

**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

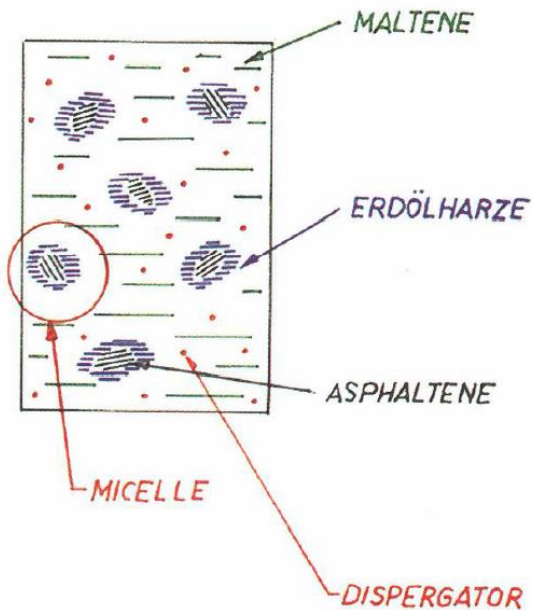
Oxydative Alterung

- 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

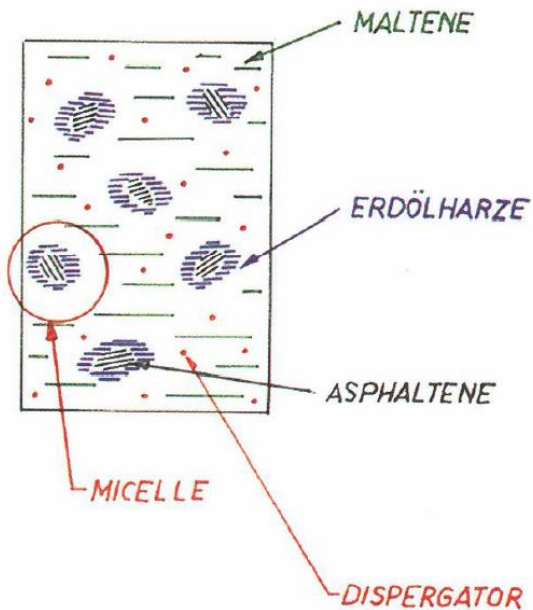
Theorie der Bitumenalterung

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

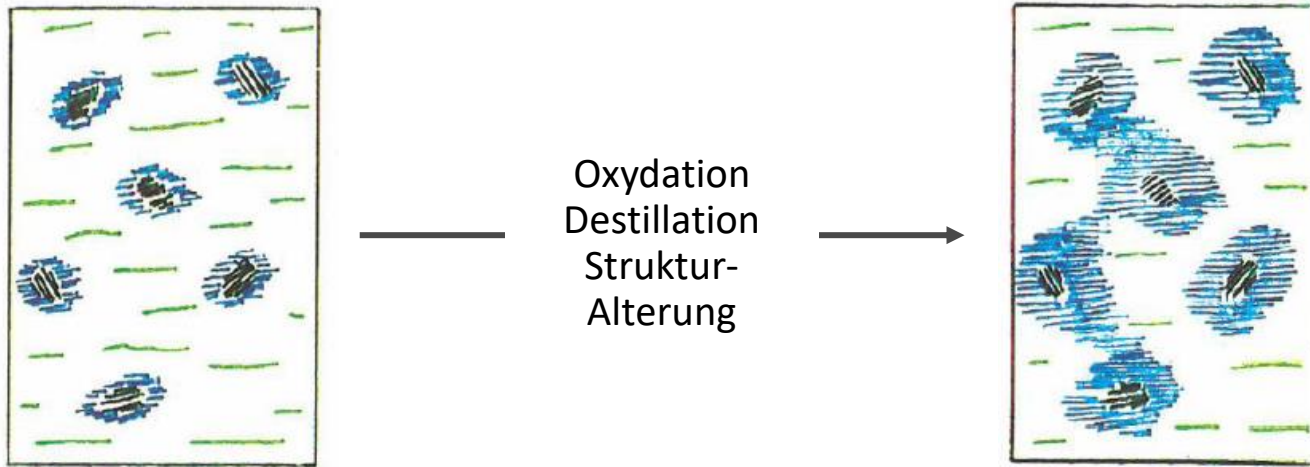
Maltenphase

ölig, geschmeidig

Quelle Zirkler, 2001

Theorie der Bitumenalterung

Zunahme der Asphaltene

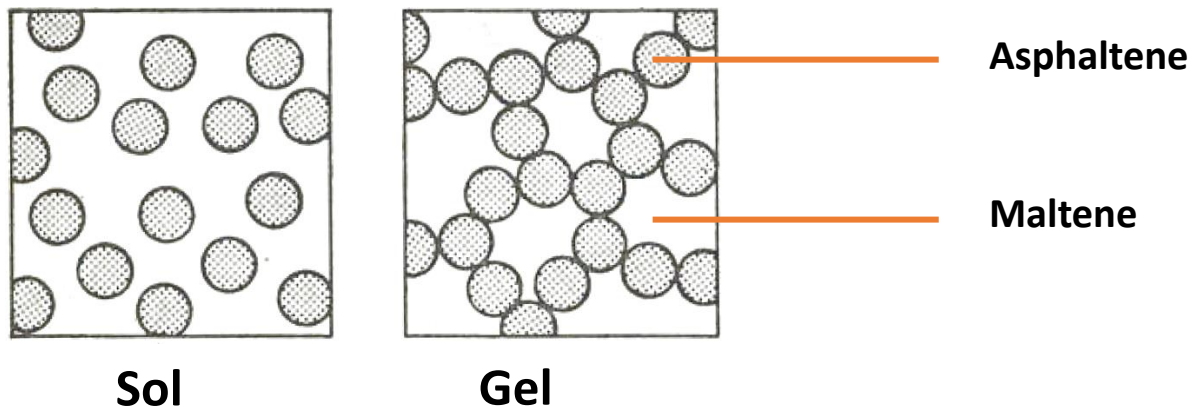


Quelle Zirkler, 2001

Theorie der Bitumenalterung

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

Übergang vom Sol-Typ zum Gel-Typ durch Oxydation



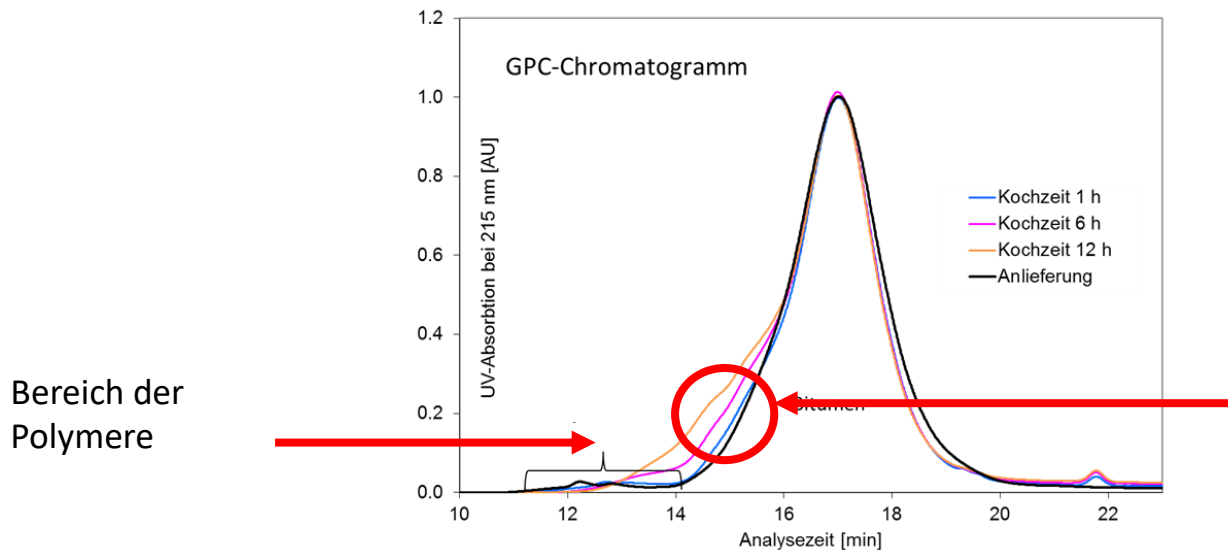
Quelle Holl, 1971



Theorie der Bitumenalterung

Polymermodifizierte Bitumen

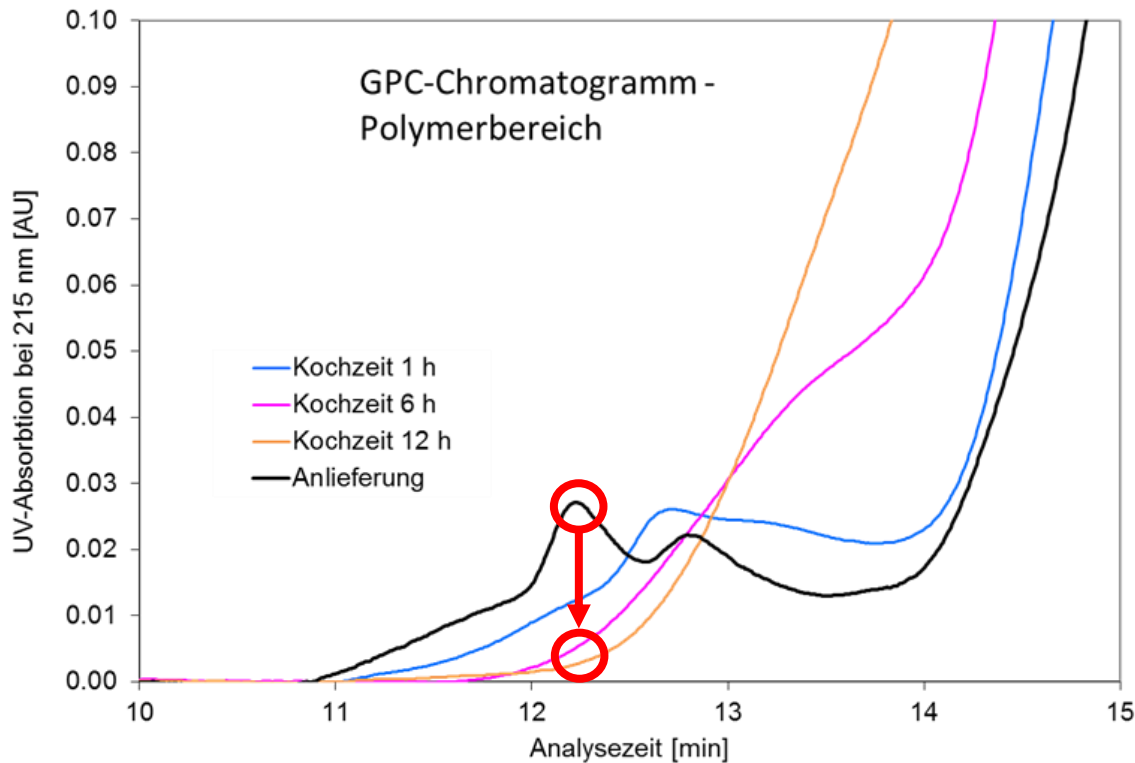
Verkürzung der langkettigen Moleküle
→ Verlust der elastischen Eigenschaften



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	EN 12591
EUROPEAN STANDARD	
NORME EUROPÉENNE	April 2009
<hr/>	
ICS 93.080.20; 91.100.50	Ersatz für EN 12591:1999
Deutsche Fassung	
Bitumen und bitumenhaltige Bindemittel - Anforderungen an Straßenbaubitumen	
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!

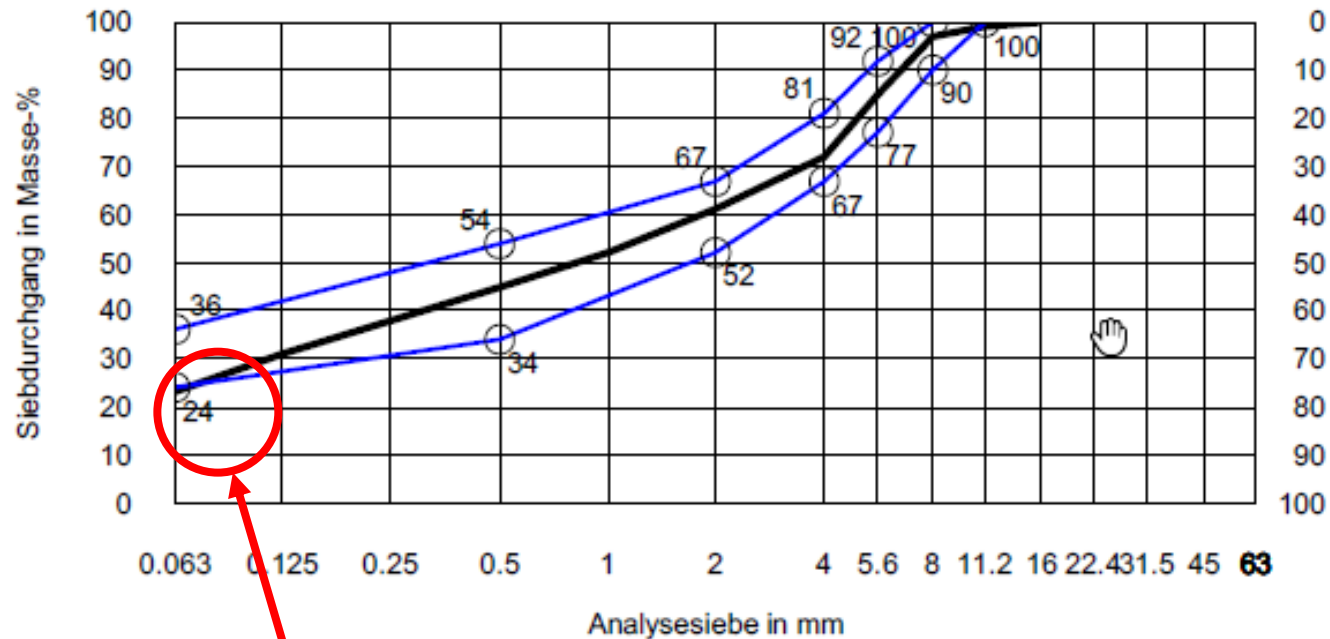
Interaktion Bitumen / Gestein

Wie gross ist die Oberfläche des Füllers im MA?

Vorgehen zur Schätzung der spezifischen Oberflächen der einzelnen Korn-Fractionen

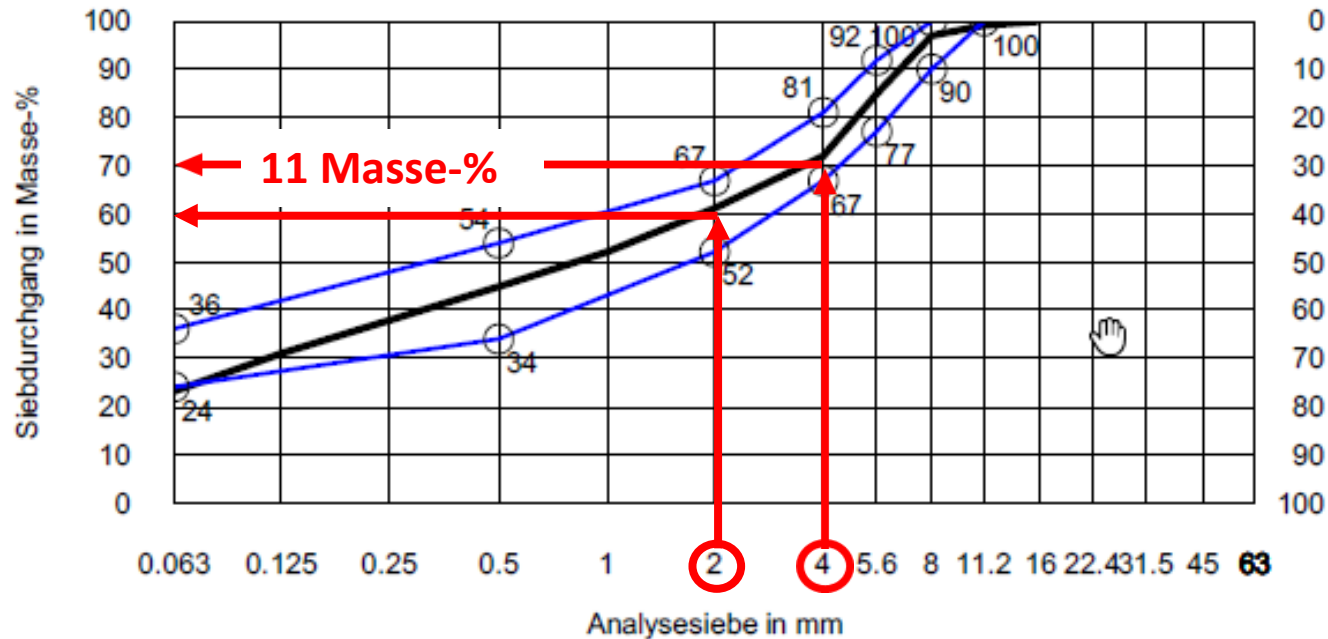
Interaktion Bitumen / Gestein

Korngrößenverteilung eines MA 8 in Masse-%



Bewusst sehr tiefen
Füllergehalt gewählt

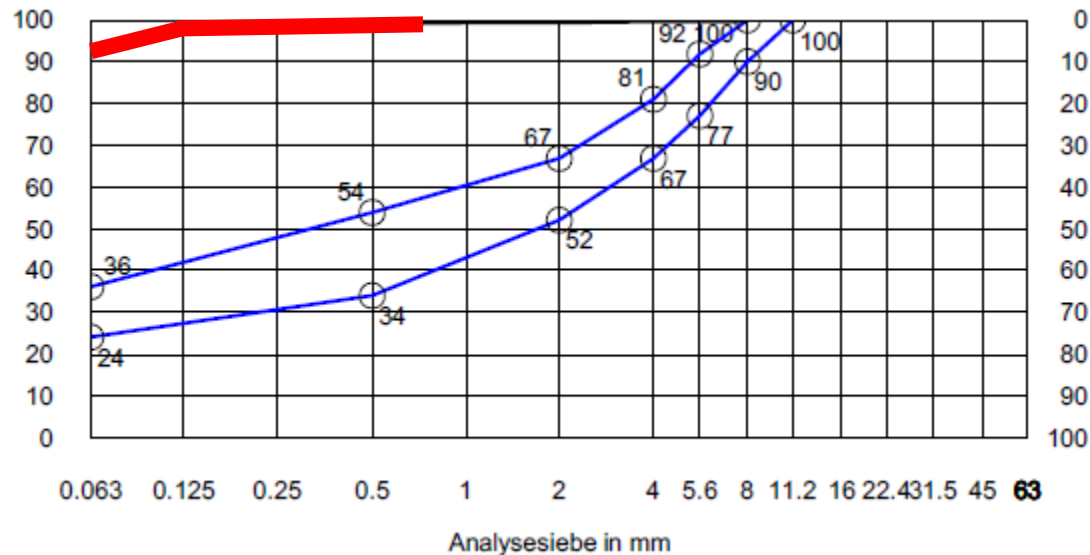
Interaktion Bitumen / Gestein



- 11 Masse-% bestehend aus Kugeln mit ϕ 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:



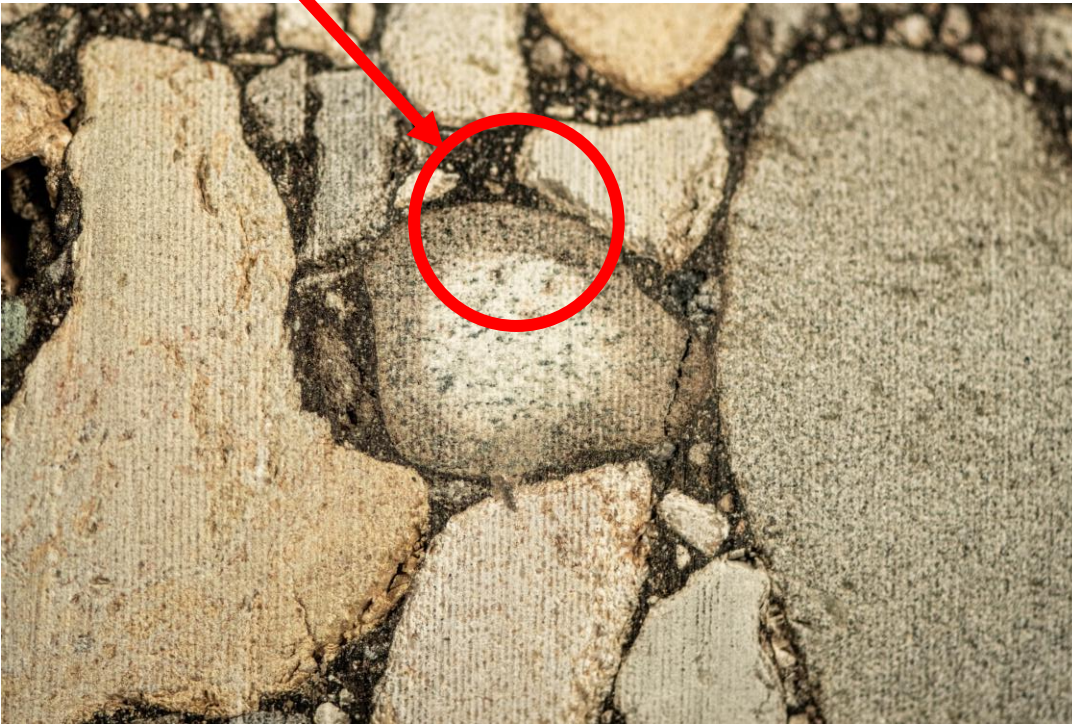
Interaktion Bitumen / Gestein

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?
- HÖmeopathie, Hokusfokus ??

MA-Herstellung

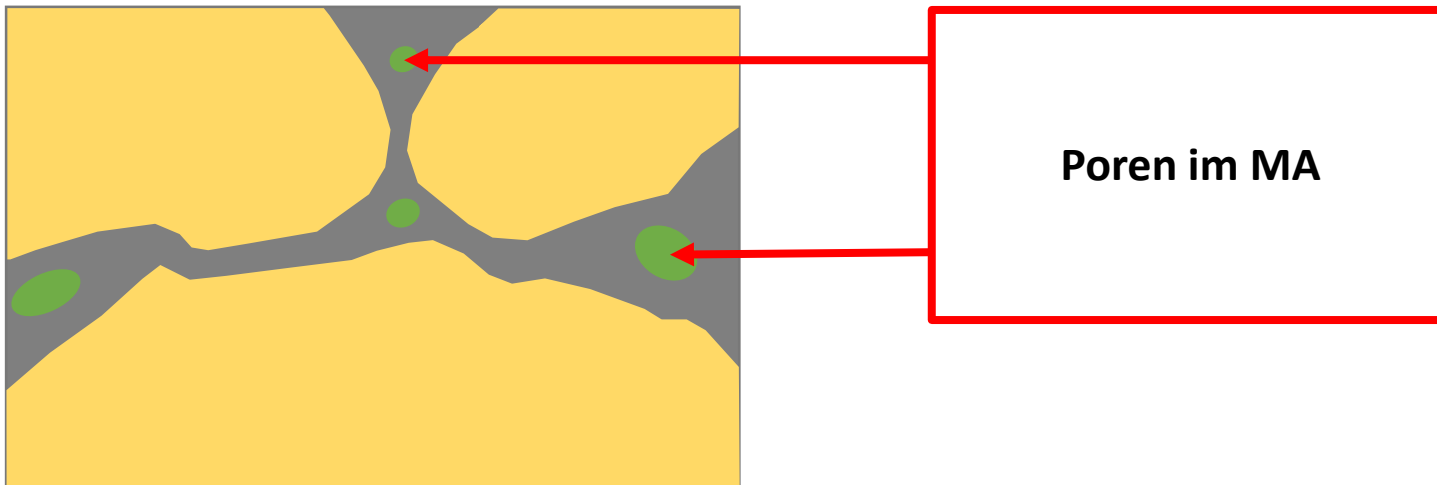
0.15 % Bitumen-Nachdosierung beeinflusst die Verarbeitbarkeit tatsächlich markant, denn

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

Was bedeutet das?

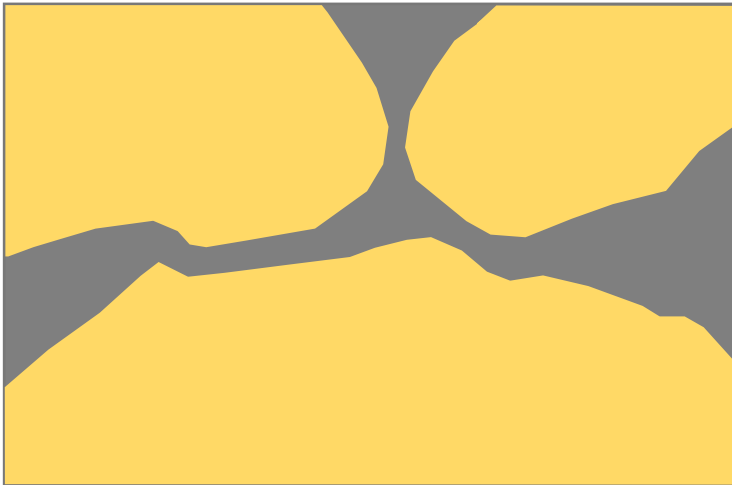
MA-Herstellung

MA bei Raumtemperatur



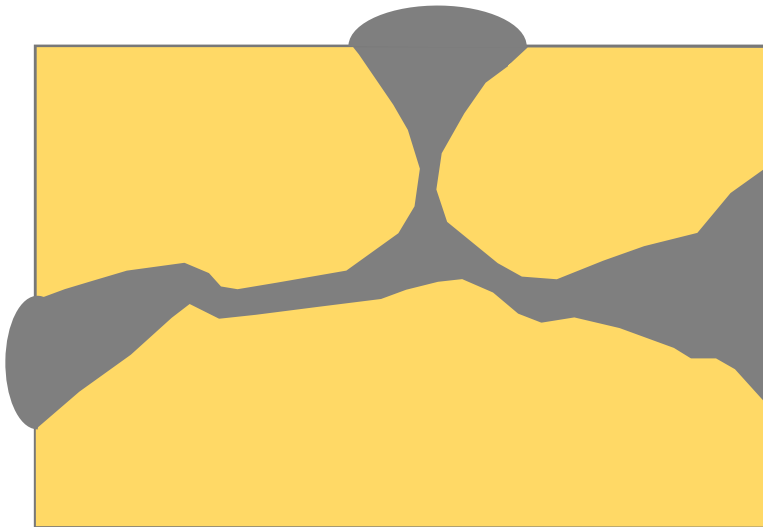
MA-Herstellung

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
2007	POTSDAM	2017	STOCKHOLM
2008	BILBAO	2018	CHONGQING
2009	BASEL	2019	COLOGNE