

# Die Evolution von Bitumen - Der Hauptbestandteil von Gussasphalt



## VERZEICHNIS

- Was ist Gussasphalt? Anwendungsvorschriften
- Bitumen, einer der Bestandteile von Gussasphalt
- Geschichte des Bitumens
- Was ist Bitumen?
- Zusammensetzung von Bitumen
- Formen der Verwendung von Bitumen
- Polymermodifiziertes Bitumen
- Eigenschaften von Bitumen
- Leistungsmerkmale
- Werte der Leistungseigenschaften
- Bewertung der Leistungseigenschaften
- Wie wirken sich die neuen Bitumenanforderungen auf Gussasphalt aus?
- Schlussfolgerungen



# • Was ist Gussasphalt? Anwendungsvorschriften



Gussasphalt wird definiert als ein Material, das aus einem Gemisch mit unterschiedlichen Anteilen an natürlichem Bitumen, Sand, Kies, Füllstoff und Asphaltpulver besteht, das ganz oder teilweise in die Zusammensetzung eingearbeitet sein kann, in geeigneter Weise heiß gemischt wird und bei Temperaturen von 200-260 °C aufgebracht wird, so dass es ohne Verdichtung fließt oder fließen kann.

Asphaltgemisch mit Bitumen als Bindemittel, bei dem das Volumen von Füller und Bindemittel das Volumen der Resthohlräume im Gemisch übersteigt.

Spanische Norm

JUL UNE-EN 13108-6  
November 2007

Titel

Bituminöse Mischungen  
Spezifikation von Materialien  
Teil 6: Bituminöse Mischungen

Bituminöse Mischungen. Spezifikationen zu den Materialien. Teil 6: Asphaltmastix.



# • Bitumen, einer der Bestandteile von Gussasphalt



## 4.2 Bindemittel

### 4.2.1 Allgemeines

Das Bindemittel muss ein Penetrationsbitumen, ein modifiziertes Bitumen oder ein hochfestes Bitumen sein. Das Penetrationsbitumen muss der Europäischen Norm EN 12591, das modifizierte Bitumen muss der Europäischen Norm EN 14023 und das hochfeste Bitumen muss der Europäischen Norm EN 13924 entsprechen. Natürliches bituminöses Gemisch gemäß Anhang B der Europäischen Norm EN 13108-4:2005 kann hinzugefügt werden.

Tabelle 7 - Grenzwerte für die Mischtemperatur

Bitumenpenetrationsrate	Temperatur °C
20/30	210 bis 250
30/45, 35/50, 40/60	200 bis 240
50/70 und 70/100	190 bis 230

### 4.2.2 Auswahl des Bindemittels

Die Bitumensorte, der Typ und die Sorte des modifizierten Bitumens, die Sorte des hochharten Bitumens und die Menge und die Sorte des natürlichen bituminösen Mischguts müssen den angegebenen Werten entsprechen.

Im Falle des Penetrationsbitumens muss dessen Sorte aus den Sorten 10/20 und 15/25 ausgewählt werden. Die Sorte des hochharten Bitumens muss 20/30 und 70/100

#### ANMERKUNG 1

Angesichts der großen Vielfalt an Bitumensorten muss modifiziertes Bitumen verwendet werden, um Eigenschaften zu verbessern, die nicht durch die empirische Spezifikation abgedeckt sind.

Wenn zusätzliche Prüfungen erforderlich sind. Diese Prüfung sollte durch Forschung unter Verwendung empirischer Normen aus der Reihe EN 12697 durchgeführt werden, um nachzuweisen, dass das modifizierte Bitumen geeignet ist, die gewünschten Benetzungseigenschaften zu verbessern. Der Nachweis kann sich auf frühere Untersuchungen stützen

#### ANMERKUNG 2

Die Europäische Norm EN 14023 enthält ein Klassifizierungssystem zur Charakterisierung von modifiziertem Bitumen. Die Spezifikationen für modifiziertes Bitumen haben keine funktionelle Grundlage, und es ist nicht möglich, diese Spezifikationen mit den empirischen Spezifikationen des bituminösen Gemischs zu kombinieren, um dessen funktionelle Leistungsfähigkeit nachzuweisen. Normalerweise wäre die erforderliche Prüfung eine Typprüfung an einem ähnlichen Gemisch, das das modifizierte Bindemittel enthält, um die Einhaltung der geltenden Eigenschaft nachzuweisen. Die Bitumensorte, der Typ und die Sorte des modifizierten Bitumens sowie die Menge und die Kategorie des natürlichen bituminösen Gemischs können ausgewählt werden.



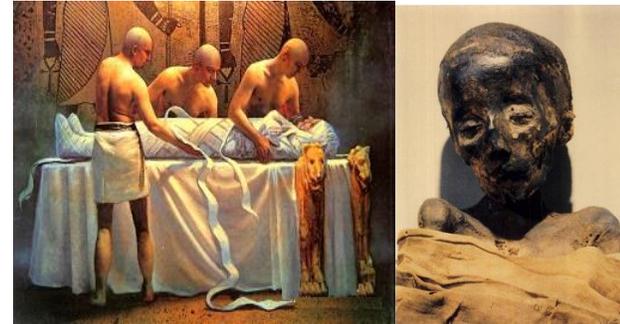
# • Geschichte des Bitumens



**Bibel, 5000-1500 v. Chr.  
Abdichtung**



**Sumerer, 3000 v. Chr.  
Hausbau**



**Ägypter, 2500 v. Chr.  
Mumifizierung**



**Mittelalter  
Kriegszwecke und Schutz  
von Schiffen**

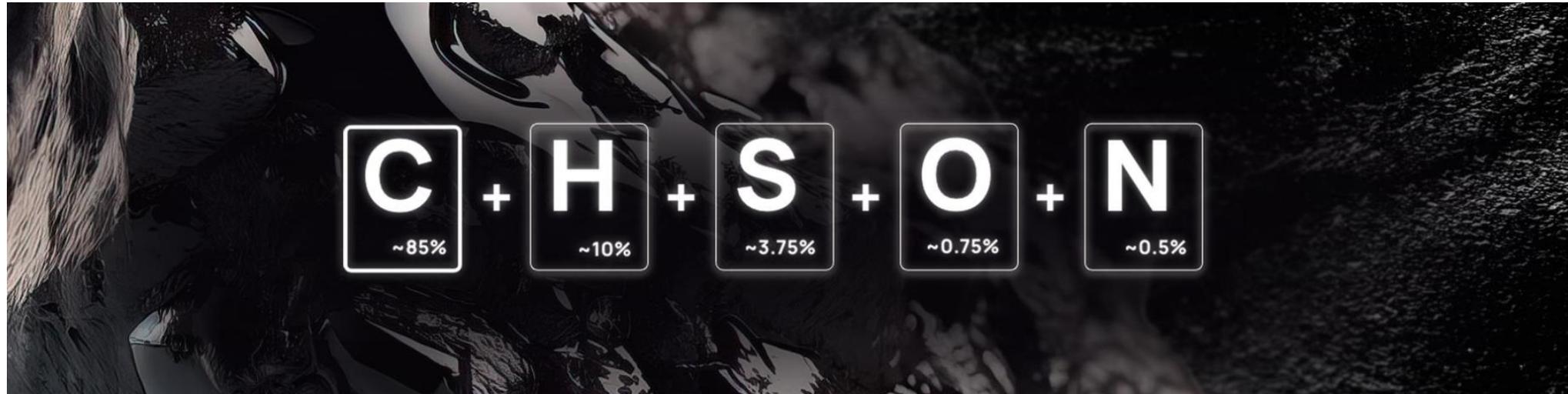


**20. Jahrhundert  
Verwendung von Naturasphalt im  
Hausbau und bei der Pflasterung  
Aufkommen des ersten  
Heißmischguts  
Entwicklung des  
Bitumendestillationsverfahrens  
Entwicklung von Emulsionen**



**Süßbitumen!!!!**

# Was ist Bitumen?



## Typisches Wörterbuch:

Ein dunkelbraunes bis schwarzes, hochviskoses Material, das als Rückstand bei der Verarbeitung geeigneter Rohöle anfällt.

processing suitable crude oils.

## Chemisch<sup>1</sup>:

Eine sehr komplexe Kombination von organischen Verbindungen mit hohem Molekulargewicht, die einen relativ hohen Anteil an Kohlenwasserstoffen mit Kohlenstoffzahlen überwiegend über C<sub>25</sub> und einem hohen Kohlenstoff-Wasserstoff-Verhältnis enthalten. Außerdem enthält es geringe Mengen verschiedener Metalle wie Nickel, Eisen oder Vanadium.

Quelle: Eurobitumen

# Was ist Bitumen?



## ***NICHT ZU VERWECHSELN MIT:***

### Teer oder Pech

Sie werden aus Kohlenstoff und nicht aus Erdöl gewonnen.

Sie werden durch destruktive Destillation (Pyrolyse) hergestellt.

Sie haben einen hohen PAK-Gehalt.



### Abfall

Es handelt sich um ein qualitätsgeprüftes Produkt, das in einem Prozess mit ausgewählten Rohstoffen gewonnen wird.



### Naturasphalt, Asphaltgestein

Enthält mineralisches Material

Enthält leichte Bestandteile

In der Natur vorkommend, nicht verarbeitet

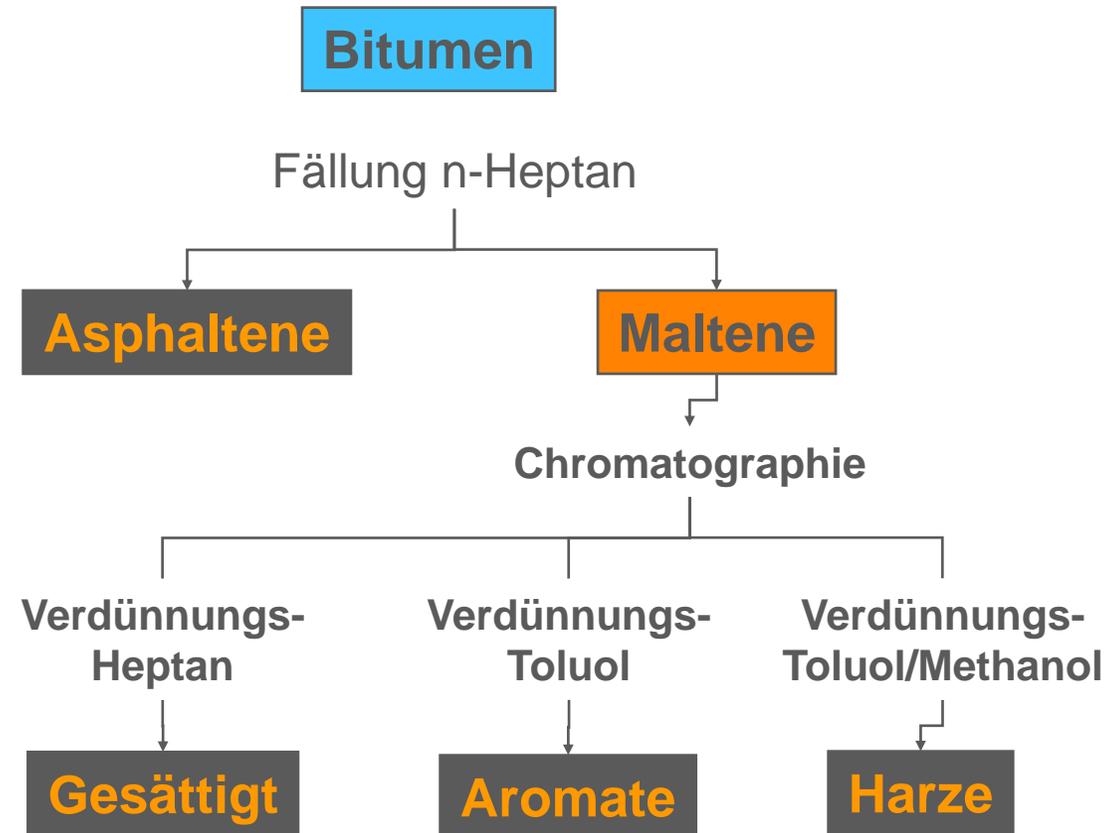


# • Zusammensetzung von Bitumen

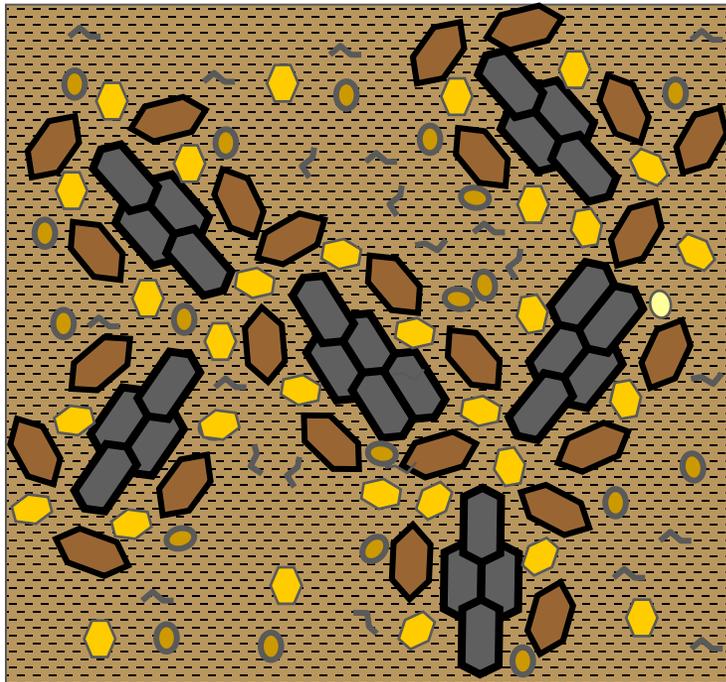


Eine Enzyklopädie der organischen Chemie:

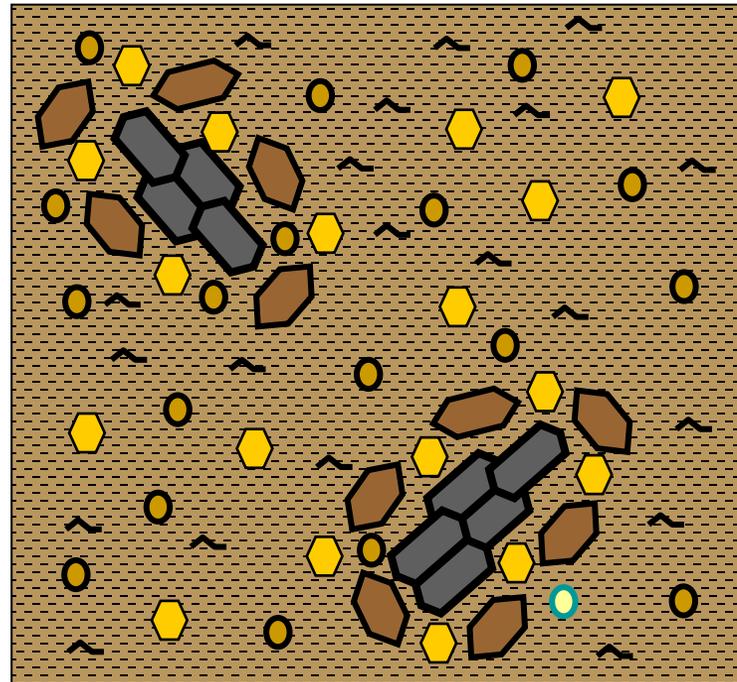
- Gesättigte, naphthenische und aromatische Ringe, einfach oder mehrfach, Säurereste, Aldehyde, Ketone, etc.
- Ketten mit einem Molekulargewicht von bis zu 200.000
- Der Gehalt und der Anteil an Maltenen und Asphaltene werden zur Charakterisierung von Bitumen und zur Bestimmung ihrer Eignung für den Straßenverkehr verwendet.



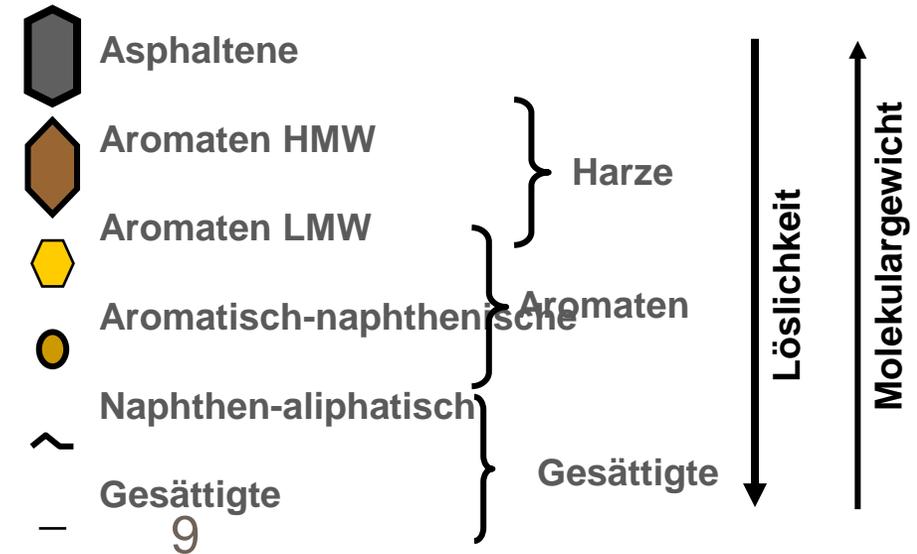
# Zusammensetzung von Bitumen



GEL-Struktur



SOL-Struktur



# • Formen der Verwendung von Bitumen



Zur Verringerung der Viskosität

- Durch Erhitzen von
  - Heißmischgut
- Durch Zugabe eines leichten Produkts
  - Verflüssigte Bitumen.
- Verdünnte Asphalte
  - Bitumen-Asphalt-Emulsionen
- Durch Einspritzen von Wasserdampf
  - Schaumbitumen - Schaumasphalt

Bitumen kann so verwendet werden, wie es ist, aber seine Eigenschaften können verbessert werden

- Durch Oxidation → Oxyasphalt
- Durch Zusatz von Polymeren → Polymerbitumen
- Andere Methoden → „Spezialbitumen“ (Bitumen zur Verwendung bei niedrigeren Temperaturen)

# Polymermodifiziertes Bitumen



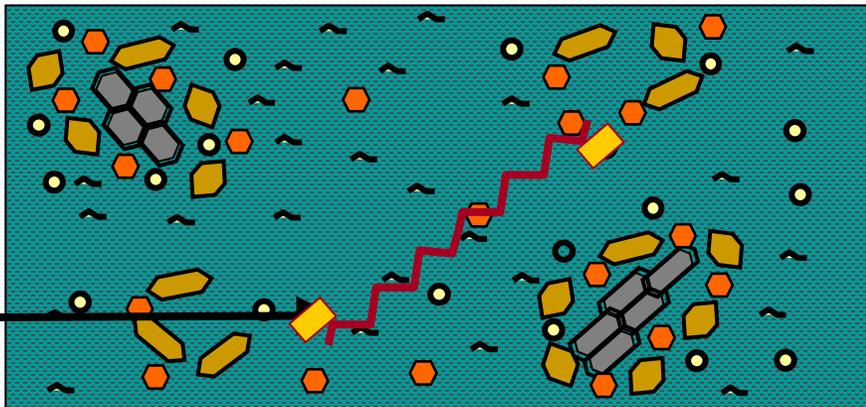
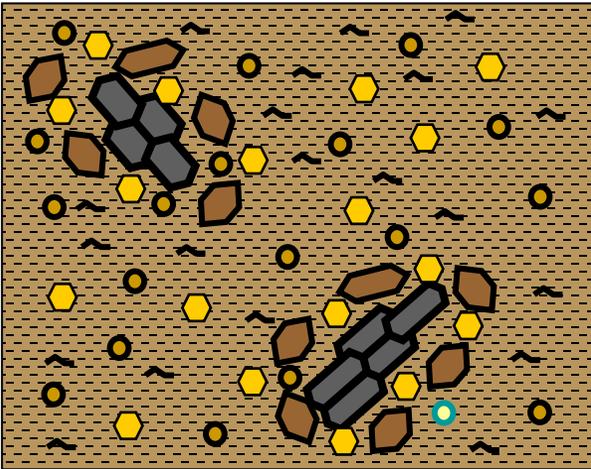
HERKÖMMLICHES  
BITUMEN



Bedarf an besserem  
Bitumen



MODIFIZIERTES  
BITUMEN



Poli-S   
Poli-B   
Poli-S 

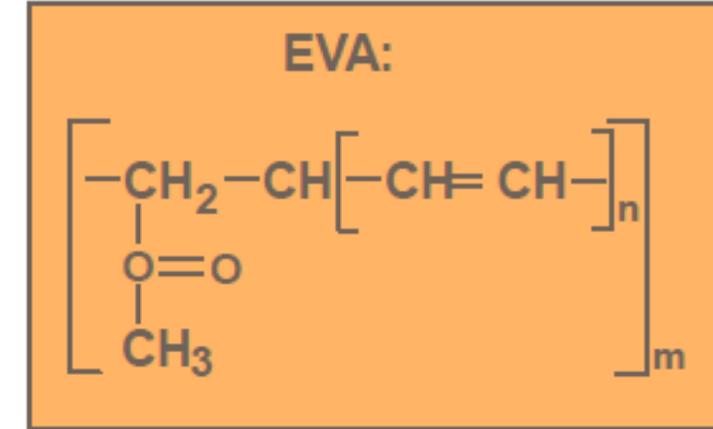
# Polymersmodifiziertes Bitumen



POLYMERE

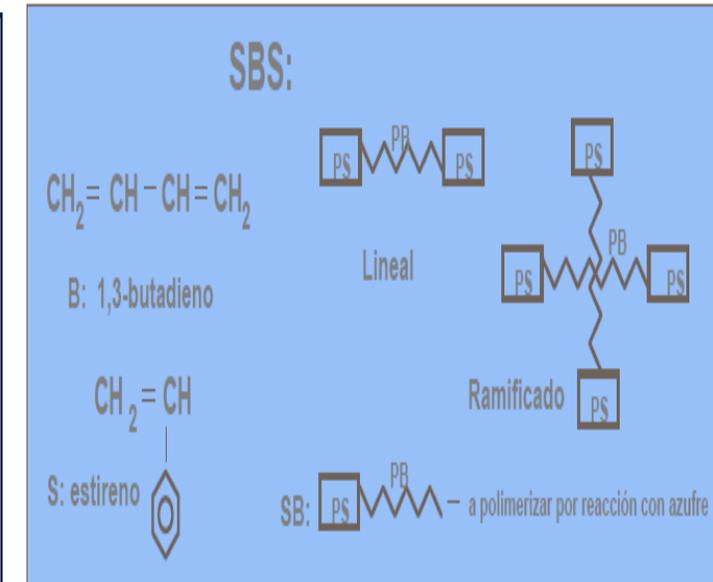
THERMOPLASTE ODER PLASTOMERE

- Beim Erhitzen bewirken sie eine reversible Erweichung ohne chemische Umwandlung.
- Sie erhöhen die Viskosität des Bitumens, erhöhen aber nicht wesentlich seine Elastizität.
- Polyethylen (PE); (EVA)



ELASTOMERE (SBR)  
THERMOPLASTE (SBS)

- Bei Raumtemperatur haben sie elastomere Eigenschaften (elastisches Verhalten) und bei höheren Temperaturen plastische Eigenschaften (sie können geformt werden).
- Wenn sie abkühlen, erhalten sie ihre elastomeren Eigenschaften zurück.
- Styrol-Butadien-Styrol-Copolymere (SBS)



# Polymermodifiziertes Bitumen



## Die Kompatibilität hängt ab von

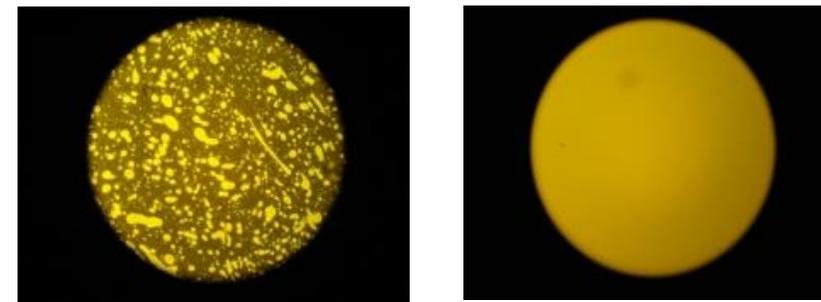
- **Bitumen**
  - Aromatische Maltene-Phase
  - Sehr geringe Instabilität
  - Sehr hohe Löslichkeit
  - Harzgehalt des Bitumens
- **Polymer**
  - Molekulargewicht
  - Löslichkeitsparameter des Polymers

## Eigenschaften, die es beinhaltet

- Ermüdungsfestigkeit: PMB-SBS-Elastomer
- Beständigkeit gegen plastische Verformung: PMBs mit hoher Konsistenz (EVA, SBS) bieten ein hohes Modul.
- Widerstand gegen Rissreflexion: PMB-Elastomer (SBS) mit hoher Konsistenz

- Das Polymer absorbiert Lichtanteile und quillt auf (bis zum 6-7fachen).
- Durch Scherung wird die Styrolphase belastet.
- Wenn das Bitumen kompatibel ist (je nach Zusammensetzung), ist der Prozess langfristig stabil.
- Ist es unverträglich, trennt sich das Polymer und dekantiert.

**Die richtige Wahl des Basisbitumens, des Polymertyps und des Produktionssystems ist die einzige Garantie für ein stabiles modifiziertes Bitumen in der gewünschten Qualität.**



# Polymermodifiziertes Bitumen



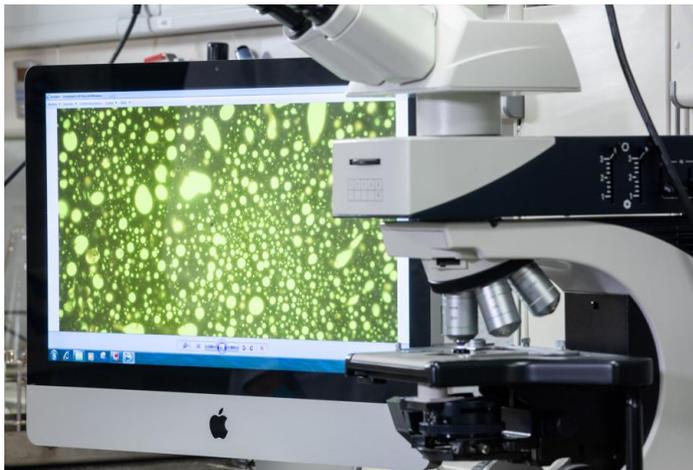
## Herstellungsmethoden

### Physikalisches Mischen

- Einarbeitung des Polymers in die Bitumenmasse durch Rühren
- Temperaturkontrolle

### Chemisches Mischen

- Zugabe einer katalytischen Verbindung zur besseren Einbindung des Polymers in die Bitumenmasse.
- Regelung der Temperatur
- Einstellung der Katalysatordosierung



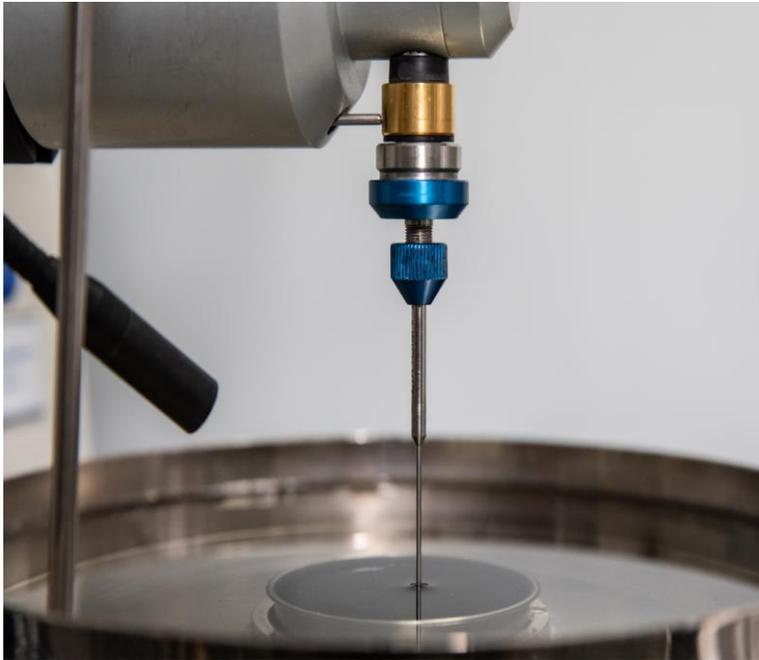
## Verträglichkeit/Unverträglichkeit

- **Das Bitumen-Polymer-Gemisch kann zu einer...**
  - **Auflösung: keine signifikante Verbesserung**
  - **... führen**
  - **Verträglichkeit: Zweiphasenmischung zur Optimierung von Stabilität und Modifikation**
  - **Zwischensituationen**
    - Die Unverträglichkeit kann verbessert werden, ist aber instabil: Ausfällung von Asphaltene, Ausschwitzen von Ölen, Polymerabscheidung,...
- **Analyse durch optische Fluoreszenzmikroskopie**

# Eigenschaften von Bitumen

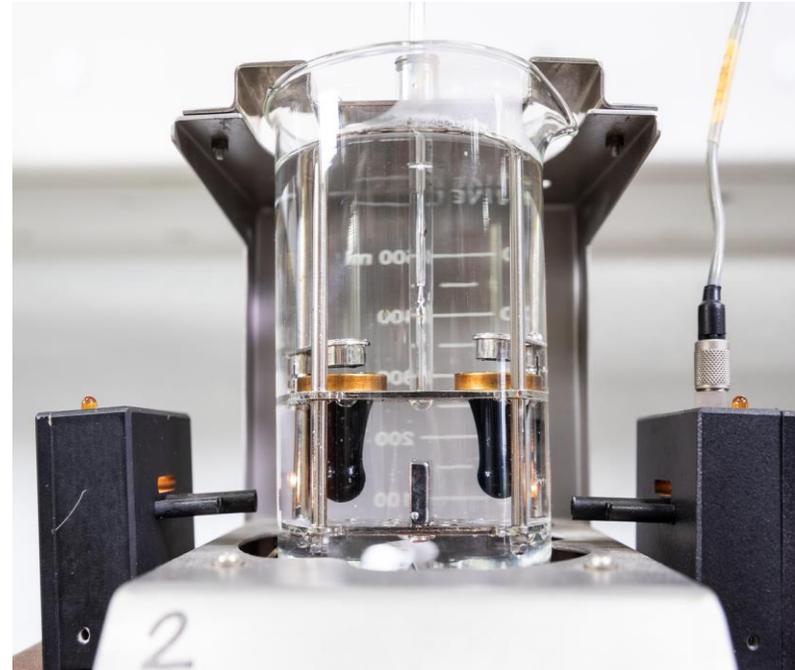


Konsistenz bei mittleren  
Betriebstemperaturen



Private Quelle

Konsistenz bei erhöhten  
Betriebstemperaturen

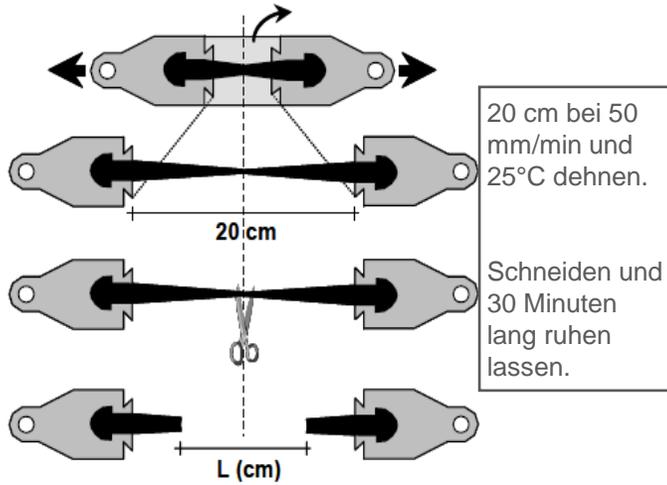


Zerbrechlichkeit bei  
niedrigen  
Betriebstemperaturen



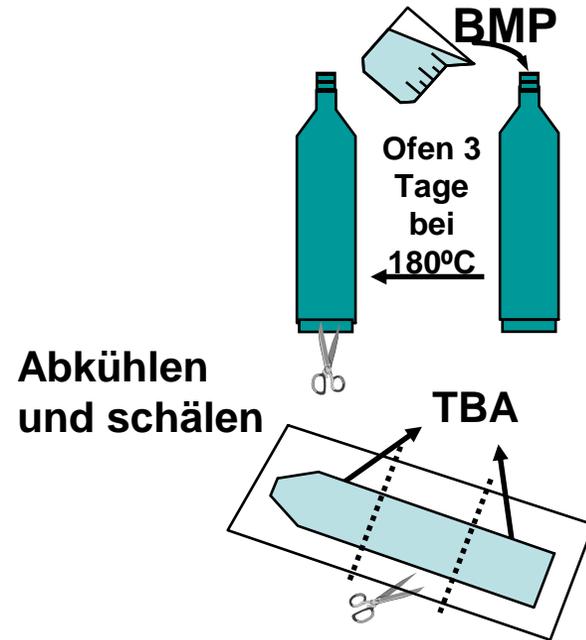
Quelle Eurobitumen

# Eigenschaften von Bitumen: PMB



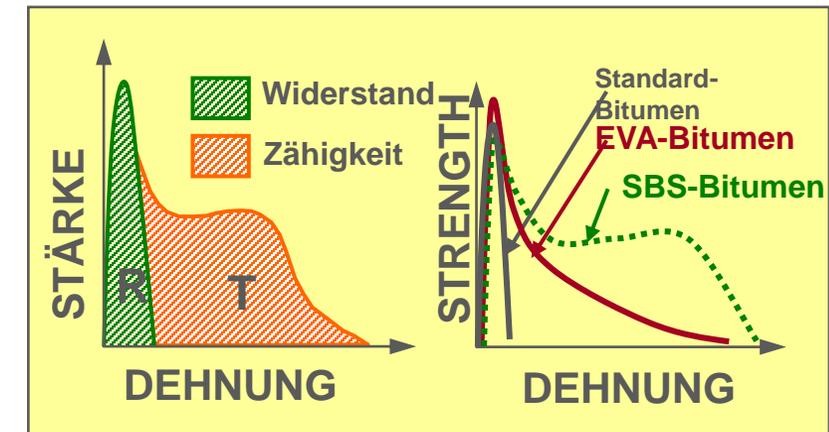
$$\text{Elastische Rekuperation (\%)} = 100 (L/20)$$

- Elastische Erholung:
- Methode EN 13398

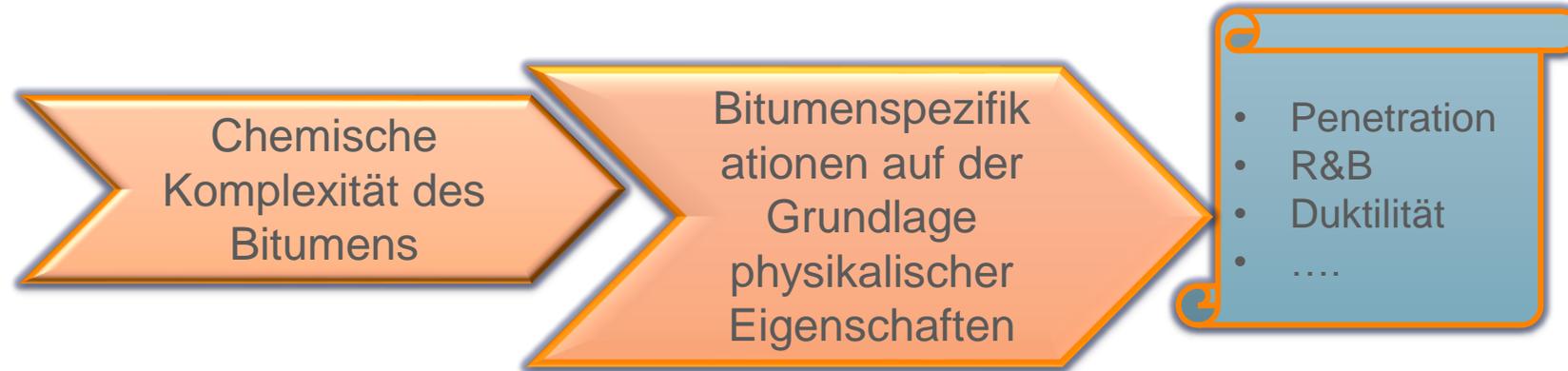


Visuelles Erscheinungsbild  
Unterschied zwischen A und B

- Analyse der Lagerstabilität:
- Methode EN 13399

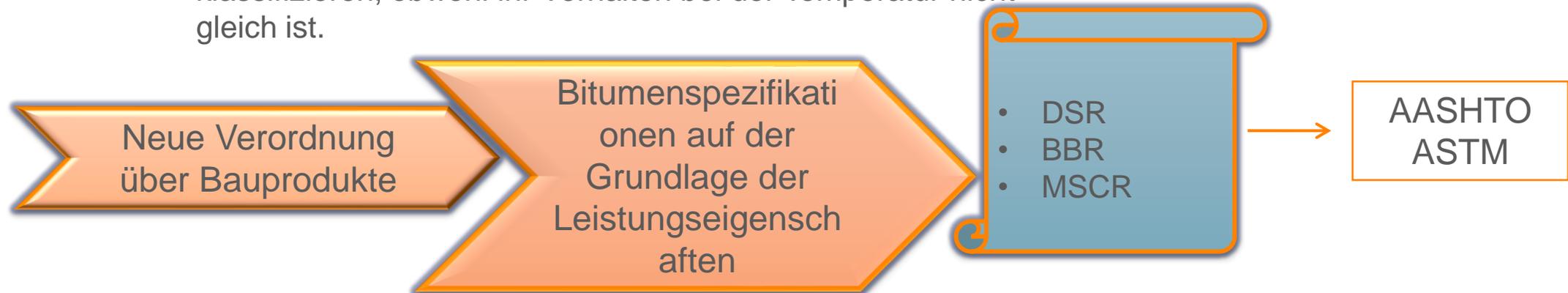


- Messung der Zugfestigkeit:
- Methode EN 13589



## Einschränkung

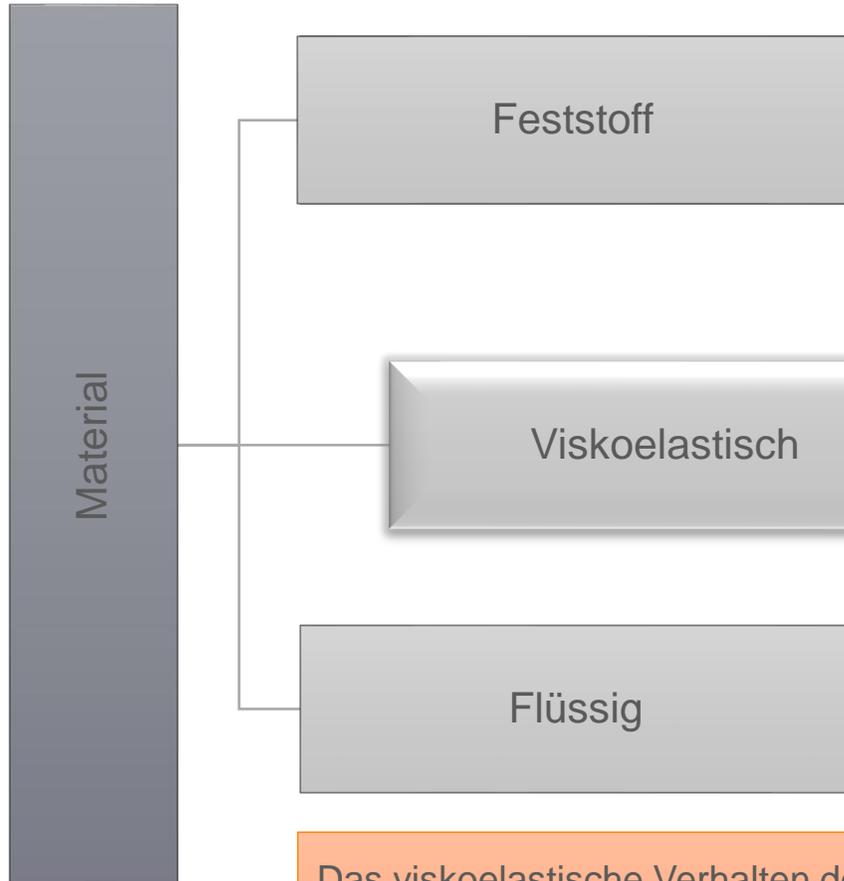
- Sie geben keine Informationen über einen Temperaturbereich
- Sie können verschiedene Asphalte mit der gleichen Qualität klassifizieren, obwohl ihr Verhalten bei der Temperatur nicht gleich ist.



## Rheologie

Wissenschaft, die die Verformung und das Fließen von Materialien untersucht. Sie ist eine multidisziplinäre Wissenschaft.

Wissenschaft, die die innere Reaktion von Materialien auf äußere Kräfte untersucht.



### Hooke'sches Gesetz

$$\tau = G \cdot \dot{\gamma}$$

Hookeanos Feststoffe

Bei einem elastischen Material hängt die Spannung nur von der aufgebrachtten Dehnung und nicht von der Aufbringungsrate ab.

Bitumen ist ein viskoelastisches Material, d.h. unter Belastung hat es eine viskose Komponente (Energie wird abgeführt) und eine elastische Komponente (Energie wird gespeichert).

### Newtonsches Gesetz

$$\tau = \eta \cdot \dot{\gamma}$$

Newtonsche Flüssigkeiten

Die Spannung für eine Newtonsche Flüssigkeit hängt von der angewandten Verformung und der Anwendungsgeschwindigkeit ab

Das viskoelastische Verhalten des Materials kann mit Hilfe verschiedener Tests untersucht werden

- Kriech- und Erholungstest
- Spannungsabfalltest
- Oszillationstest

## Original-Bindemittel

Analyse der Eigenschaften des ursprünglichen Bitumens ohne zusätzliche Erhitzung vor der Verarbeitung

## Kurzzeitig gealtertes Bindemittel (nach RTFOT)

*RTFOT (Rolling Thin Film Oven- Rollender Dünnschichtofen)*

Das Verfahren, mit dem die Alterung des während des Misch- und Herstellungsprozesses erzeugten Materials simuliert wird.

## Langfristig gealtertes Bindemittel (nach PAV)

*PAV (Pressure Aging Vessel- Druckalterungsbehälter)*

Es handelt sich um ein Verfahren, mit dem die Alterung des hergestellten Materials nach mehreren Betriebsjahren simuliert wird.

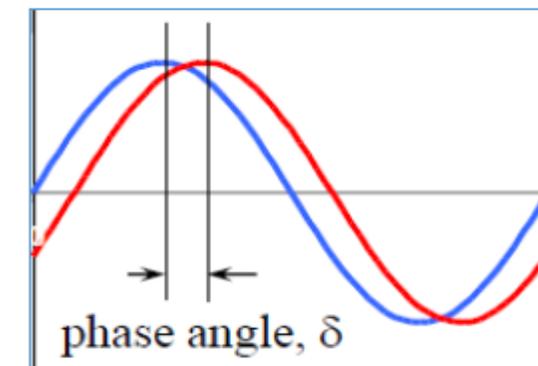
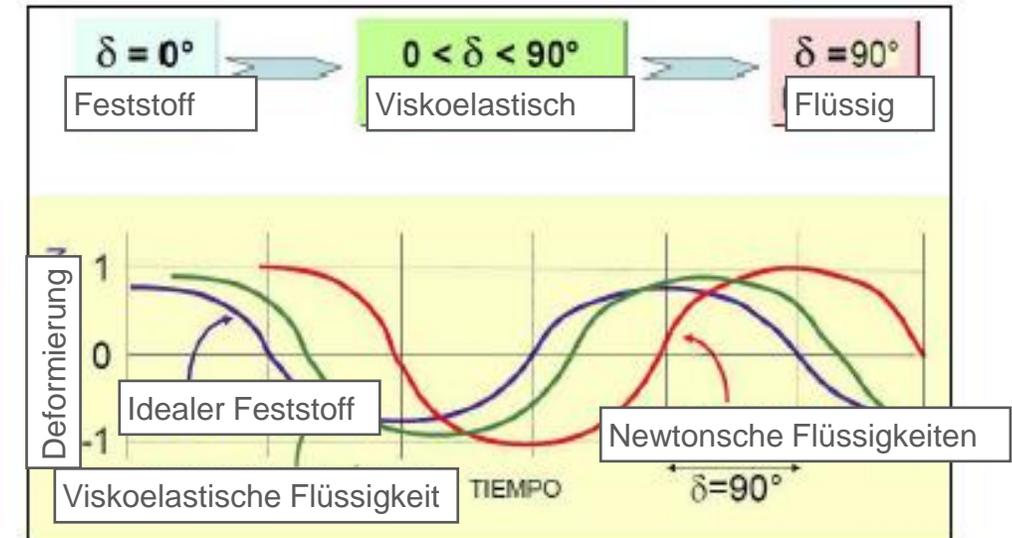
Das PAV-Verfahren wird nach RTFOT durchgeführt.

# Leistungsmerkmale: DSR

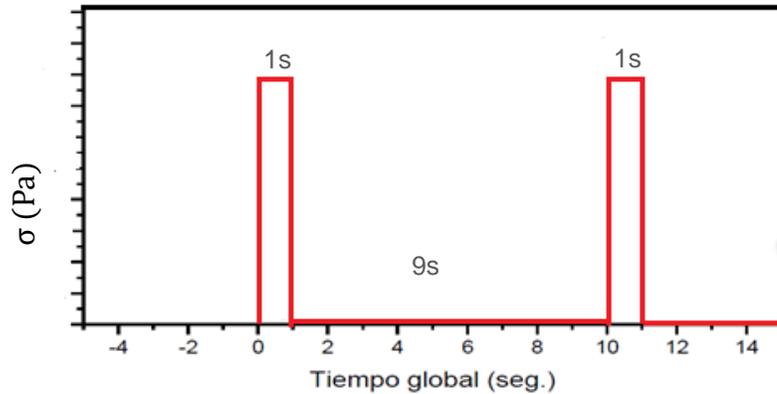


- Der Test wird mit dem ursprünglichen Bitumen und mit dem Bitumen, das dem RTFOT unterzogen wurde, durchgeführt.
- Norm EN 14770
- Die wichtigsten viskoelastischen Parameter, die mit DSR-Geräten (Dynamic Shear Rheometer) ermittelt werden, sind der komplexe Modul  $|G^*|$  und der Abweichungswinkel  $\delta$ .
- $G^*$  ist definiert als das Verhältnis von maximaler Dehnung zu maximaler Spannung und ist ein Maß für den Gesamtwiderstand des Bitumens gegen Verformung, wenn es  $\delta$  ausgesetzt ist, ist ein Maß für den Grad der Viskoelastizität des Materials.
- Das Verhalten von Bitumen in Abhängigkeit von :
  - Temperatur (10-80 °C)
  - Frequenz (1,59 Hz)
  - Belastung (Spannung)

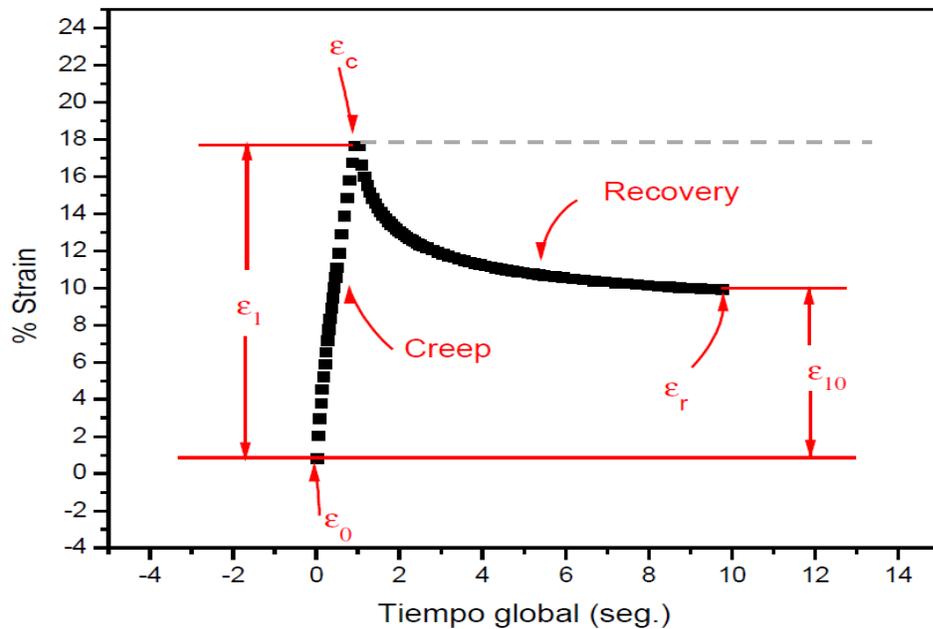
**Die Temperatur, bei der ein bestimmtes Modul erreicht wird, wird angegeben.**



# Leistungsmerkmale: MSCR



Zehn Zyklen von 1 Sekunde Anspannung und 9 Sekunden Entspannung werden bei 100 Pa und weitere 10 Zyklen bei 3200 Pa durchgeführt.



$$J_{nr} = \frac{\epsilon_{10}}{\sigma}$$

Nicht wiederherstellbare Kapazität: Restverformung des Materials nach einem Zyklus (Kriech-Erholung) im Verhältnis zu der Spannung, der es ausgesetzt war.

$$\text{Rückgewinnung} = \frac{\epsilon_1 - \epsilon_{10}}{\epsilon_1} \times 100$$

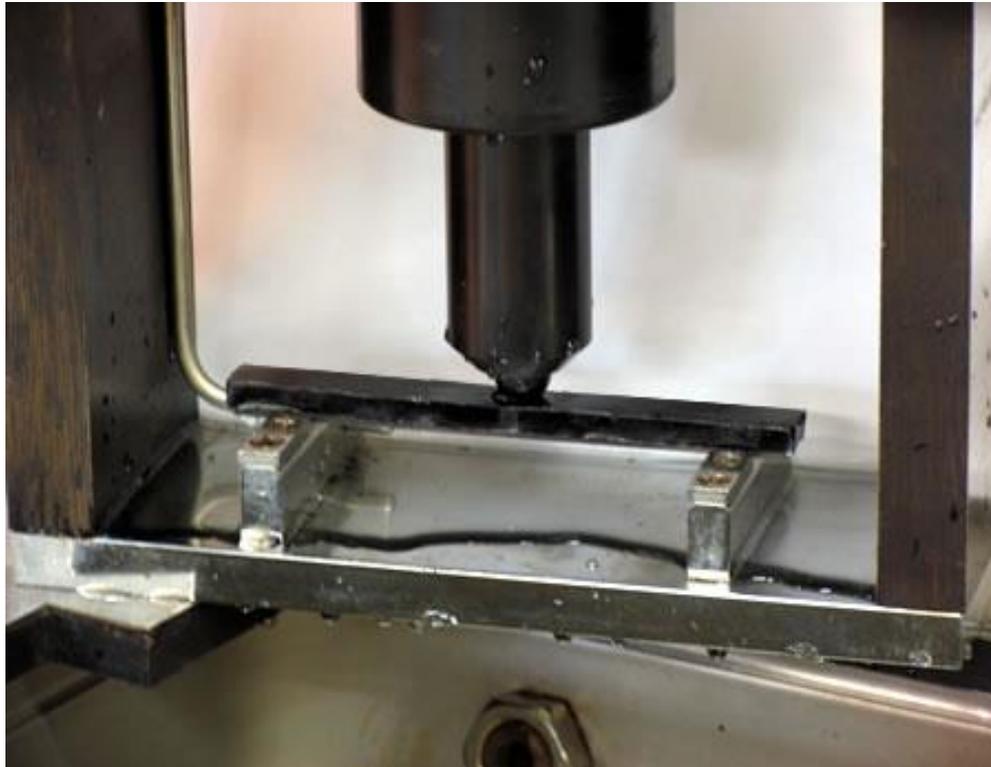
Rückgewinnung (%): Ein Maß für die zurückgewonnene Dehnung im Verhältnis zu der nach einem Zyklus erreichten Gesamtdéhnung.

- Der Test wird mit dem ursprünglichen Bitumen und mit dem Bitumen, das dem RTFOT unterzogen wurde, durchgeführt.
- Norm EN 16659 MSCR (Multiple Stress Creep and Recovery)

## Verkehrsverhalten

- **Temperatur S**  $J_{nr3,2}$  max 4 KPa<sup>-1</sup>
- **Temperatur H**  $J_{nr3,2}$  max 2 KPa<sup>-1</sup>
- **Temperatur V**  $J_{nr3,2}$  max 1 KPa<sup>-1</sup>
- **Temperatur E**  $J_{nr3,2}$  max 0,5 KPa<sup>-1</sup>

## Der BBR-Test (Bending Beam Rheometer EN 14771)



- Das Verhalten des Bindemittels bei niedrigen Temperaturen wird anhand der rheologischen Eigenschaften  $S=300$  MPa (Steifigkeitsmodul) und  $m>0,3$  (Relaxationsgeschwindigkeit) an einer Probe sehr gealterten Bitumens bewertet.
- Die Alterung besteht darin, dass eine dünne Bitumenschicht, die zuvor durch RTFOT (EN 12607-1) gealtert wurde, einer Temperatureinwirkung ( $100\text{ °C}$ ) und einem hohen Druck ( $2,1$  MPa) über einen Zeitraum von insgesamt 20 Stunden gemäß EN 14769 (PAV) ausgesetzt wird.
- Die Prüfung basiert auf der Anwendung einer konstanten Last auf einen Probestab während einer bestimmten Zeit und der Messung der Durchbiegung in der Mitte.
- Eine konstante Standardlast von  $980 \pm 50$  mN wird 240 Sekunden lang aufgebracht, wobei die Veränderung des Wertes der Durchbiegung (Dehnung) aufgezeichnet wird, die während der Prüfung zunimmt..

# Leistungskennwerte



Bitumen	Penetration	R&B	T <sup>a</sup> DSR (2,2 kPa)	BBR (S max 300 and m>0,300)
15/25	21	61	81	-16
35/50	39	54	74	-20
50/70	53	50	71	-22
70/100	73	47	66	-26
160/220	162	40	56	-32

Bitumen	Penetration	R&B	Kraft-Duktilität	% Rekuperation	MSCR J <sub>nr3,2</sub> (KPa <sup>-1</sup> )	T <sup>a</sup> DSR (2,2 kPa)	BBR (S max 300 und m>0,300)
PMB 10/40-70	32	81,5	3,3 at 15°C	84,9	0,06	83	-14
PMB 45/80-65	45,6	73	7,6 at 5 °C	98	0,09	75	-24
PMB 45/80-75	45	76	10 at 5°C	99,1	0,04	78	-28
PMB 45/80-65 BT	46	81	7,3 at 5 °C	90,7	0,01	84	-28

# Bewertung der Leistungsmerkmale



## Permanente Verformung

Methode: MSCRT  
EN16659  
STA-Bindemittel  
Temperatur: 40-80°C

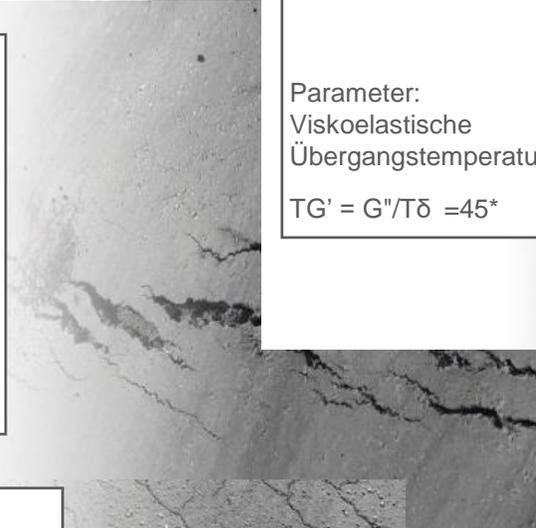
Parameter:  
Nicht wiederherstellbare  
Übereinstimmung Jnr  
% Wiederherstellung  
3,2kPa Spannung



## Thermische Rissbildung

Methode: BBR EN 14771  
LTA-Bindemittel  
Temperatur: <0°C

Parameter  
TS=300MPa  
Tm=0,3  
 $\Delta TC (Ts-Tm)$



## Ermüdungsbedingte Rissbildung

Methode: DSR EN 14771  
LTA Bindemittel  
Temperatur: N/A

Parameter:  
Viskoelastische  
Übergangstemperatur (VETT)

$TG' = G''/T\delta = 45^*$



## Reißfestigkeit

Methode: Kraft Duktilität EN 13589  
LTA-Bindemittel Temperatur: 15/25°C"

Parameter:  
Kohäsionsenergie  
Bruchdehnung

Modifikation zur Berücksichtigung der  
gesamten Kurve

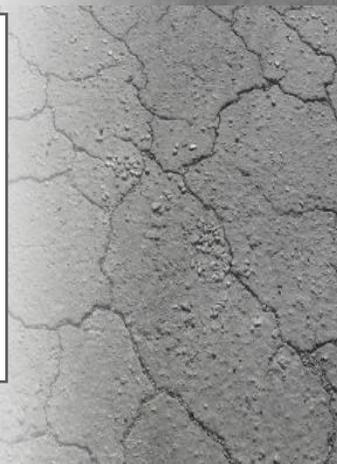
\* muss noch bestätigt werden



## Dauerhaftigkeit

Methode: DSR EN 14770  
STA & LTA-Bindemittel  
Temperatur: N/A

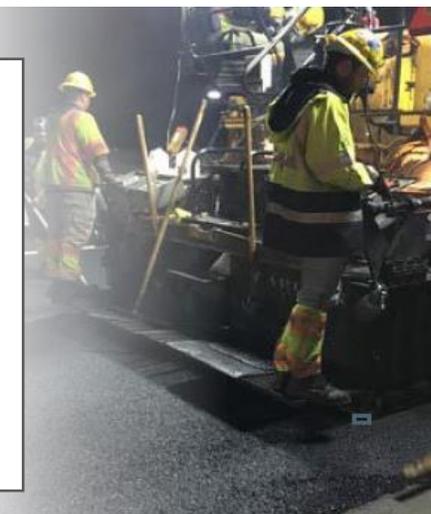
Parameter:  
T1-T 4  
G&  $\delta$



## Handhabung

Methode: Dynamische Viskosität  
EN 13302  
Ungealtertes Bindemittel  
Temperatur: N/A

Parameter:  
Mischen:  $T\eta = 0,2Pa.s$  Einbau:  
To  $\eta = 2Pa.s$  Verdichtung To  $\eta =$   
2-20Pa.s  
Anpassung für WMA,  
viskositätsreduzierte Bindemittel



# Wie wirken sich die neuen Bitumenanforderungen auf Gussasphalt aus?



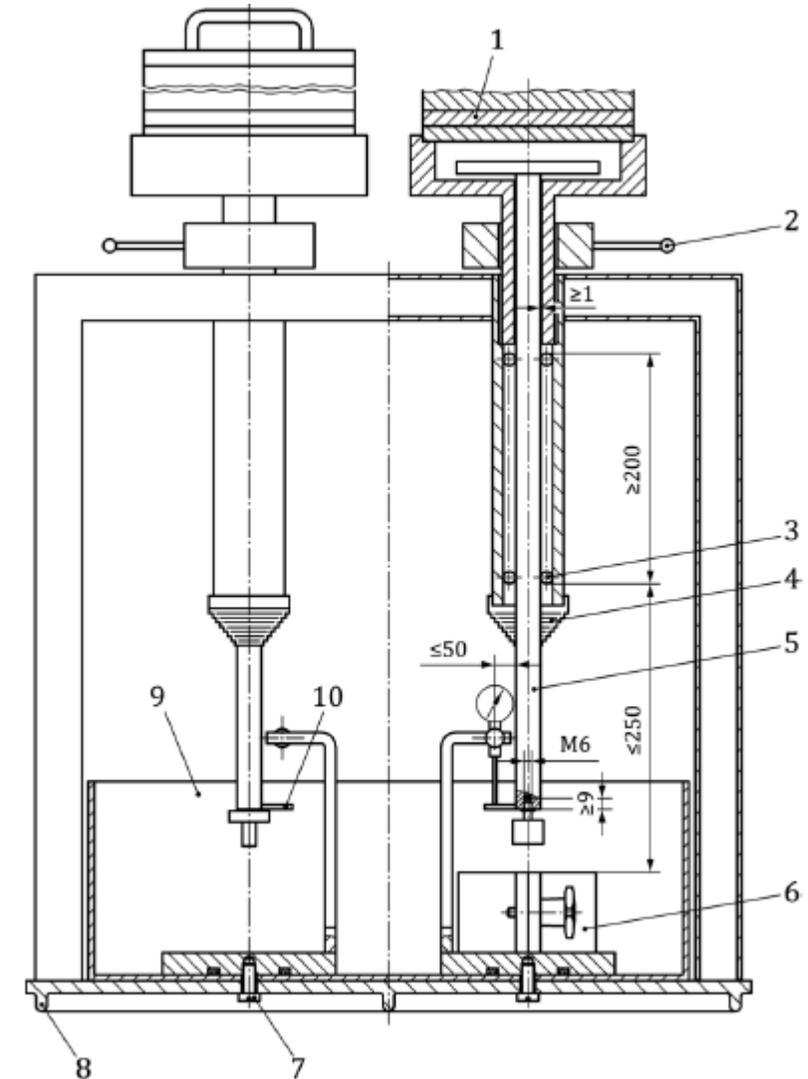
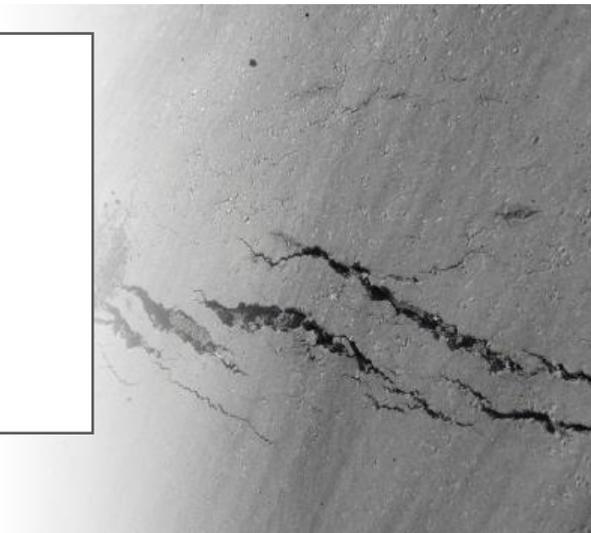
## Liefert Informationen über:

- Bindemittelbeständigkeit bei unterschiedlichen Temperaturen
- Das Leistungsverhalten von Bitumen
- Um die Korrelation der Leistungsmerkmale mit den Leistungsanforderungen von Gussasphalt beurteilen zu können (Eindrückmethode)
- Möglichen Mängeln wird vorgebeugt

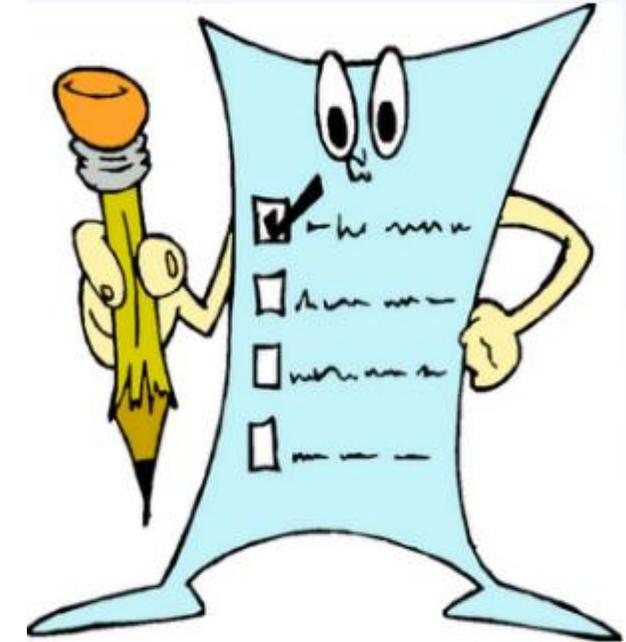
Thermische Rissbildung

Methode: BBR EN 14771  
LTA-Bindemittel  
Temperatur:  $<0^{\circ}\text{C}$

Parameter  
TS=300MPa  
Tm=0,3  
 $\Delta\text{TC} (\text{Ts}-\text{Tm})$



- Gutes Material im Vergleich zur Haltbarkeit
- Es ist wichtig, dass Hochleistungsbitumen verfügbar sind (z. B. polymermodifizierte Bitumen)
- Möglichkeit von Umweltvorteilen durch niedrigere Verarbeitungstemperaturen (Niedertemperaturbitumen)
- Informationen über die Korrelation der Leistungsmerkmale von Bitumen mit der Leistung von Gussasphalt (rheologische Tests vs. Eindringtests)



# Conclusions



*Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit*