

Verwendung von Fräsasphalt aus offenporigen Asphaltdeckschichten auf möglichst hohem Wertschöpfungsniveau

FA 7.212

Forschungsstelle: Technische Universität Braunschweig, Institut für Straßenwesen (Prof. Dr.-Ing. habil. P. Renken)

Bearbeiter: Grönniger, J. / Renken, P. / Wistuba, M. P.

Auftraggeber: Bundesministerium für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung, Bonn

Abschluss: Juli 2009

1 Aufgabenstellung

Neben dem vermehrten Einsatz Offenporiger Asphaltdeckschichten empfiehlt sich vor dem Hintergrund der Ressourcenschonung und dem Gebot der Wirtschaftlichkeit im Straßenbau die Wiederverwendung von Ausbauasphalt auf höchstmöglichem Niveau der Wertschöpfung. Dies trifft insbesondere auf Ausbauasphalt aus Offenporigen Asphaltdeckschichten zu, dessen Baustoffkomponenten hohen Anforderungen unterliegen und damit teurer in der Herstellung sind.

Die Wiederverwendung von Ausbauasphalt in Form von Asphaltgranulat in den unteren Schichten des gebundenen Straßenoberbaus ist Stand der Technik. Erfahrungen mit der Verwendung von Ausbauasphalt aus Offenporigen Asphaltdeckschichten (AOPA) in Asphaltbindermischgut und Splittmastixasphalt existieren dagegen in Deutschland bisher nicht.

Ziel des Forschungsvorhabens ist es, eine Grundlage für eine hochwertige Wiederverwendung von Asphaltgranulat aus Offenporigen Asphaltdeckschichten in Asphaltbinder- sowie Splittmastixasphaltschichten zu erarbeiten und zu klären, ob die Asphaltgranulatzugabe möglich ist, ohne die Asphalteeigenschaften nachteilig zu beeinflussen. Insbesondere stellt sich die Frage, ob beziehungsweise wie sich der Austausch praktisch einer einzelnen frischen Gesteinkörnungsfraction durch das Einkorngemisch des Asphaltgranulats aus Offenporigen Asphaltdeckschichten auf die Gebrauchseigenschaften des resultierenden Mischguts auswirkt.

Im Detail soll zum einen durch umfassende Bitumenprüfungen der Alterungszustand der Bitumenphase des Asphaltgranulats untersucht und hinsichtlich der Auswirkungen auf das Gebrauchsverhalten von Asphaltbindermischgut und Splittmastixasphalt, in denen das Asphaltgranulat eingesetzt wird, beurteilt werden. Zum anderen ist zu klären, ob oder inwieweit die Zugabe des Asphaltgranulats zu Asphaltbindermischgut und Splittmastixasphalt deren Asphalteeigenschaften hinsichtlich Verformungs-, Kälte- und Ermüdungseigenschaften sowie Haftverhalten nachteilig verändert.

Mit den neugewonnenen Erkenntnissen sollen Empfehlungen und Kriterien zur Verwertung von Ausbauasphalt aus Offenporigen Asphaltdeckschichten in Asphaltbinder- und Splittmastixasphaltschichten erarbeitet werden.

2 Untersuchungsmethodik

Fünf Ausbauasphalte wurden durch sorgfältiges Fräsen gewonnen, sodass keine weitere Zerkleinerung erforderlich wurde und der Fräsasphalt unmittelbar als Asphaltgranulat verwendet werden konnte. An den Asphaltgranulaten wurden Analysen durchgeführt, in denen neben der Korngrößenverteilung, Bindemittelgehalt und Erweichungspunkt Ring und Kugel (RuK), die Rohdichte des homogenisierten und wiedererwärmten Asphaltgranulats bestimmt wurde.

Als Auswahlkriterien der Asphaltgranulate dienten die Art des enthaltenen Bindemittelprodukts und der zugehörige Hersteller. Außerdem war der Verhärtungsgrad, charakterisiert durch den am zurückgewonnenen Bitumen ermittelten Erweichungspunkt Ring und Kugel von Interesse.

Um eine möglichst große Bandbreite an verschiedenartigen Asphaltgranulaten aus Offenporigen Asphaltdeckschichten zu untersuchen, sollten sich die Asphaltgranulate bezüglich der eben genannten Kriterien unterscheiden. Ausgesuchte Eigenschaften der für die Hauptversuche ausgewählten Asphaltgranulatvarianten sind Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1: Ergebnisse der Fräsasphaltanalysen an den für die Hauptversuche ausgewählten Asphaltgranulatvarianten

Merkmal	Dim.	Bezeichnung der OPA-Fräsasphaltvariante				
		V1	V2	V4	V5	V7
Bindemittelprodukt	–	Hersteller 1	Hersteller 2	Hersteller 4	unbekannt	Hersteller 5
Bindemittelgehalt	M.-%	6,7	5,1	5,5	7,8	6,5
EwP RuK	°C	87,6	89,5	107,4	84,5	79,6
Füllergehalt	M.-%	7,0	5,4	5,0	7,3	5,3
2,0 – 5,0	M.-%	23,0	16,2	18,1	17,7	15,3
5,0 – 8,0	M.-%	47,1	65,9	60,7	44,3	51,3
8,0 – 11,2	M.-%	5,7	5,1	5,2	7,6	11,0
> 11,2	M.-%	0,7	0,1	0,0	2,6	7,0

Im Anschluss erfolgte eine Homogenisierung jeder einzelnen ausgewählten Asphaltgranulatvarianten sowie eine Klassifizierung gemäß den Technischen Lieferbedingungen für Asphaltgranulat.

2.1 Auswahl der "frischen" Bindemittel

Es sei darauf verwiesen, dass ausschließlich "frische" polymermodifizierte Bindemittel der Spezifikationen gemäß TL PmB 01 eingesetzt wurden, nachfolgend jedoch die neuen Sortenbezeichnungen nach TL Bitumen-StB 07 verwendet werden. Als zuzugebende Frischbindemittelsorten wurden die Festlegungen gemäß Tabelle 2 getroffen.

Tabelle 2: Frischbindemittel bei der Herstellung von SMA 0/8 S und ABi 0/16 S

	Nullvariante	Varianten unter Zugabe von Asphaltgranulat	
SMA 0/8 S	25/55-55 A	45/80-50 A	unabhängig vom resultierenden Erweichungspunkt
ABi 0/16 S	10/40-65 A	25/55-55 A	

Bei der Auswahl der "frischen" Bindemittel wurde eine pragmatische Vorgehensweise gewählt, um möglichst praxisnah zu arbeiten. Für die Nullvariante des Splittmastixasphalts wurde ein 25/55-55 A eingesetzt, für die SMA-Varianten mit Ausbaupasphalt unabhängig von der Härte des Asphaltgranulats immer ein polymermodifiziertes Bindemittel der Sorte 45/80-50 A.

Die Nullvariante des Asphaltbinders wurde mit 10/40-65 A gemischt, die Asphaltbindervarianten (ABi-Varianten) mit Asphaltgranulat immer mit 25/55-55 A.

Diese Vorgehensweise hatte zur Folge, dass die Asphaltvarianten in Abhängigkeit von der Härte des Asphaltgranulats und des Zugabeanteils unterschiedliche Viskositäten des resultierenden Bindemittels aufwiesen, ein Umstand, der sich auf die mechanischen Eigenschaften der Asphalte auswirken kann und bei der Interpretation der Versuchsergebnisse zu berücksichtigen ist.

2.2 Art und Variationsumfang der Hauptuntersuchungen

Für die Hauptuntersuchungen wurden ABi-Varianten 0/16 S und Splittmastixasphaltvarianten (SMA-Varianten) 0/8 S bei Variationen der Härte beziehungsweise Art des Asphaltgranulats in fünf Stufen, der Zugabemenge in zwei Stufen (15 M.-% und 30 M.-%), und der Zugabetemperatur des Asphaltgranulats in zwei Stufen (20 °C zur Simulation einer Kaltzugabe und 100 °C zur Simulation einer Warmzugabe) vorgenommen.

Zur Überprüfung des Einflusses der Viskosität des "frischen" Bindemittels wurden zusätzlich bei der "harten" Asphaltgranulatvariante V4 die Bindemittelsorte in den drei Stufen 10/40-65 A, 25/55-55 A und 120/200-40 A variiert.

Tabelle 3: Untersuchungsmatrix

		SMA 0/8 S			ABi 0/16 S		
Zugabeanteil [M.-%]		15	30	0	15	30	
Asphaltgranulatvariante V1		SO	S11	S21	BO	B11	B21
Asphaltgranulatvariante V2		-	S12	S22	-	B12	B22
Asphaltgranulatvariante V4	Frischbitumen 1	-	S14	S24	-	B14	B24
	Frischbitumen 2	-	S14 b	S24 b	-	B14 b	B24 b
	Frischbitumen 3	-	S14 c	S24 c	-	B14 c	B24 c
Asphaltgranulatvariante V5		-	S15	S25	-	B15	B25
Asphaltgranulatvariante V7		-	S17	S27	-	B17	B27
Zugabetemperatur [°C]		100			100		
Zugabeanteil [M.-%]		15	30	15	30		
Asphaltgranulatvariante V4		S34	S44	B34	B44		
Asphaltgranulatvariante V7		S37	S47	B37	B47		

Der Variationsumfang kann der Untersuchungsmatrix in der Tabelle 3 entnommen werden.

An allen Asphaltvarianten der Tabelle 3 wurden Untersuchungen zu den Verformungs-, Ermüdungs-, Kälte-, und Hafteigenschaften angestellt, das Bindemittel zurückgewonnen und hieran konventionelle und rheologische Untersuchungen vorgenommen.

Die Auswertung der Untersuchungsergebnisse erfolgte unter Anwendung des statistischen Prüfinstruments der multiplen Varianzanalyse.

2.3 Asphaltmischgut- und Probekörperherstellung

Ausgehend von einer Standardrezeptur wurden durch gezielte Dosierung der einzelnen "frischen" Baustoffkomponenten für eine Asphaltart immer vergleichbare resultierende Zusammensetzungen mit einem Zwei-Wellen-Zwangsmischer realisiert.

Für die Prüfungen zur Ansprache der Asphalteigenschaften wurden Marshall-Probekörper (MPK) und walzsektorverdichtete Asphalt-Probepplatten hergestellt. Für die Untersuchungen zur Ansprache der Kälteeigenschaften wurden prismatische Probekörper aus den hergestellten Asphalt-Probepplatten gesägt.

2.4 Prüfungen zur Ansprache der Asphalteigenschaften

Zur Ansprache der Asphalteigenschaften wurden folgende Prüfungen durchgeführt:

- Verformungseigenschaften (dynamischer Stempeldringversuch, Spurbildungsversuch),
- Kälteeigenschaften (Zugversuche bei 4 Temperaturen und Abkühlversuch),
- Ermüdungseigenschaften (Einaxialer Zugschwellversuch),
- Hafteigenschaften (Abfall der Spaltzugfestigkeit).

Die Durchführung des Spurbildungsversuchs erfolgt gemäß TP Asphalt-StB, Teil 22. Danach wird die Temperierung der Asphalt-Probepplatten auf die Prüftemperatur von $T = 60 \text{ °C}$ im Luftbad realisiert sowie die einzuleitende Belastung durch ein vollgummibereiftes Rad vollzogen. Es werden die absolute Spurrinntentiefe (RD_{Luft}) und die auf die Dicke der Asphalt-Probepplatte bezogene proportionale Spurrinntentiefe PRD_{Luft} ermittelt.

Die dynamische Stempeldringtiefe wird an aus walzsektorverdichteten Asphalt-Probepplatten entnommenen Bohrkernen (Durchmesser 200 mm) bestimmt. Die Bohrkern werden bei einer Prüftemperatur von $T = 50 \text{ °C}$ mittels sinusförmigem Lastimpuls von 0,2 Sekunden Dauer mit 0,8 MPa sowie einer anschließenden Lastpause von 1,5 Sekunden mit 0,02 MPa belastet. Als Ergebnis wird die dynamische Stempeldringtiefe in [mm] sowie die relative dynamische Stempeldringtiefe in $[\text{‰}]$ nach 10 000 Lastwechseln angegeben.

Zur Beurteilung der Kälteeigenschaften werden einaxiale Zug- sowie Abkühlversuche an aus Asphalt-Probepplatten herausgesägten, prismatischen Probekörpern durchgeführt. Die einaxialen Zugversuche werden bei konstanten Temperaturen von +20, +5, -10 und -25 °C durchgeführt. Bei den Abkühlversuchen werden die prismatischen Probekörper mit einer Temperaturrate von -10 K/h bis zum Bruch abgekühlt und die kryogenen Spannungen gemessen. Aus beiden Versuchstypen wird als weiteres Beurteilungskriterium die maximale Zugfestigkeitsreserve abgeleitet.

Zur Ansprache der Ermüdungseigenschaften werden lastgeregelte Zug-Schwellversuche an prismatischen Probekörpern gemäß pr EN 12697-46 bei einer gewählten Temperatur von -10 °C durchgeführt. Als Prüfspannung wird eine sinusförmige Zug-Schwellspannung aufgebracht, die zwischen der Unterspannung – der kryogenen Zugspannung der jeweiligen SMA- bzw. ABi-Variante bei -10 °C – und der Oberspannung, dies ist die kryogene Zugspannung zuzüglich der verkehrslastbedingten Zugspannung, mit einer Frequenz von 10 Hz oszilliert. Als Ergebnis der lastgeregelten Zug-Schwellversuche wird die Anzahl der Lastwechsel beim Bruch des Probekörpers angegeben.

Die Hafteigenschaften werden anhand des Spaltzugfestigkeitsabfalls gemäß TP Asphalt-StB, Teil 12 angesprochen.

Dazu sind sechs Probekörper zu prüfen: drei trocken gelagerte Probekörper sowie drei weitere Probekörper, die vor der Spaltzugbeanspruchung einer Wassersättigung mit anschließender Wasserlagerung unterzogen wurden. Als Ergebnis wird der Verhältniswert der Spaltzugfestigkeiten (indirekten Zugfestigkeiten) ermittelt (Indirect Tensile Strength Ratio – ITSR-Wert als Quotient aus Spaltzugfestigkeit "nass" zu Spaltzugfestigkeit "trocken").

3 Untersuchungsergebnisse

3.1 Untersuchungen am zurückgewonnenen Bindemittel

Für die Asphaltvarianten unter Zugabe von Asphaltgranulat gelten die in Tabelle 4 aufgeführten Bindemittelkenndaten.

Tabelle 4: Untersuchungsergebnisse an den aus dem Asphalt zurückgewonnenen Bindemitteln

Variante	Pen [1/10mm]	EwP [°C]	BP [°C]	Form- änderungs- arbeit 0-Ende [J]	EI. Rück- stellung [%]	DSR		BBR Steifigkeit [MPa]			
						G*	δ	bei	bei	bei	
						[Pa]	[°]	-10 °C	-16 °C	-25 °C	
SMA 08 S	S0	39	65,0	-13,0	16,880	80	19.725	64,7	32,4	92,3	391,9
	S11	43	57,6	-14,0	18,701	74	10.265	73,5	82,7	202,0	530,1
	S21	33	60,8	-14,0	19,700	70	19.107	71,6	93,2	211,2	557,3
	S12	43	57,4	-20,0	20,962	74	9396	74,0	68,2	193,6	518,2
	S22	32	60,4	-16,0	22,300	67	15.570	72,9	103,4	236,5	666,8
	S14	41	57,6	-16,0	22,103	73	9993	73,6	71,2	136,9	455,7
	S24	30	63,0	-11,0	20,600	71	17.704	70,9	104,1	224,2	561,9
	S14b	31	65,6	-14,0	11,300	75	23.103	65,0	51,0	134,7	404,8
	S24b	23	72,6	-11,0	15,700	54	47.016	61,5	86,6	185,8	459,9
	S14c	71	51,8	-17,0	12,000	70	4.424	73,8	27,7	67,5	248,3
	S24c	49	57,6	-14,0	11,800	70	8.718	70,9	40,6	90,6	299,2
	S34	41	57,0	-11,0	19,740	72	9.631	73,2	66,0	141,5	493,2
	S44	27	61,8	-9,0	22,165	70	18.474	71,1	90,5	226,7	523,6
	S15	38	58,4	-12,0	20,211	71	11.916	73,5	65,1	175,7	479,7
	S25	34	61,8	-13,0	24,500	75	19.201	71,0	87,5	209,7	482,2
	S17	42	57,4	-13,0	19,900	74	11.600	73,4	84,9	123,2	493,0
	S27	36	59,8	-10,0	22,700	71	14.196	72,3	89,3	200,2	530,2
S37	47	56,0	-15,0	23,600	73	8.314	74,3	55,4	143,7	285,8	
S47	36	60,6	-12,0	19,470	73	14.926	71,9	65,9	179,9	409,8	
ABi 0/16 S	B0	24	69,0	-6,0	13,359	73	36.454	73,3	126,1	262,3	611,8
	B11	23	67,6	-7,0	6,480	66	31.579	65,9	117,7	287,0	836,4
	B21	17	72,2	-10,0	8,396	49	44.079	65,5	167,1	297,7	889,4
	B12	25	68,4	-11,0	8,773	60	32.199	66,0	121,8	263,3	729,5
	B22	18	72,6	-4,0	10,641	51	53.825	65,3	182,7	337,2	876,3
	B14	21	71,0	-5,0	7,557	50	39.428	64,1	119,8	257,8	637,9
	B24	15	77,6	-3,0	10,313	51	80.432	60,6	167,9	310,1	669,5
	B14b	29	65,4	-12,0	10,827	76	26.714	66,2	83,1	205,4	546,6
	B24b	18	73,4	-8,0	18,681	71	64.054	61,8	127,3	257,3	592,4
	B14c	51	56,6	-16,0	3,605	76	9.115	69,7	27,5	79,3	312,8
	B24c	29	66,6	-18,0	8,458	74	24.963	65,3	60,1	154,6	386,9
	B34	19	72,0	-7,0	7,618	52	42.273	63,2	129,3	285,5	589,1
	B44	16	77,4	-4,0	10,349	56	84.765	60,6	163,9	328,7	803,7
	B15	21	70,4	-11,0	8,717	67	37.365	64,5	113,4	246,6	462,8
	B25	18	74,0	-8,0	11,888	68	63.187	63,2	151,0	254,4	607,5
	B17	26	66,8	-10,0	6,616	61	27.559	66,7	102,3	189,7	582,6
	B27	19	71,6	-12,0	7,382	50	46.630	65,0	147,0	272,6	626,4
B37	25	68,6	-12,0	7,674	58	31.896	66,0	92,4	243,2	618,5	
B47	19	70,2	-9,5	7,078	69	43.863	65,5	129,3	278,6	622,0	

Der Einfluss der Asphaltgranulatzugabe auf die Eigenschaften des resultierenden Bindemittels ist nicht zu übersehen, das Bindemittel wird höher viskos, was sich in steigenden Erweichungspunkten und Brechpunkten, sinkender Nadelpenetration und sinkender Elastischer Rückstellung ausdrückt.

Bezüglich der vertragsrelevanten Kenngrößen Erweichungspunkt Ring und Kugel und Elastischer Rückstellung ergeben sich für die Mehrheit der aus den SMA- und Abi-Varianten mit Asphaltgranulat zurückgewonnenen Bindemittel Werte, die den Anforderungen gemäß ZTV Asphalt-StB 01 (EwP RuK maximal 8 °C über der oberen Grenze der jeweiligen Bitumensorte) beziehungsweise sogar Anforderungen an "frische" Bindemittel (Elastische Rückstellung > 50 %) gemäß TL PmB 01 genügen.

Der Einfluss der Viskosität des Zugabebindemittels auf das zurückgewonnene, resultierende Bindemittel ist für die Verwendung des "harten" Asphaltgranulats V4 in Bild 1 histogrammisch dargestellt. Zur besseren Orientierung sind in den Histogrammen die für "frische" Bindemittel der Sorten 25/55-55 A (SMA 0/8 S) bzw. 10/40-65 A (ABi 0/16 S) gemäß den TL PmB 01 und nach ZTV Asphalt-StB 01 für zurückgewonnene Bindemittel geltenden Grenzwerte eingezeichnet. Bild 1 ist unmittelbar zu entnehmen, dass sich die Viskosität des Zugabebindemittels unmittelbar auf die Viskosität des resultierenden Bindemittels in plausibler Weise ausdrückt. Es lässt sich auch diejenige Bitumensorte finden, die vergleichbare Bitumeneigenschaften der Nullvariante aufweist.

Der Einfluss der Härte des Asphaltgranulats ist plausibel. Bei der hier gewählten experimentellen Vorgehensweise, nämlich für die Asphaltarten jeweils nur eine Sorte von Zugabebindemittel zu verwenden, ergeben sich bei "harten" Asphaltgranulaten auch höhere Viskositäten des resultierenden Bindemittels, die EwP RuK steigen, die Penetrationen werden kleiner. Dieser Einfluss steigt mit zunehmendem Anteil an Asphaltgranulat.

Der Einfluss der Granulathärte (charakterisiert durch den EwP RuK des Bindemittels im Asphaltgranulat) kann nur bedingt – eindeutiger bei einem hohen Granulatzugabeanteil von 30 M.-% – anhand der konventionellen Kennwerte am zurückgewonnenen Bindemittel erkannt werden. Gute Korrelationen ergeben sich beispielsweise für die Nadelpenetration (SMA-Varianten) sowie für den EwP RuK an den Abi-Varianten (Bild 2).

Ein Einfluss der Zugabetemperatur des Asphaltgranulats auf die konventionellen und rheologischen Kennwerte am zurückgewonnenen Bindemittel lässt sich nicht feststellen.

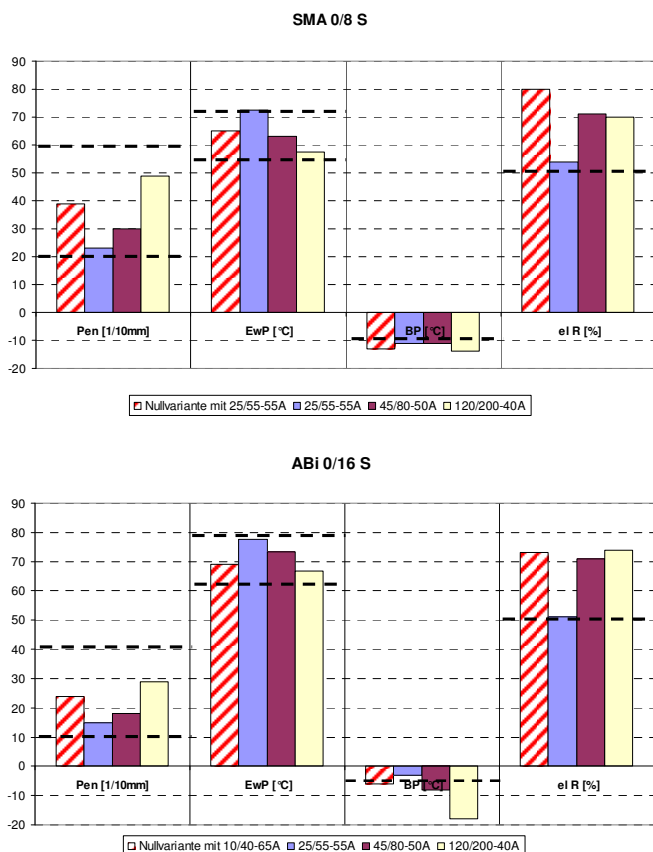


Bild 1: Einfluss der Viskosität des Zugabebindemittels auf die konventionellen Kennwerte des resultierenden Bindemittels bei 30 M.-% Granulatzugabe (EwP RuK 107 °C)

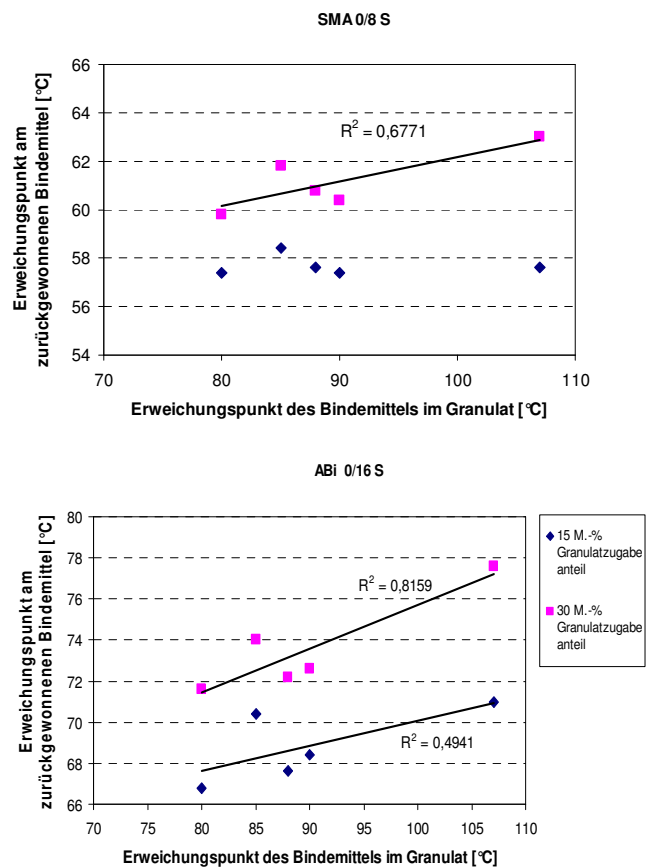


Bild 2: Zusammenhang zwischen der "Härte" des Asphaltgranulats und dem Erweichungspunkt Ring und Kugel des resultierenden Bindemittels

3.2 Asphaltuntersuchungen – Verformungseigenschaften

3.2.1 Spurrinnenbildung

In Bild 3 sind ausgewählte Ergebnisse der Spurbildungstests aufgeführt.

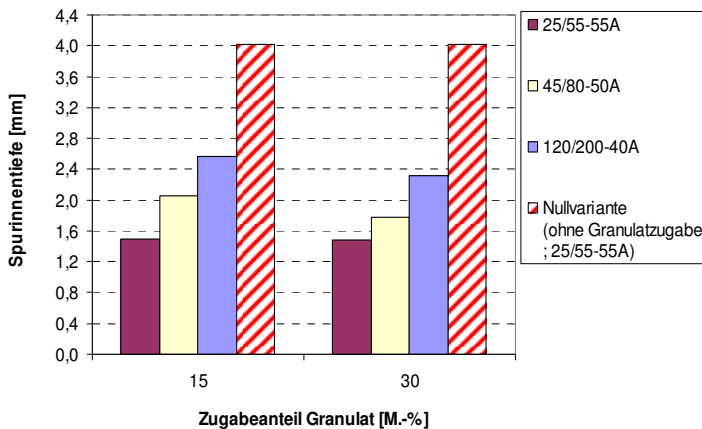
Am Beispiel der SMA-Variante mit dem sehr "harten" Asphaltgranulat V4 konnte gezeigt werden, dass die Spurrinentiefe mit steigender Viskosität des Zugabebindemittels kleiner wird.

Hinsichtlich des Einflusses der Härte des Asphaltgranulats – hier wurde unabhängig von der Asphaltgranulatart immer nur eine Bindemittelsorte eingesetzt – konnte gezeigt werden, dass im Falle des Asphaltbinders praktisch vergleichbare Spurrinentiefen realisiert wurden, d.h. die Verwendung der Asphaltgranulate führten auf vergleichbare Spurrinentiefen.

Bei den SMA-Varianten trifft diese Aussage nur bei der Verwendung der Asphaltgranulate V1, V2, V4 und V5 zu. Bei Verwendung des Asphaltgranulats V7 müssen weitere – bisher nicht identifizierbare Effekte – zu der auffällig geringen Spurrinentiefe geführt haben.

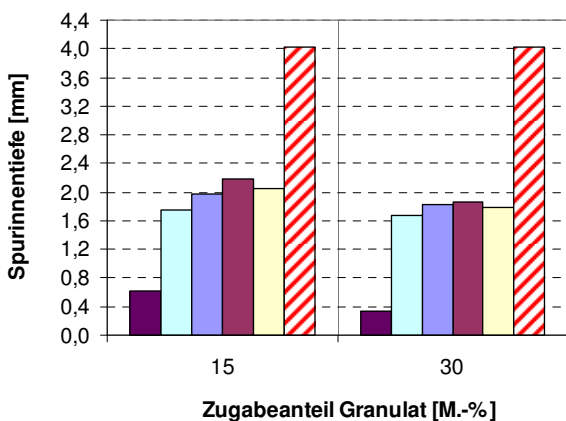
Die Nullvarianten weisen im Vergleich große Spurrinentiefe auf, das heißt, dass die Zugabe von Asphaltgranulat aus Offener Asphaltdeckschichten die Verformungseigenschaft der SMA- und ABi-Varianten begünstigt.

Einfluss der Viskosität des Zugabebindemittels bei Verwendung des Asphaltgranulats V4 (EwP 107°C) - SMA 0/8 S



- Granulat V4, EwP 107°C des BM im Granulat
- Granulat V2, EwP 90°C des BM im Granulat
- Granulat V1, EwP 88°C des BM im Granulat
- Granulat V5, EwP 85°C des BM im Granulat
- Granulat V7, EwP 80°C des BM im Granulat
- ▨ Nullvariante (ohne Asphaltgranulat)

Einfluss der Härte des Asphaltgranulats SMA 0/8 S



Einfluss der Härte des Asphaltgranulats ABi 0/16 S

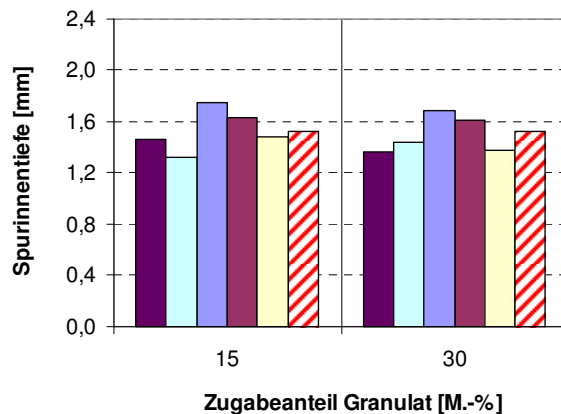


Bild 3: Spurrinentiefe für ausgesuchte Variationsstufen

3.2.2 Dynamische Stempfeindringtiefe

Exemplarisch wird in Bild 4 der Einfluss der Viskosität des Zugabebindemittels, der Härte des Asphaltgranulats und des Zugabeanteils auf die dynamische Stempfeindringtiefe verdeutlicht.

Der überwiegende Teil der dynamischen Stempfeindringtiefen der SMA- und ABi-Varianten unter Asphaltgranulatzugabe ist

klein, was einem vorteilhaften Verformungsverhalten entspricht. Selbst durch die Asphaltgranulatzugabe bis zu 30 M.-% werden keine im Vergleich zu den Nullvarianten (ohne Asphaltgranulat) nachteiligen Werte erhalten. Dies gilt unabhängig von Asphaltgranulathärte, Zugabeanteil und der Zugabetemperatur des Asphaltgranulats.

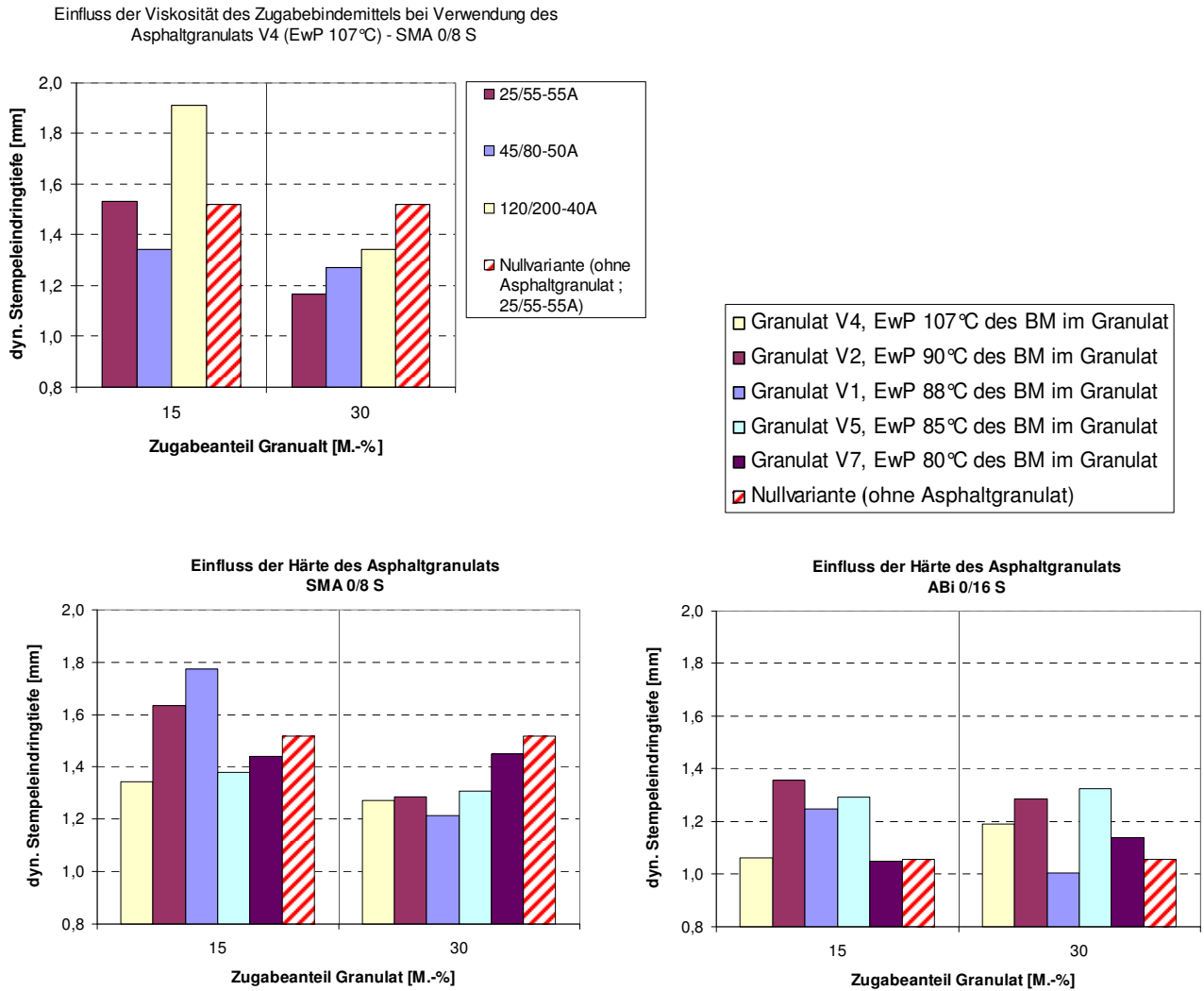


Bild 4: Dynamische Stempfeindringtiefe für ausgesuchte Variationsstufen

3.3 Asphaltuntersuchungen – Kälteverhalten

Um vorteilhafte Kälteeigenschaften zu erreichen, sollte das hier auszugsweise aufgeführte Prüfmerkmal Bruchtemperatur einen möglichst tiefen Wert erreichen (Bilder 5 und 6).

Sämtliche untersuchten Kenngrößen des Kälteverhaltens (Bruchtemperatur, maximale Zugfestigkeitsreserve ($\Delta\beta_t$), Temperatur an $\Delta\beta_t$) werden dominant von der Viskosität des "frischen" Zugabebindemittels beeinflusst. "Weiche" Bindemittel wirken sich in der Regel auch bei einem hohen Granulatzugabeanteil vorteilhaft aus. Die vereinzelt festgestellten, nachteiligen Auswirkungen der Asphaltgranulatzugabe auf die Kälteeigenschaften können durch ein "weicherer" Frischbindemittel kompensiert werden, sodass mit den Nullvarianten vergleichbar vorteilhafte Kälteeigenschaften erhalten werden.

Der Granulatzugabeanteil zeigt nach der Frischbindemittelsorte den zweitstärksten Einfluss, der sich deutlich an den SMA-Varianten bezüglich der Bruchtemperatur zeigt. Für die ABi-Varianten ist der Einfluss des Zugabeanteils und des Verhärtungsgrades des Asphaltgranulats auf die Bruchtemperatur gleich stark. Mit steigendem Verhärtungsgrad und Zugabeanteil des Granulats ergeben sich höhere und damit nachteilige Temperaturen.

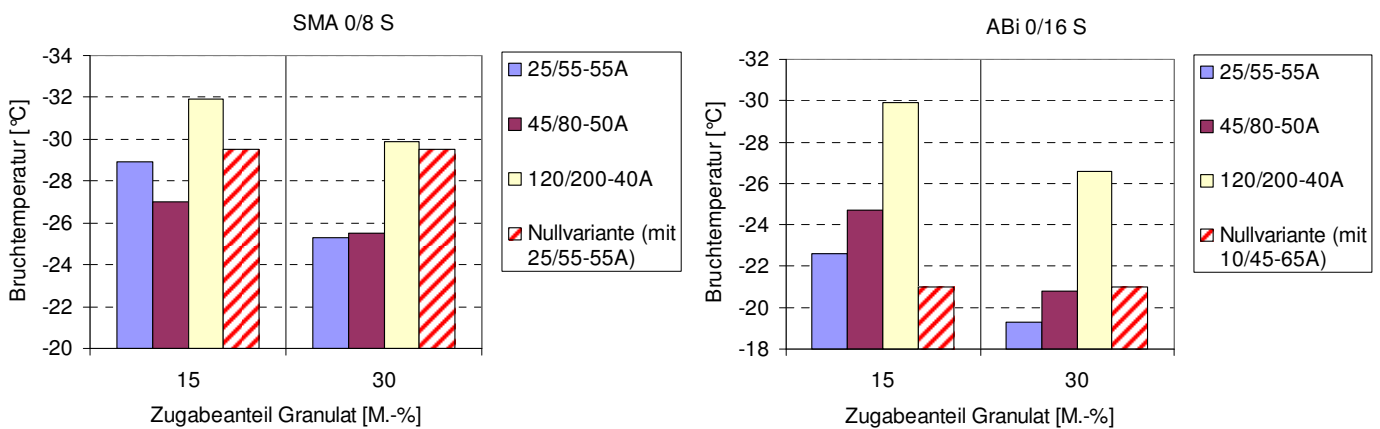


Bild 5: Einfluss der Viskosität des Zugabebindemittels auf die Bruchtemperatur

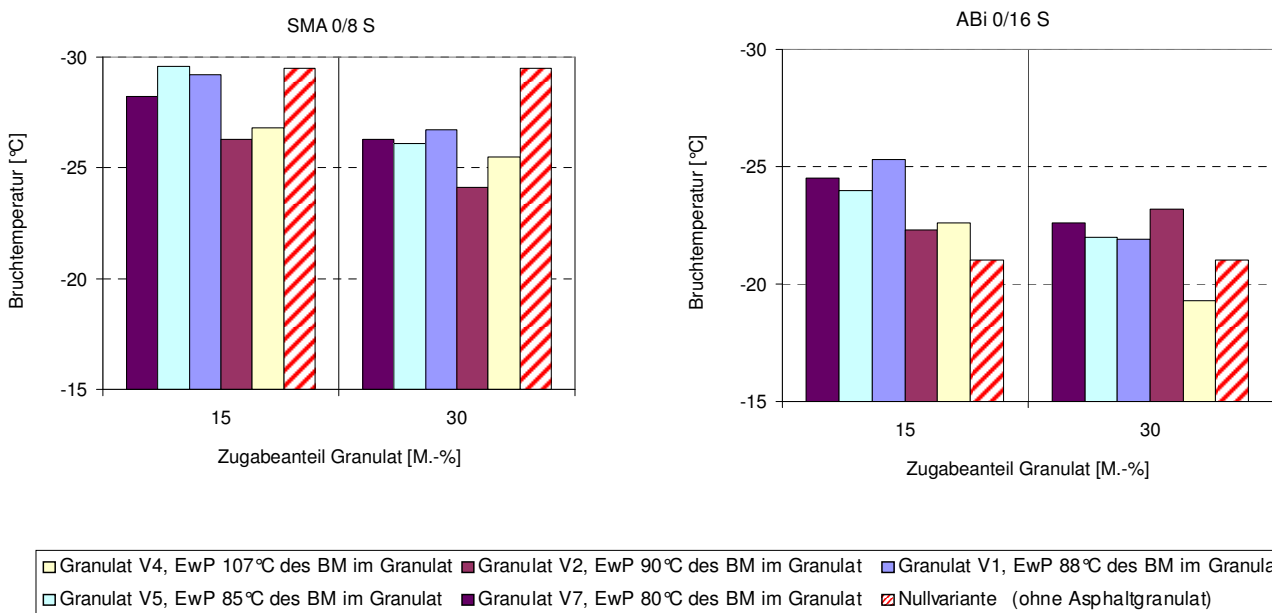


Bild 6: Einfluss der Härte und des Zugabeanteils des Asphaltgranulats auf die Bruchtemperatur

3.4 Asphaltuntersuchungen – Ermüdungsverhalten

Die Ermüdungseigenschaften, beurteilt anhand der in Bild 7 auszugsweise dargestellten Bruchlastwechselzahlen, werden insgesamt durch die Asphaltgranulatzugabe nicht negativ beeinflusst (SMA), beziehungsweise führt nur bei einem hohen Zugabeanteil von 30 M.-% an einigen Varianten zu nachteiligen Werten (ABi). An den SMA-Varianten ergeben sich eindeutig höhere ertragbare Lastwechselzahlen bis zum Bruch des Probekörpers.

Im Gegensatz zu den übrigen Asphaltgranulaten wirkte sich ein höherer Zugabeanteil des Asphaltgranulats V2 durch das enthaltene gummimodifizierte Bindemittel günstig durch steigende Bruchlastwechselzahlen aus.

Für die SMA-Varianten ergibt sich kein signifikanter Zusammenhang zwischen der Härte des Asphaltgranulats und der Bruchlastwechselzahl.

An den ABi-Varianten wirkt sich die Steigerung des Zugabeanteils signifikant durch fallende Bruchlastwechselzahlen aus, wodurch sich nachteilige Werte im Vergleich zur Nullvariante ergeben. Ein nennenswerter Zusammenhang ergibt sich zwischen sinkenden Bruchlastwechselzahlen und der Zugabe von "harten" Asphaltgranulaten.

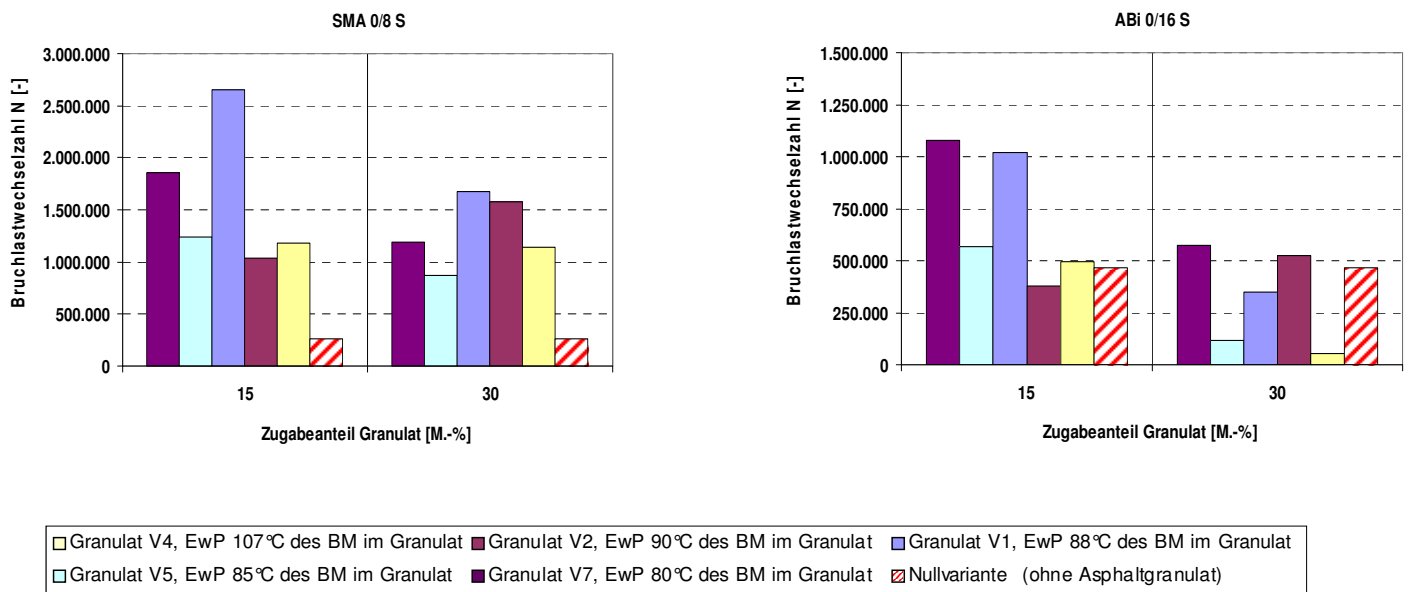


Bild 7: Einfluss der Härte und des Zugabeanteils des Asphaltgranulats auf die Bruchlastwechselzahl

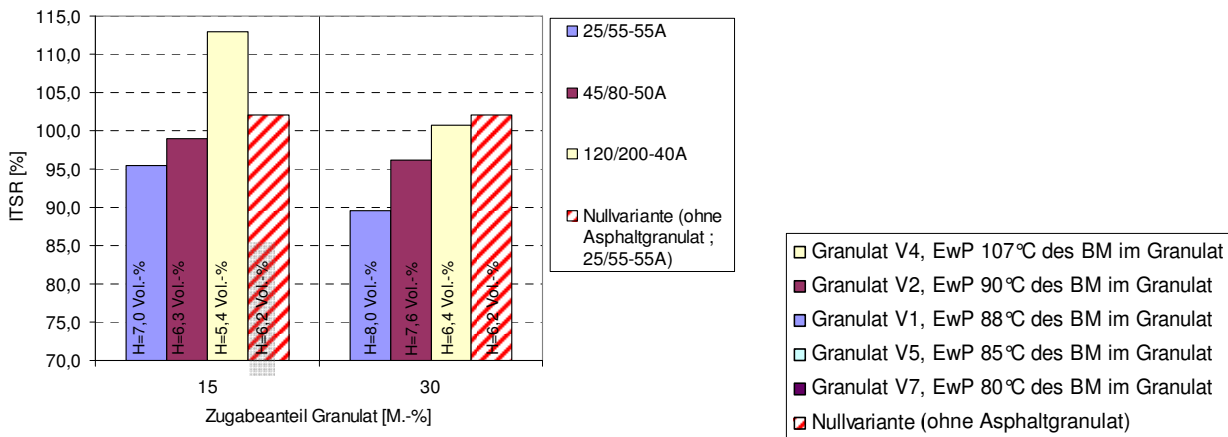
3.5 Asphaltuntersuchungen – Haftverhalten

Ausgewählte Ergebnisse der Untersuchungen zum Haftverhalten zeigt Bild 8.

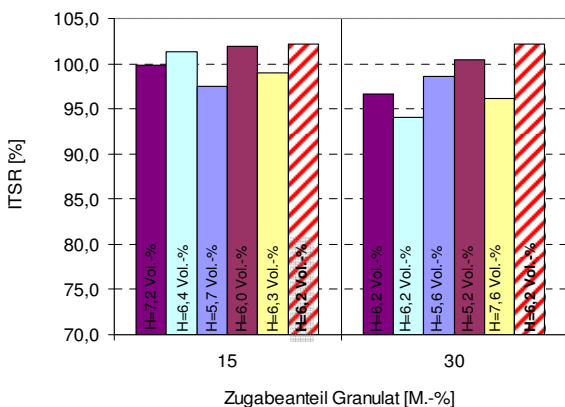
Die Zugabe von Asphaltgranulat wirkt sich kaum negativ auf die Wasserempfindlichkeit (Haftverhalten) – beurteilt anhand der Änderung der Spaltzugfestigkeiten (ITSR-Wert) – aus und dies unabhängig davon, ob der Asphaltgranulatzugabeanteil, die Zugabetemperatur oder die Viskosität des Zugabebindemittels variiert werden. Insgesamt zeigen sich hohe ITSR-Werte, sodass sämtliche SMA und ABI-Varianten mit und ohne Asphaltgranulat als wasserunempfindlich einzustufen sind.

Statistisch gesehen kann keiner Variationsstufe ein signifikanter Einfluss auf die Wasserempfindlichkeit nachgewiesen werden, teilweise bedingt durch relativ starke Streuungen in den Einzelergebnissen. Lediglich für die SMA-Varianten ergibt sich ein nennenswerter Zusammenhang zwischen der Viskosität des Zugabebindemittels und den ITSR-Werten. Die Zugabe von "weichem" Bindemittel führt an den SMA-Varianten zu vorteilhaften ITSR-Werten.

Einfluss der Viskosität des Zugabebindemittels bei Verwendung des Asphaltgranulats V4 (EwP 107 °C) - SMA 0/8 S



Einfluss der Härte des Asphaltgranulats SMA 0/8 S



Einfluss der Härte des Asphaltgranulats ABI 0/16 S

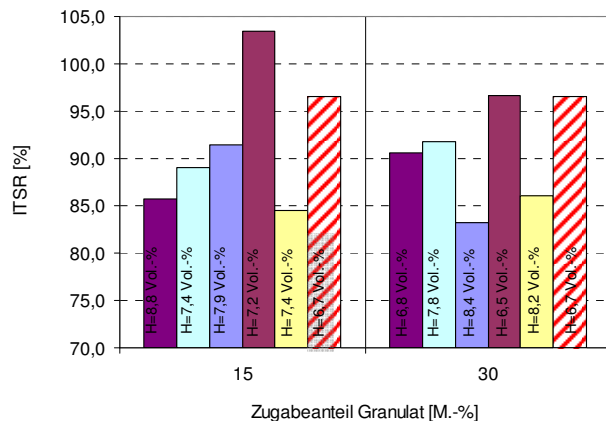


Bild 8: Verhältniswert der indirekten Spaltzugfestigkeiten – ITSR [%] für ausgesuchte Variationsstufen

4 Folgerungen für die Praxis

Aus den Untersuchungen am zurückgewonnenen Bindemittel ist erkennbar, dass sich die "Verschneidung" des verhärteten Bindemittels im zugegebenen Asphaltgranulat mit dem "frischen" Bindemittel nicht nachteilig auf die resultierenden Bindemiteleigenschaften im Vergleich zur Nullvariante (ohne Asphaltgranulat) auswirkt. Demnach können auch Asphaltgranulate, deren Bindemittel starke Alterungstendenzen aufweisen, bei der Asphaltherstellung von SMA 0/8 S und ABi 0/16 S verwendet werden, ohne dass sich dadurch entscheidend nachteilige Eigenschaften am resultierenden Bindemittel ergeben.

Die Eigenschaften aller untersuchten Asphalte wurden durch die Zugabe von Asphaltgranulat aus Offenporigen Asphaltdeckschichten nicht entscheidend nachteilig beeinflusst. Die Ausnahme bildet an den ABi-Varianten ein hoher Granulatzugabeanteil von 30 M.-% in Verbindung mit einem "harten" Asphaltgranulat, was zu nachteiligen Ermüdungseigenschaften im Vergleich zur Nullvariante führt.

Die Tabelle 5 fasst vereinfachend die durch die Untersuchungen und die statistische Auswertung identifizierten, herstellungsbedingten Einflüsse auf die Asphalteigenschaften qualitativ zusammen.

Tabelle 5: Übersicht der qualitativen Einflüsse der Variationsstufen auf die Asphalteigenschaften

Variation	Verformungsstabilität		Resistenz gegen Kälterisse	Resistenz gegen Materialermüdung	Haftwirkung unter Wassereinfluss
	Spurbildungstest	DSEV			
"hartes" Asphaltgranulat (EwP von 80 bis 107 °C)	O	O	O	O (SMA) - (ABi)	O
"weiches" Frischbindemittel (45/80-50A ; 120/200-40A)	(-)	(-)	++	+ (SMA) O (ABi)	+ (SMA) O (ABi)
hoher Zugabeanteil (30 anstatt 15 M.-%)	+	O	(-)	(-) (SMA) - (ABi)	O
Hohe Zugabetemperatur (100 °C anstatt 20 °C)	keine Aussage (SMA) ¹⁾		O	O	O
	O (ABi)	O (ABi)			

- + vorteilhafter Einfluss
- O kein Einfluss
- (-) unvorteilhafter Einfluss, jedoch werden mit der Nullvariante vergleichbare Eigenschaften erreicht
- unvorteilhafter Einfluss
- ¹⁾ Spurbildungstest und dyn. Stempelindringversuch ergaben widersprüchliche Ergebnisse (vorteilhaft für SBT, nachteilig für DSEV)

Für die Asphalteigenschaften Verformungs- / Kälte- / Ermüdungs- und Haftverhalten wurden bis zu einem Zugabeanteil von 30 M.-% keine nachteiligen Einflüsse durch die Asphaltgranulatzugabe im Vergleich zu den SMA- und ABi-Varianten ohne Asphaltgranulatzugabe festgestellt.

Deshalb kann die Zugabe von Asphaltgranulaten aus Offenporigen Asphaltdeckschichten zu SMA 0/8 S und ABi 0/16 S, bis zu einem Anteil von 30 M.-% empfohlen werden, ohne dass dadurch eine nachteilige Veränderung der Gebrauchseigenschaften zu erwarten ist.

Die Wahl des "frischen" Zugabebindemittels ist von Bedeutung, da dessen Viskosität signifikant Einfluss insbesondere auf das Kälteverhalten und in abgeschwächter Form auf das Verformungsverhalten nimmt. Tendenziell wirken sich niedrigviskose Bindemittel vorteilhaft auf die Kälteeigenschaften, und in geringerem Maße nachteilig auf die Verformungseigenschaften aus. Deshalb sollte die Viskosität des "frischen" Bindemittels auf die Härte des Asphaltgranulats abgestimmt werden.

Forschungsbedarf besteht in der Verifizierung des erkannten, dominanten Einflusses des "frischen" Zugabebindemittels für unterschiedlich "harte" Asphaltgranulate. Daraus ließen sich Empfehlungen für optimale Frischbindemittelsorten für bestimmte Granulathärte-Zugabeanteil-Kombinationen gewinnen. Des Weiteren ist die Frage zu klären, ob auch größere Asphaltgranulatzugabeanteile (> 30 M.-%) bei einer groß-

technischen Herstellung realisiert werden könnten, ohne Einbußen der Asphaltqualität hinnehmen zu müssen.

5 Literatur

- Arand, W.; Renken, P. (1994): Verwendung größtmöglicher Ausbauphosphalteile im Straßenbau, Schlussbericht zum FA Q 148669 des Bundesministeriums für Bildung, Wissenschaft, Forschung und Technologie, Braunschweig.
- Leutner, R.; Dröge, C. (2000): Ermittlung von Einsatzgrenzen für die Zugabe von Ausbauphosphalt in Asphaltdeckschichten anhand von Erprobungstrecken. Schlussbericht zum FV 148104 des BMBF und des Bundesumweltamtes, Braunschweig.
- Renken, P.; Lobach T. (2004): Wirksamkeit der Zugabe von Asphaltgranulat auf die mechanischen Eigenschaften von Asphaltdeckschichten. Schlussbericht zum FA 07.194/2001/CGB des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Braunschweig.
- Renken, P.; Lobach, T. (2006): Einfluss der Zugabe von Ausbauphosphalt ohne und mit PmB auf die Eigenschaften von Asphaltbindervarianten bei Verwendung von PmB 45, Schlussbericht zum FE 07.205/2003/BGB des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen, Braunschweig.