



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

# Naturasphalt : Eigenschaften, Einsatzgebiete, Umweltverträglichkeit

M.Sc. Edith TARTARI  
SELENICE BITUMI SHA  
Manager Produktentwicklung  
[e.tartari@selenicebitumi.com](mailto:e.tartari@selenicebitumi.com)



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

## Zusammenfassung

- Eigenschaften des Naturasphalts Selenizza
- Besondere Eigenschaften von Selenizza als Anti-Aging-Additiv, Härteradditiv und umweltfreundliches Produkt
- Die potenzielle Verwendung von Pflanzenölen und natürlichem Asphalt für die Realisierung eines neuen Typs von bitumenhaltigen Bindemitteln
- Beispiel für eine innovative Asphaltmischung aus 100% Ausbauasphalt und einem Rejuvenator auf der Basis von Pflanzenöl und natürlichem Asphalt Selenizza
- Schlussfolgerungen



*Schweizerische Mischgut-Industrie*  
*Industrie suisse des enrobés bitumineux*  
*Industria svizzera delle miscele bituminose*

- Die Mine von Selenice liegt im Südwesten Albanien.
- Die Lagerstätte wird seit der Antike von Aristoteles erwähnt und von den Römern ausgebeutet
- Im Jahr 1868 veröffentlichte der französische Geologe Coquand zum ersten Mal die geologische Beschreibung der Mine von Selenice
- Die osmanische Regierung übertrug die Ausbeutungsrechte an die Franzosen (1871), die sie wiederum an die Italiener (1922 - 1943) übertrug.
- Nach dem Zweiten Weltkrieg wurde die Mine von der albanischen Regierung ausgebeutet
- Seit 2001 wird die Mine von der französischen Gruppe KLP Industries betrieben





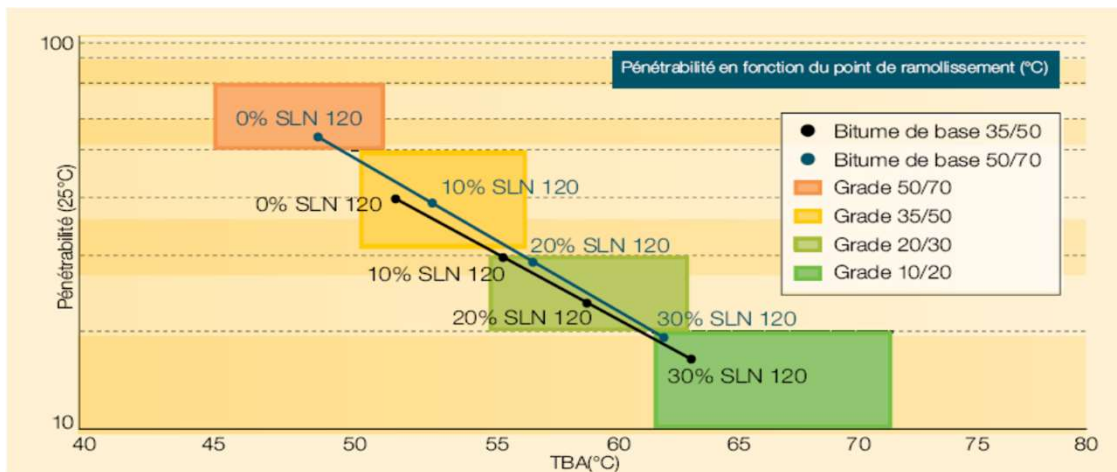
Schweizerische Mischgut-Industrie  
 Industrie suisse des enrobés bitumineux  
 Industria svizzera delle miscele bituminose

Description	Penetration [dmm]	TR&B[°C]	Penetration Index	Grade obtained
Petroleum bitumen 50/70	54	49,0	-1,28	-
Mixed with 5% natural bitumen	38	52,6	-1,18	35/50
Mixed with 10% natural bitumen	28	56,2	-1,01	20/30
Mixed with 15% natural bitumen	20	-61,6	-0,60	10/20
Natural Bitumen	0	120,0	-0,18	-

Strukturell kann die organische Phase von Selenizza mit Erdölbitumen verglichen werden, jedoch mit unterschiedlichen Anteilen an asphaltenen und maltenischen Fraktionen, wodurch sie zu 100% mit Straßenbitumen kompatibel ist

Abhängig von dem Prozentsatz an zugegebenen Selenizza ist es möglich, genaue Werte für die Nadel Penetration und die Erweichungspunktes Ring und Kugel, des endgültigen Bindemittels festzulegen.

Die Entwicklung von log P und T. R&B steht in einem linearen Verhältnis zum Prozentsatz der Zugabemenge von Selenizza:



$$\log P_m = \log P_n + x * (\log P_a - \log P_b)$$

$$T_m = T_b + x * (T_a - T_b)$$



Schweizerische Mischgut-Industrie  
 Industrie suisse des enrobés bitumineux  
 Industria svizzera delle miscele bituminose

## Physikochemische Eigenschaften

Analyse der SARA-Fraktionen (IATROSCAN). Der Wert des kolloidalen Instabilitätsindex  $I_c$  zeigt einen Sol- oder Sol-Gel-Charakter an

Selenizza hat einen hohen Gehalt an Harzen und Asphaltene. Dementsprechend weist es eine große Härte auf. Dies ist mit einer Nadelpenetration von ca. 0 und einem hohen Wert des EP RuK sowie einem großen komplexen E-Modul  $|E^*|$  messbar.

Verglichen mit Erdölbitumen weist die organische Phase von Selenizza einen höheren Gehalt an polaren Anteilen (Harze + Asphaltene) auf, was bei höheren Temperaturen zu einem Glasübergang führt

- Die Zugabe von Naturasphalt beeinflusst den Glasübergang des modifizierten Bitumens nicht
- Modifizierter Alternative verglichen mit 35/50 Bitumen:  $T_g = -23.1^\circ\text{C}$  zu  $T_g = -19.3^\circ\text{C}$
- Modifiziertes Bitumen zeigt eine bessere Beständigkeit gegen Rissbildung bei niedrigen Temperaturen

### Elastizitätsmodul

Complex modulus	Measures at 100°C, 5 Hz	
	$ E^* $ [GPa]	$\delta$ [°C]
Albanian Natural Bitumen	0,95 - 1,27	48,3 - 51,7

## SARA - Fraktionen

SARA IATROSCAN method		Saturated [%]	Aromatic [%]	Resin [%]	Asphaltene -i [%]	$I_c$
Purified sample-depth	Average Standard deviation	1,7 0,35	24,8 2,29	35,1 1,35	38,4 1,88	0,67
Purified sample-surface	Average Standard deviation	1,5 0,14	22,7 1,37	37,2 1,90	38,6 1,58	0,67
Raw sample-depth	Average Standard deviation	1,6 0,29	23,8 1,40	34,6 1,16	40,01 1,99	0,71
Raw sample-surface	Average Standard deviation	1,6 0,24	19,7 2,02	37,9 1,60	40,8 2,74	0,73

## Evolution der Glasübergangstemperatur

	Total heat flux				
	$T_{g1}$ [°C]	$T_g$ [°C]	$T_{g2}$ [°C]	$\Delta T_g$ [°C]	$\Delta\Phi$ [W/g]
Petroleum bitumen 50/70	-31,9	-22,9	-13,2	18,6	0,022
Mixed with 5% SLN	-30,9	-23,1	-13,8	17,1	0,019
Mixed with 10% SLN	-30,3	-23,1	-13,3	17,0	0,018
Mixed with 15% SLN	-32,1	-23,3	-13,4	18,8	0,019
Natural asphaltite SLN	-12,6	-1,1	16,2	28,8	0,021



Schweizerische Mischgut-Industrie  
 Industrie suisse des enrobés bitumineux  
 Industria svizzera delle miscele bituminose

## Altern Retarder

**RTFO-Test** (Simulation der Oxidation von Bitumen während der Mischgutherstellung)

**PAV-Test** (zur Simulation der In-Service-Alterung)

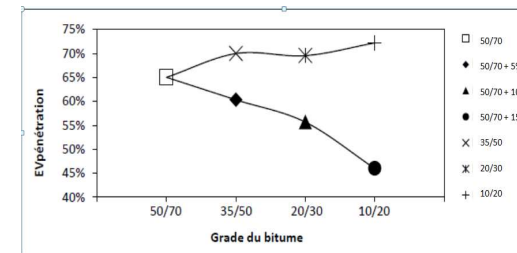
Der Alterungseffekt wurde unter Verwendung des folgenden mathematischen Ausdrucks quantifiziert:

$$EV_x = \frac{|x^{RTFOT+PAV} - x^{New}|}{x^{New}} * 100$$

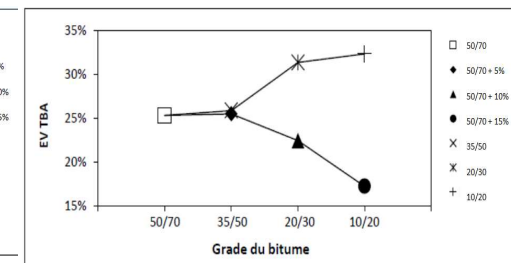
Dabei ist  $EV_x$ : die Entwicklung der mechanischen Eigenschaften X

- Die Veränderungen der modifizierten Proben waren geringer als die des Referenzbitumens 50/70
- Änderungen werden mit der Erhöhung von Naturasphalt SLN verringert
- Modifizierte Bitumen unterliegen im Vergleich zu Raffineriebitumen geringeren Änderungen

Description	Penetration (dmm)					TR&B (°C)				
	New binder	After RTFOT	$\Delta_1$ (%)	After PAV	$\Delta_2$ (%)	New binder	After RTFOT	$\Delta_1$ (%)	After PAV	$\Delta_2$ (%)
Petroleum 50/70	54	37	31.5	19	64.8	49	53.4	8.9	61.4	25.3
Mixed with 5%	38	27	28.9	15	60.5	52.6	57.2	8.7	66.0	25.4
Mixed with 10%	28	21	25	13	53.5	56.2	60.8	8.1	68.8	22.4
Mixed with 15%	20	14	30	11	45	61.6	65.4	6.1	72.2	17.2
Petroleum 35/50	40	27	32.5	12	70	52.6	56.8	7.9	66.2	25.8
Petroleum 20/30	23	12	47.8	7	69.5	60.0	67.0	11.6	78.8	31.3
Petroleum 10/20	18	9	50	5	72.2	65.0	72.6	11.7	86.0	32.3



Entwicklung der Nadelpenetration



Entwicklung des Erweichungspunktes RuK



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

## **Selenizza, ein natürliches Bitumen, das die Umwelt respektiert**

Die weltweite Wirtschaftskrise und das Bewusstsein für Umweltprobleme haben dazu geführt, dass eine Notwendigkeit besteht bitumenhaltige Bindemittel zu entwickeln und herzustellen, die die Anforderungen einer positiveren Ökobilanz erfüllen. Dabei werden neben der Dauerhaftigkeit verschiedener Materialien, die Umweltauswirkungen über alle Phasen des Lebenszyklus, von Entwurf bis zur Entsorgung betrachtet und bewertet.

Im Rahmen eines gemeinsamen Engagements für eine nachhaltige Entwicklung hat die Universität "La Sapienza" von Rom in Zusammenarbeit mit Selenice Bitumi ein Forschungsprojekt durchgeführt, bei dem erstmals der Energieverbrauch und CO<sub>2</sub>-Emissionen untersucht wurden für:

1. Der traditionelle Produktionszyklus von Raffineriebitumen aus Erdöl
2. Das Verfahren zur Herstellung von Naturasphalt, das direkt aus der Mine Selenice in Albanien gewonnen wird, der einzigen natürlichen Bitumenmine in Europa

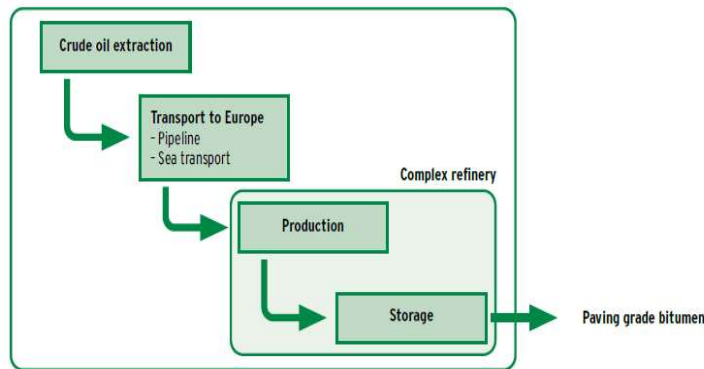




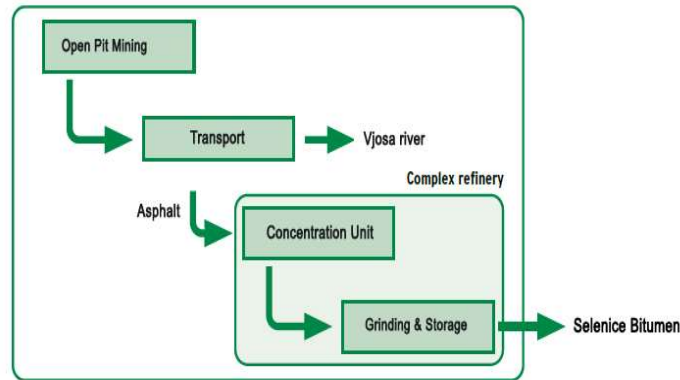
Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Selenizza, ein natürliches Bitumen, das die Umwelt respektiert

Standard-Bitumenproduktionslinie



Produktionslinie von Selenizza



➤ Die Studie der Ökobilanz wurde gemäß den Richtlinien der EU-Norm (ISO 14040 und 14044) für Ökobilanzen (Life Cycle Assessment) und LCI (Life Cycle Inventory) durchgeführt. Die Daten wurden von den zuständigen Stellen und den Sonderorganisationen bereitgestellt, z. Eurobitume & EAPA (Europäische Vereinigung für Asphaltpflaster)


➤ Der Herstellungsprozess von Selenizza ist viel einfacher und wirkt sich direkt auf die Energieeinsparung aus. Die Transportkosten werden dank der Bodennähe der natürlichen Bitumenverarbeitungseinheit auf ein Minimum reduziert





Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose


## Selenizza, ein natürliches Bitumen, das die Umwelt respektiert



Bitumes routiers de distillation						
Total	Consommation d'énergie	MJ/t				4,71
CO <sub>2</sub>	Emissions dans l'air	g	144563	37422	7831	226167

L'asphalte naturel Selenizza						
Total	Consommation d'énergie	MJ/t				2,376
CO <sub>2</sub>	Emissions dans l'air	g	59300	4500	59145	127298



- Die in diesen Tabellen zusammengestellten Ergebnisse haben ergeben, dass der Selenizza-Produktionszyklus im Vergleich zu Raffineriebitumen eine um etwa 44% niedrigere CO<sub>2</sub>-Auswirkung auf die Umwelt hat.
- Im Vergleich zu aus Erdöl gewonnenem Bitumen wird auch der Energieverbrauch um etwa 50% reduziert
- Diese beiden Parameter können dank der in der Mine Selenice geplanten Extraktionsoptimierungsprojekte weiter verbessert werden (insbesondere durch eine erhebliche Verringerung der Abfallproduktion).



Schweizerische Mischgut-Industrie  
 Industrie suisse des enrobés bitumineux  
 Industria svizzera delle miscele bituminose

## Möglicher Einsatz von modifiziertem Naturbitumen mit gebrauchten Pflanzenölen zur Realisierung neuartiger Bindemittel

In einer kürzlich durchgeführte Studie des französischen Zentrums für Studien und Gutachten CEREMA und des französischen Instituts für Verkehrswissenschaften und Technologien (IFSTTAR) wurde zum ersten Mal die Verwendung von Pflanzenölen und natürlichem Bitumen untersucht, bitumenhaltige Bindemittel für Asphalt herzustellen.

Inhaltsstoffe	Natürliches Bitumen		Pflanzenöl	Hartes Bitumen P 15/25
	Kohlenwasserstoffe	Mineralfraktion		
Prozentsatz	60.7%	10.7%	17.9%	10.7%



a) Overview of the wastes oils



b) Selenizza's quarry of natural bitumen (Albania)

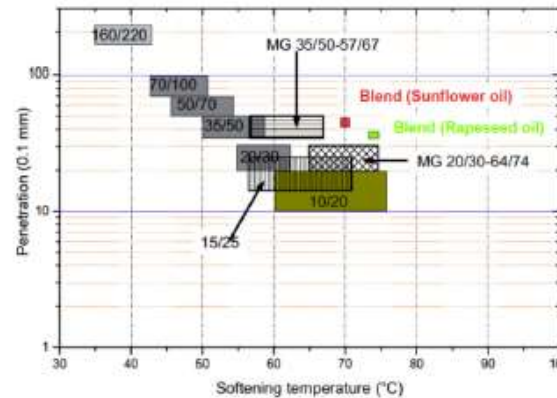
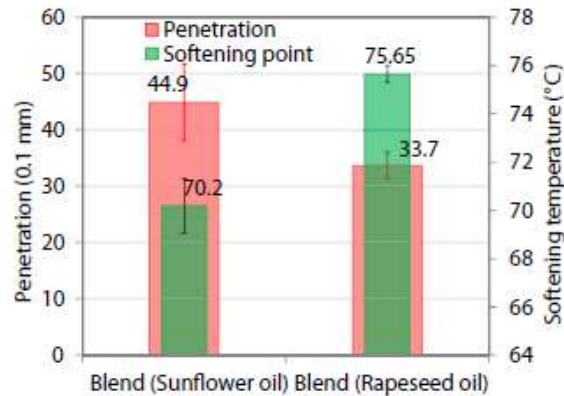


c) Example of blend with waste sunflower oil

Fig. 1. Main constituents of binders.

## Charakterisierung des Bindemittels

### Mechanische Eigenschaften



### Komplexen Elastizitätsmodul

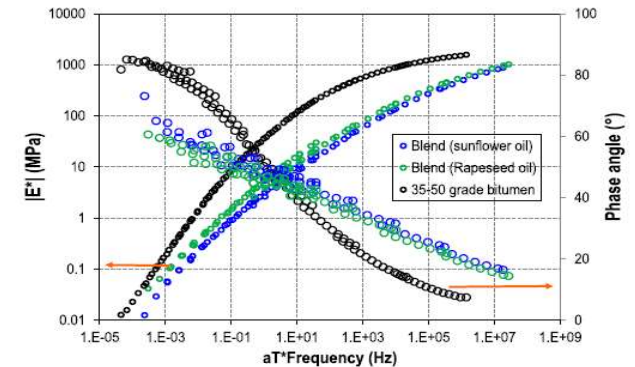


Fig. 6. Binders complex modulus and phase angle master curves at 15 °C.

- Die beiden neuen Bindemittel ähneln einem 35/50-Petroleumbitumen. Das Referenzbitumen ist im Temperaturbereich von 20 ° C bis 60 ° C härter als das neue Bindemittel
- Die Erweichungspunkttemperaturen der neuen Bindemittel sind höher als die von herkömmlichem Bitumen
- Die gemischten Bindemittel haben einen niedrigeren Phasenwinkel relativ zu dem Referenzbitumen für reduzierte Frequenzen bei  $a_T \times f \leq 2.5 \text{ Hz}$  (beispielsweise  $T \geq 20 \text{ °C}$ ) und einen höheren Phasenwinkel für reduzierte Frequenzen  $a_T \times f \geq 2.5 \text{ Hz}$  (beispielsweise  $T \leq 20 \text{ °C}$ ).
- Der Phasenwinkel der neuen Bindemittel ist nicht gleich Null, so dass die viskosen Effekte im Gegensatz zum Referenzbitumen nicht zu vernachlässigen sind, was einen Vorteil für die Entspannung bei niedrigen Temperaturspannungen darstellt.
- Die DSC-Analyse (Differential Scanning Calorimetry) zeigte, dass die neuen Bindemittel aufgrund niedrigerer Werte der Glasübergangs-Tg von Ölen im Vergleich zu Bitumen durch ein besseres Verhalten bei niedrigen Temperaturen gekennzeichnet waren.



Schweizerische Mischgut-Industrie  
 Industrie suisse des enrobés bitumineux  
 Industria svizzera delle miscele bituminose

## Charakterisierung der Mischung

Ein Asphaltbeton AC 10 (BBSG 3, 0/10) wurde gemäß der nachstehend beschriebenen Zusammensetzung hergestellt

### Zusammensetzung der Asphaltgemische

Table 4  
 Composition of mixes.  
 BBSG3, 0/10 according to the EN 13108-1 (2007)

Granular fractions	Percentage by mass
0/2	26.1%
2/6	23.7%
6/10	42%
Filler (limestone)	1.9%
Binder (asphaltite + waste oil + P15/25 bitumen)	6.3%

### Komplexer Modul

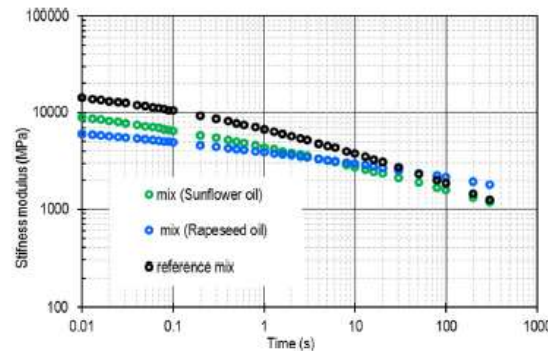


Fig. 8. master curves of the stiffness modulus of the mixes at 15 °C.

### Entwicklung der Spurrinnentiefe

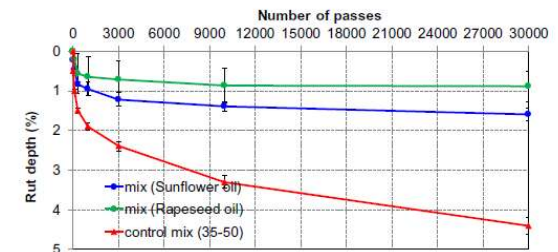


Fig. 7. Evolution of the rut depth.

- Das mit Referenzasphaltmischgut mit dem P 35/50-Bitumen ist steifer, was mit der Entwicklung des komplexen Schubmoduls der Bindemittel kompatibel ist
- Der Prozentsatz der Spurrinnentiefe  $\leq 5\%$ , bei 60 °C nach 30,000 Zyklen, für alle Mischungen. Die Ergebnisse entsprechen der EN 13108-1 (2007).
- Die Ausbildung der Spurrinnentiefe scheint inkohärent mit der Entwicklung des komplexen Moduls aus den Asphaltgemischen. Bei 60 °C (entspricht  $a_T \times f$  zwischen  $10^{-5}$  und  $10^{-3}$  Hz) liegen die Steifigkeiten der neuen Bindemittel im Bereich des Referenzbitumens. Die besser Beständigkeit gegen die Spurrinnenbildung der Asphaltgemische mit den neuen Bindemitteln ist höchstwahrscheinlich auf das Asphaltit zurückzuführen.



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

## **Beispiel für eine innovative Asphaltformulierung für Deckenmischgut benutzend mit 100 recycelten (RAP) und einem Bindemittel aus Pflanzenöl und natürlichem Bitumen ist**

- Einer der Faktoren, der die Verwendung hoher Recyclinganteile begrenzt, ist die Verhärtung des im RAP enthaltenen Bitumens aufgrund von Alterung. An der University of Applied Science Erfurt (FH-Erfurt) in Deutschland wurde in einem umfangreichen Forschungsprojekt eine Möglichkeit entwickelt und untersucht, 100% Ausbauasphalt (RAP) wiederzuverwenden. Unter Verwendung eines neuen regenerierenden Bindemittels welches in einem definierten Prozess aus Pflanzenöl, reich an ungesättigten Säuren und natürlichem Bitumen Selenizza hergestellt wird und die ursprüngliche Eigenschaften und Leistungsfähigkeit des Bitumens reaktiviert.
- Es wurden 12 Asphaltmischgutvarianten ohne Rejuvenator untersucht, nach der Alterung wurden den Asphaltgemischen 3, 4 und 8% (bezogen auf die Masse des Bitumens) des neuen regenerierenden Zusatzstoffs zugegeben und analysiert.
- Um die Ergebnisse der Alterung des Asphalts zu ergänzen und überprüfen zu können, wurden die Bitumen parallel zum Asphalt gealtert
- Um die beschleunigte Alterung von Bitumen und Asphalt zu simulieren, wurden im Labor folgende Testmethoden verwendet:
- Rolling-Thin-Film-Oven-Test (RTFOT) nach DIN EN 12607-1:2013,
- Pressure Aging Vessel (PAV) nach DIN EN 14769:2012,
- Standard practice for mixture conditioning of hot mix asphalt (Aashto R 30),
- Braunschweiger Verfahren zur Alterung von Asphaltmischgut



Schweizerische Mischgut-Industrie  
 Industrie suisse des enrobés bitumineux  
 Industria svizzera delle miscele bituminose

**Beispiel für eine innovative Asphaltformulierung für Deckenmischgut benutzend mit 100 recycelten (RAP) und einem Bindemittel aus Pflanzenöl und natürlichem Bitumen ist**

JA = Referenzvariation

JB= die gealterten Variationen

JC = wurde das entwickelte Additiv zugeben, bzw. die gealterten Variationen rejuveniert.



**JA, JB & JC Variationen von DN 11 AC-Mischungen**

**12 Variationsübersicht AC DN 11**

Variant	Asphalt mix	Binder	binder content [M-%]	Additive content [M-%]
JA 1	AC 11 DN	Shell B 50/70	6,2	-
JA 2	AC 11 DN	BP3 B 50/70	6,2	-
JA 3	AC 11 DN	Olexobit PmB 25/55-55	6,2	-
JB 1	AC 11 DN	Shell B 50/70 - BSA	6,2	-
JB 2	AC 11 DN	BP3 B 50/70 - AASHTO R30	6,2	-
JB 3	AC 11 DN	Olexobit PmB 25/55-55 - AASHTO R30	6,2	-
JB 4	AC 11 DN	RC -Elxleben	6,2	-
JC 1	AC 11 DN	Shell B 50/70 - BSA	6,2	4,0
JC 2	AC 11 DN	BP3 B 50/70 - AASHTO R30	6,2	8,0
JC 3	AC 11 DN	Olexobit PmB 25/55-55 - AASHTO R30	6,2	8,0
JC 4.1	AC 11 DN	RC -Elxleben	6,2	3,0
JC 4.2	AC 11 DN	RC -Elxleben - BSA	6,2	3,0

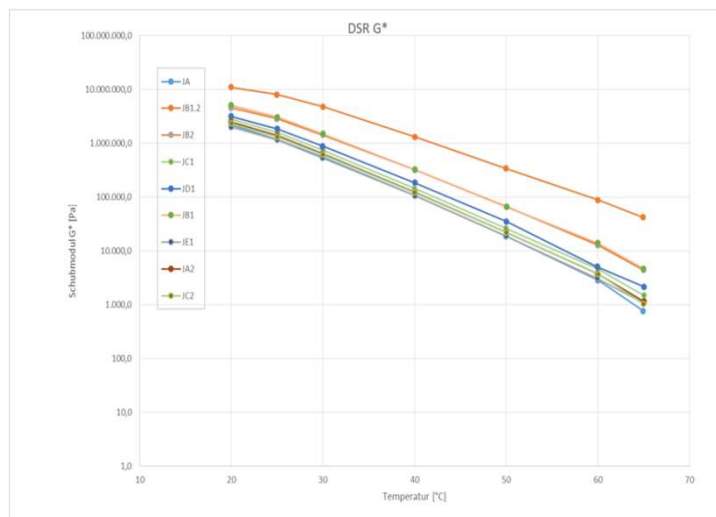


## Charakterisierung des Bindemittels

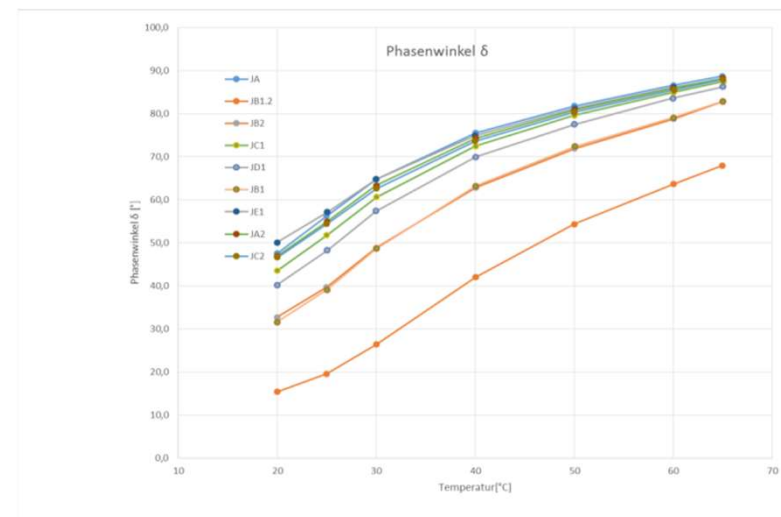
Die Ergebnisse der Temperatur-Sweeps mit dem Dynamischen Scher-Rheometer bei 1,59 Hz und für Temperaturen im Bereich von 20 ° C bis 65 ° C haben gezeigt, dass die Alterung in der Variante JB zu einen Anstieg der Steifigkeiten gegenüber der Referenzvarianten ( JA) für den gesamten betrachteten Temperaturbereich geführt hat. Die Werte der rejuvenierten Variante (JC) liegen wieder im Bereich der Anfangswerte.

Dieses Verhalten wird auch bei Betrachtung der Phasenwinkel sichtbar. Die Phasenwinkel der gealterten Varianten (JB) nehmen in Bezug auf die Referenzvarianten (JA) über den Temperaturbereich zwischen 20 ° C und 65 ° C ab. Die Werte der rejuvenierten Varianten liegen wieder im Bereich der Anfangswerte.

Temperatur-Sweep  $G^*$



Temperatur-Sweep Phasenwinkel





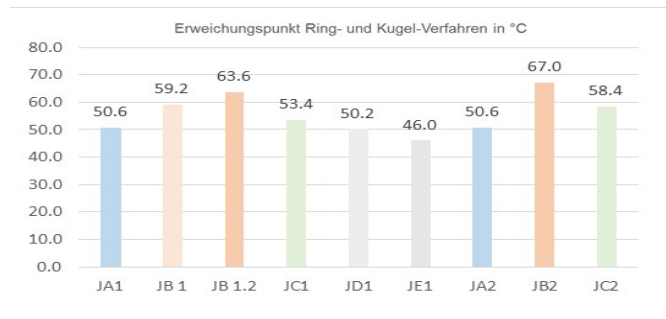
Schweizerische Mischgut-Industrie  
 Industrie suisse des enrobés bitumineux  
 Industria svizzera delle miscele bituminose

## Charakterisierung des Bindemittels

Infolge der Alterung kommt es zu einem Anstieg der Erweichungspunkttemperaturen und einer Abnahme der Penetrationswerte bei den gealterten Bindemitteln (JB1, JB1.2 und JB2) im Vergleich zu den Referenzvarianten (JA1, JA2). Die Zugabe des Rejuvenators führt zu einer signifikanten Verringerung der Erweichungspunkttemperaturen und einer deutlichen Erhöhung der Nadeleindringtiefe (JC1, JC2)

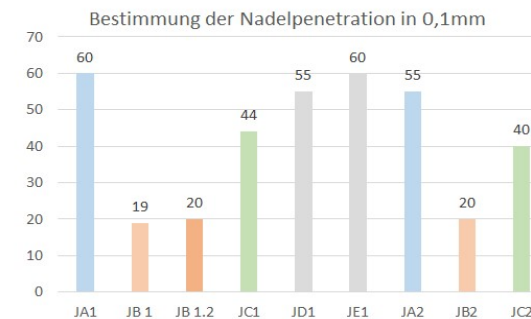
**Erweichungspunkt Ring und Kugel**

Bitumensorte	20/30	30/45	50/70	70/100
Softening Point [°C]	63 - 55	60 - 52	54 - 46	51 - 43
JA1			50,6	
JB 1	59,2			
JB 1.2	63,6			
JC1		53,4		
JD1			50,2	
JE1			46,0	
JA2			50,6	
JB2	67,0			
JC2		58,4		



**Nadelpenetration**

Bitumensorte	20/30	30/45	50/70	70/100
Penetration [0,1 mm]	20 - 30	30 - 45	50 - 70	70 - 100
JA1			60	
JB 1	19			
JB 1.2	20			
JC1		44		
JD1			55	
JE1			60	
JA2			55	
JB2	20			
JC2		40		







Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

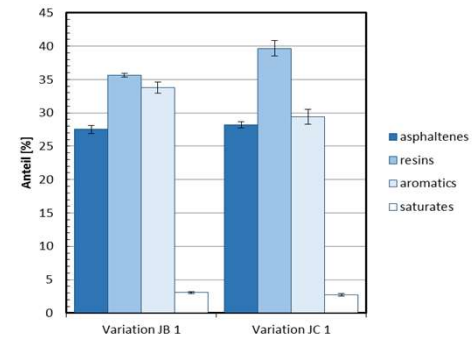
## Charakterisierung des Bindemittels

Die IATROSCAN-Analyse zeigt, dass die Zugabe des Rejuvenators zu einer veränderten Verteilung der Hauptkomponenten der SARA-Fractionen führt. Bei den regenerierten Varianten kommt es zu einem Anstieg der polaren Fraktionen (Asphaltene und Harze), gleichzeitig kommt es zu einer Reduktion der Aromaten und gesättigten Kohlenwasserstoffe.

### Vergleich SARA Analyse JB1 und JC1

Variation JB 1	average [%]	standard deviation
asphaltenes	27,548	0,233
resins	35,635	1,205
aromatics	33,763	0,801
saturates	3,056	0,635

Variation JC 1	average [%]	standard deviation
asphaltenes	28,179	0,240
resins	39,675	0,111
aromatics	29,423	0,972
saturates	2,723	0,621





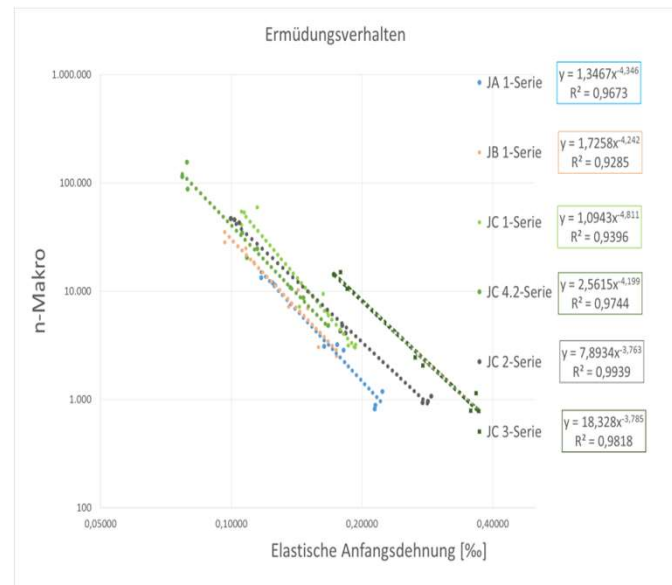
Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Charakterisierung der Mischung

In der Abbildung sind auszugsweise die Ermüdungsfunktionen des Spaltzugschwellversuches bei 20°C dargestellt. Auf der Ordinatenachse ist die Anzahl der Lastwechsel bis zum Auftreten von Makrorissen als Ermüdungskriterium n-Makro und auf der Abszissenachse ist die elastische Anfangsdehnung dargestellt.

Es ist zu erkennen dass die rejuvenierten Variationen (JC Variationen) in Bezug zu den gealterten Variation (JB) und Referenzvariation (JA) bei gleicher elastischer Anfangsdehnung mehr Lastwechsel bis zum Makroriss ertragen.

### Ermüdungsverhalten dynamischer Spaltzugversuch



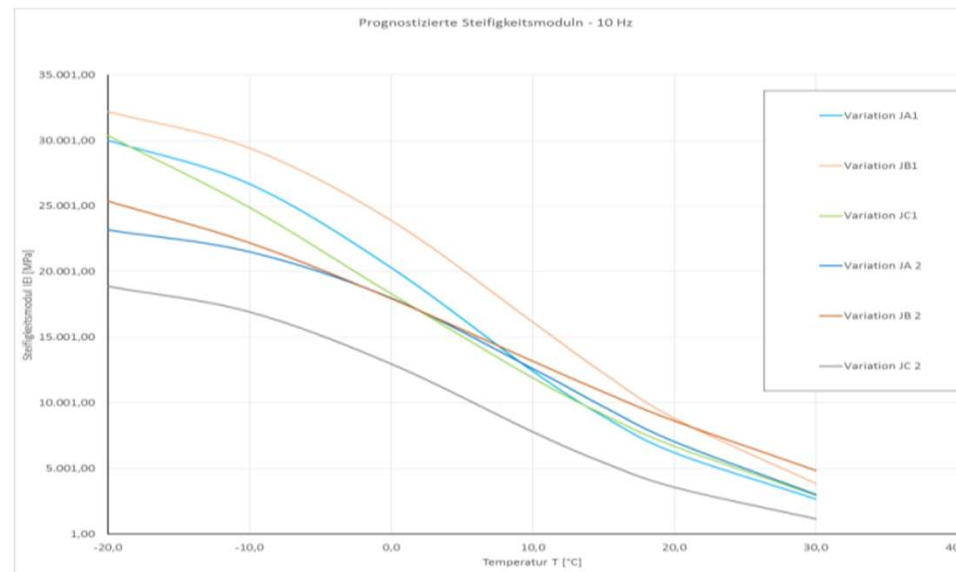


Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose

## Charakterisierung der Mischung

In der Abbildung sind auszugsweise die Steifigkeits-Temperaturfunktionen für 10Hz im Temperaturbereich von -20°C bis 30°C dargestellt. Es ist zu erkennen, dass es durch die Alterung zu einem Anstieg der Steifigkeitsmoduln (JA zu JB) im betrachteten Temperaturbereich kommt. Gleichzeitig ist eine Reduktion der Steifigkeitsmoduln nach der Zugabe des Additives (JB zu JC) zu erkennen. Im Vergleich Referenzvariation zu rejuvenierter Variation (JA-JC) liegen die Werte nach der Rejuvenierung im Bereich des Referenzvariation oder darunter. Insbesondere in Tieftemperaturbereich führt der Rejuvenator zu einem verbesserten Verhalten.

### Steifigkeitsmodul-Temperaturfunktion





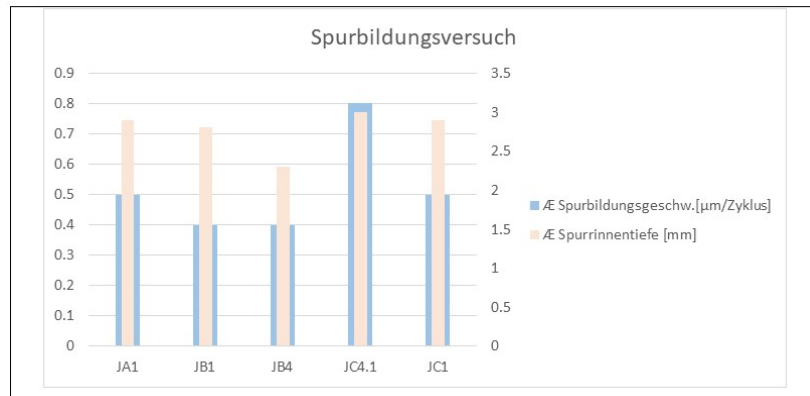
Schweizerische Mischgut-Industrie  
 Industrie suisse des enrobés bitumineux  
 Industria svizzera delle miscele bituminose

## Charakterisierung der Mischung

In der Abbildung sind auszugsweise die Ergebnisse des Spurbildungsversuches nach 10.000 Zyklen dargestellt. Es ist zu erkennen dass keine Variation das Abbruchkriterium der Spurrinntiefen von 8mm erreicht hat. Alle Variationen liegen bei der Spurrinntiefe und Geschwindigkeit in einem Bereich. Was zeigt, dass die Zugabe des Rejuvenators keinen negativen Einfluss auf die Spurrinnenbildung hat.

In der Tabelle rechts sind die Umhüllungsgrade der Variation JA-JC dargestellt. Es ist zu erkennen dass die Werte nur sehr geringe Abweichungen aufweisen. Gegenüber der Referenzvariation JA weist die Variation JC (24-72h) 5%-10% mehr Umhüllung auf.

**Spurbildungsversuch**



**Umhüllungsgrad JA-JC**

		Rolling time [h]			
		6	24	48	72
Coverage [%]	Var. JA1	80	55	45	40
	Var. JA2	80	55	45	40
	Var. JB1	80	60	50	45
	Var. JB1.2	75	55	45	40
	Var. JB2	75	55	50	45
	Var. JC1	80	60	55	45
	Var. JC2	80	60	50	45



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

Die Reihe von Labortests hat gezeigt, dass die Verwendung des Rejuvenator die rheologischen Eigenschaften des gealterten Bindemittels umkehrt und die ursprünglichen Bitumeneigenschaften wiederherstellt, wodurch die Eigenschaften der Asphaltgemische positiv beeinflusst werden. Es verbessert insbesondere das Ermüdungsverhalten (was sich durch die prozentuale Erhöhung der polaren Harze des Bindemittels erklären lässt) und verringert die Gefahr der Rissbildung bei niedrigen Temperaturen.

In Greußen bei Erfurt wurde eine Versuchsstrecke mit einer Mischung aus 100% RAP, Pflanzenöl und natürlichem Bitumen Selenizza hergestellt



***Versuchsstrecke D-99718, Greußen***



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*

## Schlussfolgerungen

- Der Zusatz von Selenizza-Naturbitumen beeinflusst das mechanische Verhalten von Straßenbitumen stark und verringert die Anfälligkeit für die Alterung von modifiziertem Bitumen im Verhältnis zu dem Prozentsatz des eingesetzten Naturbitumens Selenizza.
- Die Eigenschaften von Selenizza als Härter und Alterungsschutzmittel können zur Entwicklung neuer Bindemittel genutzt werden, indem mechanische Eigenschaften und Stabilität mit der Regenerationsfähigkeit von Pflanzenölen kombiniert werden, deren Aromaten-, Harz- und gesättigte Komponenten relativ nahe liegen die von Erdölbitumen.
- Die verstärkte Verwendung von recycelten RAP in der Asphaltmischproduktion hat erhebliche wirtschaftliche und ökologische Vorteile. Dank der Einführung eines neuen Regenerierungsmittels aus Selenizzanatürlichem Bitumen und Pflanzenöl wurde eine Mischung aus 100% RAP erfolgreich umgesetzt. Die mechanischen Eigenschaften der Asphaltmischung sorgen für eine optimale Leistung.



*Schweizerische Mischgut-Industrie  
Industrie suisse des enrobés bitumineux  
Industria svizzera delle miscele bituminose*



***Danke für die Aufmerksamkeit!***