

**AIA  
IMAA  
IGV**



**ASSOCIATION INTERNATIONALE DE L'ASPHALTE AIA  
INTERNATIONAL MASTIC ASPHALT ASSOCIATION IMAA  
INTERNATIONALE GUSSASPHALT-VEREINIGUNG IGV  
SEILERSTR. 22 BOX 5853 CH 3001 BERN  
PHONE +41 (0)31 310 20 32 FAX +41 (0)31 310 20 35  
INFO@MASTIC-ASPHALT.EU WWW.MASTIC-ASPHALT.EU**

# IMAA Annual meeting 2022, Zurich

## Wie geht's dem Bitumen im Asphaltkocher?

Dr. Christian Angst

IMP Bautest AG - Switzerland

# Inhalt

1. Theorie der Bitumenalterung
2. Interaktion Bitumen / Gestein
3. Herstellung und Transport von MA
4. Fazit

# Theorie

Wie geht's dem Bitumen im Gussasphalt (MA)-Kocher?

## **Schnell-Schuss-Antwort**

MA ist im Kocher in einem geschlossenen System ohne Luft/Sauerstoff-Zutritt → was soll da schon passieren?

Eine etwas fundiertere Antwort ist Gegenstand des Vortrags...

# Theorie der Bitumenalterung

Die Geschwindigkeit chemischer Prozesse verdoppelt sich bei einer Temperatur-Zunahme um 10 °C. d. h.:

von 25 °C auf 35 °C	→	2 x schneller
von 25 °C auf 45 °C	→	4 x schneller
von 25 °C auf 55 °C	→	8 x schneller
von 25 °C auf 195 °C	→	$2^{17} = 131'072$ x schneller

**→ chemische Prozesse verlaufen im Kocher 130'000 x schneller als bei Raumtemperatur!!!**

# Theorie der Bitumenalterung

**Grundsätzlich führen verschiedene Prozesse zur Alterung:**

- Oxydation
- Destillative Alterung
- Strukturalterung
- Bei PmB: Veränderungen der Polymere

# Theorie der Bitumenalterung

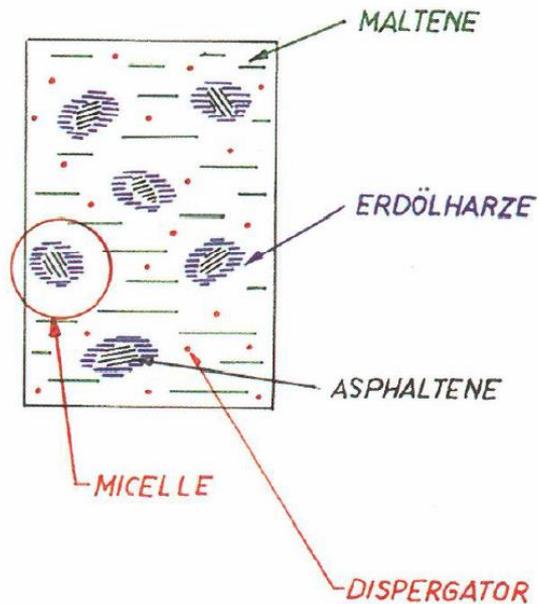
## Oxydative Alterung

- Analog dem «Rosten von Eisen» werden  $O_2$ –Moleküle in das Bitumen gebunden
- $O_2$ –Moleküle docken bei den Asphalteneen an, sodass diese zunehmen

Quelle Zirkler, 2001

# Theorie der Bitumenalterung

## Bitumen als kolloidales System



### Asphaltene

harte Bestandteile

### Maltenphase

ölig, geschmeidig

Quelle Zirkler, 2001

# Theorie der Bitumenalterung

## Oxydative Alterung

- Asphaltene sind die harten Bestandteile im Bitumen  
→ Zunahme der Asphaltene = Zunahme der Viskosität
- Die oxydative Alterung findet sowohl während der Verarbeitung (hohe Temperaturen) als auch während der Nutzungsdauer von Asphalt statt... aber es braucht Luft  
  
→ grosser Vorteil von MA (im Unterschied zu AC):  
keine Poren = «keine» Alterung in der Nutzungsdauer

# Theorie der Bitumenalterung

## Destillative Alterung

- Verdampfen der leichtflüchtigen Bestandteile / Öle des Bitumens
- Destillative Alterung findet nur bei hohen Temperaturen statt
- Sonderfall MA: bei langen Kochzeiten absorbieren Gesteinskörnungen leichtflüchtige Bestandteile

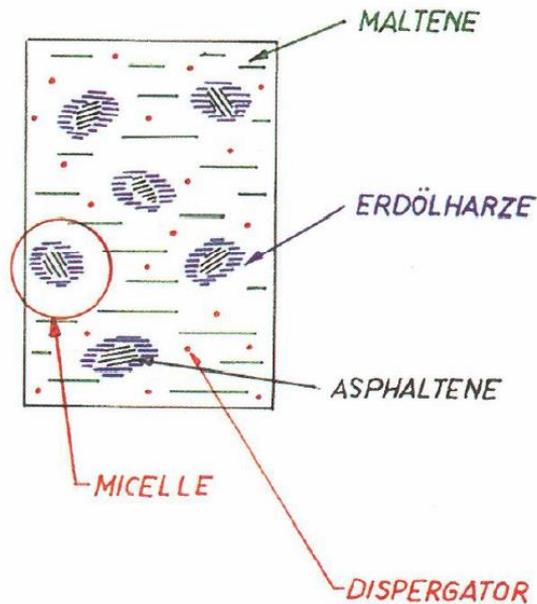
# Theorie der Bitumenalterung

## Strukturalterung

- Im frischen Bitumen herrscht ein thermodynamisches Ungleichgewicht zwischen polaren und nicht polaren Anteilen
- Im Verlaufe der Nutzungsdauer gleicht sich dieses Ungleichgewicht aus -> polare Anteile klumpen zu Asphalteneen -> Verhärtung

# Theorie der Bitumenalterung

## Bitumen als kolloidales System



### Asphaltene

harte Bestandteile

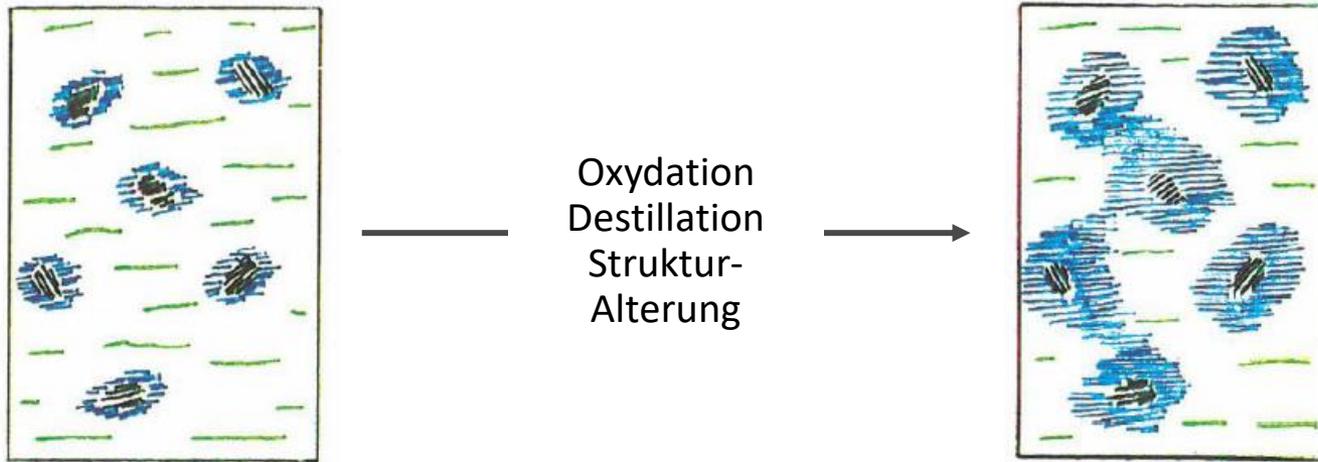
### Maltenphase

ölig, geschmeidig

Quelle Zirkler, 2001

# Theorie der Bitumenalterung

## Zunahme der Asphaltene

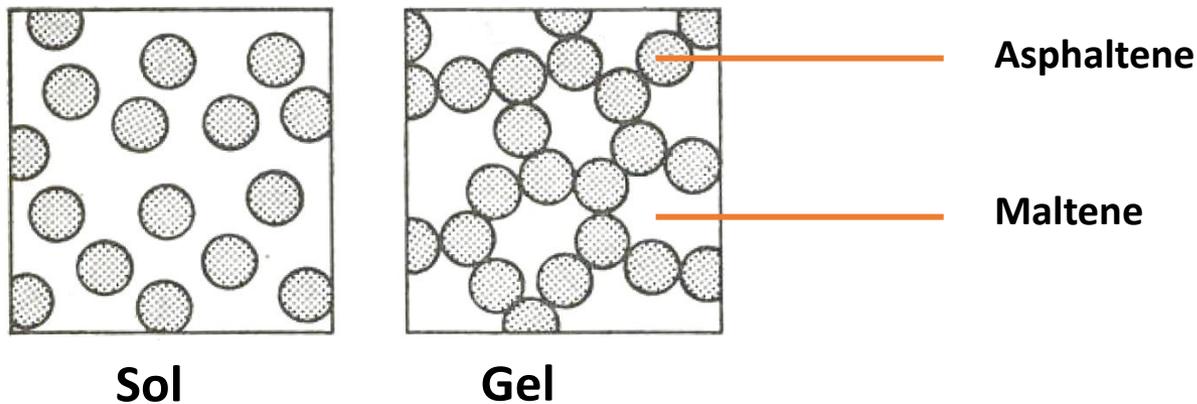


Quelle Zirkler, 2001

# Theorie der Bitumenalterung

Verschiedene Prozesse führen zu einer Zunahme der Asphaltene  
→ mehr harte Bestandteile → Versprödung

Übergang vom Sol-Typ zum Gel-Typ durch Oxydation



Quelle Holl, 1971

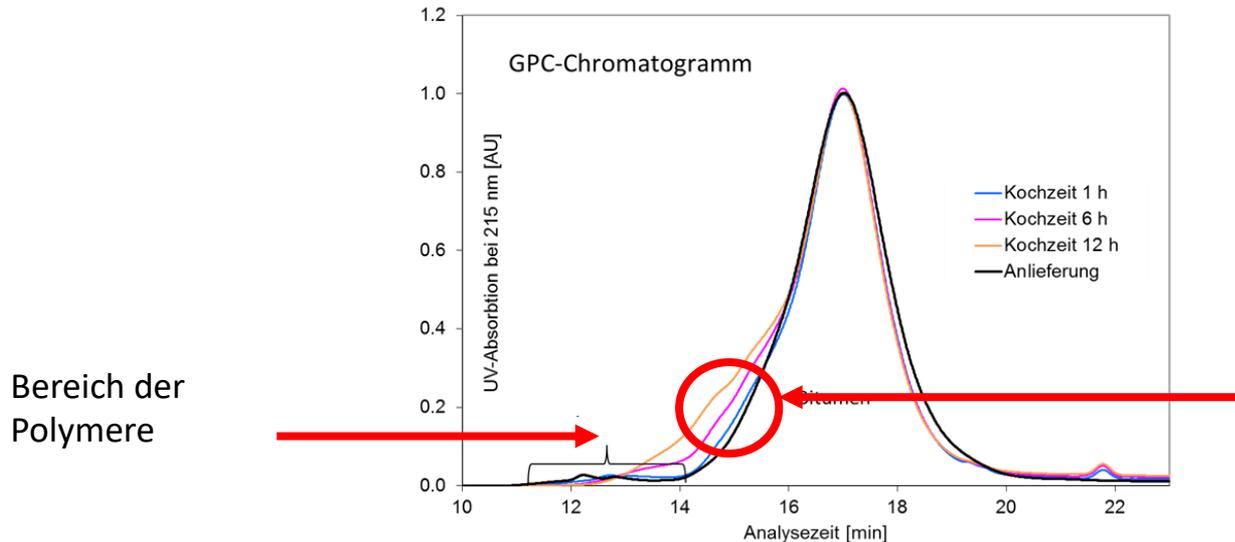


# Theorie der Bitumenalterung

## Polymermodifizierte Bitumen

Verkürzung der langkettigen Moleküle

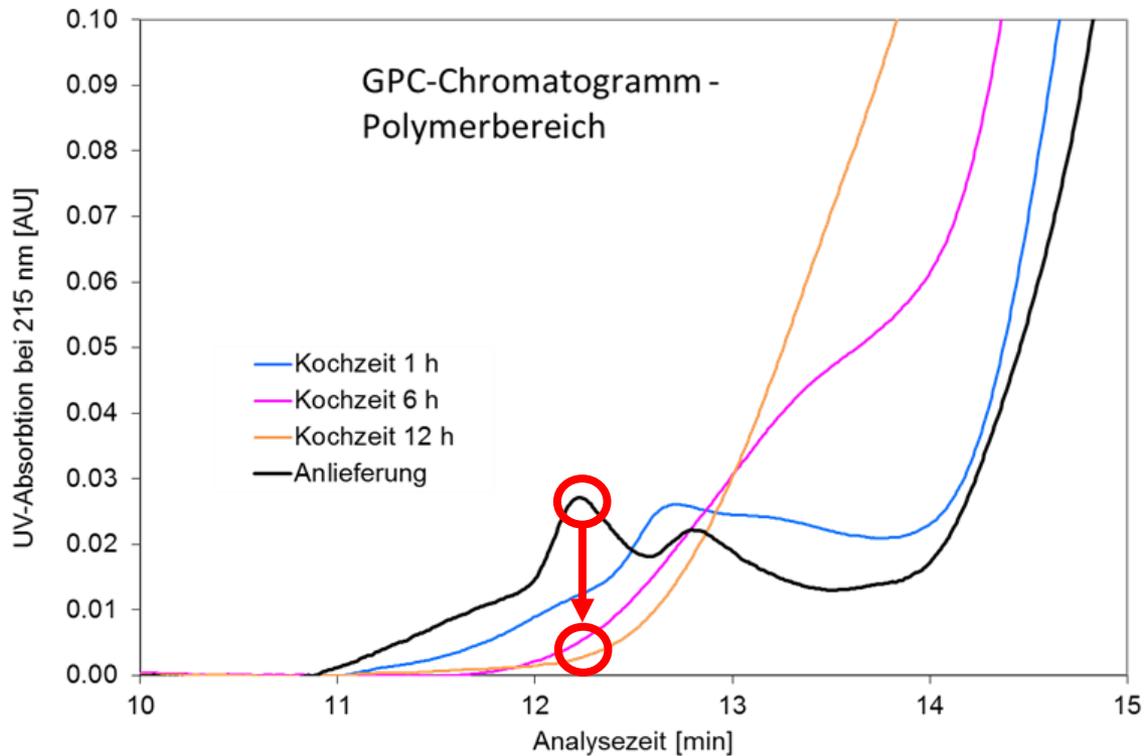
→ Verlust der elastischen Eigenschaften



Zunahme der grösseren Moleküle = Asphaltene = Alterung

Quelle Hugener, Angst, 2013

# Theorie der Bitumenalterung



Abbau der Polymere nach 6 Stunden Kochzeit (bei 220°C)

Quelle Hugener, Angst, 2013

# Theorie der Bitumenalterung

## Zusammenfassung der Theorie

- Alterung geschieht beim MA während der Verarbeitung (hohe Temperatur) → Kochdauer spielt eine Rolle
- Verschiedene chemische Prozesse überlagern sich

# Interaktion Bitumen / Gestein

**Fokus auf eine einzelne Frage der Labor-Untersuchungen:**

löslicher / unlöslicher Bitumengehalt

In der Regel interessiert diese Frage niemanden, doch im Zusammenhang mit dem Thema ist sie nicht unwesentlich.

# Interaktion Bitumen / Gestein

EUROPÄISCHE NORM	<b>EN 12591</b>
EUROPEAN STANDARD	
NORME EUROPÉENNE	April 2009
<hr/>	
ICS 93.080.20; 91.100.50	Ersatz für EN 12591:1999
Deutsche Fassung	
<b>Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - Anforderungen an Straßenbaubitumen</b>	
Bitumen and bituminous binders - Specifications for paving grade bitumens	Bitumes et liants bitumineux - Spécifications des bitumes routiers

Löslichkeit des Bitumen  $\geq 99.0 \%$

→ unlöslicher Anteil im Bitumen  $< 1 \%$

# Interaktion Bitumen / Gestein

## Gerechneter unlöslicher Bitumengehalt

Anteil unlösliches im Bitumen	< 1 %
Bitumengehalt im MA	7 %
Anteil unlösliches: < 1 % von 7 % →	< 0.07 %

Erfahrungswerte für unlöslichen Anteil 3 bis 4 x grösser.  
Stimmt da was nicht??

# Interaktion Bitumen / Gestein

Die zurückgezogene DIN 1996-6 enthielt eine Formel zur Schätzung des unlöslichen Anteils:

**Unlöslicher Bindemittelgehalt = 0.013 x Füllergehalt + 0.1**

Auch wenn diese Formel umstritten war, sie weist auf die Antwort hin:

Die Oberfläche der Gesteinskörnungen spielt eine Rolle!

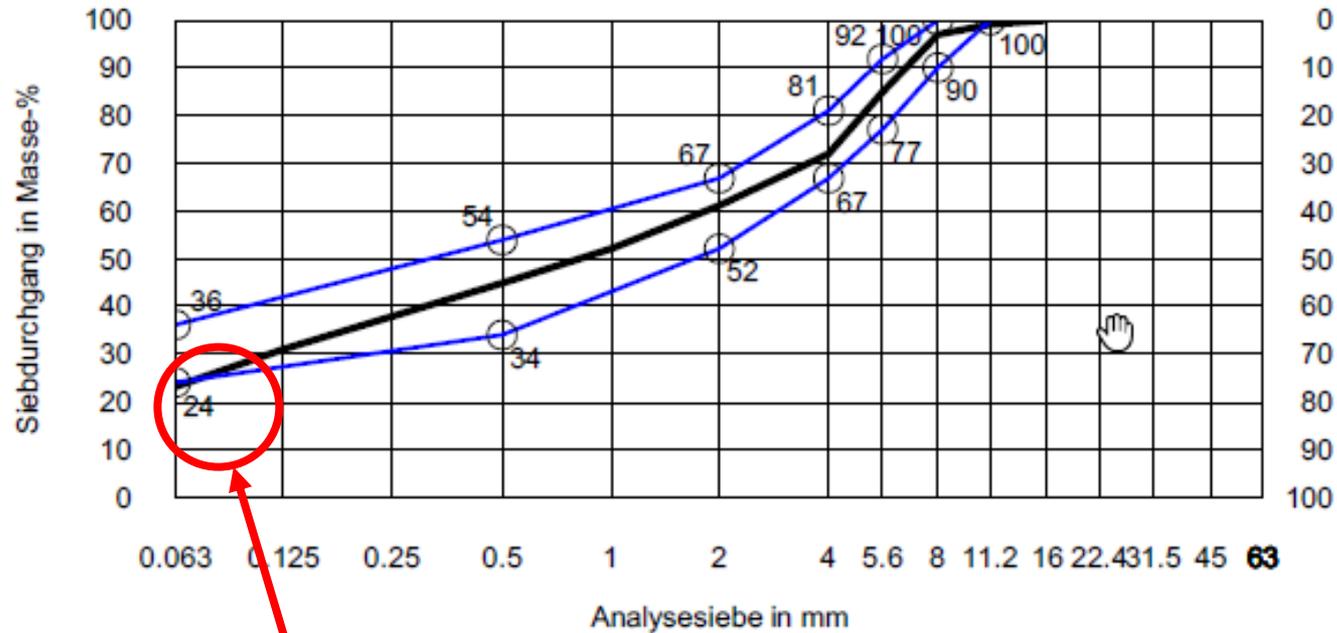
# Interaktion Bitumen / Gestein

## **Wie gross ist die Oberfläche des Füllers im MA?**

Vorgehen zur Schätzung der spezifischen Oberflächen der einzelnen Korn-Fractionen

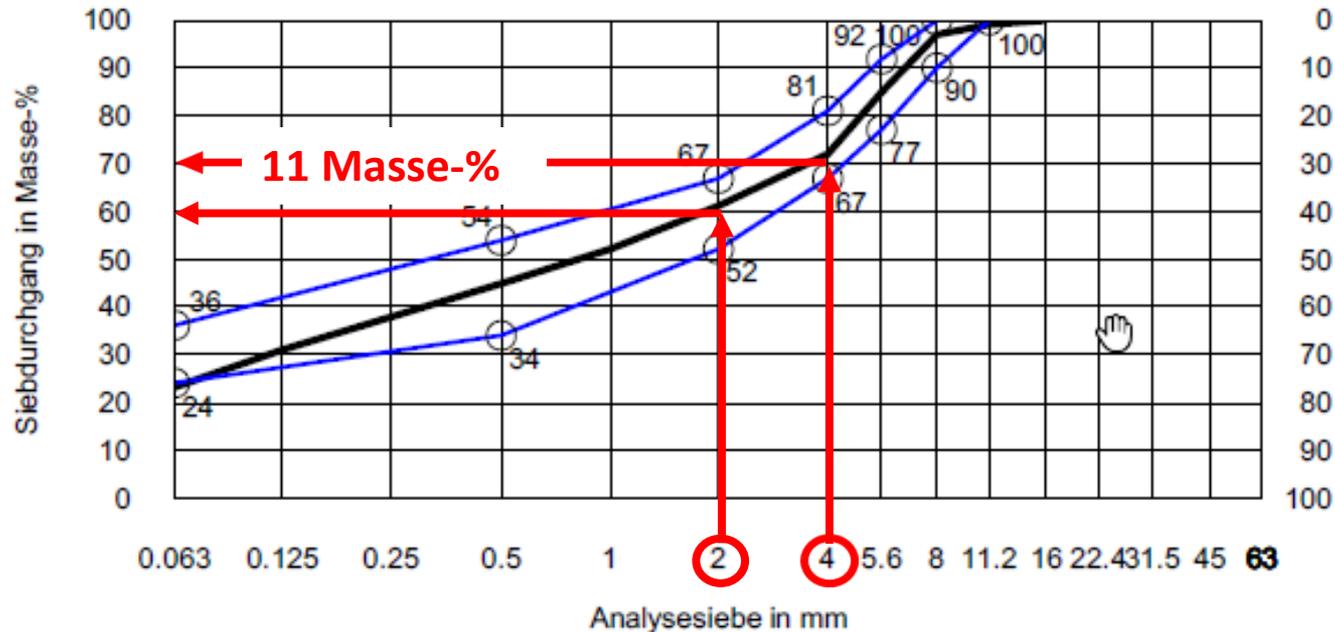
# Interaktion Bitumen / Gestein

## Korngrößenverteilung eines MA 8 in Masse-%



Bewusst sehr tiefen  
Füllergehalt gewählt

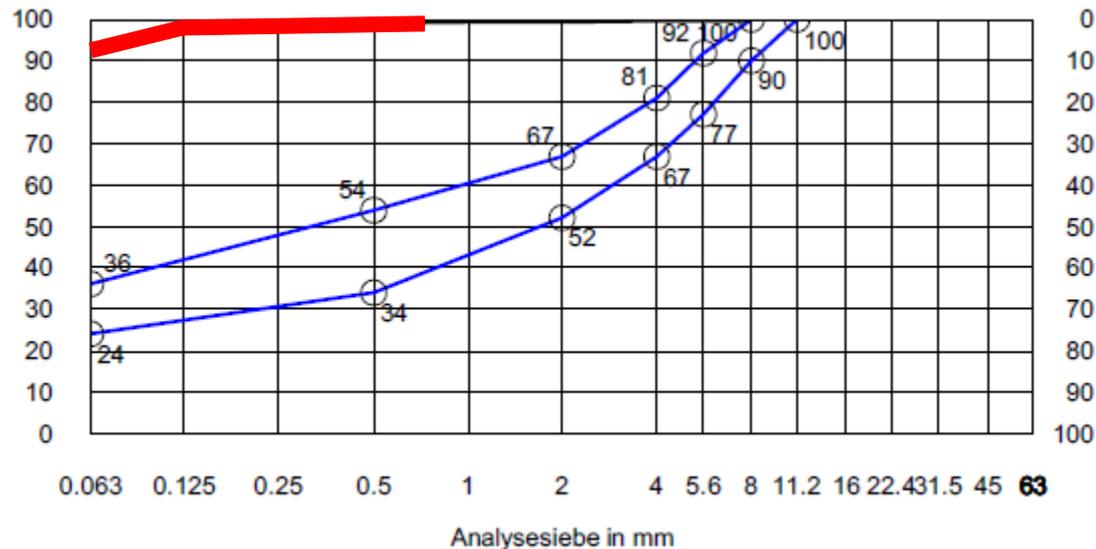
# Interaktion Bitumen / Gestein



- 11 Masse-% bestehend aus Kugeln mit  $\phi$  3 mm  $\rightarrow$  **Anzahl** Kugeln 2/4 berechnen
- Oberfläche **einer** Kugel  $OF = 4 \times \pi \times r^2$
- $\rightarrow$  Oberfläche **aller** Kugeln der Fraktion 2/4

# Interaktion Bitumen / Gestein

- Oberfläche der Kugeln jeder einzelnen Fraktion berechnet
- Summenkurve der Oberflächen erstellt



93 % der  
Gesteinsoberfläche  
eines MA 8 liegen  
im Füller !!

# Interaktion Bitumen / Gestein

- Dass Gesteinskörnungen Flüssigkeiten aufsaugen ist nichts neues
- In der Betontechnologie wird das Wasseraufnahmevermögen der Gesteinskörnungen bestimmt und beim Rezept berücksichtigt (Erfahrungswert ca. 1 Masse-%)
- Passiert dies auch beim zähviskosen Bitumen?

# Interaktion Bitumen / Gestein

## Voraussetzungen zur Bitumenabsorption durch Gesteinskörner

- Hohe Temperatur (Bitumen dünnflüssig)
- Grosse Zeiträume

→ genau wie im MA-Kocher!!

# Interaktion Bitumen / Gestein

**Bitumenabsorption durch Gesteinskörner, einige Beispiele:**



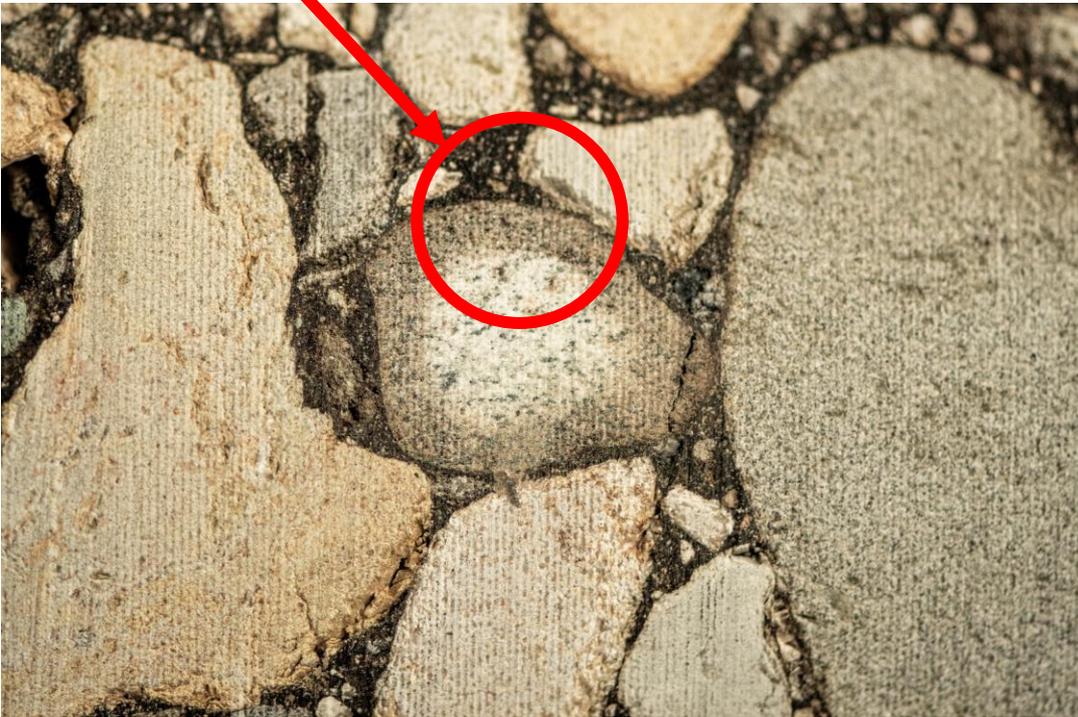
# Interaktion Bitumen / Gestein

**Bitumenabsorption durch Gesteinskörner, einige Beispiele:**



# Interaktion Bitumen / Gestein

**Bitumenabsorption durch Gesteinskörner, einige Beispiele:**



# Interaktion Bitumen / Gestein

## **Bitumenabsorption durch Gesteinskörner**

Nur leichtflüchtige Bestandteile werden aufgesogen

→ Verhärtung des Bitumens

# Interaktion Bitumen / Gestein

## Zusammenfassung

- Interaktion Bitumen / Gestein zu  $> 90\%$  via Füller
- Gesteinskörner können leichte Anteile des Bitumen aufsaugen

# MA-Herstellung

**aus ZTV Asphalt-StB:**

maximale Verweildauer im Kocher:

12 Stunden bei Bitumen

8 Stunden bei PmB

# MA-Herstellung

## Hinweise aus der Praxis zur Sicherstellung der Verarbeitbarkeit

- bei mehr als 4 Stunden im Kocher  
→ Bitumen nachdosieren
  - zum Beispiel nach 8 Stunden 1.5 kg Bitumen pro t MA  
→ 1.5 kg pro Tonne → 0.15 % soll Verarbeitbarkeit verändern?
- Hölmeopathie, Hokusfokus ??

# MA-Herstellung

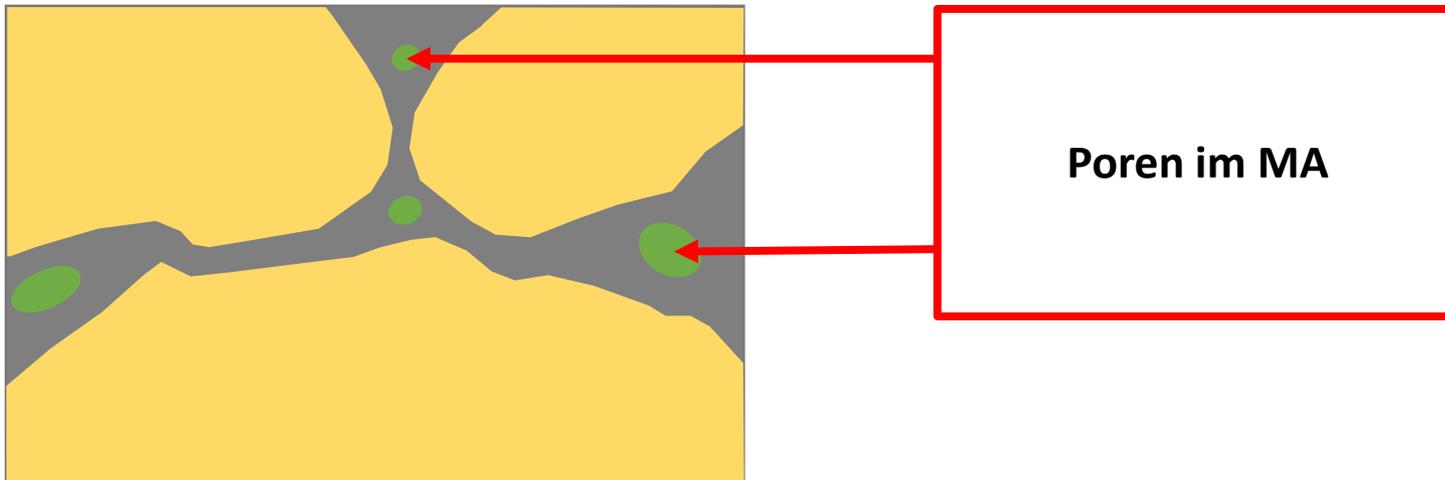
**0.15 % Bitumen-Nachdosierung beeinflusst die  
Verarbeitbarkeit tatsächlich markant, denn**

der Temperatur-Ausdehnungskoeffizient von Bitumen ist  
20 x grösser als derjenige des Gesteins

Was bedeutet das?

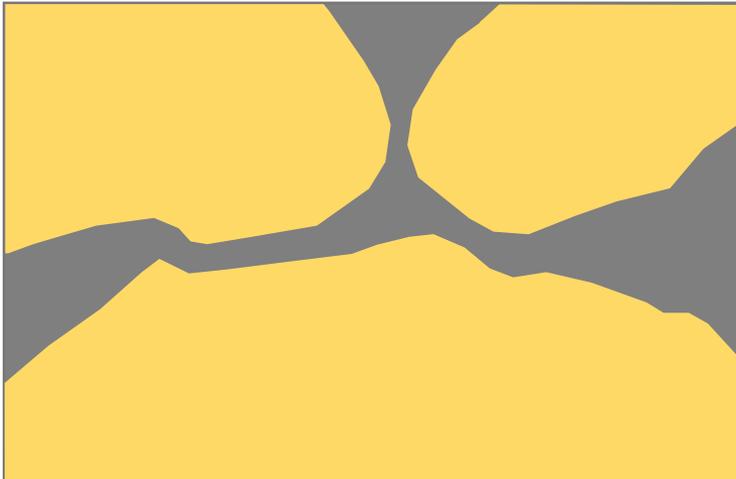
# MA-Herstellung

## MA bei Raumtemperatur



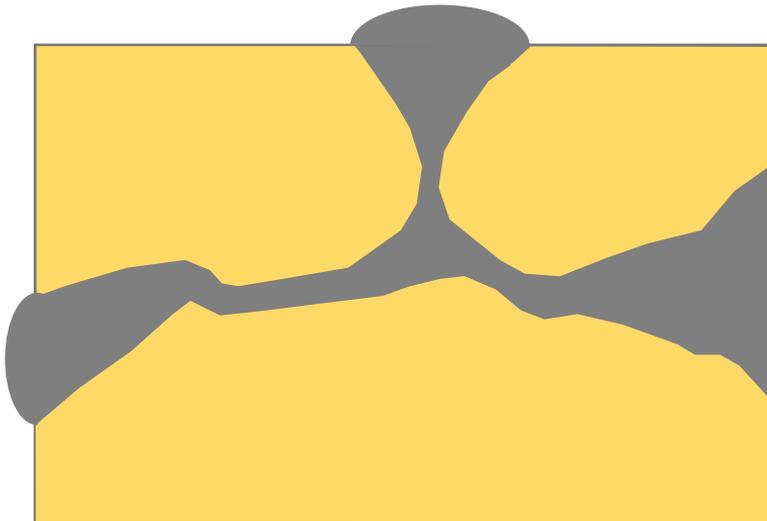
# MA-Herstellung

**MA bei 120 °C**



# MA-Herstellung

**MA bei 200°C**



**Bitumen-Überschuss  
→ Verarbeitbarkeit**

# MA-Herstellung

## Bitumen-Überschuss nachgerechnet:

Temperatur [ °C]	25	50	75	100	125	150	175	200	225
Hohlraum [Vol. -%]	1.2	0.9	0.6	0.3					
Bindemittel-Überschuss [Vol.-%]					0.1	0.4	0.7	1.1	1.4

**Nachdosierung von 0.15 Masse-% entspricht** ca. 0.3 Vol.-% Bitumen

- Bezogen auf den Bitumen-Überschuss entspricht dies **+ 25 °C MA-Temperatur**
- deutlich besser verarbeitbar!

# Fazit zur Frage «wie geht's dem Bitumen im MA-Kocher?»

- Alterung findet auch ohne Sauerstoff statt
- Bei PmB findet zusätzlich ein Abbau der Polymere statt
- Gesteinskörnungen nehmen Bitumen-Anteile auf
- Es gibt Möglichkeiten zur Korrektur der Alterungseffekte

## Geht's dem Bitumen gut?

Es ist wie im Leben:

«Es kommt darauf an»

# Herzlichen Dank

Dr. Christian Angst

IMP Bautest AG - Switzerland

# IMAA...

2000	LONDON	2010	STRATFORD-UPON-AVON
2001	SCHEVENINGEN	2011	AMSTERDAM
2002	ANTWERPEN	2012	GENT
2003	WIEN	2013	WIEN
2004	MARSEILLE (Russia entered)	2014	ST PETERSBURG (China entered)
2005	MILAN	2015	PARIS
2006	STOCKHOLM	2016	VERONA
<b>2007</b>	<b>POTSDAM</b>	2017	STOCKHOLM
2008	BILBAO	2018	CHONGQING
2009	BASEL	<b>2019</b>	<b>COLOGNE</b>