

# 20 Jahre Splittmastixasphalt in der Schweiz

Dr. sc. techn. Ch. Angst, IMP Bautest AG Oberbuchsitzen

## 1. Was ist Splittmastix?

Splittmastix-Beläge wurden Ende der 60er Jahre in Deutschland erstmals eingebaut. Unter der damaligen Bezeichnung "Kieler Mischgut" wurden SMA-Beläge ab 1968 vor allem in Nord-Deutschland verwendet [1]. 1984 erfolgte bereits mit der ZTV Bit-STB 84 die erste Normierung von SMA-Belägen.

Wie der Name Splittmastix-Asphalt zum Ausdruck bringt, besteht das Mischgut vorwiegend aus Splitt und Mastix. Der hohe Anteil Grob-Splitt bewirkt ein ausgeprägtes Korn- zu Korn-Skelett und damit einen hohen Verformungswiderstand. Von Vorteil ist auch die hohe Griffigkeit dank der splittreichen, offenen Oberflächenstruktur. Mit einem hohen Bindemittel- und Füllergehalt (= Mastix) werden die Hohlräume des Splittgerüsts verfüllt. Die dicken Bindemittelfilme reduzieren die oxidative Alterung des Bindemittels und verbessern die Witterungsbeständigkeit (günstigeres Haftverhalten). Vom hohen Bindemittelgehalt wird ebenfalls ein besseres Ermüdungsverhalten sowie eine günstigere Flexibilität im Winter erwartet.

Um den gewünschten sehr hohen Bindemittelgehalt zu ermöglichen, sind Massnahmen um das Abfließen des Bindemittels zu verhindern erforderlich. Dazu werden Spezialfiller, Polymerbitumen, Fasern oder Kunststoffgranulate verwendet.

## 2. Vergleich zur Rauhasphalt-Deckschicht (MR)

So wie der SMA [2] in der Westschweiz kaum bekannt ist, wird in der Deutschschweiz MR-Belag [3] praktisch nicht angewendet. Die Begründung für diesen "belagstechnischen Röstgraben" ist bei Betrachtung der Eigenschaften beider Beläge offensichtlich: Beide Mischgutsorten bieten ähnliche Vorteile im Gebrauchsverhalten (siehe Tabelle 1).

In der Tabelle 2 sind die wesentlichen Parameter der beiden Beläge einander gegenübergestellt.

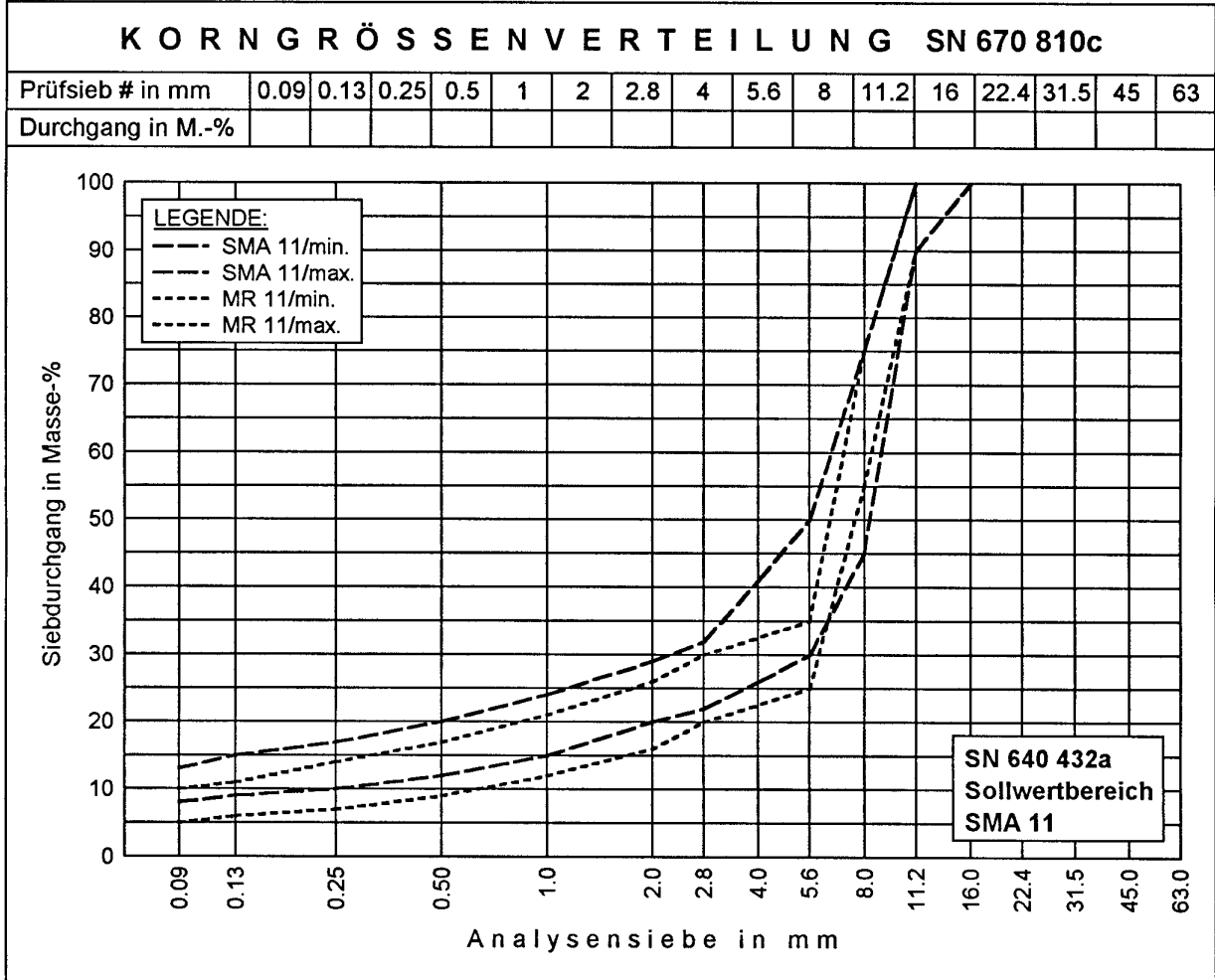
**Tabelle 1: Vergleich der in den entsprechenden Normen aufgeführten Beschreibungen von SMA- und MR-Belägen:**

SMA (SN 640 432a)	MR (SN 640 435a)
<p>C. Anwendung</p> <p>8. Grundsätze</p> <p>SMA-Deckschichten weisen dank des <b>Splittgerüstes</b> und des stark versteiften Mörtels einen hohen <b>Widerstand gegen bleibende Verformung auf</b>. Sie eignen sich deshalb für <b>stark beanspruchte Verkehrsflächen</b>.</p> <p>Wegen der splittrreichen Oberfläche haben sich Splittmastixasphalt-Deckschichten als <b>verschleissfest</b> und widerstandsfähig gegen die Einwirkung von <b>Spikesreifen</b> erwiesen. Der im Vergleich zu Asphaltbeon signifikant grössere Bindemittelgehalt wirkt sich in hoher <b>Ermüdungsfestigkeit</b> und grossem <b>Widerstand gegen Rissbildung</b> bei tiefen Temperaturen aus. Bei Instandsetzungen von fahrbahnen gilt Norm [7]</p>	<p>C. Anwendung</p> <p>8. Grundsätze</p> <p>MR-Deckschichten weisen dank des fest verspannten <b>Splittgerüstes</b> einen sehr hohen <b>Widerstand gegen Spurrinnenbildung</b> auf. Sie eignen sich deshalb für Verkehrsflächen, die <b>stark beansprucht</b> werden. Wegen der splittrreichen Oberfläche haben sich Rauhasphalt-Deckschichten als besonders <b>verschleissfest</b> und widerstandsfähig gegen die Entwicklung von <b>Spikesreifen</b> erwiesen. Die Anwendung vom PmB wirkt sich in hoher Ermüdungsfestigkeit und grossem <b>Widerstand gegen Rissbildung</b> bei tiefen Temperaturen aus.</p>

**Tabelle 2: Gegenüberstellung der wesentlichen Parameter der beiden Mischgutarten**

		MR 11	SMA 11
Löslicher Bindemittelgehalt	[Masse-%]	5,5 ... 6,2	6,5 ... 7,5
Zusätze		Nein	Ja
Fillergehalt	[Masse-%]	5 ... 10	8 ... 13
Anteil Sand	[Masse-%]	10 ... 20	14 ... 19
Anteil Splitt 6/11	[Masse-%]	65 ... 75	50 ... 70
Hohlraum Marshall	[Volumen- %]	4 ... 6	3 ... 4
Schichtdicke	[mm]	25 ... 40	30 ... 45
Anforderung Verdichtungsgrad Mittelwert	[%]	> 98	>98
Bindemittelsorte		nur PmB	B 55/70 oder PmB

Abbildung 1: Vergleich der Korngrößenverteilung von MR- und SMA-Belägen am Beispiel des 11-er Mischgutes



### 3. Erfahrungen in der Schweiz

Im Raume Zürich wurden Ende der 70er Jahre erste SMA-Beläge eingebaut. Die Bindemittelgehalte lagen zum damaligen Zeitpunkt unterhalb des heutigen Sollwertbereiches für SMA 0/11. Es wurden teilweise SMA-Beläge mit Bindemittelgehalte deutlich unterhalb 6,0 Masse % eingebaut (heutiger Sollwertbereich 6,5 bis 7,5 Masse-%). Selbst im Vergleich zur damals geltenden deutschen Norm ZTV mit einem Sollwertbereich von 6,0 bis 7,5 bewegte man sich damals unterhalb des normierten Bereiches.

Der Splittmastix-Asphalt fand eine rasche Ausbreitung; 1994 wurde bereits eine erste Vor-norm publiziert. Diese Norm wurde 1996 überarbeitet und als SN 640 432a [2] in Kraft gesetzt. Der Vergleich beider Normen zeigt die gemachten Erfahrungen und die daraus gezogenen Folgerungen auf. Im wesentlichen sind es dies:

- Der Funktion des Mörtels wird in Bezug auf den Verformungswiderstand mehr Gewicht beigemessen.
- Die Anforderungen an den verwendeten Filler wurden verschärft. So können für Splittmastix-Beläge nur Filler verwendet werden mit einer erhöhten versteifenden Wirkung. In der Tabelle 3 erfolgt eine Gegenüberstellung der Anforderungen für Asphaltbetonbeläge und für Splittmastix-Asphalte.
- Polymermodifizierte Bitumen sind nicht mehr nur für "besondere Beanspruchung" empfohlen.
- Die Sollwertbereiche für die Schichtdicken sind enger gefasst. Zu Beginn der Verwendung von Splittmastix-Asphalt ging man fälschlicherweise davon aus, dass diese Beläge in sehr unterschiedlichen Schichtdicken problemlos mit hohem Verformungswiderstand eingebaut werden können. Es wurde der vermeintliche Vorteil abgeleitet, bei Sanierungen erübrige sich eine Reprofilierung der Oberfläche.
- Der Anteil Splitt wurde erhöht.

Leider gibt es in der SN-Norm den SMA 0/8 immer noch nicht, obwohl er häufig eingesetzt wird. Die Anforderungen werden dabei aus der Deutschen ZTV Asphalt-StB 94 [3,4,5] übernommen.

**Tabelle 3: Vergleich der Anforderungen an Filler für AB- und SMA-Beläge in Bezug auf die versteifende Wirkung**

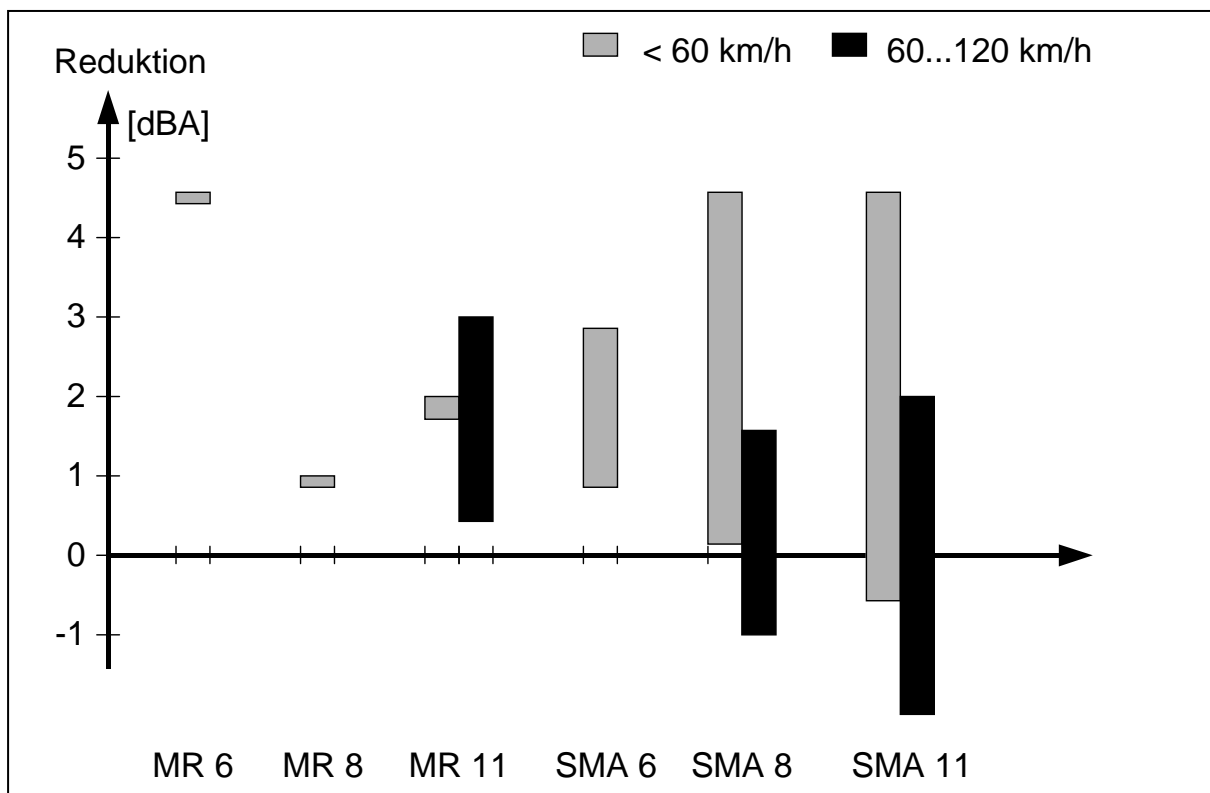
		AB	SMA
Zunahme EP RuK beim Filler/Bitumenverhältnis 65/35	[°C]	> 15	> 20
Zunahme EP RuK beim Filler/Bitumenverhältnis 70/30	[°C]	> 20	> 30

## 4. Lärm

Der Splittmastix-Asphalt wurde anfänglich als lärmindernder Belag verwendet. Entsprechend propagiert, wurde er sowohl innerorts wie auch ausserorts zur Reduzierung des Strassenlärms verwendet. Insbesondere innerorts wurde der in der Schweiz nicht normierte SMA 0/8 eingesetzt. Aus einer umfassenden Studie [6] wurden die in der Abbildung 2 dargestellten Messwerte entnommen.

- SMA 8 und SMA 11 können tatsächlich bei tiefen Geschwindigkeiten eine hohe Lärmreduktion erzeugen. Allerdings ist die Streuung der Messergebnisse derart gross, dass der Erfolg auch vollständig ausbleiben kann. Zur Zeit sind die belagstechnischen Parameter nicht bekannt, die bei SMA eine hohe Lärmreduktion sicher stellen.
- Bei hohen Geschwindigkeiten kann SMA 0/8 und SMA 0/11 sogar lauter sein als der Referenzbelag.
- MR-Beläge scheinen lärmtechnisch günstiger zu sein als SMA-Beläge. Allerdings ist die Zahlenbasis noch sehr klein, um darüber eine gesicherte Aussage machen zu können.

**Abbildung 2: Reduktion des Lärmpegels von MR- und SMA-Belägen inner- und ausserorts [6]**

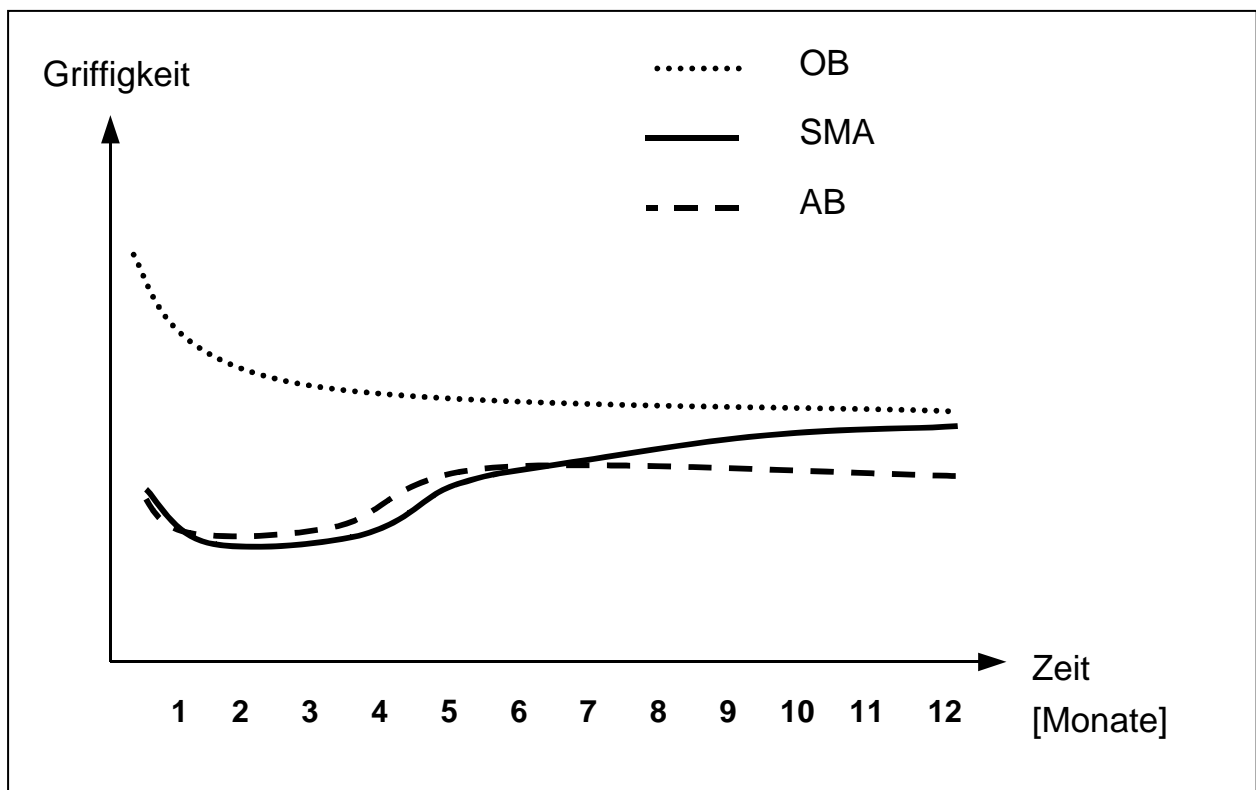


## 5. Griffigkeit

Die Griffigkeit von SMA-Belägen war zu Beginn der Anwendung dieser Belagssorte ein Thema. Infolge des hohen Mastixgehaltes erscheint eine frisch eingebaute SMA-Oberfläche als speckig. Zur Verbesserung der Anfangsgriffigkeit wurde vorgeschlagen, den noch heißen Belag mit 2 bis 3 kg/m<sup>2</sup> vorumhüllten Brechsand 0,1/3mm, oder vorumhüllten Splitt 3/6, abzustreuen. Obwohl dieser Hinweis in der heutigen Norm noch enthalten ist, wird diese Massnahme praktisch nie angewendet, da sie sich nicht bewährt hat.

In einer holländischen Untersuchung [1] wurde die Entwicklung der Griffigkeit von SMA-Belägen und anderen Belägen gemessen. Die in dieser Untersuchung gemessenen SMA-Belägen wurden -analog zur Praxis in der Schweiz- nicht abgestreut. Aus der Abbildung 3 kann entnommen werden, dass sich die Entwicklung der Griffigkeit von SMA-Belägen nicht von denjenigen der AB-Beläge unterscheidet.

**Abbildung 3: Entwicklung der Griffigkeit von AB- und SMA-Belägen sowie einer OB [1]**



## 6. Ein Blick über die Grenzen

Wie bereits erwähnt wurde der SMA-Belag in Norddeutschland erfunden und 1984 erstmals normiert. Die positiven Erfahrungen mit diesem Belag führte leider dazu, dass SMA-Beläge als "Alleskönner" auch dort eingesetzt wurden, wo kein noch so guter Belag sich bewähren konnte. Probleme in der Tragschicht können nun einmal nicht mit einer Deckschicht überzogen werden. So finden sich in der Literatur [7] nicht nur positive Berichte über SMA-Beläge.

Der SMA gilt vieler Orts als Standard-Belag für Nationalstrassen. Beispielsweise in Bayern [8] wurden 710 km Fahrspuren mit sehr positiven Erfahrungen überzogen.

Aus den Schadensuntersuchungen einerseits und den positiven Erfahrungsberichten andererseits, sind die gleichen Trends wie in der Schweiz zu erkennen:

- Vermehrte Verwendung von PmB
- Höher Anteil Splitt
- Korngrößenverteilung enger gefasst

Der deutsche Bundesminister für Verkehr sah sich veranlasst einzugreifen und erliess 1996 eine Weisung, die viel zu diskutieren gab [9]:

- Bei der höchsten Verkehrslastklasse (entsprechend T6) dürfen für Deckschichten nur Betonbeläge oder Gussasphaltbeläge verwendet werden. Alle übrigen Mischgutsorten sind nicht zugelassen.
- Bei der zweit höchsten Verkehrslastklasse (entsprechend T5): für Deckschichten können neben Beton und Gussasphalte auch SMA-Beläge zugelassen werden. Allerdings müssen SMA-Beläge 5, DM/m<sup>2</sup> günstiger offeriert werden.

Als Begründung für diese Beschränkung wurde angegeben, die Gleichwertigkeit von SMA sei noch nicht erwiesen. Gemeint war damit der zusätzliche Aufwand für Unterhalt von SMA-Belägen. Übrigens: von Asphalt-Beton-Belägen ist in dieser Weisung keine Rede.

Bereits 2 Jahre später [10] wurde diese Weisung wesentlich aufgeweicht:

- SMA-Beläge sind auch für Verkehrslastklasse T6 zugelassen. Als Bedingung wird ein sogenannt "erweiterter Eignungsnachweis" (Spurrinentest, Druckschwellversuch) verlangt.

In den USA [11] wurden in den Jahren 1991 bis 1994 in insgesamt 18 Bundesländer SMA-Beläge eingeführt. 1994 wurden alleine 250'000 t SMA-Beläge eingebaut. Die Amerikaner [12, 13] haben die Vorteile der SMA Beläge kennengelernt aber auch festgestellt, dass SMA eine anspruchsvolle Bauweise ist.

## 7. Unglück und Verbrechen

### Fall 1

In einem bekannten Schadenfall auf der N2 im Kanton Tessin wurden wenige Monate nach Verkehrseröffnung Spurrinnen bis zu 6 mm Tiefe gemessen. Im extrem heissen Sommer 1994 wurde im Rahmen einer Belagssanierung der gesamte Verkehr auf den frisch eingebauten SMA-Belag der Überholspur geleitet. Dieser Schadenfall wurde am LAVOC minuziös untersucht; die Expertise schliesst mit folgenden Feststellungen ab:

- Die mittlere Schichtdicke des Belages lag mit 43 mm etwas oberhalb des Sollwertes von 40 mm.
- Die Entnahme eines Querriegels sowie die Untersuchung des Schichtverlaufes zeigte auf, dass sich die unteren Schichten nicht deformiert hatten.
- Ein Vergleich der Hohlraumgehalte in und zwischen den Radspuren zeigte eine Nachverdichtung infolge des Verkehrs auf.

Als Ursachen für den Schaden wurden ermittelt:

- Das verwendete Bindemittel (PmB) war zu weich
- Der lösliche Bindemittelgehalt lag zu hoch
- Die Kornform der Mineralstoffe hatte einen zu hohen Anteil nicht kubischer Körner.

Zum Schluss wurde in der Expertise vermerkt:

"Der Eignungsnachweis mittels Marshallversuch hat das Risiko der Spurrinnenbildung nicht erkannt."

Einmal mehr wird damit aufgezeigt, dass Eignungsnachweise mit Marshall-Versuch völlig ungenügend sind.

### Fall 2

In [7] wird von einem Fall berichtet, bei welchem innerhalb eines Jahres Spurrinnen von 15 mm gemessen wurden. Die Schadensursachen wurden im Rahmen einer Expertise ermittelt. Die Gegenüberstellung der Untersuchungsergebnisse an Bohrkern mit dem Eignungsnachweis zeigen auf, dass vor allem Ausführungsmängel verantwortlich waren.

**Tabelle 4: Gegenüberstellung von Eignungsnachweis und Bohrkernuntersuchung [7]**

		Eignungsnachweis	Untersuchungen Bohrkern
löslicher Bindemittelgehalt	[Masse-%]	7,0	7,2 ... 7,4
Sandsorte		Brechsand	Brech-/Natursand
Anteil Splitt 8/11	[Masse-%]	42	30



Die Verwendung von Natursand sowie die tiefere Dosierung Splitt 8/11 konnten als Mängel in der Aufbereitungsanlage festgelegt werden. Beim erhöhten Bindemittelgehalt stellte sich eine andere Ursache heraus: die unter dem SMA-Belag liegende Tragschicht war sehr porös und gerissen. Aus diesem Grunde wurde die Haftemulsion im Sinne einer SAMI sehr hoch dosiert. Das aus dem Voranstrich aufgestiegene Bindemittel führte zu einer Überdosierung im SMA-Belag.

### Fall 3

In [14] werden positive Beispiele aufgezeigt, bei welchen sich SMA-Beläge trotz sehr unterschiedlichen Mischgutzusammensetzungen bewährt haben. Diese Beispiele zeigen auf, dass sich in der Regel mehrere Mängel kumulieren müssen bis ein Schadenfall eintritt.

### Fall 4

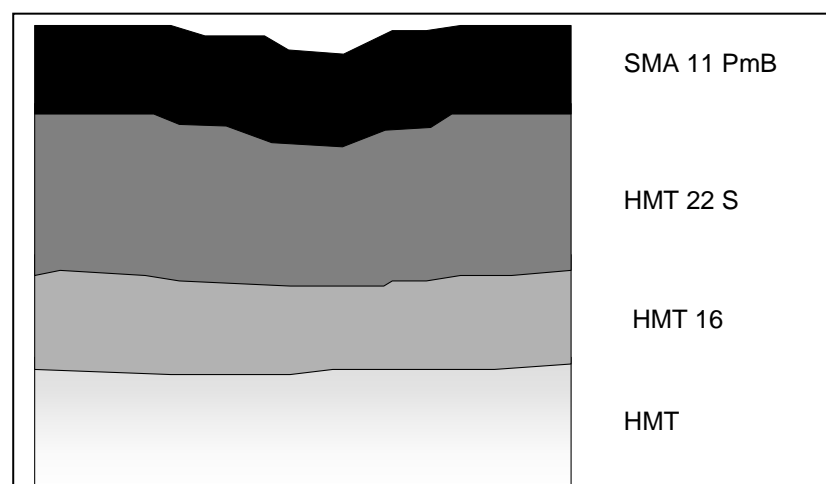
Bei der Sanierung eines stark beanspruchten Objektes wurde entschieden nur die Deckschicht zu ersetzen und einen SMA 11 mit PmB einzubauen. Nach erfolgtem Einbau auf einer Teilfläche wurde der gesamte Schwerverkehr über den neuen SMA-Belag geleitet. Noch während der Baustelle traten Spurrinnen von bis zu 7 mm auf.

Zur Ermittlung der Schadensursache wurde ein Querriegel entnommen und der Schichtverlauf aufgezeichnet. Aus der Abbildung 4 ist ersichtlich, dass die Deformationen praktisch ausschliesslich in der oberen Tragschicht entstanden sind. Der neu eingebaute SMA-Belag war am Schadensbild nicht beteiligt.

Infolge der Verkehrsumleitung wurde eine Teilfläche, welche sich jahrelang bewährt hatte, um ein vielfaches stärker beansprucht; die bestehenden Tragschichten waren dieser Belastung nicht gewachsen.

Als Ursache für den Schaden kann eine mangelnde Vorabklärung der Situation bezeichnet werden.

**Abbildung 4:** Verlauf der Schichten beim Fall 4; die Deformationen sind in der oberen Tragschicht entstanden.



## 8. Erweiterte Eignungsprüfung

### 8.1 Optimierung der Rezeptur

Die Norm SN 640 432a vom November 1996 ist in Bezug auf die Eignungsprüfung nicht mehr aktuell. Sie schlägt vor, eine Eignungsprüfung aufgrund des Marshall-Versuches durchzuführen und im Nachhinein die Standfestigkeit mit dem Spurrinntest zu überprüfen. Dieses Verfahren zeigt grosse Defizite auf:

- Die Optimierung der Rezeptur aufgrund des Marshall-Hohlraumgehaltes kann irreführend sein (siehe Kapitel 7 Fall 1; Schlussfolgerung der Experten).
- Mit der Durchführung des Spurrinntestes erhofft man sich eine Bestätigung der gewählten Rezeptur. Trifft dies nicht zu, so muss das ganze, langwierige Prozedere wiederholt werden.
- Die Durchführung des Spurrinntestes nimmt viel Zeit in Anspruch und ist auch finanziell aufwendig.

Aufgrund von Erfahrungen aus Deutschland mit dem Druckschwellversuch wurde beim IMP begonnen, Mischgutrezepturen anhand dieses mechanischen Versuches durchzuführen.

Beim Druckschwellversuch handelt es sich um eine dynamische Beanspruchung die in einzelne Lastimpulse mit entsprechender zwischenliegender Ruhepause erfolgt. In der Abbildung 5 ist der Verlauf der Spannung aufgeführt. Die Deformation wird als Funktion der Anzahl Lastimpulse aufgenommen. Die Steigung der Kurve im Wendepunkt gilt als Mass für den Verformungswiderstand (siehe Abbildung 6).

**Abbildung 5: Spannungsverlauf während des Druckschwellversuches**

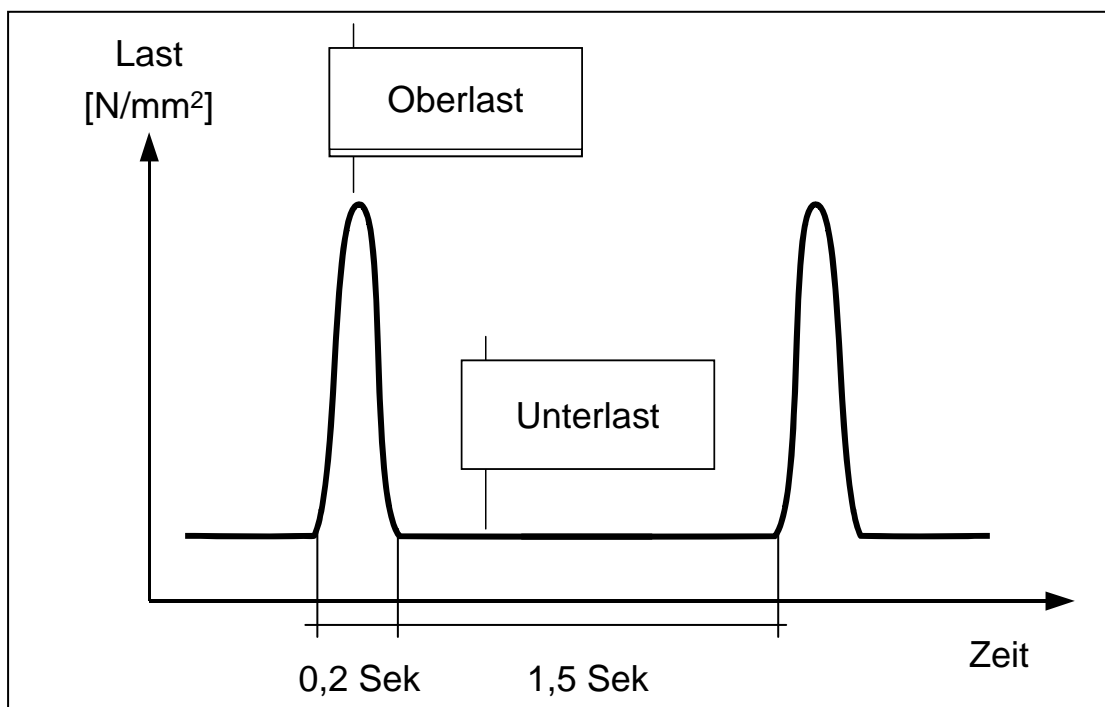
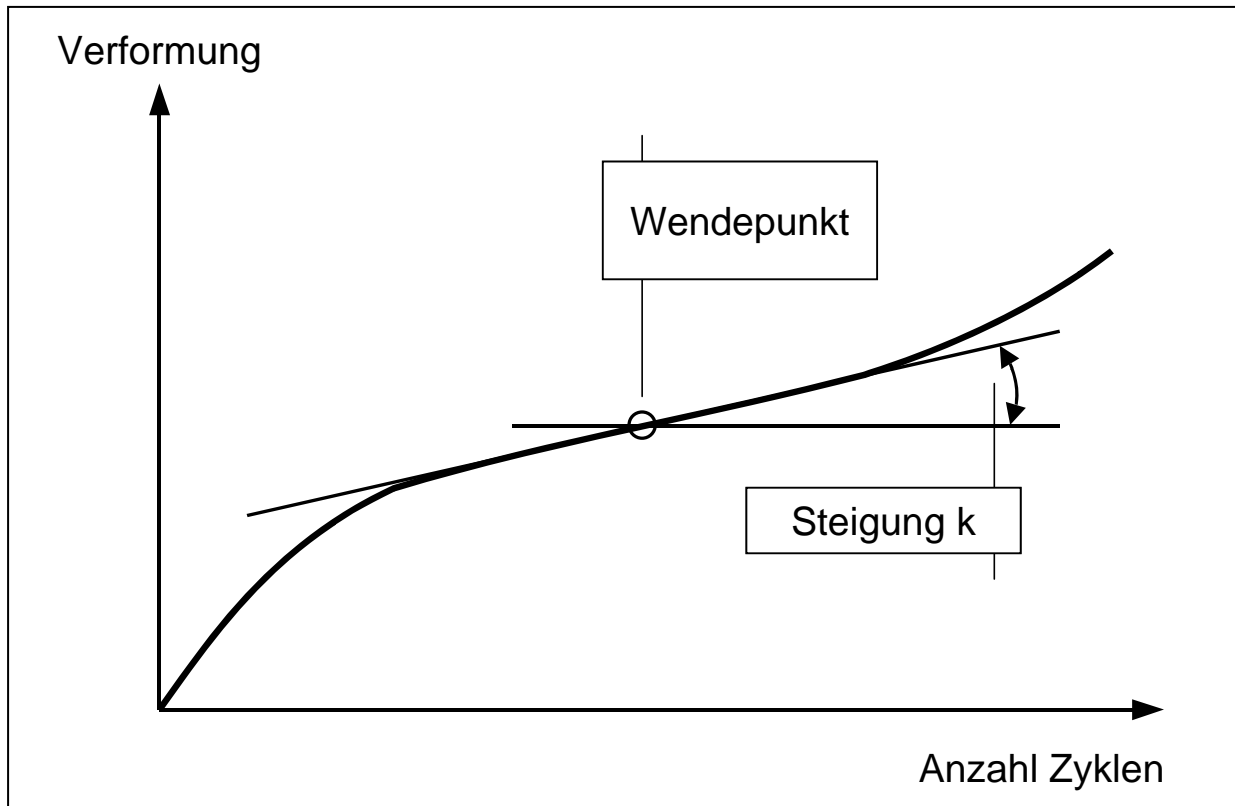


Abbildung 6: Typische Verformungskurven im Druckschwellversuch



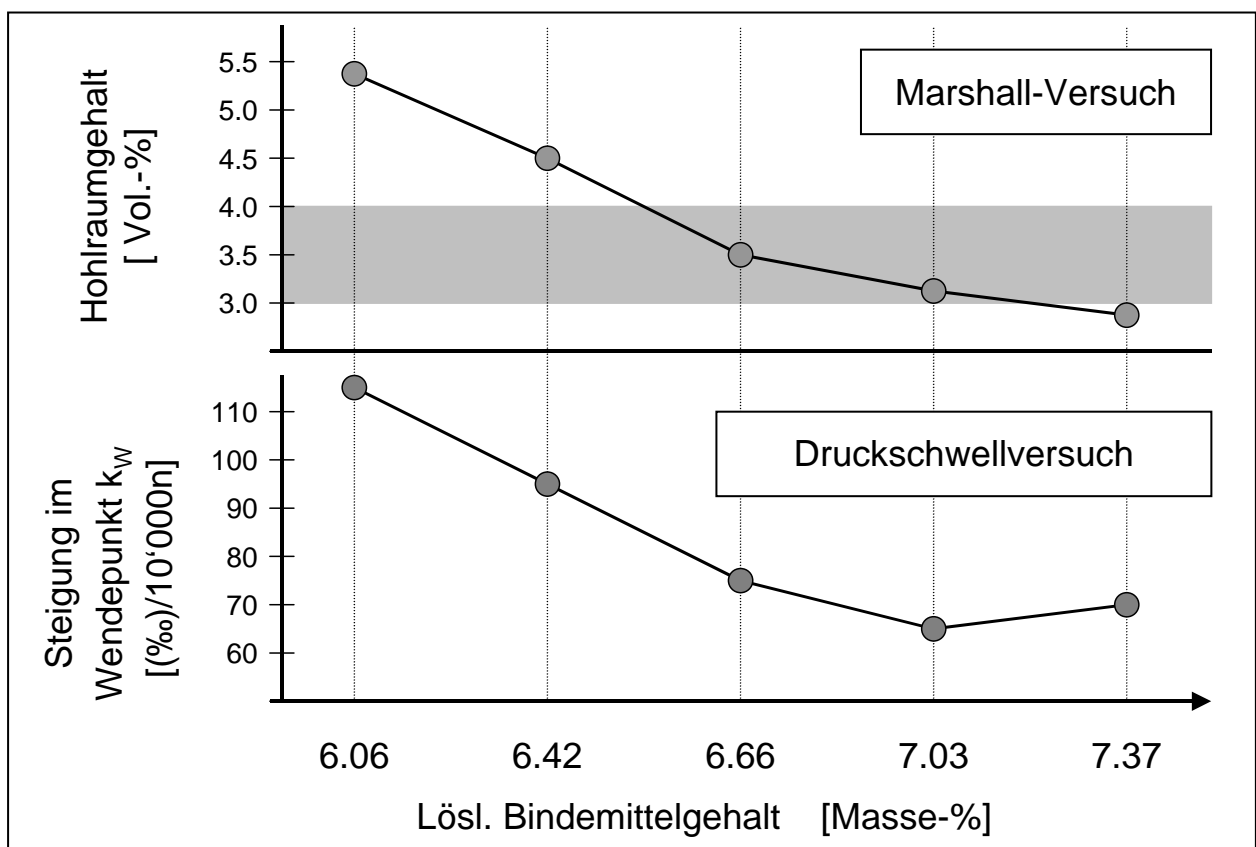
## Beispiel SMA 8

Obwohl der SMA 8 in der Schweiz nicht normiert ist, wird er innerorts recht häufig angewandt. Es wird in letzter Zeit generell eine Tendenz festgestellt, den Bindemittelgehalt zu reduzieren. Häufig wird mit einem minimal möglichen Bindemittelgehalt aufbereitet, da bei höherem Bindemittelgehalt eine Abnahme des Verformungswiderstandes befürchtet wird. In der untenstehenden Abbildung 6 ist der Hohlraumgehalt Marshall in Abhängigkeit zum Bindemittelgehalt aufgezeichnet. Würde man lediglich das Kriterium "Marshall Hohlraumgehalt" berücksichtigen, würde der Bindemittelgehalt löslich zu 6,66 Masse-% gewählt. Betrachtet man hingegen in der selben Abbildung den Verlauf des Verformungswiderstandes, so sieht man, dass die Neigung zu Deformationen bei einem löslichen Bindemittelgehalt von ca. 7 Masse-% ein Minimum zeigt. Bei diesem Bindemittelgehalt wird die Anforderung an den Marshall Hohlraum mit 3,2 Vol.-% immer noch erreicht.

### Fazit:

Die dynamische Prüfung zeigt auf, dass eine Erhöhung des Bindemittelgehaltes ohne nachteiligen Einfluss auf den Verformungswiderstand möglich ist. Dass damit die Gebrauchsdauer der gewählten Mischung verlängert wird, ist offensichtlich.

Abbildung 7: Ergebnisse der erweiterten Eignungsprüfung an einem SMA 8



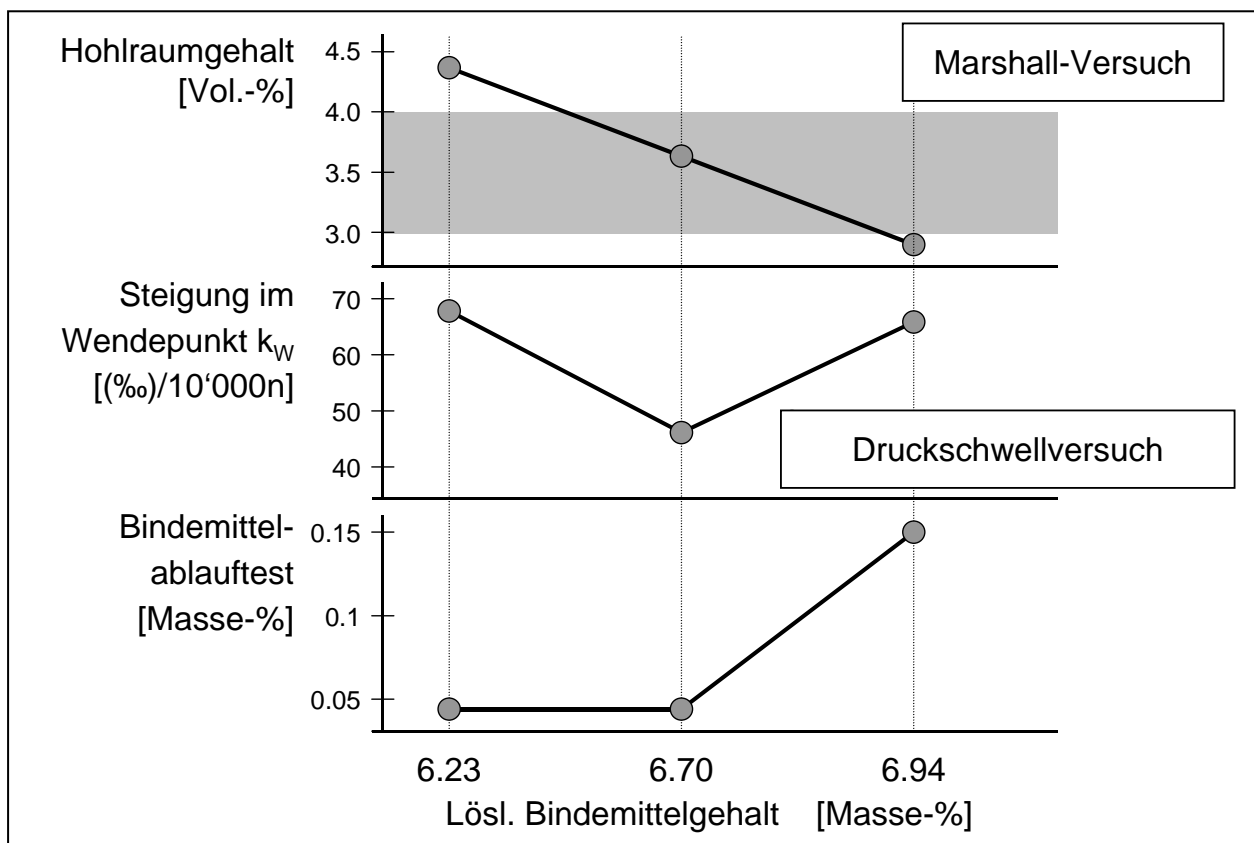
## Beispiel SMA 11

Für die Sanierung eines Teilstückes der A1 zwischen Zürich und Bern wurde die bestehende Mischguttrezeptur für einen SMA 11 mit B 55/70 und NAF überprüft. Dabei wurde die Siebsummenkurve übernommen und der Bindemittelgehalt variiert. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 5 zusammengefasst und in der Abbildung 8 dargestellt.

**Tabelle 5: Ergebnisse der erweiterten Eignungsprüfung an einem SMA 11**

Löslicher Bindemittelgehalt [Masse-%]	6.23	6.70	6.94
Hohlraumgehalt Marshall [Vol.-%]	4.4	3.6	2.9
Steigung im Wendepunkt [ $\% / 10^4 n$ ]	67	46	65
Bindemittelablauftest [Masse-%]	0.04	0.04	0.15

**Abbildung 8: Ergebnisse der erweiterten Eignungsprüfung an einem SMA 11**



Der anhand des Hohlraumgehaltes Marshall festgelegte Bindemittelgehalt von 6.70 Mass.-% (löslich) wurde mit den Ergebnissen des Druckschwellversuches bestätigt. Die Steigung im Wendepunkt der Verformungskurve zeigt bei diesem Bindemittelgehalt ein Minimum.

## 8.2 Wahl des Konzepts

Zur Verhinderung des Bindemittelablaufs lässt die Norm einige Möglichkeiten offen; es sind dies:

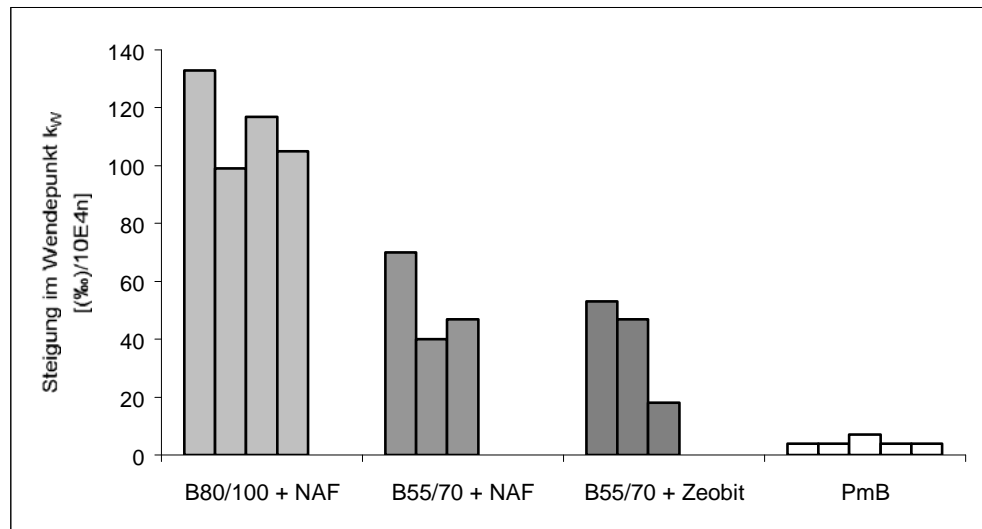
- Verwendung eines hochversteifenden Fillers
- Verwendung von Fasern
- Verwendung von hochmodifizierten PmB's
- Verwendung von Kunststoffgranulaten

In [15] wurde die Wirkung verschiedener Zusätze untersucht; im Folgenden werden die wesentlichen Folgerungen zusammengefasst:

- Stabilisierende Zusätze wirken nicht nur, um das Abfließen des Bindemittels bzw. die Entmischung des Mischgutes während dem Transport zu verhindern, sondern haben auch einen Einfluss auf die mechanischen Eigenschaften.
- Die Reihenfolge der Wirkung der stabilisierenden Zusätze in Bezug auf das Verhindern des Abfließens sowie der Reduktion der Entmischungsfahr ist:
  1. Fasern
  2. Kunststoffgranulate, Pulverförmige Stoffe (Spezialfiller)
- Die Reihenfolge der Wirkung der stabilisierenden Zusätze auf das Verformungsverhalten ist jedoch anders:
  1. PmB
  2. Filler, Fasern

Die im IMP erlangten Erfahrungen mit dem Druckschwellversuch stimmen gut mit [15] überein. In der Abbildung 9 sind die Ergebnisse an verschiedenen SMA 11 mit unterschiedlichen Konzepten dargestellt.

**Abbildung 9: Beurteilung des Verformungswiderstandes verschiedener SMA 11 im Druckschwellversuch**



## 9. Fazit

Aus den ca. 20-jährigen Erfahrungen mit SMA in der Schweiz lassen sich aus meiner Sicht folgende Schlüsse ziehen:

- SMA-Beläge haben sich auf stark beanspruchten Objekten sehr gut bewährt; doch auch diese Bauweise hat Ihre Grenzen.
- SMA-Beläge sind eine valable Alternative zum MR-Belag. Dort wo der MR-Belag eingeführt ist und entsprechende Erfahrungen der Unternehmungen vorliegen, lohnt es sich allerdings nicht den SMA-Belag einzuführen, da die Gebrauchseigenschaften sehr ähnlich sind.
- Beim SMA-Belag ist eine erweiterte Eignungsprüfung erforderlich. Das bisher einzige Kriterium des Hohlraumgehalts Marshall genügt nicht. Der Druckschwellversuch bietet eine gute Möglichkeit um die Mischgutzrezeptur zu optimieren.
- Der SMA-Belag hat die in ihn gesteckten Erwartungen in Bezug auf die Reduktion des Strassenlärms nicht erfüllt. Ob der MR-Belag besser ist bedarf weiterer Abklärungen.
- Mit Blick auf den Verformungswiderstand sollten für stark beanspruchte Objekte vermehrt polymermodifizierte Bindemittel verwendet werden.

## Literatur

- [1] Waanders G.,  
Els H. Splittmastixasphalt und Drainasphalt in den Niederlanden;  
Asphalt 4/95
- [2] SN 640 432a Splittmastixasphalt-Deckschichten; November 96
- [3] SN 640 435 Rauhasphalt-Deckschichten; November 96
- [4] Hüning P.,  
Rode F. ZTV Asphalt - StB 94 Kommentar; Kirschbaumverlag 1999
- [5] Predel S. Änderungen und Ergänzungen der ZTV-Asphalt-StB 94 -  
Entstehung und Ausblick; Strasse + Autobahn 11/98
- [6] Grolimund H. J.,  
Attinger R.,  
Meister A. Lärmarme Strassenbeläge innerorts und ausserorts;  
ASTRA Bern; 2000
- [7] Tappert A. Asphalt für schwerste Beanspruchungen - Schlussfolgerungen  
aus praktischen Erfahrungen; Strasse + Autobahn 11/96
- [8] Woltereck G. Erfahrungen mit SMA auf bayerischen Autobahnen;  
Bitumen 2/97
- [9] Deutsches Bundesministerium für Verkehr  
Allgemeines Rundschreiben; Strassenbau Nr. 5/1996
- [10] Deutsches Bundesministerium für Verkehr  
Allgemeines Rundschreiben; Strassenbau Nr. 35/1998
- [11] Scherocman J.A. Construction of Stone Mastic Asphalt test sections in the U.S.;  
AAPT 1992
- [12] West R. C.,  
Ruth B. E. Compaction and Shear Strength Testing of Stone Matrix  
Asphalt Mixtures in the Gyrotory Testing Machine; AAPT 1995
- [13] Kennepohl G.J.,  
Davidson J.K. Introduction of Stone Mastic Asphalts (SMA) in Ontario;  
AAPT 1992
- [14] Damm K.-W. Langzeitverhalten von Asphaltdeck- und Binderschichten  
hochbelasteter Verkehrsflächen in Hamburg;  
Strasse + Autobahn 7/98
- [15] Hinterwäller U.,  
Suss G. Die Wirkung von stabilisierenden Zusätzen in einem Splitt-  
mastixasphalt; Strasse + Autobahn 10/94