

## **Gutachten 14/10**

- Auftraggeber:** Shell Deutschland Oil GmbH  
Suhrenkamp 71-77  
22 335 Hamburg
- Baumaßnahme:** Rader Hochbrücke im Zuge der BAB A 7  
bei Rendsburg , RiFa Hamburg
- Auftragssache:** Nachuntersuchung einer 2004 verlegten Gussasphalt-  
deckschicht 0/11S mit dem viskositätsabsenkenden  
Bindemittel Cariphalte S 25/ 55-55A
- Auftrag vom:** September 2009

Das Gutachten umfasst 11 Seiten , davon 1 Anlagen  
Hinweis: Die Prüfergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die genannten Prüfgegenstände. Dieser Bericht darf nur vollständig weitergegeben werden, eine auszugsweise Vervielfältigung bedarf unserer ausdrücklichen schriftlichen Genehmigung

## **Kurzfassung**

Die BAST Bundesanstalt für Straßenwesen hat eine „Erfahrungssammlung über die Verwendung von Fertigprodukten und Zusätzen zur Temperaturabsenkung von Asphalt, Mai 2008“ herausgegeben, in der die Vorgehensweise für die Aufnahme anderer Produkte, die dort noch nicht behandelt worden sind, festgelegt ist. Nach diesen Vorgaben ist die Deckschicht aus Gussasphalt 0/11S der Rader Hochbrücke, BAB A 7, bei Rendsburg, die im Jahr 2004 erneuert worden ist, nachuntersucht worden. Es wurde das Viskositätsabsenkende Bindemittel Cariphalte S 25/55-55, ein PmB 45, verwendet. Der Einbau des Gussasphaltes erfolgte bei einer Mischguttemperatur von 210 °C bis 230 °C. Die Verkehrsbeanspruchung entspricht einer Bauklasse SV. Vor Ort und an Proben aus der Deckschicht sind Untersuchungen zum Gebrauchsverhalten zur Beurteilung des Langzeitverhaltens (Widerstand gegen Verformungen, Bindemittleigenschaften und -alterung, Verhalten bei tiefen Temperaturen) durchgeführt worden.

Mit dem Produkt Cariphalte S 25/55-55 wurden positive Erfahrungen gesammelt. Es ist im Vergleich zu anderen PmB 45 A gleichwertig.

### **1. Veranlassung und Ziel der Untersuchungen**

In Ergänzung zu dem Forschungsvorhaben FE 07/203/2002/CBR „Absenkung der Produktions- und Verarbeitungstemperatur von Asphalten durch Zugabe von Bitumenverflüssigern“ beauftragte die Shell Deutschland Oil GmbH, den Unterzeichner mit der Nachuntersuchung des Deckschichtbelages aus Gussasphalt 0/11S der Rader Hochbrücke, BAB A7, RiFa Hamburg, bei Rendsburg, bei der das viskositätsabgesenkte Bindemittel Cariphalte S 25/55-55 verwendet wurde. Die Erneuerung der Deckschicht wurde im Jahr 2004 erforderlich, da sich in der nur 4 Jahre alten Deckschicht wegen fehlenden Schichtenverbundes zur Schutzschicht Risse in einem starken Ausmaß gebildet hatten. Ein visueller Vergleich mit einer Referenzstrecke erfolgt mit der gegenüberliegenden RiFa Flensburg: der Belag wurde 1 Jahr früher mit einem konventionellen Gussasphalt mit einem PmB 45 saniert. Die Untersuchungsergebnisse der Nachuntersuchung werden daher den bekannten asphalttechnologischer Kennwerten der Vergleichsstrecke bewertet.

Durch die Nachuntersuchung der 5 ½ Jahre unter Verkehr liegenden Strecke sollte festgestellt werden, ob das eingesetzte Produkt zur möglichen Absenkung der Produktions- und Verarbeitungstemperatur im Langzeitverhalten Nachteile gegenüber den üblicherweise eingesetzten Polymermodifizierten Bitumen PmB 45 A erwarten lassen. Die Untersuchungen erfolgten entsprechend den Vorgaben der „Erfahrungssammlung über die Verwendung von Fertigprodukten und Zusätzen zur Temperaturabsenkung von Asphalt, Mai 2008“ [ 10 ].

Neben umfangreichen Bindemitteluntersuchungen wurden Asphaltprüfungen (Abkühlversuche zur Ansprache des Verhaltens bei tiefen Temperaturen, dynamischer Eindringversuch zur Ansprache des Verhaltens bei hohen Gebrauchstemperaturen) durchgeführt.

In der Tabelle 1 sind die Kenndaten der Untersuchungsstrecke zusammen gefasst.

Nr.	Baumaßnahme	Nutzungsdauer (Baujahr) [Jahre]	Bau- Klasse	Produkt	Referenz- bindemittel
1	BAB A 7	5,5 (2004)	SV B= 12,1 Mio*	Cariphalte S 25/55-55	PmB 45 A

\* 12,1 Mio äquivalente 10-t- Achsen in 5,5 Jahren, entspricht einer B-Zahl von 98,1 Mio. in 30 Jahren

**Tab 1: Untersucher Streckenabschnitt und verwendetes viskositätsabgesenktes**

## 2. Bindemittel

Über die Instandsetzungsmaßnahme sind vom Unterzeichner Gutachten und eine Veröffentlichung erstellt worden. Die Maßnahme wurde intensiv vom asphalt labor Arno J. Hinrichsen GmbH & Co. KG im Rahmen der Fremdüberwachung begleitet [11]. Es wurden zur Abnahme keine Beanstandungen festgestellt.

### 2.1 Untersuchungsprogramm

Folgendes Untersuchungsprogramm wurde von der ad- hoc Gruppe „Temperaturabsenkung“ der Arbeitsgruppe Asphaltstraßen der FGSV unter Leitung von Frau Dr.-Ing. Sörensen, Arbeitsgemeinschaft der Bitumenindustrie, ARBIT, festgelegt:

- visuelle Zustandserfassung
- Querprofilmessungen
- Entnahme von Bohrkernen Ø 300, 150 und 100 mm, **hier :Ausbauproben**
- Mischgutzusammensetzung
- Bindemittleigenschaften: Erweichungspunkt RuK, Penetration, Brechpunkt nach Fraass, komplexer Schubmodul, Kraftduktilität
- Haftverhalten (Spaltzugversuch bei + 5 °C vor und nach Wasserlagerung, 40 °C, 96h): **hier: entfällt, da für Gussasphalt nicht aussagekräftig**
- Abkühlversuch nach Arand an Probekörpern aus Bohrkernen Ø 300 mm

Für die Mischgutuntersuchungen und die Bestimmung der Bindemittleigenschaften wurden in diesem Fall Ausbauproben aus einem 60 x 250cm langen Streifen aus dem Standstreifen verwendet. Es wurden jeweils 2 Proben untersucht.

### 2.2 Visuelle Zustandserfassung

Die Bewertung der visuellen Zustandserfassung erfolgte nach den Kriterien Risse (55 %), Spurrinnentiefe (20 %), Flickstellen (10 %), Rauigkeit (5 %), Kornausbrüche (5 %) und Mörtelverlust (5 %). Die in Klammern genannten Werte geben an, mit welcher Gewichtung die Kriterien in die Gesamtnote eingehen. Bei starker Rissbildung und einer Spurrinnentiefe > 15 mm ergibt sich unabhängig von den anderen Kriterien eine Bewertung von 5. In der Anlage 2 sind die Ergebnisse im Einzelnen aufgeführt. Den oben genannten Merkmalen wurden Noten von 1 (sehr gut) bis 5 (mangelhaft) gegeben. Die Gesamtnote ist in der Tabelle 2 wiedergegeben. Der Erprobungsabschnitt und die zugehörige Referenzstrecke sind in einem sehr guten Zustand, wobei sich der Erprobungsabschnitte geringfügig günstiger als der Referenzabschnitte verhält.

Strecke	RiFa Hamburg	RiFa Flensburg	Bemerkung
<b>BAB A7 Rader Hochbrücke</b>	Cariphalte S 25/55-55	PmB 45 A	Keine
	1,55	1,75	keine

**Tab. 2: Visuelle Zustandserfassung mit Angabe der Gesamtnote**

Im Vergleich zu den Untersuchungsstrecken, die der o.g. Erfahrungssammlung zugrunde liegen, ist die Rader Hochbrücke unter Berücksichtigung der extrem hohen Verkehrsbelastung mit am besten zu bewerten. Die wenigen Risse – 6 mit einer Länge von < 50cm – auf einer Fahrbahnlänge von 3km sind ausschließlich konstruktionsbedingt, da sie im Bereich des Hauptlängsträgers liegen. Zu beachten ist, dass die visuelle Zustandserfassung am 9.3.2010 –also nach dem sehr harten Winter 2009/10 - erfolgte!

### 2.3 Querprofilmessungen

Bedingt durch das starke Verkehrsaufkommen am Entnahmetag konnten das Querprofil mittels Profilograph nicht aufgenommen werden. Die Spurrinnentiefen wurden daher mittels 2 m Latte aufgenommen und in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Untersuchungsstrecke	Spurrinnentiefe [ mm]	
	RiFa HH	RiFa Flens.
Rechter Fahrstreifen , rechte Rollspur	0	6

**Tab. 3: Spurrinnentiefen in mm**

### 2.4 Entnahme von Ausbauproben

Die Entnahme von Ausbauproben für die labortechnischen Untersuchungen erfolgte am 10.11.2009 aus einem 60 x 250 cm langen Streifen im Bereich des Standstreifens.

### 2.5 Bindemittelkenngößen

Bei dem Cariphalte S 25/55-55 handelt es sich um ein polymermodifiziertes Bitumen PmB 45 A, welches mit einem Wachs additiviert worden ist, um die Einbautemperatur absenken zu können.

An dem extrahierten Bindemittel sind umfangreiche Bindemitteluntersuchungen durchgeführt worden, deren Ergebnisse in der Tabelle 4 zusammengefasst sind. Die hohen Erweichungspunkte RuK von über 70 °C der mit Wachsen additivierten Bindemittel sind keinesfalls ein Hinweis darauf, dass das Verhalten bei tiefen Temperaturen negativ ist und eine besondere Rissgefährdung vorliegt. Diese Beobachtung bestätigen bisherige Erfahrungen mit derartigen Bindemitteln [2], nach denen das Verhalten bei tiefen Temperaturen dominant durch das verwendete Grundbitumen bestimmt wird. Dies wird durch den Brechpunkt nach Fraas bestätigt sowie der BBR - Steifigkeit bei -16 °C bestätigt.

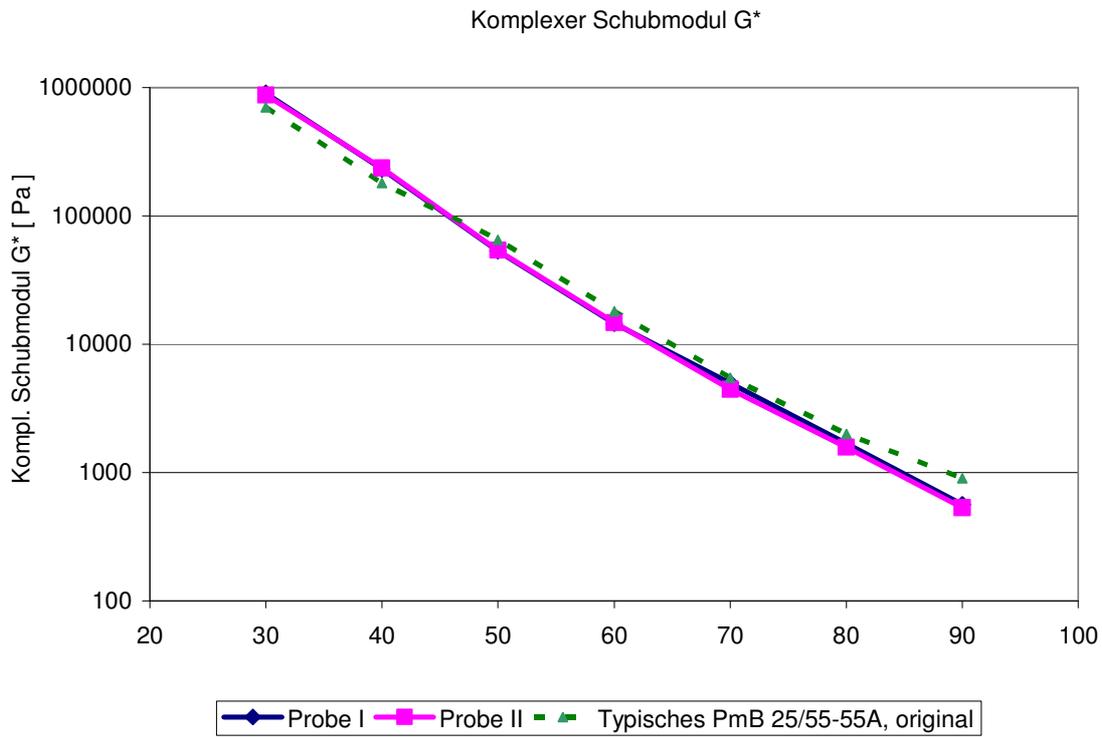
Bindemittleigenschaften	Dim.	Erprobungsstrecke					Soll <sup>2</sup>
		2004 <sup>1</sup>			11/2009		
Entnahme		Mittel	Max.	Min.	I	II	
Nadelpenetration	1/10 mm	38,7	46,0	30,7	28	28	25-55
Erweichungspunkt RuK	°C	67,5	75,1	64,1	64,4	64,2	≥ 55
Elastische Rückstellung	%	54,4	57,0	52	48	45	≥ 50
Komplexer Schubmodul G*	Pa	18.637	27.165	13.833	14.560	14.740	> 9.500 <sup>3</sup>
Phasenwinkel δ bei 60 °C	°	50,9	54,7	46,1	72,7	72,4	< 74 <sup>3</sup>
Brechpunkt nach Fraass	°C				-10	-12	≤ -10
BBR- Steifigkeit bei -16 °C	MPa	74,6	96,7	50,2	265	268	≤ 300 <sup>3</sup>
Max. Duktilitätskraft bei 25 °C	N	0,572	0,896	0,43	0,16	0,25	-

<sup>1</sup> Mittelwert aus 24 Untersuchungen, <sup>2</sup> Spezifikation am Originalbindemittel für ein Cariphalte S 25/55-55

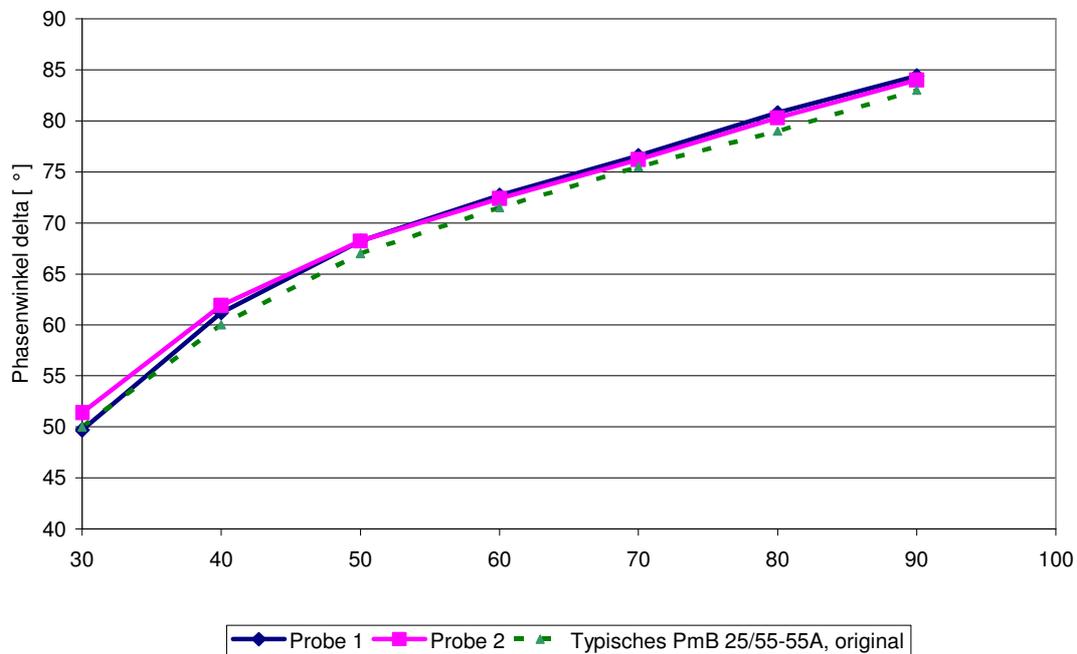
<sup>3</sup> typische Werte für Cariphalte S 25/55-55

**Tab. 4: Bindemittelkennndaten am extrahierten Bindemittel**

Es hat eine zu vernachlässigende Zunahme des Erweichungspunktes R&K bei dem Cariphalte S 25/55-55 während der Nutzungsdauer ergeben. Das Bindemittel ist während der 5 ½ jährigen Nutzung praktisch nicht gealtert, was die Penetrationswerte bestätigen.



**Bild 1: Komplexer Schubmodul  $G^*$  in Abhängigkeit von der Temperatur**



**Bild 1a: Phasenwinkel  $\delta$  in Abhängigkeit von der Temperatur**

In Bild 1 ist der komplexe Schubmodul  $G^*$  und in Bild 1a der Phasenwinkel  $\delta$  am rückgewonnenen Bindemittel dargestellt und mit einem PmB 25 /55-55A<sup>1</sup> nach RTOFT – Alterung verglichen. Aus der Darstellung wird deutlich, dass sich das Cariphalte S 25/55-55 nach 5 ½ Jahren Liegezeit praktisch genauso verhält wie ein PmB 25/55-55A nach der Mischgutherstellung.

Der Komplexe Schubmoduls  $G^*$  bei verschiedenen Temperaturen gibt Auskunft über das Steifigkeits – und Viskositätsverhalten des Bindemittels. Ein mit einem Wachs additivierten Bindemittel sollten in dem Temperaturbereich, in dem das Wachs auskristallisiert (ca. 80 °C bis 95 °C), eine Steigungsänderung in dem Kurvenverlauf  $G^*$  / Temperatur aufweisen. Dies ist hier jedoch nicht deutlich ausgeprägt ist und kann daran liegen, dass bei der Extraktion nicht vollständig das Wachs zurück gewonnen wird.

### 3. Asphalttechnologische Kenngrößen

In der Tabelle 5 sind die wichtigsten asphalttechnologischen Prüfergebnisse zusammengestellt, die beim Neubau und zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung ermittelt worden sind. Dabei ist zu beachten, dass es nicht möglich war, bei der Nachuntersuchung an den gleichen Stellen Ausbauproben zu entnehmen, an denen ursprünglich die Kontrollprüfungen durchgeführt worden sind. Aus diesem Grund wurden für das Jahr 2004 Mittelwerte angegeben.

Kenngröße	Dim.	2004, Mittelwert	11/ 2009		Soll <sup>1</sup>
			I	II	
Probe			I	II	
Bindemittelgehalt	M.-%	7,22	7,5	7,3	7,2
Erweichungspunkt R&K	°C	67,5	64,4	64,2	> 55
Elastische Rückstellung	%	54,4	48	45	> 40
Anteil < 0,063mm	M.-%	26,7	27,4	26,9	27,0
Anteil > 2mm	M.-%	51,9	49,5	50,5	51,3
Statische Eindringtiefe , 50 °C	mm	1,63	1,5	1,6	≤2,5
Zunahme stat. Eindringtiefe	mm	0,1	0,23	0,18	≤0,4
Dynamische Eindringtiefe, 50 °C	mm	-	0,645	0,852	-
Zunahme dyn. Eindringtiefe	mm	-	0,192	0,235	-
Bruchtemperatur	°C	-	-21,0	-21,4	< -20 <sup>2</sup>
Bruchspannung	N/mm <sup>2</sup>	-	3,874	3,948	-

1 Soll – Werte aus der Eignungsprüfung bzw. den Bindemittelspezifikationen; 2 Erfahrungswert für Frostzone I

**Tabelle 5: Bindemittelkenndaten und asphalttechnologische Kenngrößen an den Ausbauproben**

<sup>1</sup> TU Braunschweig : Einfluss von modifizierten Bitumen auf die Kälte- und Ermüdungseigenschaften von Asphalt und deren Veränderung während der Nutzungsdauer, 2006

Der Gussasphalt ist sehr wärmebeständig und hat ein für die Frostzone I günstiges Verhalten bei tiefen Temperaturen. Es hat praktisch keine Veränderung der Eigenschaften während der 5 ½ jährigen Nutzungsdauer stattgefunden, was bei hohlraumfreien Gussasphalten bekannt ist.

#### 4. Zusammenfassung und Empfehlungen

An der Untersuchungsstrecke BAB A7, Rader Hochbrücke bei Rendsburg, mit einer Nutzungsdauer von 5 ½ Jahre und einer extrem hohen Verkehrsbelastung von bisher ca. 12,4 Mio. äquivalenten 10- t - Achsen wurden labortechnische Nachuntersuchungen von dem ROLAB Prüf – und Ingenieurgesellschaft mbH, Bremen , und dem Heidenlabor für Baustoff - und Umweltprüfungen, Roggentin, durchgeführt mit dem Ziel, das Langzeitverhalten der Asphaltdeckschicht zu beurteilen, die mit dem viskositätsabgesenkten Bindemittel Cariphalte S 25/55-55 der Shell hergestellt worden ist. Ein visueller Vergleich mit einer Gussasphaltdeckschicht mit einem 25/55-55A (PmB 45 A) wurde mit der Gegenfahrbahn vorgenommen, die 1 Jahr zuvor gebaut worden ist.

Um die Herstellungstemperatur von Gussasphalten auf unter 230 °C herabzusetzen, ist die Verwendung des Cariphalte S 25/55-55 zur Viskositätsabsenkung des Bindemittels aus derzeitiger Sicht uneingeschränkt geeignet. Selbst bei einer Mischguttemperatur von 210 °C bei Anlieferung konnte der Gussasphalt gut verarbeitet werden. Folgende Bewertung kann vorgenommen werden:

Kriterium	Im Vergleich zu den Deckschichten mit Normbitumen oder PmB verhält sich der Untersuchungsstrecke
Spurrinnenbildung	keine
Wärmebeständigkeit	Sehr hoch
Rissbildung	Minimale Rissbildung, konstruktionsbedingt
Verhalten bei tiefen Temperaturen	Sehr günstig
Alterung des Bindemittels	Praktische keine Alterung
Qualitativer und quantitativer Nachweis mittels DSC Differential Scanning Calorimetry	Am frischen und extrahierten Bindemittel sehr gut möglich*

\* Erfahrungswerte liegen vor

#### **Tabelle 6: Qualitative Beurteilung des mit viskositätsabgesenkten Zusätzen versetzte Cariphalte S 25/55-55 im Vergleich zu einem Gussasphalt mit PmB 30/45**

Es wird empfohlen, Cariphalte S 25/55-55 in die Liste des o.g. Erfahrungsberichtes der BAST über Bindemittel, mit den positive Erfahrungen gesammelt wurden, aufzunehmen.

Buchholz, den 30.Oktober 2010

**Klaus-Werner Damm**

Prof. Dr. Ing Damm

## Weiterführende Literatur

- [1] Damm, Abraham, Butz, Hildebrandt, Riebesehl: Asphaltverflüssiger als „intelligente“ Füller für den Heißeinbau - ein neues Kapitel in der Asphaltbauweise, Teil 1 und 2, Bitumen 1/2002 und 2/2002
- [2] Forschungsbericht FE 07.203/2002/CRB „Absenkung der Produktions- und Verarbeitungstemperatur von Asphalt durch Zugabe von Bitumenverflüssiger“, Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt), z.Z. noch unveröffentlicht
- [3] Arand, Verhalten von Asphalt bei tiefen Temperaturen, Die Asphaltstrasse 3, 1983
- [4] Eulitz, Kälteverhalten von Asphalt, Schriftenreihen des Institutes für Straßenwesen TU Braunschweig, Heft 7, 1987
- [5] Rubach, Einfluss der Zusammensetzung von Asphaltbetonen auf deren Ermüdungsbeständigkeit unter Berücksichtigung kryogener Zugspannungen, Schriftenreihen des Institutes für Straßenwesen TU Braunschweig, Heft 14, 1996
- [6] Edwards, Influence of Waxes on Bitumen and Asphalt Concrete Mixture Performance, Doctoral Thesis in Highway Engineering, KTH Architecture and the Built Environment, Stockholm, 2005
- [7] Schulze, Der Baustoff Beton, Band 1, VEB Verlag für Bauwesen, Berlin, 1984
- [8] Lehrstuhl für Baustoffkunde und Werkstoffkunde, TUM Technische Universität München, Chemische Analytik Teil IV, Vertieferausbildung Baustoffingenieurwesen, 2006
- [9] Feil, Nolle, Reiter: Temperaturabsenkung bei Asphaltdeckschichten – Erprobungsstrecke „Rutesheim 2000“ auf der BAB A 8, Straßen+Autobahn 5/2004
- [10] BASt „Erfahrungssammlung über die Verwendung von Fertigprodukten und Zusätzen zur Temperaturabsenkung von Asphalt, August 2006“
- [11] asphaltlabor Arno J.Hinrichsen; Untersuchungsbefunde 2551/04, 2671-2675/04, 3103-3108/04

# ANLAGE 1

## Visuelle Zustandserfassung

	BAB A7 : Rader Hochbrücke,				
	Gewichtungs- Faktor	Referenzstrecke: RiFa Flensburg		Untersuchsstrecke: RiFa Hamburg	
Risse	0,55	2	1,1	2	1,1
Spurrinne	0,20	2	0,4	1	0,2
Flickstellen	0,10	1	0,1	1	0,1
Rauhigkeit	0,05	1	0,05	1	0,05
Kornausbrüche	0,05	1	0,05	1	0,05
Mörtelverlust	0,05	1	0,05	1	0,05
<b>Gesamt</b>	1,00		<b>1,75</b>		<b>1,55</b>

### Bewertung

Note 1= sehr gut/ keine

Note 2= gut/ gering

Note 3= mittelmäßig/ schwach ausgeprägt

Note 4= schlecht / ausgeprägt

Note 5 = sehr schlecht / sehr ausgeprägt

Spurrinne

[mm]

≤ 5

5 bis 7

7 bis 10

10 bis 15

> 15