

Straßenbau Aktuell

# Neuigkeiten zur Anwendung von Rejuvenatoren

Alexander Alisov | Braunschweig, 17. Januar 2020

# Fragen im Zusammenhang mit Rejuvenatoren

- Was sind Rejuvenatoren?
- Ist Bitumenalterung reversibel?
- **Wann braucht man einen Rejuvenator?**
- Was sind gute Rejuvenatoren?
- Bis zu welchem Grad ist der Einsatz von Rejuvenatoren sinnvoll?
- Was ist die richtige Zugabemenge?
- Wie ist die richtige Zugabemenge zu bestimmen?
- Wie steht es um die Langzeitwirkung von Rejuvenatoren?
- Ist die Lebensdauer durch die Verwendung von Rejuvenatoren eingeschränkt?
- Sind Rejuvenatoren Umweltgefährdend?
- Welche technischen Zugabemöglichkeiten von Rejuvenatoren sind zu empfehlen?
- Was ist bei der Mischgutkonzeption unter Verwendung von Rejuvenatoren zu beachten?
- Wie erfolgt die vertragliche Abwicklung bei der Anwendung von Rejuvenatoren?



# Wann braucht man einen Rejuvenator?

**Zur Erhöhung der durch die Viskosität des Bindemittels im RC beschränkten Recyclingzugabe.**

Nicht bei Beschränkung durch z.B.

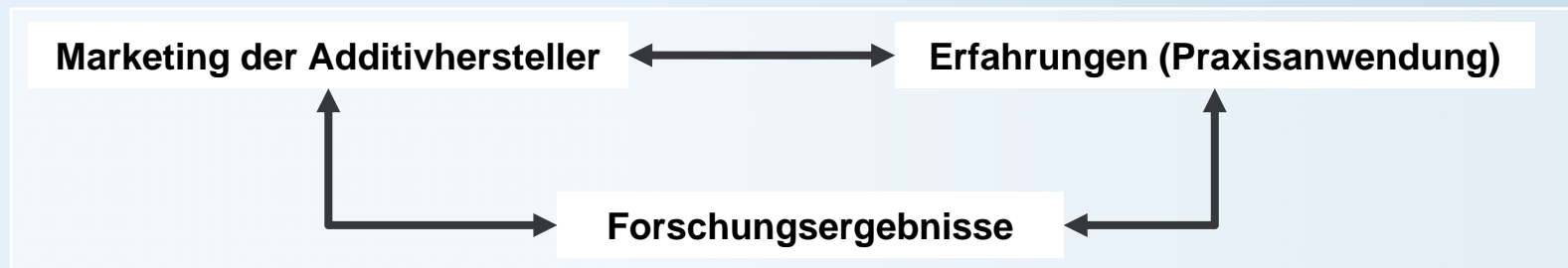
- Korngrößenverteilung
- Gesteinsart(en)
- Bindemittelgehalt
- Elastische Rückstellung
- Kornform
- Wassergehalt
- Anlagentechnik
- Standortgenehmigungen
- ...



**→ Positiver Beitrag zur Wiederverwendung von Asphalt**

# Notwendigkeit zur Erstellung von „Spielregeln“

**Informationsquellen:**



**Zwischen den verschiedenen Interessensgruppen besteht oft kein Konsens**

**Ursache: Keine einheitliche Bewertungsgrundlage**

# Entwicklungsstand des Wissensdokuments

- Herbst 2016: Beschluss zur Erstellung von Anwendungshinweisen für Rejuvenatoren im LA 7
- seit Frühjahr 2017: Umsetzung des Vorhabens im AA 7.8 „Wiederverwertung von Asphalt“
- Aktuell: finaler Entwurf innerhalb des AA 7.8 abgestimmt, Veröffentlichung in 2020 erwartet

**Hinweise  
zur Anwendung von Rejuvenatoren  
bei der Wiederverwertung von Asphalt  
(H Rejuv WA)**



# Inhalt des Hinweispapiers

- Grundlagen, Zielrichtung
- Betrachtungen auf Bitumenebene
- Betrachtungen auf Asphaltebene
- Hinweise für die praktische Anwendung



# Vereinheitlichung des Sprachgebrauchs

## Begriffe des Marketings überführen in technische Begriffe

- **Rejuvenator**

Stoff, der ein gealtertes Bitumen wieder in die Nähe seiner ursprünglichen rheologischen Eigenschaften versetzt

- **Rejuveniertes Bitumen**

bitumenhaltiges Bindemittel, bestehend aus gealtertem Bitumen, welches durch die Zugabe eines Rejuvenators wieder in die Nähe seiner ursprünglichen rheologischen Eigenschaften versetzt wurde

- **Rejuvenierter Asphalt**

Asphaltmischgut mit Asphaltgranulat und Rejuvenator

~~Verjüngungsmittel,  
Wiederbeleber,  
Alterungsrücksteller,  
Weichmacher,  
Fluxöl...~~



# Betrachtungsgrundlage

## Ziel:

Verknüpfung von „Stand des Wissens“ und „Stand der Technik“ zu einer objektiven Bewertungsgrundlage.

Basis: Erkenntnisse aus dem Kooperationsprojekt

Radenberg, M., Boetcher, S., Sedaghat, N., Walther, A., Büchler, S., Cetinkaya, R. 2016. **Einsatz von Rejuvenatoren bei der Wiederverwendung von Asphalt.** FE 07.0250/2011.

Einsatz von Rejuvenatoren  
bei der  
Wiederverwendung von  
Asphalt

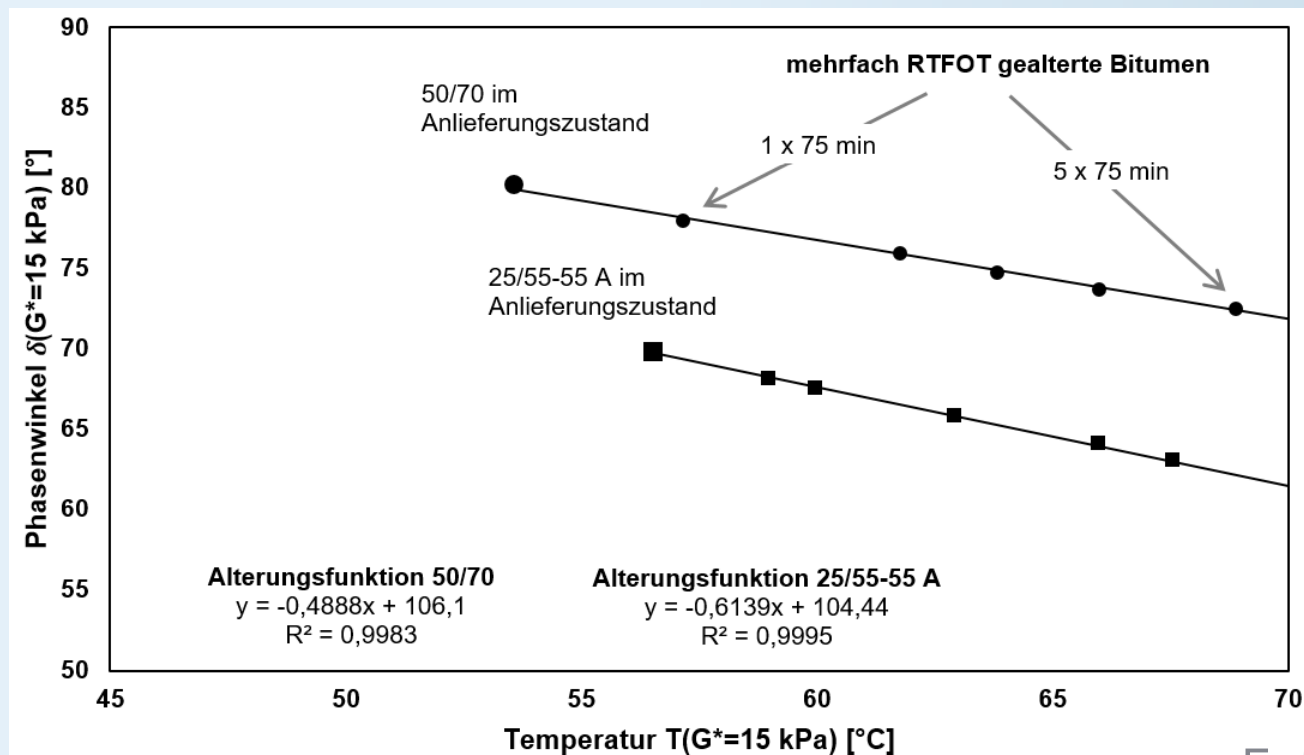
Fachveröffentlichung der  
Bundesanstalt für Straßenwesen

**bast**



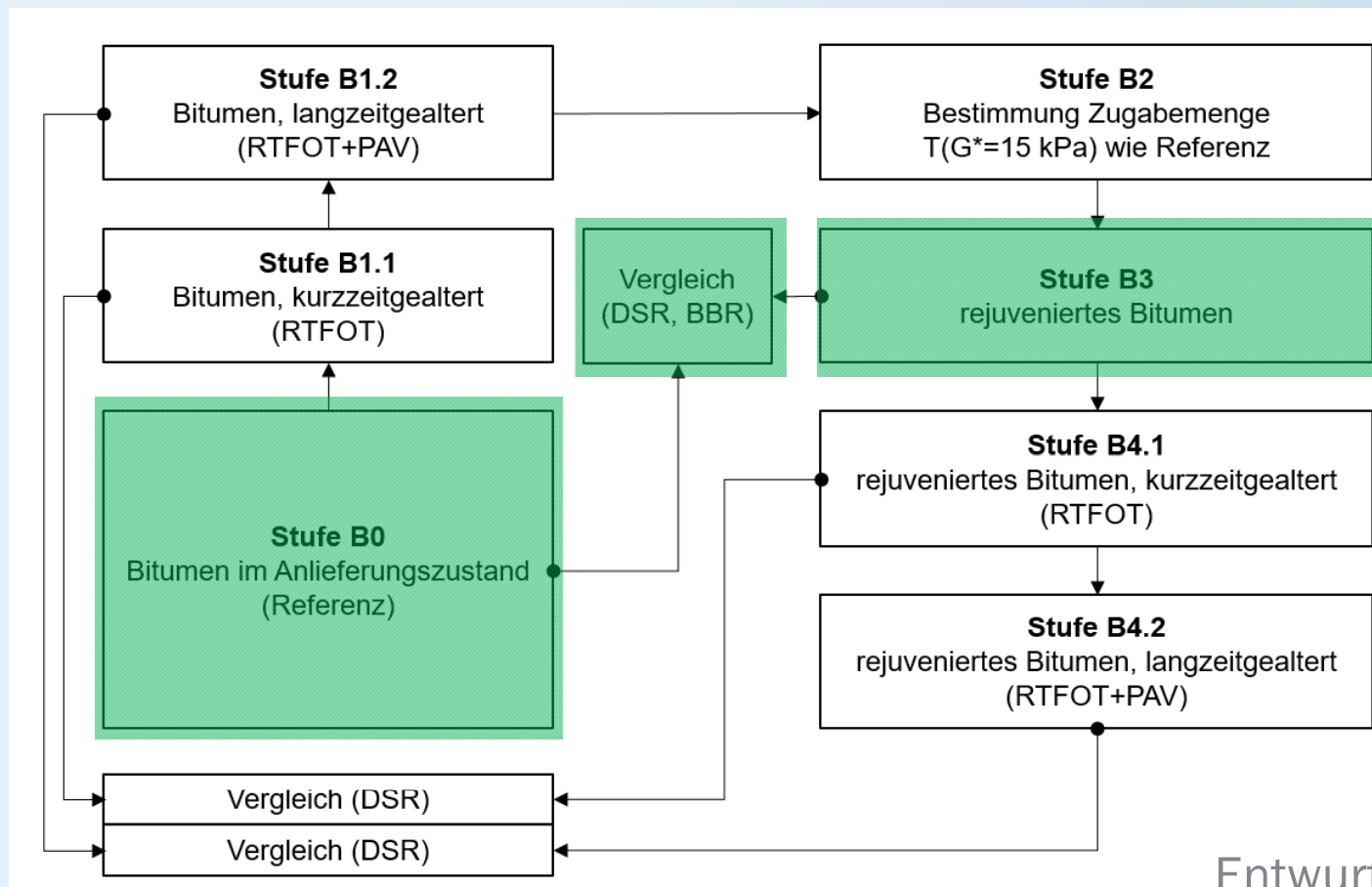
# Betrachtungen auf Bitumenebene

Alterungsfunktion aus Laboralterung und BTSV (vgl. Straßenbau Aktuell 2016)



Entwurfssfassung

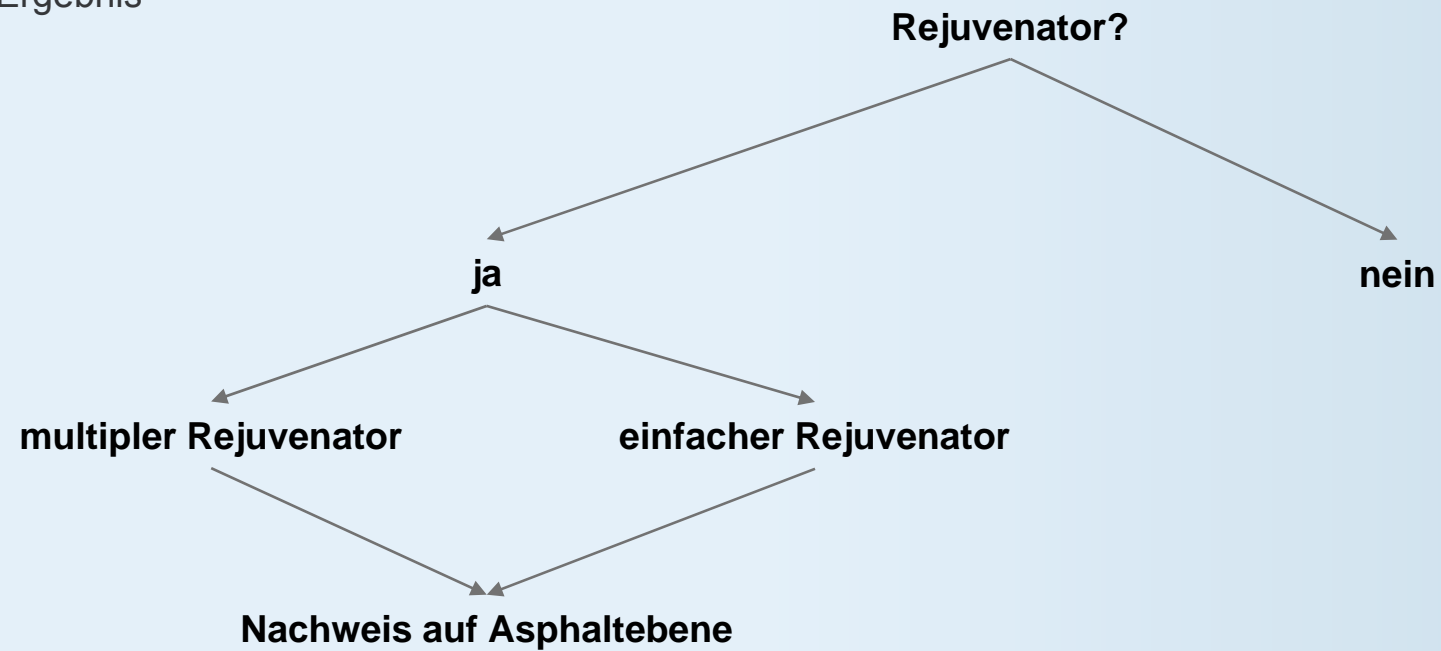
# Betrachtungen auf Bitumenebene



Entwurfsfassung

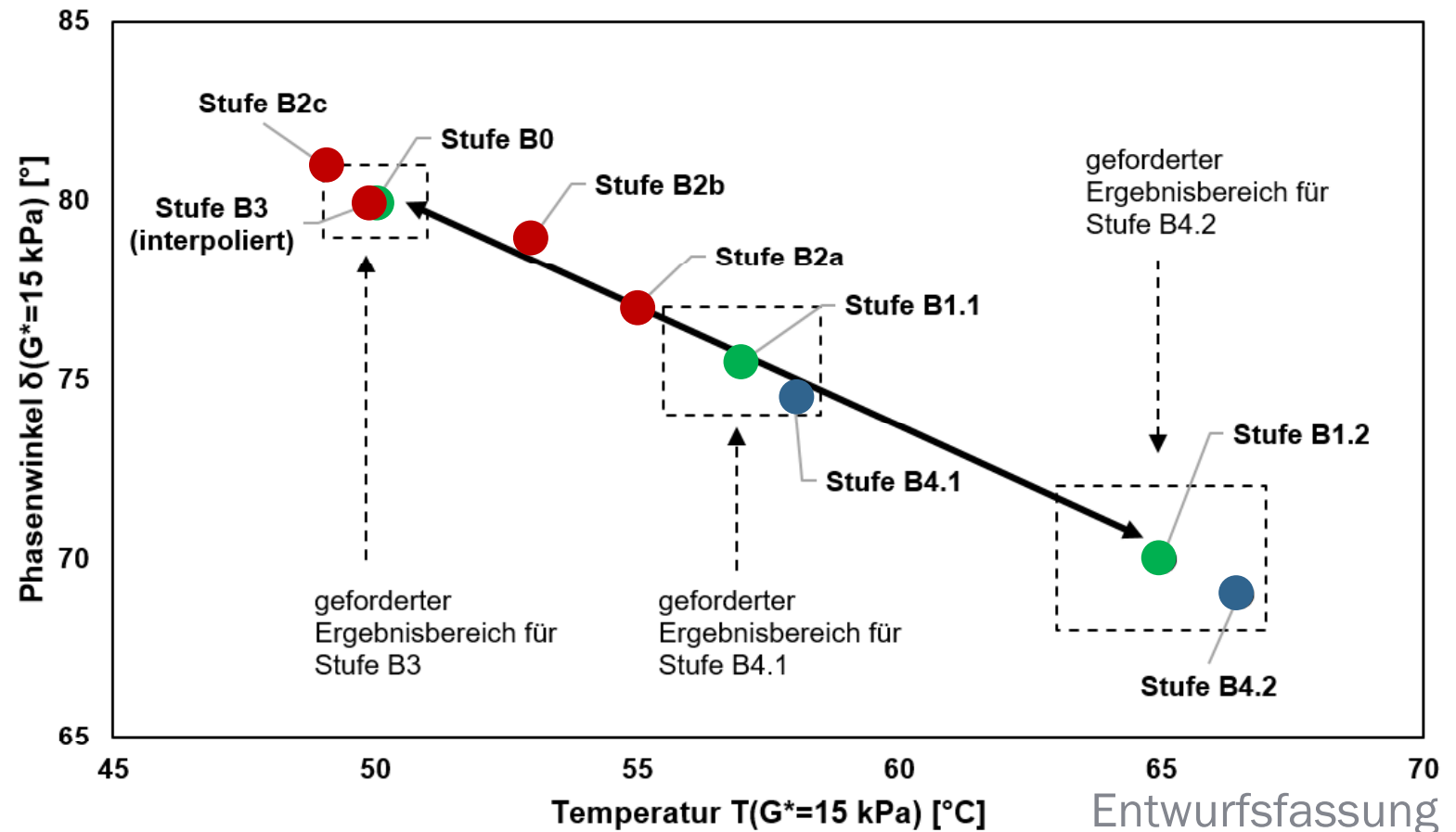
# Betrachtungen auf Bitumenebene

Ergebnis



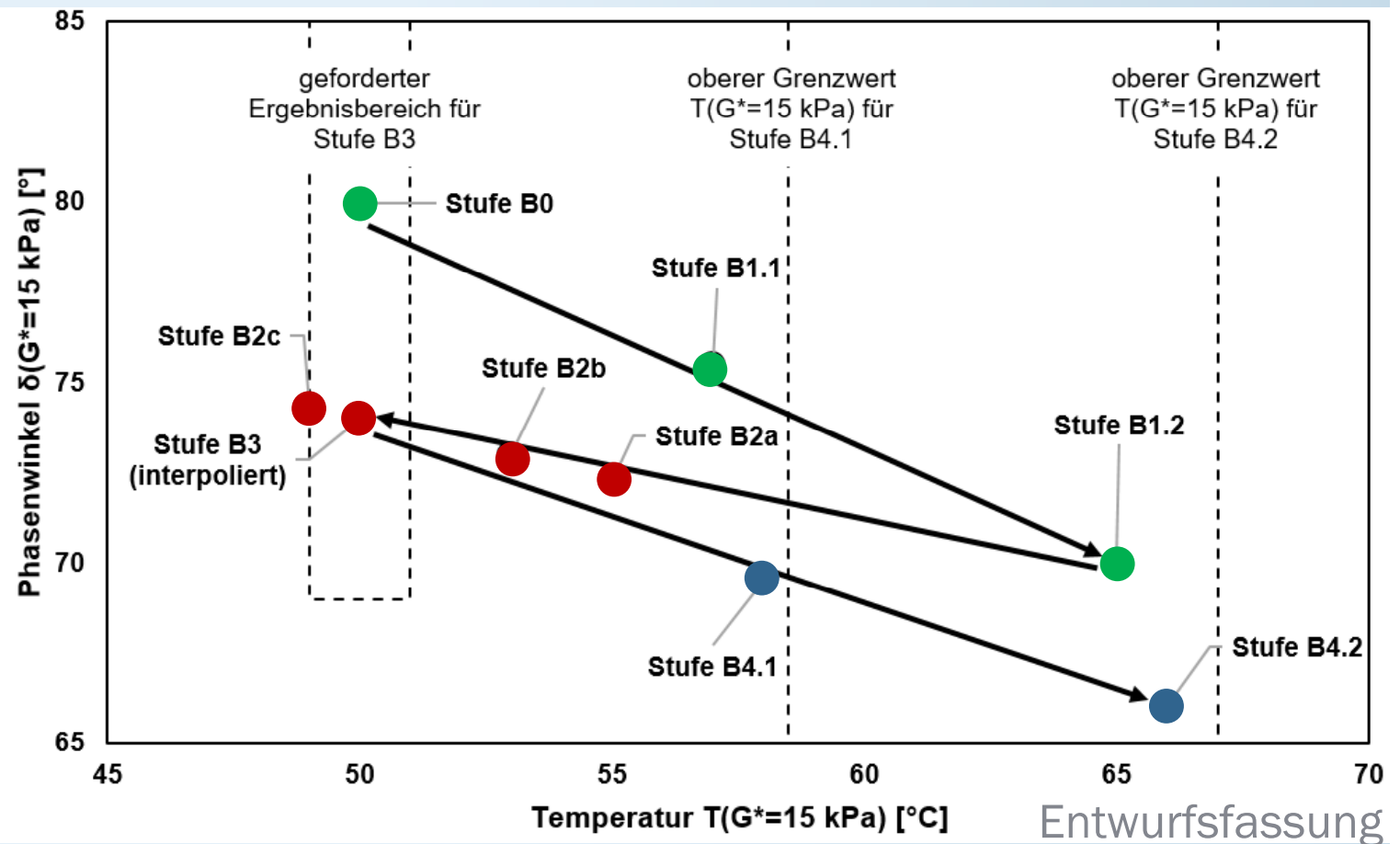
# Betrachtungen auf Bitumenebene

multipler  
Rejuvenator



# Betrachtungen auf Bitumenebene

einfacher  
Rejuvenator



# Betrachtungen auf Bitumenebene

## Rejuvenatortypen

- **Multipler Rejuvenator**, da rheologisch mehrfach wirksam

Durch die Zugabe des Rejuvenators stellt sich ein der Alterungsfunktion gegenläufiges Materialverhalten ein.

- **Einfacher Rejuvenator**, da rheologisch einfach wirksam

Der Rejuvenator reduziert die Äquisteifigkeitstemperatur, erhöht aber nicht in gleichem Maße den korrespondierenden Phasenwinkel.



# Betrachtungen

**Tabelle 2: Kriterien zur Zuordnung von Rejuvenatoren**

<b>Stufe B0</b> $T0(G^*) \quad \delta0(G^*)$ $T0(S) \quad T0(m)$		<b>Anlieferungszustand</b> <b>Bezugswerte für Stufe B3</b>
<b>Stufe B1.1</b> $T1.1(G^*)$ $\delta1.1(G^*)$		<b>Stufe B0, kurzzeitgealtert</b> <b>Bezugswerte für Stufe B4.1</b>
<b>Stufe B1.2</b> $T1.2(G^*)$ $\delta1.2(G^*)$		<b>Stufe B0, langzeitgealtert</b> <b>Bezugswerte für Stufe B4.2</b>
<b>multipler Rejuvenator (mR)</b>	<b>einfacher Rejuvenator (eR)</b>	<b>Zuordnung Rejuvenator</b>
<b>Stufe B3</b> $T3(G^*) = T0(G^*) \pm 1,0$ $\delta3(G^*) = \delta0(G^*) \pm 1,0$ $T3(S) = T0(S) \pm 2,0$ $T3(m) = T0(m) \pm 2,0$	<b>Stufe B3</b> $T3(G^*) = T0(G^*) \pm 1,0$ $\delta3(G^*) \geq \delta1.2(G^*) - 1,0$ $T3(S) \leq T0(S) + 2,0$ $T3(m) = T0(m) \pm 2,0$	<b>Stufe B1.2 + Rejuvenator</b> <b>Bezugswerte für Stufe B0</b>
<b>Stufe B4.1</b> $T4.1(G^*) = T1.1(G^*) \pm 1,5$ $\delta4.1(G^*) = \delta1.1(G^*) \pm 1,5$	<b>Stufe B4.1</b> $T4.1(G^*) \leq T1.1(G^*) + 1,5$	<b>Stufe B3, kurzzeitgealtert</b> <b>Bezugswerte für Stufe B1.1</b>
<b>Stufe B4.2</b> $T4.2(G^*) = T1.2(G^*) \pm 3,0$ $\delta4.2(G^*) = \delta1.2(G^*) \pm 2,0$	<b>Stufe B4.2</b> $T4.2(G^*) \leq T1.2(G^*) + 3,0$	<b>Stufe B3, langzeitgealtert</b> <b>Bezugswerte für Stufe B1.2</b>
$T(G^*)$ entspricht $T(G^*=15 \text{ kPa})$ / $\delta(G^*)$ entspricht $\delta(G^*=15 \text{ kPa})$ / $T(S)$ entspricht $T(S=300 \text{ MPa})$ / $T(m)$ entspricht $T(m=0,3)$		



Entwurfssfassung

# Betrachtungen auf Bitumenebene

**Zusammenstellung der Ergebnisse aus Kapitel 4.2**

Stufe	Prüfergebnis				Einstufung gemäß Tabelle 1			
	T (G*=15 kPa)	$\delta$ (G*=15 kPa)	T (S=300 MPa)	T (m=0,3)	T (G*=15 kPa)	$\delta$ (G*=15 kPa)	T (S=300 MPa)	T (m=0,3)
	[°C]	[°]	[°C]	[°C]	[°C]	[°]	[°C]	[°C]
<b>B0</b>					-	-	-	-
<b>B1.1</b>			-		-	-	-	
<b>B1.2</b>					-	-		
<b>B2a</b>					-	-		
<b>B2b</b>					-	-		
<b>B2c</b>					-	-		
<b>B3</b>					mR / eR	mR / eR	mR / eR	mR / eR
<b>B4.1</b>			-		mR / eR	mR / eR	-	
<b>B4.2</b>					mR / eR	mR / eR		

Entwurfssfassung

## Betrachtungen auf Bitumenebene

- Erfolgt durch die Additivierung des gealterten Bitumens eine Erhöhung von  $T(G^*=15 \text{ kPa})$  oder eine deutliche Reduzierung von  $\delta(G^*=15 \text{ kPa})$ , ist das Additiv im Sinne dieses Hinweispapieres kein Rejuvenator.
- Eine Wertung der Rejuvenatortypen erfolgt **nicht**

# Betrachtungen auf Asphaltebene

Wird nachgewiesen, dass rejuvenierter Asphalt keine Nachteile in der Asphaltperformance aufweist, ist von einer Eignung des Rejuvenators im Asphalt auszugehen.



# Betrachtungen auf Asphaltebene

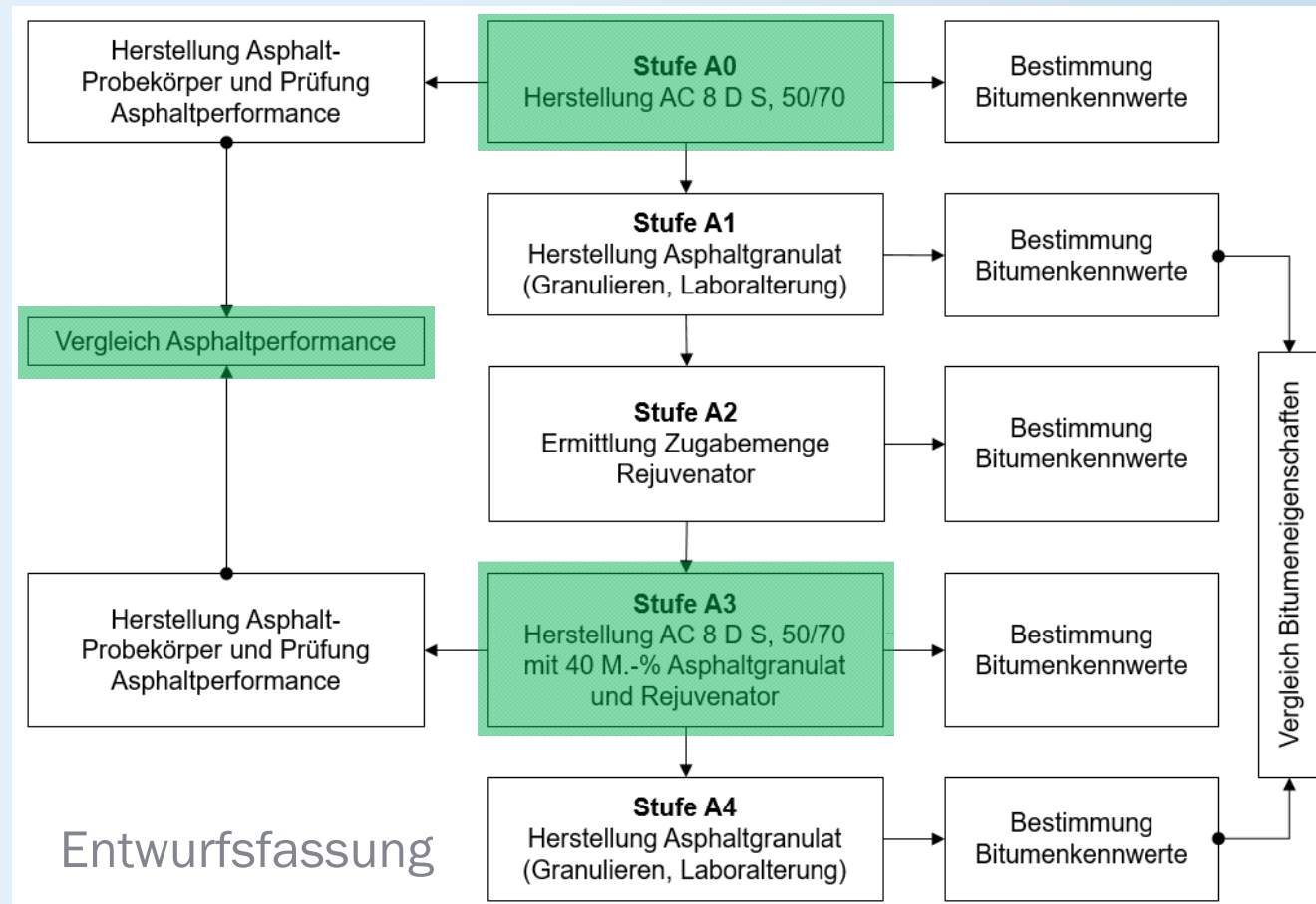
**Tabelle 4: Maßgebliche Performancekriterien und Prüfverfahren**

Performancekriterium	Prüfverfahren	Prüfvorschrift
Haftverhalten	Wasserempfindlichkeit von Asphalt-Probekörpern (ITSR)	TP Asphalt-StB, Teil 12
Kälteeigenschaften	Einaxialer Zugversuch und Abkühlversuch	TP Asphalt-StB, Teil 46 A
Ermüdungsverhalten	Spaltzugschwell-Versuch oder Einaxialer Zug-Schwellversuch bei vier Temperaturen (20 / 10 / 0 / -10 °C)	TP Asphalt-StB, Teil 24 DIN EN 12697-46
Widerstand gegen bleibende Verformungen	Dynamischer Stempelein-dringversuch an Walzasphalt	TP Asphalt-StB, Teil 25 A 2

Entwurfssfassung

# Betrachtungen auf Asphaltebene

## Systematik der Grundprüfung





# Herstellung von Asphaltgranulat im Labor

## Braunschweiger Alterungsverfahren (BSA)

(Luftdurchströmte Konditionierung bei 80 °C für ca. 3 Tage)



Renken, P., Büchler, S. und Mollenhauer, K. 2007. Einfluss von modifizierten Bitumen auf die Kalte- und Ermüdungseigenschaften von Asphalt und deren Veränderung während der Nutzungsdauer. Schlussbericht zum Forschungsprojekt FE07.208/2004 i. A. des Bundesministeriums für Verkehr, Bau- und Wohnungswesen.

# Betrachtungen auf Asphaltebene

## Ergebnis der Grundprüfung

Die Gleichwertigkeit gilt als erfüllt, wenn jeweils 85 % der am Referenzmischgut festgestellten Performancekennwerte erreicht werden. Damit sind die Schwankungen, die erfahrungsgemäß mit der Verfahrenspräzision zusammenhängen, berücksichtigt.

# Betrac



Stufe	Prüfparameter	Einheit	Ergebnisbezeichnung	Anforderung
A0	<b>Referenzasphalt</b>			
	Äquisteifigkeitstemperatur, $T(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°C	A0E1.1	-
	Phasenwinkel, $\delta(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°	A0E1.2	-
	Verhältniswert der Spaltzugfestigkeiten, ITSr	%	A0E2	-
	Bruchtemperatur, $T_F$	°C	A0E3	-
	Zugfestigkeit, $\beta_t(T)$ ( $T = 20 \text{ °C}$ )	MPa	A0E4.1	-
	Zugfestigkeit, $\beta_t(T)$ ( $T = 5 \text{ °C}$ )	MPa	A0E4.2	-
	Zugfestigkeit, $\beta_t(T)$ ( $T = -10 \text{ °C}$ )	MPa	A0E4.3	-
	Zugfestigkeit, $\beta_t(T)$ ( $T = -25 \text{ °C}$ )	MPa	A0E4.4	-
	Ermüdungslastwechselzahl, $n$ ( $T = 20 \text{ °C}$ )	-	A0E5.1	-
	Ermüdungslastwechselzahl, $n$ ( $T = 10 \text{ °C}$ )	-	A0E5.2	-
	Ermüdungslastwechselzahl, $n$ ( $T = 0 \text{ °C}$ )	-	A0E5.3	-
	Ermüdungslastwechselzahl, $n$ ( $T = -10 \text{ °C}$ )	-	A0E5.4	-
	Dynamische Eindringtiefe, $E_{dyn}$ ( $n = 10.000$ )	‰	A0E6	-
	<b>Granulierung und Alterung des Referenzmischgutes</b>			
	Äquisteifigkeitstemperatur, $T(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°C	A1E1.1	$\geq A0E1.1+12,0$
	Phasenwinkel, $\delta(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°	A1E1.2	-
	<b>rechnerische oder experimentelle Ermittlung der Zugabemenge an Rejuvenator, Zielvorgabe: Bindemittelsteifigkeit des Referenzasphaltemischgutes</b>			
	Äquisteifigkeitstemperatur, $T(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°C	A2E1.1	-
	Phasenwinkel, $\delta(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°	A2E1.2	-
	Äquisteifigkeitstemperatur, $T(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°C	A2E2.1	-
	Phasenwinkel, $\delta(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°	A2E2.2	-
	Äquisteifigkeitstemperatur, $T(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°C	A2E3.1	-
	Phasenwinkel, $\delta(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°	A2E3.2	-

Entwurfsfassung

# Betrachtungen auf Asphaltebene

<b>A 3</b>	<b>rejuvierter Asphalt</b>			
	Äquisteifigkeitstemperatur, $T(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°C	A3E1.1	$A0E1.1 \pm 2,0$
	Phasenwinkel, $\delta(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°	A3E1.2	-
	Verhältniswert der Spaltzugfestigkeiten, ITSR	%	A3E2	$\geq 0,85 \cdot A0E2$
	Bruchtemperatur, $T_F$	°C	A3E3	$\leq A0E3 + 2,0$
	Zugfestigkeit, $\beta_t(T)$ ( $T = 20 \text{ °C}$ )	MPa	A3E4.1	$\geq 0,85 \cdot A0E4.1$
	Zugfestigkeit, $\beta_t(T)$ ( $T = 5 \text{ °C}$ )	MPa	A3E4.2	$\geq 0,85 \cdot A0E4.2$
	Zugfestigkeit, $\beta_t(T)$ ( $T = -10 \text{ °C}$ )	MPa	A3E4.3	$\geq 0,85 \cdot A0E4.3$
	Zugfestigkeit, $\beta_t(T)$ ( $T = -25 \text{ °C}$ )	MPa	A3E4.4	$\geq 0,85 \cdot A0E4.4$
	Ermüdungslastwechselzahl, $n$ ( $T = 20 \text{ °C}$ )	-	A3E5.1	$\geq 0,85 \cdot A0E5.1$
	Ermüdungslastwechselzahl, $n$ ( $T = 10 \text{ °C}$ )	-	A3E5.2	$\geq 0,85 \cdot A0E5.2$
	Ermüdungslastwechselzahl, $n$ ( $T = 0 \text{ °C}$ )	-	A3E5.3	$\geq 0,85 \cdot A0E5.3$
	Ermüdungslastwechselzahl, $n$ ( $T = -10 \text{ °C}$ )	-	A3E5.4	$\geq 0,85 \cdot A0E5.4$
	Dynamische Eindringtiefe, $E_{t,dyn}$ ( $n = 10.000$ )	‰	A3E6	$\leq 1,15 \cdot A0E6$
	<b>Granulierung und Alterung des rejuvierten Asphaltmischgutes</b>			
	Äquisteifigkeitstemperatur, $T(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°C	A4E1.1	$A0E1.1 \pm 3,0$
	Phasenwinkel, $\delta(G^*=15 \text{ kPa})$ (rückgewonnenes Bitumen)	°	A4E1.2	-

Bei bestandener Grundprüfung ist die großtechnische Erprobung zu empfehlen.

Entwurfssfassung

## Hinweise zur praktischen Anwendung

- Zusätzliche Angaben im Erstprüfungsbericht (Produktname, Rejuvenatortyp, rheologische Kennwerte)
- Wareneingangsprüfung (spezifische Eigenschaften, Begleitdokumente, organoleptische Prüfung)
- Hinweise zur Vorgehensweise bei der Herstellung von rejuveniertem Asphalt (Umweltverträglichkeit, Voraussetzungen, Zugabemöglichkeiten)
- Bewährte Rejuvenatoren (Erfahrungssammlung BAST) – Abstimmung mit BMVI erforderlich

# Zusammenfassung

- Rejuvenatoren sollen einen positiven Beitrag zur Wiederverwendung von Asphalt leisten
- Über Produkteigenschaften, deren Anwendungsmöglichkeiten und Wirkungsweise herrscht Unsicherheit
- Zur Schaffung eines einheitlichen und objektiven Bewertungshintergrundes wird innerhalb der FGSV ein Hinweispapier erarbeitet
- Umfangreiche Laboruntersuchungen auf Bitumenebene differenzieren zwischen einfachen und multiplen Rejuvenatoren
- Die Gleichwertigkeit zwischen rejuveniertem Asphalt und dem Referenzasphalt ohne Asphaltgranulat ist durch Performanceprüfungen im Labor nachzuweisen
- Es werden Hinweise zur praktischen Anwendung gegeben



Vielen Dank für Ihre Geduld und Aufmerksamkeit!

