straßenbereichen wie Autobahnen, Schnellstraßen und Kreisverkehren Anwendung. Beton wird im städtischen Bereich zudem bei Autobushaltestellen und in Kreuzungsbereichen verwendet. Da Asphalteinlagen, wie bereits erwähnt, bei der Betonbauweise nur in Ausnahmefällen zur Anwendung kommen, wird in den folgenden Kapiteln lediglich auf Oberbauten in Asphaltbauweise eingegangen.

### 1.2.3 Dimensionierung des Aufbaues

Heutzutage stehen zur Dimensionierung des Straßenaufbaues verschiedene Rechenmodelle zur Verfügung. Diese Rechenmodelle sind das Ergebnis jahrelanger Forschung. Schon um 1885 hat Boussinesq ([1]) mithilfe des homogenen Halbraumes versucht, die Straße mathematisch zu beschreiben. Allerdings eignet sich dieser Ansatz nur für ausreichend dick gelagerte Schichten. Die Weiterentwicklung gelang Burmister. Dieser hatte im Jahre 1943 das Zweischichtensystem entwickelt. Aufbauend auf dieser Vorarbeit konnte Buffler 1961 ein Modell für beliebig viele Schichten entwickeln. Das sogenannte Mehrschichtmodell wird, aufgrund seiner Einfachheit, auch heute noch weltweit zur Dimensionierung von Asphaltstraßen eingesetzt. Dabei geht man von linear-elastischen, homogenen und isotropen Eigenschaften der einzelnen Schichten aus, [4]. „Diese sind seitlich unbegrenzt und können gegenüber den darüber- und darunterliegenden Schichten mit variabler Reibung ausgestaltet werden“, [1].

Die Lasten werden dabei als statisch angenommen. Ein großer Nachteil dieser Mehrschichtmodelle besteht jedoch darin, dass sie die Realität stark vereinfachen. Denn vor allem die nichtlinearen temperaturabhängigen Steifigkeiten und das temperaturabhängige Verformungsverhalten von Asphalt stellen ein großes Problem dar. Finite Elemente stellen eine geeignete Alternative dar. [4]

In Österreich sind Standardaufbauten in der RVS 03.08.63 festgehalten. Dabei werden durch Bestimmung der Lastklassen und der Bautypen verschiedene Aufbauten angeboten. Die geforderten Eigenschaften werden durch die vorgegebenen Stärken der einzelnen Schichten eingehalten. Dies kann aber zu einer unwirtschaftlichen Lösung führen, weil bei der Entwicklung dieser Aufbauten entsprechende Bemessungsreserven berücksichtigt werden mussten.

### 1.3 Beanspruchung einer Straße

Eine Straße muss unterschiedlichsten Beanspruchungen standhalten, in erster Linie den Verkehrslasten. Dabei spielt das Achsgewicht der Fahrzeuge eine entscheidende Rolle, wobei der Schwerverkehr (LKW) besonders hervorsteht, siehe Abbildung 1-5. Die Belastungen aus dem Verkehr teilen sich in zwei Gruppen: in die vertikalen Lasten, infolge des Achsgewichtes und die horizontalen Kräfte aufgrund von Anfahr- und Abbremskräften. Beide Lasten führen zu unterschiedlichen Anforderungen an den Schichtenverbund.

Neben den Verkehrsbeanspruchungen muss die Straße auch den Witterungsverhältnissen trotzen. Dabei spielt vor allem die Temperatur eine Hauptrolle. Eine weitere Anforderung an die Decke der Straße besteht darin, Regenwasser nicht in die unteren Schichten durchsickern zu lassen.

#### 1.3.1 Verkehrsbedingte Beanspruchungen

Wie schon erwähnt, teilen sich die Verkehrslasten in vertikale und horizontale Komponenten auf. Die vertikale Komponente bewirkt ein Biegemoment in den Asphaltsschichten. In der Abbildung 1-4 werden die auftretenden Spannungen infolge des Biegemoments direkt unter und neben dem Aufstandspunkt der Achslast gezeigt. Zusätzlich werden die Temperaturspannungen und eine Superposition der beiden Spannungen abgebildet.

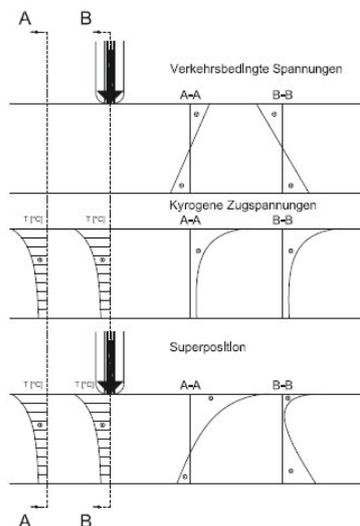


Abbildung 1-4 Spannungen im Oberbau zufolge Verkehr, Temperatur und einer Kombination der beiden, eigene Abbildung vergleiche [5]

Die Grafik beschreibt den Fall, dass eine schwere Last bei tiefen Temperaturen auf die Straße einwirkt, wodurch große Zugspannungen im Oberbau entstehen. Bei einer neuen Asphaltstraße können diese Zugspannungen aufgrund des viskosen Materialverhaltens noch aufgenommen werden. Bei älteren Straßen kann es allerdings zu Problemen kommen. Denn durch Oxidation des Bitumens kann es zu Versprödung und Klebkraftverlusten kommen, wodurch der Asphalt nicht mehr in der Lage ist, diese Zugspannungen aufzunehmen und es zu Rissen kommen kann. Bei zu hohen Temperaturen und Verkehrslasten treten plastische Verformungen auf, wodurch es zu Spurrinnenbildung kommen kann, [6].

Neben der vertikalen Komponente und deren Auswirkung auf den Straßenaufbau kommt noch die horizontale Komponente hinzu. Diese bewirkt eine Schubbeanspruchung des Straßenaufbaus. Diese Schubbeanspruchung wirkt sich vor allem bei der Verklebung der einzelnen Schichten aus. Daher muss die Schubfestigkeit nach ÖNORM 3639-1 geprüft werden, [27]. „Obwohl die Kräfteverteilung im Oberbau von oben nach unten im Asphalt abnimmt, erreichen die Schubkräfte in der Tiefe von 4-8 cm ihr Maximum“, [27].

Abbildung 1-5 stellt schematisch die einwirkenden Spannungen eines Pkw und eines LKW dar.

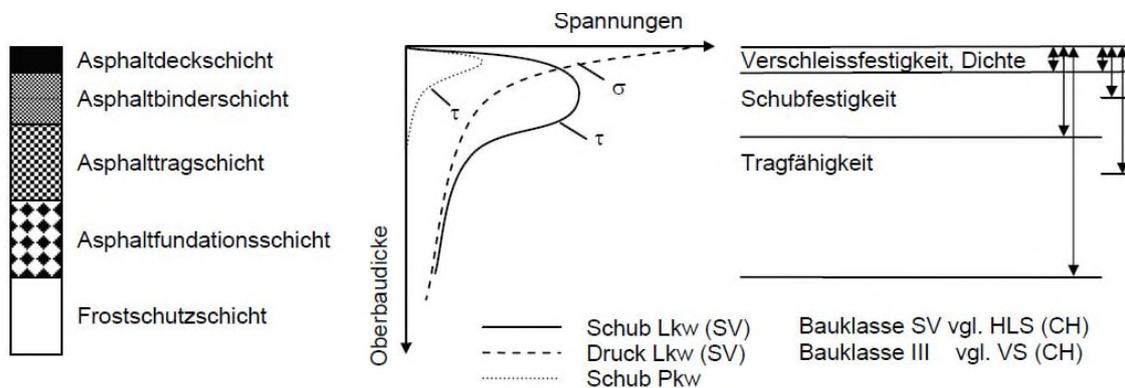


Abbildung 1-5 Schematische Darstellung der Spannungsverläufe zufolge Verkehrslast, [27]

Die Schubspannungen wirken sich vor allem negativ auf die Schichtgrenzen aus. Diese Schichten müssen eine gute Klebewirkung untereinander aufweisen, damit eine Schicht nicht auf der anderen gleitet. Dieser Klebewirkung wird auch in der ÖNORM B 3639-1 [27] Rechnung getragen, wo ein Mindestschubverbund der Schichten festgehalten ist. Auch Asphaltgitter und Kombinationsprodukte müssen nach dieser Norm geprüft werden. Asphaltvlies muss nach RVS 08.16.02 nur auf ihre Haftzugfestigkeit geprüft werden, [9].

### 1.3.2 Witterungsbedingte Beanspruchung

Temperaturbeanspruchungen wirken über einen längeren Zeitraum. Durch die Temperaturschwankungen von Tag und Nacht sowie Sommer und Winter kommt es in den Schichten zu einer Längenänderung. Dies kann sich sowohl durch ein Ausdehnen als auch ein Schrumpfen äußern. Eine weitere Belastung, die der Witterung geschuldet ist, ist der Einfluss von Wasser, das eine große Gefahr für die Gebrauchstauglichkeit einer Straße darstellen kann. Wasser im Straßenkörper kann die Gebrauchstauglichkeit auf drei Arten verkürzen: Porenwasserdruck, Auswaschen der Feinanteile und Eislinsenbildung.

- **Porenwasserdruck**  
Porenwasserdruck verhindert die Ausbildung eines Druckkegels und damit die Vergrößerung der beanspruchten Fläche im Unterbau. Das hat wiederum zur Folge, dass die Belastung viel größer ist als die vorhandene Festigkeit. Dadurch kommt es zur Schädigung des Korngerüsts im Unterbau.
- **Auswaschen der Feinanteile**  
Ein zweiter, ebenfalls nicht zu unterschätzender Effekt, ist das Auswaschen der Feinanteile bei ungebundenen Schichten. Um ein Auswaschen der Feinanteile zu verhindern, müssen die Sieblinien der Gesteinskörner zweier aneinandergrenzenden Schichten abgestimmt sein. Sollte es zu einem Auswaschen der Feinanteile kommen, ist die Verzahnung nicht mehr gegeben. Es kann zu einem Unterhöhlen der Asphaltsschichten kommen.
- **Eislinsenbildung**  
Vor allem in kalten Regionen ist das Gefrieren von Wasser ein großes Problem, weil Eislinsen zu frostbedingten Hebungen führen können. Zusätzlich ziehen Eislinsen Wasser von unten an, was wiederum zum Wachstum von Eislinsen führt. Hier kann eine kapillarbrechende Schicht, die sogenannte Frostschuttschicht, eine Verbesserung bringen.

Zur Bewässerung der Straße kommt es in Form von Regen und Grundwasser. Studien belegen, dass bei Asphaltstraßen 30-50% und bei Betonstraßen sogar 50-65% des Regenwassers durchsickern können. Sollten Risse im Oberbau auftreten, kann sich das Durchsickern von Wasser sogar auf bis zu 100% belaufen. Allerdings ist es bei alten, instand zusetzenden Straßen oft sehr aufwendig, das Eindringen von Wasser durch Rissabdichtungen oder Drainagen zu verbessern. Asphaltvliese bilden hier eine gute Alternative, Abdichtungen kostengünstig herzustellen.

## 1.4 Rissbildung

Bei bituminösen Schichten kommen Netz- und Reflexionsrisse vor:

- Netzrisse entstehen bei Ermüdung durch Biegebeanspruchung und Alterung der Decke. Sie sind die häufigste Ursache für Risse.
- Reflexionsrisse entstehen nur bei sanierten Objekten. Dabei schlägt ein alter Riss durch die neue Schicht durch, [6].

Vor allem Reflexionsrisse können durch den Einsatz von Asphalteinlagen verhindert werden. Die Entstehung eines Reflexionsrisses wird an den nachfolgenden Abbildungen gezeigt.

Durch die Vorwärtsbewegung der Achse eines Kraftfahrzeuges kommt es zu drei Beanspruchungen der neuen Schicht. Ist die Achse unmittelbar vor dem Riss, tritt eine Scherbeanspruchung in der neuen Schicht auf, [14]. Siehe dazu Abbildung 1-6.

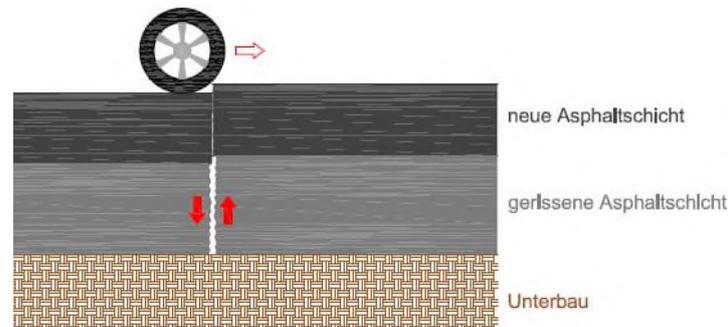


Abbildung 1-6 Schematische Darstellung des Einflusses einer Scherbeanspruchung auf die Bildung eines Reflexionsrisses

Bewegt sich das Kraftfahrzeug weiter, steht die Achse kurz darauf direkt über dem Riss. Dabei kommt es zu einer Biegebeanspruchung, siehe Abbildung 1-7. Da sich die Achse weiterbewegt, kommt es wieder zu einer Scherbeanspruchung, allerdings mit geänderten Vorzeichen, [14]. Ähnlich wie bei Abbildung 1-6, jedoch mit der Achse auf der anderen Seite des Risses. Bei hohen Verkehrsgeschwindigkeiten findet dieser gesamte Prozess innerhalb von Bruchteilen einer Sekunde statt. Daher sind die Steifigkeiten in der alten und neuen Schicht als sehr hoch zu betrachten, [6].

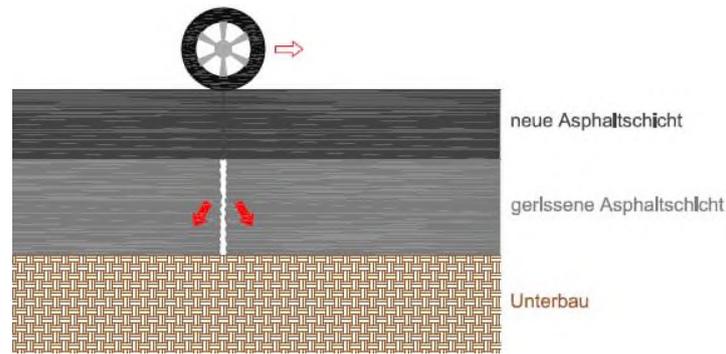


Abbildung 1-7 Schematische Darstellung des Einflusses einer Biegebeanspruchung auf die Entstehung eines Reflexionsrisses

Abbildung 1-8 stellt die Beanspruchung schematisch dar, welche durch Temperaturunterschiede entstehen. Wobei vor allem die Zugspannungen für den Riss verantwortlich sind. Aufgrund der langsamen Beanspruchung ist die Steifigkeit des Materials 1.000 bis 10.000 mal, [6] kleiner als bei der Verkehrsbeanspruchung. „Die Reflexionsrisse entwickeln sich vor allem durch Temperaturspannungen und nicht durch Verkehrslasten“, [7].

Durch den Riss in der unteren Schicht kann sich diese anders ausdehnen bzw. zusammenziehen als die intakte obere Schicht. Dadurch kommt es zu einer Beanspruchung des Interfaces der beiden Schichten.

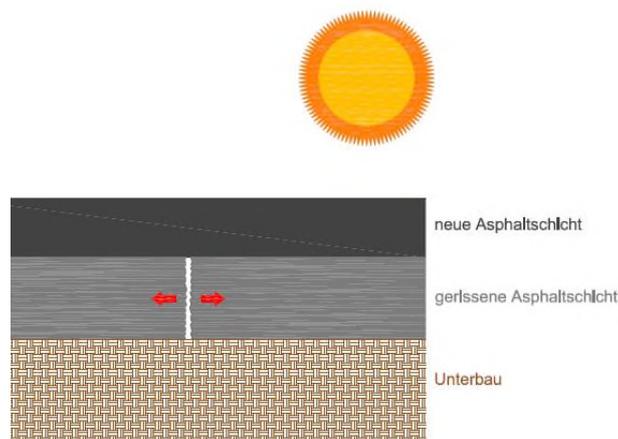


Abbildung 1-8 Schematische Darstellung des Temperatureinflusses auf die Bildung eines Reflexionsrisses

Durch eine entsprechend dicke Schicht kann ein Durchschlagen von Rissen verhindert werden. In Deutschland gilt eine Schicht mit einer Dicke von 15,00 cm als durchschlagsicher, in Großbritannien hat sich durch Versuche gezeigt, dass sich Risse bei einer Schichtdicke von 18,00 cm auch nach 9 Jahren nicht zeigen, [7]. Das Risswachstum bei überbauten Straßen beträgt ca. 1,00-1,50 cm/Jahr, [27]. Allerdings stellt sich die Frage, ob diese Methode der Verstärkung wirtschaftlich ist. Hier kommt die rissverzögernde Wirkung von Asphalteinlagen zum Tragen. Je nach System können Asphalteinlagen Spannungskonzentrationen abbauen, im Sinne einer SAMI- Schicht, oder

sie können die hohen Spannungen aufnehmen, im Sinne einer Bewehrung. Durch Kombination einer Bewehrung und einer SAMI- Schicht kann eine Kombination beider Wirkungen erreicht werden.

Die Abkürzung SAMI steht dabei für **S**tress **A**bsorbing **I**ntelayer **M**embran oder auch spannungsabbauende Zwischenschicht. Diese Zwischenschicht besteht aus einer größeren Menge an polymermodifizierten Bitumen. Die größere Menge bedeutet in diesem Fall 2,0-3,0 kg/m<sup>2</sup>, [37]. Normale Vorspritzmengen bewegen sich im Bereich von 0,2–0,5 kg/m<sup>2</sup>. Der erhöhte Bindemittelgehalt und die Relaxationsfähigkeit des Bitumens ergeben eine rissüberbrückende Zwischenschicht [38], welche Spannungsspitzen aus Horizontalbewegungen entlang von Rissen auf eine größere Fläche verteilen und so die Spannungen an der neuen Asphaltunterkante minimieren, [37].

## 2 Asphalteinlagen

### 2.1 Geschichtliche Entwicklung

Erste Versuche mit Asphaltvlies bzw. Asphalteinlagen wurden schon in den 1920er Jahren in den USA unternommen. Dabei wurden Baumwollgewebe zur Befestigung von Asphaltstraßen verwendet. Diese Entwicklung wurde jedoch nicht weiterverfolgt. Erst in den 1960er Jahren, mit dem Aufkommen von Kunststoffbahnen, wurde wieder auf diese Bauweise zurückgegriffen. Dabei waren zunächst die Niederländer Vorreiter auf diesem Gebiet. Seit den 1980er Jahren wurden in Europa über 100 Millionen Quadratmeter Straße mit Asphalteinlagen saniert, [19].

Auch in Österreich wurde diese Bauweise zur Sanierung von Straßen Anfang der 1980er Jahre eingeführt. Anfangs wurden nur Vlieseinlagen verwendet. Die Asphalteinlagen kommen aus dem Bereich der Geokunststoffe, die im Erdbau schon seit Jahren mit großem Erfolg eingesetzt werden. Da sich Asphalt jedoch anders als der „Baustoff Boden“ verhält, mussten anwendungsspezifische Produkte entwickelt werden. So wurden Geokunststoffe durch Modifizierung dem neuen Aufgabengebiet angepasst. Generell werden drei verschiedene Formen von Asphalteinlagen verwendet:

- Asphaltvlies
- Gitter
- Kombinierte Produkte

## 2.2 Arten von Asphalteinlagen

### 2.2.1 Asphaltvlies

Textile flexible Flächengebilde werden als Vliese bezeichnet. Man unterscheidet zwischen Endlos- und Stapelfaservlies. Endlosfaservliese (Spinnfaservliese) bestehen aus gesponnenen Fasern, die über die gesamte Länge einer Rolle durchgehend sind. Bei Vliesen liegen die Fasern nicht wie bei Geweben rechtwinkelig, sondern sind regellos und wirr angeordnet. Daher werden sie im Englischen auch als „non-woven“ bezeichnet. Die Fasern werden entweder durch mechanische, chemische oder thermische Einwirkungen verfestigt. Von einer mechanischen Verfestigung spricht man, wenn die Fasern vernadelt werden. Bei der thermischen Verfestigung werden die Fasern erhitzt und kleben dadurch zusammen, während bei der chemischen Verfestigung die Fasern durch ein chemisches Mittel adhäsiv verbunden werden, [8]. Allerdings ist laut RVS 08.16.02, [9] in der Anwendung von „Asphaltvlies“ mechanisch verfestigten Vliesen der Vorzug zu geben. Ausschließlich chemisch oder thermisch verfestigte Vliese sind nicht zulässig, „da solche Produkte die Aufnahmefähigkeit von Bindemitteln einschränken.“ [9]

Die geeigneten Materialien dafür sind langkettige Kunststoffe, wie Polypropylen (PP), Polyethylenterephthalat (PET) und Polyvinylalkohol (PVA). Asphaltvliese müssen eine erwartete Lebensdauer von mindestens 25 Jahren besitzen. Dies ist nur möglich, wenn die Vliese aus neuwertigen Rohstoffen bestehen. [9]



Abbildung 2-1 Asphaltvlies aus Glasfaser der Fa. Tencate

### 2.2.2 Asphaltgitter

Gitter können auf verschiedenen Arten hergestellt werden, je nach verwendetem Material. Entweder werden sie aus Fasern gewoben, geraschelt oder aus Membrankonstruktionen extrudiert und gestreckt. Dabei werden die Fasern bzw. Filamente zu Faserbündeln zusammengefasst und in einem weiteren Schritt in einer gitterförmigen Struktur angeordnet, [8].

- Gewebte bzw. geraschelte Gitter: Dabei werden die einzelnen Fasern rechtwinklig und kreuzweise miteinander verwoben. Diese Methode kommt bei Glas- und Carbonfasern zur Anwendung. Zur besseren Haftung beim Einbau können die einzelnen Faserbündel mit Bitumen getränkt werden.
- Gestreckte Gitter: „Bei gestreckten Gittern werden entweder Kunststoffbahnen durchstanzt und durch Auseinanderziehen (Strecken) der Lochlaibungen Gitter hergestellt oder es werden Lochbahnen extrudiert und anschließend gestreckt“, [10].
- Gelegte Gitter: Dabei werden Kunststoffstreifen oder Gewebestreifen kreuzweise abgelegt.

Für Gitter werden vor allem die Materialien Glasfaser, Carbonfaser, Basalt und Kunststoffe wie Polypropylen, Polyester und Polyvinylalkohol verwendet, [10]. Eine Sonderform stellen Gitter aus Stahl dar.

Um die Verlegung zu erleichtern, gibt es auch Gitter mit Verlegehilfen. Dabei werden die Gitter auf ein dünnes Vlies oder eine dünne Kunststoffbahn aufgebracht. Manche dieser Verlegehilfen werden beim Verlegen weggeschmolzen (siehe Abbildung 2-10).



Abbildung 2-2 Asphaltbewehrungsgitter aus Carbonfaser der Fa. S&P, [42]

### 2.2.3 Kombinationsprodukte

Von Kombinationsprodukten spricht man, wenn Asphaltgitter mit Asphaltvliesen kombiniert werden. Da Fahrbahnflächen häufig inhomogen sind, sind in verschiedenen Flächenabschnitten unterschiedliche Eigenschaften der Asphalteinlagen erforderlich. Diesen Umstand wird durch den Einsatz von Verbundstoffen Rechnung getragen. Dabei werden die Gitter entweder durch Verkleben oder durch Vernähen auf die Vliese aufgebracht.



Abbildung 2-3 Kombinationsprodukt mit unterschiedlichen Stärken aus Glasfaser der Fa. Tencate

## 2.3 Material von Asphalteinlagen

Laut der EU Norm ÖNORM EN 15381 [11] müssen die verwendeten Materialien der Asphalteinlagen bestimmten Anforderungen genügen. Folgende Materialien werden für Asphalteinlagen verwendet:

- Asphaltvlies
  - Polypropylen (PP)
  - Polyethylenterephthalat (PET)
  - Glasvliese

Asphaltvliese werden hauptsächlich aus Polypropylen (PP) hergestellt. Dies hat mit dem Recycling der Asphaltvliese zu tun. Das Recycling wird noch genauer in dem Kapitel 2.6 beschrieben.

- Asphaltgitter
  - Glas
  - Carbon
  - Basalt
  - Stahl

- Polyethylenterephthalat (PET)

In Österreich werden vorrangig Glas und PET als Ausgangsstoff für Asphaltgitter genutzt. Carbon, Basalt und Stahl spielen eine untergeordnete Rolle.

### 2.3.1 Asphaltvliese

Da Asphaltvliese vor allem als spannungsentlastende Schicht dienen, sind hier Materialien mit hohen Bruchdehnungen und geringer Zugfestigkeit gefragt. Durch die hohen Bruchdehnungen von PP, PVA und PET sind sie ideal für die Herstellung von Asphaltvliesen. Polypropylen hat eine Bruchdehnung von über 30 %, siehe Abbildung 2-4. Der Spitzenwert der Bruchdehnung kann einen Wert von 700 % erreichen. Ein weiterer Vorteil von Polymeren besteht darin, dass sie in alle Richtungen gleich belastbar sind. Die Vliese können somit auch Spannungen, die quer zur Faserrichtung wirken, aufnehmen.

### 2.3.2 Asphaltgitter

Asphaltgitter werden als Bewehrungselemente im Straßenbau eingesetzt. Sie müssen daher hohe Zugspannungen aufnehmen können und gleichzeitig eine geringe Dehnung aufweisen. Wie der Abbildung 2-4 zu entnehmen ist, sind Glas- und Carbonfasern bestens dafür geeignet. Diese Eigenschaften sind jedoch nur in Faserrichtung vorhanden, deswegen werden die Gitter auch in Faserrichtung gelegt. Quer zur Faserrichtung können diese Werkstoffe praktisch keine Spannung aufnehmen. Aufgrund dieser Materialeigenschaft sind Asphaltgitter nur im Asphaltstraßenbau sinnvoll. Denn wie schon im Kapitel 1.2.2 beschrieben wurde, treten an den Fugen Querspannungen auf. Um in der Ebene eine zweidimensionale Zugbewehrung zu gewährleisten werden Asphaltgitter kreuzförmig hergestellt. Wie auch bei den Asphaltvliesen gibt es mehrere Herstellungsarten der Kreuzungspunkte. Diese können entweder vernäht oder thermisch verklebt werden.

### 2.3.3 Kombinierte Produkte

Wie schon erwähnt, gibt es Kombinationsprodukte aus Vlies und Gitter. Daher kommen hier mehrere Materialien zum Einsatz. Die Vliese bestehen vorwiegend aus Polymeren (z.B.: Polypropylen oder Polyester) während die Gitter aus Faserwerkstoffen (z.B.: Carbon oder Glasfaser) hergestellt werden.

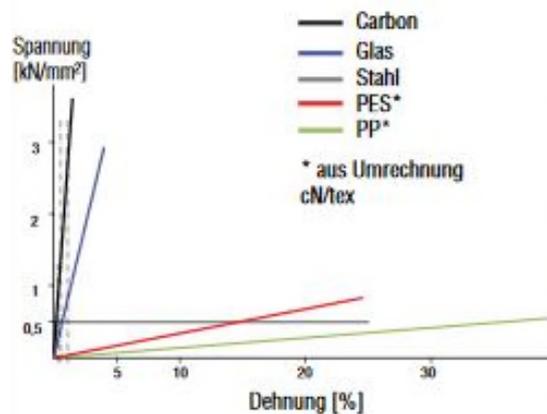


Abbildung 2-4 Spannungs-Dehnungsdiagramm von verschiedenen Werkstoffen, [12]

## 2.4 Verlegung und Einbau von Asphalteinlagen

Da es drei Arten von Asphalteinlagen gibt und diese verschiedene Funktionsweisen haben, muss man beim Sanierungskonzept genau wissen, was man verbessern möchte bzw. muss. Deswegen ist vor der Sanierung einer Straße eine genaue Untersuchung des Bestandes notwendig.

Dazu gibt es zwei Möglichkeiten: Als erstes wird die vorhandene Straße visuell beurteilt. Am besten geschieht dies im Rahmen einer Begehung. Dabei werden gleichzeitig die Anzahl und die Öffnungsweite der Risse dokumentiert. Begehungen sollten regelmäßig durchgeführt werden, um eine Veränderung der Straße und deren Zustand besser beurteilen zu können.

Die zweite Möglichkeit funktioniert mithilfe moderner Technik. Der Vorteil ist, dass die Zustandserfassung heute immer leichter, schneller und daher kostengünstiger wird. Dabei werden Kleintransporter mit einer Vielzahl von Sensoren wie GPS-Empfänger, Kameras, Ultraschall und Laserscans ausgerüstet. Durch das gleichzeitige Aufzeichnen vieler Daten und das Abspeichern auf einem Server können die gewonnenen Daten schnell verarbeitet werden.

Stellt sich im Rahmen einer Zustandserfassung heraus, dass eine Straße saniert werden muss, sind quantitative Begutachtungen vonnöten. Diese sind notwendig, um eine Aussage über die vorhandenen Festigkeiten treffen zu können. Diese Beurteilung wird anhand der Analyse von Bohrkerne gewonnen.

Anhand der gewonnenen Daten wird ein Sanierungskonzept mit der notwendigen Anzahl von Asphalteinlagen erstellt.

### 2.4.1 Einbau von Asphaltvliesen oder Kombinationsprodukten

Hat man sich nach der Zustandskontrolle für ein Vlies oder Kombinationsprodukt entschieden, sind beim Verlegen der Vliese bzw. der Kombinationsprodukte die Verlegehinweise des Lieferanten zu beachten, denn auch der Einbau ist vom Typus der Asphalteinlage abhängig. Während der gesamten Einbauzeit ist darauf zu achten, dass sich nur der unvermeidliche Baustellenverkehr auf der zu sanierenden Fläche bewegt. Intensive Lenkbewegungen wie auch Beschleunigungs- und Bremsmanöver sind zu vermeiden, [14]. Denn durch Lenkbewegungen kann es zum Verschieben der Einlage und zur Faltenbildung kommen. In diesem Kapitel werden allgemein gültige Regeln für den Einbau beschrieben.

#### Vorarbeiten

Nach dem Abfräsen der alten Deckschicht kann mit dem nächsten Arbeitsschritt begonnen werden, dem Reinigen der Oberfläche. Dies geschieht vornehmlich mittels Hochdruckwasserstrahl. Das Reinigen geschieht maschinell und ist in Österreich bestimmten Regeln bzw. Anforderungen unterworfen, siehe dazu Kapitel 3. Anschließend verfüllt man alle Risse, deren Öffnungsweiten größer als 3 mm sind. Neben den Rissen sind auch alle Schlaglöcher zu verfüllen, [9].



Abbildung 2-5 links Waschen der Oberfläche, rechts das Verfüllen von Schlaglöchern und Risse, [41]

#### Bitumen vorspritzen

Der nächste Schritt ist das Aufbringen des Bindemittels, üblicherweise Bitumenemulsion. Dieses sollte möglichst gleichmäßig aufgebracht werden und am Rand 10 cm über die Vliesbahnen hinausgehen. Die Bitumenmenge hängt von der Bitumenspeicherkapazität des Vlieses ab, aber auch von den klimatischen Rahmenbedingungen. Auf die optimale Bitumenmenge wird im Kapitel 4.1 eingegangen. Üblicherweise werden zwischen 1,6 -1,8kg/m<sup>2</sup> Bitumen vorgespitzt, [9].

Grundsätzlich sollte nicht zu viel Bitumenemulsion vorgespitzt werden. Denn durch das Befahren der Baustellenfahrzeuge kann das Bitumen durch das Vlies nach oben steigen und an den Rädern haften bleiben.



Abbildung 2-6 Vorspritzen der Bitumenemulsion, [41]

### Verlegen der Einlage

Das eigentliche Verlegen des Asphaltvlieses funktioniert entweder maschinell oder per Hand. Allerdings sieht die österreichische Norm vor, dass dem maschinellen Verlegen der Vorzug zu geben ist und ein händisches Verlegen nur in Ausnahmefällen gestattet ist. Beachtet werden sollte aber in jedem Fall das faltenfreie Verlegen. Dies geschieht am besten durch ein straffes Abrollen und sofortiges Andrücken der Bahnen, [14]. Dabei werden die Vliese, diese werden in Rollen auf die Baustelle geliefert, auf eine Abrollvorrichtung gesteckt. Diese Abrolleinrichtung befindet sich entweder vorne auf einem Nutzfahrzeug oder auf einem Handwagen. Nach dem Abrollen wird das Vlies mittels Besen auf der Fahrbahn glatt gestrichen. Praktisch bewährt hat sich die Methode des Glattwalzens der Einlage.

Unvermeidbare Falten müssen geschnitten und durch Überlappung festgeklebt werden. Vor allem in Kurvenbereichen wird diese Methode angewandt, [14]. Die Vliese dürfen weder vorgespannt werden, noch müssen diese thermisch behandelt werden. Auf die Vliesbahn wird eine Asphalt-schicht aufgebracht. Dies kann unmittelbar nach dem Ausrollen der Vliesbahn geschehen. Die Asphalt-schicht sollte eine Mindestschichtdicke von 3-4 cm haben, um eine ausreichende Wärmekapazität sicherzustellen, welche das Bitumen wieder aufweicht, [14]. Kombinationsprodukte werden auf dieselbe Art verlegt.

Um eine gute Klebwirkung zu erzielen, muss der Einbau bei trockenem Wetter erfolgen. Feuchtigkeit führt dazu, dass das Vlies Wasser aufnimmt und dieses aufgrund der hohen Temperaturen beim Asphalteinbau zu Wasserdampf verdampft und dadurch eine Volumsvergrößerung erfährt. Dies kann zu Schäden an der neu hergestellten Asphaltdecke führen.

### 2.4.2 Einbau von Asphaltgittern

Wie beim Verlegen von Asphaltvliesen/Kombinationsprodukten gibt es auch beim Verlegen des Asphaltgitters Regeln die vom Lieferanten vorgeschrieben werden, allerdings gibt es keine spezifische RVS. In diesem Kapitel wird daher allgemein das Verlegen eines Asphaltgitters beschrieben.

#### Vorarbeiten

Ebenso wie bei dem Einbau von Vliesen/Kombinationsprodukte wird auch beim Einbau des Asphaltgitters zuerst die alte Deckschicht abgefräst. Der nächste Arbeitsschritt besteht darin, die Oberfläche gründlich zu waschen. Nach dem Reinigen werden Schlaglöcher und Risse mit Öffnungsweiten, die größer als 3 mm sind, verfüllt.



Abbildung 2-7 Abfräsen der alten Oberfläche und anschließendes Waschen, [40]

#### Bitumen vorspritzen

Das Asphaltgitter benötigt eine geringere Menge an Bitumenemulsion. Das Bitumen dient zum Verkleben des Gitters. Üblicherweise wird  $0,25\text{kg}/\text{m}^2$  Bitumenemulsion vorgespitzt. Die Bitumenemulsion muss vor den weiteren Arbeitsschritten gebrochen sein. Außerdem gibt es Produkte, bei denen die einzelnen Fäden des Gitters schon bei der Herstellung in Bitumen getränkt wurden.



Abbildung 2-8 Vorspritzen mit Bitumenemulsion, [40]

### Verlegen der Einlage

Der Einbau kann maschinell oder per Hand erfolgen. Die maschinelle Verlegung ist für große Flächen geeignet, während die händische Methode bei unzugänglichen Stellen zur Anwendung kommt. Die maschinelle Abrollvorrichtung kann vor einem Bagger gespannt werden. Bei beiden Methoden werden die angelieferten Rollen eingespannt und das Asphaltgitter zum Abrollen vorbereitet.



Abbildung 2-9 Links die maschinelle Abrollvorrichtung; rechts die händische Variante, [40]

Um ein leichteres Abrollen des Asphaltgitters zu gewährleisten, wird das Gitter auf einem Transportmedium aufgebracht. Dieses Transportmedium kann ein dünnes Vlies oder eine dünne Kunststoffolie sein. Beim Einbau muss dieses Transportmedium jedoch wieder entfernt werden, um nicht als Trennschicht zu wirken. Dies geschieht durch Abflämmen. Zusätzlich hat das Flämmen

den Effekt, dass sich das Bitumen in den Fäden erweicht und dadurch klebfähig wird. Bei der maschinellen Ausführung geschieht dies automatisch, siehe Abbildung 2-10. Bei der händischen Methode muss das Abflämmen per Hand erledigt werden, siehe Abbildung 2-9 rechts.



Abbildung 2-10 Abflämmen des Trägermaterials, [40]

Um Schäden durch die Befahrung der Baustelle zu verhindern, bieten einige Firmen ein Trennmittel an. Es soll ein Festkleben des Gitters am Reifen verhindern. Bei Kanaldeckel, Einlaufgitter oder Wasserschieberkappen legt man das Gitter darüber und schneidet diese hinterher aus. Der nächste Arbeitsschritt besteht in der Überbauung. Diese sollte zeitnah mit dem Verlegen stattfinden und kann, wie auch bei konventionellen Methoden, mithilfe eines Fertigers erfolgen.



Abbildung 2-11 Überbau des Asphaltgitters mithilfe eines Fertigers, [40]

### 2.4.3 Einbau von Stahleinlagen

Stahleinlagen spielen in Österreich nur eine untergeordnete Rolle. Jedoch soll auch diese Bauweise hier näher beleuchtet werden. In Großbritannien, wo die Stahleinlage eine höhere Bedeutung hat, wird diese Einbaumethode in der nationalen Richtlinie, RSTA Code of Practice for Geosynthetics and Steel Meshes (for Inhibiting Cracking in Bituminous Bound Layers) [19], beschrieben. Bedingt durch die Materialeigenschaften von Stahl unterscheidet sich der Einbau von den oben beschriebenen Methoden.

#### Abrollen und Positionierung

Wie bei den anderen Materialien werden auch die Stahleinlagen in Rollen auf die Baustelle geliefert. Da Stahl aber nicht so elastisch ist wie Polymere, Glas- oder Carbonfasern, bleibt beim Ausrollen des Stahlgeflechts immer eine leichte Krümmung zurück. Das Verlegen der Stahleinlagen ist aufwändiger und arbeitsintensiver als bei Asphalteinlagen aus Polymeren, Carbon- oder Glasfasern. Das Stahlgeflecht soll so abgerollt werden, dass die Krümmung nach oben zeigt. Auch hier hat sich das Prinzip der maschinellen Verlegung bewährt. Liegt das Stahlgeflecht nicht in der endgültigen Position, muss es händisch zurecht gezogen werden. Längs- und Querfugen sollen überlagert werden. Diese Überlappungen werden mit Draht fixiert. Befindet sich das Stahlgeflecht in der endgültigen Position, so muss es abgewalzt werden. In der englischen Norm ist festgelegt, dass die Einlage mindestens zweimal über ihre gesamte Breite zu überrollen ist. Dabei werden Straßenwalzen mit Luftdruckreifen verwendet, [19]. Um das Plätten des Geflechts zu erleichtern, kann der Randdraht durchgeschnitten werden. Da nach dem Überrollen durch die Straßenwalze noch Krümmungen im Stahlgeflecht zurückbleiben können, muss ein weiterer Arbeitsschritt vor dem Fixieren durchgeführt werden. Dieser besteht darin, das Geflecht gerade zu ziehen. An einem Ende der Einlage wird eine schwere Last, z.B. eine Straßenwalze, aufgebracht und auf der anderen Seite zieht ein LKW an dem Stahlgeflecht. Das Stahlgeflecht wurde ausreichend gezogen, wenn keine Krümmung mehr zu sehen ist. Danach wird es fixiert, [19].

#### Fixieren der Stahleinlage

Zum Fixieren von Stahlgeflechtem gibt es Nägel, Bindemittel und Asphaltausgleichsschichten.

- Nägel

Beim Fixieren mit Nägeln wird das Stahlgeflecht mittels Stahlstiften am Untergrund befestigt. Bei neuem Asphalt werden Nägel mit PVC-Überzug verwendet. In der englischen Norm ist festgelegt, dass pro verlegtem Quadratmeter ein Nagel zum Einsatz kommen soll, [19].

- **Bindemittel**

Diese Ausführung ist ähnlich wie bei Vliesen bzw. Asphaltgitter, nur dass hier ungleich mehr Mengen an Bindemittel verwendet werden. Die englische Norm schreibt eine Bindemittelmenge von 17-22 kg/m<sup>2</sup> vor, [19]. Dies entspricht fast der 20-fachen Menge, welche beim Vlies benötigt wird. Als Bindemittel dient eine Bitumenemulsion. Es gelten dieselben Richtlinien wie beim Einbau von Vlies. Bei Regen oder Nässe der Fahrbahn darf das Bindemittel nicht aufgebracht werden. Die Lufttemperatur sollte im Bereich von 5-30°C liegen, [19]. Aufgrund der hohen Bitumenmenge gibt es mehr Probleme mit dem Baustellenverkehr. Daher sollte dieser bis zum Brechen des Bitumens eingestellt werden.
- **Asphaltausgleichsschicht**

Bei dieser Methode wird das Stahlgeflecht direkt mit Asphalt überbaut. Da der Fertiger jedoch nicht direkt auf der Stahleinlage fahren darf, er würde die Einlage verschieben, muss man zuvor händisch eine Unterlage schaffen. Im Bereich der Reifen oder des Kettenantriebs des Fertigers wird Asphalt händisch aufgebracht. Dieser sollte eine Dicke von 10-20 mm aufweisen, [19]. Auf dieser Spur aus Asphalt kann der Fertiger gefahrlos fahren. Nach dem Asphaltieren durch den Fertiger wird der Asphalt verdichtet. Diese Asphaltsschicht muss durchgängig sein, um ein Abheben des Stahlgeflechtes zu verhindern, [19].

Aufgrund des hohen zeitlichen wie maschinellen Aufwandes wird ersichtlich, warum bevorzugt Materialien wie Polymere, Carbon- und Glasfasern zum Einsatz kommen. Ebenso nicht endgültig geklärt sind der Ausbau und die Wiederverwendbarkeit dieser Produkte.

## 2.5 Funktionsweise von Asphalteinlagen

Laut OENORM EN 15183 [11] ist das Ziel der Anwendung von Asphalteinlagen die Sanierung von gerissenen Oberflächen. „Dies wird durch die Funktionen Bewehren, Spannungsentlastung, Abdichtung oder eine Kombination dieser Funktionen erreicht.“ [11].

Die Spannungsentlastung und die Bewehrung dienen dazu, Reflexionsrisse zu verhindern. Die Abdichtung verhindert den Wasserzutritt in den Straßenkörper. Dadurch können Asphalteinlagen den Straßenkörper verstärken und damit die Instandsetzungsintervalle verlängern, [11].

### 2.5.1 Abdichtende Wirkung

Bitumen wurde schon seit der Antike als Abdichtung für Schiffe verwendet. Denn Bitumen hat eine Wasserdurchlässigkeit von  $0,75 * 10^{-10} - 1,8 * 10^{-10} \left[ \frac{g}{cm * h * Pa} \right]$ . Dieser Wert sagt aus, wie viel Gramm Wasserdampf innerhalb einer Stunde durch eine 1 cm dicke Schicht bei einem Druckunterschied von einem Pascal über eine Fläche von  $1 \text{ cm}^2$  diffundiert und ist kleiner als bei vielen Kunststoffen, [16]. Aus diesem Grund werden auch heute noch bitumenhaltige Kunststoffmatten im Hochbau zum Abdichten verwendet, [10]. Da sich bitumengetränkte Kunststoffbahnen als Abdichtung im Hochbau bewährt haben, wurde diese Methode auf den Straßenbau übertragen. Allerdings setzt eine abdichtende Wirkung eine ausreichend dicke Schicht Bitumen voraus. Eine dicke Schicht Bitumen hat aber große Nachteile beim Einbau des Asphalttes, sodass man diese stabilisieren muss. Hierbei kommen Asphaltvliese zum Einsatz. Die Fasern der Vliesstoffe bzw. Kombinationsprodukte saugen das aufgebrachte Bindemittel auf und stabilisieren es. So kann eine dickere Schicht ohne Stabilitätsverlust hergestellt werden. Zudem gewährleistet das Vlies eine gleichmäßige Dicke, [14].

Das Bitumen muss so gewählt werden, dass im anwendungsrelevanten Temperaturbereich die abdichtende Schicht flexibel genug ist, um Risse zu überbrücken, [14].

In erster Linie soll durch die Abdichtung verhindert werden, dass Oberflächenwasser in tiefere Schichten gelangt. Wie schon im Kapitel 1.3.2 Witterungsbedingte Beanspruchung beschrieben, sieht man welche Folgen Wasserzutritt auf den Straßenkörper hat. Durch eine Abdichtung können diese wasserbedingten Probleme verhindert werden. Dies spielt bei frostempfindlichen und dauerhaften Straßen eine große Rolle. Durch den verhinderten Zutritt von Oberflächenwasser kommt es zu einer geringeren Bildung von Eislinsen und in weiterer Folge zu einer geringeren Beschädigung der Straße durch Frosthebungen. Durch das Vermeiden einer Durchnässung der Straße in den Tauperioden wird die Gefahr einer Scherfestigkeitsminderung minimiert. Dies verbessert auch den Widerstand des gesamten Straßenaufbaus gegen Deformationen durch Spurrinnen etc., [15].

Ein weiterer Vorteil der Abdichtung liegt in ihrer Funktion als Sperrschicht für Luftsauerstoff. Sauerstoff führt zu einer Oxidation und damit zu einer Versprödung von Bitumen. Wird der Sauerstoffzutritt verhindert, kommt es zu einer Verzögerung der Bitumenalterung. Damit werden auch Versprödungsrisse in der Asphaltbefestigung verhindert, [10].

### 2.5.2 Spannungsabbauende Wirkung

Wie die abdichtende Wirkung kann auch die spannungsabbauende Wirkung nur bei Vliesstoffen und Kombinationsprodukten beobachtet werden. Auch hier wirkt der Vliesstoff als Bindemittelspeicher, siehe Kapitel 2.5.1. Die Wirkungsweise ist auf das viskoelastische Materialverhalten von Bitumen zurückzuführen. Bitumen zeigt bei Belastung im Gebrauchstemperaturbereich drei Verformungsreaktionen:

- **Elastische Deformation**  
Die elastische Deformation erfolgt unmittelbar nach der Belastung. Mit dem Wegfall der Belastung kommt es auch zu einer vollständigen Rückstellung der Verformung. Sie ist daher reversibel, [10].
- **Viskoelastische Deformation**  
Die viskoelastische Deformation tritt mit einer zeitlichen Verzögerung auf. Sie nähert sich einem belastungsabhängigen Grenzwert an. Nachdem die Belastung beendet ist, wird die Verformung nach einer gewissen Zeit vollständig zurückgebildet. Daher ist auch dieser Vorgang reversibel, [10].
- **Viskoplastische Deformation**  
Die dritte Verformungsmöglichkeit ist die viskoplastische Deformation. Nachdem die Belastung beendet ist, kann sich die Verformung nicht mehr zurückbilden, sie ist daher irreversibel, [10].

Für die spannungsabbauende Wirkung ist die viskoelastische Deformation verantwortlich. Spannungen werden mittels der viskosen Komponenten des Bitumens durch „Fließen“ abgebaut, [10]. Auch die hohe Bruchdehnung von Kunststoff-Vliesen, siehe dazu Kapitel 2.3.1, führt zu einem Spannungsabbau durch Dehnung. Daher treten an der darüber liegenden Schicht keine oder nur geringe Zugspannungen auf. Es kommt nicht zum Überschreiten der Zugfestigkeit und es treten keine Reflexionsrisse auf. Man spricht von Abpuffern der Kerbspannung, siehe dazu Abbildung 2-12.

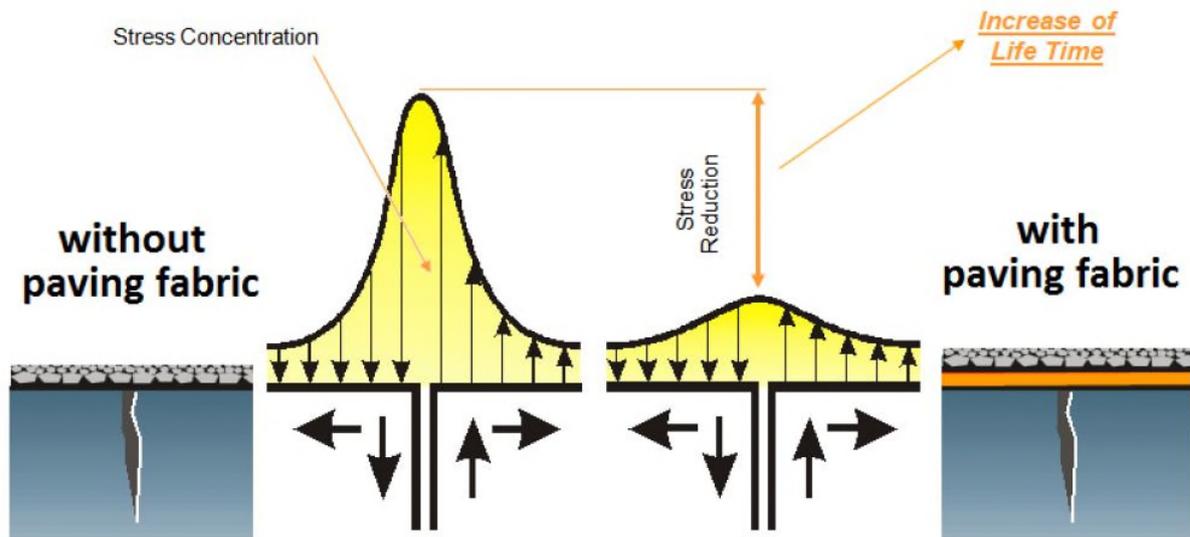


Abbildung 2-12 Abbau von Spannungskonzentrationen über bereits gerissenen Oberflächen, [20]

Um diesen Vorgang zu ermöglichen, muss auch bei niedrigen Temperaturen eine gewisse Teilbeweglichkeit des Systems vorhanden sein. Daher verwendet man Bitumen mit einem niedrigen Brechpunkt. Dies erreicht man mit einem hoch polymermodifiziertem Bitumen.

*Außerdem erhöhen die Fasern des Vliesstoffes die Viskosität des Gesamtsystems Bitumen- Vliesstoff, so dass ein „Schwimmen“ der darüber liegenden Schicht vermieden, trotzdem aber ein Spannungsabbau in der Bitumenschicht ermöglicht wird, [10].*

Durch die Adhäsion zwischen Bitumen und Asphalt kommt es zu einem guten Verbund zwischen der bitumenhaltigen Zwischenschicht und der sanierten Schicht, [10]. Die Anforderungen der Schichthaftung und des Schichtverbundes werden dafür entsprechend reduziert, [10].

### 2.5.3 Bewehrende Wirkung

Diese Wirkung ist mit dem Prinzip der Bewehrung im Stahlbetonbau vergleichbar. Der Asphalt kann, ähnlich wie der Beton, nur geringe Zugspannungen aufnehmen. Die Zugspannungen müssen von der Asphalteinlage übernommen werden. Man braucht also Materialien, welche über eine hohe Zugfestigkeit bei gleichzeitig geringer Bruchdehnung verfügen, siehe dazu Kapitel 2.3.2. Die Hauptaufgabe dieser Asphalteinlage liegt in der Übernahme von Zugspannungen. Um die optimale Wirkung zu erreichen, sollte sich die Bewehrung im Bereich der Zugspannungen befinden, [10]. Um dies zu ermöglichen, muss die Einbautiefe berücksichtigt werden. Dies hat mit der Lage der Zugspannungen zu tun, siehe dazu Kapitel 1.3. Neben dem Kriterium der Einbautiefe gibt es noch das Kriterium des festen Verbundes. Um eine Übertragung der Zugspannungen zwischen Einlage und Straßenschicht zu gewährleisten, muss die Einlage kraftschlüssig mit der Asphalttschicht verbunden sein. Dies geschieht über zwei verschiedene Mechanismen. Da die Bewehrungen mit Bitumen auf den unteren und oberen Schichten aufgeklebt werden, gibt es eine adhäsive

Komponente. Diese macht aber nur einen geringen Teil der Kraftübertragung (ca. 40%) aus. Den weitaus größeren Teil, ca. 60% der Kraftübertragung, liefert die Verankerung. Dies geschieht mithilfe von „Querstreben“ der Gitter. Die übertragbare Kraft hängt von der Ausgestaltung der Verbindung zwischen Längs- und Querfasern ab. Mit der Verbindung ist die Ausbildung des Knotens gemeint, ob diese vernäht oder gelegt sind. Ebenso spielt die Verzahnung der „Querstreben“ mit der Körnung der Asphaltstruktur eine Rolle. Daher ist die Verzahnung in gewisser Weise auch abhängig von der Öffnungsweite der Einlage, [14]. Die Einlagen können ihre volle Wirkung erst dann entfalten, wenn innerhalb der Öffnungsweiten der Gitter Mikrorisse entstehen und so die Zugfestigkeit der vorhandenen Schicht wegfällt. Durch die Verzahnung übernehmen dann die Fasern des Gitters die Zugspannungen. Durch die Wegnahme der Zugspannungen im Asphalt wachsen die Mikrorisse nicht weiter, [6].

#### 2.5.4 Kombinierte Wirkung

Bei Kombinationsprodukten können bis zu einem bestimmten Grad Abdichtung, spannungsabbauende und bewehrende Wirkung gemeinsam auftreten. Je nach Lage, Zusammenwirken der Verbundstoffe und Einbaudicke können sich diese Wirkungen unterschiedlich überlagern, [10].

## 2.6 Recycling von Asphalteinlagen

Recycling spielt in der modernen Gesellschaft eine immer wichtigere Rolle. Auch im Straßenbau wird auf die Wiederverwertbarkeit und Recycelbarkeit der Baustoffe Wert gelegt. Obwohl Asphalteinlagen die Nutzungsdauer einer Straße verlängern können, müssen auch sie nach Ablauf der Lebensdauer rückgebaut werden. Daher ist für den Straßenerhalter wichtig zu wissen ob Asphalteinlagen recycelbar sind.

Im Straßenbau gibt es zwei unterschiedlichen Arten von Recycling: die Wiederverwendung *in situ* (in place) und den Ausbau der Asphaltsschichten (in plant), [29]. Beide Verfahren beginnen mit dem Abbau des Asphaltes mittels Asphaltfräsen. Mithilfe der Fräsköpfe, welche tiefenverstellbar sind, wird das Asphaltmischgut granuliert, [30].

Bei der *in place*-Methode wird der gefräste Asphalt auf drei mögliche Arten sofort wieder eingebaut:

- Der Asphalt wird ohne zusätzliches Material eingebaut (Reshape).
- Der Asphalt wird ohne zusätzliches Material eingebaut. Auf die bestehende wird jedoch zusätzlich eine neue Materialschicht heiß auf heiß aufgetragen (Repave).
- Der Asphalt wird mit zusätzlichem Material vermischt und wieder eingebaut (Remix).

Diese Art des Recyclings kann dann durchgeführt werden, wenn eine große Fläche vorhanden ist, die Witterung günstig ist (kein Regen, Lufttemperatur über 10°C usw.) und eine gleichmäßige Beschaffenheit der zu bearbeitenden Schicht vorliegt, [29]. Nachteil dieser Methode ist im Gegensatz zu der *in plant* Methode eine weniger gute Asphaltschicht.

Mit der *in plant*-Methode lassen sich zwar hohe Asphaltqualitäten erreichen, aber der Verarbeitungsaufwand des gefrästen Asphaltes ist höher. Denn das aufgebrochene Asphaltgut muss zum Asphaltwerk gebracht werden, wo es entweder im Heiß- oder Kaltzugabeverfahren weiterverarbeitet wird. Dabei muss das Asphaltgranulat gewissen Qualitätsanforderungen entsprechen. Es wird den Korngrößen entsprechend gesiebt und gelagert. Recyclingasphalt soll möglichst hochwertig wiederverwendet werden. Am besten gelingt dies wenn der Altasphalt bei der Herstellung für neuen Asphalt wiederverwendet wird. Dabei haben sich zwei unterschiedliche Verfahren herauskristallisiert. Bei dem Heißzugabeverfahren wird das Asphaltgranulat in gesonderten Vorrichtungen getrocknet und dann auf etwa 130–150°C erhitzt, [31]. Das erhitzte Material wird dann mit dem frischen Asphalt vermischt und kann in weiterer Folge eingebaut werden.

Bei der Kaltzugabe wird der alte Asphalt direkt bei der Mischanlage dem neuen Asphalt hinzugefügt. Daher muss der neue Asphalt auch entsprechend höher erhitzt werden, [31]. Um eine möglichst geringe Ausgangsfeuchte zu gewährleisten, sollte das Asphaltgranulat überdacht gelagert werden, [31].

Beim Recycling von Asphalt mit Asphalteinlagen ist die Vorgehensweise ähnlich. Da die Asphalteinlagen jedoch einen „Fremdkörper“ im Asphalt darstellen, kann es beim Recycling zu Problemen kommen. Einerseits können sich beim Fräsen die Fasern der Asphalteinlagen um den Fräskopf wickeln und diesen zu verstopfen, [10]; andererseits kann durch die Fasern der Asphalteinlagen selbst ein Problem entstehen: sollten diese durch die Fräse nicht ausreichend zerkleinert werden, kann es beim Wiedereinbau zu Nestern und Konglomeratbildungen kommen. Das würde sich negativ auf die Qualität des Asphaltes auswirken. Daher wurden diverse Untersuchungen zum Thema Recycling von Asphalteinlagen durchgeführt. Davon werden einige exemplarisch skizziert:

Im Auftrag der Firma S&P prüfte die Ingenieurgesellschaft PTM Dortmund GmbH die Wiederverwertbarkeit des Produktes Carbo-/Glasphalt. Dazu wurden Teststrecken angelegt und alle Teststrecken mit demselben Bindemittel und derselben Gesteinskörnung hergestellt. Eine Teststrecke wurde als Referenz ohne Asphalteinlage hergestellt, bei den anderen wurden Asphalteinlagen verbaut. Die Teststrecken wurden gedrittelt, wobei jeder Abschnitt einen anderen Fräshorizont hatte. Es wurde 1 cm über, 1 cm unter und auf Armierungshöhe gefräst, [32]. Das entnommene Fräsgut wurden im Labor jeweils auf die Beschaffenheit der Faserrückstände und die Wiederverwertbarkeit im Rahmen einer Erstprüfung geprüft. Im Fräsgut blieben zum Teil sehr lange Fasern

zurück (ca. 33 % mit einer Länge von 10,5-15,7 cm), jedoch ließen sich diese problemlos entfernen, [32].

Im Rahmen der Auswertung wurden keine erhöhten Schwierigkeiten beim Fräsvorgang festgestellt. Das Asphaltgitter verursachte keinen erhöhten Säuberungsaufwand der Fräse. In einem Asphaltmischgut wurde geprüft, ob das Fräsgut dem konventionellen Wiederaufbereitungsprozess ohne Probleme zugeführt werden kann. Dazu wurde eine Tonne Fräsgut zu einem Asphaltwerk gebracht, wo es die Anlage ohne Problem durchlief. Zusätzlich wurden Probekörper unter der Zugabe von 10 % Fräsgut, 30 % Fräsgut und keinem Fräsgut hergestellt. Die Probekörper mit der wiederverwendeten Asphalteinlage wiesen keine signifikanten Unterschiede zur Referenzprobe auf, [32]. Somit lässt sich als Fazit sagen, dass die Asphaltgitter ohne weiteres recycelt werden können.

### 3 Nationale Richtlinien

Im gesamten EU- Raum gilt die Richtlinie EN 15381. Zusätzlich verschiedene nationale Richtlinien. Dies ist einerseits den verschiedenen klimatischen Anforderungen und andererseits den unterschiedlichen Erfahrungswerten mit dieser Bauweise geschuldet. Dieses Kapitel soll die nationalen Regelwerke einiger Länder vergleichen und, falls vorhanden, die Unterschiede zu den österreichischen Normen herausarbeiten. Dabei werden die nationalen Richtlinien der folgenden Länder betrachtet:

- Österreich
- Deutschland
- Schweiz
- Rumänien
- England

Deutschland und die Schweiz wurden gewählt, weil sie an das österreichische Staatsgebiet angrenzen und daher ähnliche klimatische Bedingungen wie Österreich haben.

Die englische Norm wurde gewählt, weil England über andere klimatische Bedingungen und andere Erfahrungen im Straßenbau besitzt als Österreich. Ebenso verhält es sich mit der rumänischen Norm.

In Deutschland wurde noch keine Norm über Asphalteinlagen veröffentlicht, sondern lediglich Arbeitspapiere (Stand Februar 2017). Dagegen wurden sowohl in Rumänien als auch England bereits Normen zu diesem Thema veröffentlicht. Die Schweiz hat die EN 15381 und einen nationalen Anhang als Norm übernommen.

### 3.1 Österreich

In Österreich gilt, wie schon erwähnt, die EU- Richtlinie EN 15381. Diese wurde vom österreichischen Normungsinstitut übernommen. Neben diesem Regelwerk hat die FSV die Richtlinie RVS 08.16.01 zum Thema Asphaltvliese herausgegeben. Spezialisierte RVS- Richtlinien zu den Themen Asphaltbewehrungen und Kombinationsprodukten gibt es noch nicht (Stand Februar 2023). Beide Regelwerke werden näher beschrieben.

#### 3.1.1 ÖNORM EN 15381

Da die Anwendung von Asphalteinlagen in Österreich eine vergleichsweise junge Baumethode ist, gibt es derzeit noch wenige nationale Richtlinien bzw. Normen. Die wichtigste nationale Norm ist die *ÖNORM EN 15381- Geotextilien und geotextilverwandte Produkte- Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich sind, [11]*.

Diese nationale Norm regelt die notwendigen Eigenschaften von Asphalteinlagen. Dazu zählen alle metallischen und nicht-metallischen Geotextilien sowie geotextilverwandte Produkte, die beim Bau von Fahrbahnen bzw. Asphaltdecken verwendet werden. Neben den Eigenschaften werden auch die drei Funktions- bzw. Wirkungsweisen beschrieben:

- Bewehrende Wirkungsweise
- Spannungsabbauende Wirkungsweise
- Abdichtende Wirkungsweise

Diese werden hier nur kurz angeführt, weil sie schon im Kapitel 2.5 ausführlich erörtert wurden. In der nachfolgenden Tabelle ist einerseits angegeben, welches Prüfverfahren bei welcher Eigenschaft anzuwenden ist, bzw. welche Eigenschaften für die einzelnen Funktionsweisen notwendig sind. Manche dieser Prüfverfahren können für bestimmte Produkte nicht zweckmäßig sein. Daher werden Ersatzprüfverfahren vorgeschlagen.

**Tabelle 3-1** Materialeigenschaften für nicht-metallische Geotextilien und geotextilverwandte Produkte  
laut EN 15381, [11]

Eigenschaft	Prüfverfahren	Funktion		
		Bewehren	Spannungs-entlastung	Abdichten
(1) Zugfestigkeit	EN ISO 10319 <sup>a</sup>	H	H	H
(2) Dehnung bei Höchstzugkraft	EN ISO 10319 <sup>a</sup>	H	H	H
(3) Durchschlagverhalten <sup>b</sup>	EN ISO 13433	H	--	H
(4) Durchdrückverhalten <sup>b</sup>	EN ISO 12236	H	H	H
(5) Beständigkeit	Anhang B	H	H	H
(6) Wetterbeständigkeit <sup>c</sup>	EN 12224; B.1 dieser Norm	S	S	S
(7) Bitumenrückhaltung	Anhang C	--	H	A
(8) Schmelzpunkt	EN ISO 3146	S	S	S
(9) Alkalibeständigkeit	EN 14030; B.2 dieser Norm	S	S	S

#### Relevanz

H: für Kontrollzwecke gefordert

A: für alle Anwendungsbedingungen relevant, aber nicht obligatorisch für Entwicklung und Leistungsbeschreibungen

S: für besondere Anwendungsbedingungen relevant

„--“ bedeutet, dass die Eigenschaft für die Funktion nicht relevant ist

a EN ISO 10319 kann für bestimmte Zwecke (z. B. Glasfasergitter) nicht geeignet sein. In diesen Fällen sind geeignetere Verfahren wie EN ISO 13934-1 oder ASTM D 6637-01 anzuwenden. Auf jeden Fall sind Prüfungen der Zugfestigkeit an Fertigprodukten durchzuführen

b Die Kurzbeschreibung dieser Prüfung muss nicht für alle Materialien geeignet sein, und die Gültigkeit der Prüfung für einige Produktarten, z. B. Geogitter, sollte berücksichtigt werden. Wenn Zugfestigkeit und Durchschlagverhalten in dieser Tabelle mit „H“ angegeben sind, muss der Hersteller Angaben für beide zur Verfügung stellen. Die Verwendung von nur einer Eigenschaft, entweder Zugfestigkeit oder Durchschlagverhalten, ist in der Leistungsbeschreibung ausreichend

c Für Kontrollzwecke gefordert (H), falls relevant für Anwendungsbedingungen (siehe 4.2).

In der Tabelle 3-1 gibt es drei Eigenschaften, welche mit einem S gekennzeichnet sind. Diese sind die Wetterbeständigkeit, der Schmelzpunkt und die Alkalibeständigkeit. Die Prüfung dieser Funktionen wird nur zu speziellen Anlässen gefordert.

#### **Wetterbeständigkeit**

Die Wetterbeständigkeit muss nur geprüft werden, wenn die Asphalteinlage nicht am gleichen Tag überbaut wird. Wie schon in Kapitel 2.4 ausgeführt ist es ratsam, Asphalteinlagen zeitnah zu überbauen.

#### **Alkalibeständigkeit**

Die Alkalibeständigkeit ist nur gefordert, wenn die Einlage direkten Kontakt zu Beton oder einer zementverstärkten Oberfläche hat.

## Schmelzpunkt

Der Schmelzpunkt muss nur angegeben werden, wenn das verwendete Produkt einen niedrigeren Schmelzpunkt als die Einbautemperatur von Asphalt hat, [11].

In der österreichischen Norm gibt es eine Anmerkung zu dem Thema Beschädigung beim Einbau. Es gibt allerdings dazu noch keine normativ geregelten Prüfverfahren. Beschädigungen der Asphalteinlagen beim Einbau durch Verlegen, Überfahren und Verdichten können eine Verminderung der Festigkeitseigenschaften verursachen.

Neben nicht-metallischen Geotextilien und geotextilverwandten Produkten gibt es auch metallische Produkte. Für diese schreibt die ÖNORM EN 15381 ebenfalls Eigenschaften und dazu gehörige Prüfverfahren vor. Diese sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

**Tabelle 3-2** Materialeigenschaften für metallische Produkte laut EN 15381, [11]

Eigenschaft	Prüfverfahren	Funktion
		Bewehren
(1) Zugfestigkeit — Stahldrahtmasche <sup>a</sup> — parallel zur Maschenorientierung — quer zur Maschenorientierung — stahlgeschweißtes Flächengebilde <sup>b</sup>	Anhang D EN 10002-1 EN ISO 15630-2	H
(2) Dehnung bei Höchstzugkraft — Stahldrahtmasche — parallel zur Maschenorientierung — quer zur Maschenorientierung — stahlgeschweißtes Flächengebilde	Anhang D EN 10002-1 EN ISO 15630-2	H
(3) Durchschlagverhalten <sup>c</sup>	EN ISO 13433	--
(4) Durchdrückverhalten <sup>c</sup>	EN ISO 12236	--
(5) Beständigkeit	Anhang B.3	H
<u>Relevanz</u> H: für Kontrollzwecke gefordert [1] „-“ bedeutet, dass die Eigenschaft für die Funktion nicht relevant ist  a Wie in EN 10223-3 festgelegt. b Wie in EN 10080 festgelegt. c Die Kurzbeschreibung dieser Prüfeigenschaft ist nicht anwendbar.		

Zusätzlich zu den Prüfverfahren der Eigenschaften gibt die ÖNORM EN 15381 auch Konformitätsbewertungen an. Diese beschreiben die Beschriftung der Asphalteinlage, die Überprüfung bei Übernahme der Asphalteinlagen, die Erstprüfung und die notwendigen Maßnahmen zum Qualitätsmanagement.

### **Beschriftung der Asphalteinlage**

Die Asphalteinlagen sind auf zweifache Weise zu beschriften: die verpackte Rolle wird mit einem Etikett versehen, welches Angaben zum Hersteller und zum Erzeugnis selbst enthält und das Etikett muss bei der Übernahme überprüft werden. Zusätzlich zum Etikett wird die Asphalteinlage selbst beschriftet. Diese Beschriftung muss nach ÖNORM EN 10320 erfolgen und hat dauerhaft zu sein.

### **Überprüfung bei Übernahme**

Die Asphalteinlagen sind bei der Übernahme doppelt zu überprüfen: zuerst wird die Asphalteinlage bei der Übernahme einer augenscheinlichen Untersuchung unterzogen. Des weiteren gibt es noch eine messtechnische Stichprobe. Für diese werden zwei Proben aus zwei verschiedenen Rollen gezogen. Die Probenentnahme hat den Regeln EN ISO 9862 zu entsprechen. Für die Prüfung der ersten Probe kommen die Prüfverfahren nach Tabelle 3-1 bzw. nach Tabelle 3-2 zum Einsatz. Liegen die Messwerte innerhalb der vom Hersteller angegebenen Toleranzen, ist diese Probe und damit das Produkt als konform zu verifizieren. Liegen die Messwerte zwar außerhalb der angegebenen Grenzen, überschreiten diese aber maximal um das 1,5-fache, wird zur Kontrolle die zweite Probe geprüft. Liegen die Messwerte der zweiten Probe innerhalb der Toleranzen, ist das Produkt ebenfalls als konform einzustufen. Liegen die Messwerte jedoch außerhalb der Grenzen, dann ist das Produkt fehlerhaft und die gesamte Lieferung wird nicht übernommen. Ebenso fehlerhaft ist das Produkt, wenn die Messwerte bei der ersten Probe die Toleranzen um das 1,5-fache übersteigen.

### **Erstprüfung**

Erstprüfungen müssen vor der Markteinführung eines Produktes durchgeführt werden oder wenn sich eine grundlegende Fertigungsmethode bzw. ein Grundrohstoff ändert. Die Erstprüfung gibt dann die Messwerte plus Toleranzen für verschieden Eigenschaften eines Produktes an. Da Asphalteinlagen unterschiedliche Funktionen haben können, müssen die zu überprüfenden Eigenschaften in Abhängigkeit zur Funktion stehen. Diese Abhängigkeiten werden in Tabelle 3-3 angegeben.

**Tabelle 3-3** Erforderliche Eigenschaften für die Erstprüfungen und Konformitätsbewertungen, [11]

Eigenschaften	Funktion
Zugfestigkeit	Bewehrung, Abdichtung, Spannungsentlastung
Dehnung	Bewehrung, Abdichtung, Spannungsentlastung
Durchdrückverhalten	Bewehrung, Abdichtung, Spannungsentlastung
Durchschlagverhalten	Bewehrung, Abdichtung
Bitumenrückhaltung	Spannungsentlastung
Beständigkeit	Bewehrung, Abdichtung, Spannungsentlastung (in Übereinstimmung mit den Anwendungsbedingungen)

„Die Probe für die Erstprüfung muss nach EN ISO 9862 aus einem üblichen Fertigungslos entnommen werden, wobei Materialien und Herstellungsverfahren der normalen Produktion entsprechen müssen“, [11].

Dies bedeutet, dass Proben aus Kleinserien, Proben aus manueller Herstellung oder Prototypen aus Kleinserien zwar für Vergleiche der Messwerte zulässig sind, aber nicht als Parameter des Produktes angegeben werden dürfen. Die Prüfverfahren sind den oben genannten Tabellen zu entnehmen. Die Ergebnisse der Prüfungen sind zu dokumentieren, [11].

### Maßnahmen im Qualitätsmanagement

Neben den Erstprüfungen ist der Hersteller dazu verpflichtet, laufend werkseigene Produktionskontrollen durchzuführen. Diese werkseigene Produktionskontrolle ist vor der Markteinführung eines Produktes bereitzustellen und in einem eigens dafür vorgesehenen Handbuch zu dokumentieren. Darin muss Folgendes festgehalten werden:

- Rohstoffe
- Zusatzstoffe
- Herstellungsprozesse
- Änderung von Herstellungsprozessen

Die Änderungen von Herstellungsprozessen müssen nur dann festgehalten werden, wenn diese eine Eigenschaftsänderung am Produkt bewirken.

Das Handbuch muss bei einer Kontrolle des Werkes den zuständigen Stellen vorgelegt werden. Die werkseigene Produktionskontrolle dient zur Einhaltung der aus der Erstprüfung ermittelten Werte, um die Qualität des Produktes auf dem gleichen Level zu halten. In Anhang A der ÖNORM EN 15381 werden die Punkte angeführt, welche für eine gute Produktionskontrolle notwendig sind. Sie werden hier in tabellarischer Form wiedergegeben.

**Tabelle 3-4** Erforderliche Maßnahmen für werkseigene Produktionskontrolle laut ÖNORM EN 15381, Anhang A

wesentliche Punkte der Produktionskontrolle	Bemerkung
Produktion	Annahmekriterien von zugelieferten Materialien und Verfahren zur Einhaltung der Kriterien
Prüfung am Endprodukt	Größe der Proben, Häufigkeit der Probenentnahme, Ergebnisse
Alternative Prüfverfahren	wenn nicht die normativen Prüfverfahren angewandt werden, Vergleich von normativen Prüfverfahren und Alternativen aufzeichnen
Ausrüstung	Prüfgeräte die Einfluss auf das Ergebnis haben, müssen rückverfolgbar und vorschriftsmäßig kalibriert sein; Hersteller muss über Geräte und Personal verfügen, er kann dies auch auslagern
Aufzeichnungen	Ergebnisse und Dauer der Prüfung müssen genau aufgezeichnet und für 10 Jahre aufbewahrt werden; diese Aufzeichnungen sind von den verantwortlichen Stellen zu unterzeichnen
Auswertung der Ergebnisse	Ergebnisse von Inspektionen, Überprüfungen und Prüfungen sollen, wenn möglich, statistisch ausgewertet werden
Rückverfolgbarkeit	die verwendeten Materialien sollten rückverfolgbar sein
Korrekturmaßnahmen	Wenn die Werte nicht in den Toleranzen liegen, muss ein Maßnahmenkatalog bereitstehen
Personal	Personal muss ausreichend geschult sein; Verantwortungsbereich des Personals muss angegeben werden
Qualitätsmanagement	Oben genannten Maßnahmen sind im Handbuch einzutragen

Die in Tabelle 3-4 beschriebenen Punkte müssen genauestens dokumentiert werden und bei einer Überprüfung durch die zuständige Stelle ausgehändigt werden.

### 3.1.2 RVS 08.16.02

Die RVS 08.16.02 beschreibt den Einsatz von Asphaltvliesen und darf nur auf diese Baumethode angewandt werden. Asphaltgitter, Kombinationsprodukte und Asphaltvliese aus Naturfaser dürfen nicht nach den Regeln dieser RVS behandelt werden.

Bitumengetränktes Asphaltvlies hat verschiedene Wirkungen auf den Straßenaufbau. Einerseits kann Asphaltvlies in Kombination mit Bitumen eine abdichtende Wirkung erzielen, andererseits kann Asphaltvlies Spannungen reduzieren. Diese beiden Wirkungen wurden schon im Kapitel 2.5 besprochen. Vlies kann kein Bewehrungselement sein und erhöht auch nicht die Tragfähigkeit.

Wie schon erwähnt, muss man vor dem Einsatz von Asphaltvliesen immer eine genaue Analyse der Schadensursachen betreiben. Diese hat nach den Regeln der RVS 13.01.41[9] zu erfolgen. Bei folgenden Problemen des Straßenaufbaus ist der Einsatz von Asphaltvliesen durchaus sinnvoll:

- mangelhafte Asphaltqualität durch eindringende Feuchtigkeit
- mangelhafte Asphaltqualität durch Alterung oder Ermüdung
- Reflexionsrisse aus der unteren Schicht
- thermische Überbeanspruchung
- Reflexionsrisse bei schwindbedingten Bewegungen
- NetZRissbildung
- Oberflächenbehandlung

Schwindbedingte Bewegungen und deren Auswirkungen kommen bei zementgebundenen Tragschichten vor. Dabei dient die Asphaltvliesschicht vor allem als spannungsentlastende Schicht, um Reflexionsrisse aufgrund von Schwindrissen vorzubeugen. Asphaltvlies kommt bei schadhafte Betonflächen nur von Lastklasse LK4 bis LK0,4 gemäß RVS 03.08.63 [9] zum Einsatz. Es ist sicherzustellen, dass keine nennenswerten Bewegungsdifferenzen an den Rissufern auftreten – sowohl vertikal als auch horizontal. Ist das jedoch der Fall, sind geeignete Gegenmaßnahmen wie Schneiden, Entspannen oder Verpressen zu setzen. Da die Asphaltvliesschicht vollflächig aufliegen soll, ist die Ebenheit der Oberfläche ein weiteres Kriterium. Bei kleinen Unebenheiten kann die Asphaltvliesschicht direkt eingebaut werden. Bei großen Unebenheiten wird mittels Abfräsen oder Einbauen einer Ausgleichsschicht eine ebene Oberfläche hergestellt.

Die Grundstoffe der Asphaltvliesschicht sind das Asphaltvlies und Bindemittel. Das Asphaltvlies muss den Anforderungen der ÖNORM EN 15381 genügen und muss wiederverwendbar sein.

*„Es ist der Nachweis zu erbringen, dass die Grundstoffe für eine allfällige Wiederverwendung geeignet sind und dabei aus der organischen Phase bei der heißen, warmen oder kalten Wiederverwendung keine Gefahrenstoffe in gesundheitlicher Konzentration emittiert oder eluiert werden“, [9].*

Rohstoffe und die Herstellung wurden schon in früheren Kapiteln beschrieben. Die Anforderungen an das Vlies sind der Tabelle 3-5 zu entnehmen.

**Tabelle 3-5** Anforderungen und Prüfverfahren für Asphaltvliese aus RVS 08.16.02

Kennwert	Anforderung	Prüfbestimmung
Höchstzugkraft (mindestens) [kN/m]	8 <sup>1)</sup>	ÖNORM EN ISO 10319
Höchstzugkraftdehnung (mindestens) [%]	50 <sup>2)</sup>	
Masse pro Flächeneinheit [g/m <sup>2</sup> ]	135 bis 145	ÖNORM EN ISO 9864
Bitumenaufnahmefähigkeit wirksames Bindemittel im unbelasteten Asphaltvlies als Laborversuch. Erforderliche Bindemittelmenge für die Herstellung der AVS (s. Tab. 2) [kg/m <sup>2</sup> ]	1,0 bis 1,2	ÖNORM EN 15381, Anhang C

1) Bei anisotropen Höchstzugkräften im Streifenzugversuch ist der kleinste Mittelwert (Höchstzugkraft in Längsrichtung, Querrichtung, Diagonalrichtung) maßgeblich.

2) Für die Streifenzug-Dehnung wird der Mittelwert aus Längs-, Quer- und Diagonaldehnung herangezogen:

$$\varepsilon = (\varepsilon_{\text{längs}} + \varepsilon_{\text{quer}} + \varepsilon_{\text{diagonal}})/3$$

Der zweite Grundstoff sind die folgenden Bindemittel, wobei jeweils zwischen nicht modifiziertem oder polymermodifiziertem Bindemittel zu unterscheiden ist:

- Bitumenemulsion
- Fluxbitumen
- Straßenbaubitumen

Die Auswahl richtet sich nach den klimatischen Verhältnissen sowie der Art der Verkehrsbelastung und der geplanten Überbauung. Anhaltspunkte liefert die Tabelle 3-6.

Tabelle 3-6 Auswahl von Bindemitteln nach RVS 08.16.02 [10]

Bindemitteltyp und Modifizierung BP ... polymodifiziert B ... nicht modifiziert		Bindemittel – Dosiermenge nach Art der Überbauung V V Bindemitteldosierung [kg/m <sup>2</sup> ] vor der Vliesverlegung N V Bindemitteldosierung [kg/m <sup>2</sup> ] nach der Vliesverlegung				
Typ und Modifizierung	Anforderungsnorm Sortenbezeichnung	OB RVS 08.16.04 <sup>1)</sup>	DDK RVS 08.16.05 <sup>2)</sup>	SMA; AC deck A2; AC binder RVS 08.97.05, RVS 08.16.01, RVS 11.03.21 <sup>3)</sup>	AC trag; AC deck A1, A5, A6, A7 RVS 08.97.05, RVS 08.16.01, RVS 11.03.21 <sup>3)</sup>	
Bitumenemulsion <sup>4)</sup>	BP	ÖNORM B 3508 und B 3509 C 71 BP 3-OB, C 69 BP 3-OB, C 67 BP 3-OB, C 69 BPFv 3-OB, C 67 BPFv 3-OB, A 69 BP, A 67 BP	V V 1,0 N V 1,6-2,2	V V 1,0 N V 1,0-1,6	V V 1,6	V V 1,6
	B	ÖNORM B 3508 und B 3509 C 69 B 3-OB, C 67 B 3-OB C 69 BFv 3-OB, C 67 BFv 3-OB A 69 B, A 67 B	nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig	V V 1,6
Fluxbitu- men <sup>5)</sup>	BP	ÖNORM B 3507 Fv 9 BP 4-OB, Fv 8 BP 4-OB, Fm 8 BP 2-OB	V V 0,9 N V 0,9-1,3	nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig
	B	nicht genormt für OB	nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig
Straßenbau- bitumen <sup>6)</sup>	BP	ÖNORM B 3613 für Sorten PmB 90/150-45, PmB 120/200-40	nicht zulässig	nicht zulässig	V V 1,1	V V 1,1
	B	ÖNORM B 3610 für Sorten 50/70, 70/100, 160/220	nicht zulässig	nicht zulässig	nicht zulässig	V V 1,1

- <sup>1)</sup> Je nach Oberflächentyp (Splittkörnung, Bauweise), Lastklasse, klimatischen und regionalen Randbedingungen (s. RVS 08.16.04) ist die Bindemittelmenge abzustimmen. Diese Abstimmung erfolgt bei der 2. Spritzung (nach der Vliesverlegung). Der Bindemittelbedarf für die Vliesfüllung beträgt bei Oberflächenbehandlungen 0,9 bis 1,1 kg/m<sup>2</sup> wirksames Bindemittel (wirksames Bindemittel bei der Verwendung von Bitumenemulsionen = Bindemitteldosierung x Bindemittelgehalt der Emulsion / 100). Um die Gleichmäßigkeit der Bindemittelverteilung zu garantieren, ist das Bindemittel grundsätzlich mit geeigneten Rampenspritzgeräten aufzubringen.
- <sup>2)</sup> Das Abstreuen der AVS mit einer einlagigen Splittschicht (Korngruppe 2/4 oder 4/8) unmittelbar nach dem letzten Spritzvorgang zum mechanischen Schutz der AVS und zur Erhöhung der Verkehrssicherheit hat sich in der Praxis bewährt. Den praktischen Gegebenheiten entsprechend, darf der Einbau der DDK bis zu einige Tage später erfolgen. Schonendes Abkehren vorhandenen Überschusssplittes vor dem Einbau der DDK wird empfohlen.
- <sup>3)</sup> Die Bindemittelmenge ist für die Sättigung der AVS und für den Haftverbund mit der Überbauung bemessen. Darüber hinaus darf nicht mehr vorgespitzt werden.
- <sup>4)</sup> Es sind schnellbrechende (unstabile) Bitumenemulsionen für Oberflächenbehandlung zu verwenden. In Abhängigkeit von der Art der Überbauung (z.B. bei Heißüberbauung) kann es erforderlich sein, härtere Basisbitumen (z.B. 70/100) zur Emulsionsherstellung einzusetzen. Haftbrücken (Vorspritzmittel) gemäß ÖNORM B 3508 oder B 3509 sind ungeeignet und dürfen nicht für Vliesarbeiten verwendet werden, weil sie in Brechverhalten, Bindemittelgehalt und Viskosität nicht entsprechen. Vor allem auf Unterlagen mit Spurrinnen und Steigungen über 5 % sowie bei kühler Witterung sind Emulsionen mit einer Viskosität von mindestens 500 mPas (bei 40 °C) zu verwenden. Nach dem Aufsprühen des Bindemittels zur Verklebung des Vlieses auf der Unterlage (V V) ist mit einer Vliesverlegung solange zu warten, bis durch den fortschreitenden Brechvorgang der Bitumenemulsion eine deutliche Viskositätszunahme des Bindemittels erfolgt ist. Erst dann hält die Verklebung den Zugspannungen beim Verlegen stand, sodass ein faltenfreies Verlegen möglich ist. In der Regel beträgt die Wartezeit mindestens eine halbe Stunde.
- <sup>5)</sup> Die Verwendung von polymodifiziertem Fluxbitumen, das in der Regel bei Temperaturen um 170 °C auf die Unterlage aufgespritzt wird, stellt höhere Anforderungen an die Trockenheit der Unterlage sowie die Ausstattung der Verarbeitungsmaschine. Die bei Emulsionen erforderliche Abbindezeit entfällt. Die Bauausführung auf Straßenabschnitten mit Steigungen wird erheblich vereinfacht, da die Viskosität des Bindemittelfilms nach dem sehr rasch erfolgenden Abkühlen auf Unterlagstemperaturen sehr hoch ist. Die Gefahr der Schädigung des Vlieses besteht bei diesen Temperaturen noch nicht. Bei Unterlagstemperaturen unter + 25 °C und vor allem bei zu erwartender kühlerer Witterung nach der Bauausführung ist die Verarbeitung nicht zulässig, da nicht genügend freies Bindemittel zur Splitteinbettung aktiviert werden kann. Die Folge von zu kühlen Unterlagstemperaturen ist Splittverlust der Oberflächenbehandlung.
- <sup>6)</sup> Die Verarbeitungstemperatur von Straßenbaubitumen hat mindestens 170 °C, bei polymodifizierten Bindemittel mindestens 180 °C zu betragen. Es sind grundsätzlich thermalölbeheizte Rampenspritzgeräte zu verwenden.

Die Baugrundsätze beschreiben die Vorbereitungsarbeiten und die eigentliche Verlegung des Asphaltvlieses. Diese wurden schon im Kapitel 2.4.1 erklärt. In diesem Kapitel wird auf die Rahmenbedingungen Bezug genommen.

## Reinigen der Fahrbahn

Tabelle 3-7 zeigt die Grenzwerte zur Säuberung des Untergrundes. Der Untergrund wird dabei maschinell gereinigt.

**Tabelle 3-7** Erforderliche Eigenschaften für die Wassersäuberung laut RVS 08.16.02 [10]

Beschreibung der Tätigkeit	Normativer Grenzwert mit Einheit
Maximale Geschwindigkeit des Fahrzeuges	1,5 km/h
Wasserdruck	300 Bar
Wassermenge je Zeiteinheit	120 l/min
Art der Düse	Hydraulisch rotierende Düse
Drehzahl der Düsen je Zeiteinheit	800 U/min
Abstand von Straße zur Düse	5 cm
Abstand von Düse zur Absaugung	20 cm

Die Reinigung muss über die gesamte Breite des Fahrzeuges bzw. des Spritzbalkens erfolgen.

## Verlegung

Die Verlegung und die Einbauweise wurden bereits im Kapitel 2.4.1 erläutert. Daher werden in diesem Kapitel Eckdaten in Bezug auf die Bindemittelmenge und das Verlegen des Vlieses näher beleuchtet.

Die aufnehmbare Bindemittelmenge ist grundsätzlich auf den Produktdatenblättern angegeben. Diese Daten werden mithilfe des Bitumenrückhaltetests nach ÖNORM EN 15381 Anhang C ermittelt. Diese Bindemittelmengen sind den äußeren Faktoren anzupassen, siehe dazu Tabelle 3-8. Diese Faktoren sind der angegebenen Bindemittelmenge summarisch hinzu zu rechnen. Jedoch darf die Bindemittelmenge nicht beliebig erhöht oder verringert werden. Der obere Grenzwert liegt bei  $+0,20 \text{ kg/m}^2$  und der untere Grenzwert bei  $-0,10 \text{ kg/m}^2$ .

**Tabelle 3-8** Äußere Faktoren und deren Abweichung der Bindemittelmenge laut RVS 08.16.02, [10]

Fahrbahndeckenzustand	Wirksames Bindemittel [ $\text{kg/m}^2$ ]
Raue unebene Betonfahrbahn	+0,10
Stark gerissene Oberfläche	+0,10
Große Oberflächenrauheit	+0,10
Hoher Hohlraumgehalt der Unterlage	+0,10
Niedriger Hohlraumgehalt	-0,10
Geringe Oberflächenrauheit	-0,10

Nach dem Aufbringen des Bindemittels wird das Asphaltvlies verlegt. Dazu gibt die RVS klare Richtlinien vor. Die Verlegung hat grundsätzlich maschinell zu erfolgen und darf nur in Ausnahmefällen händisch durchgeführt werden. Diese Ausnahmen bestehen bei Flächen  $< 1000\text{m}^2$  und bei Breiten  $< 2,00\text{m}$ .

Die maschinelle Verlegung muss folgenden Kriterien genügen:

- Bei Regen darf das Asphaltvlies nicht verlegt werden, weil weder die Unterlage noch das Vlies selbst feucht sein dürfen.
- Die zulässige Luft- und Oberflächentemperatur richtet sich nach dem zum Einsatz kommenden Bindemittels allerdings muss die Temperatur der Unterlage mindestens +10°C betragen.
- Das Vlies muss auch an den Rändern mit Bindemittel gesättigt und überbaut werden. Ein Abstand vom Fahrbahnrand, der kleiner als 15 cm ist, ist zulässig. Das Vlies darf nicht über den Fahrbahnrand hinausragen.
- Der Zeitpunkt des Verlegens ist abhängig von den klimatischen Einflüssen und der Art des Bindemittels. Da es durch das Verlegen von Asphaltvlies zu hohen Zugspannungen kommt, muss das Bindemittel bereits eine ausreichende Klebfähigkeit ausgebildet haben. Dies dient zur Prävention von Faltenbildung.
- Die Verlegung des Asphaltvlieses hat Stoß an Stoß zu erfolgen. Bahn-Abstände, welche kleiner als 4 cm sind, sind tolerierbar, sofern diese nicht im Bereich eines Risses liegen, (siehe dazu Abbildung 3-1).

Auch wenn die händische Verlegung nur in Ausnahmefällen gestattet ist, sind hier einige Regeln zu beachten. Der wichtigste Unterschied zur maschinellen Verlegung ist, dass das Bindemittel nicht voll klebefähig sein darf, um eventuelle Korrekturmaßnahmen treffen zu können. Durch das nicht gebrochene Bindemittel bei der Verlegung kann es zu vermehrtem Aufsteigen des Bindemittels kommen. Daher soll das Vlies abgestreut werden.

Die Regeln für das Überbauen hängen von der Einbauweise ab. Beim Heißeinbau darf die Schichtdicke 4 cm nicht unterschreiten. Daher ist die Einbautemperatur nach den Regeln der RVS 08.16.01 [9] festzulegen. Je dünner die Einbauschicht ist, umso höher muss die Einbautemperatur gewählt werden. Die maximal zulässige Einbautemperatur liegt bei 190°C. Die Unterlage darf nicht wie bei einem regulären Einbau vorgespitzt werden, weil es sonst zu einer Übersättigung des Asphaltvlieses kommt. Sollten mehrere Fahrstreifen saniert werden, muss man dies beim Einbau beachten. Um zu verhindern, dass die Fuge der verschiedenen Fahrbahnen nicht direkt über dem Stoß des Vlieses liegt, wird das Vlies die letzten 20 cm nicht überbaut. Dieser Teilbereich wird erst beim Einbau der anderen Fahrbahn überbaut. Siehe dazu Abbildung 3-1.

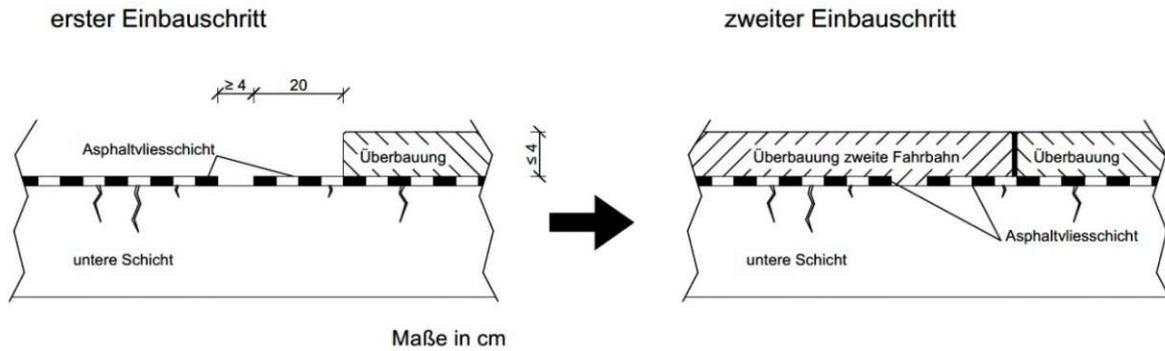


Abbildung 3-1 Veranschaulichung der Regeln des Einbaus nach RVS 08.16.02

Straßen von niederrangiger Bedeutung (z.B. Forst- und Feldwege) werden oft mit dünnen Deckschichten überbaut. Dabei unterscheidet man zwischen Oberflächenbehandlung (OB) und Dünn-schichtdecken (DDK) in Kaltbauweise. Beiden Bauweisen gemein ist der relativ kostengünstige Einbau. Jedoch dürfen beide Bauweisen nicht in Bereichen mit hohen Schubbeanspruchungen wie in engen Kurven und bei Beschleunigungs- und Abbremsstrecken eingebaut werden. Auch bei gefrästen Unterbauten ist diese Bauweise nicht anzuwenden. Die Oberflächenbehandlung hat nach den Regeln der RVS 08.16.04 [9] zu erfolgen. Hier muss das Bindemittel zweimal aufgetragen werden: einmal vor dem Verlegen des Vlieses und einmal vor dem Abstreuen mit Split. Die Dünn-schichtdecke in Kaltbauweise ist nach den Regeln der RVS 08.16.05 [9] einzubauen.

Um den Einbau zu kontrollieren und damit auch zu dokumentieren, gibt die RVS verschiedene Prüfungen vor. Die Erstprüfung, mit der die Qualität der verwendeten Materialien festzustellen ist, gilt als erbracht, wenn das Asphaltvlies der ÖNORM EN 15381 [11] entspricht, und wenn das verwendete Bitumen den Regeln der ÖNORM B 3507, ÖNORM B 3508 und ÖNORM B 3509 [11] genügt. Die Kontrollprüfung ist vom Auftragnehmer durchzuführen und hat dem Auftraggeber innerhalb von 7 Werktagen vorzuliegen. Die Kontrollprüfung findet nach den Regeln der Konformitätsprüfung der ÖNORM EN 15381 statt. Vor jedem Einbaubeginn ist die Einbaumenge des Bindemittels zu überprüfen und zu dokumentieren. Die finale Prüfung, die sogenannte Abnahmeprüfung, erfolgt bei einer Begehung des Baugeschehens durch Auftraggeber und Auftragnehmer. Zusätzlich sind noch Haftzugsprüfungen durchzuführen. Diese werden gemäß ÖNORM B3639-2 [11] bei 0°C durchgeführt. Die entsprechenden Werte sowie die Grenzwerte sind der Tabelle 3-9 und der Tabelle 3-10 zu entnehmen.

**Tabelle 3-9** Werte der Haftzugsprüfung gemäß RVS 08.16.02, [10]

Schicht, Mischgutsorte – Überbauung	Straßentyp	Haftzugfestigkeit 0 °C [0,1 N/mm <sup>2</sup> ] <sup>1) 2)</sup> bei Verwendung von nicht modifiziertem Bindemittel in der AVS		
		Prüfung gemäß ÖNORM B 3639-2		
		Sollwert	Qualitätsabzug	keine Übernahme
Alle Mischgutsorten	Alle	≥ 0,7	0,6 bis 0,3	< 0,3
Schicht, Mischgutsorte – Überbauung	Straßentyp	Haftzugfestigkeit 0 °C [0,1 N/mm <sup>2</sup> ] <sup>1) 2)</sup> bei Verwendung von modifiziertem Bindemittel in der AVS		
		Prüfung gemäß ÖNORM B 3639-2		
		Sollwert	Qualitätsabzug	keine Übernahme
Alle Mischgutsorten	Alle	≥ 0,9	0,8 bis 0,5	< 0,5

<sup>1)</sup> Unabhängig von der Schichtdicke der Überbauung.

<sup>2)</sup> Wenn die Bruchfläche bei der Prüfung der Haftzugfestigkeit im Falle einer Unterschreitung des Sollwertes im Bestand und nicht in der AVS liegt, sind keine Abzüge vorgesehen.

**Tabelle 3-10** Werte der Haftzugsprüfung auf gefrästen Flächen gemäß RVS 08.16.02, [10]

Schicht, Mischgutsorte – Überbauung	Straßentyp	Haftzugfestigkeit 0 °C [0,1 N/mm <sup>2</sup> ] <sup>1) 2)</sup> bei Verwendung von nicht modifiziertem Bindemittel in der AVS		
		Prüfung gemäß ÖNORM B 3639-2		
		Sollwert	Qualitätsabzug	keine Übernahme
Alle Mischgutsorten	Alle	≥ 0,5	0,4 bis 0,2	< 0,2
Schicht, Mischgutsorte – Überbauung	Straßentyp	Haftzugfestigkeit 0 °C [0,1 N/mm <sup>2</sup> ] <sup>1) 2)</sup> bei Verwendung von modifiziertem Bindemittel in der AVS		
		Prüfung gemäß ÖNORM B 3639-2		
		Sollwert	Qualitätsabzug	keine Übernahme
Alle Mischgutsorten	Alle	≥ 0,7	0,6 bis 0,4	< 0,4

<sup>1)</sup> Unabhängig von der Schichtdicke der Überbauung.

<sup>2)</sup> Wenn die Bruchfläche bei der Prüfung der Haftzugfestigkeit im Falle einer Unterschreitung des Sollwertes im Bestand und nicht in der AVS liegt, sind keine Abzüge vorgesehen.

## 3.2 Vergleich von nationalen Regelwerken

### 3.2.1 Deutschland (FGSV AP69)

Wie schon erwähnt, gibt es in Deutschland noch keine nationale Norm oder Richtlinie zum Thema Asphalteinlagen (Stand April 2017). Jedoch gilt auch in Deutschland die EN 15381.

Allerdings wurde von der Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV) ein Arbeitspapier für die Verwendung von Vliesstoffen, Gittern und Verbundstoffen im Asphaltbau herausgegeben. Dieses Arbeitspapier hat keinen bindenden Charakter, soll aber eine Hilfestellung beim Umgang mit Asphalteinlagen sein. In dem Arbeitspapier werden alle Typen von Asphalteinlagen behandelt.

In Deutschland wurden die ersten Versuche mit Asphalteinlagen in den 1980er Jahren gemacht. Da Geotextilien schon erfolgreich im Erdbau eingesetzt wurden, hat man versucht diese auch im Asphaltstraßenbau anzuwenden. Jedoch unterschieden sich der Straßen- und der Erdbau grundlegend, weswegen die ersten Versuche nicht erfolgreich waren. Aus diesem Grund hat die FGSV begonnen, sich mit dem Thema Asphalteinlagen zu beschäftigen und hat 1992 eine Stellungnahme veröffentlicht, [10]. Durch Weiterentwicklung der Methode, vor allem im Ausland, hat die FGSV 2006 beschlossen, ein Arbeitspapier zu verfassen. Dieses wurde 2013 noch einmal überarbeitet, [10].

Nach den allgemeinen Erläuterungen und Begriffsdefinitionen beschreibt das AP 69 [10] die Anwendungsgrundsätze und Ziele von Asphalteinlagen. Zudem werden die Wirkungsweisen von Asphalteinlagen beschrieben. Das AP 69 [10] kennt vier Wirkungsweisen:

- die abdichtende Wirkung
- die spannungsabbauende Wirkung
- die bewehrende Wirkung durch Übernahme von Zugspannungen und
- die kombinierte Wirkung

Die beschriebenen Wirkungsweisen fanden auch Eingang in diese Arbeit und sind in den entsprechenden Kapiteln behandelt worden.

Auch wenn das AP69 keinen Normcharakter hat, so werden doch Anforderungen an die Asphalteinlagen gestellt. Die Richtwerte für einzelne Eigenschaften und deren Prüfverfahren werden im AP 69 tabellarisch angegeben. Exemplarisch wurde die Tabelle für Asphaltvlies herangezogen und die Werte mit jenen aus der österreichischen RVS verglichen. Die Richtwerte und Prüfverfahren der anderen Asphalteinlagen (Gitter- und Kombinationsprodukte) werden im Anhang aufgelistet.

## Asphaltvlies

Da es in Österreich mit der RVS 08.16.02 zum Thema Asphaltvlies eine Richtlinie gibt, werden hier die Richtwerte aus dem AP 69 und der RVS 08.16.02 verglichen.

**Tabelle 3-11** Richtwerte laut AP 69 für Vliesstoffe und der Vergleich zur RVS 08.16.02, [10]

	Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Richtwerte gem AP 69	RVS 08.16.02
1	Masse pro Flächeninhalt	DIN EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	130	135-145
2	Dicke	DIN EN ISO 9863-1 und -2	mm	0,5 bis 5	
3	Höchstzugkraft	DIN EN ISO 10319	kN/m		8
4	Höchstzugkraftdehnung	DIN EN ISO 10319		55	50
5	Durchdrückverhalten 1)	DIN EN ISO 12236		IA	
6	Durchschlagverhalten 1)	DIN EN ISO 133433	mm	IA	
7	Beschädigung beim Einbau 2)	DIN EN ISO 10722		IA	
8	Bitumenaufnahme	DIN EN 15381, Anhang C	kg/m <sup>2</sup>		1,0-1,2
9	Witterungsbeständigkeit	DIN EN 12224		60	SF
10	Alkalibeständigkeit	ISO/TR 12960, DIN EN 14030		50	SF
11	Schmelzpunkt	DIN EN ISO 3146		160	SF
12	Schichtenverbund, Abscherverhalten	TP Asphalt-StB, Teil 80		>10	
13	Umweltunbedenklichkeit	M Geok E, Ausgabe 2005, Abschnitte 3.1, 6.28 und 7.6		3)	

Erläuterungen:

IA = ist anzugeben

1) Die Prüfung wird in Europäischen Normen gefordert; es gibt aber noch keine Anforderungen

2) Die Prüfung wird in Europäischen Normen gefordert. Derzeit werden Prüfverfahren für verschiedene

Anwendungsfälle entwickelt; es gibt noch keine Anforderungen

3) ist nachzuweisen

SF = Sonderfall in der RVS; nur bei Bedarf nachzuweisen

Die Erkundung der vorhandenen Straße hat einen hohen Stellenwert und wird in dem AP 69 besonders detailliert beschrieben. Im Anhang werden die notwendigen Maßnahmen der Zustandserkundung beschrieben. Dabei wird erwähnt, dass die visuelle Zustandserfassung nur eine erste Maßnahme ist. Diese muss durch zusätzliche Messungen oder Prüfungen ergänzt werden, [10].

Die weiteren Maßnahmen sind wie folgt:

- Vermessung der Oberflächengeometrie wie z.B. Spurrinnenbildung, Längs- und Querneigungen, Setzungen und Sackungen
- Ermittlung des Aufbaus und der Tragfähigkeit durch Schürfe, Kernbohrungen, Rammsondierungen usw.

- Ermittlung der Tragfähigkeit des Fahrbahnaufbaus an der Oberfläche durch Einsatz des Benkelman-Balkens oder mit Fallgewichtsdeflektometern usw.
- Erfassung von Rissen und Rissuferbewegungen (sowohl visuell als auch messtechnisch).

Anschließend werden in den folgenden Kapiteln Verlege- und Einbauhinweise gegeben. Diese decken sich im Großen und Ganzen mit den Regeln der RVS. Das Verlegen wird im AP 69 mit allgemeinen Hinweisen beschrieben. Einzig bei der Beschreibung des Überbaus mit Asphalt wird das AP 69 konkreter. Hier wird die Mindestdicke des Überbaus auch mit 4 cm angegeben. Die Asphalteinlagen müssen 10 cm vor dem Asphaltrand enden und der Fertigungsstoß wird wie in der RVS 08.6.02 hergestellt. Siehe dazu Kapitel 3.1.2. Das Bindemittel muss eine polymermodifizierte Bitumenemulsion sein. Neben diesen allgemeinen Hinweisen gibt das AP 69 eine gute Checkliste für den Einbau von Asphaltanlagen. Dabei werden sowohl die Ausschreibung als auch der Einbau mit Prüfverfahren und Normen wiedergegeben, [10]. Diese Checkliste wird dem Anhang beigelegt.

Die letzten Kapitel behandeln die Wiederverwendung, die Alterungsbeständigkeit und die Umweltverträglichkeit von Asphalteinlagen. Während die Alterungsbeständigkeit und die Umweltverträglichkeit auch Gegenstand der RVS 08.16.02 sind (diese werden sowohl in dem AP 69 als auch in der RVS ähnlich beschrieben), wird auf die Wiederverwendung nicht eingegangen. Das AP 69 gibt allgemeine Hinweise, wie Asphalteinlagen rückgebaut werden sollen. Bei der Wiederverwendung gilt in Deutschland das Kreislaufwirtschaftsgesetz. Die Erkenntnisse des AP 69 zum Thema Wiederverwendung von Asphaltvliesen werden in dem Kapitel 2.6 beschrieben.

Im Großen und Ganzen ist das Arbeitspapier ähnlich der österreichischen Norm. Einige Themen wie die Erkundung und Wiederverwendung werden genauer behandelt, während andere Bereiche wie die Verlegung bzw. die Reinigung der Fahrbahn nur angeschnitten werden.

### 3.2.2 Schweiz

Auch wenn die Schweiz nicht Mitglied der EU ist, wurde trotzdem die EN 15381 in der SN 670 259-NA [8] übernommen. Dabei handelt es sich um die EN 15381 und den beigelegten nationalen Anhang, [28]. Zusätzlich gibt es ähnlich dem AP 69 in Deutschland einen Forschungsbericht, welcher von der ETH Zürich im Auftrag des Schweizerischen Verbandes für Straßen – und Verkehrsfachleute. Dieser wurde unter der Bezeichnung Forschungsauftrag VSS 2007/702 publiziert, [8]. Diese Arbeit beinhaltet die folgenden Kapitel:

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

### 3.2.3 Rumänien (AND 592)

In Rumänien hat man wie in Deutschland alle Typen von Asphalteinlagen in einer Richtlinie beschrieben. Jedoch mit dem Unterschied, dass in Deutschland durch spezifische Kapitel viel genauer auf den Unterschied zwischen den Asphalteinlagen eingegangen wird. In der rumänischen Norm gibt es keine spezifischen Kapitel. Es werden lediglich Hinweise gegeben. Allerdings ist das aufgrund der unterschiedlichen Eigenschaften und Wirkungsweisen der verschiedenen Asphalteinlagen kaum umsetzbar. Es lässt sich nur jener Teil der Norm, der sich auf Vliese bezieht, im direkten Verhältnis mit der österreichischen Norm vergleichen.

Die rumänische Norm AND 592 *Regelwerk über die Verwendung von Geokunststoffen bei der Verstärkung von Deckschichten mit Asphalttschichten* [18] hat folgende Gliederung. In Kapitel 1 werden die allgemeinen Grundsätze, die Terminologie und die Anwendungsbereiche beschrieben. Die Terminologie ist mit Österreich vergleichbar. Das bedeutet, dass die Asphalteinlagen sowohl in Funktion als auch in nomineller Hinsicht ähnlich zur österreichischen Norm eingeteilt sind. Bei den Vliesen gibt es einen Unterschied zur österreichischen Norm. Die Filamente der Vliese dürfen nur geklebt oder mechanisch verfestigt sein, in Österreich müssen sie auf jeden Fall mechanisch verfestigt sein, [18].

Außerdem werden in Rumänien die Asphalteinlagen bei der Bemessung der Deckschichten nicht berücksichtigt.

Im Kapitel 2 sind die technischen Bestimmungen bzw. Eigenschaften beschrieben. Hier wird wieder Bezug auf die EN 15381 genommen. Zum Beispiel wird dabei festgelegt, wie die zu renovierende Oberfläche auszusehen hat. Wie in Österreich müssen Risse erst ab einer Rissbreite von über 3 mm verfüllt werden. Ab einer Rissbreite von mehr als 20 mm muss entschieden werden, ob eine Ausgleichsschicht einbaut oder die vorhandene Schicht wegfräst wird. Bei aktiven Rissbewegungen, wie z.B. bei Temperatur- und Schwindrisse, sind Geokunststoffe laut AND 592 unwirksam. Auch bei vertikalen Bewegungen darf das Asphaltvlies nicht als Feuchtigkeitsbarriere eingesetzt werden. Um es dennoch als Abdichtung einzusetzen, müssen die vertikalen Bewegungen verhindert werden, [18].

In Kapitel 3 werden die vorgeschriebenen Eigenschaften von Asphalteinlagen beschrieben.

Es wird empfohlen, dass die Bitumenretentionsfähigkeit des Geotextils (siehe SR EN 15381) mindestens  $0,9 \text{ l/m}^2$  beträgt. Die Mindestretention wird vom Gewicht und von der Dicke des Geotextils sowie von den Eigenschaften des Untergrunds (Rauheit, Porosität, Ebenheit usw.) direkt beeinflusst. Diese Herangehensweise findet sich auch in der RVS 08.16.02.

Um Wasserinfiltrationen in die unteren Schichten der Deckschicht zu vermeiden, aber auch zur Verzögerung der Reflexionsrissbildung kann ein werkseitig mit Bitumen imprägniertes Geotextil verwendet werden, um eventuelle Unannehmlichkeiten aufgrund der Verwendung einer großen Menge von Haftgrund zu vermeiden.

Ähnlich wie in der RVS 08.16.02 werden hier Anforderungen an das Asphaltvlies gestellt. Diese Anforderungen und die Unterschiede zu der RVS 08.16.02 werden tabellarisch dargestellt.

**Tabelle 3-12** Unterschiedliche Eigenschaften zwischen RVS 08.16.02 und AND 592

<b>Eigenschaften</b>		<b>RVS 08.16.02</b>	<b>AND 592</b>
Höchstzugkraft	[kN/m]	8	7
Höchstzugkraftdehnung	[%]	50	70
Masse pro Fläche	[g/m <sup>3</sup> ]	135 – 145	--
Bitumenrückhaltefähigkeit	[kg/m <sup>2</sup> ]	1,0-1,2	1,0-1,2 <sup>1)</sup>
Erweichungspunkt	[°C]	--	+10 <sup>2)</sup>
Maximale Bitumeneinbautemperatur	[°C]	190	140-145 <sup>3)</sup>
Minimale Lufttemperatur beim Einbau	[°C]	+10	+10
Maximale Lagerungstemperatur	[°C]	--	70

<sup>1)</sup> In der rumänischen Norm wurde die Retentionsfähigkeit mit 0,9 l/m<sup>2</sup> angegeben. Mit der Dichte von Bitumen wurde der Wert in kg/m<sup>2</sup> umgerechnet.

<sup>2)</sup> Der angegebene Wert bezieht sich auf die Temperatur, mit welcher der Asphalt eingebaut wird.

<sup>3)</sup> Im Tank darf das Bitumen nicht mehr als 163°C haben

In Abschnitt 2 des Kapitels 3 der AND 592 werden die Bedingungen zum Verlegen abgehandelt. Die Bedingungen decken sich bis auf wenige Details mit den österreichischen Richtlinien. Wie auch in der österreichischen Norm muss die Lufttemperatur beim Einbau mindestens 10°C betragen. Ebenso sollte die Verlegung maschinell durchgeführt werden. Die Asphalteinlagen sollen mit Besen glatt gestreift werden und es darf nicht zu viel Haftgrundmittel verwendet werden, [18].

Ein großer Unterschied besteht aber in folgendem Bereich:

Während die RVS keine bzw. nur geringe Überlappungen vorsieht, gibt es in der AND 592 eine Tabelle mit Mindestbreiten für Überlappungen über Quer- und Längsfugen. Was bei Geogittern vielleicht noch sinnvoll erscheint, ist bei Vliesen oder Kombinationsprodukten nicht gewünscht. Durch Überlappungen kann es zu einer unvollständigen Tränkung mit Bitumen oder Bitumenemulsion kommen. Schwachstellen würden in Hinblick auf die Abdichtung, Scher- und Haftzugfestigkeit entstehen.

Anders als die RVS, die nicht auf die Lagerung von Geovliesen eingeht, gibt es in der rumänischen Norm konkrete Hinweise auf die Lagerung von Asphalteinlagen. Diese dürfen nur in trockenen und gelüfteten Räumen gelagert werden. Bei einer längeren Lagerung muss der Geokunststoff vor dauerhafter Sonneneinstrahlung und vor Temperaturen jenseits der 70°C Marke geschützt sein, selbst wenn die Asphalteinlage als UV-beständig gekennzeichnet ist, [18].

Bis auf diese Abweichungen in Detailfragen ist die rumänische Norm der österreichischen sehr ähnlich. Jedoch werden wie schon eingangs erwähnt viele Unterschiede zwischen den einzelnen Asphalttypen nicht berücksichtigt. Dies spiegelt sich bei den Einbauregeln wider. Da die einzelnen

Asphalteinlagen unterschiedliche Wirkungsweisen und Eigenschaften haben ist es auch sehr schwer diese in einer Norm zusammenfassen zu wollen.

### 3.2.4 Großbritannien

In Großbritannien werden Asphalteinlagen schon seit 25 Jahren erfolgreich eingesetzt. Seit dieser Zeit wurden ca. 5 Millionen m<sup>2</sup> Straße mit Asphalteinlagen saniert, [19]. Die ersten Richtlinien, im Vereinigten Königreich *Code of Practice* (CoP) genannt, wurden von der Industrie herausgegeben, um den Straßenmeistereien zu helfen, die neue Baumethode anzuwenden. Die neueren Richtlinien wurden von der *Road Surface Treatments Association* (RSTA) herausgegeben. Die RSTA ist eine Interessenvertretung im Vereinigten Königreich und entspricht der Gestrata in Österreich. Die RSTA brachte den *Code of Practice for Geosynthetics and Steel Meshes (for Inhibiting Cracking in Bituminous Bound Layers)* [19] heraus. Darin werden die Richtlinien zu Asphalteinlagen beschrieben. Ähnlich wie in der rumänischen oder deutschen Richtlinie werden auch hier alle Asphalteinlagen in einem Dokument beschrieben. Allerdings wird auf die verschiedenen Asphalteinlagen besser eingegangen und jeweils einzeln beschrieben.

#### Allgemeine Bestimmungen

In den ersten Kapiteln gibt die Norm einen allgemeinen Überblick über die Materie und beschreibt die allgemeinen Ziele (wie Kostenreduktion bei Sanierung, Verlängerung der Lebensdauer usw.) und die Anwendungsgebiete (bei welchen Schäden können Asphalteinlagen eingesetzt werden). Anschließend werden auch hier die verschiedenen Systeme wie Vliese, Gitter und Kombinationsprodukte erklärt. Ein Unterschied zur österreichischen Norm besteht in der Erwähnung des Systems mit Stahlgeflechten.

#### Zustandsanalyse und Systemauswahl

Für das Qualitätsmanagement müssen die beiden britischen Normen BS EN 15381 [19] und BS EN ISO 9001 [19] eingehalten werden. Die verwendeten Materialien müssen dem Regelwerk des *Control of Substances Hazardous to Health* (COSHH) genügen. Das bedeutet, die Grundmaterialien der Asphalteinlagen dürfen weder für Mensch, noch für die Umwelt schädlich sein.

Die RSTA gibt zur Auswahl des richtigen Systems einen Entscheidungsbaum an, siehe Abbildung 3-2. Um diesen nutzen zu können, muss man die Straße exakt begutachten. Auch hierbei gibt die britische Norm vor, worauf zu achten ist und welche Mängel dokumentiert werden müssen:

- Anzahl und Länge von Rissen mit einer Länge über 5 mm [19]
- Anzahl und Länge von Rissen mit einer geringeren Öffnungsweite als 5 mm [19]
- Lage der Risse (befinden sich nur Risse in der Fahrbahn oder auf der gesamten Straßenoberfläche)

- Verkehrsinfos, Anzahl der LKW/PKW
- Temperaturschwankungen (Tag/Nacht, Sommer/Winter)
- Wasserhaltung

Neben der schriftlichen Dokumentation muss auch eine bildliche Dokumentation gemacht werden. Die Fotos müssen aus 1,0 m Entfernung aufgenommen werden. Auch der Aufbau der Straße darf nicht unberücksichtigt bleiben, weil es in England dazu eine Besonderheit gibt. Früher wurden viele Straßen mit Kopfsteinpflaster gebaut. Im Laufe der Zeit hat man diese im Zuge der Modernisierung mit einer Asphalt-schicht überbaut. Kopfsteinpflaster hat allerdings die Eigenheit, sich bei Belastung zu bewegen, weshalb es zu Reflexionsrissen oder zum Abplatzen des Asphaltbelags kommen kann. Daher muss bei diesen Aufbauten eine tiefgreifende Sanierung vorgenommen werden.

Nach erfolgter Schadensanalyse kann mithilfe des Entscheidungsbaumes ein passendes Sanierungskonzept identifiziert werden.

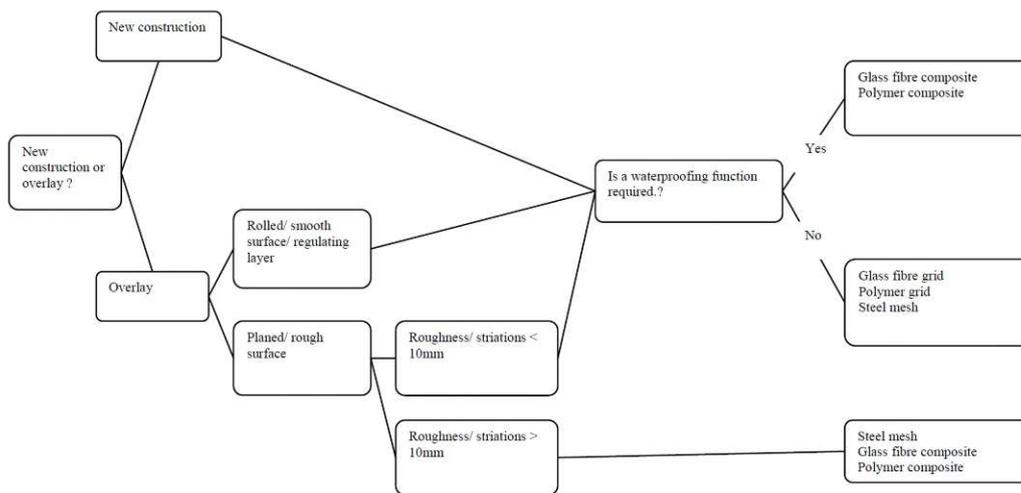


Abbildung 3-2 Entscheidungsbaum zur Auswahl des Systems für Asphalteinlagen, [19]

## Einbauhinweise

In der britischen Richtlinie finden sich ebenfalls Hinweise zum richtigen Einbau von Asphalteinlagen. Diese decken sich weitestgehend mit den beschriebenen Hinweisen in Kapitel 2.4. Lediglich ein paar Differenzen zur österreichischen Richtlinie gibt es, diese sind in der folgenden Tabelle aufgelistet.

**Tabelle 3-13** Unterschiede zwischen der österreichischen und der englischen Norm

Eigenschaften	Österreich	UK
Relevante Rissbreite [mm]	3	5
Überlappung Längsfuge [mm]	--	50 <sup>1)</sup>
Überlappung Querfuge [mm]	--	100 <sup>1)</sup>
<sup>1)</sup> Bei Stahlgeflechten muss die Überlappung der Längsfuge 300 mm und bei der Querfuge 150 mm entsprechen		

## Arbeitssicherheit

Im britischen Raum wird sehr viel Wert auf Arbeitssicherheit gelegt. Daher gibt es auch in der Norm ein eigenes Kapitel darüber. Der Einbau von Asphalteinlagen hat durch ein entsprechend geschultes Personal zu erfolgen. Dieses muss über einen Sicherheitsnachweis verfügen. Arbeiter müssen bis NVQ Level 2 geschult sein und Poliere bis NVQ Level 3. Außerdem müssen Poliere in regelmäßigen Abständen von 5 Jahre einen Auffrischkurs bei der RSTA über Asphalteinlagen machen.

NVQ ist die Abkürzung für *National Vocational Qualification* und bedeutet so viel wie nationale Berufsqualifikation. Die NVQ ist in Level 1-5 aufgeteilt, allerdings gibt es noch einen Einstiegslevel, wobei ein höherer Level eine höhere Qualifikation bedeutet,[39].

Bei Level 2 werden gute Kenntnisse und ein gutes Verständnis der Materie vorausgesetzt. Daher kann man komplexe Aufgaben mit einer gewissen Selbstverantwortung erfüllen [39].

Level 3 setzt schon eine gewisse Autonomie und Verantwortung voraus, man kann schon Führungspositionen übernehmen [39].

## Qualitätsmanagement

Eine Prüfung, die problemlos auf der Baustelle durchgeführt werden kann, ist jene zur Überprüfung der Klebkraft des Bitumens. Dabei wird eine Federwaage in die Asphalteinlage eingehängt und am anderen Ende gezogen. Dadurch wird die Kraft gemessen, die notwendig ist, um die Asphalteinlage vom Untergrund abzulösen. Löst sich die Einlage erst bei einer Kraft von 90 N (in der Norm steht 9 kg) oder mehr von der Oberfläche, dann ist die Klebkraft voll entfaltet und man kann mit dem Überbau beginnen. Diese Prüfung muss alle 1000 m<sup>2</sup> wiederholt werden, [19].

Für weitere Prüfungen im Labor müssen Proben entnommen werden. Die Proben werden entsprechend der Norm *Guideline for Thin Surfacing and Tensile Adhesion* [19] auf Scherung und Haftzugfestigkeit geprüft. Alternativ kann auch der Leutnertest oder die Keilspaltmethode nach ÖNORM B 3592 [19] durchgeführt werden. Die zu erreichenden Werte sind abhängig von der Stärke des Überbaus, siehe Tabelle 3-14. Ab einer Überbaudicke von mehr als 160 mm sind diese Prüfungen hinfällig.

**Tabelle 3-14** Anforderungen der Scher- und Haftzugfestigkeit in Abhängigkeit der Überbaudicke, [19]

Überbaudicke [mm]	Haftzugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]	Scherfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]
>120	0,30	0,30
120-90	0,50	0,30
90-60	0,70	0,40
<60	0,80	0,60

Ebenso wie in Österreich gibt es auch im Vereinigten Königreich ein Regelwerk zur Anwendung von Asphalteinlagen bei OB und DDK, die *Guidance on the Use of Non-Woven Fabrics in Surface Dressing* [20]. Dieses Regelwerk wird ebenfalls von der RSTA herausgegeben.

Die Qualitätsanforderungen an Material und Einbauart sowie die Sicherheit und die Qualifikation der Mitarbeiter sind gleich zu dem oben genannten *Code of Practice*. Spezifisch für die Bauweise der dünnen Deckschicht sind die Anwendungsgebiete. Ebenso wie in Österreich darf diese Bauweise nur bei geraden Straßen oder bei nicht zu engen Kurvenradien eingesetzt werden. Nicht eingesetzt werden darf diese Bauweise bei Straßen mit einer Längsneigung von über 10 % und bei Bereichen, wo es zur Durchdringung mit Regen- oder Grundwasser kommt.

Die Norm sieht vor, dass es 2 Deckschichten geben muss, um Ausbrüche zu vermeiden.

### 3.3 Vergleich von nationalen Regelwerken außerhalb des EU-Raumes mit österreichischen Regelwerken

Da die Baumethode der Asphalteinlagen nicht nur in der EU angewandt wird, lohnt sich ein außereuropäischer Vergleich. Vor allem in den USA findet diese Baumethode großen Anklang. Es werden nicht nur viele Straßenkilometer mit dieser Methode saniert, sondern auch in der Forschung sind diese beiden Länder sehr aktiv.

#### 3.3.1 USA (M288-06)

In den USA gibt es in jedem Bundesstaat ein eigenes Verkehrsministerium. Um daher einheitliche nationale Regeln zu schaffen, wurde die *American Association of State Highway and Transportation Officials* (AASHTO) geschaffen. Als Non-Profit Organisation mit Sitz in Washington D.C gibt sie auch die nationalen Normen für Straßenbau und -sanierung heraus, [21].

In den USA werden die Asphalteinlagen in der Norm M 288-06 (2011) *Geotextile Specification for Highway Applications* [22] behandelt. Wie der Titel dieser Norm schon besagt, werden nicht nur Asphalteinlagen, sondern auch konventionelle Geotextilien, die zum Bau von Schnellstraßen eingesetzt werden können, behandelt. Daher sind in den ersten Kapiteln Richtlinien, die für alle Geotextilien gelten, beschrieben.

Wie in der EU-Norm EN 15381 wird auch in der amerikanischen Norm ein lückenloses Qualitätsmanagement vorgeschrieben. Das Qualitätsmanagement obliegt dem Hersteller der Asphalteinlagen. Dieser führt zu diesem Zweck ein Dokument, ähnlich dem Handbuch laut EN 15381, in dem die Daten, die das Produkt beschreiben, aufgelistet sind. Diese Daten beziehen sich auf die funktionellen wie auch auf die materiellen Eigenschaften des Produktes. Die Probeentnahme hat nach der Norm ASTM D 4354 [22] zu erfolgen. Die einzelnen Prüfungen sind wie in der EN 15381 tabellarisch nach der zu prüfenden Eigenschaft angegeben. In der M 288-06 werden die zu prüfenden Eigenschaften und deren Grenzwerte nur für Asphaltbewehrungen, nicht aber für Kombinationsprodukte oder Asphaltvliese angegeben. Diese sind in Tabelle 3-15 angegeben.

**Tabelle 3-15** Eigenschaften für Asphalteinlagen, [22]

	Test Methods	Units	Requirements
Grab strength	ASTM D 4632	N	450
Ultimate elongation	ASTM D 4632	%	≥50
Mass per unit area	ASTM D 5261	gm/m <sup>2</sup>	140
Asphalt retention	ASTM D 6140	1/m <sup>2</sup>	<sup>bc</sup>
Melting point	ASTM D 276	°C	150
<b>a</b>	<b>All numeric values represent MARV in the weaker principal direction. (Refer to Section 10.2)</b>		
<b>b</b>	<b>Asphalt required to saturate paving fabric only. Asphalt retention must be provided in manufacturer certification. (Refer to Section 5.) Value does not indicate the asphalt application rate required for construction. Refer to Appendix for discussion of asphalt application rate.</b>		
<b>c</b>	<b>Product asphalt retention property must meet the MARV value provided by the manufacturer certification. (Refer to Section 5.)</b>		

Andere Typen von Asphalteinlagen werden nur als Abdichtung gegenüber Wasser und als spannungsabbauende Schicht im Zusammenhang mit dem Überbau erwähnt. Eigens konzipierte Systeme, welche Reflexionsrisse verhindern sollen, werden in dieser Norm nicht behandelt.

Wie in der rumänischen Norm wird auch in der amerikanischen Norm das Thema Lieferung und Lagerung behandelt.

Die Lieferung und Lagerung muss den Regeln der Norm ASTM D 4873 [22] genügen. Wie auch bei der europäischen Norm müssen die Rollen entsprechend markiert sein. Auf der Markierung müssen die Produktbezeichnung, die Typenbezeichnung und die Rollennummer vermerkt sein. Zusätzlich muss ein Lieferdokument mitgeliefert werden. In diesem werden die Eigenschaften vermerkt. Diese müssen mit den Eigenschaften aus dem Produktdatenblättern übereinstimmen. Für

die Lieferung und die Lagerung muss die Rolle verpackt sein. Um das Geotextil vor Umwelteinflüssen zu schützen, muss es in einem geschlossenen Gebäude gelagert werden. Die Lagerungstemperatur darf 71°C nicht überschreiten, [22]. Außerdem sieht die amerikanische Norm vor, dass das Geotextil nicht am Boden, sondern in der Luft zu lagern ist.

## 4 Versuche (Literatur)

Es wurden viele Versuchsreihen durchgeführt, um die Zusammenhänge der Baumethode Asphalt einlagen zu verstehen und diese zu optimieren. Versuche sind auch notwendig, um bessere Eingangsparameter für computerunterstützte Dimensionierungsmethoden für Asphalt einlagen zu finden.

Dabei gibt es zwei Versuchsarten: Laborversuche und Feldversuche, wobei erstere schneller und kostengünstiger realisiert werden können. Im Labor können die Probekörper unter besseren Bedingungen hergestellt werden und liefern daher auch meist bessere Ergebnisse als im Straßenbau üblich. Darüber hinaus sind die hergestellten Teststrecken meist kleiner als im realen Straßenbau. Daher muss das Ergebnis an die tatsächlichen Verhältnisse im Straßenbau angepasst werden, um ein realistisches und aussagekräftiges Resultat zu erhalten. Hat man erste Erfahrungswerte aus den Laborversuchen gewonnen, kann die Baumethode mittels Feldversuchen unter realen Bedingungen getestet werden. Meist werden Feldversuche bei anstehenden Baulosen durchgeführt. Dabei werden die Versuchsstrecken miteingebaut und mithilfe von Monitoring-Sensoren überwacht. Der Vorteil ist, dass das System unter realen Bedingungen getestet wird, der Nachteil besteht im erhöhten Aufwand. In der Literatur werden sowohl Feld- als auch Laborversuche näher erläutert. Einige repräsentative Versuche sollen im folgenden Kapitel zusammengefasst und beschrieben werden.

### 4.1 Untersuchung der Wirksamkeit von bitumengetränkten Vliesen im Zusammenhang mit der Wasserabdichtung

Bereits im Jahr 1976 [17] hat R. W. Bushey begonnen Asphaltvliese auf deren Wirkung als Abdichtungsmaßnahme zu prüfen. Dazu wurden zuerst Asphaltvliese in Straßen eingebaut. Beim Einbau wurden 0,9 l/m<sup>2</sup> Bitumen auf die alte Oberfläche gesprüht, anschließend das Asphaltvlies verlegt und mit einer Dicke von 60 mm bzw. 90 mm mit Asphalt überbaut. Die gleichen Überbaudicken wurden bei Kontrollflächen ohne Asphaltvlies angewandt. Nach zwei Jahren wurden Bohrkernproben gezogen, nämlich sechs Kernproben mit Einlage und drei Kontrollproben ohne Einlage. An die Bohrproben wurde ein Unterdrucksystem angeschlossen. Der Unterdruck sollte Wasser durch

die Bohrprobe ziehen. Gemessen wurde die Wassermenge, welche in einer bestimmten Durchlaufzeit durch den Probekörper hindurchwandert. Die Durchlaufzeit betrug 100 s. Es wurden folgende Resultate gemessen:

- Im Kontrollfeld ohne Abdichtung gab es Durchflussmengen von 0-8,2 5ml/100 s. Im Durchschnitt waren es 3,6 ml/100 s.
- Mit Abdichtung gab es Durchflussmengen von 0-0,04 ml/100 s. Im Durchschnitt waren es 0,01 ml/100 s.

Die Abdichtung zeigte also große Wirkung auf die Wasserdurchflussmenge. Selbst Risse im Überbau (diese reichten teilweise bis zu den Asphalteinlagen) konnten die Durchflussmenge nicht erhöhen. Die Asphalteinlage war bei jeder Probe unbeschädigt, [17].

Ein ähnlicher Versuchsaufbau wurde 1983 [17] durchgeführt. Bei zwölf Straßen in den USA wurden Bohrkernproben gezogen. Wieder wurden Kontrollproben mit und ohne Asphaltvlies genommen. Gab es Bereiche mit Rissen in der Asphaltdecke, wurden in diesem Bereich Proben mit und ohne Risse entnommen. Insgesamt wurden 63 Proben gezogen. Diese wurde durch zwei unterschiedliche Verfahren anschließend im Labor geprüft. In beiden Fällen betrug die Versuchsdauer bei einer stehenden Wassersäule von 89 mm genau 15 Minuten. Innerhalb dieser 15 Minuten wurde die Wasserdurchflussmenge gemessen. Beim ersten Versuch wirkte nur die Schwerkraft, beim zweiten Versuch wurde ein zusätzlicher Unterdruck von 138 kPa aufgebracht. Die Durchlässigkeit bei Proben mit Asphalteinlagen war mit  $10^{-4} - 10^{-6}$  mm/s deutlich geringer als bei den Kontrollproben ohne Asphalteinlagen, welche eine durchschnittliche Durchlässigkeit von  $10^{-3} - 10^{-4}$  mm/s hatten. Da auch gerissene Proben entnommen wurden, wurden auch diese geprüft. Selbst bei Rissen, die sowohl unter als auch oberhalb des Asphaltvlieses vorhanden waren, war die Durchlässigkeit mit  $10^{-2} - 10^{-3}$  mm/s immer noch gut.

Bei genauerer Betrachtung des Aufbaus wurde bei vielen Proben nicht die vorgegebene Menge an Bitumen aufgesprüht. Somit waren die Asphaltvliese oft nicht ausreichend mit Bitumen durchtränkt. Das bedeutet, dass die Abdichtung bei einem ordnungsgemäß eingebauten Asphaltvlies noch besser funktioniert hätte, [17].

Um diesem Problem auf den Grund zu gehen, wurden 1997 [17] weitere Versuche unternommen. Dabei wurde geprüft, wie viel Bitumenemulsion vorgespitzt werden muss, um eine ausreichende Abdichtung zu erreichen. Die angewandte Methode war ein modifizierter Versuch nach ASTM D 4491, [17]. Diese Norm beschreibt eine Prüfung auf Durchlässigkeit von Geotextilien mit fallender Wasserhöhe. Die Modifizierung betrifft die Erhöhung der Fallhöhe der Wassersäule. Es wurde ein vernadeltes Vlies aus Polypropylen mit einem Gewicht von  $140 \text{ g/m}^2$  verwendet. Diese Art von Vlies kann  $0,9 \text{ l/m}^2$  Bitumenemulsion aufnehmen. Basierend auf der Annahme, dass die

alte Oberfläche und der Überbau ca.  $0,2 \text{ l/m}^2$  Bitumen aufsaugen, so sollte  $1,1 \text{ l/m}^2$  Bitumenemulsion vorspritzt werden. Im Durchschnitt lag der aufgenommene Bitumenanteil nur bei  $0,72 \text{ l/m}^2$ . Das bedeutet, es wurden nur  $0,9 \text{ l/m}^2$  vorgespitzt. Die folgende Abbildung eines Diagramms zeigt die Abhängigkeit von Durchlässigkeit von Wasser zur aufgetragenen Bitumenmenge.

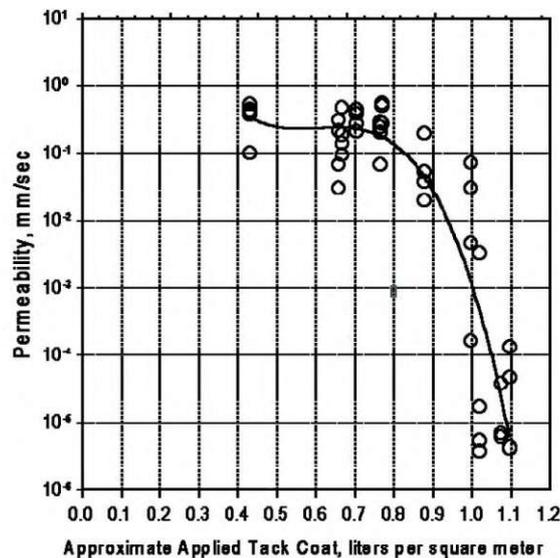


Abbildung 4-1 Wasserdurchlässigkeit in Abhängigkeit der aufgenommenen Bitumenmenge, [17]

Die Y-Achse zeigt die Durchlässigkeit von Wasser, die X-Achse die aufgetragene Menge an Bitumen. Anhand der Abbildung 4-1 wird ersichtlich, dass die Durchlässigkeit von Wasser sehr groß ist, wenn das Asphaltvlies nicht ausreichend mit Bitumen getränkt wurde. Um eine ausreichende Abdichtung zu erzielen, muss das Asphaltvlies mindestens  $1,0 \text{ l/m}^2$  aufnehmen, besser wären allerdings  $1,1 \text{ l/m}^2$ , [17].

Um die Ergebnisse der Labortests im realen Straßenbau zu bestätigen, wurden eine Reihe von Feldversuchen gestartet. Sowohl in den USA als auch in Australien wurden solche Feldversuche durchgeführt. Insbesondere in Australien hat die wasserabdichtende Wirkung einen hohen Stellenwert, weil hier tonige Böden weit verbreitet sind. Ton hat die Eigenschaft, bei Wasserzutritt anzuschwellen und das Volumen zu vergrößern. Das kann zu erheblichen Schäden an der Fahrbahn führen.

Im Jahre 1989 [17] wurde ein Feldversuch von Joe W. Button zur Wirksamkeit von Abdichtungen in der Nähe von Amarillo, Texas, durchgeführt. Dabei wurden fünf Versuchsfelder mit jeweils unterschiedlichen Asphaltvliesen und ein Kontrollfeld ohne Asphaltvlies hergestellt. Die Ausgangslage war immer gleich. Der vorhandene bituminöse Straßenaufbau betrug  $100 \text{ mm}$ , darüber kam ein Vlies und weitere  $30 \text{ mm}$  Asphaltüberbau. Nach Regenschauern wurde die Deformation der Fahrbahnflächen gemessen. In den fünf Versuchsfeldern mit Vlieseinlagen gab es weniger Deformationen als in dem Kontrollfeld ohne Vlieseinlage. Das impliziert, dass bei den Versuchsfeldern,

eine höhere Steifigkeit durch geringere Feuchtigkeit gegeben war. Selbst bei gerissenen Oberflächen war dieser Effekt messbar, [17].

In Australien wurde 1990 [17] ein Versuch von M. Sutherland und P. Phillips durchgeführt. Wie schon eingangs erwähnt gibt es in Australien oftmals Probleme mit stark quellendem Ton. Mithilfe von Abdichtungen versucht man diesem Problem entgegenzuwirken. Auch hier wurden Versuchsflächen und Kontrollflächen errichtet. Zur Überwachung wurden Messeinrichtungen installiert. Bei Regenfällen gab es in den Bereichen von Asphalteinlagen keine bis geringen Hebungen durch quellfähige Tone, während in den Kontrollbereichen ohne Asphaltvliese der Wasserzutritt Probleme verursachte. Außerdem zeigte sich, dass die Feuchtigkeit der Straße, unabhängig vom saisonalen Wetter, konstant bei ca. 2 % lag, was wiederum das Anschwellen von Ton begrenzt hat, [17]. P. Phillips führte im Jahre 1993 [17] eine weitere Studie über die Wirksamkeit von Asphaltvliesen durch. Auch hier wurden in Australien Versuchsfelder mit Asphaltvliesen und Kontrollflächen ohne Asphaltvliese verbaut, wobei dieses Mal ausschließlich die Versuchsflächen dem Wasser ausgesetzt wurden. Trotzdem zeigten die Versuchsflächen bei Überfahrten bessere Ergebnisse als die Kontrollflächen. Allerdings zeigte dieser Versuch auch Schwachstellen des Systems auf. Bei schlechter Abdichtung am Fahrbahnrand konnte das Wasser trotzdem den Straßenaufbau infiltrieren. Daher sollten Abdichtungen immer über die Schultern der Straße gezogen werden. Zusätzlich wurden im Versuch von P. Phillips Bohrkernproben gezogen, sowohl bei Feldern mit als auch ohne Asphaltvliesen. Im Labor zeigte sich, dass die Bohrproben mit Asphalteinlagen im Kernbereich trocken waren, während die Proben ohne Abdichtung Feuchtigkeit aufwiesen, [17].

In North Carolina (USA) [17] in der Nähe von Kennersville wurden zwei Straßen so präpariert, dass es Bereiche mit und ohne Asphalteinlagen gab. Diese Straßen wurden dann mit einem GPR (ground penetrating radar) untersucht, welches Mikrowellen in den Straßenaufbau sendet, die je nach Feuchtigkeitsgrad reflektiert oder absorbiert werden. Aufgrund dieser Methode kann man auf die Feuchtigkeit im Aufbau schließen. Die Bereiche ohne verbautem Asphaltvlies wiesen signifikant höhere Feuchtigkeitswerte auf als jene Bereiche mit Asphaltvlies, [17].

Die Laborversuche bestätigten die guten Abdichtungseigenschaften von bitumengetränkten Asphaltvliesen. Diese Eigenschaft bleibt auch bei Rissen in der Oberfläche erhalten. Daher eignet sich dieses System auch zur Abdichtung von bereits gerissenen Straßenbelägen. Auch die Feldversuche lieferten positive Resonanzen. Die Straßenkörper waren mit der Abdichtung durchwegs trockener als ohne Abdichtung, selbst bei gerissenen Oberflächen. Weiters verhindert das Asphaltvlies ein Auswaschen des Unterbauplanums und erhöht somit die Lebensdauer. Wichtig ist aber die korrekte Verarbeitung. Wie die Laborversuche bestätigen, muss das Asphaltvlies ausreichend mit Bitumen getränkt sein. Die vom Hersteller angegebenen Werte müssen eingehalten werden. Nicht nur die korrekte Vorspritzmenge der Bitumenemulsion spielt eine wichtige Rolle, auch die Verlegung des Asphaltvlieses hat eine große Bedeutung. Die Abdichtung muss so verlegt werden,

dass das Wasser nicht über die Kapillarwirkung unter dem Asphaltvlies in den Straßenkörper gezogen werden kann.

Bei korrekter und sorgfältiger Anwendung können Straßen daher mit diesem System kostengünstig vor Wasserzutritt geschützt werden.

#### 4.2 Untersuchung der Wirksamkeit von Asphalteinlagen gegen Ermüdungsrisssbildung

Wie schon in Kapitel 1.3 beschrieben, kann es zu ermüdungsbedingten Reflexionsrissen kommen. Um diese Rissfortpflanzung zu verhindern, werden Asphalteinlagen eingesetzt. Die folgenden Versuche sollen die realen Bedingungen nachstellen und die Auswirkungen von Asphalteinlagen auf Ermüdungsbeanspruchung zeigen. In der beschriebenen Testreihe wurden zwei Versuche durchgeführt. Einer der beiden ist ein konventioneller 4-Punkt Biegebalkenversuch. Dieser wird auch bei nicht-bewehrten Asphaltprobekörpern durchgeführt und dient „zur Ermittlung der Ermüdungsbeständigkeit und der dynamischen Steifigkeit“, [23]. Der zweite Versuch ist der *Beam on Elastic Foundation Test* (BOEF).

##### Beam on Elastic Foundation Test (BOEF)

Bei diesem Verfahren wird ein Asphaltprisma mit den Maßen 500 mm x 80 mm x 70 mm (L x B x H) auf eine Neoprengummi-Platte mit einem E-Modul von 6 MPa geklebt. Diese Gummi-Platte wird wiederum auf einer Stahlplatte fixiert. Um einen Riss zu simulieren, wird in der Mitte des Balkens eine Kerbe eingefräst. Der Bereich um die Kerbe wird nicht verklebt, um die Verformung des Balkens nicht zu behindern. Abbildung 4-2 zeigt den Versuchsaufbau, [24].

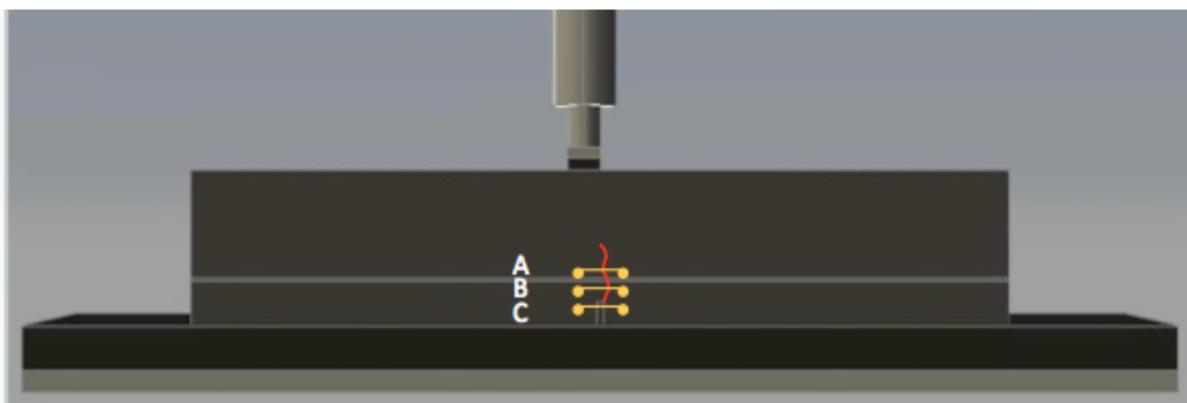


Abbildung 4-2 Versuchsaufbau des BOEF-Tests und Lage der DMS, [24]

Die Versuchstemperatur beträgt konstant 5°C ( $\pm 0,5^\circ\text{C}$ ). Durch ein Gebläse wird Kaltluft in die Versuchskammer eingebracht und die erwärmte Luft abtransportiert. Die Probekörper werden zwei Tage temperiert und vier Stunden vor dem Versuch in die Klimakammer gelegt. Da der Ver-

such in Italien durchgeführt wurde, wurde der Aufbau des Asphalttes als typisch italienischer Asphalt bezeichnet. Der Zuschlagstoff hat eine maximale Größe von 11 mm und als Bindemittel diente ein nichtmodifiziertes Bitumen. Als Asphalteinlage wurde ein Kombinationsprodukt der Firma Tencate verwendet. Dieses bestand aus PP-Endlosfaservlies und aus Glasfasergitter. Dabei kamen zwei Ausführungen zum Einsatz: Typ A mit 50 kN/m und Typ B mit 100 kN/m. Die Probekörper wurden im Labor hergestellt. Zuerst wurde eine Lage Asphalt verlegt, auf welche Bitumen vorgespitzt wurde. Die Vorspritzmenge betrug  $0,8 \text{ kg/m}^2$ . Auf diese Oberfläche wurde das Kombinationsprodukt gelegt und darauf eine weitere Bitumenschicht von  $0,8 \text{ kg/m}^2$  aufgebracht. Die zweite Bitumenschicht war notwendig, weil das Bitumen nicht durch die Einlage ging (bei einer Sanierung würde man so nicht vorgehen, weil das Bitumen durch die Verdichtung in die Asphalteinlage gedrückt wird). Abschließend wurde wieder eine Asphalttschicht aufgebracht. Zusätzlich wurden in jeden Probekörper drei Dehnungsmessstreifen (DMS) eingebaut. Der erste DMS wurde in einer Höhe von 8 mm verbaut, direkt über der Kerbe, der zweite in einer Höhe von 16 mm, direkt unter der Asphalteinlage, und der dritte wurde bei 24 mm eingebaut, direkt über der Asphalteinlage, siehe Abbildung 4-2.

Um Vergleichswerte zu erzielen, wurden Probekörper ohne Asphalteinlage hergestellt. Diese bestanden aus einer einzelnen homogenen Asphalttschicht. Außerdem wurden Probekörper mit einer Bitumenzwischenschicht, ohne Asphalteinlage, hergestellt.

Die Belastung wurde durch einen Stahlstempel mit Gummispitze aufgebracht. Die vier Spitze-zu-Spitze Belastungen waren 5 kN, 4 kN, 3 kN und 2,5 kN. Die Maschine wurde kraftgesteuert und die Frequenz betrug 5 Hz. Diese Frequenz wurde bewusst gewählt, weil andere Versuchsaufbauten mit derselben Frequenz arbeiten und die Versuche somit vergleichbar waren.

Bei jedem getesteten Probekörper begann der Riss in einer Ecke der Kerbe. Dies entsprach den Erwartungen, weil in den Ecken Spannungskonzentrationen auftreten. Die gemessenen Horizontalbewegungen nahmen dank der Steifigkeit und der guten Haftung zwischen Asphalteinlage und Asphalttschicht ab, vor allem knapp unter- und oberhalb der Einlage. Die Abbildung zeigt die Gegenüberstellung der verschiedenen Systeme.

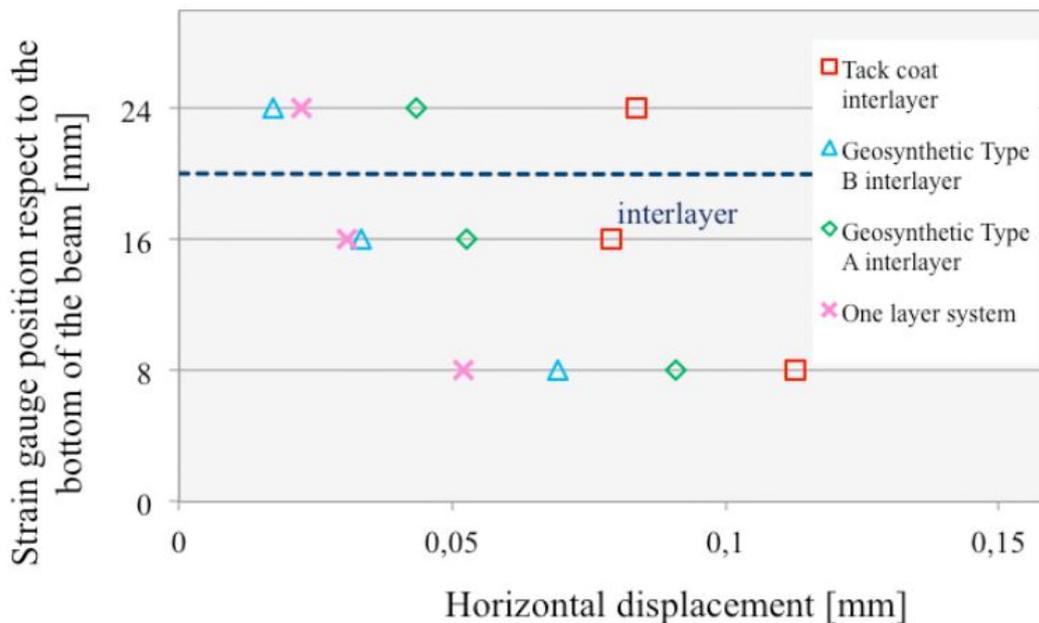


Abbildung 4-3 Gegenüberstellung der Messergebnisse der verschiedenen Systeme, [24]

In Abbildung 4-3 beschreibt die Y-Achse die Lage der DMS und die X-Achse die horizontal gemessene Bewegung und damit die Öffnungsweite der Risse. Wie man anhand der obigen Abbildung sieht, hatten die mit Asphalteinlagen „sanierten“ Probekörper dieselbe Performance wie eine gleich dicke einzelne Asphaltenschicht, welche aufwendiger und teurer herzustellen wäre. Röntgenaufnahmen der Probekörper bestätigten die gemessenen Ergebnisse, siehe Abbildung 4-4. In dieser Abbildung stellt Bild (a) die Aufnahme eines mit nur einer Bitumenzwischenschicht versehenen Probekörpers dar, Bild (b) einen Probekörper mit Typ A und Bild (c) einen Probekörper mit Typ B, [24].

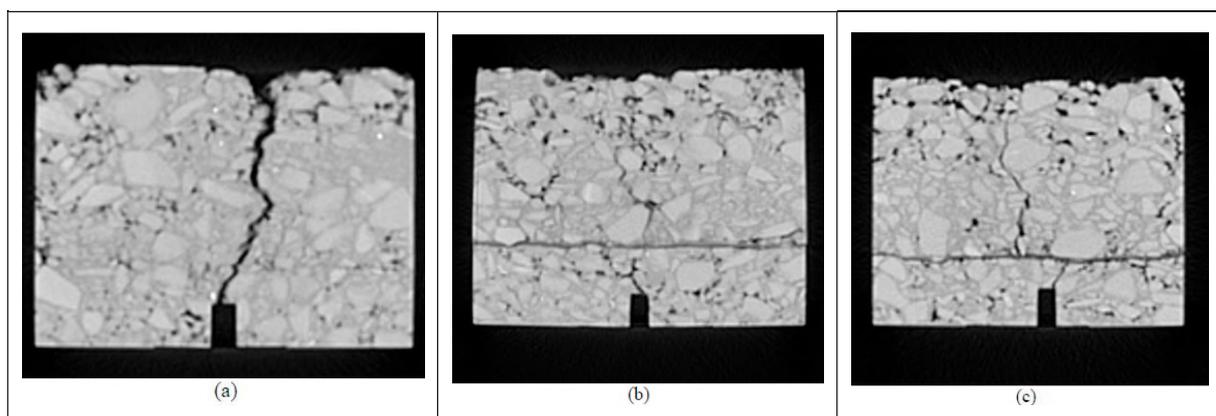


Abbildung 4-4 Röntgenaufnahmen von gerissenen Probekörpern, [24]

#### 4-Punkt-Biegeversuch

Der 4-Punkt-Biegeversuch ist ein konventioneller Ermüdungsversuch. Dabei wird ein Balken an vier Punkten vertikal gelagert. Der Balken kann sich frei verdrehen und ist außerdem horizontal frei beweglich. Die folgende Abbildung stellt eine schematische Darstellung des Versuchsaufbaus dar.

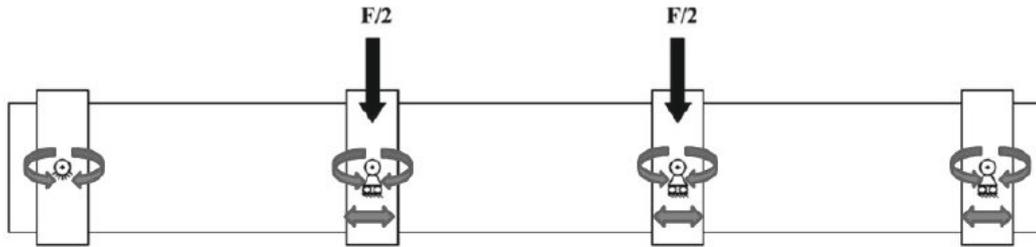


Abbildung 4-5 Schematische Darstellung des 4-Punkt-Biegeversuches, [24]

In diesem Fall wurde eine Universalprüfmaschine entsprechend aufgerüstet. Die Durchbiegung fand immer nur in eine Richtung statt, weil verhindert werden sollte, dass auf die nicht-verstärkte Seite Zugspannung einwirkt und dadurch ein Riss entsteht. Um die Ermüdung zu testen, wurde mit Last dynamisch gesteuert mit einer Frequenz von 10 Hz aufgebracht. Die Versuchstemperatur betrug  $5^{\circ}\text{C}$  ( $\pm 0,1^{\circ}\text{C}$ ). Der Versuch wurde abgebrochen, sobald die Steifigkeit nur noch 50 % des Ausgangswertes betrug.

Die Balken hatten eine Breite von 62 mm ( $\pm 1$  mm) und eine Höhe von 50 mm ( $\pm 1$  mm). Sieben Balken wurden aus einer Platte hergestellt, fünf davon waren verstärkt. Die anderen zwei Balken waren Vergleichsproben, mit unverstärkten Aufbau, [24].

**Tabelle 4-1** Verwendete Materialien für den Asphalt des 4- Punkt-Biegeversuchs, [24]

Aggregates		Ordinary bitumen	
Sieve (mm)	% passing	Property Standard	Value Unit]
19,0	100	Penetration	54
12,5	99	UNI EN 1426	[dmm]
9,5	90	Softening point	48
6,3	69	UNI EN 1427	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
4,75	57	Breaking Point Fraass	-7,5
2,0	40	UNI EN 12593	[ $^{\circ}\text{C}$ ]
0,425	25	Density' at 25 $^{\circ}\text{C}$	1,03
0,18	10	EN ISO 3838	[t/m $^3$ ]
0,075	6,0	Dynamic viscosity 160 $^{\circ}\text{C}$	0,144
0,063	5,6	UNI EN 13302	[Pa-s]

Als Verstärkung wurde Typ B aus dem BOEF Versuch verwendet. Dieses Kombinationsprodukt wurde an der Unterseite auf den Versuchskörper geklebt. Die Klebung entspricht der aus dem BOEF Versuch.

Das Ergebnis zeigt deutlich eine Steigerung der Lebensdauer um den Faktor 3 - 3,5 bei Einsatz eines Kombinationsproduktes gegenüber eines unverstärkten Balkens, [24].

Die beiden Versuche haben gezeigt, dass die Sanierung mit Asphalteinlagen durchaus erfolgversprechend ist. Bei bereits gerissenen Straßen kann eine Asphalteinlage die Rissfortpflanzung verlangsamen. Bei dem BOEF Versuch zeigte sich, dass ein Probekörper mit mehrschichtigem Aufbau und einer Asphalteinlage unterhalb der ersten Schicht ein ebenso langsames Risswachstum besitzt wie ein Probekörper mit den gleichen Ausmaßen, allerdings mit einschichtigem Aufbau. Das bedeutet in der Praxis, um die gleichen Ergebnisse wie bei einer Sanierung mit einer Asphalteinlage zu bekommen, müsste man die Straße ungleich tiefer abfräsen und dann mit einer dicken Schicht Asphalt neu aufbauen. Dies ist in der Praxis aber eher unrealistisch, weil so ein Aufbau ungleich viel mehr Kosten verursachen würde. Dieser Versuch spiegelt allerdings nur das einmalige sehr langsame Überfahren der Schwachstelle wieder. Eine Straße wird aber in der Regel oft und sehr schnell befahren. Es treten daher wiederholte Lastwechsel auf. Diese Lastwechsel werden mit dem 4-Punkt-Biegeversuch nachgestellt. Auch hier hat sich gezeigt, dass die Asphalteinlage die Lebensdauer um den Faktor 3 - 3,5 erhöhen kann.

Da die Straße allerdings nicht nur durch die Befahrung Beanspruchung erhält, sondern auch durch den Einfluss von Temperaturschwankungen, muss man sich auch diesen Aspekt versuchstechnisch genauer untersuchen.

### **Versuch zur Darstellung einer thermischen Einwirkung**

Da auch die thermische Einwirkung einen Einfluss auf die Rissausbreitung von Straßen hat, wurden zudem Überlegungen angestellt, wie man diesen in einem Versuch darstellen kann, [25]. Dazu wurden zwei Betonbalken im Abstand von 4 mm mit einer Asphaltschicht überbaut. Der Abstand sollte einen Riss symbolisieren. Die beiden Betonbalken wurden gelenkig gelagert und konnten sich gegeneinander verschieben. Darüber kam eine 7 cm dicke Asphaltschicht. Der Asphalt wurde als kompakter, belgischer Asphalt beschrieben. Für den Versuchsaufbau siehe Abbildung 4-6.

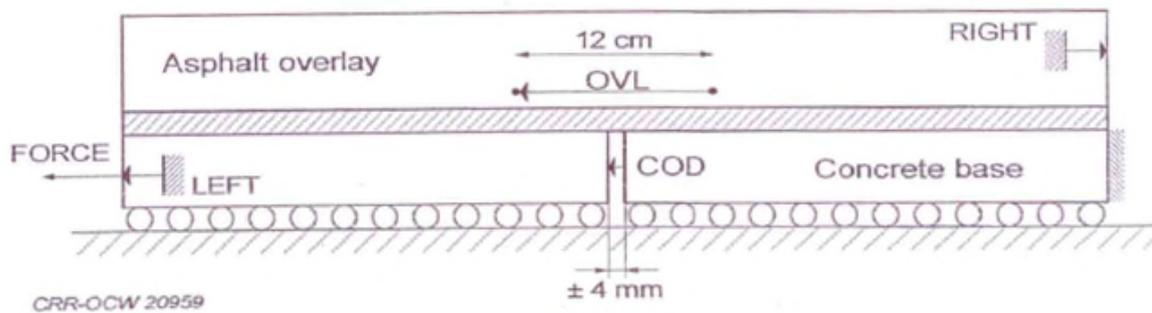


Abbildung 4-6 schematischer Versuchsaufbau der thermischen Einwirkung und Lage der Messabnehmer, [25]

Wieder wurden Probekörper mit und ohne Asphalteinlage hergestellt. Die Asphalteinlage war ein Gitter der Firma S&P. Die Vorspritzmenge betrug  $1,8 \text{ kg/m}^2$  und bestand aus nicht-modifiziertem 80/100 SBS Binder.  $0,8 \text{ kg/m}^2$  wurden auf die Betonbalken gespritzt und  $1,0 \text{ kg/m}^2$  auf die Asphalteinlage. Bei den Probekörpern ohne Asphalteinlage kam nur die Bindemittelschicht als Zwischenschicht zum Einsatz.

Der Versuch wurde bei einer Temperatur von  $-10^\circ\text{C}$  durchgeführt. Die Versuchsdauer betrug 168 Stunden. Die Einwirkung war weggesteuert, bei Belastung wurde der Abstand um 1 mm vergrößert. Diese Bewegung sollte das Ausdehnen und das Zusammenziehen bei thermischen Unterschieden widerspiegeln. Der Versuch wurde neben Video- und Fotoaufnahmen noch mit Messinstrumenten begleitet. Per Wegaufnehmer, in Abbildung 4-6 als COD bezeichnet, wurde der Abstand der beiden Betonbalken gemessen. Ebenfalls in der obigen Abbildung eingezeichnet ist der Dehnmessstreifen, als OVL bezeichnet. Dieser wurde 2 cm über dem Riss eingebaut und maß die durchschnittliche Verschiebung an dieser Stelle.

Bei keinem getesteten Probekörper mit Asphalteinlage kam es nach 168 Stunden zu einem totalen Versagen. Es entstanden zwar Risse oberhalb der Asphalteinlage, aber das Risswachstum war überschaubar und die Rissöffnungsweite war ebenfalls sehr gering. Nach 168 Stunden konnte der Riss nicht die 7 cm dicke Asphaltdecke durchdringen. Die maximale Risslänge nach 168 Stunden betrug 4 cm. Bei den unverstärkten Probekörpern kam es bereits nach fünf Stunden und 20 Minuten zu einem Totalversagen. In der Abbildung 4-7 sind die Ergebnisse grafisch dargestellt.

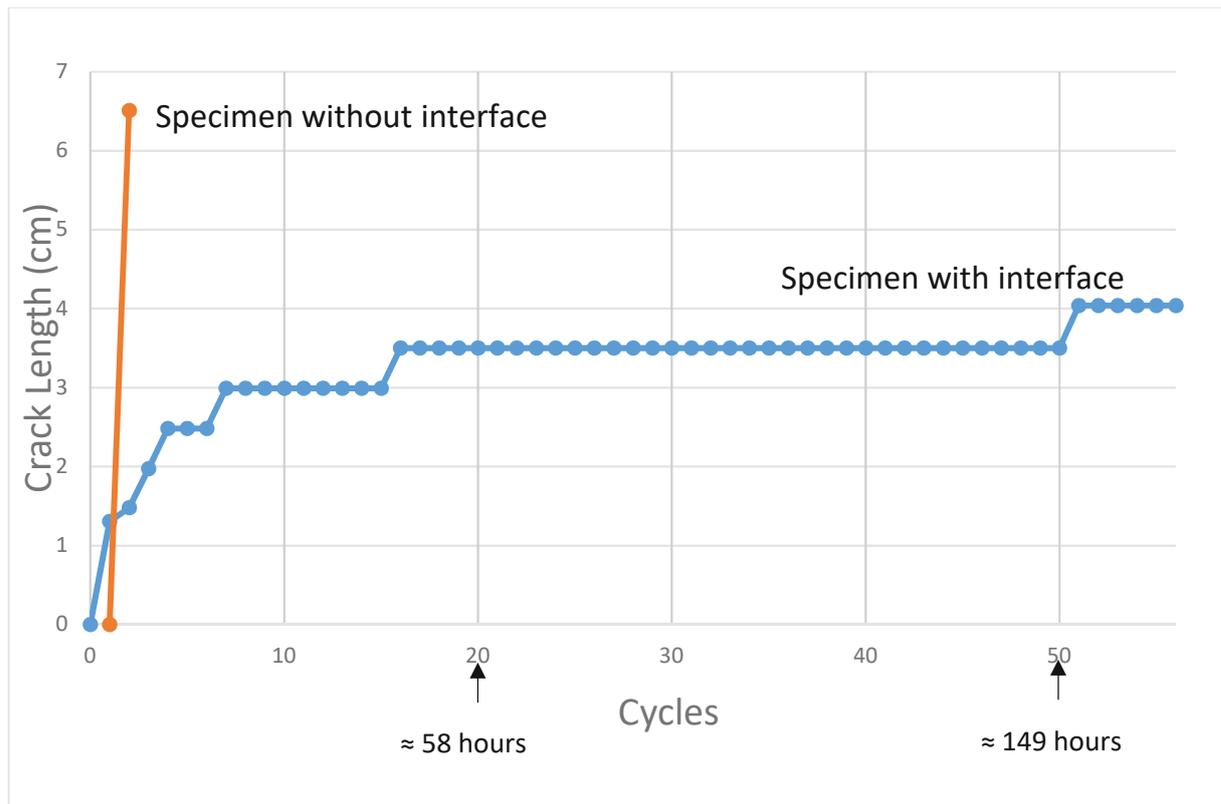


Abbildung 4-7 Gegenüberstellung der Auswertung von verstärkten und unverstärkten Probekörpern, [25]

Es stellte sich heraus, dass sich das Risswachstum bei Probekörpern mit Asphalteinlagen nur langsam ausbildet, während sich bei Probekörpern ohne Einlage ein schlagartiges Versagen eingestellt hat. Asphalteinlagen sind eine gute Methode, um Straßen zu verstärken. Selbst wenn die vorhandene Fläche bereits Risse aufweist, kann eine Ausbreitung der Reflexionsrisse durch Asphalteinlagen hinausgezögert werden.

Die Asphalteinlage stellt allerdings einen „Fremdkörper“ im Asphalt dar, vor allem im mehrschichtigem Aufbau, wo ein guter Verbund der einzelnen Schichten von entscheidender Rolle ist. Bei Asphaltvliesen muss der Haftzugverbund nach RVS 08.16.02 geprüft werden. Da es aber noch keine Norm für Asphaltgitter und Kombinationsprodukten gibt, gibt es auch keine Mindestanforderung an den Schichtenverbund. Daher wurde eine Versuchsreihe durchgeführt, ob Asphaltgitter den Schubverbund vermindert.

### 4.3 Untersuchung des Schichtverbundes von Asphalteinlagen

#### Untersuchung der Schubfestigkeit

Wie in Kapitel 1.3.1 beschrieben, gibt es verschiedene Einwirkungen auf das System Straße. Aufgrund der Einbaumethode von Asphalteinlagen befinden sich Asphalteinlagen immer zwischen zwei Schichten von Asphalt. Daher hat der Aufbau der Straße keinen homogenen Charakter mehr. Man kann die Asphalteinlage als Zwischenschicht und mögliche Schwachstelle in Bezug auf die Schubfestigkeit betrachten. In der *RVS 08.16.01- Anforderungen an Asphaltsschichten* [33] werden die geforderten Schubfestigkeiten angegeben. Je höherrangig eine Straße ist, umso höher ist auch die geforderte Schubfestigkeit. Laut Tabelle 4-2 ist der maximale Grenzwert, welcher überschritten werden muss, mit  $1,2 \text{ N/mm}^2$  angegeben.

**Tabelle 4-2** geforderte Schubfestigkeit nach RVS 08.16.01, [35]

Schicht, Mischgutsorte	Straßentyp	Schubfestigkeit 20 °C [0,1 N/mm <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup> <b>bei Verwendung von Straßenbaubitumen</b>		
		Prüfung gemäß ÖNORM B 3639-1		
		Sollwert	Qualitätsabzug	Keine Übernahme
Trag- und Tragdeckschicht, alle Mischgutsorten	Alle, außer Bundesstraßen A und S	≥ 0,6	0,5 bis 0,2	< 0,2
Deckschicht, alle Mischgutsorten, außer PA P4		≥ 0,8	0,7 bis 0,3	< 0,3
Schicht, Mischgutsorte	Straßentyp	Schubfestigkeit 20 °C [0,1 N/mm <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup> <b>bei Verwendung von polymermodifiziertem Bitumen</b>		
		Prüfung gemäß ÖNORM B 3639-1		
		Sollwert	Qualitätsabzug	Keine Übernahme
Hochstandfeste Trag-, Trag- und Tragdeckschicht, alle Mischgutsorten	Bundesstraßen A und S sowie Landesstraßen B und L	≥ 1,2	1,1 bis 0,6	< 0,6
	Ländliche Straßen	≥ 1,0	0,9 bis 0,4	< 0,4
Deckschicht, alle Mischgutsorten, außer PA P4	Bundesstraßen A und S sowie Landesstraßen B und L	≥ 1,2	1,1 bis 0,6	< 0,6
	Ländliche Straßen	≥ 1,2	1,1 bis 0,4	< 0,4

<sup>1)</sup> Der Schichtverbund ist bei Solldicken ≥ 3,0 cm mittels Schubfestigkeit zu prüfen.

Auch bei der Verwendung von Asphaltgittern und Kombinationsprodukten wird dieser Wert gefordert. Lediglich bei Asphaltvliesen ist dieser Wert laut RVS 08.16.02 nicht nachzuweisen.

Die Schubfestigkeit wird mittels der Prüfung nach ÖNORM B3639-1 [33] ermittelt. Der Probekörper hat eine zylindrische Form mit einem Durchmesser von 100 mm. Der Probekörper muss mithilfe eines Wasserbades auf die Prüftemperatur von 20°C gebracht werden. Dieser Vorgang muss mindestens drei Stunden dauern. Der eigentliche Versuch passiert durch Abscheren des Probekörpers an der Schichtgrenze.



Abbildung 4-8 Scherversuch nach ÖNORM B 3639-1, [33]

Dabei ist die Schubfestigkeit die maximale Schubkraft bezogen auf die Prüffläche, diese Prüffläche muss normal auf die Achse des Prüfkörpers stehen.

$$\beta_s = \frac{F_{max}}{A}$$

$\beta_s$  ... Schubfestigkeit [N/mm<sup>2</sup>]

$F_{max}$  ... maximale Schubkraft [N]

A ...Prüffläche [mm<sup>2</sup>]

Im Auftrag der Firma S&P wurden solche Tests im Straßenbaulabor der TU Wien mit einer Lage Asphaltbewehrung durchgeführt. Die Probekörper wurden im Walzsegmentverdichter zweilagig verdichtet. Bei der „unteren Schicht handelt es sich um einen AC22 binder PmB 45/89-65 mit einer nominellen Dicke von 6 cm und bei der Deckschicht um einen AC11 deck PmB 45/80-65 mit einer nominellen Dicke von 4 cm“, [33].

Die Probekörper wurden mittels drei verschiedener Varianten hergestellt: „Heiß auf Heiß“, „Heiß auf Kalt“ und „Heiß auf Kalt“ mit Asphaltbewehrung. Bei beiden „Heiß auf Kalt“. Methoden wurde eine Bitumenemulsion vorgespitzt, diese von der Firma S&P bereit gestellt wurde.

- „Heiß auf Heiß“  
Das AC22- Mischgut wurde in einem Gegenlaufzwangsmischer gemischt und anschließend eingebaut, danach wurde das AC11- Mischgut gemischt und auf die frisch eingebaute Schicht aufgetragen. Beide Schichten wurden auf eine Gesamthöhe von 10 cm verdichtet, [33].
- „Heiß auf Kalt“ mit Vorspritzen  
Auch hier wurden die Asphaltmischgutsorten im Gegenlaufzwangsmischer gemischt. Jedoch wurde hier simuliert, dass am Vortag die Tragschicht eingebaut wurde. Daher wurde die Deckschicht auf einer kalten Oberfläche eingebaut. Um einen ausreichenden Schubverbund sicherzustellen, wurde mithilfe eines Vorspritzmittels die Verklebung erhöht. In diesem Laborversuch hat man zuerst 6 cm von der AC22- Asphaltenschicht eingebaut und diese 24 Stunden lang abkühlen lassen. Danach wurden 250 g/m<sup>2</sup> Bitumenemulsion aufgetragen. Diese hat man wiederum 20 Stunden abkühlen lassen und anschließend wurden 4 cm der AC11- Deckschicht aufgetragen. Somit ergibt sich, wie beim ersten Probekörper, eine Gesamthöhe von 10 cm, [33].
- „Heiß auf Kalt“ mit Vorspritzen und Asphaltbewehrung  
Beim letzten Probekörper wurde wieder „Heiß auf Kalt“ eingebaut, allerdings wurde hier zusätzlich eine Asphaltbewehrung der Firma S&P verlegt. Die Einbausituation ist mit derjenigen der „Heiß auf Kalt“- Methode zu vergleichen, allerdings wurde nach dem Vorspritzen der Emulsion die Asphaltbewehrung aufgeflämmt. Die aufgeflämmt bewehrte Asphaltbewehrung wurde mit einem AC11- Asphaltmischgut überbaut, siehe Abbildung 4-9, [33].



Abbildung 4-9 Herstellung der Platte „Heiß auf Kalt“ mit Asphaltbewehrung, [33].

Aus diesen Platten wurden zylindrische Probekörper gewonnen, mithilfe derer der Scherversuch durchgeführt wurde. In allen Versuchen hat sich gezeigt, dass das Bauverfahren „Heiß auf Heiß“ den besten Schubverbund ermöglicht. Bei beiden „Heiß auf Kalt“- Methoden gab es keinen signifikanten Unterschied in der Schubfestigkeit, jedoch erreichen beide Werte im Mittel die geforderten  $1,2 \text{ N/mm}^2$ . Bei der Methode mit der Asphaltbewehrung wurden bei allen Versuchen die geforderten  $1,2 \text{ N/mm}^2$  erreicht bzw. überschritten, [33].

Tabelle 4-3 Ergebnisse der Versuche nach ÖNORM B3639-1, [33]

Probekörper	Variante	MW- Scherkraft [kN]	MW- Scherweg [mm]	$\beta_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Z122A	Emulsion/ Asphalteinlage	12,1	1,0	1,5	1,5
Z122B	Emulsion/ Asphalteinlage			1,7	
Z122C	Emulsion/ Asphalteinlage			1,5	
Z122D	Emulsion/ Asphalteinlage			1,6	
Z123A	Heiß/ Heiß	23,6	2,2	2,9	3,0
Z123B	Heiß/ Heiß			3,1	
Z123C	Heiß/ Heiß			3,0	
Z123D	Heiß/ Heiß			3,1	
Z124A	Emulsion	13,2	1,1	1,5	1,7
Z124C	Emulsion			1,3	
Z124E	Emulsion			1,4	
Z124F	Emulsion			2,1	
Z124G	Emulsion			1,7	
Z124H	Emulsion			2,1	

In der Stellungnahme wird erwähnt, dass mithilfe einer Optimierung der Bindemittelmenge eine bessere Schubsteifigkeit erreicht werden kann. Bei zu viel Bindemittel kann es jedoch zu einem örtlichen Überschuss kommen. Das Bindemittel würde dann als Gleitschicht wirken. Dies wirkt sich negativ auf den Schubverbund aus, [33].

Beim Einbau kann es vorkommen, dass zwei Bewehrungsmatten übereinanderliegen und diese dann überbaut werden. Dies kommt beispielsweise bei Kreisverkehren oft vor. Um zu untersuchen, wie sich diese Überlappung auf den Schubverbund auswirkt, wurde eine Versuchsreihe von der TU Wien im Auftrag von S&P durchgeführt, [34]. Um einen Vergleichswert zu erzielen, wurden die Probekörper mit exakt dem gleichen Aufbau und dem gleichen Einbau wie bei der oben beschriebenen Versuchsreihe hergestellt. Allerdings wurden drei Lagen Bewehrungsgitter verlegt. Aus im Labor hergestellten Probekörpern mit diesem Aufbau wurden mithilfe von Bohrungen Probekörper gewonnen und im Wasserbad auf die Prüftemperatur von  $20^{\circ}\text{C} \pm 1$  gebracht. Die Prüfung der Scherfestigkeit wurde wieder nach ÖNORM B3639-1 [34] durchgeführt.

**Tabelle 4-4** Ergebnis und Vergleichswert zwischen dreilagiger und einlagiger Asphalteinlage, [34]

Probekörper	Variante	MW- Scherkraft [kN]	MW- Scherweg [mm]	$\beta_s$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Z122A	Asphalteinlage einlagig	12,1	1,0	1,5	1,6
Z122B	Asphalteinlage einlagig			1,7	
Z122C	Asphalteinlage einlagig			1,5	
Z122D	Asphalteinlage einlagig			1,6	
Z200A	Asphalteinlage dreilagig	11,8	1,5	1,5	1,5
Z200B	Asphalteinlage dreilagig			1,5	
Z200C	Asphalteinlage dreilagig			1,5	

Auch wenn es beim Einbau, sei es gewollt oder ungewollt, zu einer Überlappung der Bewehrungsmatten kommt, kann die geforderte Schubfestigkeit laut RVS 08.16.02 erfüllt werden.

### Untersuchung des Haftverbundes von Asphalteinlagen

Der Haftverbund ist ein weiteres Kriterium des Schichtenverbundes. Die RVS 08.16.02 gibt für Asphaltvliese Grenzwerte für den Haftverbund vor, diese wurden schon im Kapitel 3.1.2 dargestellt. Asphaltbewehrungen und Kombinationsprodukte müssen den Grenzwerten der RVS 08.16.01 [34] Anforderungen an Asphaltsschichten entsprechen.

**Tabelle 4-5** Grenzwerte der Haftzugfestigkeit laut RVS 08.16.01, [35]

Schicht, Mischgutsorte	Straßentyp	Haftzugfestigkeit 0 °C [0,1 N/mm <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup> bei Verwendung von Straßenbaubitumen		
		Prüfung gemäß ÖNORM B 3639-2		
		Sollwert	Qualitätsabzug	Keine Übernahme
Deckschicht, alle Mischgutsorten außer PA P4	Alle, außer Bundesstraßen A und S	≥ 1,0	0,9 bis 0,4	< 0,4
Schicht, Mischgutsorte	Straßentyp	Haftzugfestigkeit 0 °C [0,1 N/mm <sup>2</sup> ] <sup>1)</sup> bei Verwendung von polymermodifiziertem Bitumen		
		Prüfung gemäß ÖNORM B 3639-2		
		Sollwert	Qualitätsabzug	Keine Übernahme
Deckschicht, alle Mischgutsorten außer PA P4	Bundesstraßen A und S sowie Landesstraßen B und L	≥ 1,5	1,4 bis 0,8	< 0,8
	Ländliche Straßen	≥ 1,5	1,4 bis 0,5	< 0,5

<sup>1)</sup> Der Schichtverbund ist bei Solldicken < 3,0 cm mittels Haftzugfestigkeit zu prüfen.

Sowohl die RVS 08.16.01 als auch die RVS 08.16.02 sehen als Prüfungsnorm für den Haftverbund die ÖNORM B3639-2 [9] vor.

Laut ÖNORM B3639-2 ist die *Haftzugfestigkeit definiert als die maximal erreichte Zugkraft bezogen auf die Prüffläche, [34].*

$$\beta_{HZ} = \frac{F_{max,HZ}}{A}$$

$\beta_{HZ}$ ... Haftzugfestigkeit [N/mm<sup>2</sup>]

$F_{max,HZ}$ ... Bruchlast [N]

A... Fläche [mm<sup>2</sup>]

Dabei wird der Probekörper, dieser ist ein zylindrischer Bohrkern mit einem Durchmesser und einer Höhe von 100 mm, auseinandergezogen. Die zu prüfende Schicht liegt dabei normal auf die Achse der Zugkraft. Die Prüftemperatur ist laut Norm auf 0°C festgelegt. Um die Prüftemperatur während des gesamten Prüfvorgangs zu gewährleisten, wird der Versuch in einer Klimakammer durchgeführt. Ein Probekörper wird zwischen zwei Stahlstempel eingeklebt.



Abbildung 4-10 Probekörper vorbereitet für den Haftzugversuch, rechts Probekörper mit Asphaltbewehrung, eingespannt in der Prüfvorrichtung

Der Kleber muss zwei Tage aushärten. Das Asphaltmischgut der Probekörper der beschriebenen Versuchsreihe entsprechen jenen der Versuchsreihe zur Untersuchung des Schubverbundes. Hier wurden vier Versuche mit vier unterschiedlichen Probekörpern durchgeführt.

**Tabelle 4-6** Ergebnisse der Haftzugfestigkeit, [34]

Probekörper	Variante	max. Kraft [N]	Fläche [mm <sup>2</sup> ]	$\beta_{Hz}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	
Z2001L	Asphalteinlage einlagig	-14551,4	7854,0	1,9	<b>1,6</b>
Z200F1L	Asphalteinlage einlagig	-12792,4	7854,0	1,6	
Z200G1L	Asphalteinlage einlagig	-9469,7	7854,0	1,2	
Z200H1L	Asphalteinlage einlagig	-13634,0	7854,0	1,7	

Auch bei dieser Versuchsreihe zeigt sich, dass die verwendete Asphaltbewehrung die geforderten Grenzwerte der RVS 08.16.01 [34] größtenteils einhalten kann. Im Mittelwert liegt die Haftzugfestigkeit über dem maximal geforderten Grenzwert der Norm, [34]. Somit kann die Asphaltbewehrung auch im Autobahnnetz eingebaut werden.

Sowohl die Schubfestigkeit als auch die Haftzugfestigkeit werden den entsprechenden Grenzwerten der technischen Richtlinie gerecht.

Die Versuchsreihen haben gezeigt, dass die Asphalteinlagen durchaus Vorteile beim Sanieren von Asphaltstraßen bieten. Sie mindern nicht die Qualität im Hinblick auf Schubverbund oder Haftzugfestigkeit einer Straße.

## 5 Praktische Erfahrungen mit Asphalteinlagen

### 5.1 Erfahrungen der Bundesländer

Wie schon in Kapitel 1.1 erwähnt wurde, entfällt ein großer Teil des österreichischen Straßennetzes auf die Landes- und Gemeindestraßen. Daher war es natürlich auch sehr interessant die Länder und Gemeinden zu dem Thema Asphalteinlagen zu befragen: Wie ist die Meinung zu diesem Thema, welche positiven oder negativen Erfahrungen wurden gemacht bzw. werden Asphalteinlagen überhaupt bei der Straßensanierung verwendet.

Mittels eines Fragebogens, der als roter Faden für die Gespräche dienen sollte, wurden persönliche Gespräche mit den Straßenbauabteilungen folgender Bundesländer geführt.

- Burgenland
- Niederösterreich
- Steiermark

#### Der Fragebogen umfasste folgende Themen:

1. Wie sieht in Ihrem Zuständigkeitsbereich das Erhaltungsmanagement von Straßen aus?
2. Welche Kriterien gibt es um zu entscheiden welche Straßen renovierungsbedürftig sind?
3. Wie sieht die Zustandserfassung in Ihrem Bereich aus (Visuell oder auch mit Probekörpern)?
4. Haben Sie Erfahrungen mit der Nutzung und dem Einbau von Asphalteinlagen?

#### Bei Beantwortung der Frage 4 mit ja:

1. Wie oft haben Sie Asphalteinlagen schon verwendet?
2. Wo wurden die Asphalteinlagen verwendet? (welche Straße)?
3. Bei welcher Art von Schäden wurden Asphalteinlagen verwendet und welche Asphalteinlagen wurden verwendet (Bewehrung, Spannungsabbauende Schicht oder Abdichtung)? Wie waren die Randbedingungen, z.B. Wetter beim Einbau?
4. Wer hat es eingebaut, eine Fachfirma, ausgebildete Verleger oder Baufirma selbst?
5. Gibt es langfristige Beobachtungen? Wenn ja, haben die Straßen mit Asphalteinlagen eine längere Lebensdauer bzw. kommen Risse weniger schnell zum Vorschein?

6. Würden Sie diese Baumethode aufgrund Ihrer Erfahrungen wiederverwenden und auch weiterempfehlen?
7. Wo sehen Sie aufgrund Ihrer Erfahrungen die optimalen Anwendungsbereiche?

**Bei Beantwortung der Frage 4 mit nein:**

1. Welche Renovierungsmethoden wenden Sie bei feuchtigkeitsbedingten Schäden und bei Rissen in der Straße an?
2. Wie sehen bei diesen Baumethoden die langfristigen Beobachtungen aus? Welche Lebenszeit haben konventionell renovierte Straßen, wann schlagen die Risse wieder durch?
3. Haben Sie schon einmal von der Baumethode, Verwendung von Asphalteinlagen, gehört?
  - a. Wenn ja
    - i. Warum wenden Sie diese Baumethode nicht an?
    - ii. Haben Sie schon einmal in Betracht gezogen diese Baumethode anzuwenden?
    - iii. Was bräuchten Sie, um es in Erwägung zu ziehen?
  - b. Wenn nein
    - i. Woher beziehen Sie ihr Wissen über technische Neuerungen?
    - ii. Gibt es Interesse mehr über die Verwendung von Asphalteinlagen zu hören?
    - iii. Was bräuchten Sie, um es in Erwägung zu ziehen?

**5.1.1 Burgenland**

Die Landstraßen werden durch die Straßenmeistereien auf Schäden untersucht. Als erste Maßnahme wird die Straße visuell überprüft, wobei das Vorhandensein von Rissen und deren Entwicklung aufgezeichnet werden. Sollten diese Vorprüfungen Anzeichen auf Sanierungsbedürftigkeit liefern, werden Bohrkerne gezogen. Mit diesen kann man im Labor den genauen Zustand der Straße überprüfen. Normalerweise betragen die Sanierungsintervalle zwischen 5 und 10 Jahren. Im Burgenland gab es bisher noch keine Erfahrungen mit Asphalteinlagen.

Es gab allerdings Überlegungen bei der Sanierung der B63 Asphaltgitter zu verwenden. Da jedoch Asphalt relativ günstig beim Einbau ist, ca. 50-70 €/to, kommt es auf die Kosten der Asphalteinlagen an. Denn diese würden einen zusätzlichen Kostenfaktor darstellen. Daher wurde die Sanierung konventionell durchgeführt.

Grundsätzlich sind die Verantwortlichen des Landes Burgenland nicht abgeneigt, Asphalteinlagen zu verwenden. Es würden dann aber eher Asphaltgitter in Betracht gezogen, da die Verwendung von Asphaltvliesen und den damit verbundenen hohen Vorspritzmengen noch nicht vertraut wird.

### 5.1.2 Steiermark

Im Gegensatz zum Burgenland wurden in der Steiermark bereits Straßen mit Asphalteinlagen saniert. Die Straßenmeistereien der Steiermark haben gute Erfahrungen damit gemacht. Vor allem Überlegungen zum Thema Langlebigkeit führen dazu, Asphalteinlagen zu verwenden. Es kamen vor allem die Systeme der Firmen Hatelit, Hüsker, Colas und TenCate zum Einsatz.

Nach ausführlicher Beurteilung der Straße wird entschieden, welches System bzw. ob überhaupt mit Asphalteinlagen gearbeitet wird. Das Monitoring der Straßen läuft ähnlich wie im Burgenland ab. Es gibt visuelle Prüfungen auf Risse, Rissverbreitungen und auch die Spurrinnen werden beurteilt. Sollte es notwendig sein, werden alle 150-200 m Bohrkerne gezogen, um den Zustand der Straße im Detail zu prüfen.

Sollten Asphalteinlagen bei der Sanierung zum Einsatz kommen, werden diese unter die Tragschicht verlegt. Das bedeutet es wird die Tragschicht abgefräst und auf die gefräste Fläche wird die Asphalteinlage verlegt. Die Asphalteinlagen werden von Fachfirmen verlegt. Danach werden diese 2-lagig überbaut. Neben der Sanierung von Straßen werden Asphaltbewehrungen in der Steiermark auch bei Kreisverkehren angewendet.

Das Land Steiermark hat auch eigene Versuchstrecken für Asphalteinlagen durchgeführt. Bei der Sanierung der B76 bei Rassach kamen zwei Systeme zum Einsatz. So wurde ein Kombinationsprodukt der Fa. Hatelit und ein Asphaltvlies der Fa. Tencate eingebaut. Die Verlegung übernahm die Fa. Colas. Die Asphalteinlagen wurden als Abdichtung und für die Verhinderung von Reflexionsrissen angewendet. Auch nach längerfristigen Beobachtungen ergaben sich keine Unterschiede der Zustände aufgrund der verschiedenen Systemen.

Auch Erfahrungen bezüglich der Verarbeitung wurden gemacht. So hat sich herauskristallisiert, dass das Hochdruckreinigen der gefrästen Oberfläche unerlässlich ist, weil die Einlage ansonsten „schwimmt“. Vor allem wenn die Straße nach dem Abfräsen nur gekehrt wird. Weiters ist auch die Vorspritzmenge wichtig, denn bei zu viel Vorspritzmittel verbindet sich die Einlage ebenfalls schlecht mit der gefrästen Straße. Die Einlage wirkt dann als Trennlage zwischen der Trag- und der Deckschicht. Dies führt zu geringen Haftzugwerten. Es hat sich aber auch herausgestellt, dass „magere“ Asphaltsschichten ebenfalls zu geringen Haftzugwerten führen.

Wenn die Asphalteinlagen sauber verlegt werden und die oben angeführten Punkte berücksichtigt werden, so überwiegen die positiven Eigenschaften der Asphalteinlagen. Wie bereits eingangs erwähnt, wurden im Land Steiermark positive Erfahrungen gemacht.

### 5.1.3 Niederösterreich

#### 5.1.3.1 Straßenmeisterei Wolkersdorf

Das Land Niederösterreich besitzt das größte Straßennetz Österreichs. Allein die Straßenmeisterei Wolkersdorf betreut ein Straßennetz von 1300 km Länge. Jedoch sind ca. 40% der Straßen in Niederösterreich sanierungsbedürftig. Um die Langlebigkeit und den Sanierungsaufwand zu minimieren, kommen auch Asphalteinlagen zum Einsatz. In Zistersdorf wurde schon vor sechs Jahren eine Straße mit Asphalteinlage saniert. Man hat also schon einige Jahre Erfahrung mit dem Thema Asphalteinlagen. Auch die Erfahrungen in Niederösterreich zeigen, dass die richtige Anwendung für die ordnungsgemäße Funktion der Bauweise wesentlich ist.

Die Straßenmeisterei Wolkersdorf hat daher für die drei verschiedenen Typen von Asphalteinlagen unterschiedliche Anwendungsgebiete.

- Asphaltvlies kommt zum Einsatz, wenn die Tragschicht verstärkt werden soll. Dabei wird bis zu 8 cm tief gefräst und dann eine neue Trag- und Deckschicht aufgebracht. Das Vlies soll dann als Trennschicht zwischen dem alten und dem neuen Straßenkörper wirken und so dem Durchschlagen von Reflexionsrisse entgegenwirken.
- Kombinationsprodukte kommen ebenfalls bei Tragschichtverstärkungen zum Einsatz, wenn die Straße über tiefe und breite (mehr als 7 mm) Risse aufweist. Durch die Breite der Risse treten hier vermehrt Spannungen auf, diese kann das „normale“ Vlies nicht aufnehmen. Daher wird hier die Variante mit der Verstärkung durch das Gitter verwendet. Diese sollen die konzentrierten Spannungen aufnehmen.
- Asphaltgitter wird vor allem bei Straßen mit feinen Netzzissen angewendet und tritt vor allem bei Straßen mit sprödem Asphalt (bei fortgeschrittener Bitumenalterung) auf.

Die Straßen werden im Rhythmus von fünf Jahren überprüft. Bis 2010 wurden die Straßen mit einem Maßnahmenkatalog bewertet. Das bedeutet der Zustand, der Straße wurde von 0-9 bewertet, wobei 0 einen unbeschädigten Straßenzustand bedeutet und bei 9 eine Generalerneuerung notwendig ist. Mittlerweile versucht man nicht nur die Maßnahme, sondern auch den Zustand zu bewerten. Mithilfe von GPS Punkten kann man die Straße in unterschiedliche Abschnitte mit den jeweiligen Zuständen einteilen. Auch der Aufbau und die Maßnahmen der Straßenmeisterei werden aufgezeichnet. Hierzu zieht man auch Bohrkerne, um den tatsächlichen Aufbau der Straße zu bewerten. Mithilfe dieser Informationen kann man sich dann für eine bestimmte Asphalteinlage entscheiden.

In Niederösterreich kommen beispielsweise die Produkte der Firmen S&P und Huesker zum Einsatz.

Zwischen Ernstbrunn und Gebmanns auf der L6 hat man Produkte von S&P und Hüsker eingebaut. Die Vorteile des Produktes von S&P lagen vor allem in der Verarbeitbarkeit, auch bei heißen Temperaturen ließ sich das Gitter leicht verlegen. Das Produkt von Hüsker neigte trotz Trennvlies zum

Verkleben auf der Rolle. Allerdings bietet Hüsker flexible Rollenbreiten an. In diesem Fall wurden 4 m breite Rollen verwendet. Dies entsprach der Hälfte der Straßenbreite. Beim Produkt von S&P wurden Haftzugversuche durchgeführt und diese entsprachen alle der Norm.

### **Gemeinde Mistelbach**

Die Sanierung der B7 wird auch mithilfe von Asphalteinlagen geplant. Auch wenn die Sanierung durch die Verwendung von Asphalteinlagen etwas teurer wird, erwartet man sich durch die Verbesserung der Langlebigkeit einen positiven Effekt bei der Erhaltung von Straßen.

## **5.2 Erfahrung der Baufirmen**

Länder und Gemeinden greifen bei Sanierungen immer mehr auf die Asphalteinlagen zurück, sodass natürlich Baufirmen „gezwungen“ sind Asphalteinlagen zu verwenden. Da die Baufirmen, die Asphalteinlagen verlegen müssen, bedeutet deren Verlegung einen erhöhten Aufwand, denn die Verlegung der Asphalteinlagen bedeutet einen weiteren Arbeitsschritt beim Sanieren einer Straße. Daraus folgt ein größerer logistischer Aufwand und technische Probleme, die gelöst werden müssen.

Bei der Arbeitsvorbereitung spielt vor allem die Logistik eine große Rolle. Diesbezüglich müssen folgende Fragen beantwortet werden: Woher wird das Material bezogen. Wie funktioniert die Verlegung, wird diese händisch oder maschinell durchgeführt? Ist es erforderlich, einen Subunternehmer zu beauftragen oder wird das Verlegen mit Eigenpersonal durchgeführt? Wenn ein Subunternehmen beauftragt wird, benötigt das Unternehmen Hilfe in Form von beigestellten Geräten oder Arbeitskräften?

Eine andere Überlegung findet hinsichtlich der Verlegung statt. Um zwei Asphaltsschichten zu verbinden, wird Bitumenemulsion auf die untere Asphaltsschicht gespritzt. Diese gute Klebeeigenschaft hat leider auch einen Nachteil. Im Sommer, wenn es sehr heiß ist, kann das Bitumen weich werden und klebt dann an den Reifen der Baumaschinen fest. Wenn Asphalteinlagen eingebaut werden, müssen größere Mengen an Bitumenemulsion vorgespitzt werden. Die mit Bitumen verklebten Reifen können zum Abziehen der Asphalteinlage führen oder zu ungewollter Faltenbildung. Diese müsste dann wieder beseitigt werden. All diese Themen können mit einer guten Arbeitsvorbereitung gelöst werden.

## 6 Conclusio

Eine Straße ist ein komplexes Bauwerk, dessen Erhaltung sowohl in technischer als auch in finanzieller Hinsicht einen hohen Aufwand darstellt. Neben den statischen Einwirkungen wie z. B. Achslasten von LKW's haben auch das Oberflächenwasser und die thermische Einwirkungen Einfluss auf den Straßenkörper. Daher sind Straßenerhalter und Straßenerbauer stets an neuen Konzepten für die Sanierung und den Neubau von Straßen interessiert.

Asphalteinlagen sind ein Konzept, um die Sanierung effektiver zu gestalten. Die Eigenschaften dieser Technologie wurden, wie angeführt, sowohl in Labor- als auch in Feldversuchen überprüft. Dabei wurden bessere Ergebnisse als bei konventionellen Baumethoden nachgewiesen. Durch die Weiterentwicklung der Materialien werden die Asphalteinlagen zudem noch effizienter. Es gibt jedoch kein Material, welches alle positiven Eigenschaften in sich verbindet:

Polymere wie Polypropylen (PP) oder Polyethylenterephthalat (PET) haben eine hohe Bruchdehnung und eignen sich daher hervorragend als Asphaltvlies, das bei einer spannungsabbauenden Schicht zum Einsatz kommt. Carbon- und Glasfasern wiederum haben eine hohe Zugfestigkeit und eignen sich folglich als Material für Asphaltgitter, das die hohen Zugspannungen bei Rissufern aufnehmen soll.

Daher sollte man vor der Entwicklung eines Sanierungskonzepts wissen, welche spezifischen Ursachen die Schäden der jeweiligen Straße haben. Denn Asphalteinlagen können zwar viele Ursachen erfolgreich verhindern, allerdings nur, wenn die Einlage ihrem Zweck gemäß genutzt und eingebaut wird.

Asphaltvlies kann z.B. zum Abdichten des Straßenkörpers verwendet werden. Diese positive Eigenschaft hat sich schon in den 1990er Jahren bei Versuchen in Australien oder in den USA gezeigt. Aufgrund der Verwendung von Asphaltvliesen sind die feuchtigkeitsindizierten Schadensbilder deutlich zurückgegangen.

Bei anderen Schadensursachen wie thermischen Einwirkungen oder Reflexionsrissen weisen Asphaltgitter und Kombinationsprodukte eine signifikante Verbesserung des Asphaltkörpers gegenüber unverstärkten Asphaltkörper auf. Dies wurde durch die beschriebenen Versuche mittels 4 Punkt Biegeversuch oder Beam on Elastic Foundation deutlich gemacht.

Bei all den positiven Eigenschaften ist jedoch zu beachten, dass Asphalteinlagen „Fremdkörper“ im Asphaltkörper sind. Daher ergibt sich die Frage, ob sich dieser „Fremdkörper“ negativ auf den Schichtenverbund auswirken kann. Dazu gibt es einen in der vorliegenden Arbeit angeführten Versuchsaufbau an der TU- Wien, der sich diesem Thema widmete. Das Ergebnis dieses Versuches ist, dass sich ein Asphaltgitter nicht negativ auf den Schub- und Haftverbund auswirkt, denn die geforderten Grenzwerte der Norm wurden eingehalten.

Dank dieser positiven Erfahrungen steigt die Bereitschaft der Straßenerhalter, wie Länder und Gemeinden, die Asphalteinlagen bei ihren Sanierungskonzepten zu berücksichtigen. Die durchgeführten Interviews mit den verantwortlichen Technikern in den Straßenbauabteilungen der Länder Niederösterreich, Steiermark und Burgenland haben ergeben, dass Asphalteinlagen immer häufiger in Erwägung gezogen bzw. eingebaut werden. Baufirmen zeigen eine gestiegene Bereitschaft Asphalteinlagen zu verlegen. Dadurch werden auch immer bessere Maschinen zum Verlegen der Einlagen entwickelt. Durch die erhöhte Verwendung haben die Erfahrungen mit Asphalteinlagen zugenommen.

Diese Erfahrungswerte werden zukünftig in technischen Normen oder Richtlinien einfließen. Österreich hat in dieser Hinsicht noch Aufholbedarf. Momentan gibt es eine österreichische Norm und eine RVS Richtlinie zum Thema Asphaltvlies. Asphaltgitter oder Kombinationsprodukte sind bisher unerwähnt. Allerdings werden auch diese Produkte in naher Zukunft Eingang in die entsprechenden Normen finden.

Zusammenfassend ist festzuhalten, dass in Österreich das Potential von Asphalteinlagen schon bisher anerkannt und genutzt wird, dies wird sich durch den vermehrten Bedarf an einwandfreien und kostengünstigen Verkehrswegen zweifellos verstärken.

## Literaturangabe

- [1] Faktenblatt Gesamtverkehrsplan für Österreich [https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/gvp/faktenblaetter/umwelt/fb\\_strasse\\_schiene\\_netz.pdf](https://www.bmvit.gv.at/verkehr/gesamtverkehr/gvp/faktenblaetter/umwelt/fb_strasse_schiene_netz.pdf), 16.11.2016
- [2] Vortrag Gestrata HERAUSFORDERUNG STRASSENERHALTUNG LANDESSTRASSEN DI.DR. A. WENINGER-VYUDIL, DI.DR. B. BROZEK, 2017
- [3] Vortrag Gestrata Batlekov Asphaltbewehrung, 2017
- [4] Dr. Hutschenreuther J., Dr. Wörner T.: *Asphalt im Straßenbau* Kirschbaum Verlag GmbH, 2. Auflage, 2010, Bonn
- [5] Univ. Prof. DI Dr. Blab R., DI Dr. Eberhardsteiner L.: *Skriptum zu Konstruktiver Straßenbau* Ausgabe 2016, Wien
- [6] Tatzl M.: *Dissertation Lebensdauererlängerung von Asphaltfahrbahnen durch die Verwendung von Asphalteinlagen* Technischen Universität Clausthal, 2013, Clausthal
- [7] Dr.- Ing. Richter E.: *Risse wegen mangelnder Tragfähigkeit und Reflexionsrisse* Bitumen Heft Nr. 4, 1989
- [8] Einsatz von Asphaltbewehrung (Asphalteinlagen) im Erhaltungsmanagement Forschungsauftrag VSS 2007/702, 2009, Zürich
- [9] Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr: *Anwendung von Asphaltvlies* RVS 08.16.02, 2015, Wien
- [10] Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen Arbeitsgruppe Asphaltbauweise: *Arbeitspapier für die Verwendung von Vliesstoffen, Gittern und Verbundstoffen im Asphaltstraßenbau* FGSV Verlag GmbH, 2013, Köln
- [11] Austrian Standards Institute/Österreichisches Normungsinstitut: *EN ÖNORM 15381 Geotextilien und geotextilverwandte Produkte- Eigenschaften, die für die Anwendung beim Bau von Fahrbahndecken und Asphaltdeckschichten erforderlich sind* Austrian Standards plus GmbH, 2008, Wien
- [12] S&P Produktbroschüre: *Straßensanierung mit Asphaltarmierung* S&P Clever Reinforcement GmbH, 2016
- [13] Dr.- Ing. Holl A, Dr.- Ing Rüttgers G.: *Bitumenemulsion für den Straßenbau* Bitumen Heft Nr. 2, 1985
- [14] Dipl.-Geol. Dr. Wilmers W.: *Kunststoffe im Asphaltbau* Fachbeitrag Straßenbau Heft 10/2008, 2008
- [15] Rügger R.; Hufenus R.: *Bauen mit Geokunststoffen* Schweizerischer Verband für Geokunststoffe (SVG), 1991, St. Gallen
- [16] Prof. Dr.-Ing. Wiehler H, Prof Dr.-Ing. Wellner F.: *Strassenbau Konstruktion und Ausführung* Huss-Medien GmbH, Verlag Bauwesen, 5. Auflage 2005, Berlin
- [17] 21tation Research Board National Research Council, 1999, Washington D.C.
- [18] *Regelwerk über die Verwendung von Geokunststoffen bei der Verstärkung von Deckschichten mit Asphalttschichten*, AND 592, 2013

- [19] RSTA Geosynthetics & Steel Meshes Committee: *Code of Practice for Geosynthetics and Steel Meshes (for Inhibiting Cracking in Bituminous Bound Layers)*, 2012, London
- [20] RSTA *Guidance on the Use of Non-woven Fabrics in Surface Dressing*, 2014, London
- [21] AASHTO Overview, <http://www.transportation.org/home/organization/>, 27.02.2017
- [22] American Association of State Highway and Transportation Officials: *M 288-06 (2011) Geotextile Specification for Highway Applications* American Association of State Highway and Transportation Officials, 2011, Washington D.C
- [23] *Prüfung von Baustoffen*, <https://www.zwick.de/baustoffe/asphalt-holz-glas/asphalt>, 7.3.2017
- [24] Vismara S., Fiori F., Molenaar A., Poot M.R., *Response of geosynthetic embedded in asphalt pavements to cyclic loadings to failure*, 5th European Geosynthetic Congress, Valencia 2012
- [25] Belgian Road Research Centre: *THERMAL CRACKING TEST ON S&P GLASPHALT*, Brüssel, 1995
- [26] *Immer mehr LKW rollen durchs Land*, <http://noe.orf.at/news/stories/2830335/>, 23.3.2017
- [27] Bmstr. DI(FH) Batlekov P.: *Asphaltbewehrungen im Straßenbau*, GESTRATA Journal, 2017
- [28] *Neu im VSS Normenwerk ab Juli 2010*, [http://www.vss.ch/fileadmin/redacteur/Alle\\_Files/News/News\\_89.NL\\_d.pdf](http://www.vss.ch/fileadmin/redacteur/Alle_Files/News/News_89.NL_d.pdf), 26.4.2017
- [29] Prof. Dr.-Ing. Dr.-Ing. E.h. Knoll E.: *Der Elsner- Handbuch für Straßen- und Verkehrswesen* Otto Elsner Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG, Ausgabe 1997, Dieburg
- [30] *Kaltfräsen- Effektivität in ihrer reinsten Form*, <http://www.petschl.at/fraesen/>, 27.4.2017
- [31] Prof. Dr.-Ing. Wiehler H., Prof. Dr.-Ing. Wellner F.: *STRASSENBAU- Konstruktion und Ausführung* HUSS-MEDIEN GmbH, Verlag Bauwesen, 5. Auflage, Berlin
- [32] Dr.-Ing Goglin D., *Gutachten 14-7974-01- Wirkung und Nachhaltigkeit von Asphaltarmierungen* Ingenieurgesellschaft PTM Dortmund mbH, 6.2.2015, Dortmund
- [33] Ass. Prof. Dipl.-Ing. Dr. techn. Hofko B., Valentin D.: *Ermittlung des Schubverbundes verschiedener Aufbau- Varianten mit und ohne Asphalteinlage „Glasphalt G“*, TU Wien, Jänner 2016, Wien
- [34] Dipl.-Ing., Dr. techn. Eberhardsteiner L und Valentin D.: *Ermittlung des Schubverbundes dreilagiger bzw. Haftverbundes bei einlagiger Asphalteinlage*, TU Wien, Juni 2017
- [35] Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr: *Anforderung an Asphaltsschichten* RVS 08.16.01, 2015, Wien
- [36] Bundesministerium Verkehr, Innovation und Technologie, Österreichische Forschungsgesellschaft Straße-Schiene-Verkehr: *Oberbaubemessung* RVS 03.08.63, Juni 2016, Wien
- [37] *Bitumenhaltige Zwischenschichten*, <https://asphalta.eu/lab/leistungen/forschung-und-entwicklung/sami-schichten/>, 06.06.2020
- [38] Univ.- Prof. Dr.-Ing Norbert Mayer, Dr.-Ing Axel Nernheim und Dipl.-Ing. Martin Tazl: *Wirkungsweisen von Asphalteinlagen in bituminösen Straßenoberbauten*, 11/2006
- [39] *NVQ levels: What you need to know*, <https://www.reed.co.uk/career-advice/nvq-levels-what-you-need-to-know/>, 15.06.2020
- [40] S&P Glasphalt <http://www.sp-reinforcement.at/de-AT/products/vorbituminierte-asphaltgitter/sp-glasphaltr-g>, 30.3.2017
- [41] Einbau Richtlinien Asphalt [http://www.tencate.com/de/emea/Images/TenCate%20Polyfelt%20PGM\\_EinbauRichtlinienAsphaltbeton\\_2015\\_07\\_tcm23-39126.pdf](http://www.tencate.com/de/emea/Images/TenCate%20Polyfelt%20PGM_EinbauRichtlinienAsphaltbeton_2015_07_tcm23-39126.pdf), 30.3.2017

- [42] S&P Carbophalt <http://www.sp-reinforcement.at/de-AT/products/vorbituminierte-asphalzgitter/sp-carbophaltr-g>, 7-4-2017

## Abbildungsverzeichnis

ABBILDUNG 1-1 EINFLUSS DER GESCHWINDIGKEIT AUF DIE ZERSTÖRUNG DES STRAßENAUFBAUS, [3] .....	7
ABBILDUNG 1-2 SCHEMATISCHER AUFBAU EINER ASPHALTSTRAßE, [36] .....	9
ABBILDUNG 1-3 SCHEMATISCHER AUFBAU EINER BETONSTRAßE .....	10
ABBILDUNG 1-4 SPANNUNGEN IM OBERBAU ZUFOLGE VERKEHR, TEMPERATUR UND EINER KOMBINATION DER BEIDEN, EIGENE ABBILDUNG VERGLEICHE [5] .....	11
ABBILDUNG 1-5 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DER SPANNUNGSVERLÄUFE ZUFOLGE VERKEHRSLAST, [27] .....	12
ABBILDUNG 1-6 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES EINFLUSSES EINER SCHERBEANSPRUCHUNG AUF DIE BILDUNG EINES REFLEXIONSRISSES .....	14
ABBILDUNG 1-7 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES EINFLUSSES EINER BIEGEBEANSPRUCHUNG AUF DIE ENTSTEHUNG EINES REFLEXIONSRISSES .....	15
ABBILDUNG 1-8 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES TEMPERATUREINFLUSSES AUF DIE BILDUNG EINES REFLEXIONSRISSES .....	15
ABBILDUNG 2-1 ASPHALTVLIES AUS GLASFASER DER FA. TENCATE .....	17
ABBILDUNG 2-2 ASPHALTBEWERUNGSGITTER AUS CARBONFASER DER FA. S&P, [42] .....	18
ABBILDUNG 2-3 KOMBINATIONSPRODUKT MIT UNTERSCHIEDLICHEN STÄRKEN AUS GLASFASER DER FA. TENCATE .....	19
ABBILDUNG 2-4 SPANNUNGS-DEHNUNGSDIAGRAMM VON VERSCHIEDENEN WERKSTOFFEN, [12] .....	21
ABBILDUNG 2-5 LINKS WASCHEN DER OBERFLÄCHE, RECHTS DAS VERFÜLLEN VON SCHLAGLÖCHERN UND RISSE, [41] .....	22
ABBILDUNG 2-6 VORSPRITZEN DER BITUMENEMULSION, [41] .....	23
ABBILDUNG 2-7 ABFRÄSEN DER ALTEN OBERFLÄCHE UND ANSCHLIEBENDES WASCHEN, [40] .....	24
ABBILDUNG 2-8 VORSPRITZEN MIT BITUMENEMULSION, [40] .....	25
ABBILDUNG 2-9 LINKS DIE MASCHINELLE ABROLLVORRICHTUNG; RECHTS DIE HÄNDISCHE VARIANTE, [40] .....	25
ABBILDUNG 2-10 ABFLÄMMEN DES TRÄGERMATERIALS, [40] .....	26
ABBILDUNG 2-11 ÜBERBAU DES ASPHALTGITTERS MITHILFE EINES FERTIGERS, [40] .....	26
ABBILDUNG 2-12 ABBAU VON SPANNUNGSKONZENTRATIONEN ÜBER BEREITS GERISSENEN OBERFLÄCHEN, [20]	31
ABBILDUNG 3-1 VERANSCHAULICHUNG DER REGELN DES EINBAUS NACH RVS 08.16.02 .....	46
ABBILDUNG 3-2 ENTSCHEIDUNGSBAUM ZUR AUSWAHL DES SYSTEMS FÜR ASPHALTEINLAGEN, [19] .....	54
ABBILDUNG 4-1 WASSERDURCHLÄSSIGKEIT IN ABHÄNGIGKEIT DER AUFGENOMMENEN BITUMENMENGE, [17] .....	60
ABBILDUNG 4-2 VERSUCHSAUFBAU DES BOEF-TESTS UND LAGE DER DMS, [24] .....	62
ABBILDUNG 4-3 GEGENÜBERSTELLUNG DER MESSERGEBNISSE DER VERSCHIEDENEN SYSTEME, [24] .....	64
ABBILDUNG 4-4 RÖNTGENAUFNAHMEN VON GERISSENEN PROBEKÖRPERN, [24] .....	64
ABBILDUNG 4-5 SCHEMATISCHE DARSTELLUNG DES 4-PUNKT-BIEGEVERSUCHES, [24] .....	65
ABBILDUNG 4-6 SCHEMATISCHER VERSUCHSAUFBAU DER THERMISCHEN EINWIRKUNG UND LAGE DER MESSABNEHMER, [25] .....	67

---

ABBILDUNG 4-7 GEGENÜBERSTELLUNG DER AUSWERTUNG VON VERSTÄRKTEN UND UNVERSTÄRKTEN PROBEKÖRPERN, [25].....	68
ABBILDUNG 4-8 SCHERVERSUCH NACH ÖNORM B 3639-1, [33].....	70
ABBILDUNG 4-9 HERSTELLUNG DER PLATTE „HEIß AUF KALT“ MIT ASPHALTBEWehrUNG .....	72
ABBILDUNG 4-10 PROBEKÖRPER VORBEREITET FÜR DEN HAFTZUGVERSUCH, RECHTS PROBEKÖRPER MIT ASPHALTBEWEHRUNG, EINGESpanNT IN DER PRÜFVORRICHTUNG .....	75

## Anhang

### Asphaltgitter

**Tabelle 0-1** Richtwerte laut AP69 für Asphaltgitter mit und ohne Verlegehilfe, [10]

	Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Richtwerte
1	Masse pro Flächeninhalt	DIN EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	200
2	Maschenweite/Gitteröffnungsweite	TL Geok E-StB 05, Abschnitt 2	mm	ŽIO
3	Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	kN/m	20/20
4	Höchstzugkraftdehnung	DIN EN ISO 10319		g 15
5	Beschädigung beim Einbau 1)	DIN EN ISO 10722		
6	Schichtenverbund	TP Asphalt-StB, Teil 80		ž 10
7	Witterungsbeständigkeit	DIN EN 12224		60
8	Alkalibeständigkeit	ISO/TR 12960, DIN EN 14030		50
9	Schmelzpunkt	DIN EN ISO 3146		160
10	Umweltunbedenklichkeit	M Geok E, Ausgabe 2005 Abschnitte 3.1, 6.28 und 7.6		3)

Erläuterungen:

IA = ist anzugeben

- 1) Die Prüfung wird in Europäischen Normen gefordert. Derzeit werden Prüfverfahren für verschiedene Anwendungsfälle entwickelt; es gibt noch keine Anforderungen
- 2) Bei Anwendung unter Gussasphalt gesonderter Nachweis erforderlich.
- 3) ist nachzuweisen

## Kombinationsprodukte

**Tabelle 0-2** Richtwerte laut AP69 für Kombinationsprodukte, Asphaltgitter verwoben mit Asphaltvliesen, [10]

	Eigenschaft	Prüfverfahren	Einheit	Richtwerte
1	Masse pro Flächeninhalt gesamt	DIN EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	300
2	Masse pro Flächeninhalt Vliesstoff	DIN EN ISO 9864	g/m <sup>2</sup>	130
3	Dicke	DIN EN ISO 9863-1 und -2	mm	1 bis 2
4	Maschenweite/ Gitteröffnungsweite	TL Geok E-StB 05, Abschnitt 2	mm	ĚIO
5	Höchstzugkraft längs/quer	DIN EN ISO 10319	kN/m	20/20
6	Höchstzugkraftdehnung	DIN EN ISO 10319		und 15
7	Durchdrückverhalten 1)	DIN EN ISO 12236		
8	Durchschlagverhalten 1)	DIN EN ISO 133433	mm	
9	Beschädigung beim Einbau	DIN EN ISO 10722		IA
10	Bitumenaufnahme	DIN EN 15381, Anhang C	kg/m <sup>2</sup>	1,1
11	Witterungsbeständigkeit	DIN EN 12224		60
12	Alkalibeständigkeit	ISO/TR 12960, DIN EN 14030		50
13	Schmelzpunkt	DIN EN ISO 3146		160
14	Schichtenverbund, Abscherverhalten	TP Asphalt-StB, Teil 80		ĚIO
15	Umweltunbedenklichkeit	M Geok E, Ausgabe 2005 Abschnitte 3.1, 6.28 und 7.6		4)

Erläuterungen:

IA = ist anzugeben

- 1) Die Prüfung wird in Europäischen Normen gefordert. Es gibt aber noch keine Anforderung.
- 2) Die Prüfung wird in Europäischen Normen gefordert. Derzeit werden Prüfverfahren für verschiedene Anwendungsfälle entwickelt; es gibt noch keine Anforderungen
- 3) Bei Anwendung unter Gussasphalt gesonderter Nachweis erforderlich.
- 4) ist nachzuweisen

## Checkliste des AP69

Nachweise/Ausschreibung		Hinweise
- Verwertungsnachweise	- Nachweis der Fräsbarkeit - Nachweis der Wiederverwertbarkeit - Umweltverträglichkeit	FGSV 770
- Ausschreibung	- Beschreibung des gewählten Systems unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen (Vorbereitung der Unterlage, Asphalteinlage, Art und Menge der Bitumenemulsion, Mindestüberbauung mit Asphalt etc.)	FGSV 770 ZTV BEA-StB 09 ZTV Asphalt-StB 07/13 Einbauanleitung der Hersteller, etc.
Bauausführung/Überprüfungen		Hinweise
- Vorbereitung der zu überbauenden Fläche	- Herstellen einer geeigneten Oberfläche <ul style="list-style-type: none"> <li>• Feinfräsung/Grobfräsung</li> <li>• Ausgleich/Vorprofilierung</li> <li>• Verfüllen von Fugen und Rissen</li> <li>• Beseitigen von Höhenversätzen</li> <li>• Reinigen der Fahrbahn</li> </ul> - Abnahme der vorbereiteten Unterlage	FGSV 770 ZTV BEA-StB 09 Einbauanleitung der Hersteller
- Witterung	- Trocken - Abgetrocknete Fahrbahnoberfläche	ZTV Asphalt-StB 07/13 Einbauanleitung der Hersteller
- Lieferung des Produktes	- Richtiges Produkt geliefert - CE-Kennzeichnung - Richtige Mengen und Rollenabmessungen - Einbauanleitung	DIN EN 15381 FGSV 770 Einbauanleitung der Hersteller
- Verlegung durch	- Fachverleger (vom Hersteller geschulter Verleger) - Bauunternehmung unter Aufsicht des Herstellers der Asphalteinlage	Nachweis fachlicher Eignung

- Anspritzen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Art und Menge (Nachweise)</li> <li>- Anspritzen mit Spritzrampe</li> <li>- Anspritzen von Hand (Kleinfläche)</li> </ul>	TL BE-StB 07 Einbauanleitung der Hersteller
- Einbau der Asphalt- einlage	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verlegeplan</li> <li>- Faltenfreie Verlegung</li> <li>- Verlegung nur bei trockener Witterung und Fahrbahn</li> <li>- Quer- und Längsüberlappungen</li> <li>- Abstand vom Rand</li> <li>- Verlegung in Kurven</li> <li>- Abnahme der Fläche</li> </ul>	FGSV 770 Einbauanleitung der Hersteller
- Absplitten	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Falls erforderlich gemäß Herstelleranga- ben</li> </ul>	Einbauanleitung der Hersteller
- Befahrung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Verlegte Asphalteinlage sollte bis zur Überbauung mit Asphalt nicht befahren werden</li> </ul>	Einbauanleitung der Hersteller
- Überbauen mit As- phalt	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Brechvorgang der Bitumenemulsion ist abgeschlossen</li> <li>- Mindestüberbauungsdicke der Asphalt- einlage beachten</li> <li>- Tagesleistung ist möglichst zu über- bauen</li> </ul>	ZTV Asphalt-StB 07/13 Einbauanleitung der Hersteller
- Baubegleitende Messungen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Schichtdickenmessungen Asphalt</li> <li>- Verdichtungsgrade</li> <li>- Hohlraumgehalt</li> <li>- Temperatur</li> <li>- Schichtenverbund in Abhängigkeit der gewählten Asphalteinlage</li> <li>- Sonstige</li> </ul>	ZTV Asphalt-StB 07/13 FGSV 770