

**Fachveröffentlichung der  
Bundesanstalt für Straßenwesen**

**bast**

**asphalt-labor  
Arno J. Hinrichsen GmbH & Co.  
Wahlstedt**

**Abschlussbericht zum Forschungsprojekt  
FE 89.0161/2005/AP**

**Nachuntersuchungen an ausgesuchten  
Streckenabschnitten zur Beurteilung des  
Langzeitverhaltens von TA-Asphalten**

Im Auftrag der  
Bundesanstalt für Straßenwesen,  
BASt

**Bearbeiter:** Prof. Dr.-Ing. K.-W. Damm  
Dipl.Ing. Bielenberg  
Prof. Dr.Ing. Radenberg

**Wahlstedt, August 2006**

**Nachuntersuchungen an ausgesuchten Streckenabschnitten  
zur Beurteilung des Langzeitverhaltens von TA-Asphalten**

**Forschungsauftrag FE 89.0161/2005/ AP**

**Study on the long-term behaviour of test roads using  
viscosity reduced binders**

**Research order FE 89.0161/2005/ AP**



## Kurzfassung

Im Auftrage der Bundesanstalt für Straßenwesen BASt wurden 7 Erprobungsstrecken nachuntersucht, bei denen viskositätsabsenkende Bindemittel im Vergleich zu Normbitumen 50/70 oder polymermodifiziertes Bitumen PmB 45A verwendet wurden. Die Erprobungsstrecken, die über die Bundesrepublik verteilt sind, sind den Bauklassen SV bis III zuzuordnen und liegen zwischen 3 und 6 Jahren unter Verkehr. Vor Ort und an Bohrkernproben aus der Deckschicht sind Untersuchungen zum Gebrauchsverhalten zur Beurteilung des Langzeitverhaltens (Widerstand gegen Verformungen, Nachverdichtung, Hohlraumgehalt, Bindemittleigenschaften und -alterung, Verhalten bei tiefen Temperaturen, Haftung, chemische Zusammensetzung) durchgeführt worden. Mit den Produkten SmB 35 (Bitumen 50/70 + 3% Sasobit<sup>1</sup>), Sübit VR 45 (Bitumen 50/70 + 3 % Licomont<sup>2</sup>), Sasobit (als Zugabe an der Asphaltmischanlage), Romontanwachs Asphaltan B und Aspha-min<sup>3</sup> wurden positive Erfahrungen gewonnen. Sie sind im Vergleich zu den in den Referenzstrecken verwendeten Bindemitteln 50/70 bzw. PmB 45 A gleichwertig. Das Produkt Sübit VR 35 kann wegen singularer aufgetretener Mängel (Risse in der Rollspur) noch nicht abschließend beurteilt werden und bedarfweiterführender Untersuchungen. Es werden Empfehlungen gegeben, welche Anforderungen viskositätsabsenkende Bindemittel erfüllen sollten und in welcher Weise Produkte, die bisher nicht erfasst worden sind, hinsichtlich Erprobungsstrecken und Untersuchungsumfang zu behandelt sind.

---

<sup>1</sup> Sasobit: Fischer-Tropsch Paraffine mit einem Tropfpunkt von ca. 85 °C

<sup>2</sup> Licomont: Amid-Wachs mit einem Tropfpunkt von ca. 120 °C

<sup>3</sup> Aspha-min : Zeolith

## Abstracts

The German Road Authority „*Bundesanstalt für Straßenwesen BAST*“ appointed the asphalt laboratory ‘asphalt labor Arno J.Hinrichsen GmbH&Co KG’ to investigate the long-term performance of seven test sections which contain viscosity reduced binders. These test roads are being compared to control sections containing bitumen Pen 50/70 respectively polymer modified binder PmB 45A.

The test sections are evenly spread over Germany. They are rated according to German highway classification SV<sup>4</sup> to III<sup>5</sup> and are between three and six years under traffic.

Tests were executed in situ and drawing core specimens to evaluate the following performance properties: resistance against plastic deformation, compaction under traffic, air voids, binder properties and binder ageing, low temperature behaviour, adhesion and chemical composition.

Positive results were achieved with the products SmB 35 (Bitumen Pen 50/70 + 3% Sasobit<sup>6</sup>), Sübit VR 45 (Bitumen Pen 50/70 + 3 % Licomont<sup>7</sup>), Romontan wax Asphaltan B , Sasobit (added at the mixing plant) and Aspha-min<sup>8</sup>. These sections are equivalent to the control sections containing bitumen Pen 50/70 and PmB 45 A. The product Sübit VR 35 cannot be finally evaluated due to faults (cracks in the wheel tracks); additional investigations are necessary to give a final judgement.

Specifications are proposed for viscosity reduced binders. A necessary investigation program (design of test road and testing methods) is described for those products which are new or not yet recorded.

---

<sup>4</sup> > 32 million equivalent 10 tonnes axel load

<sup>5</sup> 0,8 – 3 million equivalent 10 tonnes axel load

<sup>6</sup> Sasobit: Fischer-Tropsch wax with a melting range of about 70-115 °C

<sup>7</sup> Licomont: Amid-wax with a melting point of approx. 120 °C

<sup>8</sup> Aspha-min: Zeolith

## Inhaltsverzeichnis

<u>1</u>	<u>Veranlassung und Ziel der Untersuchungen</u> .....	7
<u>2</u>	<u>Untersuchungsprogramm</u> .....	8
<u>3</u>	<u>Visuelle Zustandserfassung</u> .....	8
<u>4</u>	<u>Querprofilmessungen</u> .....	9
<u>5</u>	<u>Entnahme von Bohrkernen</u> .....	9
<u>6</u>	<u>Bindemittelkenngößen und asphalttechnologische Kenngößen</u> ...	9
<u>6.1</u>	<u>Bindemittelkenngößen</u> .....	9
<u>6.2</u>	<u>Asphalttechnologische Kenngößen</u> .....	16
<u>7</u>	<u>Untersuchungen an Asphaltprobekörpern</u> .....	17
<u>7.1</u>	<u>Haftverhalten</u> .....	18
<u>7.2</u>	<u>Biegezugfestigkeit an Probekörpern aus Bohrkernen Ø 300mm</u> .....	21
<u>8</u>	<u>Nachweis der Zusätze</u> .....	29
<u>9</u>	<u>Zusammenfassung und Empfehlungen</u> .....	30
<u>10</u>	<u>Literatur</u> .....	32





## 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 Bundesanstalt für Straßenwesen, BASt, das asphalt-labor Arno J. Hinrichsen GmbH & Co KG mit der Nachuntersuchung von älteren Baumaßnahmen, bei denen Additive als Bitumenverflüssiger verwendet wurden, die auch bei den Untersuchungsstrecken BAB A7 und B 106 bzw. in den letzten Jahren in Deutschland häufig verwendet worden sind [1].

Durch die Nachuntersuchung der teilweise 6 Jahre unter Verkehr liegenden Strecken sollte festgestellt werden, ob die eingesetzten Produkte zur möglichen Absenkung der Produktions- und Verarbeitungstemperatur im Langzeitverhalten Nachteile gegenüber den üblicherweise eingesetzten Normenbitumen Bitumen 50/70 oder Polymermodifizierten Bitumen PmB 45 A erwarten lassen.

An den Untersuchungen ist auch die IFTA, Institut für Technische Analytik, Essen, beteiligt worden, da die IFTA bereits Vorarbeiten für die FGSV im Rahmen ihres Forschungsvorhabens über temperaturabgesenkte Asphalte erbracht hatte und über eine qualifizierte Erfahrung auf diesem Gebiet verfügt.

Außerdem wurden Asphaltprüfungen (Spaltzugversuche an Bohrkernen Ø 100mm zur Ansprache des Haftverhaltens und Biegezugversuche bei -5 °C und -15 °C zur Ansprache des Verhaltens bei tiefen Temperaturen) von der BASt durchgeführt.

Aus 27 Strecken, bei denen viskositätsabsenkende Zusätze verwendet wurden, wurden insgesamt 7 Strecken nach folgenden Kriterien ausgesucht:

- hohe Verkehrsbelastung
- möglichst lange Nutzungsdauer
- vorhandensein einer Referenzstrecke mit ausreichender Dokumentation von Untersuchungsergebnissen am Asphalt bzw. am rückgewonnenen Bindemittel
- Erfassung der z. Z. am deutschen Markt verfügbaren bzw. üblicherweise eingesetzten Additive zur Temperaturabsenkung

In der Tabelle 1 sind die nach diesen Kriterien ausgewählten Strecken und die verwendeten viskositätsabsenkende Produkte aufgeführt.

Ursprünglich war als 7. Strecke eine andere Maßnahme mit dem Bindemittel Sübit VR ausgesucht worden. Es war jedoch nicht möglich, von der zuständigen Straßenbauverwaltung zeitnah die Genehmigung zur Entnahme von Bohrkernen zu erhalten, so dass auf die Untersuchungsstrecke B 51 Dahlem zurückgegriffen werden musste, obwohl kein Referenzabschnitt vorliegt.

Nr.	Baumaßnahme	Nutzungsdauer (Baujahr) [Jahre]	Bau-Klasse	Produkt	Referenzbindemittel
1	B 209, OD Amelinghausen	5 (1999)	III	SmB 35*: 50/70 + 3 % Fischer-Tropsch Paraffine**	PmB 45
2	Hamburg, Veddel Dam	6 (1998)	SV	50/70 + 4% Fischer-Tropsch Paraffine***	50/70
3	B 193, Neustrelitz - Brunstorf	4 (2000)	III	50/70 + Asphaltan B	50/70
4	L 303, Tasdorf - Eggesdorf	3 (2001)	III	50/70 + Asphaltan B	PmB 45
5	B3 Schönstadt-Halsdorf	5 (1999)	III	50/70 + Zeolith	50/70
6	B 283, Tannenbergesthal-Mülleithen	5 (1999)	III	Sübit VR 45 (Amid Wachse)	PmB 45
7	B 51 Dahlem	6 (1998)	III	Sübit VR 35 (Amid Wachse)	-

\* Fertigbindemittel, \*\* Sasobit, \*\*\* Zugabe an der Mischanlage

**Tab 1:** Untersuchte Streckenabschnitte und verwendete viskositätsabsenkende Produkte

## 2 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
- Mischgutzusammensetzung
- Bindemittleigenschaften: Erweichungspunkt RuK, Penetration, Brechpunkt nach Fraass, komplexer Schubmodul, Kraftduktilität
- Nachweis der Additivierung durch IR-Spektroskopie
- Haftverhalten (Spaltzugversuch bei + 5 °C vor und nach Wasserlagerung, 40 °C, 96 h)
- Biegezugfestigkeit bei -5 °C und -15 °C an Probekörpern aus Bohrkernen Ø 300 mm

Die Asphalteeigenschaften wurden von der BAST durchgeführt.

In der Anlage 1 ist das Schema der Bohrkernentnahme enthalten.

Für die Mischgutuntersuchungen und die Bestimmung der Bindemittleigenschaften wurden Bohrkern Ø 150 mm verwendet, die zwischen den weitestgehend unbelasteten Rollspuren entnommen wurden, um einen Vergleich mit den Ausgangswerten bei Erstellung der Untersuchungsstrecken zu ermöglichen.

Um eine etwaige Nachverdichtung in den Rollspuren zu erfassen, wurden zusätzlich auch Bohrkern Ø 150mm in der rechten Rollspur entnommen.

Die Bohrkern Ø 100 mm für die Spaltzugfestigkeitsprüfungen wurden ebenfalls zwischen den Rollspuren entnommen.

Die Bohrkern Ø 300 mm für die Biegezugversuche stammen aus der rechten Rollspur, um etwaige Ermüdungserscheinungen zu erfassen.

## 3 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. Mit Ausnahme der Strecke B 51 Dahlem (Sübit VR 35) sind die Maßnahmen in einem sehr guten bis guten Zustand, wobei sich die Erprobungsabschnitte gleich oder günstiger als die Referenzabschnitte verhalten. Bei den Strecken Amelinghausen und Tannenberghal ist das Referenzbindemittel ein PmB 45 A, die mit Zusätzen additivierten Bindemittel 50/70 sind bei diesen Strecken dem PmB 45 A gleichwertig.

Bei allen Untersuchungsstrecken ist eine nur sehr geringe Spurrinnenbildung, die deutlich unter einem kritischen Wert von 10 mm liegt, zu beobachten. Die Rissbildungen der Strecken Neustrelitz und Dahlem lassen sich mit den ermittelten Eigenschaften der Asphalte und insbesondere der Bindemittleigenschaften erklären. Eine darüber hinaus gehende etwaig erforderlich werdende Ursachenermittlung war nicht Gegenstand dieses Auftrages.

Strecke	Gesamtnote und verwendete Bindemittel		
	Referenzabschnitt	Erprobungsabschnitt	Bemerkungen
Amelinghausen	PmB 45 A	50/70 +3 % Sasobit	
	1,5	1,6	
Veddeler Damm	50/70	50/70 + 4 % Sasobit	
	1,4	1,3	
Tasdorf	PmB 45	50/70+2,5% Asphaltan B	
	1,1	1,1	
B 193 Neustrelitz	50/70	50/70+2% Asphaltan B	
	1,1	1,1	
B 3 Schönstadt	50/70	50/70 + Zeolith	
	1,3	1,1	
B 283 Tannenbergtal	PmB 45 A	Sübit VR 45	
	1,1	1,1	
B 51 Dahlem- Olzheim	-*	Sübit VR 35	Risse in der Rollspur
	-	5	

\* Referenzabschnitt nicht vorhanden

Tab. 2: Visuelle Zustandserfassung mit Angabe der Gesamtnote

## 4 Querprofilmessungen

Für die jeweils rechte Rollspur wurde das Querprofil mittels Profilograph aufgenommen. Ein Beispiel ist exemplarisch in Anlage 3 enthalten. Es besteht praktisch kein Unterschied zwischen den Spurrinntiefen der Untersuchungsstrecken und den zugehörigen Referenzstrecken. Die Spurrinntiefen sind in der Tabelle 3 zusammengestellt.

Untersuchungsabschnitt	Spurrinntiefe [ mm ]	
	Erprobungsabschnitt	Referenzabschnitt
<b>Amelinghausen</b> 70/100 + 3% Sasobit / PmB 45 A	2 - 7	2 - 5
<b>Veddeler Damm</b> 50/70+ 4% Sasobit / 50/70	6 - 8 (15*)	6 - 10
<b>B 193 Neustrelitz</b> 50/70+2% Asphaltan B / 50/70	0	0
<b>L 303 Tasdorf</b> 50/70 + 2,5 % Asphaltan B / PmB 45 A	0	0
<b>B 3 Schönstadt</b> Zeolith / 50/70	4 - 5	5 - 6
<b>B 283 Tannenbergtal</b> Sübit VR 45 / PmB 45 A	4 - 5	2 - 3
<b>B 51 Dahlem- Olzheim</b> Sübit VR 35	2 - 3	-

\*Spurrinntiefe direkt vor Haltestreifen einer Ampel, mit Referenzstrecke nicht vergleichbar

Tab. 3: Spurrinntiefen in mm

## 5 Entnahme von Bohrkernen

Die Entnahme der Bohrkern für die labortechnischen Untersuchungen erfolgte einheitlich nach dem Bohrplan entsprechend Anlage 1. Für die Biegezugprüfungen und für die Ermittlung des Verdichtungsgrades wurden die Bohrkern aus der rechten Rollspur entnommen, um den Einfluss der Verkehrsbelastung (Ermüdung und Nachverdichtung) zu erfassen. Alle anderen Bohrkern wurden zwischen den Rollspuren entnommen, um eine möglichst unverfälschte Anbindung an den Ursprungszustand zu erhalten.

## 6 Bindemittelkenngößen und asphalttechnologische Kenngrößen

### 6.1 Bindemittelkenngößen

An den extrahierten Bindemitteln sind umfangreiche Bindemitteluntersuchungen durchgeführt worden, deren Ergebnisse in der Tabelle 4 zusammengefasst sind.

Bindemittleigenschaft	Einheit	Erprobungsabschnitt	Referenzabschnitt
<b>1 Amelinghausen</b>			
Bindemittelart		70/100 + 3 % Sasobit	PmB 45 A
Nadelpenetration	1/10 mm	35	28
Erweichungspunkt RuK	°C	72,5	61,8
Komplexer Schubmodul G* und Phasenwinkel $\delta$ bei 60 °C	Pa °	15434 74,5	21106 69,9
Brechpunkt nach Fraass	°C	- 6	-7
Max. Duktilitätskraft bei 20 °C	N	22,7	20,9
<b>2 Veddeleer Damm</b>			
Bindemittelart		50/70 + 4% Sasobit	50/70
Nadelpenetration	1/10 mm	28	33
Erweichungspunkt RuK	°C	78,4	64,4
Komplexer Schubmodul G* und Phasenwinkel $\delta$ bei 60 °C	Pa °	25637 74,8	12683 79,4
Brechpunkt nach Fraass	°C	- 5	- 6
Max. Duktilitätskraft bei 20 °C	N	41,3	15,7
<b>3 Neustrelitz</b>			
Bindemittelart		50/70+2% Asphaltan B	50/70
Nadelpenetration	1/10 mm	27	36
Erweichungspunkt RuK	°C	64,6	54,3
Komplexer Schubmodul G* und Phasenwinkel $\delta$ bei 60 °C	Pa °	17180 77,3	5475 84,0
Brechpunkt nach Fraass	°C	- 6	- 7
Max. Duktilitätskraft bei 20 °C	N	38,8	14,1
<b>4 Tasdorf - Eggersdorf</b>			
Bindemittelart		50/70+2,5 % Asphaltan B	PmB 45 A
Nadelpenetration	1/10 mm	20	32
Erweichungspunkt RuK	°C	69,9	61,4
Komplexer Schubmodul G* und Phasenwinkel $\delta$ bei 60 °C	Pa °	11300 81,3	43000 66,6
Brechpunkt nach Fraass	°C	- 8	- 2,5
Max. Duktilitätskraft bei 20 °C	N	25,15	40,60
<b>5 Schönstadt - Halsdorf</b>			
Bindemittelart		50/70+Zeolith	50/70
Nadelpenetration	1/10 mm	25	27
Erweichungspunkt RuK	°C	67,2	66,6
Komplexer Schubmodul G* und Phasenwinkel $\delta$ bei 60 °C	Pa °	24611 74,3	17424 75,7
Brechpunkt nach Fraass	°C	- 5	-6
Max. Duktilitätskraft bei 20 °C	N	36	37
<b>6 Tannenbergesthal - Mülleithen</b>			
Bindemittelart		Sübit VR 45	PmB 45 A
Nadelpenetration	1/10 mm	27	25
Erweichungspunkt RuK	°C	70,0	70,4
Komplexer Schubmodul G* und Phasenwinkel $\delta$ bei 60 °C	Pa °	16783 70,8	15400 67,5
Brechpunkt nach Fraass	°C	- 9	-11
Max. Duktilitätskraft bei 20 °C	N	25	26

Tab. 4: Bindemittelkenndaten

Bindemittleigenschaft	Einheit	Erprobungsabschnitt	Referenzabschnitt
<b>7 Dahlem - Olzheim</b>			
Bindemittelart		Sübit VR 35	-
Nadelpenetration	1/10 mm	21	-
Erweichungspunkt RuK	°C	73,2	-
Komplexer Schubmodul G* und Phasenwinkel $\delta$ bei 60 °C	Pa °	87316 59,5	
Brechpunkt nach Fraass	°C	- 6	-
Max. Duktilitätskraft bei 20 °C	N	42	-

**Forts. Tab. 4:** Bindemittelkenndaten

In Bild 1 sind die Bindemittelkenndaten der Erprobungsabschnitte graphisch dargestellt. Alle Streckenabschnitte sind hinsichtlich der Bitumenhärteklasse, die sich aus der Penetration ergibt, in die Klassen 20/30 bzw. 30/45 einzustufen. Auffällig ist, dass der Erprobungsabschnitt Dahlem mit Rissen in der Rollspur auch den niedrigsten Penetrationswert und die höchste Steifigkeiten (komplexer Schubmodul) aufweisen. Der zugehörigen Erweichungspunkte RuK deutet hingegen nicht auf eine besondere Rissanfälligkeit hin.

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 bestätigten bisherige Erfahrungen mit derartigen Bindemitteln [1], nach denen das Verhalten bei tiefen Temperaturen dominant durch das verwendete Grundbitumen bestimmt wird.

Die Brechpunkte nach Fraass liegen bis auf die Referenzstrecke Tasdorf - Eggersdorf in einem Bereich, der erfahrungsgemäß noch nicht auf eine besondere Rissempfindlichkeit hindeutet. In Bild 2 ist die Veränderung des Erweichungspunktes RuK während der Nutzungsdauer graphisch dargestellt (siehe auch Tabelle 5).

Bei allen Strecken ist der Anstieg des Erweichungspunktes RuK während der Nutzungsdauer bei den Erprobungsabschnitten geringer oder entspricht dem der Referenzbindemittel. Dies deutet darauf hin, dass das Alterungsverhalten der additivierten Bindemittel gleich oder geringfügig günstiger ist als bei den Referenzbindemitteln. Der „Abfall“ des Erweichungspunktes RuK bei der Untersuchungsstrecke Dahlem ist zweifelhaft und technisch nicht zu erklären. Vermutlich sind die uns benannten Ausgangswerte der Kontrollprüfung nicht kompatibel mit den zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung festgestellten

Werten (Doppelbestimmung). Der Anstieg des Erweichungspunktes RuK ist in der Regel von dem Hohlraumgehalt in der verdichteten Asphaltsschicht abhängig und steigt ab einem Hohlraumgehalt von 6 Vol.-% um 1 °C pro Jahr an.

In Bild 3 ist der Zusammenhang zwischen dem Erweichungspunkt RuK und dem Hohlraumgehalt dargestellt, wobei die Strecke Dahlem unberücksichtigt bleibt. Zwischen den Kenngrößen Hohlraumgehalt in der Schicht und dem Anstieg des Erweichungspunktes RuK besteht kein Zusammenhang, so dass davon ausgegangen werden kann, dass das unterschiedliche Alterungsverhalten überwiegend auf die Bindemittelsysteme selbst zurückzuführen ist.

In Bild 4 sind die Kraftduktilitätskurven bei 20 °C dargestellt. Die Kraftduktilitätsprüfung erfolgte in Anlehnung an die TL PmB 2001 mit zerlegbaren Formen nach DIN 52 013 (Form mit Einschnürung). Die polymermodifizierten Bindemittel sind auch nach Alterung eindeutig durch ihren charakteristischen zweiten Anstieg der Kraft-Verformungskurve zu identifizieren. Das erste Kraftmaximum wird durch das Grundbitumen bestimmt, während der weitere Verlauf der Kraft-Verformungskurve von einem etwaigen räumlichen Netzwerk aus Polymerketten bestimmt wird, welches bei weiterer Dehnung Kräfte aufnimmt und zu einem zweiten Anstieg der Kraft-Verformungskurve führt.

Die mit Wachsen additivierten Bitumen weisen eine Elastizität auf, die im DSR-Versuch durch einen kleineren Phasenwinkel nachzuweisen ist. Es entsteht jedoch kein mit Polymeren vergleichbares Netzwerk. Bei den mit Wachsen additivierten Bitumen 50/70 ist ein zweites Kraftmaximum nicht vor-

Bindemittelkennndaten am extrahierten Bindemittel

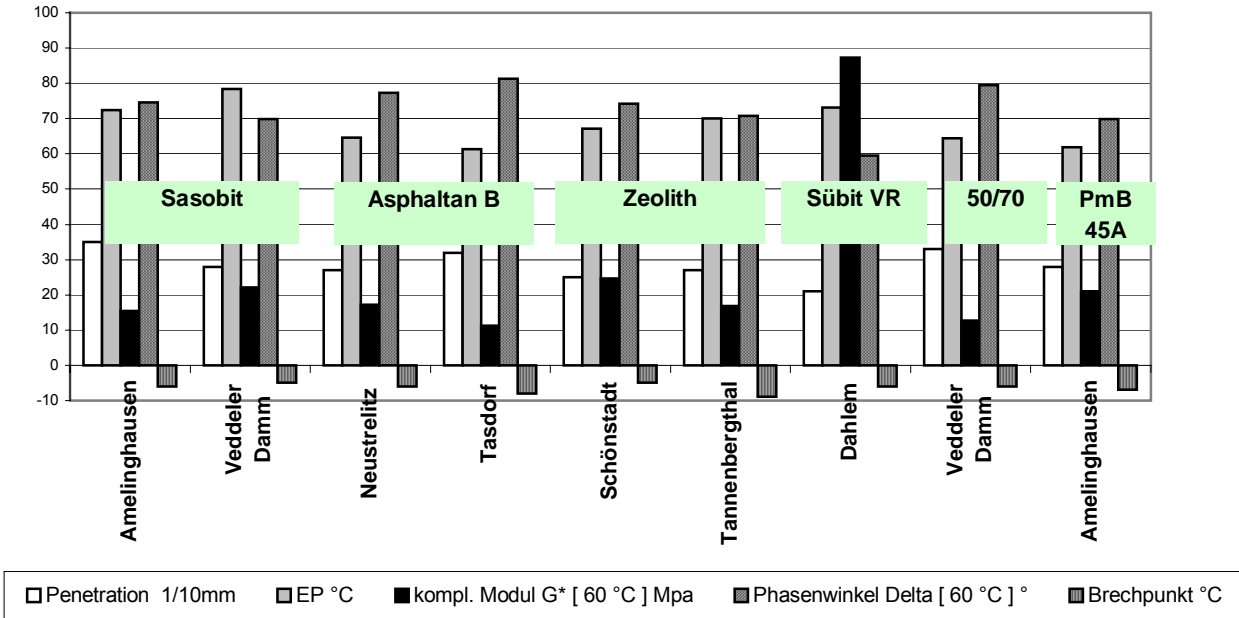


Bild 1: Bindemittelkennndaten am extrahierten Bindemittel

Anstieg des Erweichungspunktes R&K während der Nutzung

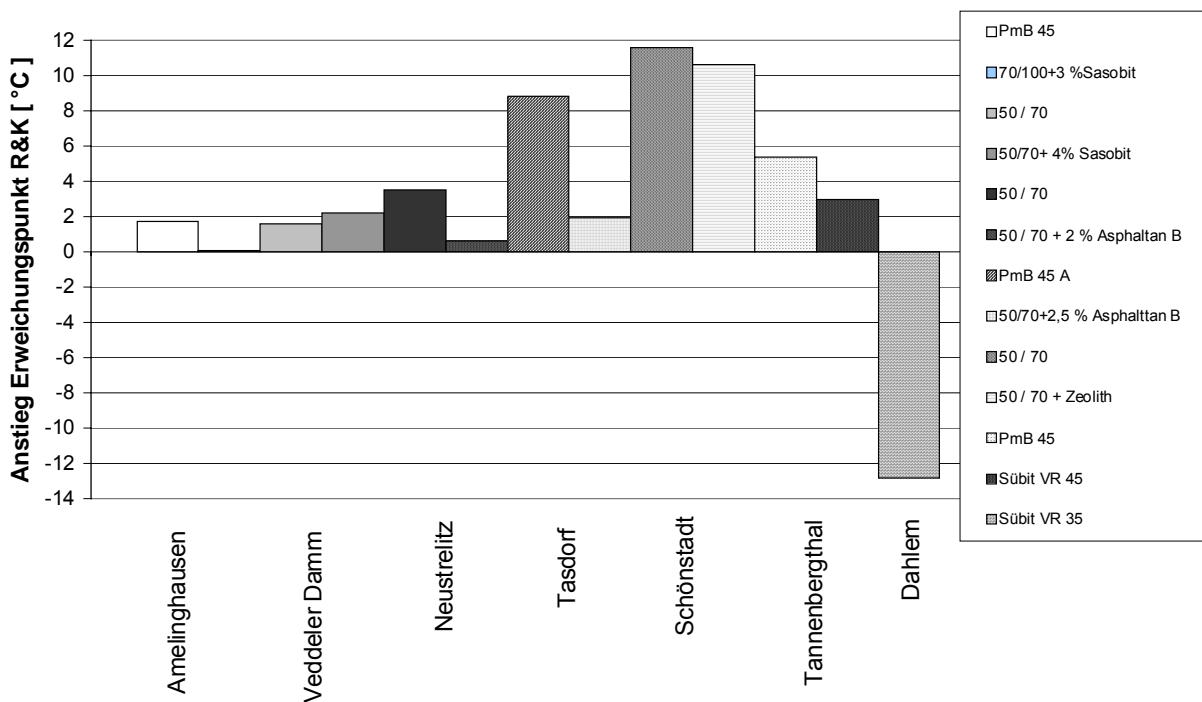


Bild 2: Veränderung des Erweichungspunktes RuK

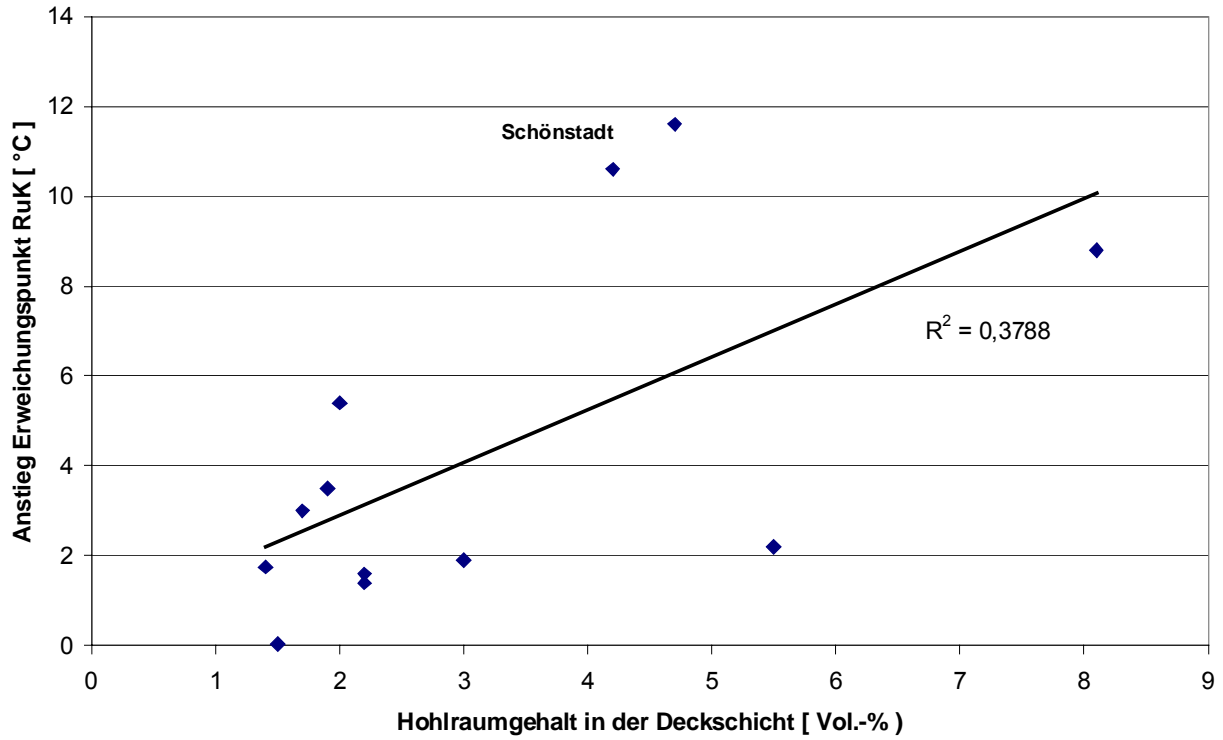


Bild 3: Zusammenhang zwischen Anstieg des Erweichungspunktes RuK und dem Hohlraumgehalt

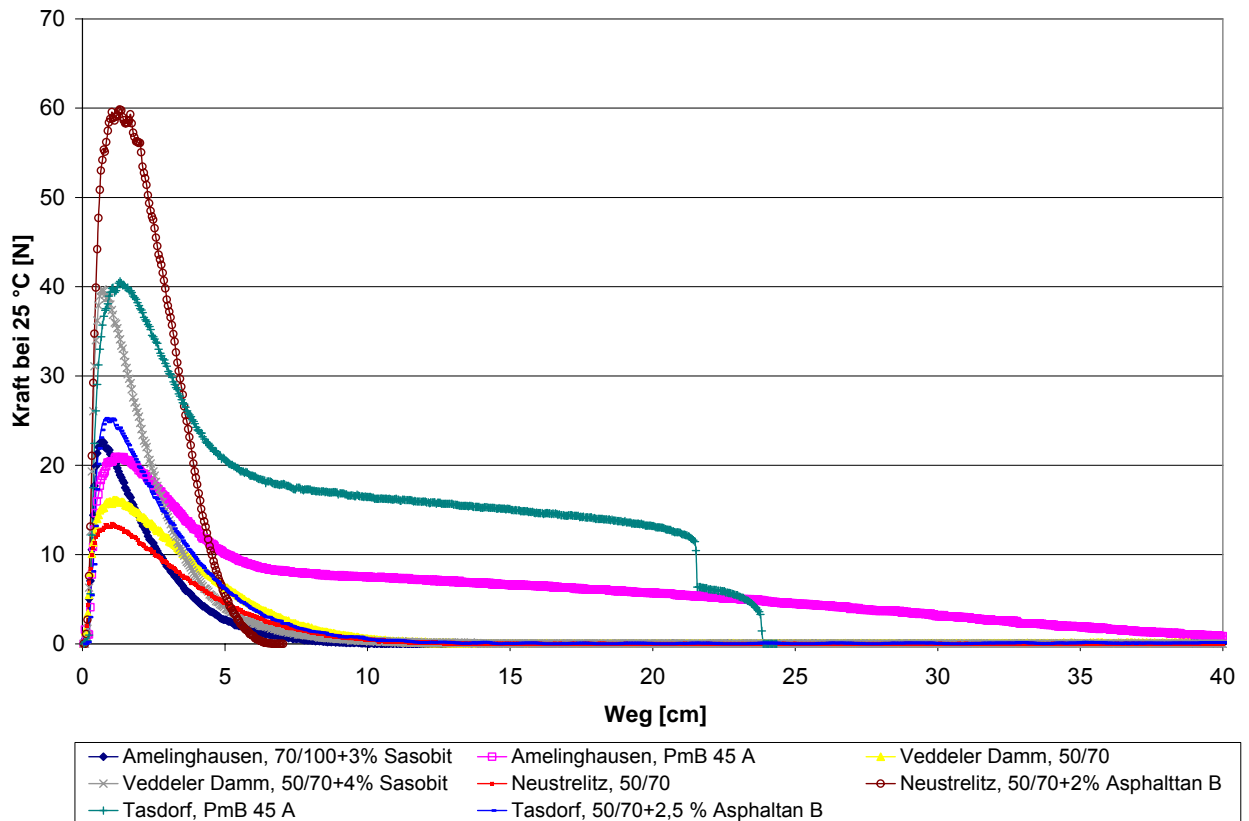


Bild 4: Kraftduktilität bei 20 °C

handen, so dass man auch nicht von einem zusammenhängenden elastischen räumlichen Netzwerk ausgehen kann.

Bei den hier untersuchten Strecken sind keine mit Wachsen additvierten PmB's verwendet worden, so dass der oben beschriebene Kraft-Verformungsverlauf hier nicht festgestellt wurde; von den Beobachtungsstrecke BAB A7 und B 106 ist jedoch bekannt, dass die dort additvierten PmB's ein ähnliches Kraftduktilitätsverhalten aufweisen wie die reinen PmB's [2]. Die Kraftduktilitätsprüfung ist daher auch für die viskositätsabsenkenden Bindemittel auf der Basis von polymermodifizierten Bindemittel eine geeignete Prüfmethode zur Charakterisierung der Bindemittleigenschaften.

In Bild 5 ist der komplexe Schubmodul  $G^*$  unterhalb der Kristallisationstemperatur der Additive am rückgewonnenen Bindemittel dargestellt. In Bild 5.1 ist exemplarisch die Wirkung des Wachses Sasobit verdeutlicht: im oberen Gebrauchstemperaturbereich von 60 °C bis 70 °C erhöht sich die Steifigkeit um den Faktor 1,7 bis 2,0; dementsprechend erhöht sich auch der Widerstand gegen visko-plastische Verformungen. Bei ca. 100 °C schneiden sich die  $G^*$ -Kurven, d.h. dass oberhalb von ca. 100 °C die Viskosität des additvierten Bindemittels kleiner wird als das Grundbitumen, was zu dem verflüssigenden Effekt führt.

In Bild 5.2 ist die Wirkung eines anderen handelsüblichen Wachses dargestellt, welches in dem Sübit VR 45 (50/70 + Licomont) verwendet wird. Hier liegt der komplexe Schubmodul  $G^*$  bereits ab ca. 80 °C niedriger als das Referenzbindemittel PmB 45 A. In Bild 5.2 ist auch der Verlauf des komplexen Schubmoduls  $G^*$  des Bitumen 50/70 des Veddeler Damm dargestellt. Auch wenn das Bitumen 50/70 des Sübit VR 45 sicherlich nicht mit dem des Veddeler Damm identisch ist, so kann man erkennen, dass das Licomont ebenfalls ab ca. 100 °C das Grundbindemittel verflüssigt.

Die Ermittlung des Komplexen Schubmoduls  $G^*$  bei verschiedenen Temperaturen gibt indirekte Auskunft über die Viskosität des Bindemittels. Die mit Wachsen additvierten Bindemittel sollten in dem Temperaturbereich, in dem die Wachse auskristallisieren (ca. 80 °C bis 120 °C), einen Knick in dem Kurvenverlauf  $G^*$  / Temperatur aufweisen, der jedoch hier nicht deutlich ausgeprägt ist. Das liegt daran, dass die Wachse Kohlenwasserstoffketten mit unterschiedlich hoher Anzahl von C – Atomen aufweisen, was zwangsläufig zu unterschiedlichen Schmelzpunkten der einzelnen Ketten führt. Bei Abküh-

lung des Bindemittelsystems kristallisieren die einzelnen unterschiedlich langen Wachsketten bei entsprechend unterschiedlichen Temperaturen aus. Die dadurch hervorgerufene Veränderung der Viskosität vollzieht sich somit innerhalb eines „gestreckten“ Temperaturbereiches.

Die Additivierung mit Sasobit führt unabhängig vom Grundbitumen (PmB 45 oder 50/70) zu einem verflüssigenden Effekt ab ca. 80 °C bis 100 °C. Oberhalb dieses Temperaturbereiches ist das Referenzbindemittel steifer als das mit Sasobit additvierte Bindemittel. Vergleicht man ein Bitumen 50/70 + 3 M.-% Sasobit mit einem PmB 45 A, so nähert sich die Steifigkeit beider Bindemittel erst ab < ca. 40 °C an. Die Elastizität, ausgedrückt durch einen niedrigen Phasenwinkel, ist bei dem PmB 45 A deutlich größer als bei dem additvierten Bindemittel 50/70. Beim direkten Vergleich Bitumen 50/70 und 50/70 + 3 M.-% Sasobit ist das additvierte Bindemittel < 100 °C steifer, d.h. es weist eine höhere Wärmestandfestigkeit auf. Der niedrigere Phasenwinkel  $\delta$  weist zwar auf eine höhere Elastizität hin, die jedoch - wie oben erklärt - durch die Kraftduktilitätsprüfung nicht bestätigt werden kann.

Die Wirkung der Additivierung eines Bitumen 50/70 mit Asphaltan B führt ebenfalls zu einer deutlichen Viskositätsabsenkung und ist mit den anderen Wachsen vergleichbar.

Die Additivierung mit Zeolith führt erwartungsgemäß zu keiner Elastifizierung, jedoch zu einer geringfügigen Versteifung des Bindemittels, was vermutlich auf einen rein physikalischen Effekt zurück zu führen ist: die mikroporösen Zeolithe „saugen“ während der Nutzungszeit leichtere Bestandteile des Bitumens auf, die bei der Extraktion nicht mehr zurückgewonnen werden. Diese Aussage ist jedoch durch weiterführende Untersuchungen zu bestätigen.

Die mit Amidwachsen additvierten Bindemittel Sübit VR 35 und 45 zeigen einen deutlich verflüssigenden Effekt ab ca. 95 °C bis 100 °C. Bei dem Sübit VR 35 ist der komplexe Schubmodul jedoch sehr hoch. Bei 60 °C liegt er bei 87000 Pa, was eindeutig zu hoch ist und ursächlich für die beobachtete Rissbildung ist. Dieses Bindemittel sollte für Deckschichten, die



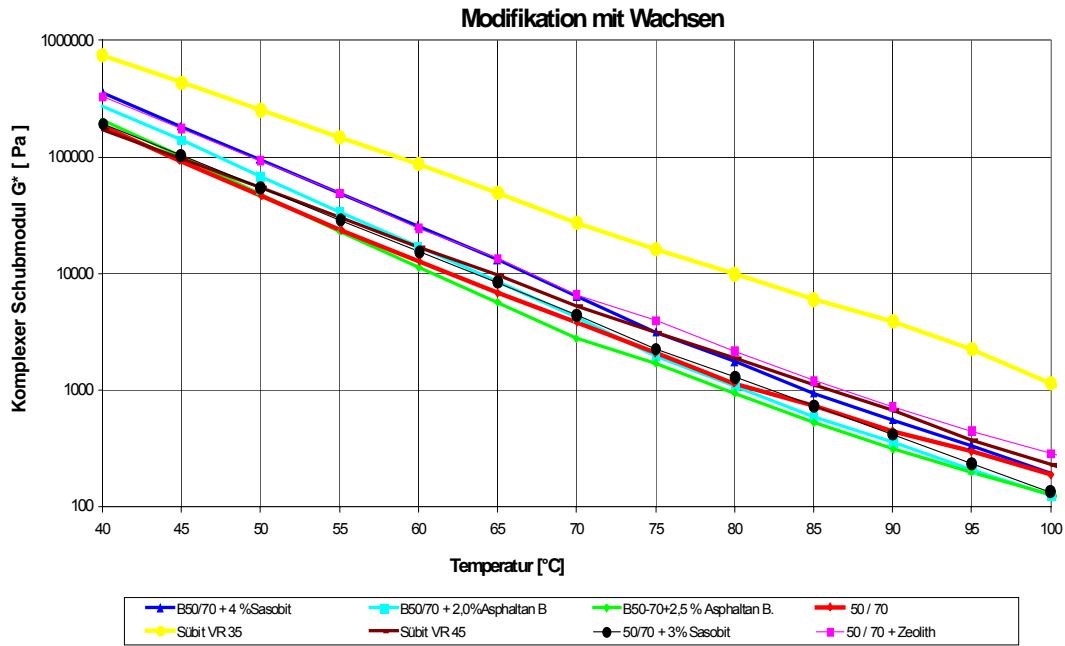


Bild 5: Verlauf des komplexen Schubmoduls G\*

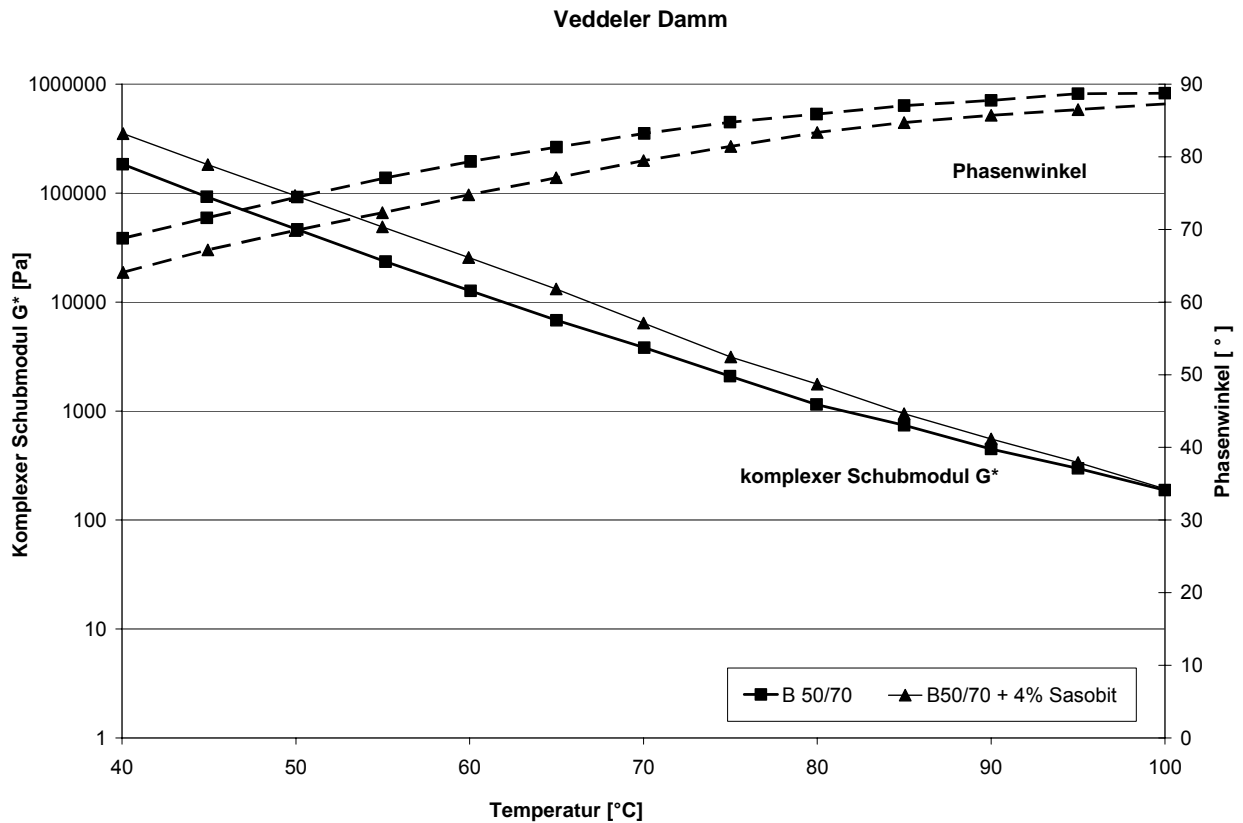
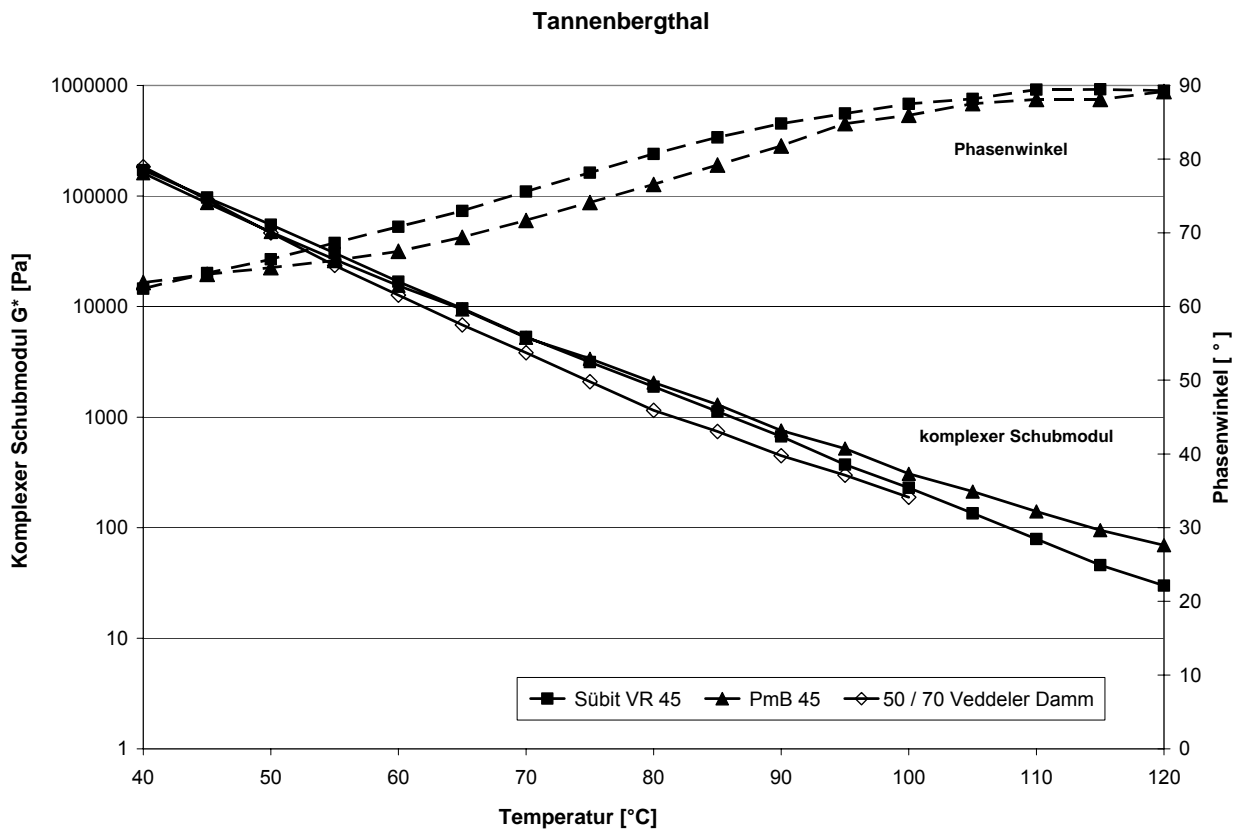


Bild 5.1: Komplexer Schubmodul G\* und Phasenwinkel δ eines 50/70 mit und ohne Sasobit



**Bild 5.2:** Komplexer Schubmodul  $G^*$  und Phasenwinkel Sübit VR 45, PmB 45 A und 50/70 Veddeler Damm

direkt einer Temperatur-Beanspruchung bei Abkühlung ausgesetzt sind, nicht verwendet werden.

## 6.2 Asphalttechnologische Kenngrößen

In der Anlage 4 sind die wichtigsten asphalttechnologischen Prüfergebnisse der einzelnen Untersuchungsstrecken 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 Bohrkern zu entnehmen, an denen ursprünglich die Kontrollprüfungen durchgeführt worden sind, da deren Stationierung in der Regel nicht bekannt waren. Gleichwohl können die tendenziellen Veränderungen durch Verkehrsbeanspruchung und Liegezeit beurteilt werden.

In der Tabelle 5 sind die Kenngrößen Spurrinentiefe und Erweichungspunkt RuK zusammengestellt, die eine Aussage über die Wärmestandfestigkeit und die Bindemittelalterung machen. Alle Untersuchungsabschnitte weisen einen hohen bis sehr hohen Verformungswiderstand bei höheren Gebrauchstemperaturen auf.

Zwischen den Erprobungsabschnitten und den jeweiligen Referenzabschnitten bestehen praktisch keine Unterschiede hinsichtlich der Spurrinnenbildung. Die wohl am stärksten belastete Strecke Veddeler Damm, Hamburg, mit einem Anteil an Schwerlastverkehr von über 25 % (Hafengebiet) liegt im Stauraum einer Ampel mit Linksabbiegeverkehr. In den Bereichen mit vergleichbarer Verkehrsbelastung sind die Spurrinntiefen im Referenzabschnitt um bis zu 66 % größer, liegen jedoch immer noch unterhalb des kritischen Wertes von 15 mm.

Hinsichtlich der Spurrinnenbildung sind die Strecken mit additivierten Bindemittel 50/70 und PmB 45 A gleichwertig. Hinsichtlich der Alterung der Bindemittel, ausgedrückt durch den Anstieg des Erweichungspunktes RuK, ist ebenfalls kein signifikanter Unterschied zwischen den Erprobungsabschnitten und den Referenzabschnitten zu beobachten. Tendenziell scheinen die additivierten Bindemittel geringfügig langsamer zu altern. Diese würde Erkenntnisse aus dem Forschungsvorhaben FE 07/203/2002/CBR (BAB A7 und B 106) [2] bestätigen, in dem bei einer Alterung im Labor (Rotierender Kolben und PAV-Alterung) ebenfalls festgestellt werden konnte, dass die additivierten Bindemittel eine geringfügig langsamere oxidative Alterung erfahren als ein Referenzbindemittel PmB 45 A.

Strecke	Spurrinnentiefe [mm]	Erweichungspunkt RuK [ °C ]		
		Bei Einbau	Nach Liegezeit	Veränderung nach Liegezeit
<b>Amelinghausen</b> 70 /100 + 3% Sasobit / PmB 45 A			5*	
Erprobungsabschnitt	2-7	74,25	72,35	-1,9
Referenzabschnitt	2-5	60,5	62,25	1,75
<b>Veddeler Damm</b> 50/70+ 4% Sasobit / 50/70			6*	
Erprobungsabschnitt	4 - 6 (15**)	74,0	76,2	2,2
Referenzabschnitt	6-10	55,5	56,0	0,5
<b>B 193 Neustrelitz</b> 50 / 70+2% Asphaltan B / 50/70			4*	
Erprobungsabschnitt	0	64,0	64,6	0,6
Referenzabschnitt	0	52,8	54,3	1,5
<b>L 303 Tasdorf</b> 50 / 70 + 2,5 % Asphaltan B / PmB 45 A			3*	
Erprobungsabschnitt	0	59,4	61,3	1,9
Referenzabschnitt	0	61,1	69,9	8,8
<b>B 3 Schönstadt</b> Zeolith / 50 /70			5*	
Erprobungsabschnitt	4-5	56	66,6	10,0
Referenzabschnitt	5-6	56	67,6	11,6
<b>B 283 Tannenbergtal</b> Sübit VR 45 / PmB 45 A			5*	
Erprobungsabschnitt	4-5	-	70,0	-
Referenzabschnitt	2-3	-	70,6	-
<b>B 51 Dahlem- Olzheim</b> Sübit VR 35			6*	
Erprobungsabschnitt	2-3	86	73,2	- 12,8

\* Liegezeit [Jahre] \*\* direkt vor dem Haltestreifen einer Ampel mit Schwerlastverkehr

Tab. 5: Spurrinnentiefe und Erweichungspunkt RuK bei Einbau und nach x Jahren Liegezeit

Auffällig ist der starke Anstieg des Erweichungspunktes RuK bei der Strecke Schönstadt (50/70 +Zeolith): trotz eines geringen Hohlraumgehaltes in der Deckschicht von 4,2 Vol.-% bis 4,7 Vol.-% ist der Erweichungspunkt RuK sowohl in dem Referenzabschnitt als auch im Erprobungsabschnitt um 11,6 °C bzw. 10,0 °C angestiegen. Eine Erklärung kann hierfür nicht gegeben werden.

In Bild 6 sind die Hohlraumgehalte der verdichteten Deckschicht zwischen den Rollspuren dargestellt. Bis auf Tastorf und Dahlem wird der Anforderungswert von < 6 Vol.-% eingehalten.

In der Tabelle 6 ist die Nachverdichtung in der rechten Rollspur dargestellt, ausgedrückt durch die Verringerung des Hohlraumgehaltes während der Nutzungsdauer.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Dichtezustand zwischen den Rollspuren noch weitestgehend dem ursprünglichen Dichtezu-

stand bei Herstellung der Deckschicht entspricht. Die Erprobungsabschnitte weisen eine geringere oder vergleichbare Nachverdichtung infolge Verkehrseinwirkung auf, was in der Bild 7 graphisch dargestellt ist.

## 7 Untersuchungen an Asphaltprobekörpern

Neben der Ermittlung der Mischgutzusammensetzung und dem Verdichtungszustand wurde an den Asphaltan das Verhalten gegenüber Wassereinwirkung (Haftung) und bei tiefen Temperaturen untersucht. Letztere Untersuchungen an Asphaltprobekörpern aus der Deckschicht wurden von der BAST durchgeführt.

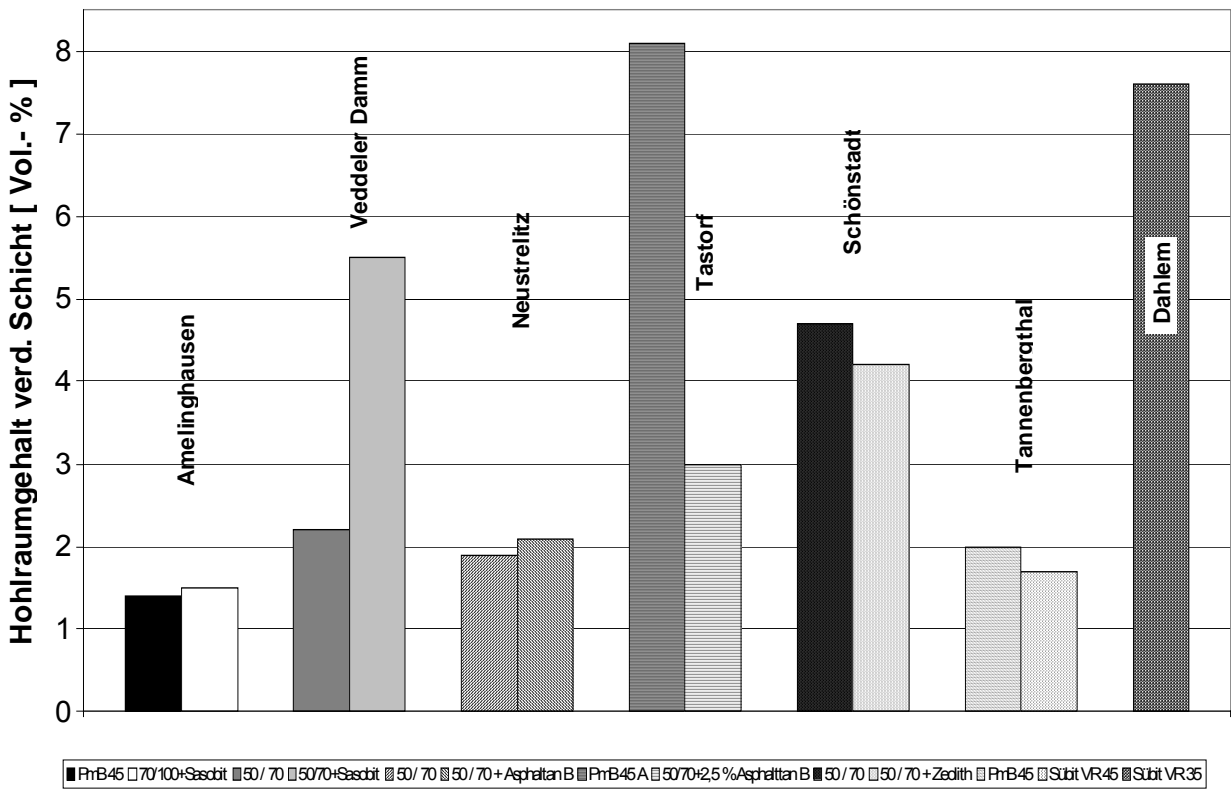


Bild 6: Hohlraumgehalt der verdichteten Schicht

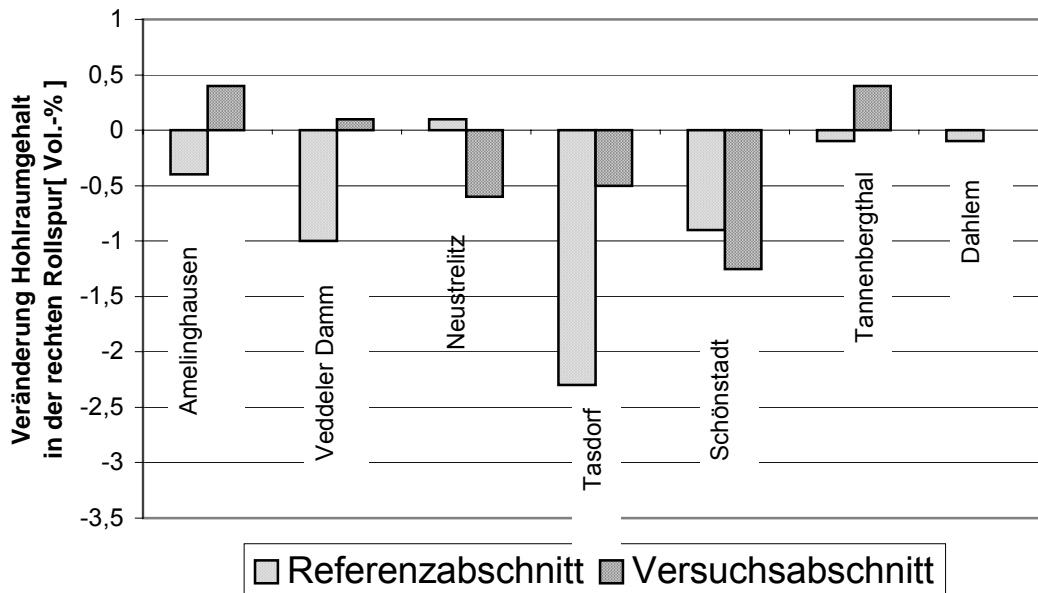


Bild 7: Nachverdichtung infolge Verkehrseinwirkung

Untersuchungsabschnitt	Hohlraumgehalt [ Vol.-% ]			
	neben der Rollspur		Rollspur	
	Ver-suchs-ab-schnitt	Refe-renz-ab-schnitt	Ver-suchs-ab-schnitt	Refe-renz-ab-schnitt
<b>Amelinghausen</b> 70 /100 + 3% Sasobit / PmB 45 A	0,9	2,0	1,3	1,6
<b>Veddeler Damm</b> 50/70+ 4% Saso-bit / 50/70	3,2	2,8	3,3	1,8
<b>B 193 Neustrelitz</b> 50 / 70+2% Asphaltan B / 50/70	2,1	1,8	1,6	1,9
<b>L 303 Tasdorf</b> 50/70 + 2,5 % Asphaltan B / PmB 45 A	3,2	9,2	2,7	6,9
<b>B 3 Schönstadt</b> Zeolith / 50 /70	4,9	4,5	3,7	3,6
<b>B 283 Tannen-bergthal</b> Sübit VR 45 / PmB 45 A	1,5	2,0	1,9	1,9
<b>B 51 Dahlem-Olzheim</b> Sübit VR 35	7,9	-	7,8	-

Tab. 6: Hohlraumgehalt neben und in der rechten Rollspur

## 7.1 Haftverhalten

Für viskositätsabsenkende Bindemittel werden überwiegend Wachse / Paraffine eingesetzt, die das Haftverhalten ungünstig beeinflussen könnten. Da das Haftverhalten für die Dauerhaftigkeit von Asphalt-schichten von sehr großer Bedeutung ist, ist zur Beurteilung des Langzeitverhaltens zu überprüfen, ob sich die Additive nachteilig auf das Haftverhalten ausgewirkt haben. Um die Haftung zwischen Bindemittel und Mineralstoffen zu untersuchen, wurden Spaltzugversuche bei + 5 °C vor und nach Wasserlagerung (96 Stunden bei 40 °C) an Bohrkernen Ø 100 mm durchgeführt. Die Bohrkern wurden zwischen den Rollspuren entnommen, um den durch Verkehr am geringsten beanspruchten Bereich zu erfassen. Es wurden jeweils 4 bzw. 5 Probekörper vor und nach Wasserlagerung geprüft. Die um Ausreißer bereinigten Mittelwerte sind weiter ausgewertet. In der Tabelle 7 sind die Ergebnisse der Spaltzugprüfung enthalten und in der Bild 8 graphisch dargestellt. Zunächst ist auffällig, dass die Spaltzugfestigkeit teilweise nach

Wasserlagerung höher ist als vor der Wasserlagerung. Dies kann damit zusammenhängen, dass zum einen die Dicke der Probekörper mit ca. 40 mm relativ gering ist und zum anderen die Bohrkernprobekörper naturgemäß eine größere Inhomogenität aufweisen. Damit ist eine erhöhte Prüfstreuung zu erklären. Ein Zusammenhang zwischen der Spaltzugfestigkeit und dem Hohlraumgehalt des Probekörpers ist nicht zu erkennen, wie Bild 9 zeigt.

	Spaltzugfestigkeit -5 °C	Spaltzugfestigkeitsveränderung nach Wasserlagerung	Hohlraumgeh. Hbit
	[ N/mm <sup>2</sup> ]	[ % ]	[ Vol.-% ]
<b>Amelinghausen</b>			
Sasobit	3,02	-0,3	1,45
Sasobit n.W.	3,01		
PmB	2,99	21,1	1,40
PmB n.W.	3,63		
<b>Veddeler Damm</b>			
Sasobit	1,22	108,4	5,50
Sasobit n.W.	2,55		
50/70	2,84	-23,2	2,20
50/70 n.W.	2,18		
<b>Neustrelitz</b>			
Asphaltan B	3,83	- 3,9	2,2
Asphaltan B n.W.	3,68		
50/70	0,50	166,4	1,85
50/70 n.WL.	1,33		
<b>L 303 Tasterf</b>			
Asphaltan B	3,142	-20,8	2,95
Asphaltan B n.W.	2,49		
PmB 45	2,76	-19,9	8,05
PmB 45 n.W.	2,21		
<b>Schönstadt</b>			
Zeolith	1,57	55,2	4,20
Zeolith n.W.	2,43		
B 50/70	1,01	-2,7	4,70
B 50/70 n.W.	0,98		
<b>Tannen-bergsthal</b>			
Sübit VR 45	2,25	12,5	1,70
Sübit VR 45 n.W.	2,53		
PmB 45	3,53	-1,7	2,00
PmB 45 n.W.	3,47		
<b>Dahlem</b>			
Sübit VR 35	1,79	4,7	7,60
Sübit VR 35 n.W.	1,88		

Tab. 7: Prüfergebnisse der Spaltzugprüfung bei +5 °C vor und nach Wasserlagerung bei 40 °C über 96 h

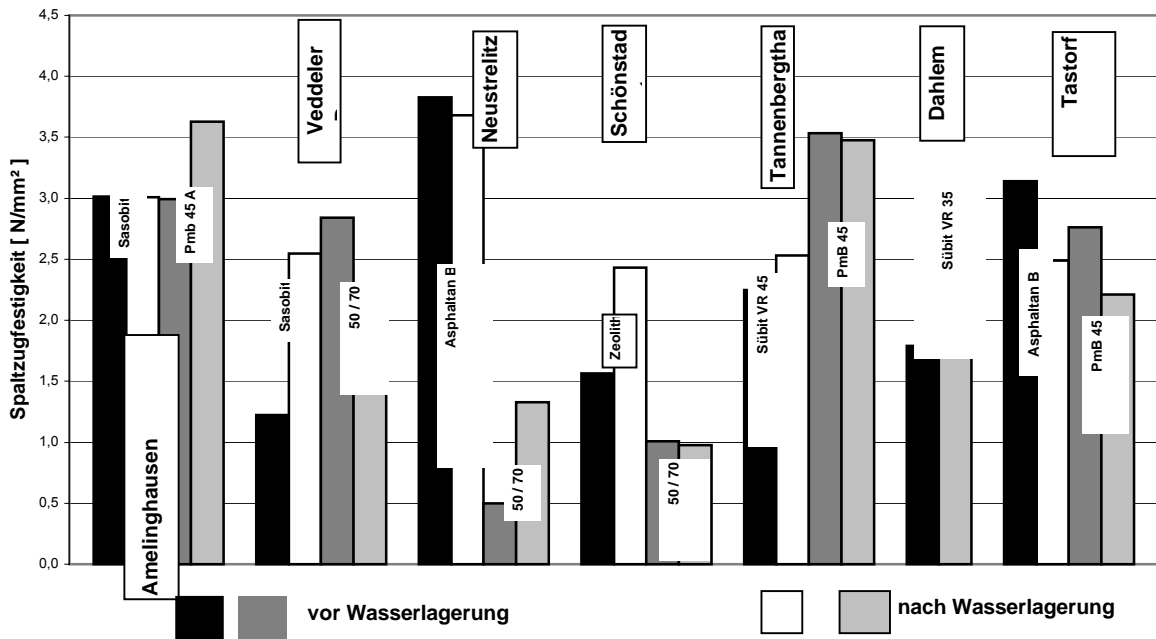


Bild 8: Spaltzugfestigkeit vor und nach Wasserlagerung

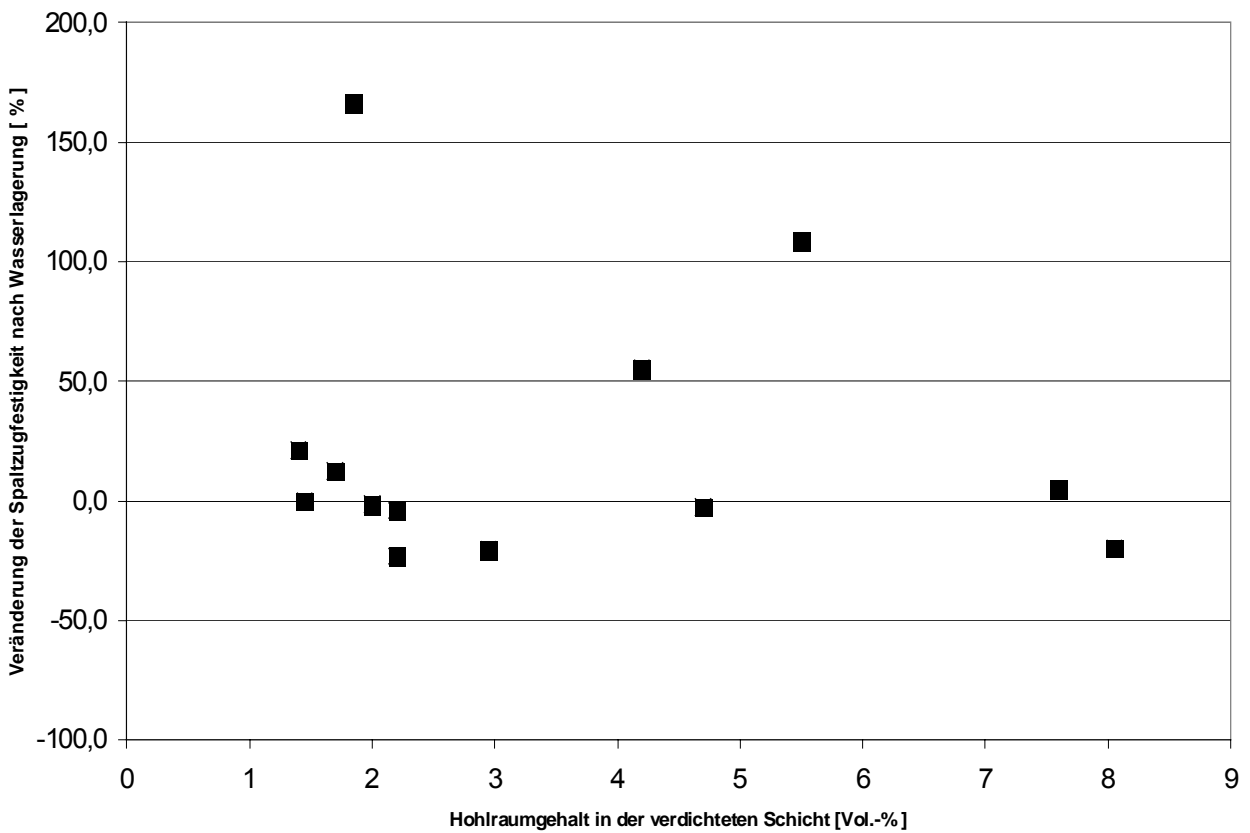


Bild 9: Spaltzugfestigkeit in Abhängigkeit vom Hohlraumgehalt

Trotz dieser Unzulänglichkeiten kann tendenziell festgestellt werden, dass sich die mit Fischer-Tropsch-Wachse (Sasobit), Zeolith und Amidwachs (Sübit) additivierten Bindemittel gleich oder günstiger auf das Haftverhalten auswirken als die jeweiligen Referenzbindemittel. Nach unseren Erfahrungen ist ein Abfall der Spaltzugfestigkeit bis maximal 30 % noch zu tolerieren.

## 7.2 Biegezugfestigkeit an Probekörpern aus Bohrkernen Ø 300mm

Zur Beurteilung des Verhaltens bei tiefen Temperaturen wurden Biegezugprüfungen bei  $-5\text{ °C}$  und  $-15\text{ °C}$  an Prismen  $b \times h \times l = 40 \times 40 \times 100\text{ mm}$  ( $l$  = Stützweite zwischen den Auflagern) durchgeführt, die aus Bohrkernen Ø 300 mm herausgesägt wurden. Die Bohrkern sind zwischen den Rollspuren entnommen worden, um den Einfluss einer unterschiedlichen Verkehrsbelastung weitestgehend auszuschließen.

Arand et al. [3], [4] haben festgestellt, dass die Zugfestigkeit von Asphalten unterhalb  $+20\text{ °C}$  mit fallender Temperatur zunimmt und je nach Mischgutzusammensetzung und Bindemittelart zwischen ca.  $-5\text{ °C}$  und  $-15\text{ °C}$  ein Maximum erreicht. Bei weiter fallender Prüftemperatur nimmt die Zugfestigkeit wieder ab. Dies gilt analog auch für die Biegezugfestigkeit. Neben der Rissempfindlichkeit ist auch das Ermüdungsverhalten von Asphalten stark von der Temperatur abhängig, so dass der Beurteilung des Verhaltens bei tiefen Temperaturen grundsätzliche Bedeutung zukommt. Rubach [5] hat festgestellt, dass die Anzahl der ertragbaren Lastwechsel bis zum Bruch:

- mit steigendem Bindemittelgehalt zunimmt
- mit steigendem Füllergehalt zunimmt
- mit der Härte des Bindemittels i.d.R. abnimmt
- mit steigender Größe der verkehrsbedingten Zugspannungen überproportional abnimmt.

Die Aussagen gelten für Normbitumen 20/30, 50/70 und 160/220. Es wird hypothetisch davon ausgegangen, dass diese Aussagen auch auf andere Bindemittelarten (PmB und anderweitig modifizierte Bindemittel) zu übertragen sind.

Die hier modifizierten Bitumen/Asphalte sind als „härtere“ Bindemittel einzustufen. Nach [4] nimmt die maximal aufnehmbare Zugfestigkeit mit zunehmender Härte des Bindemittels geringfügig

ab. Es ist zu prüfen, ob dies auch für die mit Wachsen additivierten Bindemittel zutrifft.

Von der BAST konnten keine Abkühlversuche nach Arand im axialen Zugversuch durchgeführt werden, da die dafür notwendige Prüfeinrichtung nicht zur Verfügung stand. Um dennoch eine Aussage über das Verhalten bei tiefen Temperaturen treffen zu können, wurden der o.g. Biegezugversuch angewendet. Aus der Betontechnologie ist bekannt, dass das Verhältnis Biegezugfestigkeit zu axialer Zugfestigkeit zwischen 1,3 bis 2,0 liegt [7]. Bei den hier untersuchten Asphalten ist die Biegezugfestigkeit in etwa doppelt so hoch wie die axiale Zugfestigkeit vergleichbarer Asphalte.

Die Erkenntnisse von Rubach dürften analog auf die Biegezugfestigkeit übertragbar sein.

Die Prüfung erfolgt bei  $-5\text{ °C}$  und  $-15\text{ °C}$ . Bei einer Temperaturstufe wurden 4 bzw. 5 Probekörper geprüft. Die Prüfergebnisse sind nur innerhalb einer Untersuchungsstrecke vergleichend zu interpretieren. Darüber hinaus ist eine absolute Bewertung der Prüfergebnisse von Biegezugversuchen über das Verhältnis der Biegezugfestigkeit bei  $-5\text{ °C}$  zu Biegezugfestigkeit bei  $-15\text{ °C}$  möglich.

In der Tabelle 8 sind die Ergebnisse der Biegezugversuche dargestellt. In den Bildern 10 bis 19 sind die Ergebnisse der Tabelle 8 graphisch aufbereitet. Die Biegezugfestigkeit eines Balken auf zwei Stützen errechnet sich in Balkenmitte aus der Bruchlast  $P$  und dem Widerstandsmoment des Rechteckquerschnittes zu

$$\beta_{bz} = 3 \cdot P \cdot l / (2 \cdot b \cdot h^2)$$

mit

$$\begin{aligned} P &= \text{Bruchlast [ N ]} \\ L &= \text{Stützweite [ mm ]} \\ B &= \text{Breite [ mm ]} \\ H &= \text{Höhe [ mm ]} \end{aligned}$$

Der in der Tabelle 8 angegebene E-Modul  $[N/mm^2]$  errechnet sich zu

$$E = P \cdot l^3 / (8 \cdot f \cdot b \cdot h^2)$$

mit

$$f = \text{Durchbiegung in Balkenmitte beim Bruch}$$

Die absoluten Werte der Biegezugfestigkeit (Bild 10 und 11) lassen keine qualitative Aussage über das Verhalten bei tiefen Temperaturen zu. Die additivierten „härteren“ Asphalte weisen in der Regel eine höhere Biegezugfestigkeit auf, was jedoch neutral zu bewerten ist. Das Verhältnis der Biegezugfestigkeiten bei  $-5\text{ °C}$  und  $-15\text{ °C}$  ist aussagekräftiger: je

	Brechpunkt nach Fraass / Erweichungs- punkt RuK [ °C ]	Biegezugfestigkeit [N/mm <sup>2</sup> ]			Biegezug E-Modul [N/mm <sup>2</sup> ]		
		-5 °C	-15 °C	Verhältnis	-5 °C	-15 °C	Verhältnis
Spaltennummer.		1	2	3= 1 : 2	4	5	6= 4 : 5
<b>Amelingshausen</b>							
Sasobit	-6 / 72,5	9,556	8,883	1,08	980,2	1166,4	1,19
PmB 45	-7 / 61,8	6,844	7,069	0,97	632,3	837,5	1,32
<b>Veddeler Damm</b>							
Sasobit	-5 / 78,4	9,594	8,592	1,12	895,8	1090,0	1,22
50/70	- 6 / 64,4	9,281	8,880	1,05	843,0	1000,8	1,19
<b>Neustrelitz</b>							
Asphaltan B	-4,5 / 64,4	8,33	8,49	0,98	1813,4	1835,1	0,99
50/70	- 7 / 53,6	8,840	8,957	0,99	886,0	1100,3	1,24
<b>L 303 Tastorf</b>							
Asphaltan B	-8 / 69,9	7,891	6,077	1,30	643,2	879,2	1,37
PmB 45	-2,5 / 61,4	8,459	6,664	1,27	1047,4	991,7	0,95
<b>Schönstadt</b>							
Zeolith	-5 / 67,2	8,132	8,196	0,99	917,50	936,8	1,02
B 50/70	-6/ 66,6	7,293	6,874	1,06	665,3	782,9	1,18
<b>Schönstadt</b>							
Zeolith	-5 / 67,2	8,132	8,196	0,99	917,50	936,8	1,02
B 50/70	-6/ 66,6	7,293	6,874	1,06	665,3	782,9	1,18
<b>Tannenbergsthal</b>							
Sübit VR 45	-9 / 70,0	10,875	10,057	1,08	860,5	1130,1	1,31
PmB 45	-11 / 70,4	9,900	9,804	1,01	927,80	971,9	1,05
<b>Dahlem</b>							
Sübit VR 35	-6 / 59,6	9,147	9,086	1,01	553,9	793,7	1,43

Tab. 8: Biegezugfestigkeit und E-Modul bei – 5 °C und – 15 °C sowie Brechpunkt nach Fraass und Erweichungspunkt RuK

größer dieses ist, umso ungünstiger ist das Tief-  
temperaturverhalten, d.h. der Asphalt ist umso  
temperaturempfindlicher.

Die Untersuchungen von Rubach [4] ergeben für  
Asphaltbetone 0/11 folgende Verhältniswerte:

- weiches Bindemittel (160/220): < 1,0
- mittel hartes Bindemittel (50/70): > 1,05
- hartes Bindemittel (20/30): > 1,15

Danach verhalten sich die mit Sasobit oder mit 2  
% Asphaltan B additvierten Bindemittel und das  
Sübit VR 35 und 45 wie ein Bitumen 50/70. In die  
Berechnung des E-Moduls geht die Größe der  
Durchbiegung reziprok ein. Je größer die Durch-  
biegung beim Bruch ist, umso „weicher“ ist der  
Asphalt, d.h. umso niedriger ist der E-Modul und  
umso günstiger ist das Verhalten bei tiefen Tem-

peraturen. Das Verhältnis der E-Module bei – 5 °C  
und – 15 °C zeigt die Temperaturempfindlichkeit an.  
In Bild 16 ist die Korrelationen zwischen der Biege-  
zugfestigkeit und dem zugehörigen E-Modul und in  
Bild 19 die Korrelation zwischen der Biegezugfestig-  
keit bei – 5 °C und bei – 15 °C dargestellt.

Es besteht kein Zusammenhang zwischen diesen  
Kenngrößen, so dass sie als von einander unab-  
hängige Kenngrößen betrachtet werden können.  
Ebenso ist kein Zusammenhang zwischen dem  
Brechpunkt nach Fraass und der Biegezugfestigkeit



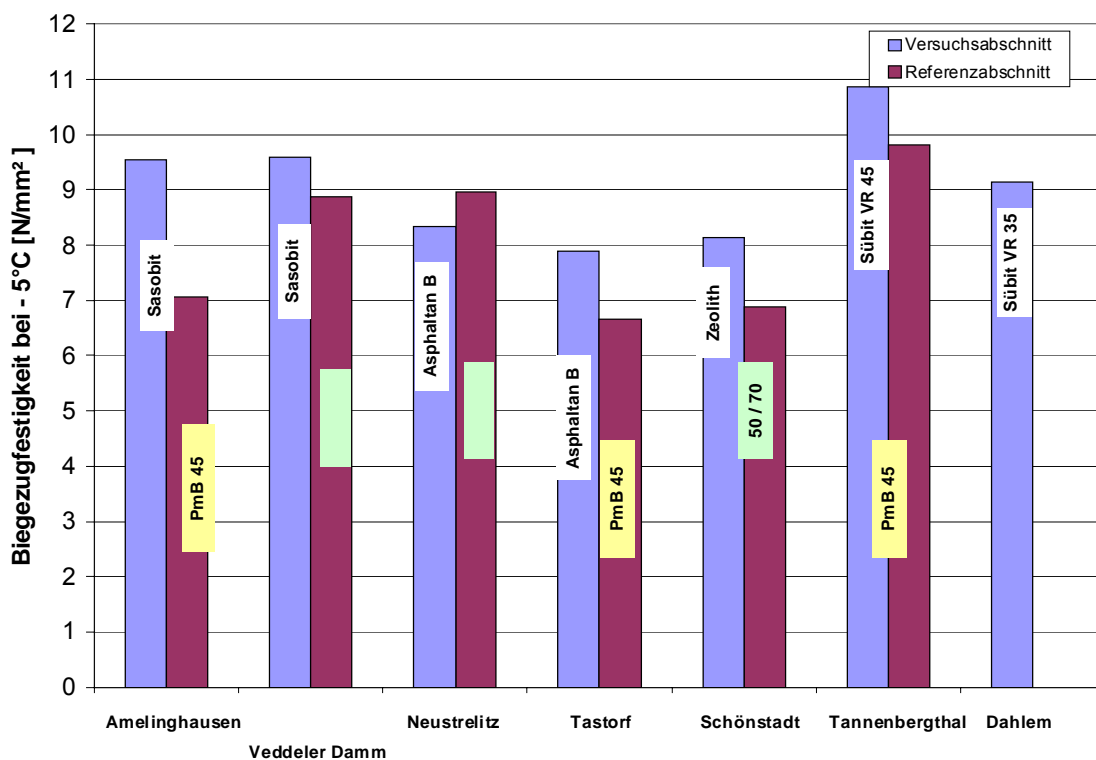


Bild 10: Biegezugfestigkeit bei -5 °C

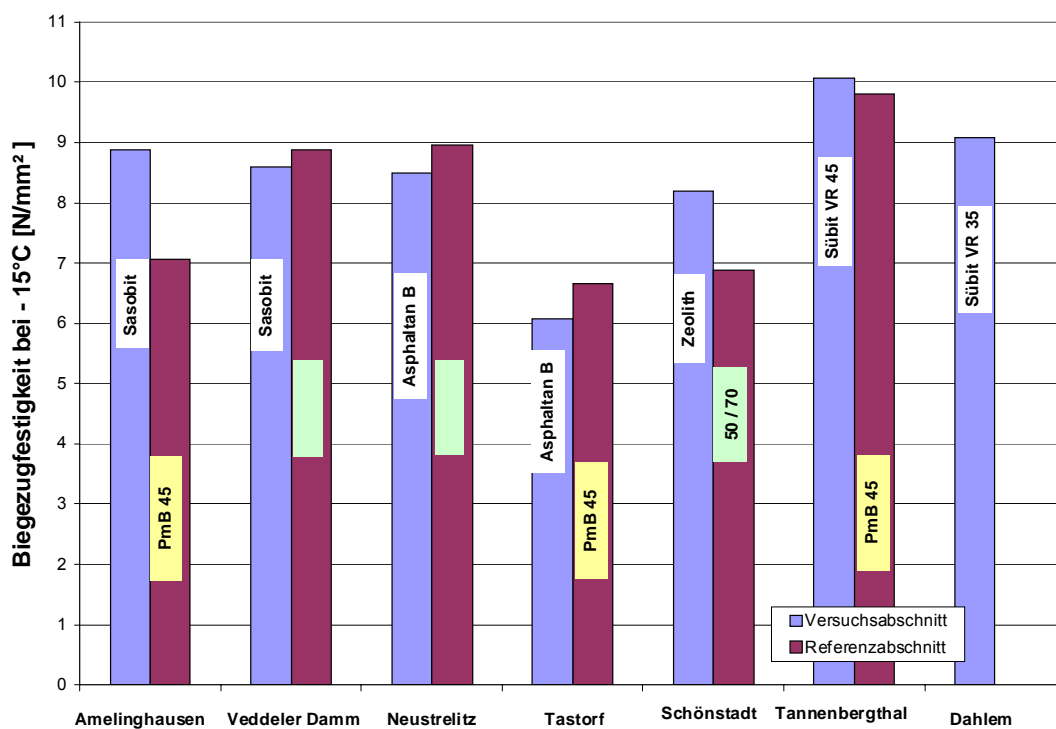


Bild 11: Biegezugfestigkeit bei -15 °C

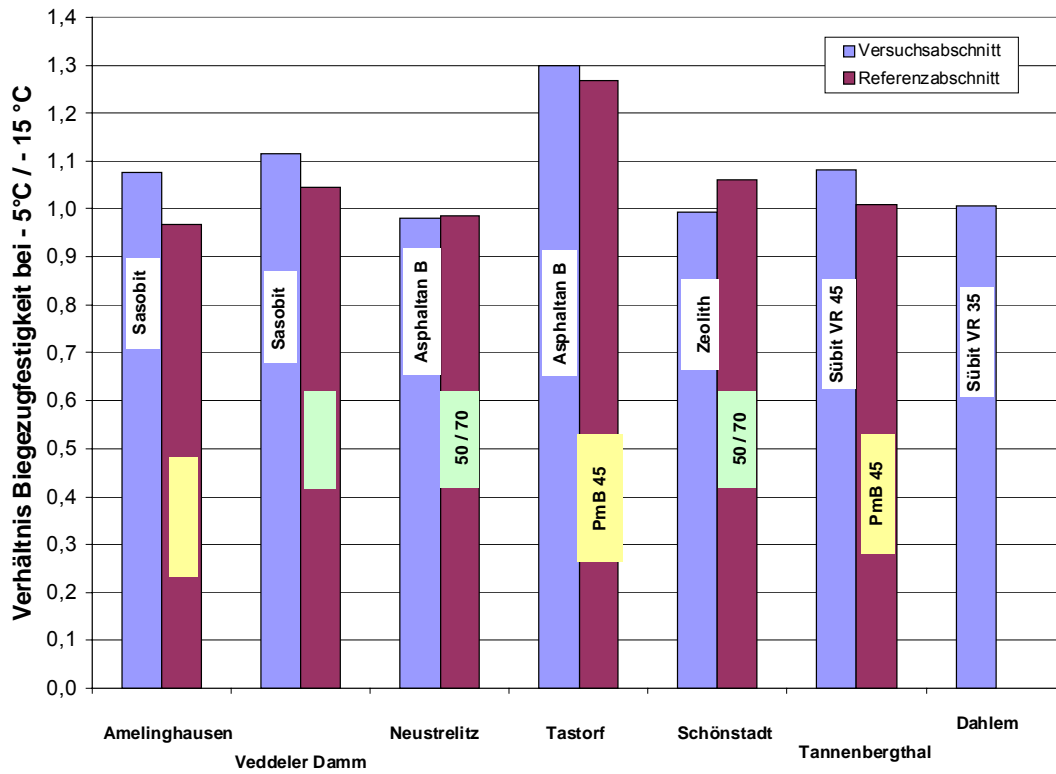


Bild 12: Verhältnis der Biegezugfestigkeit bei -5 °C zu -15 °C

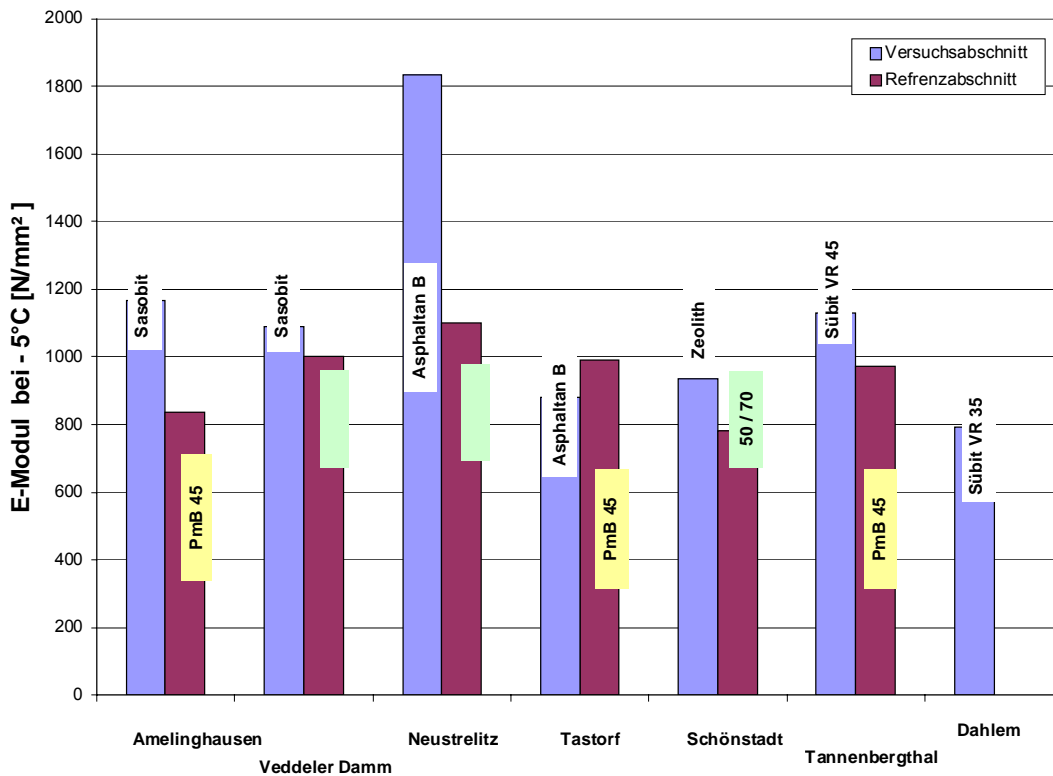


Bild 13: E-Modul bei -5 °C

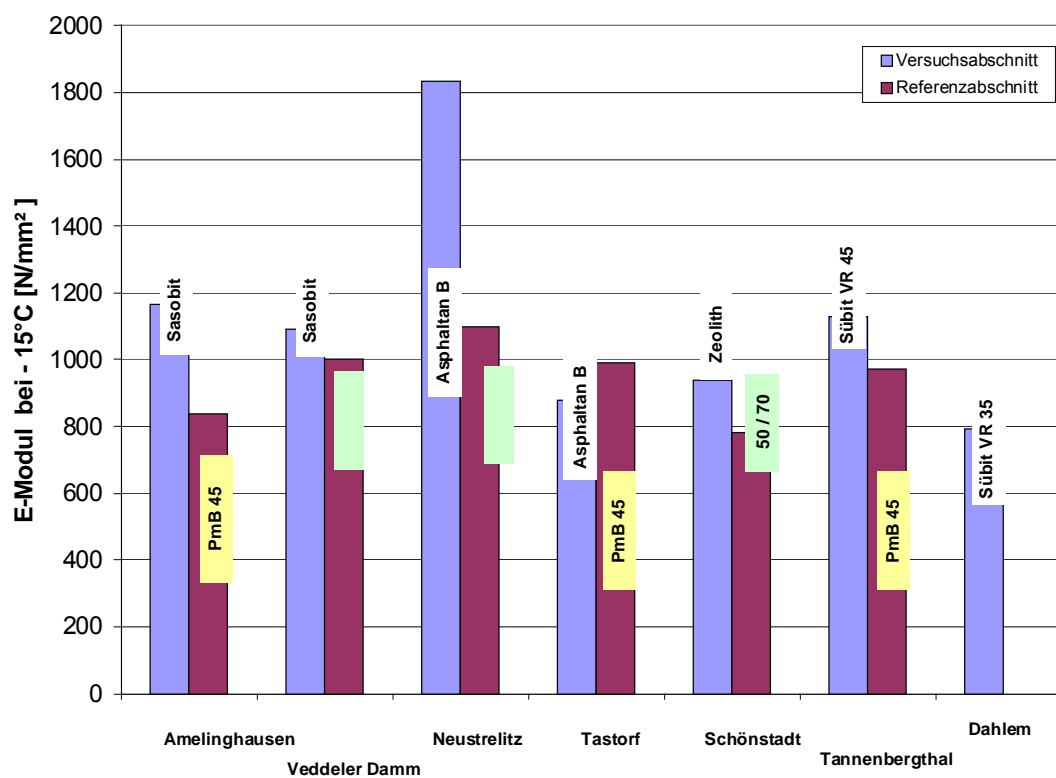


Bild 14: E-Modul bei -15 °C

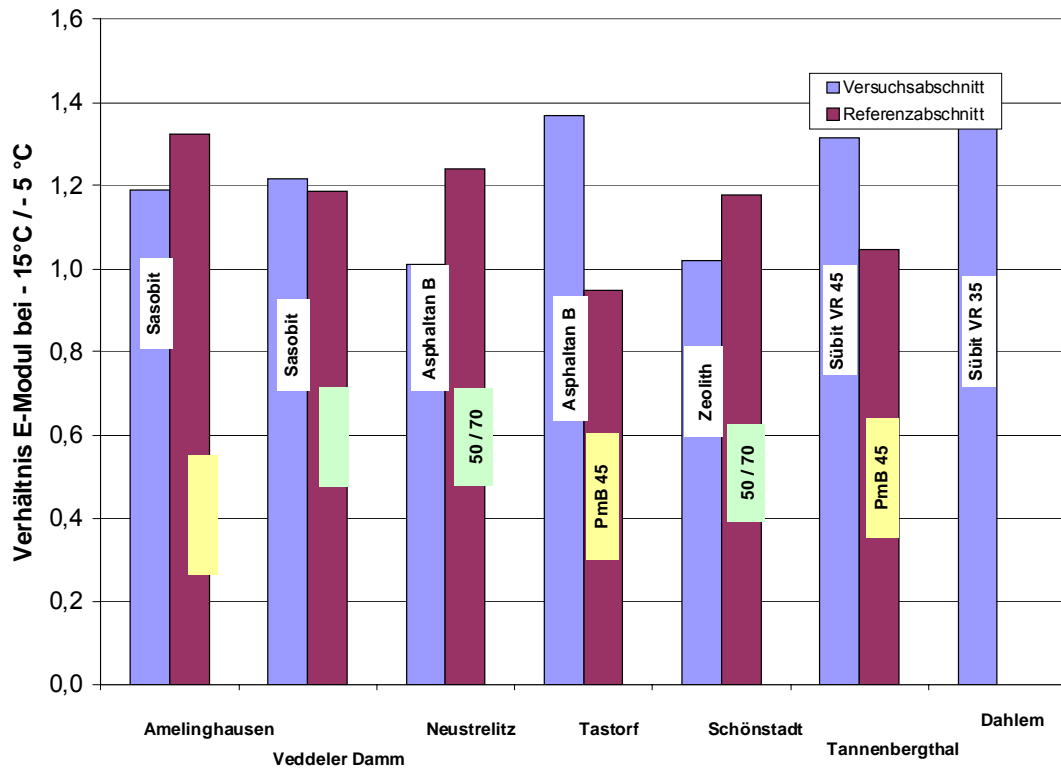


Bild 15: Verhältnis E-Modul bei -5 °C zu E-Modul bei -15 °C

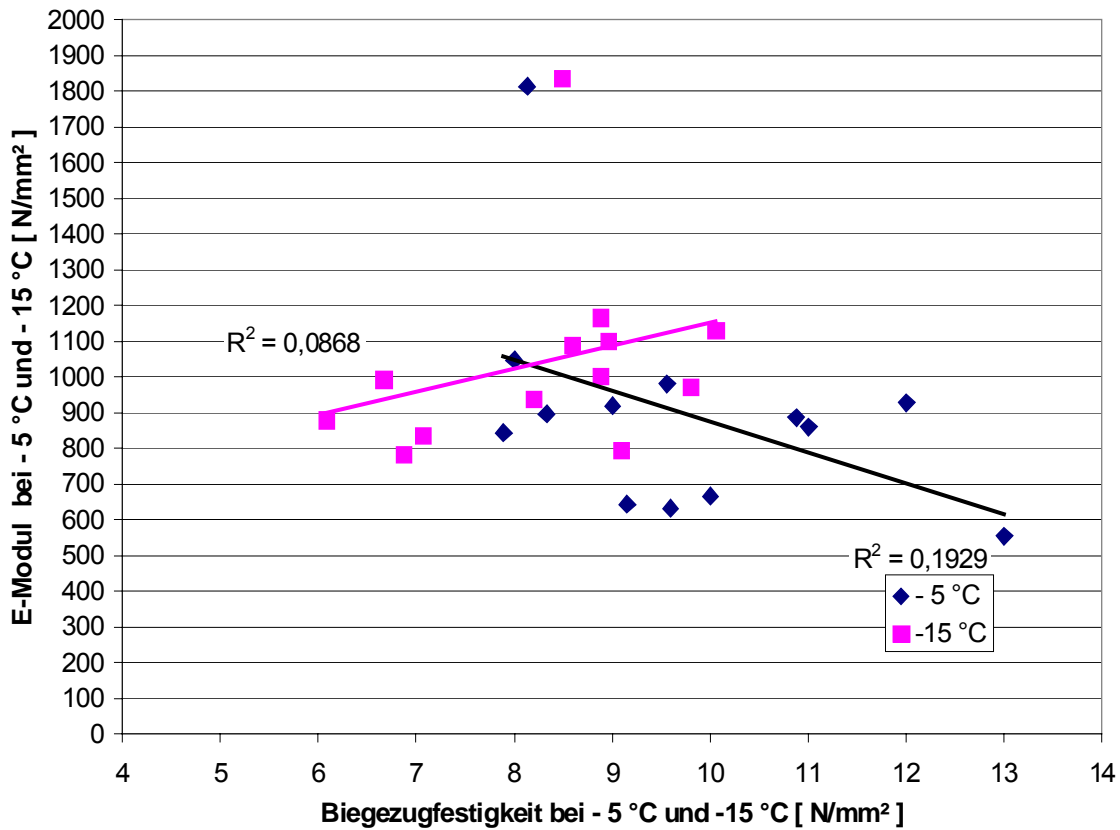


Bild 16: Korrelation Biegezugfestigkeit und E-Modul bei -5 °C und -15 °C

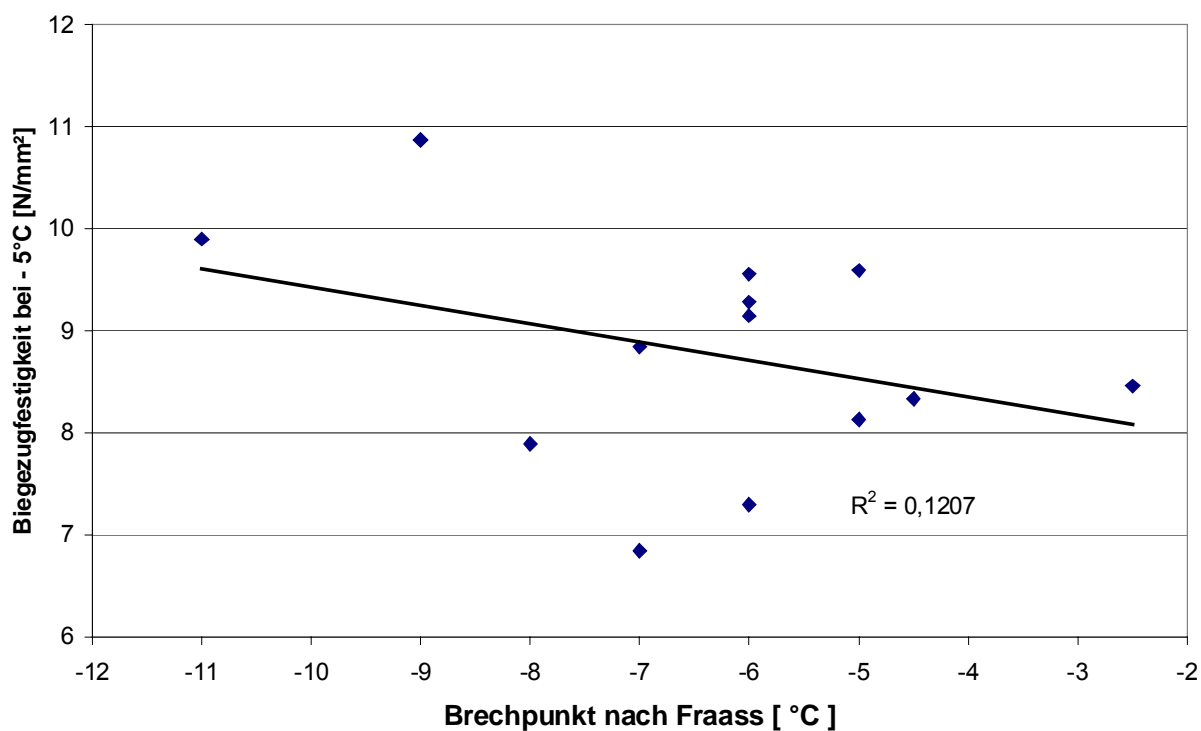


Bild 17: Korrelation Biegezugfestigkeit bei -5 °C und Brechpunkt nach Fraass

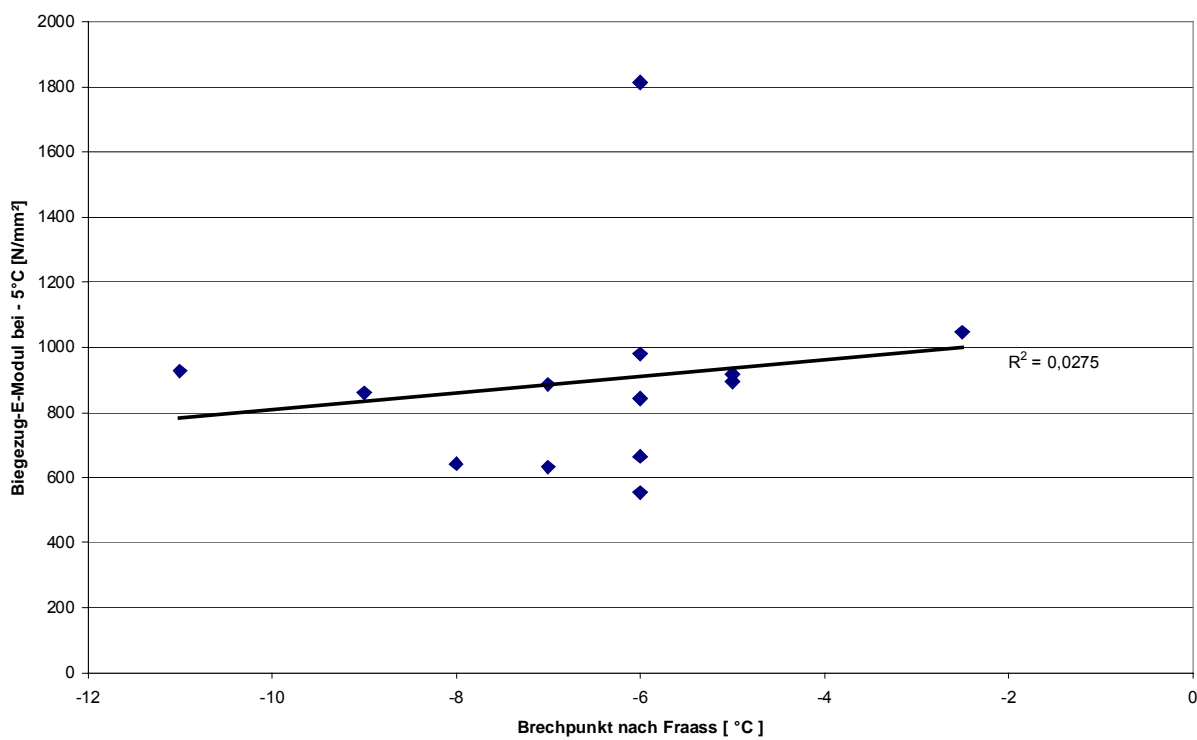


Bild 18: Korrelation Biegezug-E-Modul bei -5 °C und Brechpunkt nach Fraass

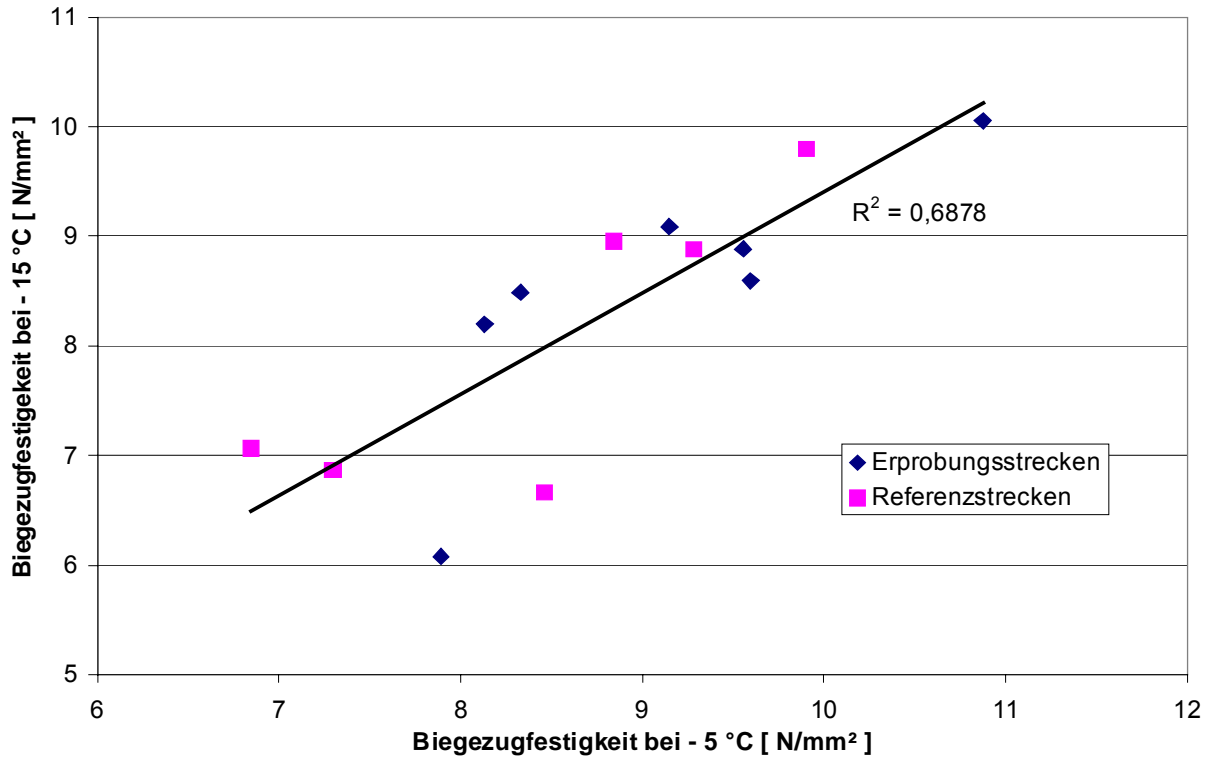


Bild 19: Korrelation Biegezugfestigkeit bei -5 °C und -15 °C

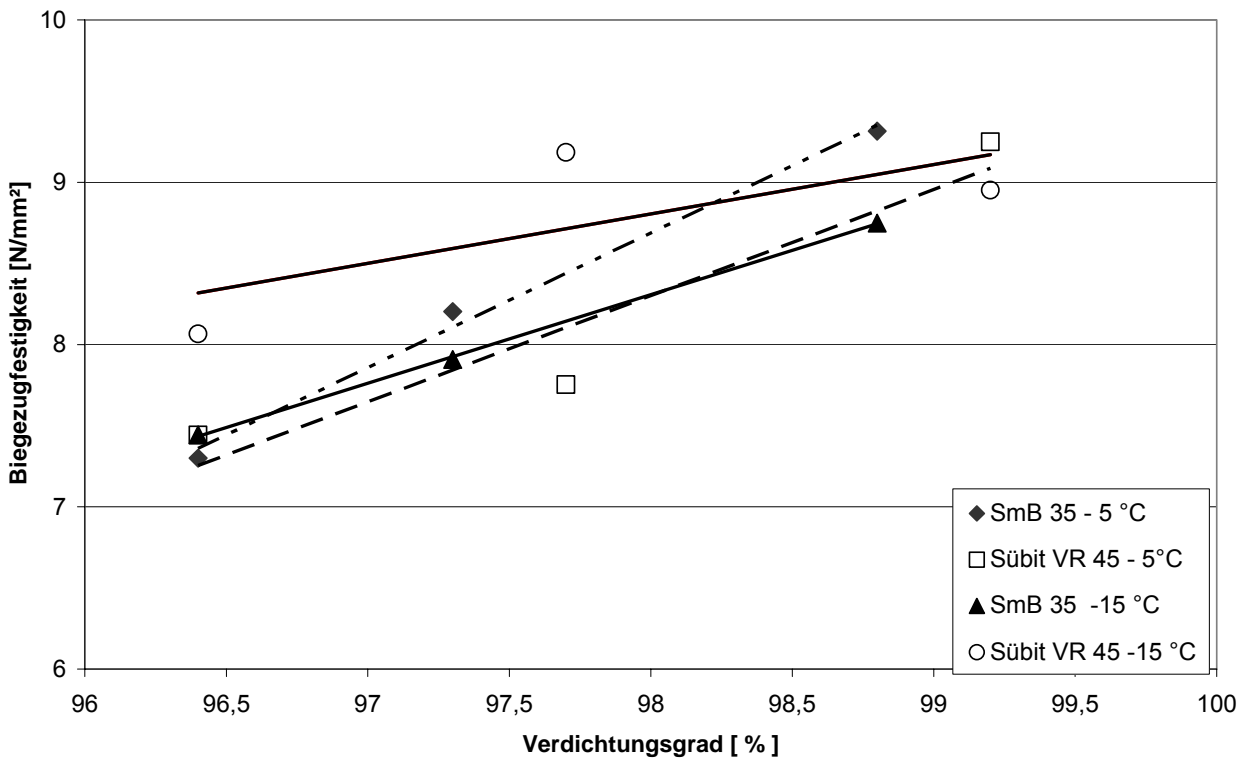


Bild 20: Korrelation Biegezugfestigkeit und Verdichtungsgrad

(Bild 17) oder dem Biegezug-E-Modul (Bild 18) zu erkennen.

Zusätzlich wurde untersucht, in wieweit der Verdichtungszustand, ausgedrückt durch den Verdichtungsgrad, einen Einfluss auf die Spaltzugfestigkeit und den Biegezug – E-Modul hat. Die Prüfungen wurden an Marshallprobekörpern durchgeführt, die aus Mischgut (SMA 0/11S mit SmB 35 und Sübit VR 35) der Untersuchungsstrecke BAB A7 hergestellt wurden.

Die Ergebnisse sind in der Bild 20 graphisch dargestellt. Erwartungsgemäß steigen beide Kenngrößen mit steigendem Verdichtungsgrad an. Je Prozent Verdichtungsgrad steigt die Biegezugfestigkeit um ca. 10 % an.

Zusammenfassend kann hinsichtlich des Verhaltens bei tiefen Temperaturen festgestellt werden, dass die hier untersuchten viskositätsabsenkenden Zusätze zu keiner Verschlechterung führen.

In [1] ist auf Laborversuchen aufbauend die Aussage gemacht worden, dass das Verhalten der viskositätsabsenkenden Bindemittel nicht ungünstiger ist als das verwendete Grundbindemittel, wenn die Menge des Zusatzes nicht über ca. 3,0 M.-%, bezogen auf das Bindemittel, liegt. Diese Aussagen werden durch die kürzlich veröffentlichte Dissertation von Y. Edwards [6] bestätigt.

## 8 Nachweis der Zusätze

Vom Institut für technische Analytik IFTA, Essen, wurde untersucht, in wieweit durch IR-Spektrometrie einen Nachweis der Additivierung möglich ist.

Es wurden neun extrahierte Bindemittel aus Bohrkernen der Langzeitstrecken untersucht. Die Probenbezeichnung ist der Tabelle 9 zu entnehmen. Dabei wurden die nicht additivierten Bindemittel und von den additivierten Bindemitteln jeweils ein Vertreter untersucht.

Neben den Zusätzen wurde bei allen Proben ein aliphatisch - aromatisches Bitumen identifiziert.

### 8.1 Beschreibung der Laboruntersuchungen

An den extrahierten Bindemitteln wurden IR-Untersuchungen zwecks Detektierung von Bin-

Nr.	Strecke	Probenbezeichnung	qualitative Aussage
1	Amelinghausen	50/70 + 3% Sasobit	kristallin aliphatischer Wachs, Harzsäure
		PmB 45 A	Harzsäure, Elastomere
2	Veddeler Damm	50/70	Harzsäure
		50 / 70 + 4 % Sasobit	kristallin aliphatischer Wachs, Harzsäure
3	Neustrelitz	50 / 70	Harzsäure
		50 / 70 + Asphaltan B	Harzsäure
4	L 303, Tasdorf-Eggesdorf	50 /70	Harzsäure
		50 / 70 + Asphaltan B	Harzsäure
6	B 283 Tannenbergesthal	PmB 45	Harzsäure
		Sübit VR 45	Amidwachs
7	B 51 Dahlem	Sübit VR 35	Amidwachs, Spuren Harzsäure

**Tabelle 9:** Qualitative Aussagen der FTIR- ATR- Spektrometrie zu den untersuchten extrahierten Bindemittelproben

demittel-Additiven wie Wachse und/oder Polymere durchgeführt. Die IR-Analytik erfolgte mittels FTIR/ATR-Spektroskopie (Fourier-Transformations-IR-Spektroskopie mit abgeschwächter Total-Reflexion). Die Spektren wurden mit einer spektralen Auflösung von 4 cm<sup>-1</sup> im Bereich des mittleren Infrarots (MIR) mit einer Scan-Zahl von 64 aufgenommen.

## 8.2 Beurteilung

Folgende Schlussfolgerungen können gezogen werden:

- kristallin-aliphatische Wachse wie Fischer – Tropsch Wachse (Sasobit) und Amid-Wachse (Sübit VR 45 und 35) lassen sich qualitativ auch in extrahierten Bindemitteln mittels FTIR/ATR-Spektroskopie erkennen. Es wäre wünschenswert, das Ausgangsbindemittel zu kennen. Aus den Untersuchungen der frischen Bindemittel der BAB A7 ist abzuleiten, dass die Identifizierbarkeit an den frischen Bindemitteln wesentlich deutlicher ist als bei den extrahierten Bindemitteln.
- Romontanwachse und modifizierte Romontanwachse (Asphaltan B) lassen sich

nicht in extrahierten Bindemitteln mittels FTIR/ATR-Spektroskopie nachweisen. Bedingt durch eine Nachuntersuchung der Strecke Neustrelitz konnte jedoch eine andere Prüfmethode getestet werden: die DSC DIFFENCIAL SCANNING CALORIMETRY. Die DSC ist eine Technik, bei der die Differenz der Energiezufuhr( Wärmeströme) zu einer Substanz und einem Referenzmaterial als Funktion der Temperatur gemessen wird, während die Substanz und das Referenzmaterial einem geregelten Temperatursweep unterworfen werden [8]. Mit der DSC können Reaktionen untersucht werden, bei denen eine Reaktionswärme oder eine Änderung der spezifischen Wärmekapazität auftritt. Aus einer derartigen Messung können charakteristische Daten wie Reaktionstemperatur und Reaktionswärme, Art der Reaktion ( exotherm oder endotherm) und die spezifische Wärmekapazität oder deren Änderung erhalten werden. Im vorliegenden Fall wird beim Schmelzen der Wachse Energie verbraucht (endothermer Prozess) , beim Auskristallisieren wird Energie verbraucht (exothermer Prozess) . Die Größe der frei werdenden oder verbrauchten Energie ist abhängig von der kristallisationsfähigen Wachsmenge. Somit kann mit dieser Methode die Wachsmenge nicht nur qualitativ sondern auch quantitativ bestimmt werden. Außerdem kann die Temperatur bestimmt werden, bei die Wachse schmelzen bzw. wieder auskristallisieren. Damit ist es möglich , unterschiedliche Wachse zu unterscheiden. Bei der Strecke Neustrelitz wurde eine Romontanwachsmenge von 1,9 bzw. 2,2 M.-% identifiziert bei einer Sollmenge von 2,0 M.-%. In Anlage 7 ist der Kurvenverlauf der frei werdenden Wärmeenergie dargestellt. Ab ca. 85 °C beginnt das Wachs auszukristallisieren.

## 9 Zusammenfassung und Empfehlungen

An sieben ausgesuchten Untersuchungsstrecken mit einer Nutzungsdauer von 3 bis 6 Jahre und zum Teil hoher Verkehrsbelastung wurden labortechnische Nachuntersuchungen durchgeführt mit dem Ziel, das Langzeitverhalten von Asphaltdeckschichten zu beurteilen, die mit viskositätsabsenkenden Zusätzen zum Bindemittel hergestellt worden sind. Im direkten Vergleich zu Deckschichten mit Normbitumen oder polymermodifizierten Bitumen sind folgende Beurteilungen zu treffen:

Um die Herstellungstemperatur von Asphaltan herabzusetzen oder die Verdichtbarkeit von Walzas-



phalten zu verbessern, ist die Verwendung von Fischer-Tropsch Wachs, Romontan-Wachs Asphaltan B, Amid –Wachs und Zeolith zur Viskositätsabsenkung der Bindemittel aus derzeitiger Sicht uneingeschränkt möglich. Diese Beurteilung deckt sich mit den allgemeinen Erfahrungen, die mit diesen Additiven auf zahlreichen anderen Baumaßnahmen gesammelt worden sind, die jedoch nicht so detailliert dokumentiert sind.

Kriterium	Im Vergleich zu den Deckschichten mit Normbitumen oder PmB verhalten sich die Erprobungsabschnitte:
Spurrinnenbildung	gleich ,auf sehr niedrigem Niveau
Nachverdichtung in Rollspur	gleich, auf niedrigem Niveau
Wärmestandfestigkeit	günstiger, auf sehr hohem Niveau
Rissbildung	gleich, keine bis auf Asphaltan B und Sübit VR 35
Verhalten bei tiefen Temperaturen	gleich oder günstiger bis auf Asphaltan B
Alterung des Bindemittels	gleich oder günstiger
Haftung	gleich oder günstiger ,
Qualitativer Nachweis der Additivierung mittels FTIR/ATR Spektrometrie	am frischen Bindemittel :sehr gut am extrahierten Bindemittel : eingeschränkt Romontanwachse bzw. deren Derivate (Asphaltan B): mit DSC-Methode
Qualitativer und quantitativer Nachweis mittels DSC Differential Scannig Calorimetry	Am frischen und extrahierten Bindemittel sehr gut möglich

**Tabelle 10:** Qualitative Beurteilung von Asphalten mit viskositätsabsenkenden Zusätzen im Vergleich zu nicht Asphalten mit Normenbitumen oder PmB

Die Verwendung Sübit VR 35 bedarf weitergehender Untersuchungen, da die oben getroffenen negativen Aussagen auf jeweils nur einer Untersuchungsstrecke beruhen und daher u.U. nicht allgemeingültig sind.

Im Rahmen der Untersuchungsstrecken BAB A7 und B 106 wurden am frisch angelieferten und gealterten Bindemittel umfangreiche Bindemitteluntersuchungen durchgeführt. Aus diesen Untersuchungen lassen sich vorläufige Anforderungen an viskositätsabsenkende Bindemittel ableiten. Auch wenn das Datenmaterial für eine abge-

sicherte statistische Auswertung und Beurteilung noch zu gering ist, wird empfohlen, vorläufig die in der Anlage 5 enthaltenen Lieferbedingungen für viskositätsabgesenkte Bindemittel auf der Basis von Normbitumen und polymermodifizierte Bitumen anzuwenden. Für viskositätsabsenkende Additive oder Bindemittelsysteme, die bei dieser Langzeitstudie nicht untersucht werden konnten, aber zwischenzeitlich am deutschen Markt angeboten werden, empfehlen wir folgende Vorgehensweise:

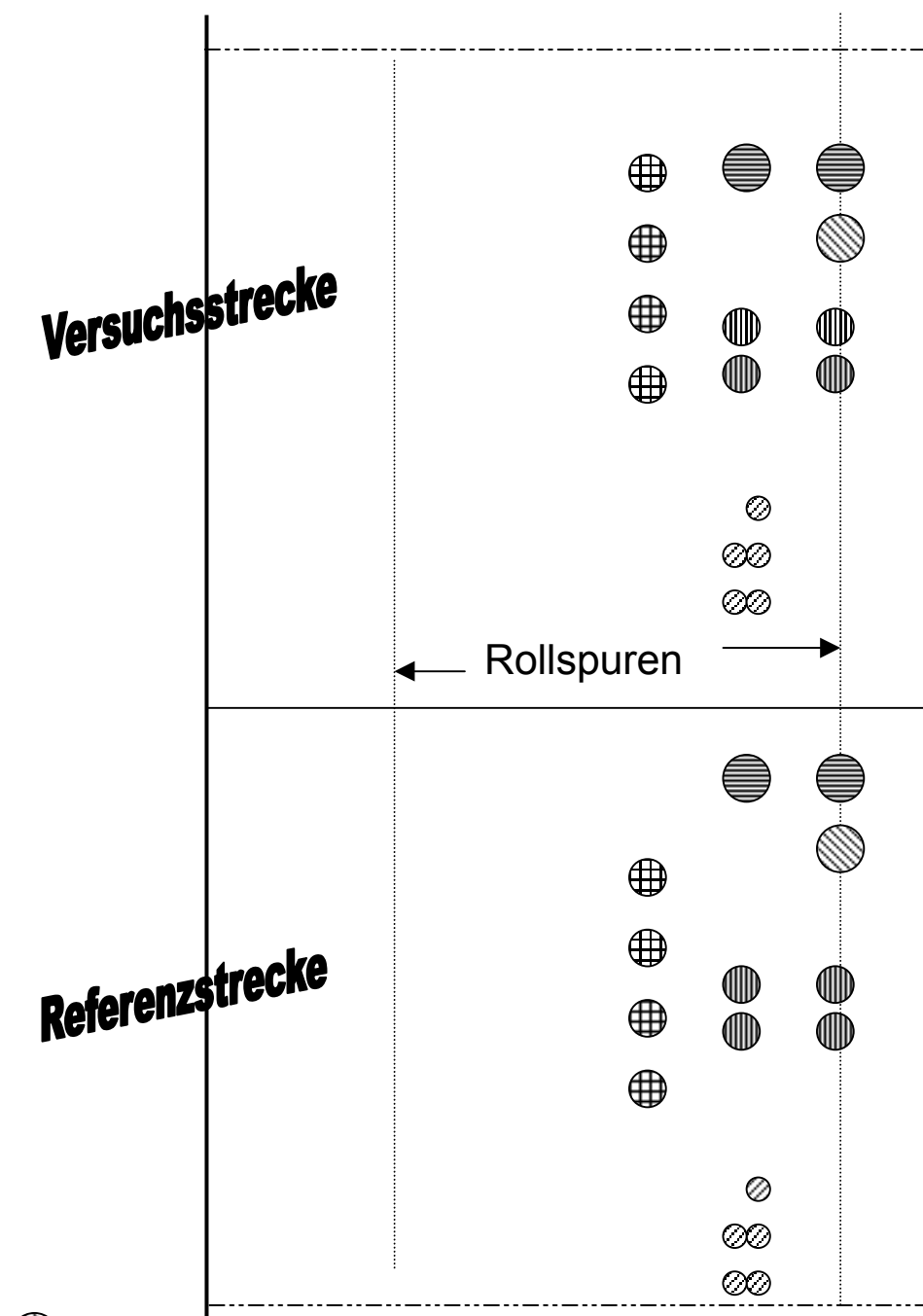
1. Bindemitteluntersuchungen: Anforderungen nach TL-VAN und TL-VA-PmB (Anlage 5.1, 5.2 und 5.3)
2. Anlage neuer oder Bewertung bestehender Untersuchungsstrecken mit möglichst hoher Verkehrsbelastung: Bauklasse SV bis III
3. Untersuchungsumfang bei Nachuntersuchung nach möglichst 5 Jahren Nutzungsdauer:
  - visuelle Zustandserfassung nach Anlage 2
  - Querprofilmessungen
  - Entnahme von Bohrkernen nach Anlage 6
  - Mischgutzusammensetzung
  - Bindemittleigenschaften am rückgewonnenen Bindemittel: Erweichungspunkt RuK, Penetration, Brechpunkt nach Fraass, komplexer Schubmodul und Phasenwinkel (40 °C bis 120 °C), Kraftduktilität bei 20 °C
  - an Bohrkernen Ø 300mm: Haftverhalten (Zugversuch bei + 5 °C vor und nach Wasserlagerung nach DIN EN 12697, Teil 12)
  - Verhalten bei tiefen Temperaturen: Abkühlversuch nach Arand

## 10 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

# Anlage 1

Bohrplan



- 300 ér Bohrkerne Abkühlversuch
- 300 ér Bohrkerne Biegezugversuch
- 150 ér Bohrkerne Verdichtung + KP + Bindemittelgewinnung
- 150 ér Bohrkerne für zus. Bindemittelgewinnung für EP ,BP, DSR, KD, Pen
- 100 ér Bohrkerne Spaltzugversuch, vor WL und nach WL

## Anlage 2

### Visuelle Zustandserfassung

1 OD Amelinghausen					
	Gewichtungs-Faktor	Referenzstrecke		Versuchsstrecke	
Risse	0,55	1,5	0,825	1,5	0,825
Spurrinne	0,20	1	0,2	2	0,4
Flickstellen	0,10	1	0,1	1	0,1
Rauhigkeit	0,05	3	0,15	3	0,15
Kornausbrüche	0,05	2	0,1	1,5	0,075
Mörtelverlust	0,05	2	0,1	1,5	0,075
<b>Gesamt</b>	1,00		1,5		1,6

2 Veddeler Damm ,Hamburg					
	Gewichtungs-Faktor	Referenzstrecke		Versuchsstrecke	
Risse	0,55	1	0,55	1	0,55
Spurrinne	0,20	2	0,4	2	0,4
Flickstellen	0,10	1	0,1	1	0,1
Rauhigkeit	0,05	3	0,15	2	0,1
Kornausbrüche	0,05	2	0,1	1	0,05
Mörtelverlust	0,05	1,5	0,075	1,3	0,065
<b>Gesamt</b>	1,00		1,4		1,3

3 Tastorf - Eggersdorf					
	Gewichtungs-Faktor	Referenzstrecke		Versuchsstrecke	
Risse	0,55	1	0,55	1	0,55
Spurrinne	0,20	1	0,2	1	0,2
Flickstellen	0,10	1	0,1	1	0,1
Rauhigkeit	0,05	2	0,1	2	0,1
Kornausbrüche	0,05	1,5	0,075	1,5	0,075
Mörtelverlust	0,05	1	0,05	1	0,05
<b>Gesamt</b>	1,00		1,1		1,1

4 Neustrelitz					
	Gewichtungs-Faktor	Referenzstrecke		Versuchsstrecke	
Risse	0,55	1	0,55	1	0,55
Spurrinne	0,20	1	0,2	1	0,2
Flickstellen	0,10	1	0,1	1	0,1
Rauhigkeit	0,05	1,5	0,075	1	0,05
Kornausbrüche	0,05	1,5	0,075	2,5	0,125
Mörtelverlust	0,05	1	0,05	1	0,05
<b>Gesamt</b>	1,00		1,1		1,075

### Bewertung

Note 1= sehr gut/ keine

Note 2= gut/ gering/ keine

Note 3= mittelmäßig/ gering

Note 4= schlecht / ausgeprägt

Note 5 = sehr schlecht / sehr ausgeprägt

Spurrinne [mm]

≤ 5

5 bis 7

7 bis 10

10 bis 15

> 15

### Visuelle Zustandserfassung

5 B 3 Schönstadt					
	Gewichtungs-Faktor	Referenzstrecke		Versuchsstrecke	
Risse	0,55	1	0,55	1	0,55
Spurrinne	0,20	2	0,4	1	0,2
Flickstellen	0,10	1	0,1	1	0,1
Rauhigkeit	0,05	2,5	0,125	2,5	0,125
Kornausbrüche	0,05	1	0,05	1	0,05
Mörtelverlust	0,05	1	0,05	1	0,05
<b>Gesamt</b>	1,00		<b>1,3</b>		<b>1,1</b>

6 B 283 Tannenberghal					
	Gewichtungs-Faktor	Referenzstrecke		Versuchsstrecke	
Risse	0,55	1	0,55	1	0,55
Spurrinne	0,20	1	0,2	1	0,2
Flickstellen	0,10	1	0,1	1	0,1
Rauhigkeit	0,05	2	0,1	2	0,1
Kornausbrüche	0,05	2	0,1	2	0,1
Mörtelverlust	0,05	1,5	0,075	1,5	0,075
<b>Gesamt</b>	1,00		<b>1,1</b>		<b>1,1</b>

7 Dahlem					
	Gewichtungs-Faktor	Referenzstrecke		Versuchsstrecke	
Risse	0,55			5	2,75
Spurrinne	0,20			1	0,2
Flickstellen	0,10			1	0,1
Rauhigkeit	0,05			1	0,05
Kornausbrüche	0,05			2	0,1
Mörtelverlust	0,05			2	0,1
<b>Gesamt</b>	1,00				<b>3,3</b>

#### Bewertung

Note 1= sehr gut/ keine  
 Note 2= gut/ gering/ keine  
 Note 3= mittelmäßig/ gering  
 Note 4= schlecht / ausgeprägt  
 Note 5 = sehr schlecht / sehr ausgeprägt

#### Spurrinne [mm]

≤ 5  
 5 bis 7  
 7 bis 10  
 10 bis 15  
 > 15

## Anlage 3

Querprofil mittels Profilograph

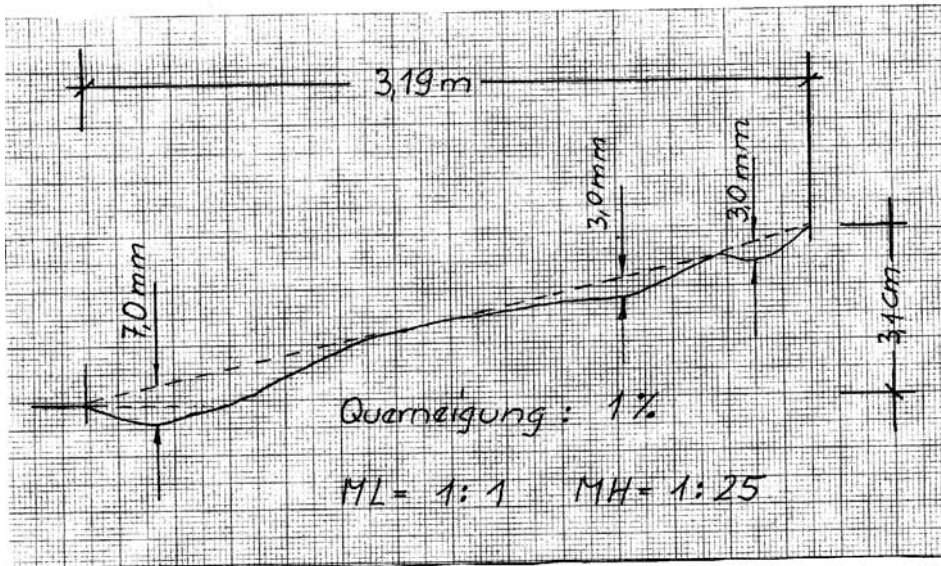
Amelinghausen, Querprofil 1: Versuchsabschnitt

# asphalt-labor

Arno J. Hinrichsen GmbH & Co.

Anerkannte Prüfstelle gemäß „RAP Stra“ für alle Arten von Baustoffprüfungen an Baustoffen und Baustoffgemischen im Straßenbau.

Anlage 3



Prüfstellenleitung:  
Dipl.-Ing. Höppner  
Prof. Dr.-Ing. Damm

Dr.-Hermann-Lindrath-Str. 1  
D-23812 Wahlstedt  
Telefon (045 54) 99 200  
Telefax (045 54) 99 20 30

Bankverbindung: KSK Segeberg  
BLZ 230 510 30 · Konto 601 667  
e-mail: mail@asphalt-labor.de  
HR Bad Segeberg A 259

Prüfungen an Böden einschl. Bodenverbesserung · Bitumen  
Fugenvergüßmassen · Mineralstoffe · Industrielle Nebenprodukte  
RC Baustoffe · Asphalt · Hydraulisch gebundene Gemische  
Betonzuschläge nach DIN 4226 · Prüfstelle des BUV Nord e.V.

**bup** Mitglied im Bundesverband  
Bautechnische Prüfungen e.V.

Hinrichsen Verwaltungsges. mbH · HR Bad Segeberg B 181 · Geschäftsführer: Ute Hinrichsen, Klaus-Werner Damm, Wilfried Höppner

## Anlage 4

Eigenschaften am Bohrkern / Mischgut

Deckschicht

<b>B209 OD Amelinghausen</b>	<b>Art der</b>	<b>Datum</b>	< 0,09	0,09 - 2,0	> 2,0	B-Geh.	EP R&K	H <sub>bit</sub> im Belag	VD
B70/100 + 3% Sasobit	<b>Probe</b>		M.-%	M.-%	M.-%	M.-%	°C	Vol.-%	%
PmB 45									
Versuchsstrecke	M	<b>01.06.1999</b>	9,35	16,5	74,15	6,5	74,25	1,95	99,6
	BK	07.04.2005	10,65	23,15	66,2	6,4	72,35	1,45	98,7
Veränderung			1,3	6,65	-7,95	-0,1	-1,9	-0,5	
Referenzsstrecke	BK	<b>01.06.1999</b>							99,2
	BK	07.04.2005	10,6	20,7	68,7	7,05	62,25	1,40	96,3

<b>Veddeler Damm , HH</b>	<b>Art der</b>	<b>Datum</b>	< 0,09	0,09 - 2,0	> 2,0	B-Geh.	EP R&K	H <sub>bit</sub> im Belag	VD
B50/70 + 4 % Sasobit	<b>Probe</b>		M.-%	M.-%	M.-%	M.-%	°C	Vol.-%	%
PmB 45									
Versuchsstrecke( SMA 0/8)	M	<b>07.11.1998</b>	12,0	14,3	73,8	7,1	74,0	7,20	97,7
	BK	09.04.2005	12,7	16,7	70,7	7,2	76,2	5,50	102,45
Veränderung			0,7	2,4	-3,1	0,1	2,2	-1,7	4,8
Referenzsstrecke (SMA 0/11)	M	<b>07.11.1998</b>	12,0	11,4	76,6	6,6	55,5	2,80	99,8
	M		12,5	11,9	75,6	7,2	56,0	2,30	99,4
	M i.M.		12,25	11,65	76,1	6,9	55,5	2,55	99,6
	BK	09.04.2005	12,8	13,35	73,85	6,95	57,1	2,20	99,85
Veränderung			0,55	1,70	-2,25	0,05	1,60	-0,35	0,25

<b>B 193 Neustrelitz</b>	<b>Art der</b>	<b>Datum</b>	< 0,09	0,09 - 2,0	> 2,0	B-Geh.	EP R&K	H <sub>bit</sub> im Belag	VD
B 50/70 + 2% Asphaltan B	<b>Probe</b>		M.-%	M.-%	M.-%	M.-%	°C	Vol.-%	%
B 50/70									
Versuchsstrecke	M	<b>27.11.2001</b>	9,1	35,4	55,6	6,3	64,0	3,2	99,25
	BK	<b>15.06.2006</b>	9,6	36,1	54,3	6,5	64,6	2,2	99,4
Veränderung			0,5	0,7	-1,3	0,2	0,6	-1,1	0,15
Referenzsstrecke	M	<b>27.11.2001</b>	10,3	35,6	54,2	6,4	52,8	2,4	99,9
	BK	12.04.2005	10,2	35,05	54,75	6,3	56,3	1,85	100,2
Veränderung			-0,1	-0,55	0,55	-0,1	3,5	-0,55	0,3

<b>L 303 Tasdorf</b>	<b>Art der</b>	<b>Datum</b>	< 0,09	0,09 - 2,0	> 2,0	B-Geh.	EP R&K	H <sub>bit</sub> im Belag	VD
B 50 / 70 + 2,5 % Asphaltan B	<b>Probe</b>		M.-%	M.-%	M.-%	M.-%	°C	Vol.-%	%
PmB 45									
Versuchsstrecke	M	<b>06.11.2001</b>	9,9	18,8	71,3	6,9	59,4	4	98,7
	BK	23.06.2005	11,9	17,6	70,5	7,2	61,4	3,2	98,7
	BK	23.06.2005	11,9	17,3	70,8	7,0	61,2	2,7	99,5
	BK i.M.		11,9	17,45	70,65	7,1	61,3	2,95	99,1
Veränderung			2,0	-1,35	-0,65	0,2	1,9	-1,05	0,4
Referenzsstrecke	M	<b>06.11.2001</b>	11,2	15,3	73,6	6,7	61,1	8,8	95,3
	BK	23.06.2005	11,4	17,8	70,8	6,5	70,7	9,2	94,8
	BK	23.06.2005	11,7	17,8	70,5	6,4	69,1	6,9	96,7
	BK i.M.	23.06.2005	11,55	17,8	70,65	6,45	69,9	8,05	95,75
Veränderung			0,4	2,5	-2,9	-0,3	8,8	-0,8	0,5
<b>B3 , Schönstadt-Halsdorf</b>	<b>Art der</b>	<b>Datum</b>	< 0,09	0,09 - 2,0	> 2,0	B-Geh.	EP R&K	H <sub>bit</sub> im Belag	VD
SMA 0 / 8 S	<b>Probe</b>		M.-%	M.-%	M.-%	M.-%	°C	Vol.-%	%





## Anlage 5.1

### TL-VAN

Lfd. Nr.	10.1 Eigenschaft	Dimension	Sorte		Prüfung nach
			VA -30/45		
	Nadelpenetration ( 100g,5 s,25°C)	[ 0,1 mm ]	30 - 45		DIN EN 1426
	Erweichungspunkt Ring & Kugel	[ °C ]	≥80		DIN EN 1427
	Brechpunkt nach Fraass	[ °C ]	≤-8		DIN EN 12593
	Stabilität gegen Entmischung nach Heißlagerung, Differenz der Erweichungspunkte R&K, höchstens	[ °C ]	2		DIN EN 1427 Anhang A
	Änderung des Erweichungspunktes R&K unter Einfluss von Wärme und Luft, Anstieg höchstens Abnahme höchstens	[ °C ]	5 5		DIN EN12607-3 DIN EN 1427
	Änderung der Nadelpenetration unter Einfluss von Wärme und Luft, verbleibend mindestens	[ % ]	60		DIN EN 12607-3 DIN EN 1426
	Verhalten bei tiefen Temperaturen Biegebalkenrheometer Steifigkeit bei – 16 °C , höchstens m-Wert	[ Mpa ] [-]	300 ≥0,3		AASHTO TP 1
	Formänderungsarbeit bei 25 °C mindestens	[ Joule ]	≥0,4		DIN 52013 und Anhang B
	Verformungsverhalten Dynamisches Scherrheometer DSR mindestens 80°C 70°C 60°C 50°C 40°C	[ Pa / ° ]	G* 1250 3650 12000 40300 150000	δ ≤75	AASHTO TP 5 und Anhang C
	Viskosität höchstens 160°C 150°C 140°C 130°C 120°C 110°C 100°C	[ mPas ]	300 500 800 1500 2700 6800 -		gemäß anliegender Verfahrens-anweisung zur Bestimmung der dynamischen Viskosität von Bitumen (Anlage 5.3)

## Anlage 5.2

## TL-VA-PmB

Lfd. Nr.	Eigenschaft	Dimension	Sorte		Prüfung nach
			VA-PmB 45	VA- PmB 25	
	Nadelpenetration ( 100g,5 s,25°C)	[ 0,1 mm ]	20 – 60	10 – 40	DIN EN 1426
	Erweichungspunkt Ring & Kugel	[ °C ]	≥ 70	≥ 80	DIN EN 1427
	Brechpunkt nach Fraass	[ °C ]	≤ -10	≤ -10	DIN EN 12593
	Elastische Rückstellung bei 25 °C	[ % ]	≥ 50	≥ 50	DIN V 52021-1
	Ziehlänge mindestens	[ cm ]	20	10	
	Stabilität gegen Entmischung nach Heißlagerung, Differenz der Erweichungspunkte R&K, höchstens	[ °C ]	2	2	DIN EN 1427 Anhang A
	Änderung des Erweichungspunktes R&K unter Einfluss von Wärme und Luft, Anstieg höchstens Abnahme höchstens	[ °C ]	5 5	5 5	DIN EN12607-3 DIN EN 1427
	Änderung der Nadelpenetration unter Einfluss von Wärme und Luft, verbleibend mindestens Zunahme höchstens	[ % ]	60 10	60 10	DIN EN 12607-3 DIN EN 1426
	Elastische Rückstellung bei 25 °C nach Beanspruchung durch Wärme und Luft Ziehlänge mindestens	[ % ] [ cm ]	≥50 20	≥50 10	DIN EN 12607-3 DIN V 52021-1
	Verhalten bei tiefen Temperaturen Biegebalkenrheometer Steifigkeit bei – 16 °C , höchstens m-Wert	[ MPa ] [-]	300 ≥0,3	300 ≥0,3	AASHTO TP 1
	Formänderungsarbeit bei 25 °C mindestens	[ Joule ]	≥1	≥1	DIN 52013 und Anhang B
	Verformungsverhalten Dynamisches Scherrheometer DSR mindestens 80°C 70°C 60°C 50°C 40°C	[ Pa / ° ]	G* 1500 4600 15000 52000 190000	δ ≤75 G* 3200 8400 >24000 70000 220000 δ ≤70	AASHTO TP 5 und Anhang C
	Viskosität höchstens 160°C 150°C 140°C 130°C 120°C 110°C 100°C	[ mPa s ]	300 600 990 1650 3050 6800 17700	300 1000 1600 3000 5500 11500 32000	gemäß anliegender Verfahrens- anweisung zur Bestimmung der dynamischen Viskosität von Bitumen (Anlage 5.3)

## Anlage 5.3

### **Verfahrensanweisung zur Bestimmung der dynamischen Viskosität von Bitumen und modifizierten Bitumen mittels DSR - Platte-Kegel-Viskosimeterverfahren -<sup>9)</sup>**

#### 1. Anwendungsbereich

Diese Arbeitsanweisung legt ein Verfahren zur Bestimmung der dynamischen Viskosität eines Bitumenhaltigen Bindemittels mit einem Platte-Kegel-Viskosimeter über einen Temperaturbereich fest.

#### 2. Normative Verweisungen

EN 58 Probenahme bituminöser Bindemittel

EN 12594 Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Vorbereitung von Untersuchungsproben.

EN 12597 Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Terminologie

EN 20023 Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel – Anforderungen an PmBs

TL-PmB: Technische Lieferbedingungen für gebrauchsfertige PmB

#### 3. Prinzip

Die Bindemittelprobe wird auf die untere Platte eines dynamischen Scher - Rheometers (DSR) angeordnet und auf die Prüftemperatur gebracht. Die obere kegelförmige Platte des Rheometers wird auf die Bindemittelprobe gedrückt. Durch eine vorgegebene Schubspannung wird eine Schubbeanspruchung auf die Probe ausgeübt. Gemessen wird die resultierende Drehzahl, aus der die Schergeschwindigkeit errechnet wird. Aus der Schergeschwindigkeit wird die dynamische Viskosität berechnet zu:

$$\text{Dynamische Viskosität } \eta = \frac{\text{Schubspannung}}{\text{Schergeschwindigkeit}}$$

Einheit: [Pa.s]

Alte Einheit: 1 [Poise] = 100 [Zentipoise] = 100 [mPa.s]

Die Gleichung oben gilt für idealviskose Substanzen und somit auch für Bitumen und modifizierten Bitumen bei hohen Temperaturen.

#### 4. Prüfeinrichtungen

Platte-Kegel-Viskosimeter mit folgenden Eigenschaften:

- Schubspannung: 0,03 bis 3000 Pa ;
- Viskositätsbereich:  $10^{-1}$  Pa.s bis  $10^{+6}$  Pa.s;
- Temperaturbereich: 80 °C bis 200 °C;
- Die Probentemperatur muss auf  $\pm 0,1$  °C konstant gehalten werden;
- ein Platte-Kegel-System mit einer geeigneten Kegelgröße :  
z.B. Durchmesser 40mm , Kegelwinkel  $4^{\circ}$  <sup>10)</sup>
- Software zur Berechnung der Schergeschwindigkeit

<sup>9)</sup> Bei etwaigen Rückfragen : asphalt labor Arno J.Hinrichesen GmbH & CoKG, 04554-99200, mail@asphalt-labor.de

<sup>10)</sup> Geeignet ist z.B. ein ein Rheometer von Bohlin mit Kegel-Platte-System CP 4/40

## 5. Probenahme

Die Probe ist nach EN 58 zu entnehmen und nach DIN EN 12594 vorzubereiten. Im Falle von viskositätsabsenkenden Bindemitteln ist die zu untersuchende Probe, unabhängig von dem Erweichungswert des zu prüfenden Bindemittels, bei einer Temperatur von mindesten 180 °C vorzubereiten.

## 6. Durchführung

Die Messung wird mit einem geeigneten Dynamischen-Scher-Rheometers durchgeführt, das mit einem automatisierten Spalteinstellungs- und Regelungssystem ausgestattet ist. Das Drehmoment und damit die Schubspannung wird vorgegeben, die resultierende Drehzahl und damit die Schergeschwindigkeit gemessen. Das Kegel-Platte Messsystem besteht aus einem sich drehenden oberen Kegel mit abgeflachter Kegelspitze und einer feststehenden unteren Platte. Die Probe wird kraftschlüssig dazwischen eingebracht.

Vor jeder Messung ist ein automatischer Nullabgleich bei der gewählten Prüftemperatur durchzuführen. Dabei wird der obere Stempel auf einen Spaltabstand von Null heruntergefahren. Diese Stellung wird vom Gerät als Nullstellung registriert. Zur Minimierung des Einflusses der Längenausdehnung des Messkegels bei der Viskositätsprüfung über einen großen Temperaturbereich wird der Nullabgleich bei einer Temperatur durchgeführt, die in der Mitte des Temperaturmessbereiches liegt.

Bei Messungen der Viskosität bei einer vorgegebenen Temperatur ist die Bindemittelprobe auf die untere Platte aufzubringen und der Kegel herunterzufahren. Die zwischen Kegel und Platte eingespannte Probe ist auf die Prüftemperatur zu bringen. Die entsprechende Schubspannung ist vorzugeben. Vor dem Starten der Messung ist sicher zu stellen, dass die Probe die Messtemperatur erreicht hat. Erfahrungsgemäß beträgt die Temperierungszeit 15 Minuten. Die Angaben des Geräteherstellers sind zu beachten.

ANMERKUNG: Bei der Viskositätsmessung von viskositätsabsenkenden Bindemitteln ist die Probe zunächst auf Raumtemperatur abzukühlen, um ein vollständiges Auskristallisieren der viskositätsabsenkenden Zusätze zu gewährleisten. Danach ist die gewählte Prüftemperatur „von unten nach oben“ anzusteuern.

## 7. Angabe des Prüfergebnisses

Der Viskositätswert ist als dynamische Viskosität in mPa.s und als nächstliegende ganze Zahl anzugeben.

## 8. Präzision des Verfahrens

Die Wiederholbarkeit  $r$  und die Vergleichbarkeit  $R$  sind z.Z. noch nicht bekannt.

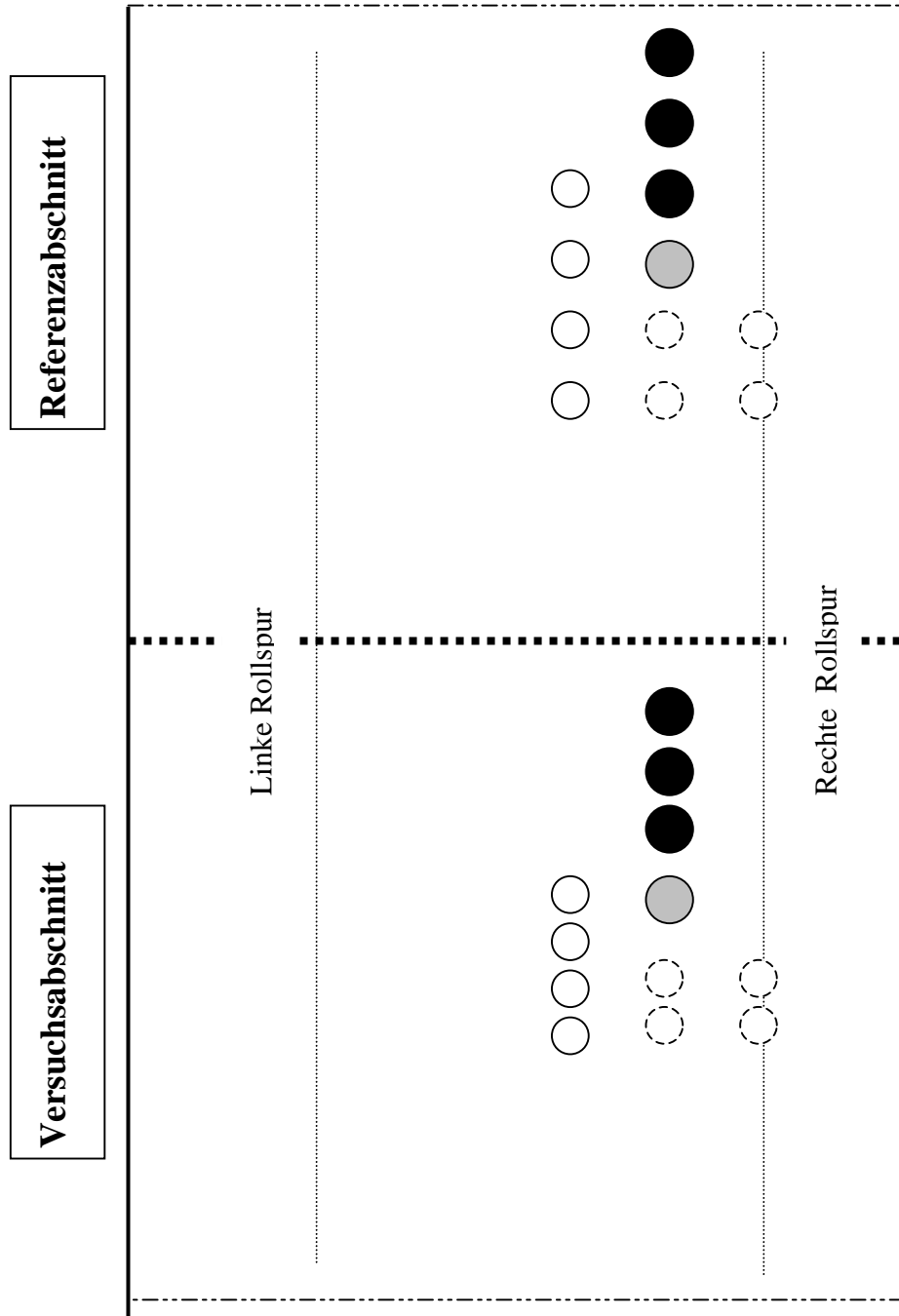
## 9. Prüfbericht





Der Prüfbericht muss mindestens folgende Informationen enthalten:

- a) Angaben über das verwendete Prüfgerät
- b) Typ und vollständige Kennzeichnung der untersuchten Probe;
- c) Hinweis auf diese Verfahrensanweisung
- d) Etwaige Abweichungen von dieser Verfahrensanweisung
- e) Prüfergebnis
- f) Prüfdatum

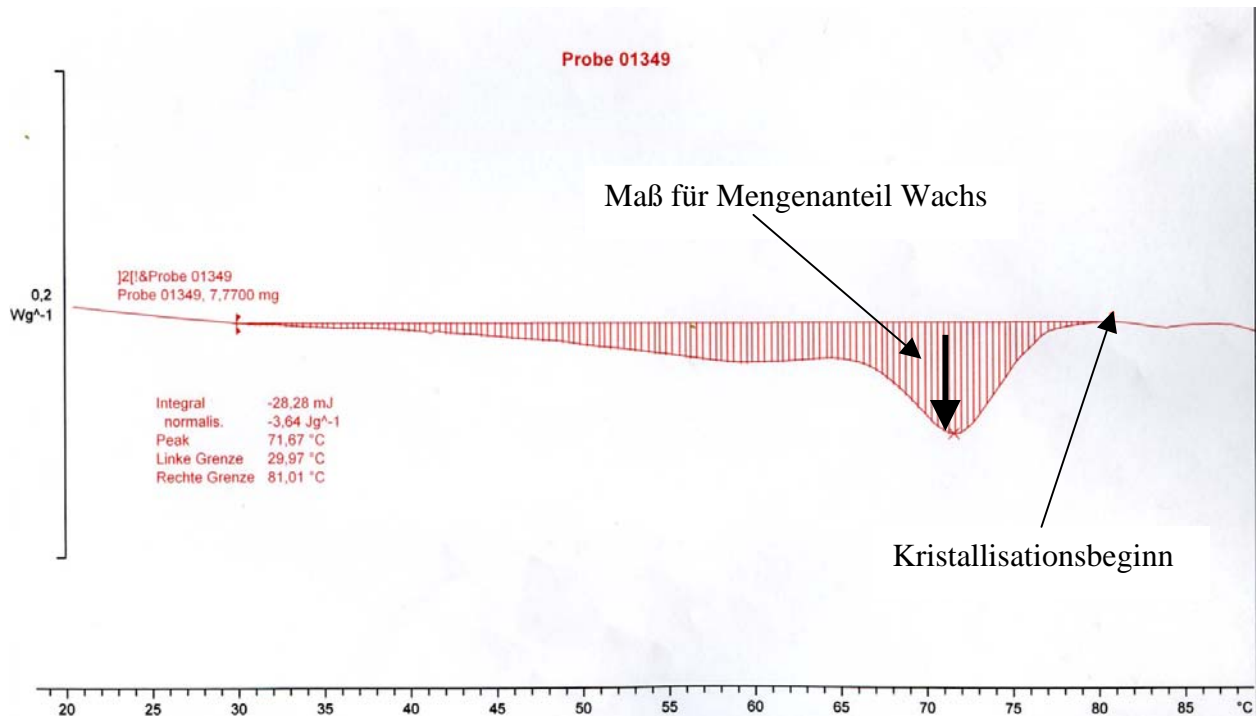
## Anlage 6

## Bohrplan



-  300 ér Bohrkerne Abkühlversuch
-  300 ér Bohrkerne für Zugversuch ,vor und nach Wasserlagerung
-  150 ér Bohrkerne Verdichtung, Kontrollprüfung , Bindemittelrückgewinnung
-  150 ér Bohrkerne für zus. Bindemittelgewinnung für EP ,BP, DSR, KD, Pen

## Anlage 7: DSC – Kurve für Asphaltan B



Beim Abkühlen des Bindemittels wird Energie frei, die um so größer ist, je größer der Mengenanteil des Kristallisationsproduktes ist, hier Romontanwachs Asphaltan B.