



Basalt-Actien-Gesellschaft

Einsatz von Rejuvenatoren – VSVI Hessen e.V.

Was sind Rejuvenatoren?

- Rejuvenation (englisch) = Verjüngung
- Rejuvenatoren sind Additive, die das im Asphaltgranulat enthaltene Bitumen möglichst wieder in den Ursprungszustand zurückführen sollen
- Physikalisch: Rejuvenator ist ein Stoff, der die Viskosität eines verhärteten Bitumens verringert, indem es den Erweichungspunkt Ring und Kugel senkt

Zwei Arten von Rejuvenatoren

- Versiegelungen: Werden (in situ) auf fertige Deckschichten aufgebracht



Zwei Arten von Rejuvenatoren

- Additive: Werden bei der Mischgutherstellung mit Asphaltgranulat-zugabe (in plant) beigemischt



Herstellung aus:

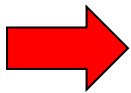
- nachwachsenden Rohstoffen
- mineralölhaltigen Roh- oder Reststoffen

Zentrale Fragestellung:

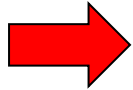
**Ist der Einsatz von Rejuvenatoren
notwendig?**

Wiederverwendung von Asphalt

- Einsatz von Ausbauasphalt im gebundenen Straßenoberbau seit einigen Jahrzehnten
- Steigende Investitionen in die Straßeninfrastruktur in den letzten Jahren führten zum Mehraufkommen von Ausbauasphalt



1.) Einsatz von Rejuvenatoren ermöglicht Verwendung von größeren Mengen Asphaltgranulat



2.) Rejuvenatoren verbessern die Eigenschaften des Granulats

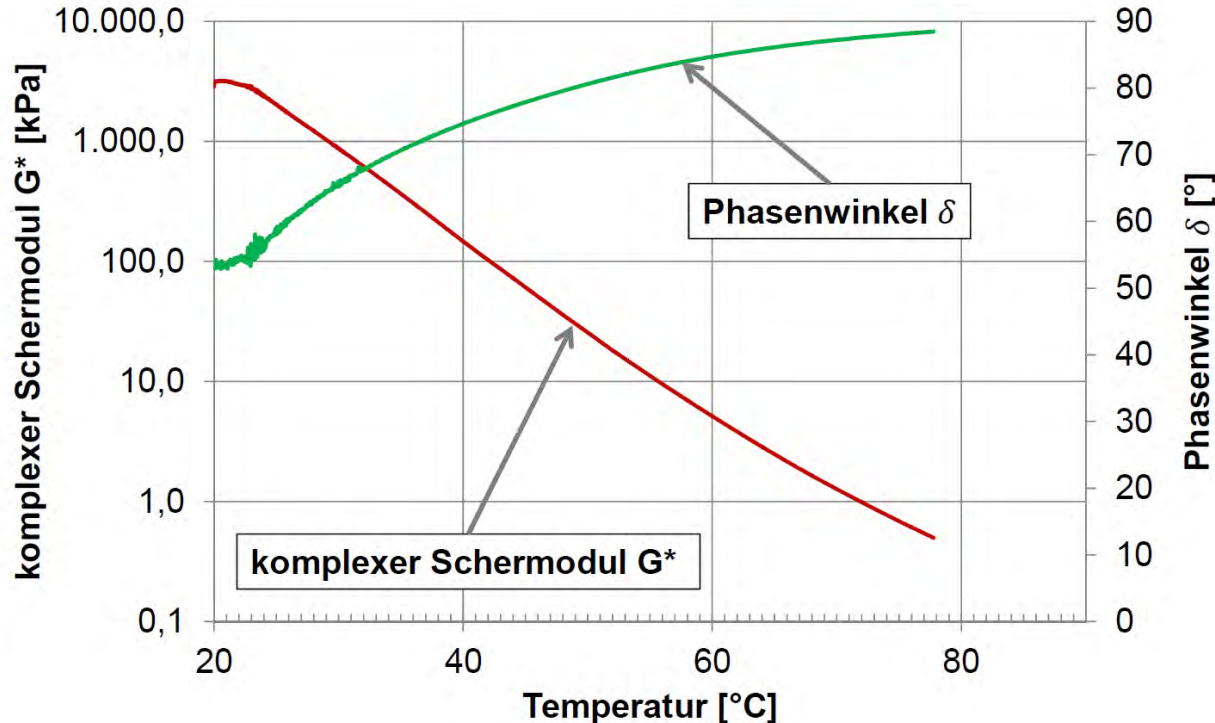
- Einsatz von Rejuvenatoren wird notwendig, wenn die Viskosität des Bindemittels im AG während der Liegezeit des Asphaltes so weit ansteigt, dass die Zugabemengen bzw. eine generelle Nutzung des Asphaltgranulats gemäß TL AG-StB 09 eingeschränkt werden
 - EP RuK max. 70 °C
 - Nadelpenetration min. 15 1/10 mm



Nachweis der Wirkung von Rejuvenatoren

- Ergebnisse einiger Untersuchungen auf Bindemittlebene zeigen, dass eine Klassifizierung der Rejuvenatoren anhand des Erweichungspunktes Ring und Kugel nicht ausreichend möglich ist
- Zur Untersuchung der Wirkungsweise soll das Dynamische Scherrheometer (DSR) herangezogen werden
 - Betrachtung des Komplexen Schermoduls
 - Betrachtung des Phasenwinkels

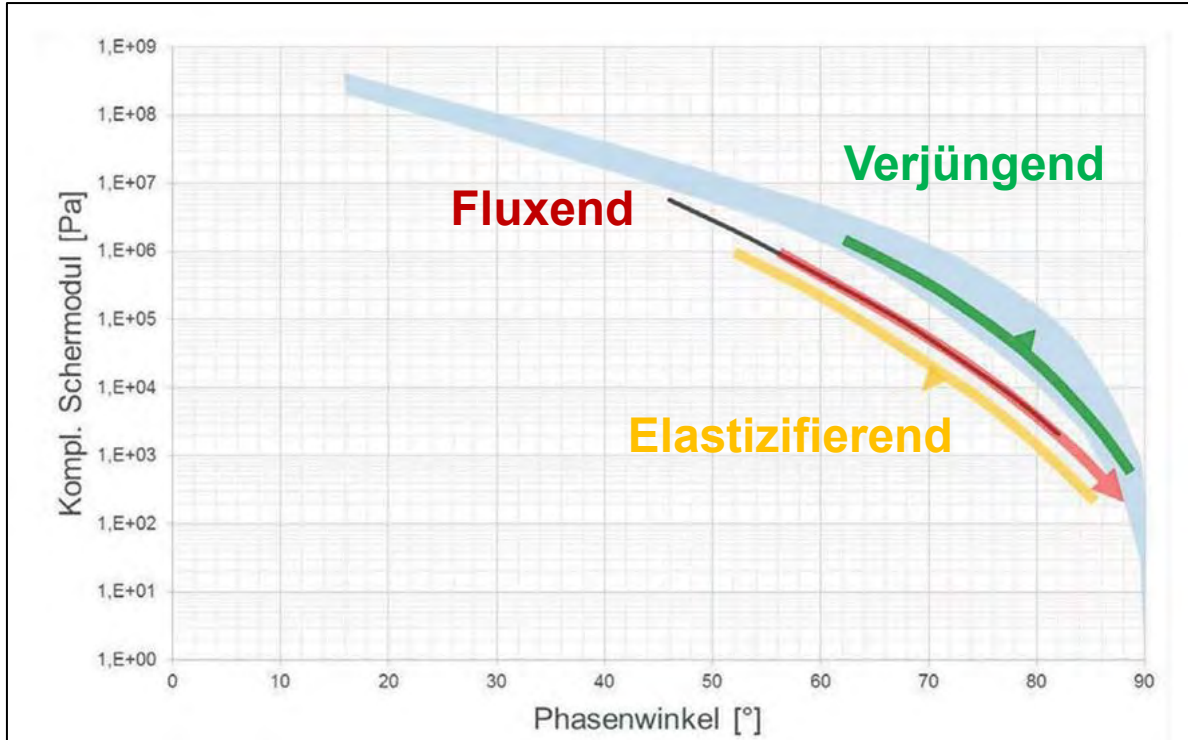
Nachweis der Wirkung von Rejuvenatoren



Komplexer Schermodul:
Steifigkeit des
Bindemittels

Phasenwinkel:
Verhältnis
elastische/viskose Anteile
im Bitumen

Nachweis der Wirkung von Rejuvenatoren



Komplexer Schermodul:
Steifigkeit des
Bindemittels

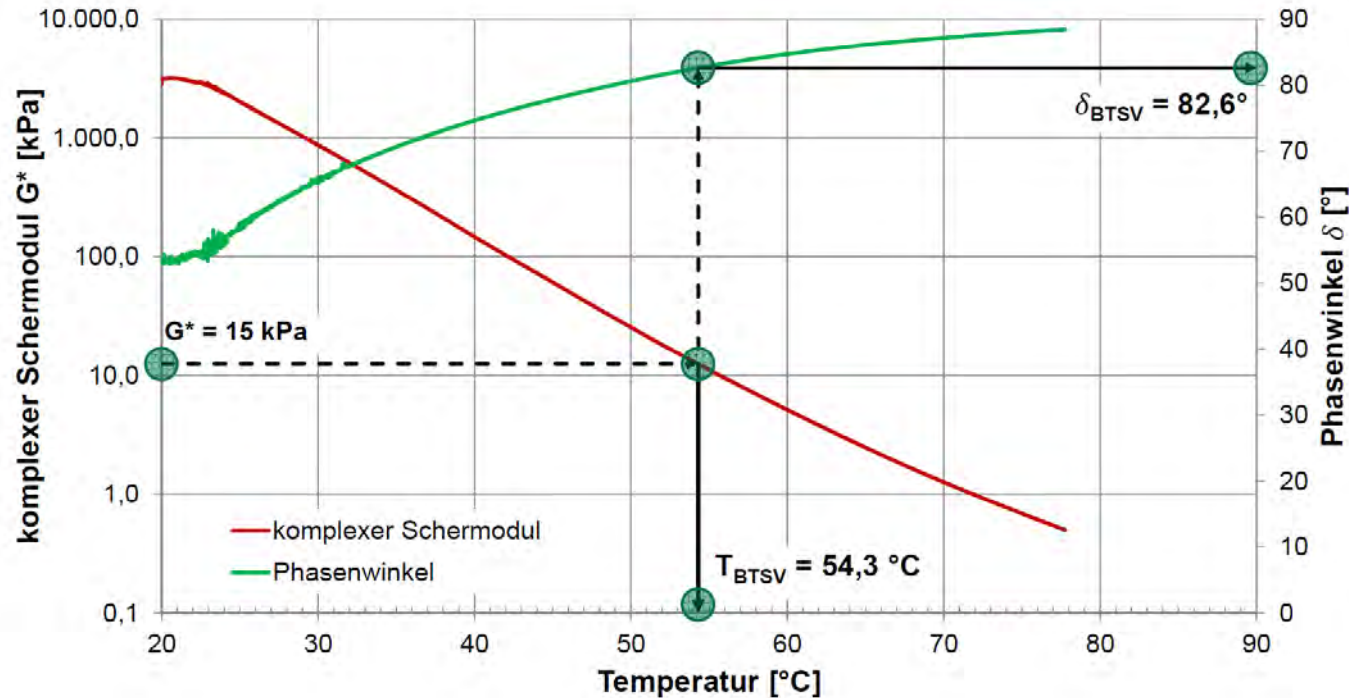
Phasenwinkel:
Verhältnis
elastische/viskose Anteile
im Bitumen



Nachweis der Wirkung von Rejuvenatoren

- Mögliche zukünftige Klassifizierung: Unterteilung in zwei Kategorien
 - **Kategorie 1:** verjüngend durch Absenkung von $T(G^*=15\text{kPa})$ und Anstieg $\delta(G^*=15\text{kPa})$
 - **Kategorie 2:** verdünnend durch Absenkung von $T(G^*=15\text{kPa})$ und unveränderten $\delta(G^*=15\text{kPa})$

Nachweis der Wirkung von Rejuvenatoren



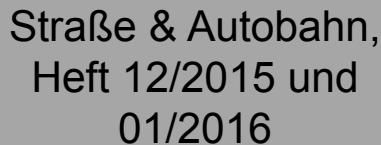
Zugabemöglichkeit der Rejuvenatoren an der Asphaltmischanlage

- Zugabe in die Bitumenleitung
- Dosierung über die Bitumenwaage in den Mischer
- Zugabe direkt in die Paralleltrommel gemeinsam mit dem Asphaltgranulat
- Dosierung mittels Sprühvorrichtung auf das Förderband zur Paralleltrommel

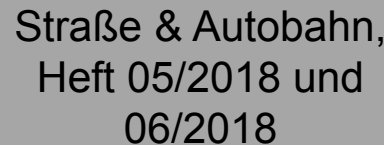


Die Basalt-Action-Gesellschaft hat in der Vergangenheit mehrere Versuchsstrecken mit Rejuvenatoren gebaut, z.B.:

- Hamburg Neuländer Straße
- B37 Bad Dürkheim (Rheinland-Pfalz)



In Kooperation mit
der Hansestadt
Hamburg



In Kooperation mit
dem LandesBetrieb
Mobilität RP

Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße

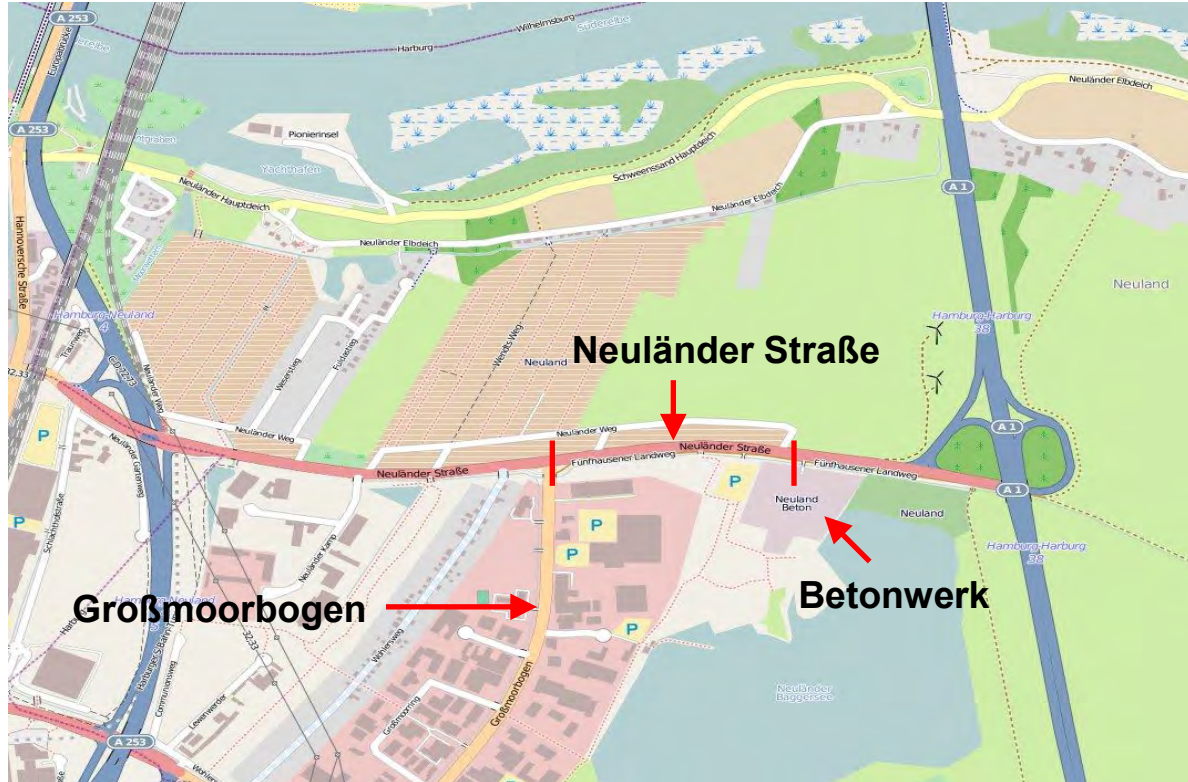


DTVw: 27.000 Kfz/24 h

10 % SV-Anteil

**Erprobungsstrecke
Neuländer Straße**

Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße



Erneuerung der Asphaltdecke:

Binderschicht: AC 16
Hmb. mit 50 % AG,
ohne Rejuvenatoren

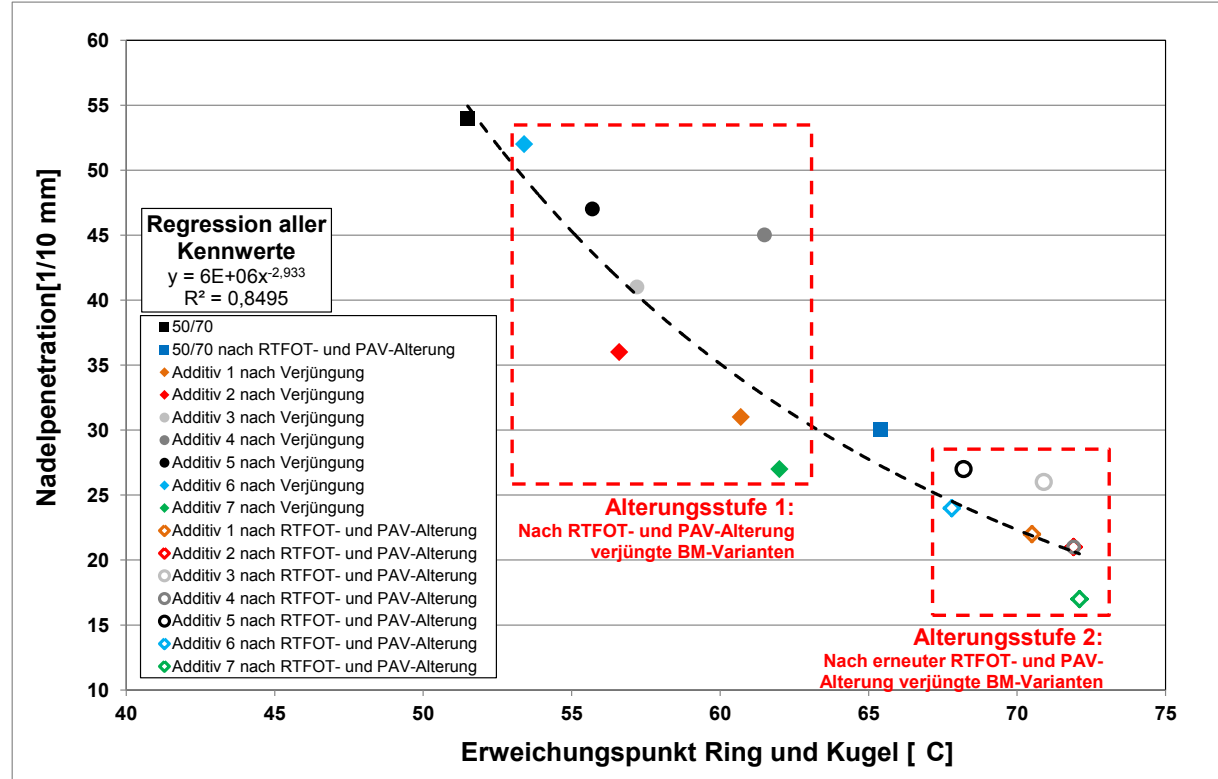
Deckschicht: SMA 8
Hmb. mit 50 % AG und
Rejuvenatoren sowie
Nullvariante

Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße

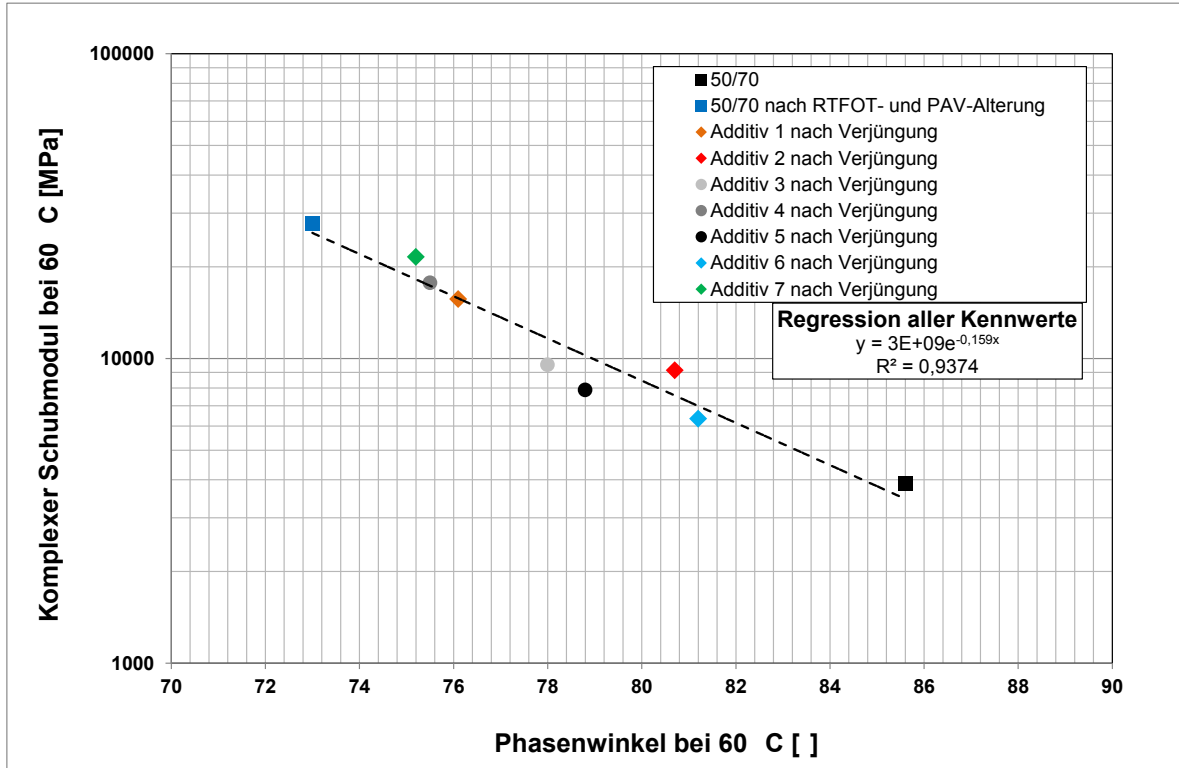


Schritt 1:

- Überprüfung der Wirksamkeit der Rejuvenatoren
- Untersuchung von 7 verschiedenen Rejuvenatoren im Zentrallabor der BAG auf der Bindemittlebene



Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße



Auf Basis der Ergebnisse: Auswahl von 3 Produkten für die Praxiserprobung

- Additiv 2
- Additiv 4
- Additiv 6

Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße



Eigenschaften des eingesetzten Asphaltgranulates

Eigenschaft/ Merkmalsgröße		Mittelwert	Spannweite
Bindemittel			
Bindemittelgehalt	[M.-%]	6,8	0,3
Erweichungspunkt Ring und Kugel	[°C]	69,4	6,4
Bindemittelart: Polymermodifiziertes Bitumen			
Gesteinskörnungen			
Anteil < 0,063 mm	[M.-%]	14,4	1,5
Anteil 0,063 bis 2 mm	[M.-%]	21,7	2,1
Anteil > 2 mm	[M.-%]	63,9	3,4

**Erstellung
einer
Erstprüfung**

Ermittlung der Bindemittelanteile

Merkmale	Variante	Additiv 2	Additiv 4	Additiv 6	ohne Additiv
Bindemittelgehalt	[M.-%]	7,2	7,2	7,2	7,2
Ausgangsbindemittel (PmB 25/55-55 A RC)	[M.-%]	3,58	3,40	3,62	3,76
Bindemittel aus Asphaltgranulat	[M.-%]	3,44	3,44	3,44	3,44
Bindemittelzusatz (Rejuvenator)	[M.-%]	0,18	0,36	0,14	0,00
EP RuK Ausgangsbindemittel	[°C]	60,0	60,0	60,0	60,0
EP RuK aus Asphaltgranulat	[°C]	69,4	69,4	69,4	69,4
Resultierender EP RuK	[°C]	60,0	60,0	60,0	64,4

Probemischungen EP RuK am rückgew. Bindemittel	[°C]	62,4	60,6	62,0	-
--	------	------	------	------	---

Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße



Bestimmung der Mischguteigenschaften aus Laborherstellung

Merkmal		Variante	Additiv 2	Additiv 4	Additiv 6	ohne Additiv
Rohdichte		[g/cm ³]	2,380	2,380	2,380	2,380
Raumdichte MPK		[g/cm ³]	2,323	2,325	2,320	2,316
Hohlraumgehalt MPK		[Vol.-%]	2,4	2,3	2,5	2,7
Min. Hohlraumgehalt MPK			$V_{\min 2,0}$			
Max. Hohlraumgehalt MPK			$V_{\max 3,0}$			

**Erstellung
einer
Erstprüfung**

Asphaltmischwerk Pinkertweg

- Einbau im Oktober 2012
- Paralleltrommel im Gegenstromprinzip
- Chargengröße: 3 t
- Mischleistung: bis zu 120 t/h



Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße



Ergebnisse der Kontrollprüfung und Eigenüberwachung

Variante		SMA 8 Hmb. mit Additiv 4			
Merkmal		Eigenüberwachung		Kontroll- prüfung	Soll
Untersuchungsbefund.		vom 2.10.12	vom 9.10.12		
Bindemittelgehalt	[M.-%]	7,2	7,2	7,3	7,2
Bindemittleigenschaften					
Erweichungspunkt RuK d. rückgewonnen Bindemittels	[°C]	62,2	64,4	64,4	60,0
Asphaltmischguteigenschaften					
Rohdichte	[g/cm ³]	2,398	2,395	2,403	2,380
Raumdicke MPK	[g/cm ³]	2,330	2,326	2,344	----
Hohlraumgehalt MPK (ZTV/St-Hmb.09/12)	[Vol.- %]	2,8	2,9	2,5	2,0 - 3,0

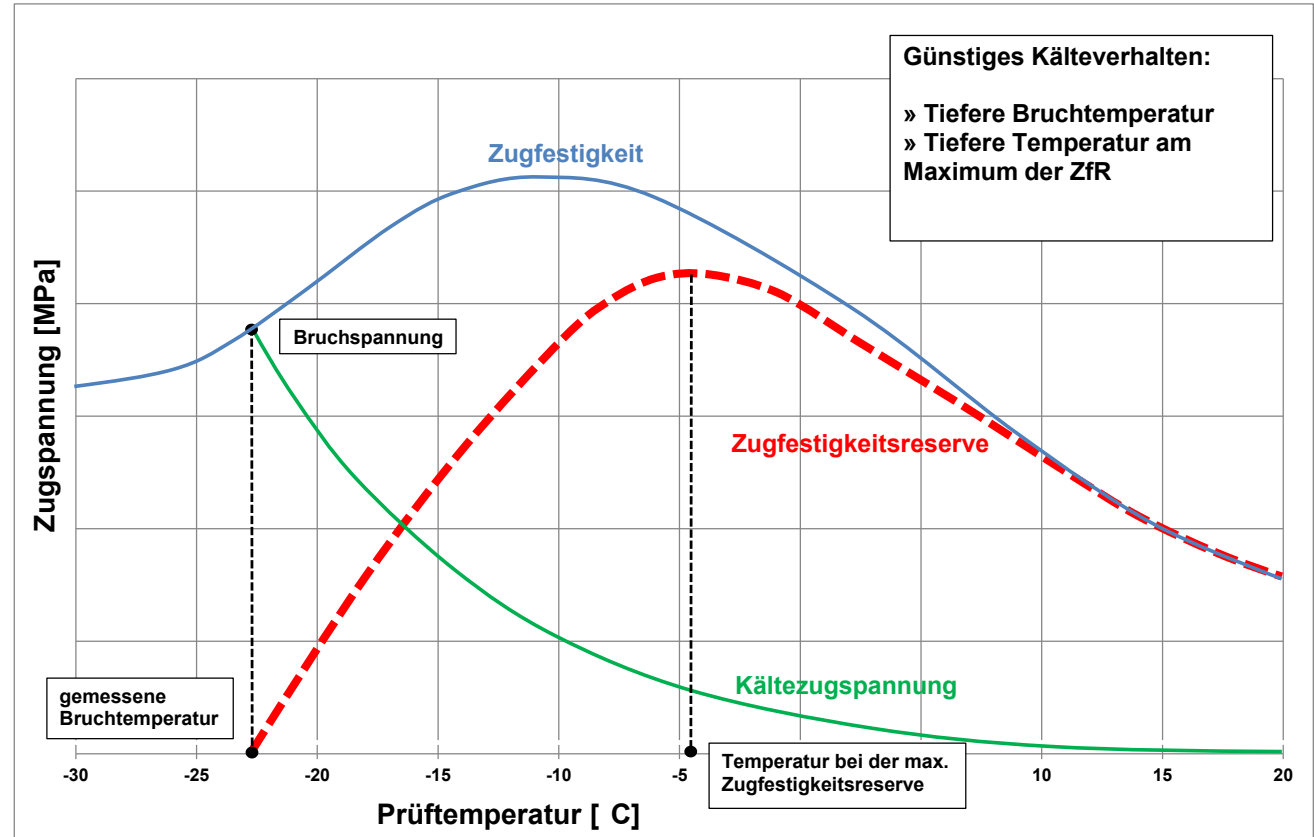
Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße



Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße



Beispiel:
Diagramm zur
Auswertung von
Zug- und
Abkühlversuchen



Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße

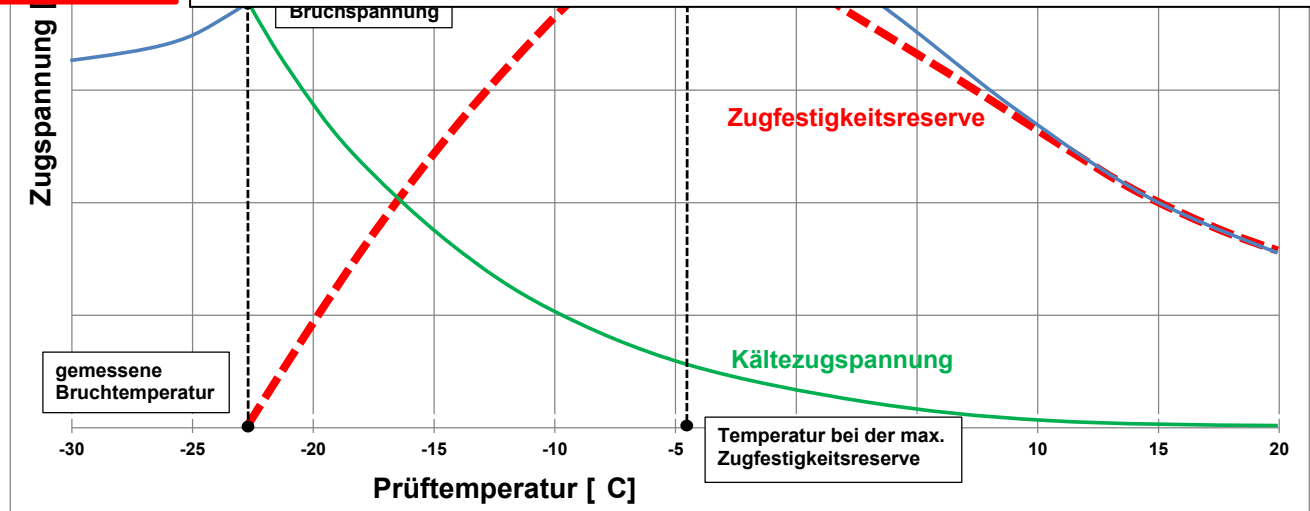


Auszug aus dem Arbeitspapier Tieftemperaturverhalten von Asphalt, Teil 1: Zug- und Abkühlversuche

Tabelle 2: Orientierungswerte für die im Abkühlversuch ermittelte Bruchtemperatur in Abhängigkeit von den klimatischen Bedingungen am Ort der Asphaltbefestigung gemäß RStO 01 [13]

Frosteinwirkungszone nach RStO 01	Asphaltbeton für Asphaltdeckschichten und Asphaltbinder	Asphalttragschichtmischgut
I	$T_{Br} \leq -15\text{ °C}$	$T_{Br} \leq -10\text{ °C}$
II	$T_{Br} \leq -20\text{ °C}$	$T_{Br} \leq -15\text{ °C}$
III	$T_{Br} \leq -25\text{ °C}$	$T_{Br} \leq -20\text{ °C}$

Zug- und
Abkühlversuchen



Beispiel 1: Hamburg Neuländer Straße



Weitergehende Laboruntersuchungen (Oktober 2012)

Zusammenfassung der Ergebnisse zum Kälteverhalten (Zug- und Abkühlversuch)

Variante		SMA 8 Hmb. mit dem Additiv 2	SMA 8 Hmb. mit dem Additiv 4	SMA 8 Hmb. mit dem Additiv 6	SMA 8 Hmb. ohne Additiv
Merkmal					
Zugfestigkeit T = +20 °C	[MPa]	0,930	0,903	0,997	1,223
Zugfestigkeit T = +5 °C	[MPa]	3,780	3,185	3,791	4,367
Zugfestigkeit T = -10 °C	[MPa]	5,747	5,930	5,837	5,589
Zugfestigkeit T = -25 °C	[MPa]	4,065	4,296	4,246	4,225
Bruchtemperatur	[°C]	-24,0	-22,8	-22,1	-22,2
Bruchspannung	[MPa]	4,487	4,563	4,434	4,676
Max. Zugfestigkeits- reserve, Spannung	[MPa]	4,837	4,661	4,692	4,777
Max. Zugfestigkeits- reserve, Temperatur	[°C]	-4,9	-6,9	-4,1	-2,3

Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



- Bk10 mit 15 % SV
- Einsatz von 2 Rejuvenatoren
- In Binder- und Deckschicht drei verschiedene AG-Anteile
- Rezepturerstellung, Kontrollprüfung sowie weitergehende Untersuchungen von Ruhr-Uni Bochum (RUB) durchgeführt

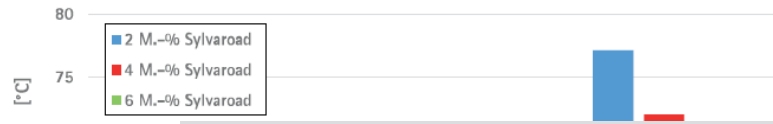
	Bauabschnitt	Decke	Binder	Rejuvenator
	1 (Nullvariante)	PmB	PmB	-
	2	20 % AG	30 % AG	STORFLUX PLUS
	3	40 % AG	45 % AG	STORFLUX PLUS
	4	60 % AG	60 % AG	STORFLUX PLUS
	5	20 % AG	30 % AG	SYLVAROAD RP 1000
	6	40 % AG	45 % AG	SYLVAROAD RP 1000
	7	60 % AG	60 % AG	SYLVAROAD RP 1000

Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim

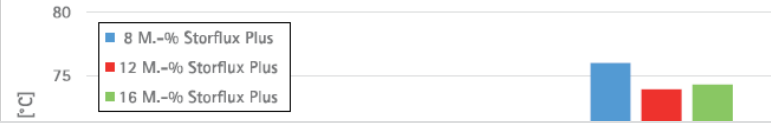


Ermittlung der Zugabemengen der Rejuvenatoren

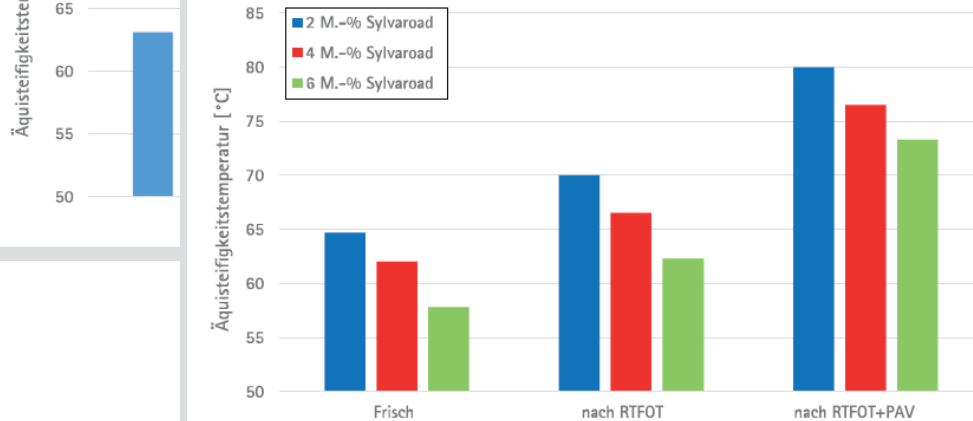
mit AG für die Asphaltbinderschicht



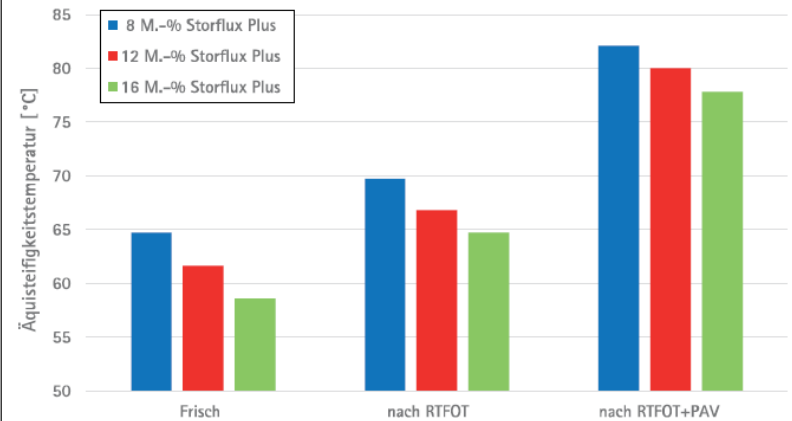
mit AG für die Asphaltbinderschicht



mit AG für die Asphaltdeckschicht



mit AG für die Asphaltdeckschicht



Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



Zugabemengen der Rejuvenatoren

	SMA 16 B S		AC 11 D S	
	Sylvaroad RP 1000	Storflux Plus	Sylvaroad RP 1000	Storflux Plus
Empfohlene Menge von RUB	4 M.-%	12 M.-%	5 M.-%	12 M.-%
Eingesetzte Menge	4 M.-%	8 M.-%	5 M.-%	12 M.-%

Eingesetztes Bindemittel: PmB 25/55-55 RC (EP RuK: 58,4°C)

Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



Erstellung der Erstprüfung: Binderschicht

		Einheit	30 M.-% AG	45 M.-% AG	60 M.-% AG
SMA 16 B S 4 % Sylvaroad	BM-Gehalt	M.-%	5,2	5,3	5,4
	EP RuK (res. BM)	°C	59,5	60,1	60,7
	Hohlraumgehalt	Vol.-%	3,6	3,6	3,6
SMA 16 B S 12 % Storflux Plus	BM-Gehalt	M.-%	5,2	5,3	5,4
	EP RuK (res. BM)	°C	60,3	61,3	62,3
	Hohlraumgehalt	Vol.-%	3,6	4,0	3,3

Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



Erstellung der Erstprüfung: Deckschicht

		Einheit	20 M.-% AG	40 M.-% AG	60 M.-% AG
AC 11 D S 5% Sylvaroad	BM-Gehalt	M.-%	6,3	6,3	6,3
	EP RuK (res. BM)	°C	59,4	60,4	61,4
	Hohlraumgehalt	Vol.-%	2,9	3,0	2,6
AC 11 D S 12 % Storflux Plus	BM-Gehalt	M.-%	6,3	6,3	6,3
	EP RuK (res. BM)	°C	59,7	61,1	62,4
	Hohlraumgehalt	Vol.-%	3,1	3,4	3,0

Asphaltmischwerk Ramstein

- Einbau im Juli / August 2017
- Trotz der 80 km Entfernung zur Baustelle wurde dieses Asphaltmischwerk aufgrund seiner maschinentechnischen Ausstattung ausgewählt
- Indirekt beheizte Paralleltrommel
- Mischleistung 160 t/h
- Nachmischzeit 30 Sek.
- Zugabe der Rejuvenatoren über die Bindemittelwaage



Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



Zugabe von SYVLAROAD RP1000

Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



Zugabe von STORFLUX PLUS



Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



Ergebnisse der Kontrollprüfung: Binderschicht

Variante		BM-Gehalt	Hohlraum (MPK)	EP RuK	NP	ElaRü
		[M.-%]	[Vol.-%]	[°C]	[1/10 mm]	[%]
SMA 16 B S	Nullvariante	5,5	4,5	64,0	25,3	72
	30 M.-% AG SYLVAROAD RP1000	5,4	3,5	65,5	25,9	61
	45 M.-% AG SYLVAROAD RP1000	5,6	2,4	63,4	34,1	63
	60 M.-% AG SYLVAROAD RP1000	5,6	2,1	70,6	19,8	49
	30 M.-% AG STORFLUX PLUS	5,4	2,5	66,2	25,0	68
	45 M.-% AG STORFLUX PLUS	5,5	2,8	63,4	29,0	61
	60 M.-% AG STORFLUX PLUS	5,4	1,9	64,1	30,0	58

Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



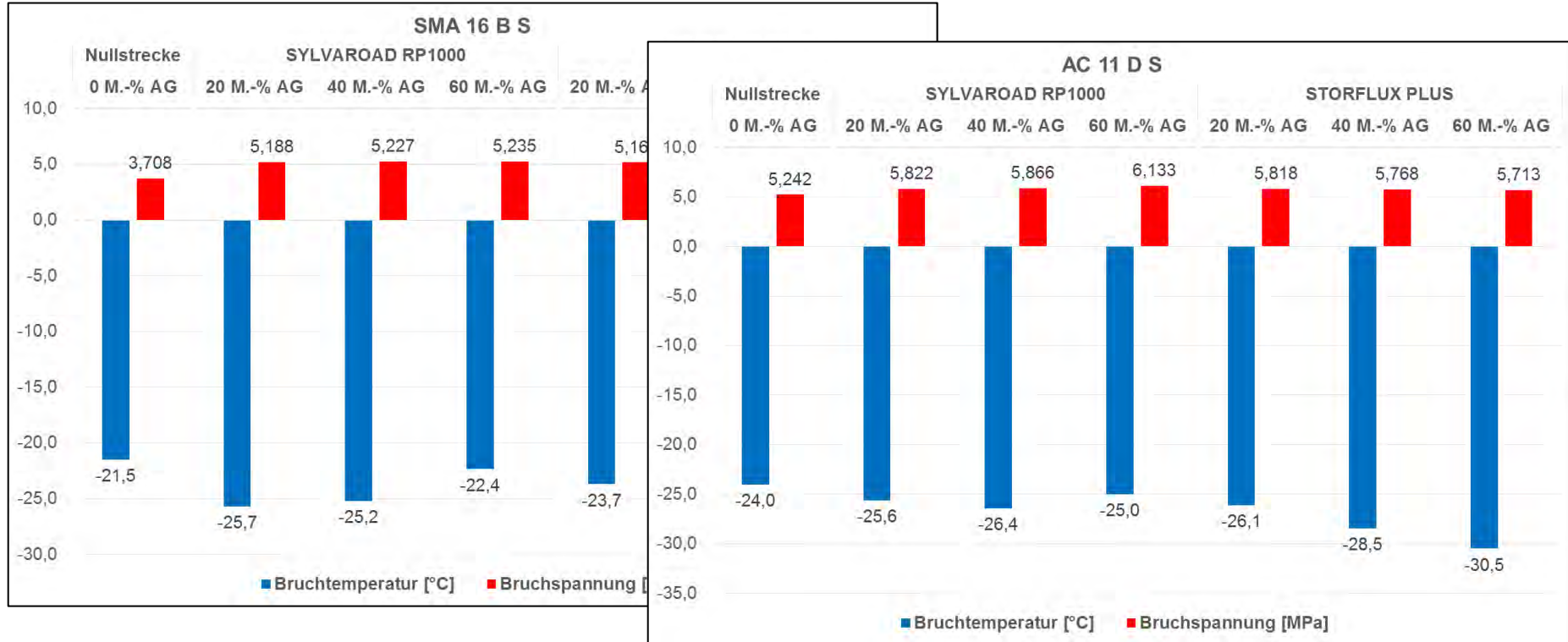
Ergebnisse der Kontrollprüfung: Deckschicht

Variante		BM-Gehalt	Hohlraum (MPK)	EP RuK	NP	ElaRü
		[M.-%]	[Vol.-%]	[°C]	[1/10 mm]	[%]
AC 11 DS	Nullvariante	6,1	2,8	61,6	27,6	74
	20 M.-% AG SYLVAROAD RP1000	6,5	2,1	64,9	33,0	71
	40 M.-% AG SYLVAROAD RP1000	6,4	2,2	63,5	35,7	71
	60 M.-% AG SYLVAROAD RP1000	6,2	2,7	66,0	28,8	53
	20 M.-% AG STORFLUX PLUS	6,3	2,0	66,2	27,4	66
	40 M.-% AG STORFLUX PLUS	6,4	1,4	63,1	32,7	61
	60 M.-% AG STORFLUX PLUS	6,0	1,5	65,1	33,5	50

Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



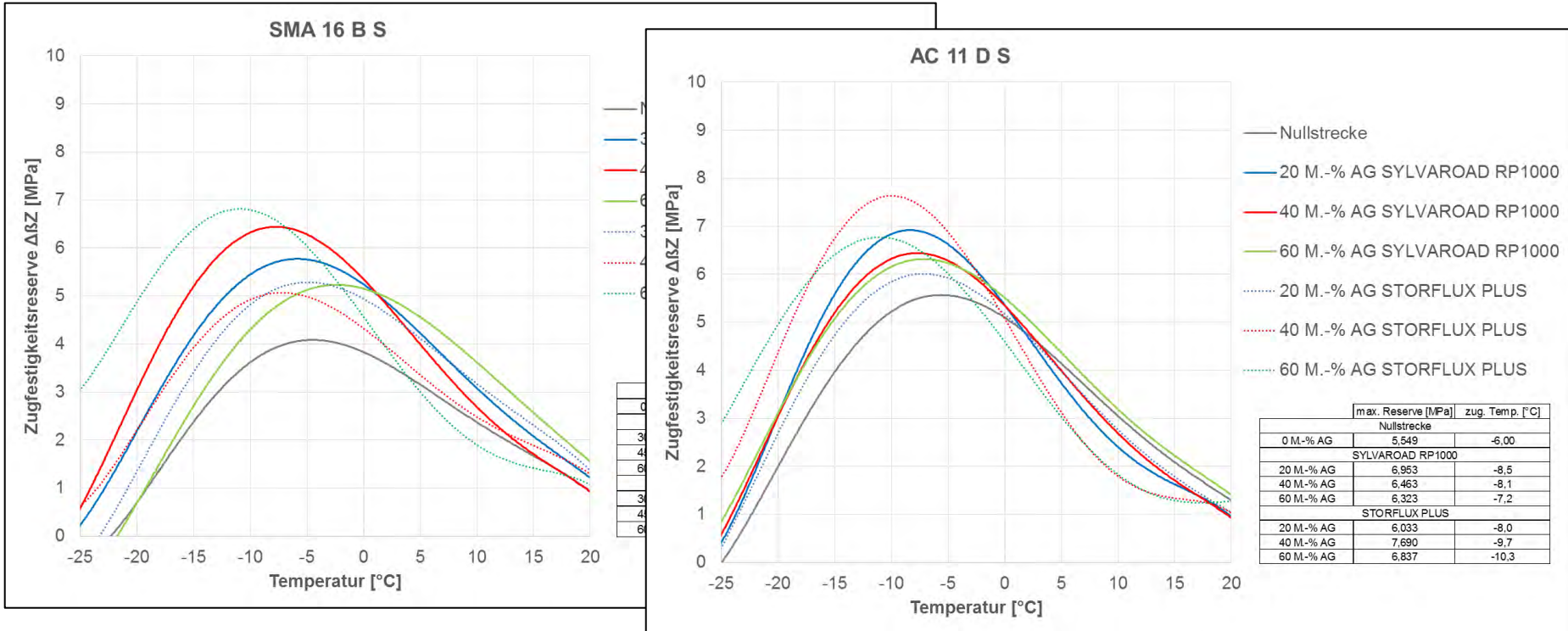
Ergebnisse der Kontrollprüfung: Bruchtemperatur



Beispiel 2: B37 – Bad Dürkheim



Ergebnisse der Kontrollprüfung: Max. Zugfestigkeitsreserve



Zusammenfassung und Ausblick

- Nachweis der Wirksamkeit von einigen Rejuvenatoren wurde auf der Bindemittlebene bereits in mehreren Arbeiten erbracht
- Verbesserung der mechanischen Asphalteigenschaften konnte durch die Zugabe von Rejuvenatoren nachgewiesen werden
- Untersuchung des Langzeitverhaltens von Asphalt mit Rejuvenatoren
 - Forschungsprojekt von der BAST
- Einheitliche Beurteilung der Rejuvenatoren notwendig
 - Derzeitige Erarbeitung eines Hinweispapiers von der FGSV

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

