



LANXESS
Energizing Chemistry

asphalt 
SEMINAR

Oberflächenaktive Additive und ihre Funktionsweise

Dr. Thomas Klein

Willingen März 2026

Agenda

01. Was sind oberflächenaktive Additive

- Strukturprinzip
- Beispiele: Waschmittel, Schmierstoffadditive, und auch Asphalt!

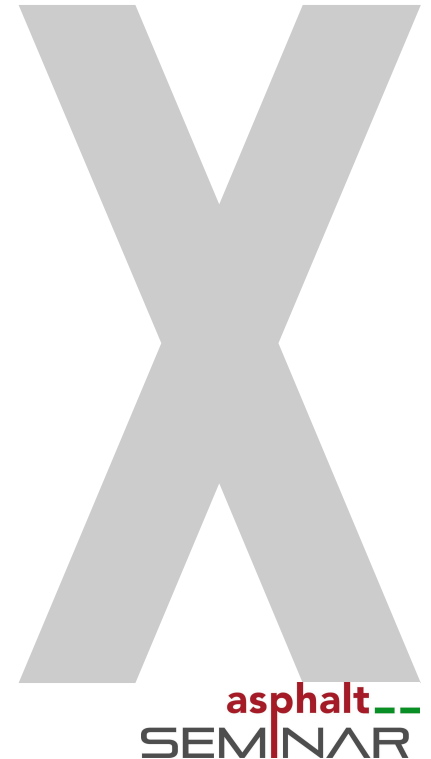
02. Analogie Schmierstoff – Bitumen

- Verdichten einer Asphaltmischung als tribologischer Vorgang
- Reibung

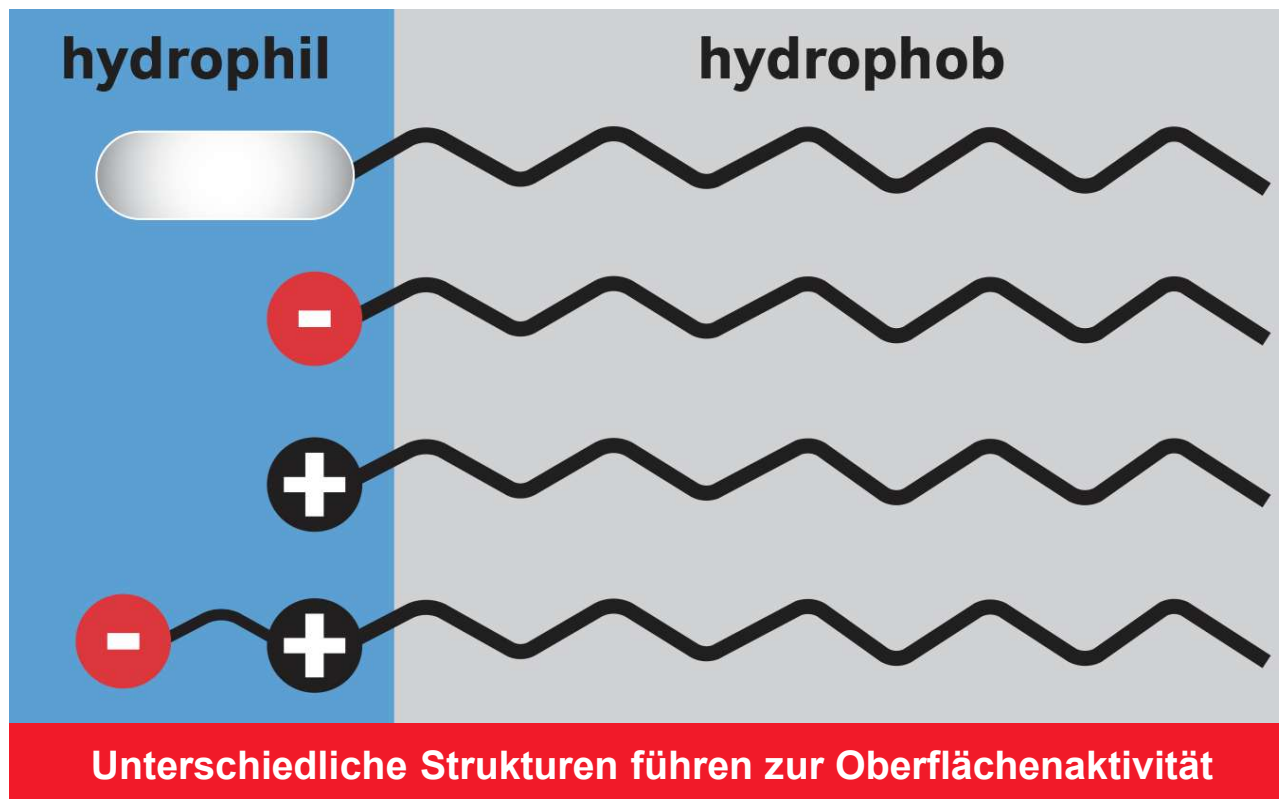
03. Oberflächenaktive Additive bei der temperaturabgesenkten Bauweise

- Reibungsminderung bei erniedrigter Temperatur
- Laborversuche mit dem Tribometer

04. Versuch Anschlussstelle A5 Wiesloch/Walldorf



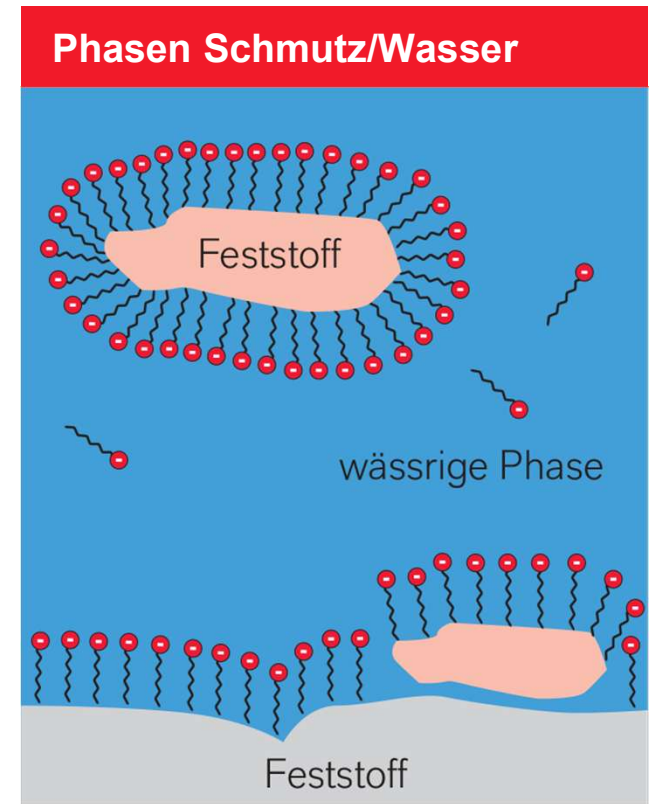
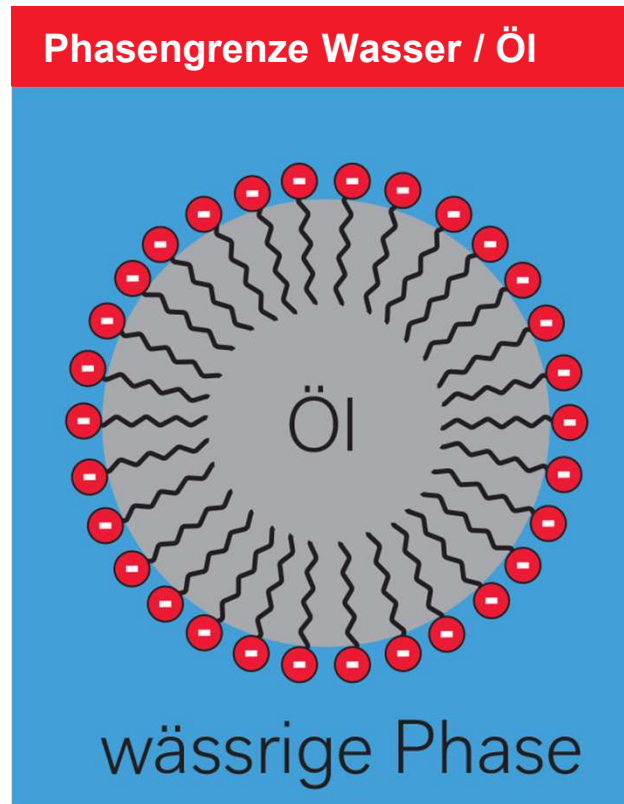
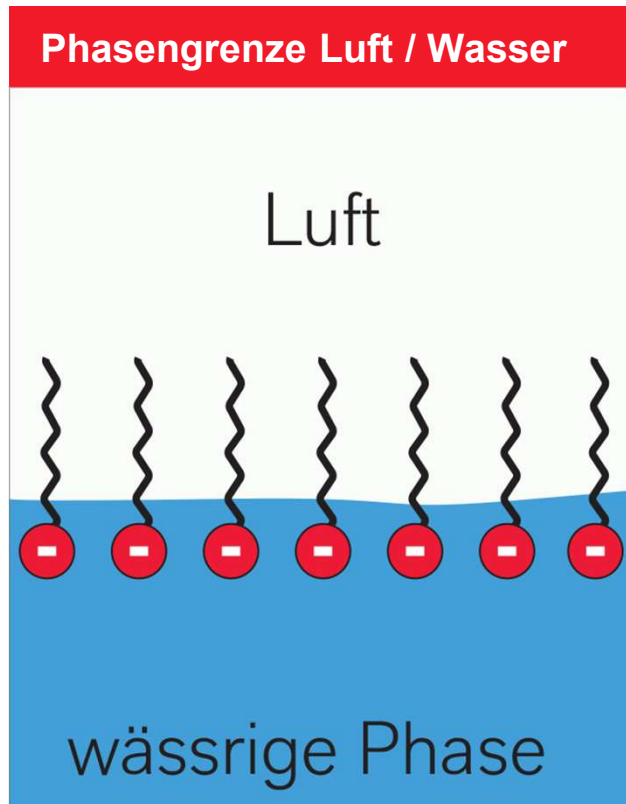
Strukturmerkmal der Oberflächenaktiven Additive



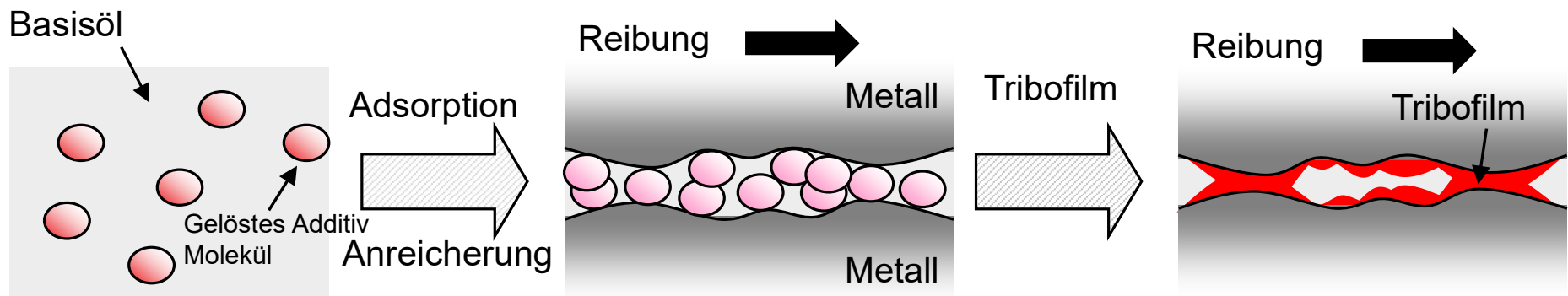
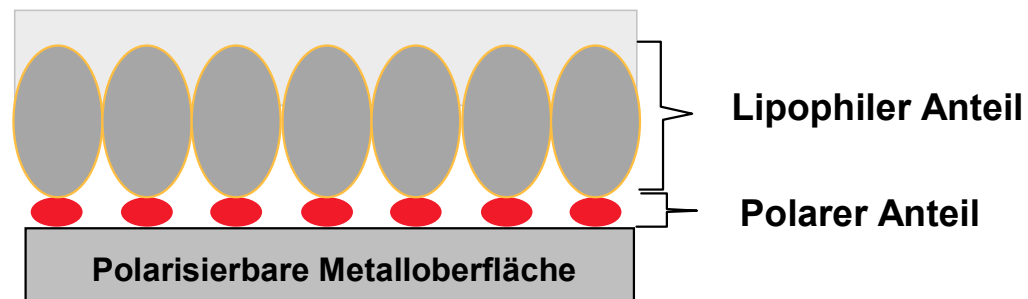
„Amphiphile“ Moleküle

- Besitzen gleichzeitig einen **polaren**, hydrophilen („wasserliebenden“) und einen **unpolaren**, hydrophoben („wasserabstoßenden“), lipophilen („fettliebenden“) Teil
- Der polare Molekülteil kann entweder geladen (positiv, negativ oder beides) oder auch neutral sein.
- Der polare Molekülteil zeigt Affinität zu polaren Oberflächen (Metalle, Steine!):
Grenzflächen-Aktivität

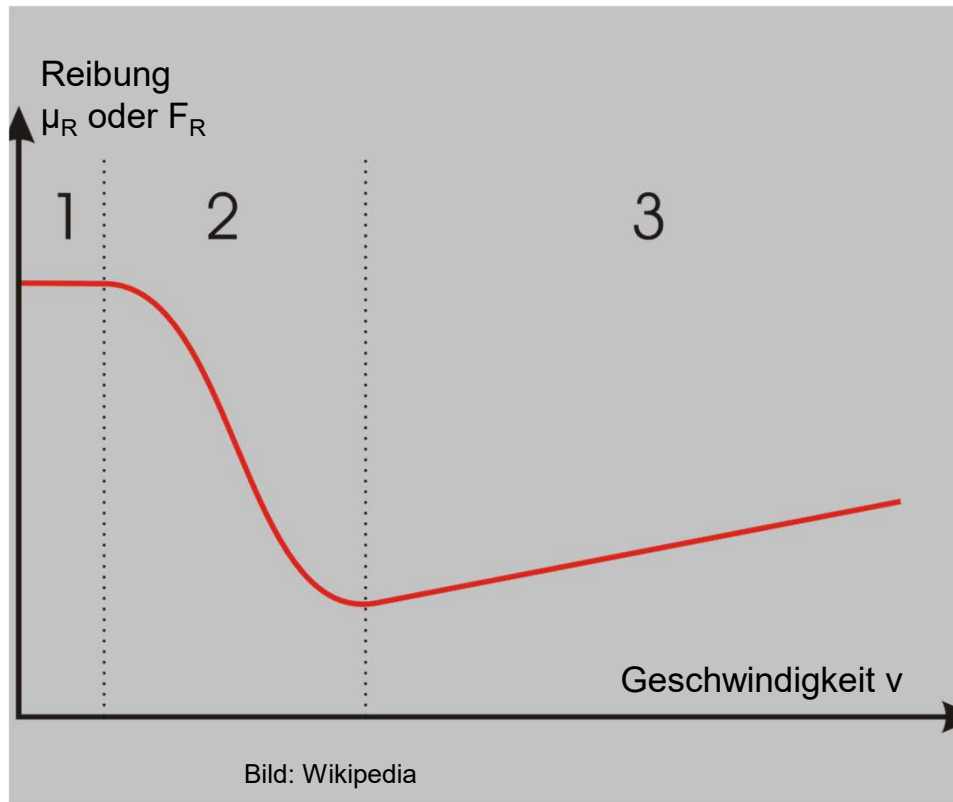
Anreicherung an Phasengrenzen



Oberflächenaktive Additive in Schmierstoffen



Die Stribeck – Kurve (vereinfacht)



Reibungskoeffizient vs Geschwindigkeit

Stribeck-Kurve: Zusammenhang zwischen Kraftaufwand bei Bewegung zweier in Kontakt stehenden Oberflächen mit Schmiermittel zwischen den Kontaktflächen

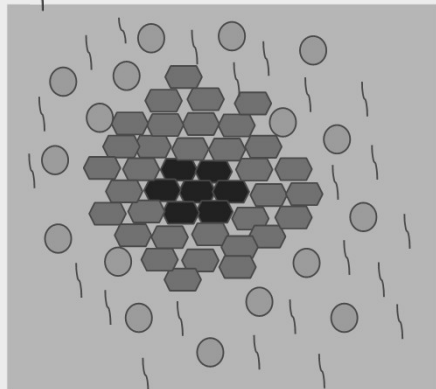
- 1: Grenzreibung (Schmiermittel aus Kontaktstelle herausgedrückt 'Schmierfilmabriss'. „Nicht geschmierter“ Kontakt der Oberflächen.
- 2: Mischreibung (etwas Schmiermittel im Spalt, aber Schicht nicht dick genug, noch Reibung)
- 3: Flüssigkeitsreibung (Schmiermittelschicht dick genug. Oberflächen voneinander getrennt.

Oberflächenaktive Moleküle erniedrigen Reibung durch Anreicherung im Spalt, **lassen sich nicht leicht aus dem Spalt verdrängen, verschieben Grenze 1 / 2 nach links und Kurve 2 nach unten**

Phasengrenzen in Bitumen: Asphaltene und Maltene

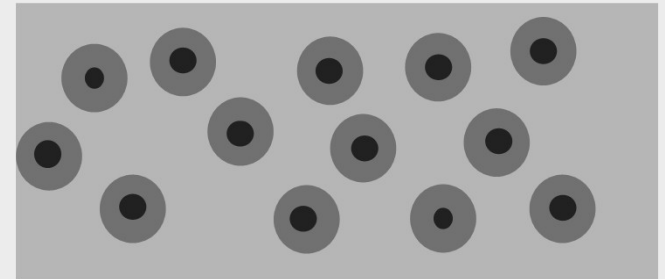
Bitumen: Asphaltene in Maltenphase kolloidal dispergiert, temperaturabhängige Struktur

- Zentraler Teil der Asphaltene
- Überwiegend aromatisch, mit nach außen abnehmenden MG
- Gemischt aromatisch-naphtenisch
- Gemischt naphtenisch-aliphatisch

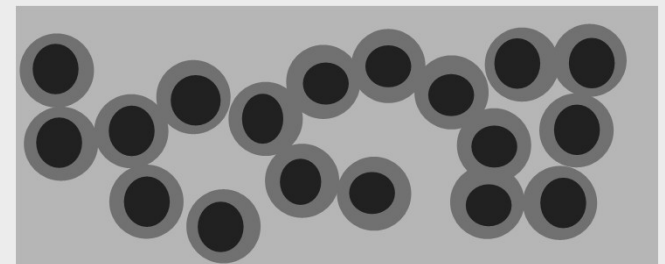


- fest
- } Übergang zu flüssig
- }
- }

Sol-Typ
(hohe
Temp.)

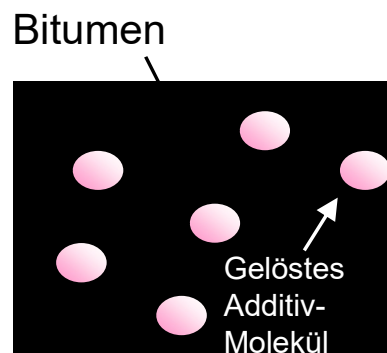
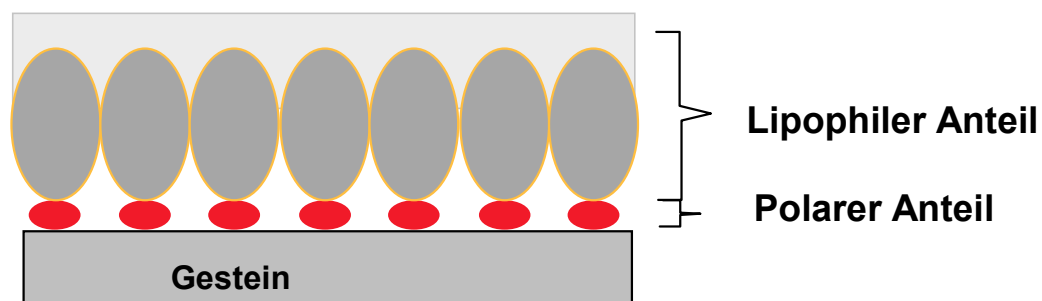


Gel-Typ
(niedrige
Temp.)

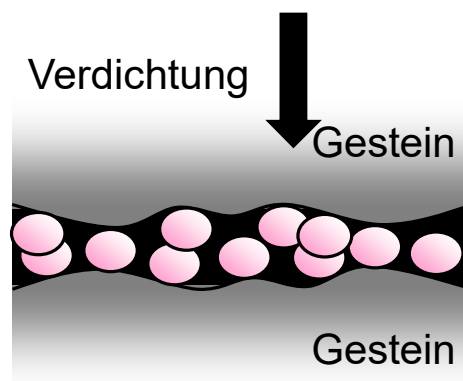
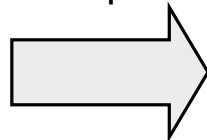


Das Kolloid wird durch aromatisch – aliphatische Moleküle stabilisiert

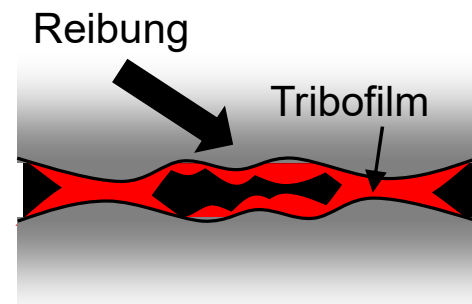
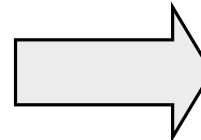
Phasengrenzen in der Asphaltmischung



Adsorption

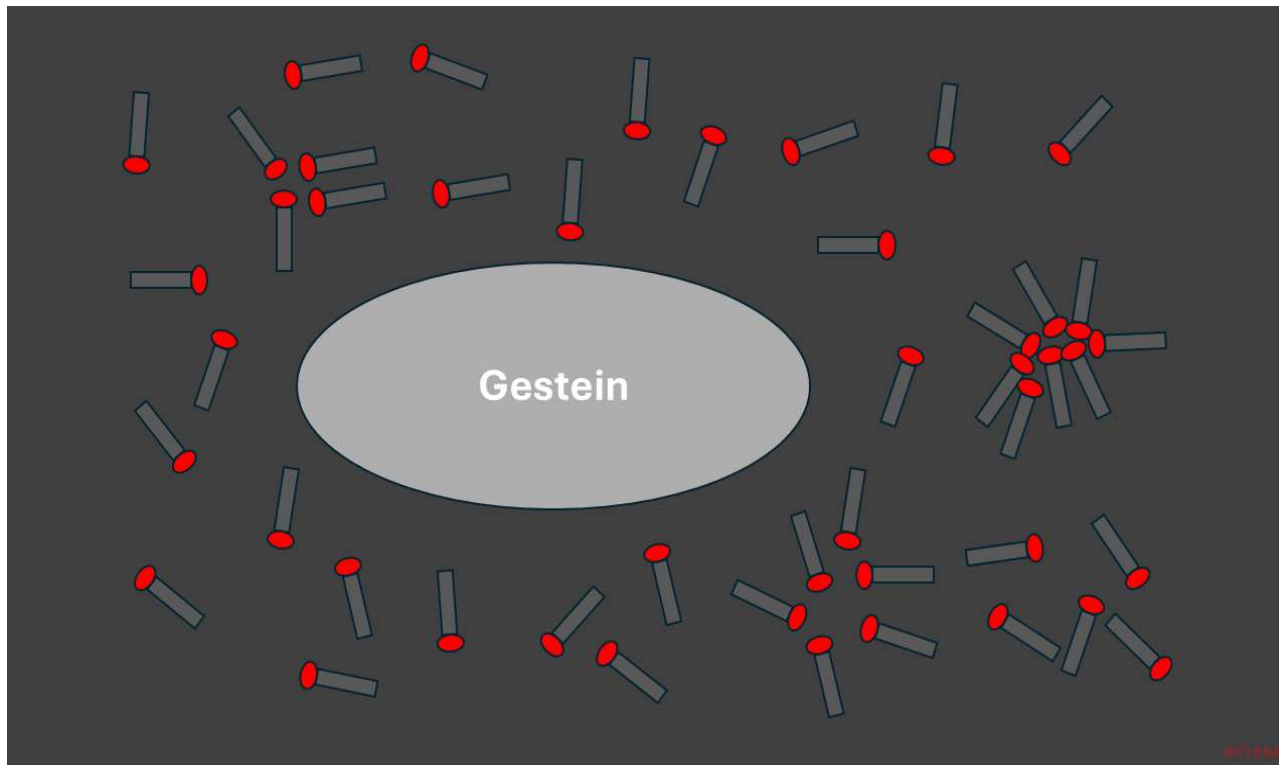


Tribofilm



Tribofilmdicke ca. 0,1 bis 2 mm

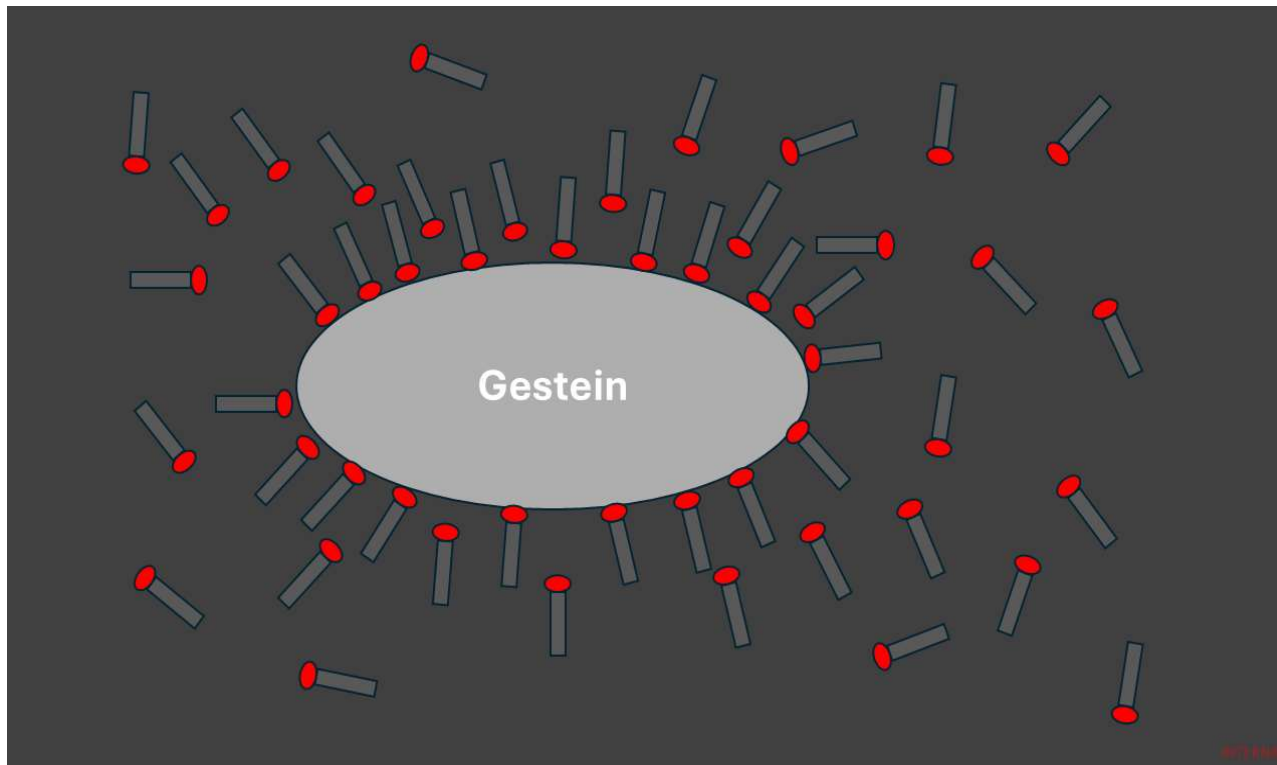
Vor der Anreicherung des Additivs I



Ausgangssituation

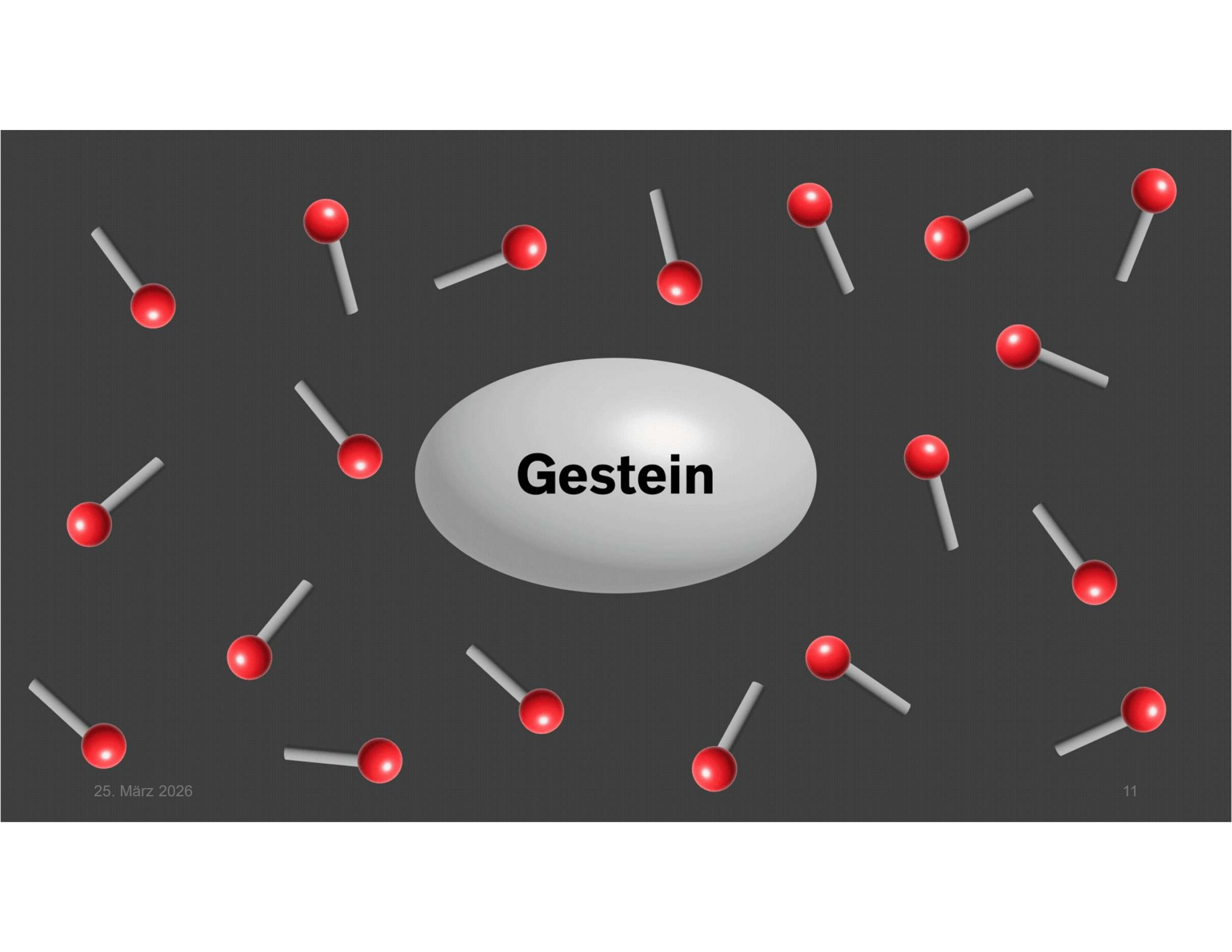
- Bitumen ist mit Additiv versetzt
 - Die gelösten Additivmoleküle unterliegen der Brownschen Molekularbewegung
- Zum Zeitpunkt „Null“ wird das Gestein zugemischt
- In der Momentaufnahme zum Zeitpunkt Null hat sich an der Verteilung des Additivs noch nichts geändert

Anreicherung des Additivs an der Oberfläche



Gleichgewichtszustand

- Nach einer kurzen Zeit haben sich die Additivmoleküle um die Gesteinsoberfläche **angereichert**
- Die Brownsche Molekularbewegung sorgt dafür, dass es bei einer Anreicherung bleibt, wenn die Temperatur die Adsorption gerade **ausbalanciert!**
 - Temperatur **niedrig**: Additive haften an der Oberfläche
 - Temperatur **zu hoch**: durch heftige Bewegung sind die Additivmoleküle gleichmäßig verteilt

A diagram illustrating the interaction of water molecules with a rock surface. In the center is a light gray, oval-shaped rock surface labeled "Gestein". Surrounding this central surface are approximately 18 water molecules, each consisting of a small red sphere (oxygen) and two smaller white spheres (hydrogen) connected by gray rods. The water molecules are arranged in a structured layer adjacent to the rock surface, representing the "iceberg" model of the water network near a solid interface. The entire scene is set against a dark gray background.

Gestein

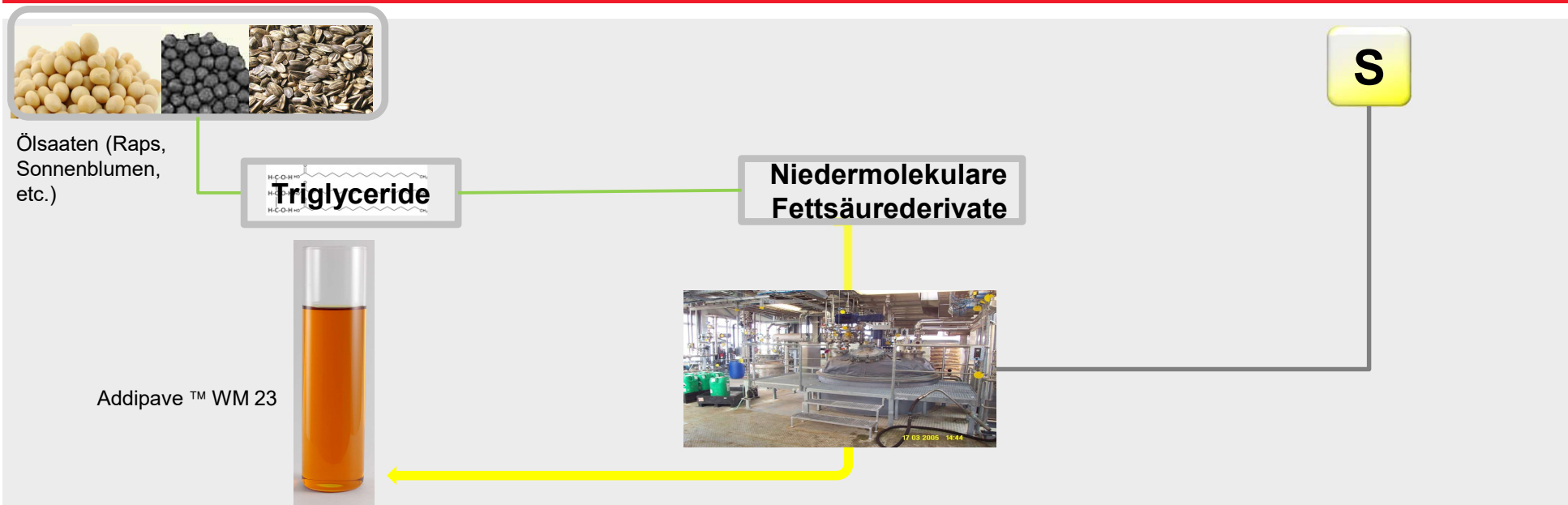
Tribologischer Ansatz in der Asphaltforschung

- Sebastian Puchalski Investigation of Warm Mix Asphalt Additives Using the Science of Tribology to Explain Improvements in Mixture Compaction, Master Thesis University of Wisconsin Madison 2012, <http://digital.library.wisc.edu/1793/66307>
- Francesco Canestrari, Lorenzo Paolo Ingrassia a, Gilda Ferrotti, Xiaohu Lu: Construction and Building Materials 157 (2017) 718–728: Università Politecnica delle Marche, Nynas AB
- Lorenzo Paolo Ingrassia, Xiaohu Lu, Francesco Canestrari, Gilda Ferrotti: Construction and Building Materials 172 (2018) 309–318: Università Politecnica delle Marche, Nynas AB
- Biswajit K. Bairgi, Umme A. Mannan, Rafiqul A. Tarefder: Construction and Building Materials 205 (2019) 186–195: Department of Civil Engineering, University of New Mexico
- Jiwang Jiang , Duo Xu , Shuheng Yu, Fujian Ni: Tribology International 189 (2023) 108953: School of Transportation, Southeast University, Nanjing 210096, China
- Jing Hu, Qibo Huang, Pengfei Liu, Sang Luo: Construction and Building Materials 437 (2024) 137021: Intelligent Transportation System Research Center, Southeast University, Nanjing, China; Institute of Highway Engineering, RWTH Aachen University, Aachen, Germany
- Corentin Verilhac, Gilles Barreto, Lise Deves, Frederic Delfosse, Stephane Carlotti, Thomas Lebarbe, Jean-François Le-Meins: Fuel 379 (2025) 133013: Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, LCPO, UMR 5629, F-33600, Pessac, France, Research Center Rhône-Alpes, ARKEMA, B.P. 63 Pierre-Bénite, Pierre-Bénite Cedex, France, Vinci Construction, Research Center, 22 rue Thierry Sabine, PO Box 20067-33703, Merignac Cedex, France

Reibungserniedrigung durch oberflächenaktive Additive

„Proof of Concept“: Addipave™ WM 23

Addipave™ WM 23 enthält > 90% biobasierter Kohlenstoff, kein Gefahrstoff



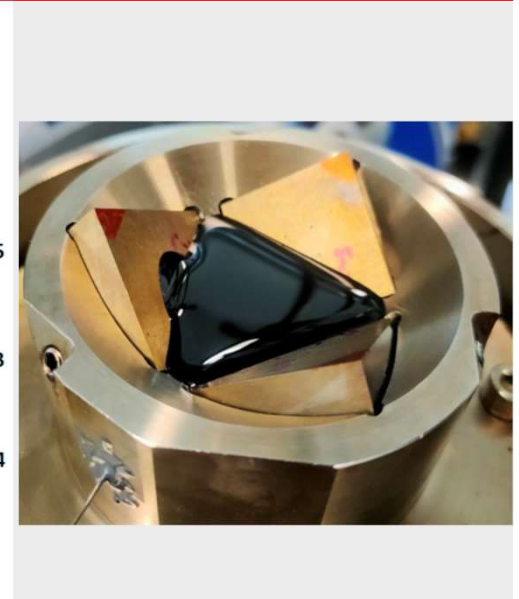
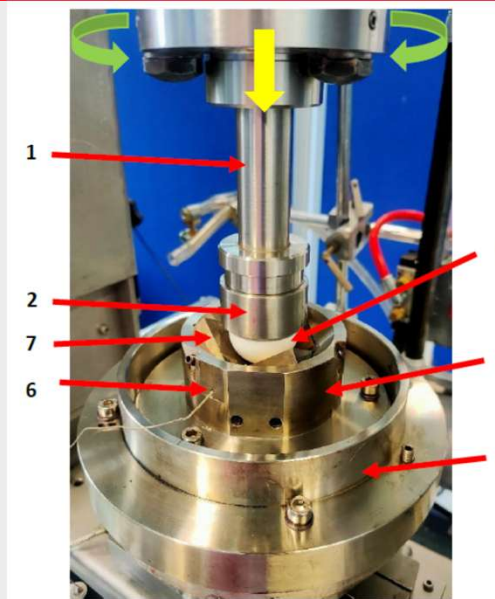
Addipave™ WM 23 „schmiert“ Grenzflächen (Bitumen/Feststoff)

Untersuchungen mit dem Tribometer (HS MA)

Drehende Kugel auf 3 Plättchen gepresst

- 1 Drehwelle und Kugelhalterung
- 2 Adapter
- 3 Probenhalter
- 4 Basis
- 5 Kugel
- 6 Sensor für Temperaturmessung Bitumen
- 7 Probeplättchen (hier 100Cr6)

Bilder: Mit freundlicher Genehmigung M. Grebe, Hochschule Mannheim



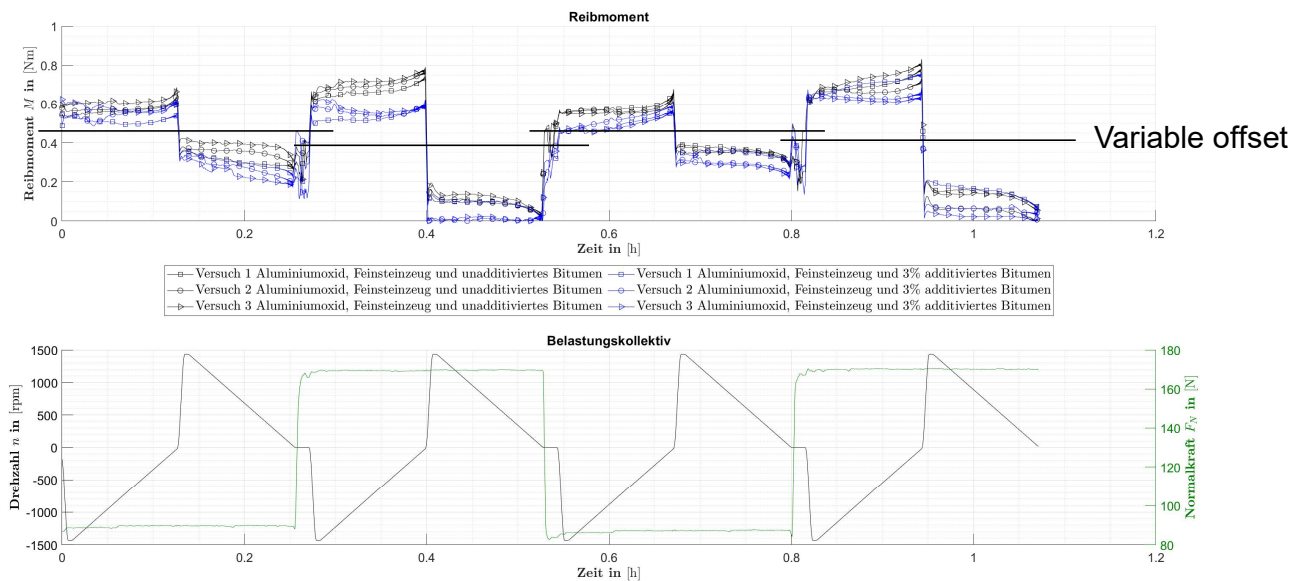
Mit dem Tribometer kann man die Reibungserniedrigung messen

Tribometer Ergebnisse

Reibung an dem Steinzeug / Al_2O_3 Grenzfläche (Literatur oft Metall / Metall)

Reibung f (Geschw. v und Last)

- Schwarze Kurve ohne Additiv, blaue Kurve mit 3% Additiv
Genehmigung M. Grebe, HS Mannheim
- Die Last variiert zwischen 170 N und 87 N.
- In fast allen Datenpunkten zeigte das additivierte Bitumen niedrigere Reibungsmomente ($M_r = F_r \times r$)
- Die Geschwindigkeitsabhängigkeit des Reibungsmoments ist nicht hinreichend reproduzierbar.



Das Messdesign muss für verlässliche und reproduzierbare Ergebnisse optimiert werden

Labortests mit Addipave™ WM 23 (Auszug)

Tests mit Bitumen und Asphaltmischgut (+ Asphaltgranulat)

Bitumen

- DSR mit Dosierung um die 0,5%
 - BTSV: Rheologie innerhalb der Spannbreite nicht verändert, aber bei höherer Dosierung kann man den T(BTSV) von extrahierten Bitumen aus Asphaltgranulat erniedrigen
 - MSCR: Bei PmBs Verbesserung des R-Werts, je nach Dosierung
- Elastische Rückstellung (ER): Bei PmBs Verbesserung, insbesondere bei höherer Dosierung; Penetration, Erweichungspunkt RuK: keine Auffälligkeiten

Asphaltmischgut

- Marshall-Verdichter: Erniedrigung der Temperatur zur angestrebten Verdichtung (Hohlraumgehalt) um -20° bis -40°C im Dosierbereich um 0,5%
- Reduktion der Wasserempfindlichkeit (ITSR-Test, indirektes Zugfestigkeitsverhältnis)

Addipave™ WM 23 zeigt insbesondere bei PmBs und hohen Asphaltgranulat-Gehalten Vorteile

Labortests mit Addipave™ WM 23 (Auszug)

Gyratorversuch USA

- Das Verhältnis der Gyrationen wurde aus der Zahl der Gyrationen berechnet, die für eine Dichte von 92% eines Sollwerts bei einer höheren Temperatur notwendig waren: N_{92T} , und der Zahl der Gyrationen bei einer 30°F niedrigeren Temperatur mit Additiv: N_{92T-30}
- Gyrationenverhältnis ist also $\frac{N_{92T-30}}{N_{92T}}$
 - Ein Verhältnis = 1 bedeutet, dass bei 30°F (17°C) niedrigerer Temperatur und unter Verwendung eines Additivs (= 0,5% Addipave™ WM 23) gleich viele Gyratorzyklen benötigt werden zum Erreichen einer 92%igen Normdichte als bei höherer Temperatur ohne Additiv

	Gyrationenverhältnis	
Bindemittel	PG 67-22	PG 76-22 (PmB)
$N_{92T-30} : N_{92T}$	1,00	0,88

Addipave™ WM 23 zeigt insbesondere bei PmBs Vorteile

Labortests in Vorbereitung auf die Baustelle

Marshall Verdichtungsversuche für Anschlussstelle A5, mit 30% Asphaltgranulat

	105°C		115°C		125°C		135°C		145°C ± 5°C	
	Dichte [g/mm³]	Hohlraum [%]	Dichte [g/mm³]	Hohlraum [%]	Dichte [g/mm³]	Hohlraum [%]	Dichte [g/mm³]	Hohlraum [%]	Dichte [g/mm³]	Hohlraum [%]
Kontrollmessung	2,313	5,8	2,322	5,4	2,335	4,9	2,366	3,6	2,373	3,3
Addipave™ WM 23 (0.4 %)	2,340	4,2	2,370	3,0	2,388	2,3	2,386	2,4	2,368	2,1
AC 11 D SP 10/40-65 A (Baustelle, 0,4% Addipave™ WM 23)			2,400	2,1					2,398	2,1
AC 16 BS SG 10/40-65 A (Baustelle, 0,5-0,6% Addipave™ WM 23)			2,376	3,3					2,380	3,1

Temperaturabsenkung um 30°C mit Addipave™ WM 23 gelingt problemlos

Autobahn-Anschluss A5 Walldorf - Wiesloch

Binde- und Deckschicht mit Addipave™ WM 23

- Bindschicht AC 16 BS SG 10/40-65 mit 0,5-0,6 % Addipave™ WM 23 verbaut Nacht 17. / 18. Okt `25, Außentemperatur 8–10°C
- Deckschicht AC 11 D SP 10/40-65 A mit 0,4 % Addipave™ WM 23, verbaut 18. Okt. `25 Außentemperatur 10°-16°C
- RAP-Gehalt 30%
- Produktionstemperatur 140°-155°C
- Keine Anbackungen am Fertiger (oder Mischanlage), Trotz engen Zeitrahmen und niedrigen Außentemperaturen ist das Verdichten einfach.
- Dichte wie angestrebt, Überprüfung vor Ort durch eine radiometrische Sonde



Zusammenfassung

Oberflächenaktive Additive für die Temperaturabgesenkte
Asphaltbauweise senken die Reibung in der heißen Asphaltmischung

Für Asphaltmischungen muss das Messprinzip hinsichtlich
Reibungsminderung (Tribometer) optimiert werden

Tribologischer Ansatz führt zur erfolgreichen Produktentwicklung:
Addipave™ WM 23



Disclaimer

This information and our technical advice – whether verbal, in writing or by way of trials – is subject to change without notice and given in good faith but without warranty or guarantee, express or implied, and this also applies where proprietary rights of third parties are involved. Our advice does not release you from the obligation to verify the information currently provided - especially that contained in our safety data and technical information sheets - and to test our products as to their suitability for the intended processes and uses. The application, use and processing of our products and the products manufactured by you on the basis of our technical advice are beyond our control and, therefore, entirely your own responsibility. Our products are sold in accordance with the current version of our General Conditions of Sale and Delivery.

LANXESS

Energizing Chemistry