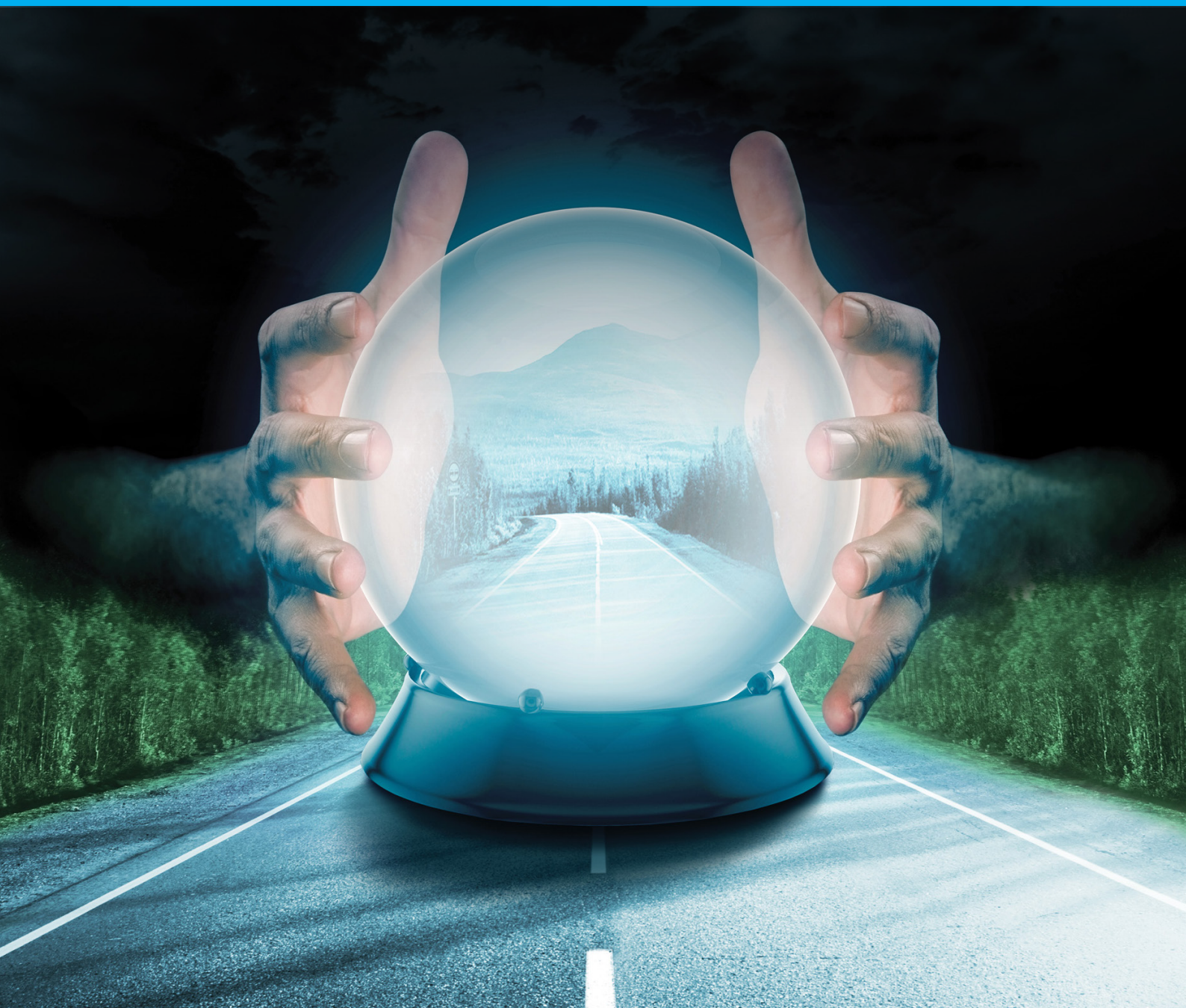
FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

15.3.2023 | Olten

Asphalt der Zukunft

L'enrobé bitumineux du futur



Programm **3**

Keynotes
Dr. Christian Angst, IMP Bautest AG, Oberbuchsiten **5**

Zusätze und Additive / neue Produkte
Additifs / nouveaux produits
Bruno Marcant
Geschäftsführer – ValoChem, Sathonay-Camp (F) **22**

Zusätze und Additive / Sicht einer Aufbereitungsanlage
Additifs / Point de vue d'un poste d'enrobage
Samuel Probst, Leiter bituminöse Baustoffe und Belagswerke
Weibel AG, Bern **39**

Neue Entwicklungen der Bitumenindustrie
Nouveaux développements de l'industrie du bitume
Mohammed Ammadi, Dipl.-Ing. Application Advisor Europe
Shell Bitumen Europa, Hamburg (DE) **53**

Recycling / Verjüngung
Recyclage / rajeunissement
Dr. Martin Hugener, Dr. phil. II, Dipl. Chemiker, Abteilung Beton und Asphalt
EMPA, Dübendorf **63**

Recycling / Materialbewirtschaftung und Maximalrecycling
La route pourrait faire beaucoup plus!
Sven Gohl, Dipl.-Ing., Geschäftsführer
Makadamlabor Schwaben GmbH, Sindelfingen (DE) **85**

Strasse könnte viel mehr!
La route pourrait faire beaucoup plus!
Dr. Carsten Karcher, Dr.-Ing., Geschäftsführer
Asphalt Pavements for Europe, Karlsruhe (DE) **99**

Programm

08.30 Uhr	**Begrüssung und Keynotes** Dr. Christian Angst, IMP Bautest AG, Oberbuchsiten
09.00 Uhr	**Zusätze und Additive / neue Produkte** Bruno Marcant, Geschäftsführer – ValoChem, Sathonay-Camp (F)
09.30 Uhr	**Zusätze und Additive / Sicht einer Aufbereitungsanlage** Samuel Probst, Leiter bituminöse Baustoffe und Belagswerke – Weibel AG, Bern
10.00 Uhr	**Neue Entwicklungen der Bitumenindustrie** Mohammed Ammadi, Dipl.-Ing., Application Advisor Europe – Shell Bitumen Europa, Hamburg (DE)
10.30 Uhr	**Pause**
11.15 Uhr	**Recycling / Verjüngung** Martin Hugener, Dr. phil. II, Dipl. Chemiker, Abteilung Beton und Asphalt – EMPA, Dübendorf
11.45 Uhr	**Recycling / Materialbewirtschaftung und Maximalrecycling** Sven Gohl, Dipl.-Ing., Geschäftsführer – Makadamlabor Schwaben GmbH, Sindelfingen (DE)
12.15 Uhr	**Strasse könnte viel mehr!** Carsten Karcher, Dr.-Ing., Geschäftsführer – Asphalt Pavements for Europe, Karlsruhe (DE)
12.45 Uhr	**Schlusswort**

Programme

08.30 h	**Accueil et introduction** Dr. Christian Angst, IMP Bautest AG, Oberbuchsiten
09.00 h	**Additifs / nouveaux produits** Bruno Marcant, Directeur – ValoChem, Sathonay-Camp (F)
09.30 h	**Additifs / Point de vue d'un poste d'enrobage** Samuel Probst, Responsable des matériaux de construction bitumineux et des centrales d'enrobage – Weibel SA, Berne
10.00 h	**Nouveaux développements de l'industrie du bitume** Mohammed Ammadi, Dipl.-Ing., Application Advisor Europe – Shell Bitumen Europa, Hamburg (DE)
10.30 h	**Pausee**
11.15 h	**Recyclage / rajeunissement** Martin Hugener, Dipl. chimiste, département béton et asphalte – EMPA, Dübendorf
11.45 h	**Recyclage / gestion des matériaux et recyclage maximal** Sven Gohl, Dipl.-Ing., Directeur – Makadamlabor Schwaben GmbH, Sindelfingen (DE)
12.15 h	**La route pourrait faire beaucoup plus!** Carsten Karcher, Dr.-Ing. Directeur – Asphalt Pavements for Europe, Karlsruhe (DE)
12.45 h	**Mot de la fin** Dr. Christian Angst – IMP Bautest AG, Oberbuchsiten
13.00 h	**Buffet et réseautage**

Herzlichen Dank

unseren Ausstellern

Veranstalter

IMP Bautest AG

Institut für Materialprüfung,
Bauberatung und Analytik

www.impbautest.ch

Dr. Christian Angst

Dr. sc. techn., dipl. Ing. ETH/SIA
IMP Bautest AG, Oberbuchsiten

Dr. Christian Angst

«Keynotes - Asphalt der Zukunft»

Obwohl im Titelbild des diesjährigen Forums abgebildet, wollen wir nicht wirklich in eine Glaskugel schauen, sondern vielmehr diejenige Zukunft betrachten, welche wir aufgrund der heutigen Kenntnisse erahnen können. Die Zukunft der Infrastrukturen wird von den gesellschaftlichen, politischen und ökologischen Entwicklungen massgeblich beeinflusst werden.

Das wirtschaftliche Wachstum wird die Mobilität weiterhin ansteigen lassen, auch wenn uns Covid gelernt hat, Homeoffice sinnvoll einzusetzen. Die Ressourcen werden knapper; am Horizont zeichnen sich Engpässe ab, an die wir bisher kaum gedacht haben. Oder hätten Sie jemals geglaubt, dass weltweit der Sand knapp werden könnte? Dass sich das Klima verändert, ist unbestritten; wir müssen unsere Strassen auf wärmeres Wetter einstellen. Die Bevölkerungsdichte nimmt zu und stellt zusätzliche Anforderungen an die Verkehrsflächen, wie Lärmreduktion, farbige Gestaltung usw. Die grossen Flächen der Strassen sollen neben der Verkehrsbewältigung weitere Nutzen bringen. Der Fantasie sind keine Grenzen gesetzt (Wärmespeicher, induktive Ladung von e-Fahrzeugen, Photovoltaik, Schadstoffreduktion durch katalytische Oberflächen usw.). Daraus lassen sich die Anforderungen an den Asphalt der Zukunft relativ einfach ableiten. Er soll bei höheren Temperaturenvnoch grössere Verkehrsbelastungen aushalten und gleichzeitig weniger Ressourcen beanspruchen.

Die heute bereits erkennbaren technischen Trends der Entwicklungen werden verstärkt:

- Verbesserungen der mechanischen Eigenschaften der Asphalte, höheren Verformungswiderstand bei höheren Temperaturen, ohne Nachteile bei tiefen Temperaturen.
- Dauerhaftere Bauweisen und höhere Wiederverwendung im Sinne der Kreislaufwirtschaft bei gleichzeitiger Abnahme des Energiebedarfs.

Wir werden am Forum die Themen der Weiterentwicklung der Bindemittel, sei es durch Zusätze oder gebrauchsfertig angelieferte, modifizierte Produkte sowie deren Einsatz in einer Aufbereitungsanlage besprechen. Aus dem Themenkreis «Recycling» picken wir zwei Aspekte heraus; die Verwendung von Verjüngungsmitteln und die Bewirtschaftung des anfallenden Ausbauasphaltes. Quasi "out oft the box» wollen wir heute schon mögliche Verfahren kennenlernen, um Zusatznutzen der Strassen zu generieren.

Ich freue mich sehr, ausgesprochene Fachleute zu den diversen Themen gewonnen zu haben, welche einen informativen, spannenden und lehrreichen Tag in lockerer Atmosphäre garantieren.

Dr. Christian Angst
Organisator

Dr. Christian Angst

«Keynotes - Le chantier invisible»

Bien que la photo de couverture du forum de cette année le montre, nous ne voulons pas vraiment regarder dans une boule de cristal, mais plutôt considérer l'avenir que nous pouvons entrevoir sur la base des connaissances actuelles. L'avenir des infrastructures sera fortement influencé par les évolutions principalement sociales, politiques et écologiques. La croissance économique continuera de faire augmenter la mobilité, même si le Covid nous a appris à utiliser le télétravail de manière pertinente.

Les ressources se raréfient. Des goulets d'étranglement auxquels nous n'avions guère pensé jusqu'à présent se profilent à l'horizon. Ou n'auriez-vous jamais cru que le sable pourrait venir à manquer dans le monde entier? Il est indéniable que le climat change et que nous devons adapter nos routes à un climat plus chaud.

La densité de la population augmente et impose des exigences supplémentaires aux voies de circulation, comme la réduction du bruit, des aménagements colorés, etc. Les grandes surfaces des routes doivent apporter d'autres avantages que la maîtrise du trafic. L'imagination n'a pas de limites (stockage de la chaleur, chargement inductif des véhicules électriques, photovoltaïque, réduction des polluants grâce à des surfaces catalytiques, etc.)

Les exigences posées à l'enrobé bitumineux du futur sont donc relativement simples à déduire. Il doit pouvoir supporter des charges de trafic encore plus importantes à des températures plus élevées tout en utilisant moins de ressources.

Les tendances techniques de développement déjà perceptibles aujourd'hui seront renforcées:

- Améliorations des propriétés mécaniques des enrobés bitumineux, résistance à la déformation plus élevée à des températures plus élevées, sans désavantages à basses températures.
- Des méthodes de construction plus durables et une plus grande réutilisation dans une logique d'économie circulaire tout en diminuant les besoins en énergie.

Lors du forum, nous aborderons les thèmes du perfectionnement des liants, que ce soit par des additifs ou des produits modifiés livrés prêts à l'emploi, ainsi que leur utilisation dans un poste d'enrobage. Dans le domaine du «recyclage», nous choisirons deux aspects: l'utilisation d'agents de rajeunissement et la gestion des matériaux bitumineux de démolition des routes. Nous voulons connaître dès aujourd'hui les procédés possibles pour générer de la valeur ajoutée aux routes.

Je me réjouis d'avoir pu convaincre des spécialistes de ces différents thèmes qui nous garantiront une journée passionnante et instructive dans une ambiance détendue. J'espère avoir le plaisir de vous accueillir à Olten.

Dr. Christian Angst
Organisateur

Dr. Christian Angst

«Keynotes - l'asfalto del futuro»

Nonstante l'immagine di copertina del Forum di quest'anno, non vogliamo realmente affidarci ad una sfera di cristallo, ma piuttosto guardare al futuro che possiamo ipotizzare sulla base delle conoscenze attuali. Il futuro delle infrastrutture sarà influenzato in modo significativo dagli sviluppi sociali, politici ed ecologici.

La crescita economica continuerà ad aumentare la mobilità, anche se la pandemia ci ha insegnato a fare buon uso dell'home office. Le risorse stanno diventando sempre più scarse; all'orizzonte si profilano colli di bottiglia a cui finora quasi non abbiamo pensato. O avreste mai creduto che nel mondo potesse scarseggiare la sabbia? Il fatto che il clima stia cambiando è indiscutibile; dobbiamo adattare le nostre strade al clima più caldo. La densità della popolazione sta aumentando e pone ulteriori requisiti alle superfici sottoposte al traffico, come la riduzione del rumore, il design colorato, ecc.

Le grandi superfici delle strade dovrebbero portare altri vantaggi oltre alla gestione del traffico. Non ci sono limiti all'immaginazione (accumulo di calore, ricarica induttiva dei veicoli elettrici, fotovoltaico, riduzione di agenti inquinanti attraverso superfici catalitiche, ecc.). Da ciò si evince facilmente quali saranno i requisiti dell'asfalto del futuro. Dovrà resistere a carichi di traffico ancora più elevati e a temperature più alte e, allo stesso tempo, dovrà utilizzare meno risorse. Le tendenze tecniche di sviluppo che sono già evidenti oggi saranno intensificate:

- Miglioramento delle proprietà meccaniche degli asfalti, maggiore resistenza alla deformazione a temperature più elevate, senza svantaggi a basse temperature.
- Metodi di costruzione più duraturi e un maggiore riciclaggio nel senso dell'economia circolare con una contemporanea diminuzione del consumo di energia.

Nel corso del Forum verranno affrontati i temi dell'ulteriore sviluppo dei leganti, sia attraverso gli additivi che tramite i prodotti modificati pronti all'uso, nonché il loro utilizzo in un impianto di miscelazione. Per quanto riguarda il tema del riciclaggio, verranno discussi due aspetti: l'uso di agenti ringiovanenti e la gestione dell'asfalto riciclato. Infine, pensando un po' fuori dagli schemi, vogliamo esplorare possibili metodi per generare ulteriori benefici dalle strade.

Sono entusiasta che siamo riusciti a reclutare diversi esperti sui vari temi, che garantiranno una giornata informativa, emozionante e istruttiva in un'atmosfera rilassata e stimolante.

Dr. Christian Angst
Organizzatore

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Asphalt der Zukunft
Keynotes

Forum Strasse
Asphalt der Zukunft

Dr. Christian Angst
15. März 2023

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Asphalt der Zukunft

Infrastrukturen dienen der Gesellschaft und
müssen daher die Veränderungen umsetzen…

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Asphalt der Zukunft

oder besser:

…die kommenden Veränderungen antizipieren.

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Asphalt der Zukunft

Heutige Kenntnisse:

→ Idee wie nahe Zukunft aussehen könnte

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Gesellschaftliche Veränderungen

- Ressourcen
- Klima
- Wirtschaft / Bevölkerungsdichte

→ Wir wollen einige Eckpunkte für den Blick in die Zukunft ableiten

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Ressourcen werden knapp auch solche an die man gar nicht denkt.

zum Beispiel

Die Welt verbraucht zu viel Sand
Der weltweite Bauboom hat eine Sandknappheit ausgelöst. Die Folgen für die Umwelt sind laut einem neuen Uno-Bericht drastisch.

Ressourcen

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Ressourcen

Ressourcen werden knapp
…zudem sind Lieferketten unsicher geworden;
die Globalisierung wird in Frage gestellt

→ bessere Nutzung der vorhandenen Ressourcen

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

bessere Nutzung der vorhandenen Ressourcen

Urban Mining (die Stadt als Rohstoffmine)

Mehrmaliges Verwenden = Recycling…

… ganzer Einheiten (alte Autobatterien bei PV-Anlagen)
… einzelner Elemente / Bauteile (Fenster)
… einzelner Baustoffe (Asphalt Granulat)
… neue Verwendung der Komponenten (Kleider aus alten PET-Flaschen)

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

bessere Nutzung der vorhandenen Ressourcen

Verwertung des Abfalls

Die Kehrrichtverbrennungsanlage KEBAG gewinnt jährlich

6'000 t Metall
200 t hochreinen Zink

→ die Schweiz als Zink-exportierendes Land!

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Ressourcen

Eckpunkt

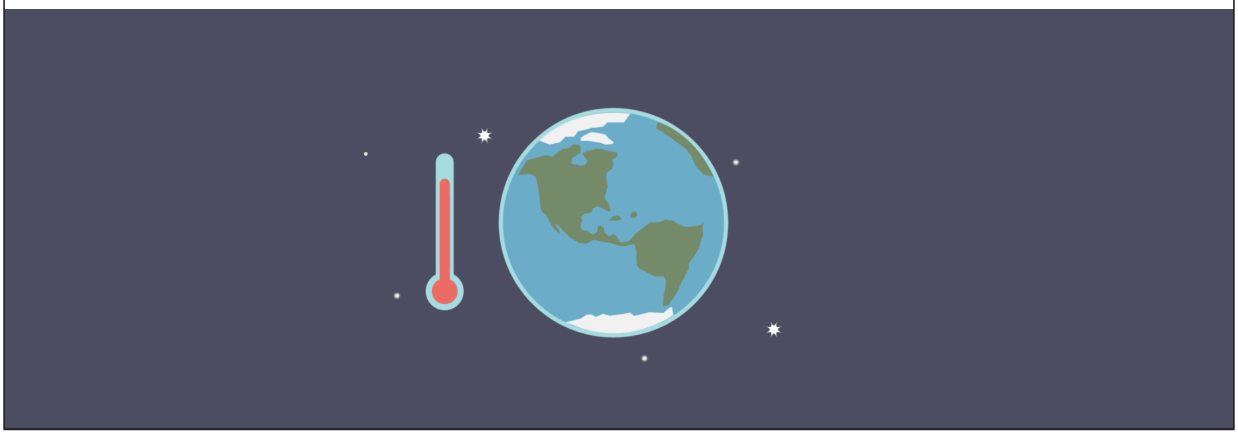
Nr. 1

Allgemein: Kreislaufwirtschaft

Im Asphalt: **Recycling**

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Der Klimawandel ist da



FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Klima

Auswirkungen auf die Schweiz:

- Rückgang des Permafrostes → Hänge und Bauten gefährdet
- Trockenheit: der Wald muss sich neu erfinden: (andere Baumarten → kann dies schnell genug geschehen reicht die Zeit für den Schutzwald?)
- Die Schweiz als Wasserschloss (ohne Gletscher)?
- …

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Klima

Auswirkungen auf den Strassenbau:

- Höhere Temperaturen
- Weniger Frost
- Heftigere Niederschläge

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Klima

Auswirkungen auf den Asphalt

Eckpunkt

Nr. 2

Andere Eigenschaften des
Asphaltes sind gefragt:

- **Höhere Viskositäten**
- **hellere Oberflächen**

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Wirtschaft / Bevölkerungsdichte

Jährliches Wirtschaftswachstum

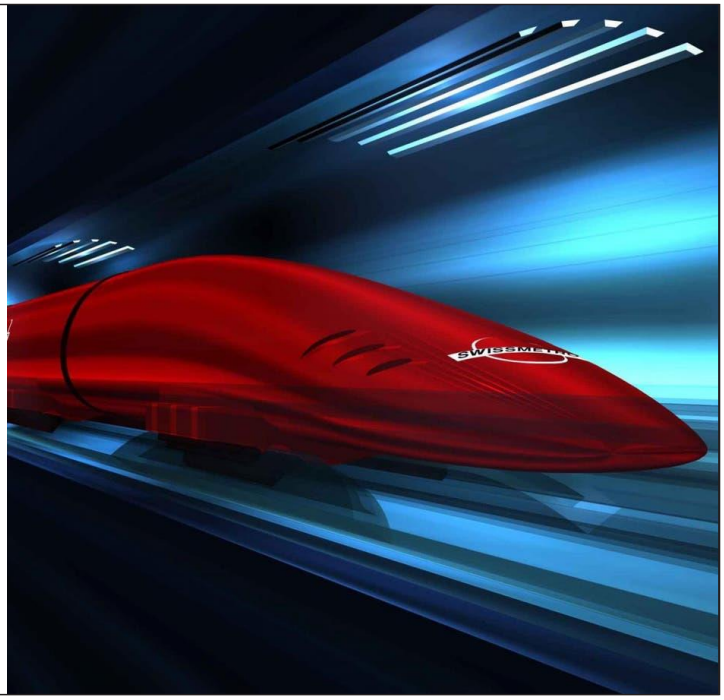
→ mehr Mobilität, Waren und Personen (trotz Homeoffice)

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Mehr Mobilität auf Strassen

…im Personen-Verkehr; trotz Förderung des öV und neuer Visionen / Ideen wie SwissMetro

Wirtschaft / Bevölkerungsdichte



21 Forum Strasse | CA

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Mehr Mobilität auf Strassen

…Waren-Verkehr; trotz Förderung der Schiene und neuer Visionen / Ideen wie Cargo Sous Terrain oder Drohnen

Wirtschaft / Bevölkerungsdichte

22 Forum Strasse | CA

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Wirtschaft / Bevölkerungsdichte

Mehr Mobilität auf Strassen in naher Zukunft, denn Visionen wie auch mögliche Umlagerungen (öV / iV und Strasse / Schiene) brauchen Zeit

Eckpunkt

Nr. 3

grössere Verkehrsbelastung

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Wirtschaft / Bevölkerungsdichte

Wirtschaft / Bevölkerungsdichte

Mehr Mobilität auf Strassen

Staustunden pro Jahr nehmen zu

- ökologische Belastung
- wirtschaftliche Belastung (1‘800 Mio SFr. pro Jahr)

→ weniger Baustellen sind gefragt

FORUM STRASSE FACHTAGUNG STRASSENBAU

Wirtschaft / Bevölkerungsdichte

Mehr Mobilität auf Strassen

Eckpunkt

Nr. 4

Verbesserung der Dauerhaftigkeit

FORUM STRASSE FACHTAGUNG STRASSENBAU

Asphalt der Zukunft

gesellschaftliche Veränderungen	Anforderung an Asphalt
Eckpunkt 1	Recycling
Eckpunkt 2	Veränderungen der mechanischen Eigenschaften
Eckpunkt 3	Grössere Verkehrsbelastung
Eckpunkt 4	Verbesserung der Dauerhaftigkeit

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Forum Strasse 2023

Themen Forum Strasse	gesellschaftliche Veränderungen	Anforderung an Asphalt
Recycling / Verjüngung	Eckpunkt 1	Recycling
Recycling / Materialbewirtschaftung		
Zusätze; neue Produkte	Eckpunkt 2 Eckpunkt 3 Eckpunkt 4	Veränderungen der mechanischen Eigenschaften Grössere Verkehrsbelastung Verbesserung der Dauerhaftigkeit
Lösungen der Bitumenindustrie		
Additive aus Sicht einer Aufbereitungsanlage		
Zusatz Nutzen der Strasse	Out of the box	

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Wir wünschen eine spannende Tagung!

Forum Strasse
Asphalt der Zukunft

Dr. Christian Angst
15. März 2023

Bruno Marcant

Geschäftsführer
ValoChem, Sathonay-Camp (F)

Bruno Marcant

«Zusätze und Additive / neue Produkte»

Additivtechnologien für Asphaltmischgut unter Berücksichtigung geo-/öko-/sozialer Aspekte.

Die Welt des Bitumens steht vor neuen Herausforderungen, die in den letzten Jahren aufgetaucht sind.

- Der Klimawandel, die globale Pandemie sowie der Ukraine-Konflikt sind Ursachen für die mangelnde Verfügbarkeit bestimmter Rohstoffe sowie für die erheblichen Preissteigerungen.
- Regulatorische Entwicklungen wie IMO oder die Reduzierung von Kohlenstoffemissionen führen zum Einsatz neuer Technologien.
- Soziologische Veränderungen (Stellenwert und Sinn der Arbeit, Gesundheit und Sicherheit) gehen mit einer Veränderung der Arbeitsweise einher.

Infolgedessen ist es wichtig, diese neuen Faktoren bei der Entwicklung und Herstellung von Asphaltmischgut zu berücksichtigen. In dieser Präsentation veranschaulichen wir dies anhand von 3 Technologien:

1. Polyphosphorsäure, die den Plastizitätsindex von regional beschafftem Bitumen verbessert.

2. ValoWax CRH, ein patentiertes Wachs, das die Effekte der Verringerung der Bitumenviskosität und der Verringerung des Kontaktwinkels kombiniert, um die Verarbeitbarkeit des Mischguts zu verbessern und die Anwendung bei niedrigen Temperaturen, auch von Hand, zu ermöglichen.

3. RulyFalt, eine patentierte flüssige Technologie für Gussasphalt, die wie ein chemischer Spacer zwischen den Kalksteinfüllstoffpartikeln wirkt, damit diese nicht zusammenbacken, die Verarbeitbarkeit verbessert und 40 bis 50 °C niedrigere Verarbeitungstemperaturen als üblich zulässt.

Bruno Marcant

«Additifs / nouveaux produits»

Technologies d'additifs pour la géo/éco/social conception des enrobés bitumineux.

Le monde du bitume fait face à de nouveaux challenges qui ont fait leur apparition ces dernières années.

- le dérèglement climatique, la pandémie mondiale ou le conflit ukrainien sont par exemple à l'origine du manque de disponibilité de certaines matières premières et de hausses de prix significatives
- Les évolutions réglementaires tels que IMO ou réduction des émissions carbone entraînent le déploiement de nouvelles technologies
- Les changements sociologiques (place et sens du travail, santé et sécurité) s'accompagnent d'une modification de la façon de travailler

Par voie de conséquence, il est important de considérer ces nouveaux facteurs lors de la conception et de la production des enrobés bitumineux.
Dans cette présentation, nous l'illustrons sous la forme de 3 technologies :

1. L'acide polyphosphorique, qui améliore l'indice de plasticité de bitumes sourcés régionalement

2. Le ValoWax CRH, une cire brevetée qui couple les effets d'abaissement de viscosité du bitume et de réduction d'angle de contact, ceci afin d'améliorer la maniabilité de l'enrobé et permettre l'application à basse température, y compris manuellement

3. Le RulyFalt, une technologie liquide brevetée dédiée à l'asphalte coulé, qui agit comme un spacer chimique entre les particules de filler calcaire afin qu'elles ne s'agglomèrent pas, favorisant ainsi la maniabilité et autorisant des températures d'application inférieures de 40 à 50°C à la pratique courante

Bruno Marcant

«Additivi / nuovi prodotti»

Tecnologia degli additivi per miscele bituminose considerando gli aspetti geografici, ecologici e sociali.

Il mondo del bitume sta affrontando nuove sfide emerse negli ultimi anni.

- I cambiamenti climatici, la pandemia globale e il conflitto ucraino, ad esempio, stanno causando la mancanza di disponibilità di alcune materie prime e un significativo aumento dei prezzi.
- Gli sviluppi normativi, come "l'IMO" o la riduzione delle emissioni di anidride carbonica, stanno portando alla diffusione di nuove tecnologie.
- I cambiamenti sociologici (luogo e significato del lavoro, salute e sicurezza) vanno di pari passo con i cambiamenti nel modo di lavorare.

Di conseguenza, è importante considerare questi nuovi fattori nella progettazione e nella produzione di conglomerati bituminosi.

In questa presentazione, illustriamo questo aspetto tramite tre tecnologie:

1. L'acido polifosforico, che migliora l'indice di plasticità del bitume.

2. ValoWax CRH, una cera brevettata che combina gli effetti della riduzione della viscosità del bitume e dell'angolo di contatto per migliorare la lavorabilità e consentire l'applicazione a bassa temperatura, anche manuale.

3. RulyFalt, una tecnologia liquida brevettata dedicata all'asfalto fuso, che agisce come distanziatore chimico tra le particelle del filler calcareo evitando la formazione di agglomerati, migliorando così la lavorabilità e consentendo temperature di applicazione inferiori di 40-50°C rispetto alla pratica corrente.

TECHNOLOGIES D'ADDITIFS POUR GEO/ECO/SOCIAL CONCEPTION D'ENROBÉS BITUMINEUX

Forum Strasse, Olten, 15/03/2023

VALOCHEM
VALORIZATION OF CHEMICALS

AGENDA

VALOCHEM
VALORIZATION OF CHEMICALS

NOUVEAUX IMPACTS SUR L'INDUSTRIE DU BITUME
- **Considérations supplémentaires pour le design des enrobés**

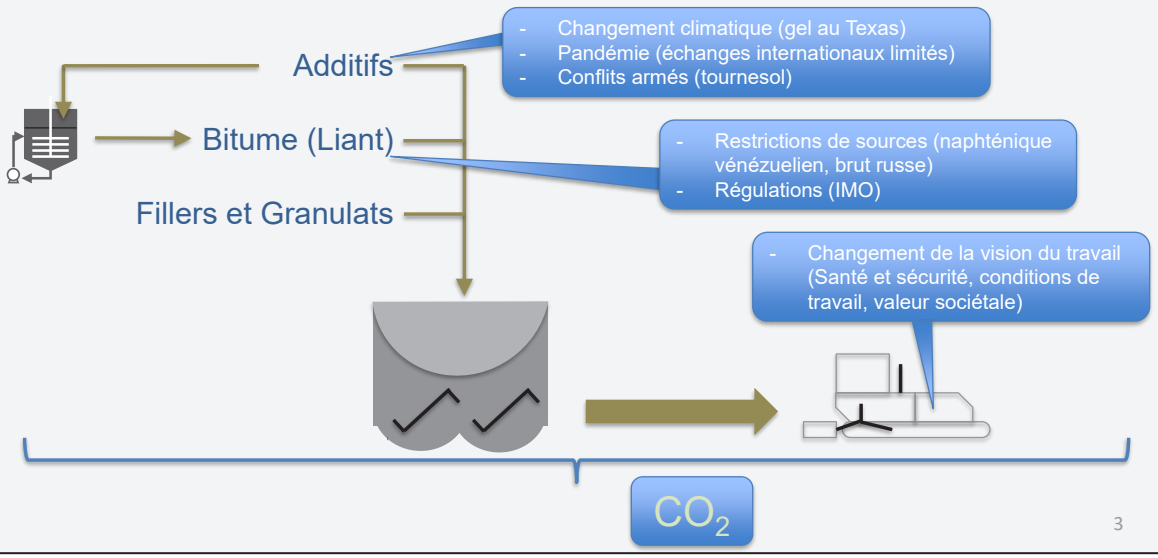
TECHNOLOGIE 1
- **Modification de bitume au PPA**

TECHNOLOGIE 2
- **Enrobés tièdes au ValoWax™ CRH**

TECHNOLOGIE 3
- **Asphalte coulé employant le RulyFalt®**

CONCLUSION

NOUVEAUX FACTEURS IMPACTANTS



3

NOUVELLES CONSIDÉRATIONS

GEOPOLITIQUE

- **Approvisionnements multiples et fiables**

ENVIRONNEMENT ➔ ECO CONCEPTION

- **Appels d'offre avec EPD (Scandinavie, NL, UK, FR)**
- **Vérification site par site**
- **Durée de vie : production à CO_2 élevée et durée de vie longue ou production à CO_2 faible et durée de vie plus courte ?**

SOCIAL

- **Compatibilité avec les valeurs sociétales**

4

EXEMPLES DE TECHNOLOGIES

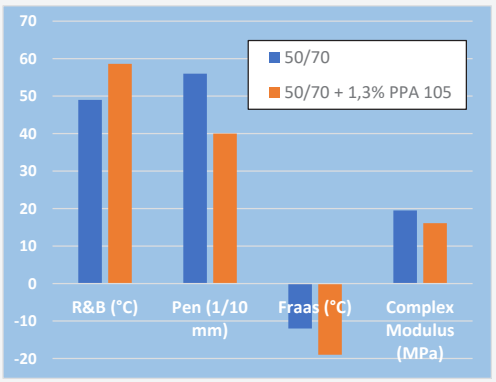
Technologie	Base minérale	Base verte	Utilisation	Usine de liant	Usine d'enrobés
PPA	X		Amélioration du IP d'un bitume **régional**	X	X
ValoWax CRH		X	Enrobés **tièdes** à **haute maniabilité manuelle**	X	X
RulyFalt®		X	Asphalte coulé **basse température**	X	X

5

TECHNOLOGIE 1

PPA : Amélioration de l'Indice de Plasticité d'un bitume régional sans dégradation des performances à froid

	Méthode	50/70	50/70 + 1,3% PPA 105
Bille anneau (°C)	EN 1427	49	58.6
Pénétrabilité (1/10 mm)	EN 1427	56	40
Fraas (°C)	EN 12593	-12	-19
Module Complexe (MPa)	EN 14770	19.5	16.1
Point Flash COC (°C)	Aashto T48	334	338
Viscosité. 135°C (mPa.s)	Aashto T316	391	791
PG		64-16	70-22
High Temperature PG	ASTM D7643	66.4	74.9
Low Temperature PG	ASTM D7643	-21.7	-22

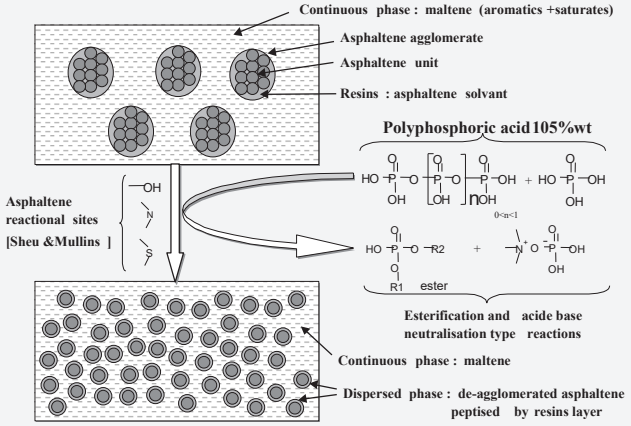


6

MECANISME D'ACTION DU PPA

DÉSAGGLOMERATION DES ASPHALTÈNES

G. Orange et al., Eurobitume 2004



R1, R2 : H or C linked to asphaltene -resines

UTILISATION DU PPA

MODIFICATION EN USINE DE LIANT OU CENTRALE D'ENROBÉS

TECHNOLOGIE 2

VALOWAX™ CRH

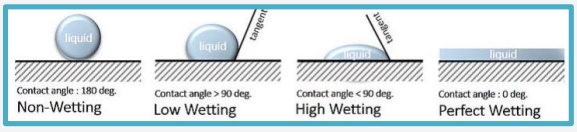
- Enrobé basse temperature à maniabilité manuelle améliorée
- Pas de changement de la température bille anneau et de la pénétrabilité du bitume
- Combinaison possible avec d'autres technologies d'enrobés tièdes
- Température de transition : 84° C
- Produit solide : 1 à 6% dans le bitume
- Pas de fumée lors de l'application

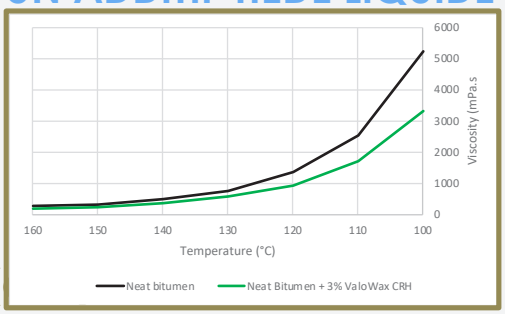
*Basé sur le brevet EP 2 062 941 A1 – Priorité 20/11/2007

9

MÉCANISME DU VALOWAX™ CRH

EFFET CUMULÉ D'UNE CIRE ET D'UN ADDITIF TIÈDE LIQUIDE

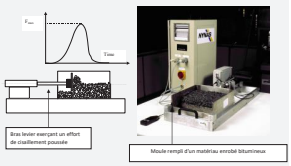


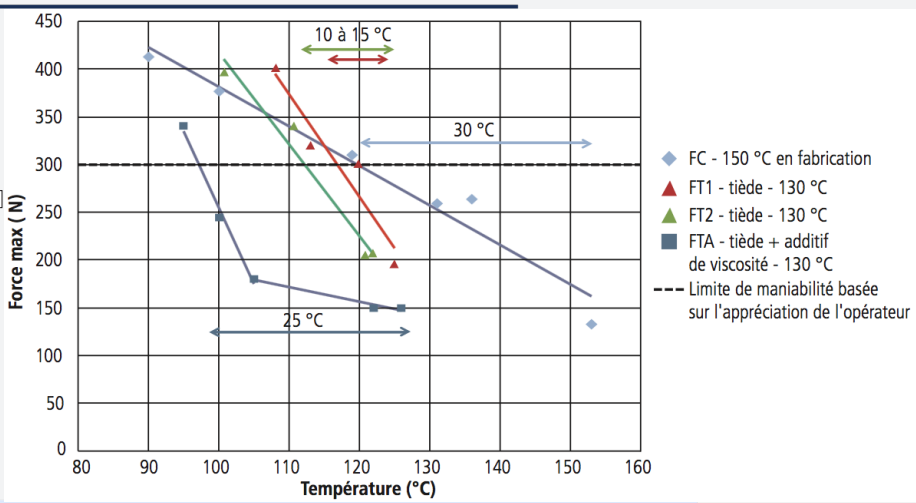


- Réduction de la viscosité (
- Changement de l'angle de contact granulats/ bitume ➔ mouillabilité accrue (additif liquide)

10

MANIABILITÉ NYNAS

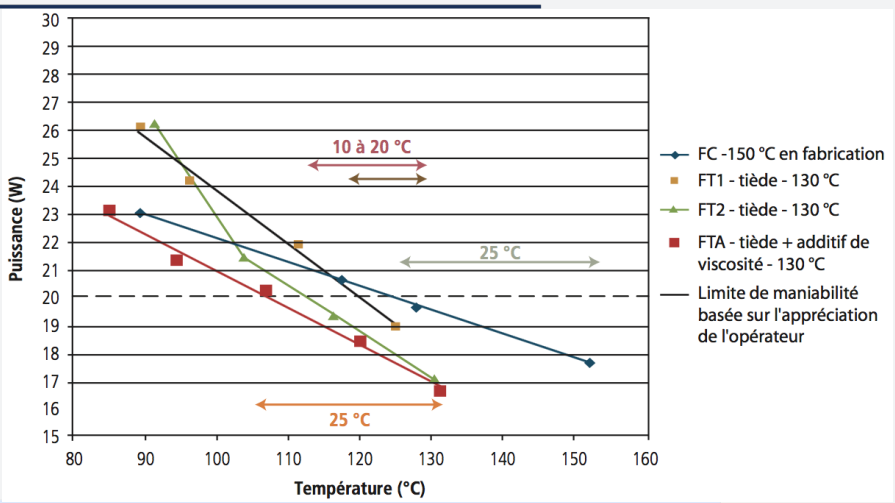




La combinaison de ValoWax CRH avec des technologies tièdes standard permet de réduire la temperature d'application de 115° C à moins de 100° C.

11

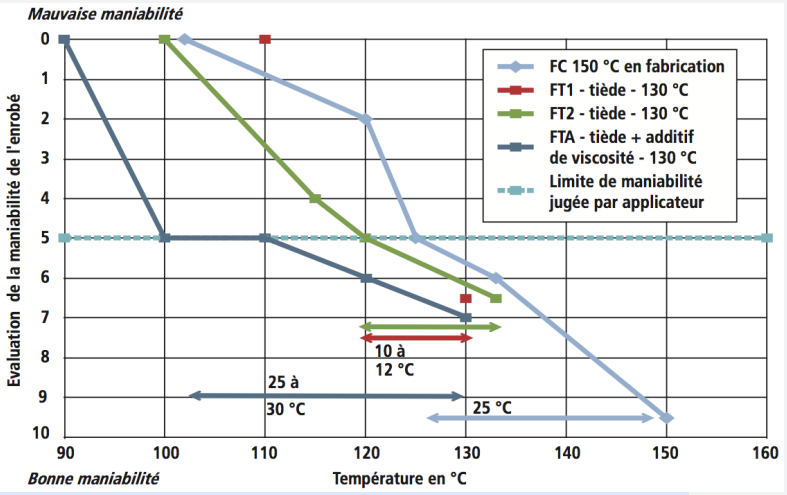
MANIABILITÉ FREUNDL



La combinaison de ValoWax CRH avec des technologies tièdes standard permet de réduire la temperature d'application de 115° C à 110° C.

12

MANIABILITE OPÉRATEUR



La combinaison de ValoWax CRH avec des technologies tièdes standard permet de réduire la temperature d'application de 120° C à 100° C.

13

PERFORMANCES MÉCANIQUES

Formules	% vides	ITSR (%)	Spécification (NF EN 13108-1)	E (MPa)		Spécification (NF EN 13108-1)
				% vides	10 °C 124 ms	
FC - chaud	2,8 %	92,1	≥ 70 %	2,8 %	11 520	≥ 7 000 MPa
FT1 - tiède - 130 °C	2,8 %	89,1		2,8 %	10 453	
FT2 - tiède - 130 °C	3,2 %	90,0		3,2 %	10 836	
FTA - tiède - 130 °C	2,4 %	99,0		2,4 %	12 590	
FTA30 - tiède - 130 °C	2,8 %	91,1		2,8 %	13 330	

Eurovia

L'utilisation de ValoWax CRH pour la fabrication d'enrobés tièdes n'impacte pas les performances mécaniques de l'enrobé.

14

TECHNOLOGIE 3

RULYFALT®

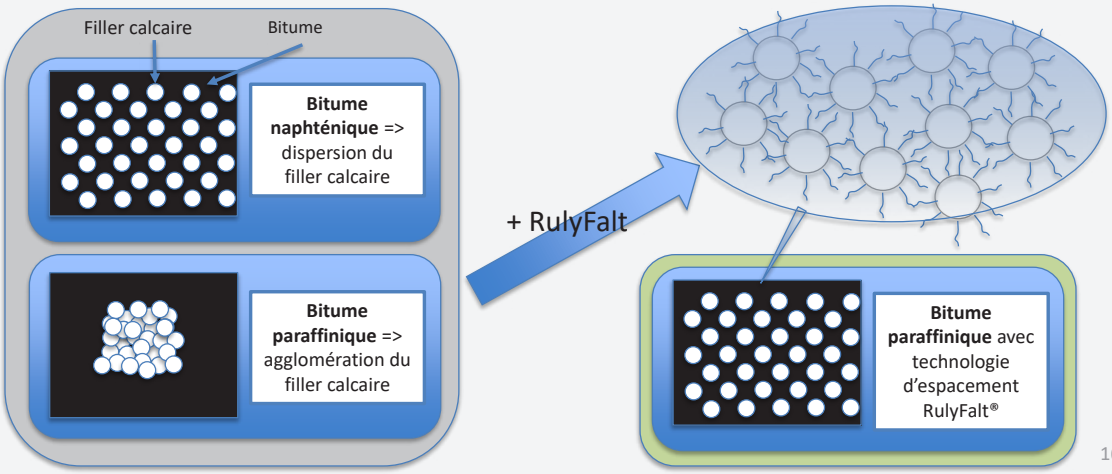
- **Asphalte coulé basse temperature avec bitume de source variable (paraffique ou naphténique)**
- **Pas d'impact sur la température bille anneau et la pénétrabilité du bitume**
- **Combinaison possible avec d'autres technologies tièdes**
- **Produit liquide : 0.5 à 1.5% dans le bitume**
- **Maniabilité accrue**
- **Fumées réduites lors de l'application**

*Basé sur le brevet WO 2018/193207 A1 – Priorité 18/04/2017

15

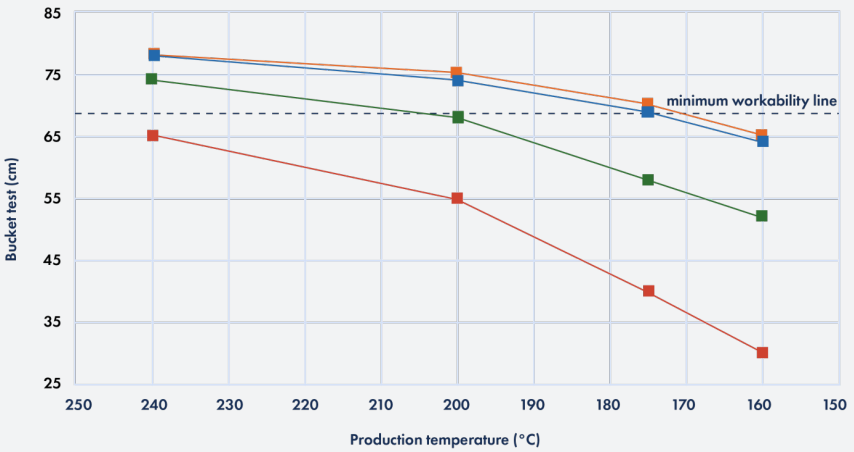
MÉCANISME DU RULYFALT®

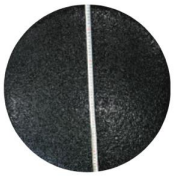
SPACEUR CHIMIQUE (ENCOMBREMENT STERIQUE)



16

TEMPÉRATURE RÉDUITE

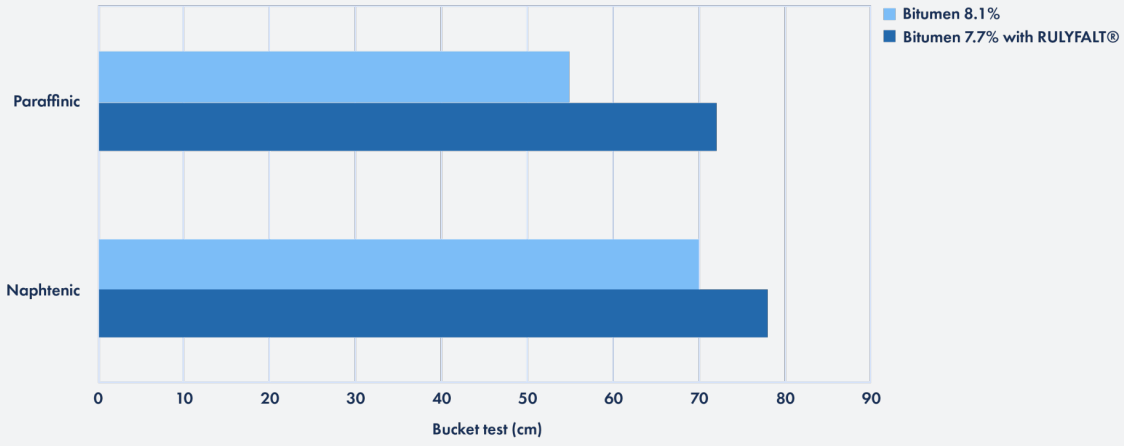




Les bitumes naphténiques et paraffiniques traités au Rulyfalt® sont opérables à 170° C et 7.7% de bitume.

17

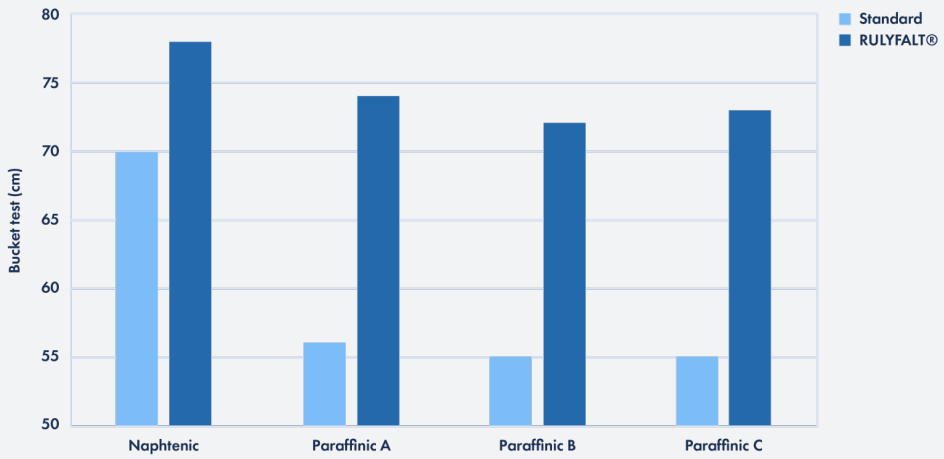
USAGE RÉDUIT EN BITUME



Les bitumes naphténiques et paraffiniques traités au Rulyfalt® ont une maniabilité améliorée à 200° C malgrè un dosage réduit en bitume.

18

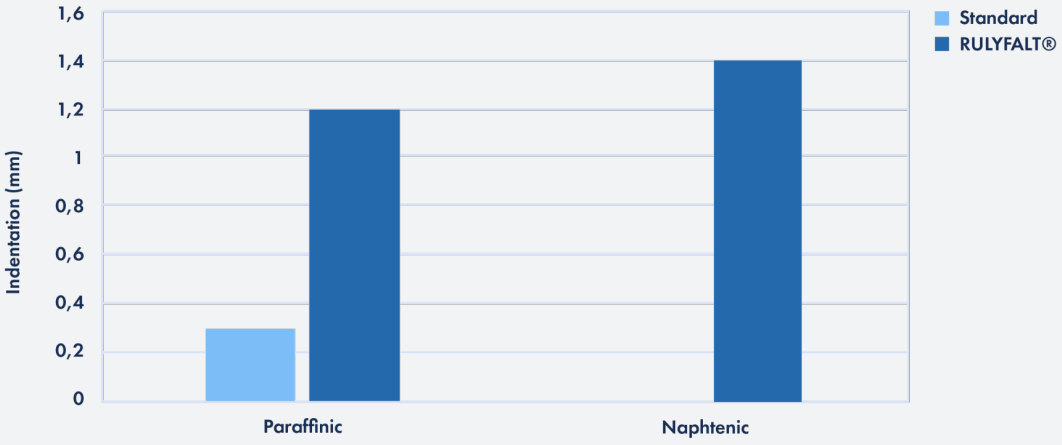
SOURCES DE BITUME



Un bitume paraffinique régional traité au Rulyfalt® peut être employé dans la fabrication d'asphalte coulé sans perte de maniabilité.

19

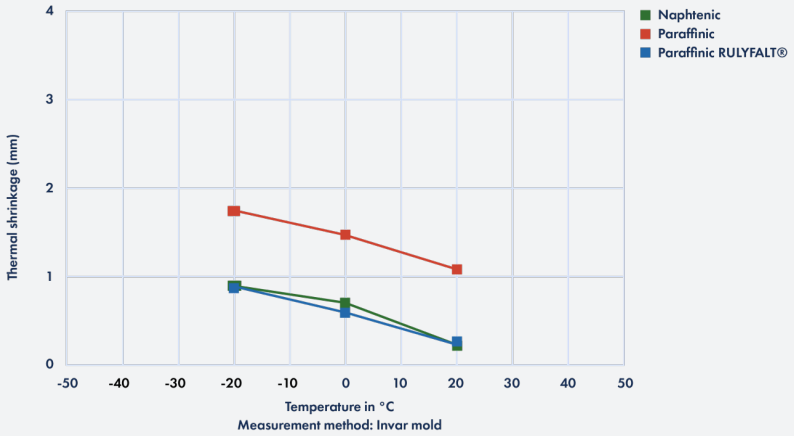
INDENTATION



RULYFALT® augmente légèrement l'indentation, mais cela reste dans les spécifications.

20

RETRAIT THERMIQUE



L'utilisation de Rulyfalt® permet de réduire significativement le retrait thermique observé avec les bitumes paraffiniques

21

IMPACT ON FUMES

WITHOUT RULYFALT®:
DOWNTOWN PARIS 2002

WITH RULYFALT®:
NANCY (EAST FRANCE) 2020

EXEMPLE DE CHANTIER 1

Quai RER station Luxembourg (PARIS)

- 1200 m² / 60 Tonnes d'asphalte coulé
- Application à 180°C
- Epaisseur 20mm
- Excellente maniabilité sans fumées dans un espace confiné

23

EXEMPLE DE CHANTIER 2

Rue Lecourbe (PARIS)

- 6000 m² / 350 Tonnes d'asphalte coulé
- Application machine à 190°C
- Epaisseur 35mm
- Excellente maniabilité sans fumée génante pour les résidents

24

CONCLUSIONS

CONCEPTION DES ENROBÉS

- Approvisionnement - CO_2 - Societé

PPA

- Amélioration du IP d'un bitume régional

ValoWax™ CRH

- Enrobé tiède à haute maniabilité manuelle

RULYFALT®

- Asphalte coulé basse température avec source de bitume flexible

25

Samuel Probst

Leiter bituminöse Baustoffe und Belagswerke
Weibel AG, Bern

Samuel Probst

«Zusätze und Additive / Sicht einer Aufbereitungsanlage»

Zusätze und Additive im Asphalt sind heute nicht mehr wegzudenken und werden zukünftig bei der Aufbereitung von bituminösem Mischgut einen immer wichtigeren Stellenwert einnehmen. Vor welche Herausforderungen stellt dies den Asphaltproduzenten?

Klassischer Asphalt besteht aus 3 Hauptkomponenten: Gesteinskörnung, Füller und Bitumen. Heute wird ein zunehmend steigender Anteil an Ausbauasphalt der neuen Mischung zugegeben. Im Mischwerk wird die Gesteinskörnung getrocknet, erhitzt und anschliessend mit Füller und Bindemittel vermischt. Wie und wo werden Additive im Aufbereitungsprozess eingebracht, welche Art von Zusätzen gibt es und welches ist ihre Wirkung?

Zusätze werden eingesetzt um die Eigenschaften von Walz- und Gussasphalten zu verbessern, sie haben Einfluss auf die Mischung oder auf das Bindemittel in der Mischung im fertig eingebauten Zustand oder auf die Rheologie beim Verarbeiten der Mischung.

Asphaltadditive kommen in flüssiger Form, als Pulver, als Granulat oder in faseriger Form vor, dies in unterschiedlichsten Lieferformen – lose, als Sackware, im Big-Bag, Kanister, Fass oder IBC-Container; all dies muss im Mischwerk korrekt gehandhabt werden:
Es werden robuste und dennoch sehr präzise, einfach zugängliche und flexibel ansteuerbare Dosier- resp. Zugabeeinrichtungen auf der Aufbereitungsanlage benötigt. Die Additive müssen zeitgenau dem Mischer oder der Bitumendosierung zugegeben werden können. Es gilt Temperaturen, Zugabesequenzen, Zugabezeitpunkte und Mischzeiten zu überwachen und einzuhalten.

Beim Umgang mit Asphaltzusätzen im Mischwerk sind auch logistische, lager- und umwelttechnische Aspekte zu berücksichtigen. Additive müssen frühzeitig bestellt und korrekt gelagert werden, einige haben ein Verfalldatum und nach dem Einsatz sollte auch ein Konzept zum Umgang mit den Verpackungen der Additive vorhanden sein…

Einfachste Zugabemöglichkeit ist eine Öffnung am Mischer, welche eine händische Zugabe von Additiven ermöglicht. Allerdings ist dies mit Personalaufwand verbunden, Arbeitssicherheit und Gesundheitsschutz sind bei einer solchen Variante kritisch zu hinterfragen.

Fast jede Mischanlage verfügt heute über eine sogenannte Granulatzugabe, mittels welcher pulverige, körnige und faserige Additive dem Mischer zugegeben werden können. Granulatzugaben können relativ einfach zu- oder ausgebaut werden, sind flexibel Aufstellbar und erlauben eine chargenweise genaue Dosierung.

Ebenfalls sehr verbreitet sind Flüssig-Additiv-Zugaben, welche die chargenweise Zugabe von flüssigen Zusätzen in die Bitumenwaage ermöglichen. Auch diese Einheiten sind einfach nachzurüsten oder erweiterbar und können flexibel im Mischwerk aufgestellt werden.

Durch den immer häufigeren Einsatz von Additiven, sind Anlagebetreiber heute ebenfalls gefragt, alternative Zugabeeinrichtungen zu entwickeln, welche den oben beschriebenen Anforderungen genügen. Fundiertes technisches Know-how, nicht nur in Anlagentechnologie aber auch bezüglich Asphalttechnologie sowie der Wille, neue Produkte selbst auszuprobieren sind für den Anlagebetreiber unabdingbar.

Bei aller Begeisterung für Technik und Bestreben, einen Mehrwert schaffen zu wollen darf nicht vergessen gehen, dass Additive die Performance und die Qualität des Mischguts verbessern sollen: Eine Entsorgung von Abfällen im Asphalt macht keinen Sinn – unsere Strassen sind keine Mülldeponien. Recycling und Nachhaltigkeit sind in aller Munde: dies gilt unbedingt auch für Zusätze im Asphalt!

Samuel Probst

«Additifs / Point de vue d'un poste d'enrobage»

Les additifs dans l'enrobé sont aujourd'hui incontournables et prendront à l'avenir une place de plus en plus importante dans la préparation des enrobés bitumineux. Quels sont les défis que cela pose aux producteurs d'asphalte ?

L'enrobé classique est constitué de trois composants principaux : granulats, filler et bitume. Aujourd'hui, une part de plus en plus importante d'agrégats d'enrobés est ajoutée au nouveau mélange. Dans la centrale d'enrobage, les granulats sont séchés, chauffés et ensuite mélangés au filler et au liant. Comment et où sont introduits les additifs dans le processus de fabrication, quels sont les types d'additifs et quels sont leurs effets ?

Les additifs sont utilisés pour améliorer les propriétés des enrobés compactés et des asphaltes coulés. Ils exercent une influence sur le mélange ou sur le liant dans le mélange à l'état fini après la pose ou sur la rhéologie lors du traitement du mélange.
Les additifs pour enrobés se présentent sous forme liquide, de poudre, de granulés ou de fibres, sous différentes formes de livraison - en vrac, en sacs, en big-bags, en bidons, en fûts ou en conteneurs IBC ; tout cela doit être manipulé correctement à la centrale d'enrobage :

Des dispositifs de dosage ou d'ajout robustes mais très précis, facilement accessibles et à commande flexible sont nécessaires sur l'installation de fabrication. Les additifs doivent pouvoir être ajoutés au malaxeur ou au dosage de bitume au moment précis. Il faut surveiller et respecter les températures, les séquences d'ajout, les moments d'ajout et les temps de mélange.

Lors de la manipulation des additifs d'enrobé dans le mélangeur, il faut également tenir compte des aspects logistiques, de stockage et environnementaux. Les additifs doivent être commandés à l'avance et stockés correctement, certains ont une date de péremption et, après leur utilisation, il faut également disposer d'un concept de gestion des emballages des additifs...

Le moyen le plus simple d'ajouter des additifs est de pratiquer une ouverture sur le malaxeur, ce qui permet d'ajouter des additifs à la main. Toutefois, cela nécessite du personnel et la sécurité au travail et la protection de la santé doivent être examinées de manière critique dans le cas d'une telle variante.

Presque toutes les centrales d'enrobage disposent aujourd'hui d'un dispositif d'ajout de granulés, qui permet d'ajouter des additifs en poudre, en grains ou en fibres au malaxeur. Les ajouts de granulés sont relativement faciles à ajouter ou à retirer, peuvent être installés de manière flexible et permettent un dosage précis par lot.

Les ajouts d'additifs liquides sont également très répandus et permettent l'ajout par lots d'additifs liquides dans la balance à bitume. Ces unités sont également faciles à équiper ultérieurement ou à étendre et peuvent être installées de manière flexible dans la centrale d'enrobage.

En raison de l'utilisation de plus en plus fréquente d'additifs, les exploitants d'installations sont aujourd'hui également invités à développer des dispositifs d'addition alternatifs qui répondent aux exigences décrites ci-dessus. Un solide savoir-faire technique, non seulement en matière de technologie des installations, mais aussi en matière de technologie de l'enrobé, ainsi que la volonté d'essayer de nouveaux produits sont indispensables pour les exploitants d'installations.

Malgré l'enthousiasme pour la technique et la volonté de créer une valeur ajoutée, il ne faut pas oublier que les additifs doivent améliorer la performance et la qualité de l'enrobé : L'élimination de déchets dans l'enrobé n'a pas de sens - nos routes ne sont pas des décharges. Le recyclage et la durabilité sont sur toutes les lèvres : cela vaut aussi pour les additifs dans l'enrobé !

Samuel Probst

«Gli additivi nell'asfalto - il punto di vista di un impianto di produzione»

Gli additivi nell'asfalto sono oggi indispensabili e in futuro svolgeranno un ruolo sempre più importante nella preparazione di miscele bituminose. Quali sfide riserva il futuro per gli impianti di preparazione?
L'asfalto tradizionale è costituito da tre componenti principali: aggregati, filler e bitume. Oggi, alla nuova miscela viene aggiunta una percentuale sempre maggiore di asfalto riciclato. Nell'impianto di preparazione, gli aggregati vengono asciugati, riscaldati e in seguito miscelati con il filler e il legante. Come e dove vengono introdotti gli additivi nel processo di preparazione, quali sono i tipi di additivi e quali sono i loro effetti?

Gli additivi sono utilizzati per migliorare le proprietà sia dell'asfalto tradizionale che dell'asfalto fuso. Influenzano le proprietà della miscela, le proprietà del legante nella miscela una volta posata e/o la reologia durante la lavorazione.

Gli additivi per asfalto sono disponibili in forma liquida, in polvere, in forma granulare o come fibre. Il tutto in varie forme di consegna: sciolti, in sacchi, big bag, fusti o in contenitori IBC; tutte queste forme devono essere gestite correttamente.

Nell'impianto di preparazione sono necessari dispositivi di dosaggio o rispettivamente di aggiunta robusti ma altamente precisi, facilmente accessibili e controllati in modo flessibile. Gli additivi devono poter essere aggiunti al miscelatore o all'unità di dosaggio del bitume al momento giusto. Le temperature, le sequenze di aggiunta, i tempi di aggiunta e i tempi di miscelazione devono essere monitorati e rispettati.

Nella gestione degli additivi, si devono considerare anche gli aspetti logistici, di stoccaggio e ambientali. Gli additivi devono essere ordinati in anticipo e conservati correttamente, alcuni hanno una data di scadenza e, dopo l'uso, deve esserci anche un concetto di gestione dell'imballaggio dell'additivo...

Il modo più semplice per aggiungere gli additivi è l'utilizzo di un'apertura nel miscelatore, che consente di aggiungere gli additivi manualmente. Tuttavia, questo richiede l'impiego di personale; la sicurezza sul lavoro e la protezione della salute devono essere esaminate in modo critico nel caso di una tale variante.

Quasi tutti gli impianti di miscelazione oggi dispongono di un dispositivo di aggiunta di granuli, che consente di aggiungere al miscelatore additivi in polvere, in grani o in fibre. I dispositivi di aggiunta granuli sono relativamente facili da montare o rimuovere, possono essere installati in modo flessibile e consentono un dosaggio accurato.

I dosatori di additivi liquidi sono a loro volta molto diffusi e consentono l'aggiunta in lotti di additivi liquidi sulla bilancia del bitume. Anche queste unità sono facili da adattare o espandere e possono essere installate in modo flessibile nell'impianto di miscelazione.

A causa del crescente utilizzo di additivi, i gestori degli impianti sono ora chiamati a sviluppare dispositivi di aggiunta alternativi che soddisfino i requisiti sopra descritti. Un solido know-how tecnico, non solo nella tecnologia degli impianti ma anche in quella dell'asfalto, e la volontà a sperimentare nuovi prodotti sono indispensabili per gli operatori degli impianti.

Nonostante l'entusiasmo per la tecnologia e il desiderio di creare valore aggiunto, non bisogna dimenticare che gli additivi devono migliorare le prestazioni e la qualità dell'asfalto. Smaltire i rifiuti nell'asfalto non ha senso - le nostre strade non sono discariche. Riciclaggio e sostenibilità sono sulla bocca di tutti: questo vale anche per gli additivi nell'asfalto!

ASPHALT DER ZUKUNFT

Zusätze und Additive

Sicht einer Aufbereitungsanlage

Samuel Probst, Leiter bituminöse Baustoffe und Belagswerke,
Weibel AG

Zusätze und Additive
Sicht einer Aufbereitungsanlage

- Einführung: Asphalt - Asphaltmischwerke
- Weshalb Zusätze und Additive: Einfluss / Wirkung
- Art und (Liefer-)Formen von Zusätzen und Additiven
- Zugabe resp. Dosierung im Mischwerk
- Vorhalten / Lagerung
- Ausblick und Fazit

Was ist Asphalt?

(sämtliche Bilder: Internet Bildsuche nach Thema)

Gesteinskörnung

\+

Füller

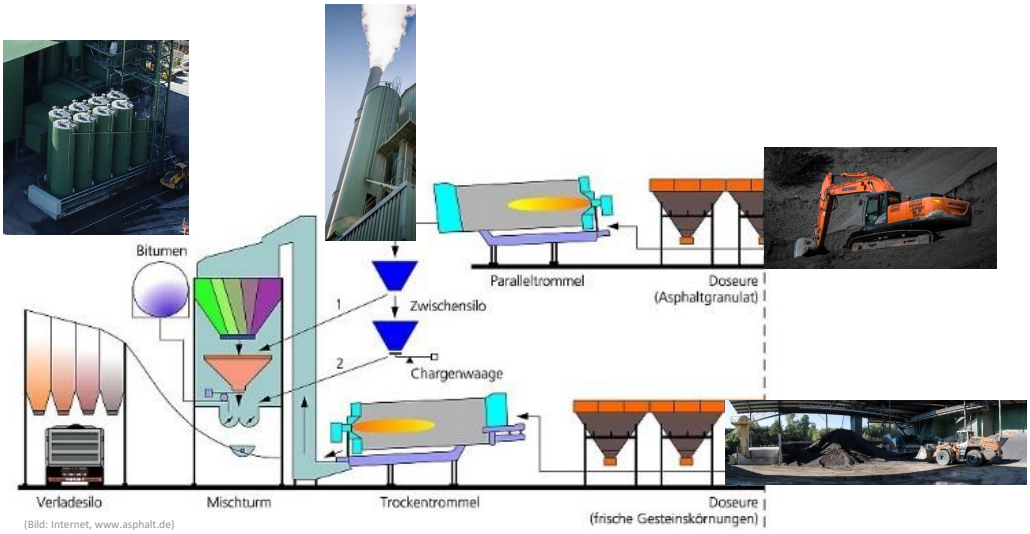
\+

Bitumen

\+

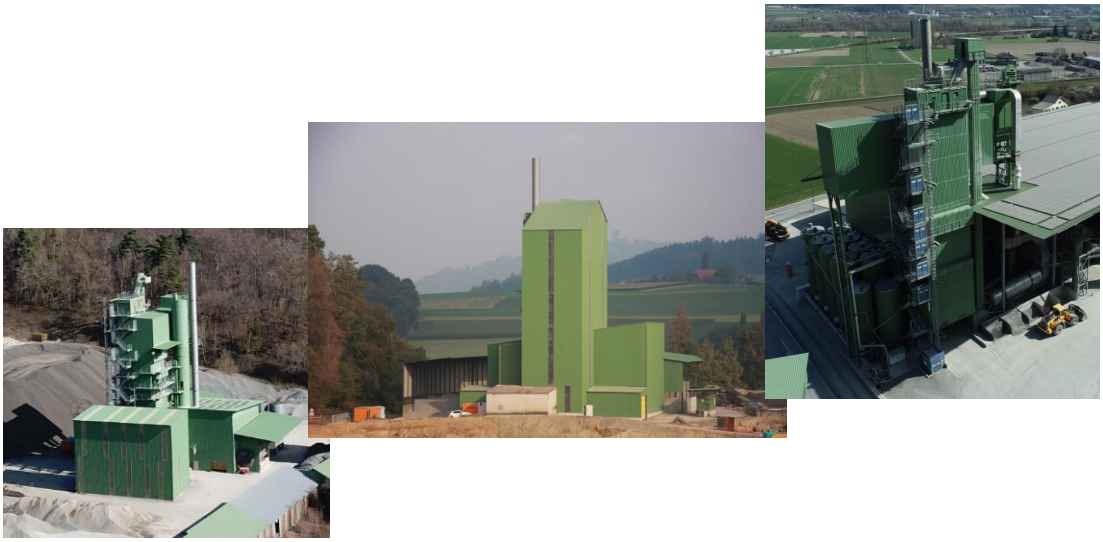
RAP

Wie wird Asphalt aufbereitet?



(Bild: Internet, www.asphalt.de)

Aktuelle Asphaltmischwerke

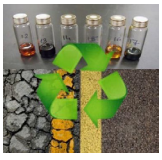


Weshalb Zusätze und Additive?

Einsatz zur Verbesserung oder Veränderung der Eigenschaften von Walz- und Gussasphalt.

Einfluss / Wirkung kann in 3 Kategorien eingeteilt werden:

- Wirkung auf die Asphaltmischung (A)
- Wirkung auf Bindemittel (B)
- Wirkung auf die Verarbeitbarkeit / Verdichtung (V)

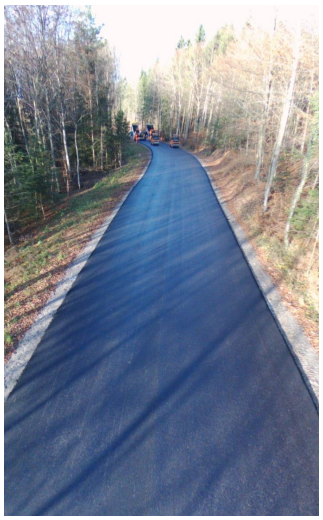


(sämtliche Bilder: Internet Bildsuche nach Thema)

Einfluss / Wirkung

Wirkung auf die Asphaltmischung (A)

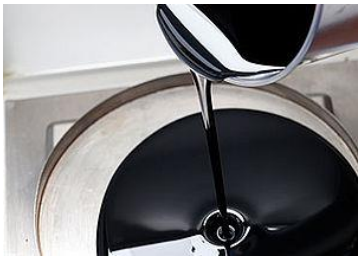
- Erhöhung Standfestigkeit (-> Widerstand gegen bleibende Verformungen)
- Verbesserung Tieftemperaturverhalten
- Armierung Mischgutstruktur
- Verhindern von Bitumenablauf
- Erhöhung Dicke Bindemittelfilm
- Reduktion Kornausbruch an der Belagsoberfläche
- Färbung der Asphaltmischung
- Gestaltung von Asphaltoberflächen
- Hitzereduktion (Wärmeinseln)
- Lärmreduktion von Asphaltfahrbahnen



Einfluss / Wirkung

Wirkung auf Bindemittel (B)

- Verbesserung Affinität zwischen Gestein und Bindemittel
- Verhärtung von Bitumen (-> Erhöhung Verformungsbeständigkeit)
- Verminderung Bitumenalterung
- Verjüngung von Bitumen

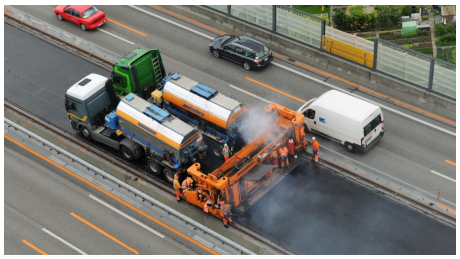


(sämtliche Bilder: Internet, www.eurobitume.eu)

Einfluss / Wirkung

Wirkung auf Verarbeitbarkeit / Verdichtung (V)

- Verdichtungshilfe
- Verbesserung Verarbeitbarkeit / Fliessverhalten von Gussasphalt
- Viskositätsregulierung -> Niedertemperatur-Asphalt
- Vermindern von Fliessen Gussasphalt im Gefälle



Zusätze und Additive

kommen in diversen Formen daher:

Lieferformen:

- flüssig -> Kanister, Fässer, IBC-Container

- Pulver / staubförmig -> Sackware, Big-Bag

- Granulat / körnig -> lose, Sackware, Big-Bag

- Faser / faserig -> (lose), Sackware, Big-Bag

(sämtliche Bilder: Internet Bildsuche nach Thema)

Dosierung im Mischwerk

Grundsätzlich werden alle Zusätze entweder

der **Asphaltmischung (im Mischer)**

oder

dem **Bitumen (Tank oder Dosiereinrichtung)**

zugegeben.

Dafür benötigt ein Mischwerk diverse Zugabeeinrichtungen…

Dosierung im Mischwerk

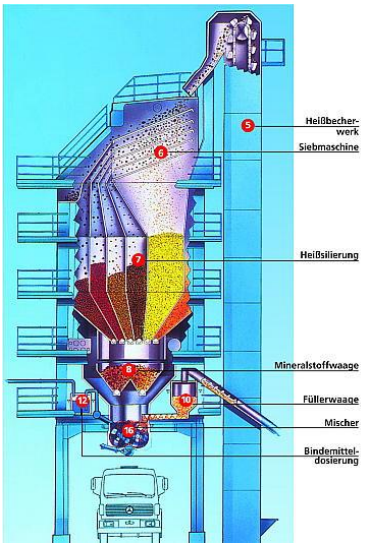
ADDITIV-ZUGABE

Bei vielen Additiven spielen nebst der genauen Dosiermenge auch folgende Punkte eine zentrale Rolle:

- Zugabezeitpunkt
- Zugabesequenz
- Trocken- / Nassmischzeiten

➔flexible und präzise Zugabeeinrichtungen

➔Anlagesteuerung muss entsprechende Parametrierung erlauben



(Bild: Internet, www. asphalt.de)

Dosierung im Mischwerk

Einfachste Zugabeeinrichtung:

ÖFFNUNG AM MISCHER

- praktisch auf jeder Mischanlage vorhanden
- ermöglicht eine händische Zugabe von Additiven
- deckt alle Additivformen ab
  - flüssig ✓
  - Pulver ✓
  - körnig ✓
  - faserig ✓

aber…

(Bild: Internet Bildsuche nach Thema)

Dosierung im Mischwerk

Die wohl verbreitetste Zugabeeinrichtung:

GRANULATZUGABE

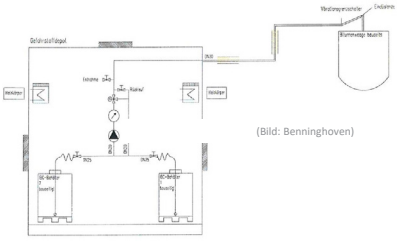
- automatische Dosierung und Zugabe von pulvrigen, körnigen und faserigen Additiven
- chargenweise Dosierung
  Eintrag in den Mischer via Schnecke
- einfach nachrüstbar auf bestehenden Mischwerken (Retrofit) dank flexibler Anordnung / Aufstellung
- Ausbaubar auf 2 Komponenten
- Vorsicht vor Verstopfungen / Verklebungen!

(Bilder: Benninghoven)

Dosierung im Mischwerk

FLÜSSIG-ADDITIV-ZUGABE

- automatische Dosierung und Zugabe von flüssigen Additiven
- chargenweise Dosierung
  Eintrag in die Bitumenwaage
- nachrüstbar auf bestehenden Mischwerken (Retrofit) dank flexibler Anordnung / Aufstellung
- Ausbaubar auf mehrere Komponenten
- Isolation / Beheizung Lagercontainer sowie Dosierleitungen!
- Korrekte Lagerung Additiv-Behälter!



(Bild: Benninghoven)

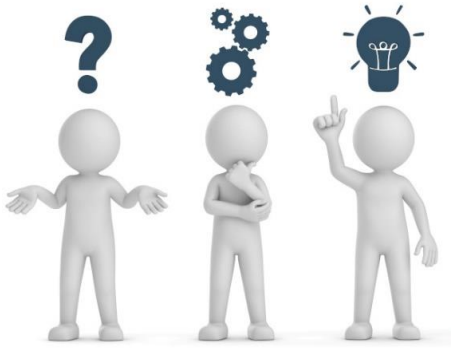
(Bild: Internet, www.protecto.de)

Dosierung im Mischwerk

Weitere ADDITIV-ZUGABEEINRICHTUNGEN

Aufgrund der immer häufigeren Verwendung von Additiven sind gute, innovative Ideen für Zugabeeinrichtungen gefragt! Diese müssen vielfältigen Anforderungen genügen:

- Robust / Zuverlässig
- Dosiergenauigkeit
- Einfaches Handling / Beschickung
- Flexibilität / Multi-Nutzung
- Zugänglichkeit für Wartung
- Arbeitssicherheit
- Umweltkonformität (Lagerung)



Vorhalten / Lagerung

Durch die ständig steigende Anzahl an verschiedenen Asphalt-Additiven wird das genaue Vorhalten und die Lagerung der Zusätze ein immer wichtigeres «Detail» für das Mischwerk:

- Verfügbarkeit / Lieferfristen
- Lagerung: Sonneneinstrahlung, Lagertemperatur, Frost, Feuchtigkeit, Verfalldatum, …
- Lieferform: Verpackung -> Rücknahme!

(sämtliche Bilder: Internet Bildsuche nach Thema)

Ausblick und Fazit

- Zusätze und Additive im Asphalt sind heute nicht mehr wegzudenken und werden zukünftig bei der Aufbereitung von bituminösen Mischungen einen immer wichtigeren Stellenwert einnehmen.
- Die Anforderungen an das Mischwerk und den Anlagenbetreiber steigen:
  Fundiertes technisches Know-how sowohl in Anlagentechnologie als auch bezüglich Asphalttechnologie, Forschungs- und Innovationswille sowie moderne, flexible und leistungsfähige Zugabeeinheiten auf der Anlage sind unabdingbar.
- Bei aller Begeisterung für Technik sowie Bestreben, einen Mehrwert schaffen zu wollen:
  Additive sollen die Qualität des Mischguts verbessern – eine reine Entsorgung von Abfällen im Asphalt macht keinen Sinn: unsere Strassen sind keine Mülldeponien!
- Recycling und Nachhaltigkeit sind in aller Munde: dies gilt unbedingt auch für Zusätze im Asphalt!

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Mohammed Ammadi

Dipl.-Ing., Application Advisor Europe
Shell Bitumen Europa, Hamburg (DE)

Mohammed Ammadi

«Neue Entwicklungen der Bitumenindustrie»

Bekanntlich hängt die Bitumenqualität sehr stark ab von der Rohölqualität sowie Rohölprovenienz. Manch Rohöle enthalten kaum Bitumen, andere paraffinisches und andere wiederum naphtenisches Bitumen, letzteres gibt es kaum noch aufm EU-Markt.

Die Bitumenqualität wurde über die Jahre kaum verändert, auch die dazugehörige Norm EN 12591 kaum, gleichzeitig sind die Herausforderungen für Bitumen und Asphalt massiv gestiegen (Anstieg des Strassenverkehrs und insbesondere der LKW-Verkehr, starke Temperaturschwankungen durch Klimawandel). Fahrbahnschäden wie Verformungen und Risse können durch die Wahl der richtigen Baustoff vermieden werden.

Im Gegensatz zu den unmodifizierten Bitumen, erlebten die polymermodifizierte Bitumen (PMBs) eine grosse entwicklung in den letzten Jahren: Angefangen mit den PMB-C über PMB-E bis zu den PMB-E H. Diese Entwicklung kommt einerseits durch die strengen Anforderungen am Asphalt, aber auch durch das verwenden von immer mehr AG aus alten Asphaltstrassen. Polymermodifizierte Bitumen sind mittlerweile unverzichtbar und zeichnen sich durch erhöhte Strapazierfähigkeit, Festigkeit und Temperaturstabilität aus. Der Trend geht immer weiter in Richtung mehr recycling, d.h. Einsatz von immer weniger frischem Bindemittel, was aber sehr hohe Anforderungen erfüllen muss.

Andere Herausforderungen für Bitumen und Asphalt sind die staatlichen Vorgaben zur Einhaltung von Umweltzielen und Gesundheitsschutz sowie Ressourcenschonung und Förderung der Kreislaufwirtschaft. Hier lautet das Motto: Alles was nicht vermieden werden kann, soll zumindest reduziert und gegebenfalls Kompensiert. Darüber hinaus stellen die wirtschaftlichen Rahmenbedingungen wie steigende Energie, Beschaffungspreise sowie Rohstoffmangel und Lieferkettenprobleme eine grosse Hürde dar.

All das ruft lautstark nach neuen Technologien und Innovationen im Bitumensektor! Die Nachfrage nach performanceorioentierten Bindemitteln wird immer grösser. Aus dem Grund wurden in den letzten 5 Jahren eine Reihe von neuen Bindemitteln entwickelt.

EME-Beläge oder „Enrobés bitumineux à Module Elevé“ haben sich als Robuste Tragschichten in Asphaltstrassen bis 600 m gut bewährt und werden meist auf Autobahnen eingesetzt, dort wo die Beanspruchungen am grössten sind. Hierfür werden in der Schweiz hauptsächlich Bitumen 10/20 und 5/15 eingesetzt. Ziel ist es in den meisten Fällen möglichst viel recyclingsmaterial beizumischen.

Für die Herstellung des Bitumens für EME-Beläge, werden ausgewählte Rohstoffe sowie das richtige Herstellungsverfahren eingesetzt. Ein möglichst harte Penetration ermöglichst höhe Recyclingsraten, allerdings soll hier das Tieftemperaturverhalten nicht ausser Acht gelassen werden. Dies ist insbesondere wichtig in Höhenlagen über 600 m über dem Meeresspiegel, wo das Tieftemperaturverhalten des eingesetzten Bindemittels ausschlaggebend ist, um Risse im Asphalt zu vermeiden. Als Bindemittel kommen in Frage hochpolymermodofizierte Bindemitteln wie das PMB EME, aber auch das Multigarde 10/20. Solche Produkte wurden bereits erfolgreich verwendet und erfüllen alle Anforderungen gemäss SN Norm für EME. Trotz tiefem Penetrationswert zeigen diese Produkte ein hervorragendes Tieftemperaturverhalten.

Mohammed Ammadi

Zur Förderung der Kreislaufwirtschaft drängt sich eine Erhöhung der Zugabemengen von Ausbauasphalt auf, um den Überschuss am Ausbauasphalt (in CH: ½Million t) zu reduzieren und die Ausbauasphaltberge klein wie möglich zu halten. Höhere Recyclingsraten sind erwünscht und machbar mit den neuen PMB E H (hochpolymermodifizierten Bitumen). Der trend ist, hochwertige Bindemittel einzusetzen, um die Qualität des gealterten Bindemittels aus dem Recycling zu erhöhen. Die neusten Entwicklungen (PMB E H) mit extrem erhöhtem Polymergehalt sowie ausgewählten Polymeren und techniken, erfüllen die in der neuen SN Norm angepassten Anforderungen am extrahierten Bitumen trotz höhem AG-Anteil und/oder Schwankungen in der AG-Qualität.

Neben den unmodifizierten weichen Bitumen (B 250/330 bis B 650/900) werden auch vermehrt sehr weiche PMB RC E H (PMB RC 250 H und PMB RC 350 H) für eine maximale Wiederverwendung sowie zur Erhaltung der Asphaltqualität und zur Erfüllung der Asphaltanforderungen eingesetzt. PMB RC 250 H und PMB RC 350 H sind dafür gut geeignet, einerseits das verhärtete Bitumen aus dem Asphaltgranulat aufzufrischen/erweichen, andereseits das zerstörte Poylmernetzwerk aus dem alten Asphalt zu „Reparieren“ und die wichtigsten Polymerbrücken erneut zu aktivieren.

Ein hochbrisantes und aktuelles Thema momentan sind Deckschichten mit Gussasphalt. Letztere sind dichte, alterungsresistente und strapazierfähige Asphaltbeläge mit erhöhter Lebensdauer. Gussasphaltbeläge weisen etwa doppelte Lebensdauer auf als Standard Asphalte. Aus dem Grund gibt es Bestrebungen die Gussasphaltbauweise auf nationalen Strassen weiter zu fördern! Problematisch bei der Gussasphaltbauweise ist die Verarbeitbarkeit sowie der Lärmpegel.

In den letzten Jahren wurde Gussasphalt zum grössten Teil mit naphthenischen Bitumen hergestellt, dafür spricht die hervorragende Verarbeitbarkeit. Die eingeschränkte Verfügbarkeit von naphthenischem Bitumen zwingt uns zum Umdenken. Naphthenische Bitumen enthalten spezielle Moleküle, die wir in unserem F&E-Labors bei der Shell chemisch nachzustellen versuchen. Erste Ergebnisse sind erfolgsversprechend.

Eine Kreislaufwirtschaft strebt die längst mögliche Nutzung von Produkten und Rohstoffen an, sie soll aber mehr sein als nur Recycling! Hier spielt die Alterung von Bitumen eine grosse Rolle. Diese kann die Lebensdauer von Asphaltstrassen stark beeinträchtigen. Als Lösungsansatz kommen hier Additive zur Geltung, die das Alterungsverhalten von Bitumen hemmen bzw. verlangsamen. Das Produkt AgeSafe, wie der Name schon sagt, ist ein Bindemittel, was eine starke Resistenz gegenüber Alterung aufweist. Der Effekt bei AgeSafe greift von Mischprozess bis Ende des Fahrbahn-Lebenszyklus. Eine verlangsamte Alterung des Asphaltbelages bedeutet eine längere Lebensdauer der Asphaltstrasse. Hierdurch werden nicht nur die Aufwendungskosten reduziert, sondern auch der CO2 Bilanz verbessert.

Mohammed Ammadi

«Nouveaux développements de l'industrie du bitume»

Comme on le sait, la qualité du bitume dépend fortement de la qualité et de la provenance du pétrole brut. Certains pétroles bruts ne contiennent pratiquement pas de bitume, d'autres contiennent du bitume paraffinique et d'autres encore du bitume naphténique, ce dernier n'étant pratiquement plus disponible sur le marché européen.

La qualité du bitume n'a guère évolué au fil des ans, pas plus que la norme EN 12591 qui s'y rapporte, alors que les défis auxquels sont confrontés le bitume et l'asphalte ont considérablement augmenté (augmentation du trafic routier et notamment du trafic de poids lourds, fortes variations de température dues au changement climatique). Les dommages à la chaussée tels que les déformations et les fissures peuvent être évités en choisissant le bon matériau de construction.

Contrairement aux bitumes non modifiés, les bitumes modifiés par des polymères (PmB) ont connu un développement important au cours des dernières années : En commençant par les PmB-C, puis les PmB-E et enfin les PmB-E H. Cette évolution est due d'une part aux exigences strictes en matière d'enrobé compacté, mais aussi à l'utilisation de plus en plus d'agrégats d'enrobés provenant d'anciennes routes. Les bitumes modifiés par des polymères sont devenus incontournables et se caractérisent par une résistance accrue à l'usure, une solidité et une stabilité thermique. La tendance est de plus en plus au recyclage, c'est-à-dire à l'utilisation de moins en moins de liant frais, qui doit cependant répondre à des exigences très élevées.
D'autres défis pour le bitume et l'asphalte sont les directives de l'État concernant le respect des objectifs environnementaux et la protection de la santé ainsi que la préservation des ressources et la promotion de l'économie circulaire. Ici, la devise est la suivante : tout ce qui ne peut pas être évité doit au moins être réduit et, le cas échéant, compensé. En outre, les conditions économiques générales telles que l'augmentation de l'énergie, les prix d'achat ainsi que le manque de matières premières et les problèmes de chaîne d'approvisionnement constituent un obstacle majeur.

Tout cela appelle à grands cris de nouvelles technologies et des innovations dans le secteur du bitume ! La demande de liants orientés vers la performance est de plus en plus importante. C'est pourquoi toute une série de nouveaux liants ont été développés au cours des cinq dernières années.
Les revêtements EME ou "Enrobés bitumineux à Module Elevé" ont bien fait leurs preuves en tant que couches de base robustes dans les routes en enrobé compacté jusqu'à 600 m et sont généralement utilisés sur les autoroutes, là où les sollicitations sont les plus importantes. Pour cela, on utilise principalement en Suisse des bitumes 10/20 et 5/15. L'objectif est, dans la plupart des cas, d'ajouter le plus possible de matériaux recyclés.

Pour la fabrication du bitume destiné aux revêtements EME, on utilise des matières premières sélectionnées ainsi que le procédé de fabrication adéquat. Une pénétration aussi dure que possible permet d'atteindre des taux de recyclage élevés, mais il ne faut pas négliger le comportement à basse température. Ceci est particulièrement important à des altitudes supérieures à 600 m au-dessus du niveau de la mer, où le comportement à basse température du liant utilisé est décisif pour éviter les fissures dans l'enrobé. Les liants envisageables sont des liants à modulation polymère élevée comme le PmB EME, mais aussi le Multigarde 10/20. De tels produits ont déjà été utilisés avec succès et répondent à toutes les exigences de la norme SN pour l'EME. Malgré une faible valeur de pénétration, ces produits présentent un excellent comportement

Mohammed Ammadi

Afin de promouvoir l'économie circulaire, il est nécessaire d'augmenter les quantités d'agrégats d'enrobés ajoutés afin de réduire l'excédent d'enrobé bitumineux (en CH : ½ million de tonnes) et de maintenir les montagnes d'agrégats d'enrobés aussi petites que possible. Des taux de recyclage plus élevés sont souhaités et réalisables avec les nouveaux PmB E H (bitumes modifiés par de hauts polymères). La tendance est d'utiliser des liants de haute qualité afin d'augmenter la qualité du liant vieilli issu du recyclage. Les derniers développements (PmB E H) avec une teneur en polymère extrêmement élevée ainsi que des polymères et des techniques sélectionnés répondent aux exigences de la nouvelle norme SN pour le bitume extrait malgré une teneur élevée en agrégats d'enrobés et/ou des variations de la qualité des agrégats d'enrobé.

Outre les bitumes tendres non modifiés (B 250/330 à B 650/900), les PmB RC E H très tendres (PmB RC 250 H et PmB RC 350 H) sont de plus en plus utilisés pour une réutilisation maximale ainsi que pour préserver la qualité de l'enrobé bitumineux et répondre aux exigences en matière d'enrobé compacté. Les PmB RC 250 H et PmB RC 350 H sont bien adaptés pour, d'une part, rafraîchir/ramollir le bitume durci des agrégats d'enrobés et, d'autre part, "réparer" le réseau de polymères détruit de l'ancien enrobé et réactiver les principaux ponts polymères.

Les couches de roulement en asphalte coulé sont actuellement un sujet d'actualité très brûlant. Ces derniers sont des revêtements bitumineux denses, résistants au vieillissement et à l'usure, avec une durée de vie accrue. Les revêtements en asphalte coulé ont une durée de vie environ deux fois plus longue que les enrobés compactés standards. C'est la raison pour laquelle on s'efforce de promouvoir davantage la construction en asphalte coulé sur les routes nationales ! Le problème de l'asphalte coulé est sa maniabilité et son niveau de bruit.

Ces dernières années, l'asphalte coulé a été fabriqué en grande partie avec du bitume naphténique, ce qui s'explique par son excellente maniabilité. La disponibilité limitée du bitume naphténique nous oblige à changer de mentalité. Les bitumes naphténiques contiennent des molécules spéciales que nous essayons de reproduire chimiquement dans notre laboratoire R&D de Shell. Les premiers résultats sont prometteurs.

Une économie circulaire vise l'utilisation la plus longue possible de produits et de matières premières, mais elle doit être plus qu'un simple recyclage ! Le vieillissement du bitume joue ici un rôle important. Celui-ci peut fortement compromettre la durée de vie des routes en enrobé bitumineux. La solution consiste à utiliser des additifs qui inhibent ou ralentissent le comportement de vieillissement du bitume. Le produit AgeSafe, comme son nom l'indique, est un liant qui présente une forte résistance au vieillissement. L'effet d'AgeSafe s'étend du processus de mélange à la fin du cycle de vie de la chaussée. Un vieillissement ralenti du revêtement de l'enrobé bitumineux signifie une durée de vie plus longue de la route en enrobé compacté. Cela permet non seulement de réduire les coûts d'investissement, mais aussi d'améliorer le bilan carbone.

Mohammed Ammadi

«Nuovi sviluppi nell'industria del bitume»

È noto che la qualità del bitume dipende molto dalla qualità e dalla provenienza del petrolio. Alcune tipologie di greggio non contengono quasi bitume, altri bitume paraffinico e altri ancora bitume naftenico, quest'ultimo difficilmente disponibile sul mercato dell'UE.

La qualità del bitume è rimasta praticamente stabile nel corso degli anni, così come la norma EN 12591 ad esso associata, ma allo stesso tempo le sfide per il bitume e l'asfalto sono aumentate in modo massiccio (aumento del traffico stradale e in particolare di quello degli autocarri, forti oscillazioni di temperatura dovute ai cambiamenti climatici. I danni alla pavimentazione, come le deformazioni e le fessurazioni, possono essere evitati scegliendo il giusto materiale da costruzione.

A differenza dei bitumi non modificati, i bitumi modificati con polimeri (PMB) hanno conosciuto un grande sviluppo negli ultimi anni: a partire dal PMB-C, passando per il PMB-E, fino al PMB-E H. Questo sviluppo deriva da un lato dai severi requisiti dell'asfalto, ma anche dall'utilizzo di un numero sempre maggiore di asfalto riciclato proveniente da vecchie pavimentazioni. I bitumi modificati con polimeri sono ormai indispensabili e sono caratterizzati da una maggiore robustezza, resistenza e stabilità alla temperatura. La tendenza si sta spostando verso un maggiore riciclo, cioè verso l'utilizzo di una quantità sempre minore di legante fresco, che deve soddisfare standard molto elevati.

Altre sfide per il bitume e l'asfalto sono i requisiti governativi per il rispetto degli obiettivi ambientali e la tutela della salute, nonché la conservazione delle risorse e la promozione dell'economia circolare. Qui il motto è: tutto ciò che non può essere evitato deve essere almeno ridotto e, se necessario, compensato. Inoltre, le condizioni economiche generali, come l'aumento dei prezzi dell'energia e degli approvvigionamenti, nonché la carenza di materie prime e i problemi della catena di approvvigionamento, rappresentano un ostacolo importante.

Tutto ciò richiede a gran voce nuove tecnologie e innovazioni nel settore del bitume! La domanda di leganti orientati alle prestazioni è in crescita. Per questo motivo, negli ultimi cinque anni sono stati sviluppati una serie di nuovi prodotti.

Le pavimentazioni EME, o "Enrobés bitumineux à Module Elevé", si sono affermate come robusti strati di base nelle strade asfaltate fino a 600 m e sono utilizzate soprattutto sulle autostrade, dove le sollecitazioni sono maggiori. In Svizzera si utilizzano soprattutto bitumi 10/20 e 5/15. Nella maggior parte dei casi, l'obiettivo è quello di miscelare il più possibile asfalto riciclato (RAP).
Per la produzione di bitume per pavimentazioni EME si utilizzano materie prime selezionate e il giusto processo produttivo. Una penetrazione minore possibile consente di ottenere elevati tassi di riciclaggio, ma non bisogna però trascurare il comportamento alle basse temperature. Questo aspetto è particolarmente importante ad altitudini superiori a 600 m, dove il comportamento alle basse temperature del legante utilizzato è fondamentale per evitare fessurazioni nell'asfalto. Come leganti si possono utilizzare leganti modificati con polimeri elevati come il PMB EME, ma anche il Multigarde 10/20. Questi prodotti sono già stati utilizzati con successo e soddisfano tutti i requisiti previsti dalla norma SN per gli EME. Nonostante il basso valore di penetrazione, questi prodotti mostrano un eccellente comportamento alle basse temperature.

Per promuovere l'economia circolare, è necessario aumentare le quantità di riciclo, sia per ridurre l'eccedenza di materiale riciclato (in CH: ½ milione di t) sia per limitare il più possibile i volumi dei depositi di RAP. Tassi di riciclaggio più elevati sono auspicabili e fattibili con il nuovo PMB E H (bitume altamente modificato). La tendenza è quella di utilizzare leganti di alta qualità per aumentare la qualità del legante invecchiato proveniente dal riciclo. Gli ultimi sviluppi (PMB E H), con un contenuto di polimeri estremamente elevato e polimeri e tecniche selezionati, soddisfano i requisiti della nuova norma SN per il bitume estratto nonostante l'elevato contenuto di RAP e/o le fluttuazioni della qualità dell' asfalto riciclato.

Oltre ai bitumi morbidi non modificati (da B 250/330 a B 650/900), i PMB RC E H molto morbidi (PMB RC 250 H e PMB RC 350 H) sono sempre più utilizzati per il massimo riutilizzo e per mantenere la qualità dell'asfalto e soddisfare i requisiti normativi. I PMB RC 250 H e PMB RC 350 H sono particolarmente indicati per ringiovanire/ammorbidire il bitume indurito del materiale riciclato, da un lato, e per "riparare" la rete di polimeri distrutta del vecchio asfalto e riattivare i ponti polimerici più importanti, dall'altro.
Un tema molto discusso e attuale è quello degli strati di usura con asfalto fuso. Questi ultimi sono pavimentazioni in conglomerato bituminoso denso, resistente all'invecchiamento e con una maggiore durabilità. Le pavimentazioni in asfalto fuso hanno una durata circa doppia rispetto agli asfalti standard. Per questo motivo, si sta cercando di promuovere ulteriormente la posa di asfalto fuso sulle strade nazionali! Il problema per questa tipologia di asfalto è la lavorabilità e il livello di rumore.
Negli ultimi anni, la maggior parte dell'asfalto colato è stato prodotto con bitume naftenico, grazie alla sua eccellente lavorabilità. La limitata disponibilità di bitume naftenico ci costringe a trovare nuove soluzioni. Il bitume naftenico contiene molecole speciali, che stiamo cercando di riprodurre chimicamente nel nostro laboratorio di ricerca e sviluppo presso Shell. I primi risultati sono promettenti.

Un'economia circolare punta a un utilizzo il più possibile prolungato dei prodotti e delle materie prime, ma non deve limitarsi al semplice riciclo! In questo caso, l'invecchiamento del bitume gioca un ruolo fondamentale. Questo fattore può compromettere gravemente la durata della vita delle strade in asfalto. Gli additivi che inibiscono o rallentano il comportamento d'invecchiamento del bitume entrano dunque in gioco come soluzione. Il prodotto AgeSafe, come suggerisce il nome, è un legante che presenta una forte resistenza all'invecchiamento. L'effetto di AgeSafe agisce dal processo di miscelazione fino alla fine del ciclo di vita della pavimentazione. Un invecchiamento più lento della pavimentazione in conglomerato bituminoso significa una vita più lunga della strada. Questo non solo riduce i costi di spesa, ma migliora anche il bilancio di CO_2.

Neue Entwicklungen in der Bitumen-Industrie

Forum Strasse

Mohammed Ammadi
Technology Advisor Shell Bitumen

Definitions & cautionary note

The companies in which Shell plc directly and indirectly owns investments are separate legal entities. In this **presentation** "Shell", "Shell Group" and "Group" are sometimes used for convenience where references are made to Shell plc and its subsidiaries in general. Likewise, the words "we", "us" and "our" are also used to refer to Shell plc and its subsidiaries in general or to those who work for them. These terms are also used where no useful purpose is served by identifying the particular entity or entities. "Subsidiaries", "Shell subsidiaries" and "Shell companies" as used in this **presentation** refer to entities over which Shell plc either directly or indirectly has control. Entities and unincorporated arrangements over which Shell has joint control are generally referred to as "joint ventures" and "joint operations", respectively. "Joint ventures" and "joint operations" are collectively referred to as "joint arrangements". Entities over which Shell has significant influence but neither control nor joint control are referred to as "associates". The term "Shell interest" is used for convenience to indicate the direct and/or indirect ownership interest held by Shell in an entity or unincorporated joint arrangement, after exclusion of all third-party interest.

Forward-Looking Statements

This **presentation** contains forward-looking statements (within the meaning of the U.S. Private Securities Litigation Reform Act of 1995) concerning the financial condition, results of operations and businesses of Shell. All statements other than statements of historical fact are, or may be deemed to be, forward-looking statements. Forward-looking statements are statements of future expectations that are based on management's current expectations and assumptions and involve known and unknown risks and uncertainties that could cause actual results, performance or events to differ materially from those expressed or implied in these statements. Forward-looking statements include, among other things, statements concerning the potential exposure of Shell to market risks and statements expressing management's expectations, beliefs, estimates, forecasts, projections and assumptions. These forward-looking statements are identified by their use of terms and phrases such as "aim", "ambition", "anticipate", "believe", "could", "estimate", "expect", "goals", "intend", "may", "milestones", "objectives", "outlook", "plan", "probably", "project", "risks", "schedule", "seek", "should", "target", "will" and similar terms and phrases. There are a number of factors that could affect the future operations of Shell and could cause those results to differ materially from those expressed in the forward-looking statements included in this **presentation**, including (without limitation): (a) price fluctuations in crude oil and natural gas; (b) changes in demand for Shell's products; (c) currency fluctuations; (d) drilling and production results; (e) reserves estimates; (f) loss of market share and industry competition; (g) environmental and physical risks; (h) risks associated with the identification of suitable potential acquisition properties and targets, and successful negotiation and completion of such transactions; (i) the risk of doing business in developing countries and countries subject to international sanctions; (j) legislative, judicial, fiscal and regulatory developments including regulatory measures addressing climate change; (k) economic and financial market conditions in various countries and regions; (l) political risks, including the risks of expropriation and renegotiation of the terms of contracts with governmental entities, delays or advancements in the approval of projects and delays in the reimbursement for shared costs; (m) risks associated with the impact of pandemics, such as the COVID-19 (coronavirus) outbreak; and (n) changes in trading conditions. No assurance is provided that future dividend payments will match or exceed previous dividend payments. All forward-looking statements contained in this **presentation** are expressly qualified in their entirety by the cautionary statements contained or referred to in this section. Readers should not place undue reliance on forward-looking statements. Additional risk factors that may affect future results are contained in Shell plc's Form 20-F for the year ended December 31, 2021 (available at www.shell.com/investor and www.sec.gov). These risk factors also expressly qualify all forward-looking statements contained in this **presentation** and should be considered by the reader. Each forward-looking statement speaks only as of the date of this **presentation**, 08. Feb. 2023. Neither Shell plc nor any of its subsidiaries undertake any obligation to publicly update or revise any forward-looking statement as a result of new information, future events or other information. In light of these risks, results could differ materially from those stated, implied or inferred from the forward-looking statements contained in this **presentation**.

Shell's net carbon footprint

Also, in this **presentation** we may refer to Shell's "Net Carbon Footprint" or "Net Carbon Intensity", which include Shell's carbon emissions from the production of our energy products, our suppliers' carbon emissions in supplying energy for that production and our customers' carbon emissions associated with their use of the energy products we sell. Shell only controls its own emissions. The use of the term Shell's "Net Carbon Footprint" or "Net Carbon Intensity" are for convenience only and not intended to suggest these emissions are those of Shell plc or its subsidiaries.

Shell's net-Zero Emissions Target

Shell's operating plan, outlook and budgets are forecasted for a ten-year period and are updated every year. They reflect the current economic environment and what we can reasonably expect to see over the next ten years. Accordingly, they reflect our Scope 1, Scope 2 and Net Carbon Footprint (NCF) targets over the next ten years. However, Shell's operating plans cannot reflect our 2050 net-zero emissions target and 2035 NCF target, as these targets are currently outside our planning period. In the future, as society moves towards net-zero emissions, we expect Shell's operating plans to reflect this movement. However, if society is not net zero in 2050, as of today, there would be significant risk that Shell may not meet this target.

Forward Looking Non-GAAP measures

This **presentation** may contain certain forward-looking non-GAAP measures such as **cash capital expenditure** and **divestments**. We are unable to provide a reconciliation of these forward-looking Non-GAAP measures to the most comparable GAAP financial measures because certain information needed to reconcile those Non-GAAP measures to the most comparable GAAP financial measures is dependent on future events some of which are outside the control of Shell, such as oil and gas prices, interest rates and exchange rates. Moreover, estimating such GAAP measures with the required precision necessary to provide a meaningful reconciliation is extremely difficult and could not be accomplished without unreasonable effort. Non-GAAP measures in respect of future periods which cannot be reconciled to the most comparable GAAP financial measure are calculated in a manner which is consistent with the accounting policies applied in Shell plc's consolidated financial statements.

The contents of websites referred to in this **presentation** do not form part of this **presentation**.

We may have used certain terms, such as resources, in this **presentation** that the United States Securities and Exchange Commission (SEC) strictly prohibits us from including in our filings with the SEC. Investors are urged to consider closely the disclosure in our Form 20-F, File No 1-32575, available on the SEC website www.sec.gov.

Copyright of Shell Deutschland GmbH

Agenda

1. Rückblick
2. Aktuelle Herausforderungen und Marktumfeld
3. Neue Technologien und Innovationen
   a. Tragschicht
   b. Bindeschicht
   c. Deckschicht
4. Ausblick

Copyright of Shell Deutschland GmbH

Aktuelle Herausforderungen und Marktumfeld

Neue Technologien und Innovationen

Copyright of Shell Deutschland GmbH

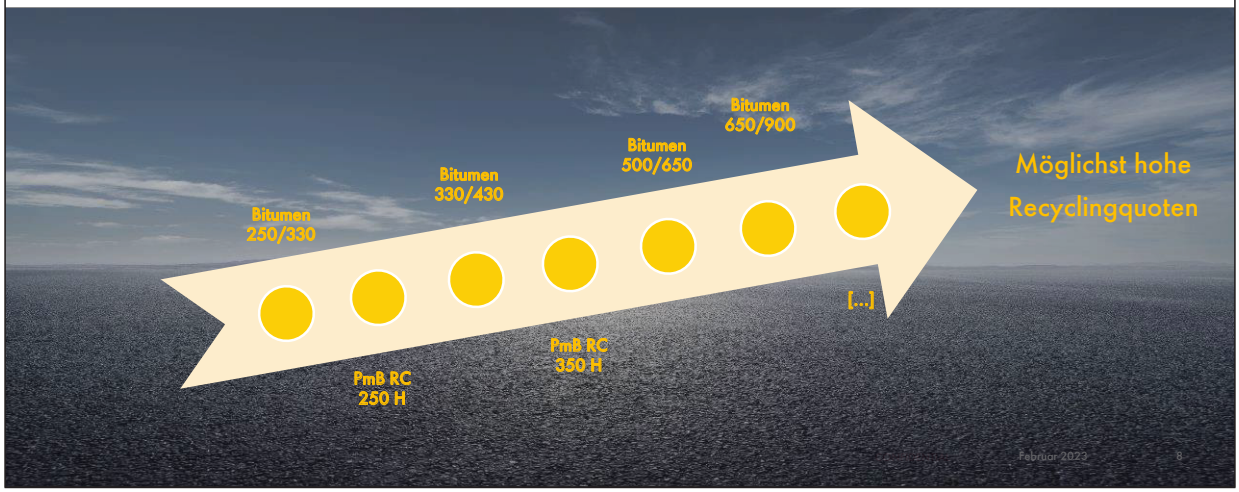
Tragschicht: Hartes Bitumen für härtere Bedingungen – EME-Beläge

Binde- und Tragschichten – Erhöhte Recyclingquoten

Polymermodifizierte Bitumen

Binde- und Tragschichten – Erhöhte Recyclingquoten

Weiche Bindemittel

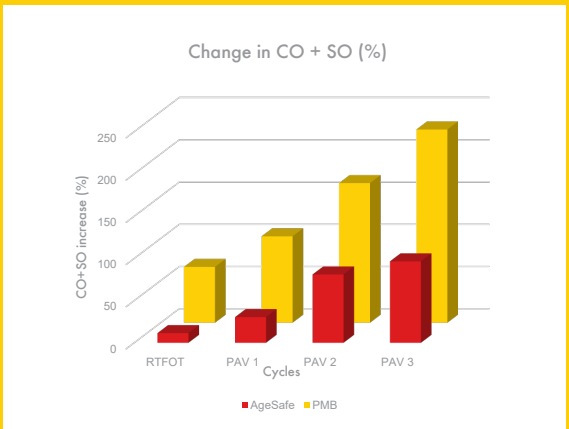


Deckschicht – Hochleistungsfähige Bindemittel für Gussasphalt

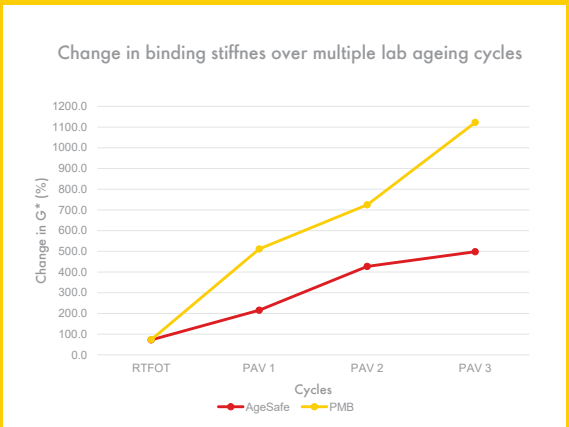
Ausblick

Copyright of Shell Deutschland GmbH

Ausblick / Agesafe – für alle Bitumen- sowie PMB-Sorten



Ausblick / Agesafe – für alle Bitumen- sowie PMB-Sorten



Questions and Answers

Q&A

Copyright of Shell Deutschland GmbH

Dr. Martin Hugener

Dr. phil. II, Dipl. Chemiker,
Abteilung Beton und Asphalt – EMPA, Dübendorf

Dr. Martin Hugener

«Recycling / Verjüngung»

Übersicht verschiedener Wirkungsweisen

Die Verwendung von Ausbauasphalt hat in den letzten Jahren in der Schweiz markant zugenommen. Einerseits durch politischen Druck zur Realisierung der Kreislaufwirtschaft und andererseits hat die Mischgutindustrie in der Schweiz, wie in kaum einem anderen Land, viele ihrer Mischgutanlagen auf den neusten Stand gebracht, womit die Herstellung von Recyclingbelägen mit sehr hohen Anteil an Ausbauasphalt möglich wird. Parallel dazu wurden die maximal erlaubten Zugabemengen in den VSS-Normen erhöht.

An der Empa wurden mehrere Forschungsprojekte durchgeführt, die gezeigt haben, dass die Herstellung von Recyclingbelägen mit hohem RAP-Anteil möglich ist, aber dass für das Mix-Design und die Qualitätsprüfung die in den Schweizer Normen vorgegebenen Prüfmethoden nicht ausreichen. Diese sind immer noch stark empirisch geprägt und versagen, wenn es um das Design und die Herstellung von neuartigen Belägen, in diesem Fall mit hohem RAP-Anteil, geht.

Mit der Verwendung von immer höheren RAP-Anteilen kommt die klassische Regeneration mittels weichem Zugabebitumen an die Grenzen, insbesondere wenn der Bindemittelanteil im RAP relativ hoch und die mögliche Menge an Zugabebindemittel klein ist. Es gibt zwei Möglichkeiten dies zu lösen: Entweder wird der Bindemittelgehalt des RAP reduziert, was durch spezielle Aufbereitung des immer mehr erfolgt, oder es wird ein Verjüngungsmittel, auch Rejuvenator oder Regenerator genannt, in kleinen Mengen zugeben. Diese Recyclingadditive sind oft nicht bitumenstämmig, sondern werden aus anderen Ausgangsmaterialien, oft biologischen Ursprungs, hergestellt. Dies erzeugt ein gewisses Unbehagen, da deren chemische Zusammensetzung oft als geheim deklariert wird und die Wirkungsweisen, insbesondere bezüglich der Beeinflussung der Langzeiteigenschaften des bitumenhaltigen Bindemittels, nicht bekannt sind. In der Tat sind Fälle bekannt, wo eine schnelle Verhärtung des Recyclingbelages mit Verjüngungsmittel aufgetreten ist. Deshalb ist es bei der Verwendung von Verjüngungsmitteln wichtig, eine Methodik zu haben, um die Wirksamkeit von Verjüngungsmitteln auch nach der Alterung zu bestimmen.

Wie funktionieren aber Rejuvenatoren und wie beeinflussen sie die Alterung des Bindemittels? Um dies zu verstehen, ist es wichtig die Alterung des Bitumens zu kennen. Der wichtigste Mechanismus der Bitumenalterung ist die Reaktion von Luftsauerstoff mit reaktiven Stellen der Bitumenmoleküle, wodurch Sauerstoff eingelagert wird. Da Sauerstoffatome elektronegativ sind, versuchen sie Elektronen von andern Atomen wie Wasserstoff oder Kohlenstoff an sich zu ziehen, wodurch eine ungleiche Ladungsverteilung entsteht, sogenannte permanente elektrische Dipole. Das Molekül wird polar und so wie sich positive und negative Ladungen anziehen, ziehen sich polare Moleküle auch an, jedoch in einem geringeren Masse. Sie genügt aber, dass sich die oxidierten Asphaltene und Harze des Bitumens sich gegenseitig anziehen und zu grösseren Gruppen aggregieren. Die Polarisierung bewirkt auch, dass sich der Schmelzpunkt erhöht, was sich beim Bitumen durch eine Erhöhung der Viskosität, respektive einer Versprödung, bemerkbar macht.

Kann ein Verjüngungsmittel diese oxidative Alterung rückgängig machen? Leider ist dies nicht der Fall, so ist auch bei einem verjüngten Bitumen der eingelagerte Sauerstoff immer noch vorhanden, wie dies mittels Infrarot-Spektroskopie FTIR nachgewiesen werden kann.

Dr. Martin Hugener

Hingegen kann die polare Aggregation aufgelöst werden, denn diese stellt nur eine elektrostatische Anziehung und keine echte Bindung dar. Neue Forschung, wo mittels Computersimulation versucht wurde, den Verjüngungsvorgang zu simulieren, ergaben neue Hinweise auf die Wirkungsweise. So postuliert eine Theorie, dass polare Moleküle von Verjüngungsmitteln an den polaren Stellen von Bitumenmolekülen andocken und so die Aggregationen lockern und sogar auflösen können. So komplex wie die Struktur des Bitumens jedoch ist, dürfte dies vermutlich nicht der einzige Verjüngungsmechanismus sein. So spielt sicherlich auch die Anreicherung der Maltenphase eine Rolle.

Deshalb ist es auch heute noch nicht möglich, mit einer einfachen Methode die Wirksamkeit von Verjüngungsmitteln nachzuweisen. So ist mindestens bei der Verwendung eines unbekannten Verjüngungsmittels eine mehrstufige Untersuchung zusammen mit den vorhandenen Ausgangsstoffen für einen bestimmten Mischguttyp durchzuführen. Bei dem in der RILEM-Empfehlung [1] vorgeschlagenen Methode wird die Dosierung und die Wirksamkeit eines Verjüngungsmittels zuerst auf Bindemittel-ebene im Vergleich zu einer Referenz ermittelt. In einem zweiten Schritt wird die erhaltene Dosierung des Verjüngungsmittels (sofern wirksam) auf Mischgutebene mittels performance-basierten Prüfmethoden überprüft.

Dafür eignet sich das in den USA entwickelte Balanced Mix Design, das sich im kürzlich abgeschlossenen Forschungsprojekt HighRAP [2] bewährt hat. Dabei wird das Mischgut bezüglich den beiden Hauptversagensmechanismen optimiert, der permanenten Verformung (Spurrinnen) und der Rissbildung, wobei aber auch die volumetrischen Normanforderungen bezüglich Bindemittelgehalt und Hohlraumgehalt berücksichtigt werden. In den durchgeführten Feldversuchen fielen die Resultate mit erhöhtem Recyclinganteil im Vergleich mit Referenzbelägen durchaus positiv aus, allerdings ist nach zwei bis drei Jahren noch keine definitive Aussage möglich.

1. Hugener, M., et al., Recommendation of RILEM TC 264 RAP on the evaluation of asphalt recycling agents for hot mix asphalt, in Materials and Structures/Materiaux et Constructions. 2022, Springer Science and Business Media B.V. p. 1-9.

2. Zaumanis, M., Highly Recycled Asphalt Pavement (HighRAP)

Dr. Martin Hugener

«Recyclage / rajeunissement»

L'utilisation d'enrobé bitumineux a considérablement augmenté ces dernières années en Suisse. D'une part, la pression politique en faveur de la mise en place d'une économie circulaire et, d'autre part, l'industrie des enrobés en Suisse, plus que dans tout autre pays, a mis à jour un grand nombre de ses centrales d'enrobage, ce qui permet de fabriquer des revêtements recyclés contenant une très grande proportion d'agrégats d'enrobés. Parallèlement, les quantités maximales d'ajout autorisées dans les normes VSS ont été augmentées.

Plusieurs projets de recherche menés à l'Empa ont montré que la fabrication de revêtements recyclés à forte teneur en RAP est possible, mais que les méthodes d'essai prescrites dans les normes suisses ne suffisent pas pour le mix-design et le contrôle de la qualité. Celles-ci sont encore très empiriques et échouent lorsqu'il s'agit de concevoir et de fabriquer de nouveaux revêtements, en l'occurrence à forte teneur en RAP.

Avec l'utilisation de pourcentages de RAP de plus en plus élevés, la régénération classique au moyen de bitume tendre d'addition atteint ses limites, en particulier lorsque le pourcentage de liant dans le RAP est relativement élevé et que la quantité possible de liant d'addition est faible. Il existe deux possibilités pour résoudre ce problème : Soit on réduit la teneur en liant du RAP, ce qui se fait de plus en plus par une fabrication spéciale, soit on ajoute un agent de rajeunissement, également appelé rajeunisseur ou régénérateur, en petites quantités. Ces additifs de recyclage ne sont souvent pas à base de bitume, mais sont fabriqués à partir d'autres matériaux de départ, souvent d'origine biologique. Cela crée un certain malaise, car leur composition chimique est souvent déclarée secrète et leurs modes d'action, notamment en ce qui concerne l'influence sur les propriétés à long terme du liant bitumineux, ne sont pas connus. En effet, on connaît des cas où un durcissement rapide du revêtement recyclé avec un agent de rajeunissement s'est produit. C'est pourquoi, lors de l'utilisation d'agents de rajeunissement, il est important de disposer d'une méthodologie permettant de déterminer l'efficacité des agents de rajeunissement, même après leur vieillissement.

Mais comment fonctionnent les rajeunisseurs et comment influencent-ils le vieillissement du liant ? Pour comprendre cela, il est important de connaître le vieillissement du bitume. Le principal mécanisme de vieillissement du bitume est la réaction de l'oxygène de l'air avec les sites réactifs des molécules de bitume, ce qui entraîne l'incorporation d'oxygène. Comme les atomes d'oxygène sont électronégatifs, ils essaient d'attirer les électrons d'autres atomes comme l'hydrogène ou le carbone, ce qui crée une répartition inégale des charges, appelée dipôle électrique permanent. La molécule devient polaire et, tout comme les charges positives et négatives s'attirent, les molécules polaires s'attirent également, mais dans une moindre mesure. La polarisation n'est pas nécessaire, mais elle suffit pour que les asphaltènes et les résines oxydés du bitume s'attirent mutuellement et s'agrègent en de plus grands groupes. La polarisation a également pour effet d'augmenter le point de fusion, ce qui se traduit dans le cas du bitume par une augmentation de la viscosité, c'est-à-dire une fragilisation.

Dr. Martin Hugener

Un agent de rajeunissement peut-il inverser ce vieillissement oxydatif ? Malheureusement, ce n'est pas le cas, même dans un bitume rajeuni, l'oxygène stocké est toujours présent, comme on peut le constater par spectroscopie infrarouge FTIR. En revanche, l'agrégation polaire peut être résolue, car elle ne représente qu'une attraction électrostatique et non une véritable liaison. De nouvelles recherches, où l'on a tenté de simuler le processus de rajeunissement à l'aide d'une simulation informatique, ont fourni de nouveaux indices sur le mode d'action. Ainsi, une théorie postule que les molécules polaires des agents de rajeunissement se fixent sur les sites polaires des molécules de bitume et peuvent ainsi relâcher et même dissoudre les agrégations. Cependant, étant donné la complexité de la structure du bitume, il ne s'agit probablement pas du seul mécanisme de rajeunissement. L'enrichissement de la phase de malt joue certainement aussi un rôle. C'est pourquoi il n'est pas encore possible aujourd'hui de démontrer l'efficacité des agents de rajeunissement par une méthode simple. Ainsi, au moins en cas d'utilisation d'un agent de rajeunissement inconnu, il faut procéder à une analyse en plusieurs étapes avec les matériaux de départ existants pour un type d'enrobé donné. Dans la méthode proposée dans la recommandation RILEM [1], le dosage et l'efficacité d'un agent de rajeunissement sont d'abord déterminés au niveau du liant par rapport à une référence. Dans un deuxième temps, le dosage obtenu de l'agent de rajeunissement (s'il est efficace) est vérifié au niveau de l'enrobé à l'aide de méthodes d'essai basées sur la performance. Le Balanced Mix Design, développé aux États-Unis et qui a fait ses preuves dans le projet de recherche HighRAP [2] récemment achevé, est adapté à cet effet. L'enrobé est optimisé en fonction des deux principaux mécanismes de défaillance, à savoir la déformation permanente (orniérage) et la formation de fissures, tout en tenant compte des exigences volumétriques normatives relatives à la teneur en liant et à la teneur en vides. Lors des essais réalisés sur le terrain, les résultats obtenus avec une part de recyclage accrue se sont avérés tout à fait positifs par rapport aux revêtements de référence, mais il n'est pas encore possible de tirer des conclusions définitives après deux ou trois ans.

1. Hugener, M., et al., Recommendation of RILEM TC 264 RAP on the evaluation of asphalt recycling agents for hot mix asphalt, in Materials and Structures/Materiaux et Constructions. 2022, Springer Science and Business Media B.V. p. 1-9.

2. Zaumanis, M., Highly Recycled Asphalt Pavement (HighRAP) 2023:E.D.f.U. Bundesamt für Strassen, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Dr. Martin Hugener

«Riciclaggio / Ringiovanimento»

Una panoramica delle diverse modalità d'azione

L'uso dell'asfalto in Svizzera è aumentato notevolmente negli ultimi anni. Da un lato, la pressione politica per un'economia circolare e, dall'altro, l'industria dell'asfalto in Svizzera, più che in qualsiasi altro Paese, ha aggiornato molti dei suoi impianti di miscelazione. Questo fatto ha reso possibile la produzione di pavimentazioni con una percentuale molto elevata di asfalto riciclato (RAP). Allo stesso tempo, sono state aumentate le quantità massime di aggiunta consentite dalle norme VSS.

Diversi progetti di ricerca dell'Empa hanno dimostrato che la produzione di pavimentazioni riciclate con un elevato contenuto di RAP è possibile, ma che i metodi di prova previsti dalle norme svizzere non sono sufficienti per la progettazione delle miscele e il controllo della qualità. Questi sono ancora molto empirici e falliscono quando si tratta di progettare e produrre nuove pavimentazioni, in questo caso con un elevato contenuto di RAP.

Con l'utilizzo di percentuali sempre più elevate di RAP, il ringiovanimento convenzionale tramite bitume morbido raggiunge i suoi limiti, soprattutto quando la percentuale di legante nel RAP è relativamente alta e la quantità possibile di legante additivato è bassa. Ci sono due possibilità per risolvere questo problema: o si riduce il contenuto di legante del RAP, cosa che viene fatta sempre più spesso con una produzione speciale; oppure si aggiunge in piccole quantità un agente ringiovanente, chiamato anche ringiovanitore o rigeneratore. Questi additivi per il riciclaggio frequentemente non sono a base di bitume, ma sono ottenuti da altri materiali di partenza, spesso di origine biologica. Ciò crea una certa insicurezza, in quanto la loro composizione chimica spesso non viene dichiarata e le loro modalità d'azione, in particolare per quanto riguarda la loro influenza sulle proprietà a lungo termine sul legante bituminoso, non sono conosciute. In effetti, sono noti casi in cui si è verificato un rapido indurimento della pavimentazione riciclata con un agente ringiovanente. Pertanto, quando si utilizzano agenti ringiovanenti, è importante disporre di una metodologia per determinarne l'efficacia anche dopo il loro invecchiamento.

Ma come funzionano i ringiovanitori e come influenzano l'invecchiamento del legante? Per capirlo, è importante comprendere l'invecchiamento del bitume. Il meccanismo principale dell'invecchiamento del bitume è la reazione dell'ossigeno dell'aria con i siti reattivi delle molecole di bitume, con conseguente incorporazione di ossigeno. Poiché gli atomi di ossigeno sono particolarmente elettronegativi, cercano di attirare gli elettroni di altri atomi come l'idrogeno o il carbonio, creando una distribuzione non uniforme delle cariche, chiamata dipolo elettrico permanente. La molecola diventa polare e, proprio come le cariche positive e negative si attraggono a vicenda, anche le molecole polari si attraggono, ma in misura minore. La polarizzazione non è necessaria, ma è sufficiente perché gli asfalteni e le resine ossidate del bitume si attraggano e si aggreghino in gruppi più grandi. La polarizzazione ha anche l'effetto di aumentare il punto di fusione, che nel caso del bitume si traduce in un aumento della viscosità, cioè in un infragilimento.

Un agente ringiovanente può invertire questo invecchiamento ossidativo? Purtroppo no: anche nel bitume ringiovanito l'ossigeno immagazzinato è ancora presente, come si può vedere dalla spettroscopia FTIR. Al contrario, l'aggregazione polare può essere risolta, in quanto rappresenta solo un'attrazione elettrostatica e non un vero e proprio legame. Una nuova ricerca, in cui si è cercato di simulare il processo di ringiovanimento con una simulazione al computer, ha fornito nuovi indizi sulla modalità d'azione. Ad esempio, una teoria ipotizza che le molecole polari degli agenti ringiovanenti si leghino ai siti polari delle molecole di bitume e possano così liberare e persino sciogliere le aggregazioni. Tuttavia, data la complessità della struttura del bitume, questo non è probabilmente l'unico meccanismo di ringiovanimento possibile. Anche l'arricchimento delle fasi malteniche gioca certamente un ruolo. Non è dunque ancora possibile dimostrare l'efficacia degli agenti ringiovanenti con un metodo semplice. Pertanto, almeno nel caso dell'uso di un agente ringiovanente sconosciuto, è necessario effettuare un'analisi in più fasi con materiali di partenza esistenti per un determinato tipo di asfalto. Nel metodo proposto nella raccomandazione RILEM [1], il dosaggio e l'efficacia di un agente di ringiovanimento vengono prima determinati a livello di legante rispetto a un riferimento. In una seconda fase, il dosaggio risultante dell'agente di ringiovanimento (se efficace) viene verificato a livello dell' asfalto utilizzando metodi di prova basati sulle prestazioni. Il -Balanced Mix Design-, sviluppato negli Stati Uniti e sperimentato nel progetto di ricerca HighRAP recentemente concluso [2], è adatto a questo scopo. La miscela è ottimizzata per i due principali tipologie di danni, la deformazione permanente (ormaiamento) e la fessurazione, tenendo conto dei requisiti volumetrici normativi per il contenuto di legante e il quantitativo di vuoti. Nelle prove sul campo, i risultati ottenuti con un maggiore contenuto di asfalto riciclato sono stati abbastanza positivi rispetto alle pavimentazioni di riferimento, ma non è ancora possibile trarre conclusioni definitive dopo solamente due o tre anni.

1. Hugener, M., et al., Recommendation of RILEM TC 264 RAP on the evaluation of asphalt recycling agents for hot mix asphalt, in Materials and Structures/Materiaux et Constructions. 2022, Springer Science and Business Media B.V. p. 1-9.

2. Zaumanis, M., Highly Recycled Asphalt Pavement (HighRAP) 2023:E.D.f.U. Bundesamt für Strassen, Verkehr, Energie und Kommunikation UVEK

Willkommen
Welcome
Bienvenue

Empa
Materials Science and Technology

Recycling / Verjüngung

Übersicht verschiedener Wirkungsweisen

Dr. Martin Hugener

Übersicht

Empa
Materials Science and Technology

Verjüngungsmittel - Rejuvenator - Regenerator - Recyclingadditiv

- Alterung von Bitumen
- Mechanismus der Verjüngung
- Nachweis der Wirksamkeit – Extended RILEM Methode

Bitumenalterung

Empa
Materials Science and Technology

Kurzzeitalterung: Mischgutproduktion
- hohe Temperaturen (100 -200°C)
- kurze Zeitdauer (Stunden)

Langzeitalterung: Belag in Betrieb
- Umgebungstemperatur (-20 .. + 60°C)
- lange Zeitdauer (Jahre)
- Alterungsgradient im Belag
- abhängig von Hohlraumgehalt und Filmdicke des Bindemittels (Zugänglichkeit von Sauerstoff)

Physikalische Alterung
- Verdampfung leichtflüchtiger Komponenten
- Absorption (Mineralstoffe, Gummi, ...)
- Sterische Verhärtung (reversibel)

Chemische Alterung = Reaktion mit Sauerstoff
- Einbau von Sauerstoff
- Bildung von Carbonyl C=O und Sulfoxide S-O Gruppen: FTIR) -> Erhöhung der Polarität -> physikalische Agglomeration (reversible)
- (Aromatische) Ringbildung
- Theoretisch reversible, aber praktisch nicht

Zusammensetzung von Bitumen

Empa
Materials Science and Technology

Auftrennung von Bitumen in verschiedene überlappende Fraktionen
(z.B: in 4 Komponenten: SARA = Saturate, Aromatic, Resin and Asphaltene)

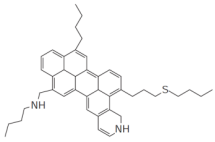
Asphaltene:
formbestimmende Phase; schwerlösliche Agglomerate

Maltene:
weichmachende, flüssige ölige Phase; leichtlöslich

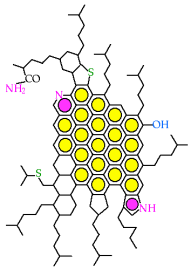
Paraffine:
lineare oder cyclische gesättigte Kohlenwasserstoffe, teilweise kristallin

Aromaten:
aromatische Ringe mit niedrigem Molekulargewicht

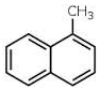
Harze:
grosse aromatische Ringe mit mittlerem Molekulargewicht



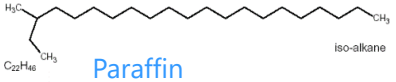
Harz



Asphalten

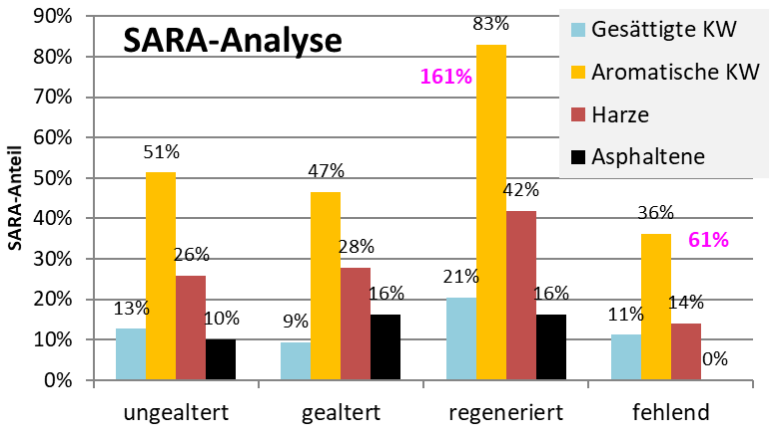


Aromat

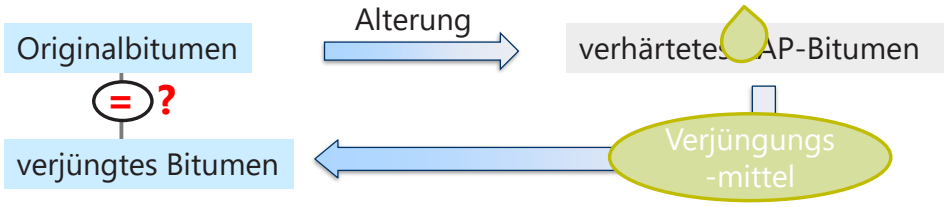


Paraffin

Veränderung des Bitumens durch Alterung



Magisches Verjüngungsmittel



- Ist das verjüngte Bitumen chemisch identisch mit dem Originalbitumen?

Was ist ein Verjüngungsmittel?

Empa
Materials Science and Technology

Definition

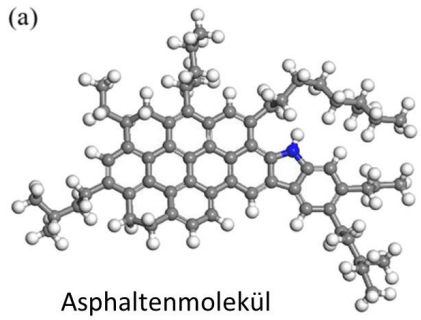
Ein Verjüngungsmittel ist ein Additiv, das dem Ausbauasphalt zugegeben wird, damit es mit dem gealterten Bindemittel darin interagiert und so seine ursprünglichen Eigenschaften so weit wie möglich regeneriert und wiederherstellt.

«Categorisation and analysis of rejuvenators for asphalt recycling», Belgian Road Research Centre 2020, Dossier 21

Herkunft	Primärprodukt	Recyclingprodukt
Petrochemie	Erdölfraktionen (z.B. Naphthenöl)	Maschienenöl
Biologisch	Pflanzenöl, Tierfett	altes Fritieröl, Papierindustrie (Tallöl)
Andere	Speziell hergestellt	?

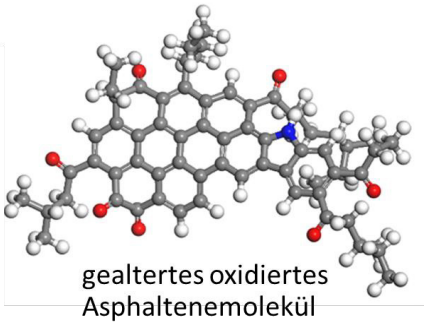
Oxidation von Bitumenkomponenten

Empa
Materials Science and Technology



Asphaltenmolekül

(C_{62} N O_7 H_x)



gealtertes oxidiertes Asphaltenemolekül

(C_{62} N O_7 H_y)

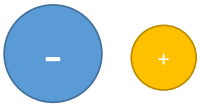
Zheng, X. W., et al 2022

Durch Oxidation werden Moleküle polarer -> stärkere elektrostatische Anziehung

Polarität

Empa Materials Science and Technology

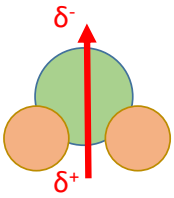
geladenes, sehr stark **polares** Molekül



getrennte Ladung (Salz)

sehr starke Anziehung

polares Molekül



permanenter Dipol durch ungleiche Ladungs-verteilung (Wasser, Ethanol)

(mittel)starke Anziehung

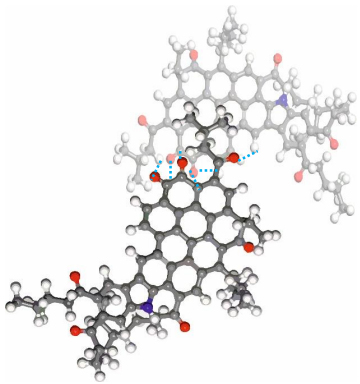
unpolares Molekül

temporärer Dipol durch kurzzeitige Ladungsunterschiede (Sauerstoff, Methan)

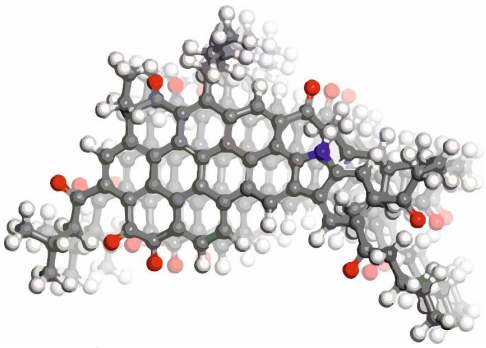
schwache Anziehung

Agglomeration von Asphaltenen zu Clustern

Empa Materials Science and Technology



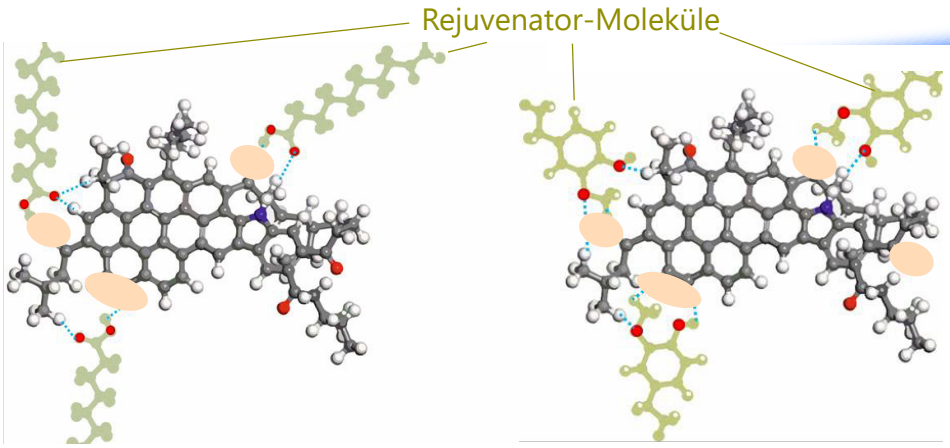
Polare Gruppen ziehen sich an und erschweren die Beweglichkeit -> höherer Schmelzpunkt = steifer



gestapelte Gruppen

De-Agglomeration = Verjüngung

Empa
Materials Science and Technology



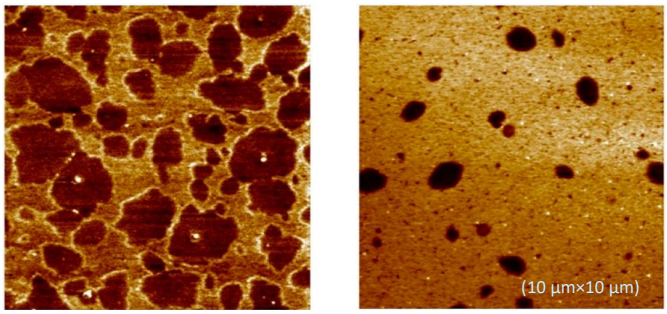
- Blockierung der polaren Gruppen im Asphalten durch kleine Moleküle (Rejuvenator) -> Aufbrechen der Agglomerationen -> Dispergieren
- Verjüngungsmittel ohne polare Gruppen können kaum mit oxidierten Asphaltenen interagieren -> nur Verringerung der Viskosität und Ausgleich der Maltenfraktion

Atomic Force Microscopy (AFM)

Empa
Materials Science and Technology

Energieverlust ≈ Adhäsionskräfte (Klebrigkeit) der Oberfläche; dunkel = geringe Adhäsionskräfte:

geringere Konzentration an aggregierten Molekülen bei Zugabe von Verjüngungsmitteln

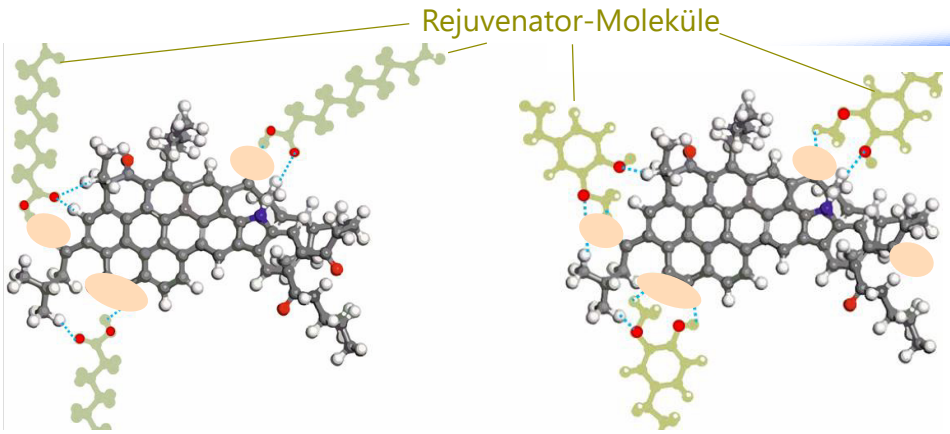


ohne Verjüngungsmittel mit 30% Verjüngungsmittel

I. Holleran et. al. RMPD 2021

Alterung von verjüngtem Bitumen

Empa
Materials Science and Technology



- Veränderung der Rejuvenator-Moleküle, werden selber polar (Doppelbindung bei Fettsäuren)
- Weiteroxidation der Asphaltene -> neue polare Gruppen, die nicht blockiert sind
- Reaktion des Rejuvenator-Moleküls mit dem Asphalten

Zusammenfassung

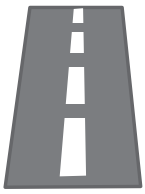
Empa
Materials Science and Technology

- Alterung und Verjüngung von Bitumen sind komplexe chemische und physikalische Reaktionen
- Die oxidierten Gruppen bleiben trotzt Verjüngung bestehen
- Der aufgezeigte Mechanismus der De-Agglomeratoin wurde mittels Modellierung von stark vereinfachten Modellen erhalten und sind nur beschränkt auf Bitumen, einem sehr komplexen Gemisch anwendbar
- Vermutlich gibt es noch andere Wirkungsmechanismen von Verjüngungsmitteln
- Deshalb gibt es auch keine einfache Methode, um die Wirkung von Verjüngungsmitteln vorherzusagen ⇨ die Wirkung von Verjüngungsmitteln muss mittels Prüfungen nachgewiesen werden

Nachweis der Wirksamkeit - Prinzip

Empa
Materials Science and Technology

Referenzbelag



Neuer Recyclingbelag

Wir nehmen einen bekannten Belag mit guter Performance, der kein oder wenig RAP enthält

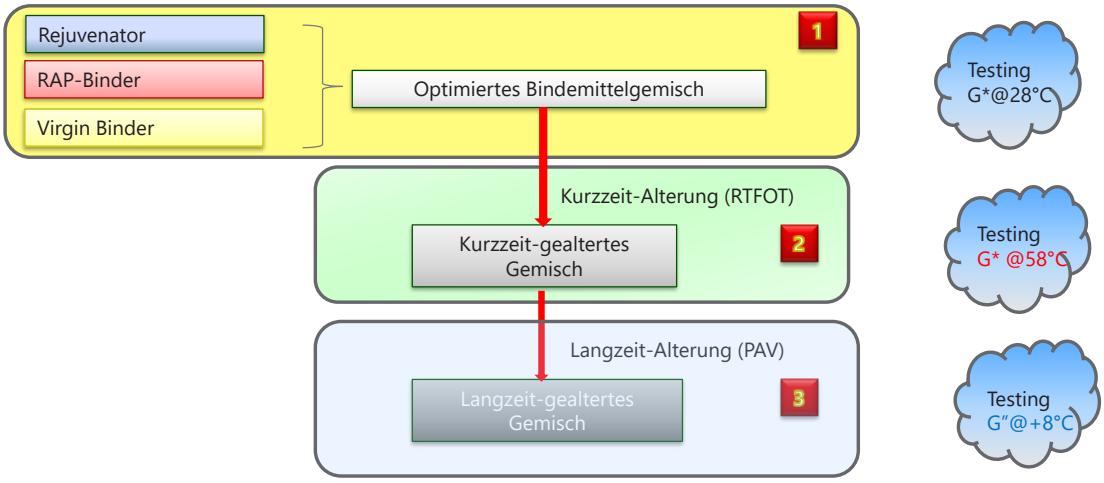
Wir möchten einen Belag vom gleichen Typ und (mindestens) gleich guter Performance, aber mit höherem RAP-Anteil

Hypothese: Bei gleichen performance-basierten Bindemittel- und Mischgut-eigenschaften, sollten wir die gleiche Performance erhalten.

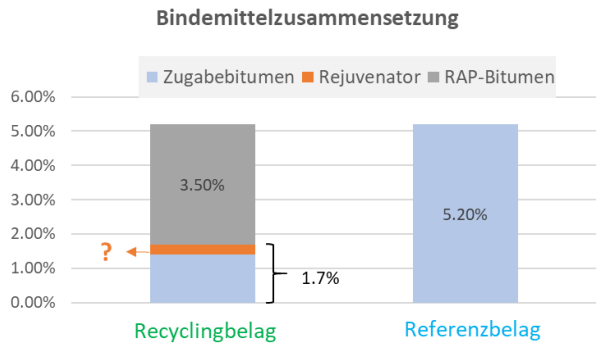
Validierung auf Bindemittelstufe
(RILEM-Empfehlung RILEM TC 264 RAP)

Empa
Materials Science and Technology

RILEM recommendation on the evaluation of asphalt recycling agents for hot mix asphalt. Materials and Structures 2022, **55: 1-9.**



Dosierung des Zugabebindemittels



Annahmen:

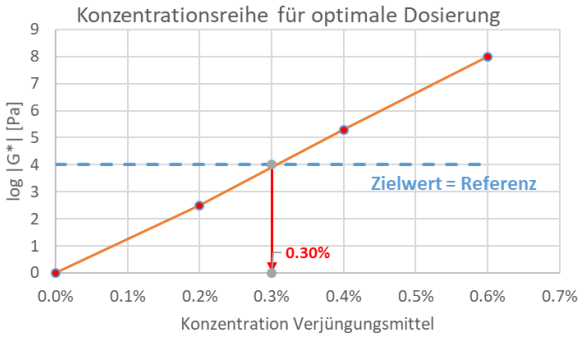
- Bindemittelgehalt in Referenzbelag = 5.2% = Bindemittelgehalt in Recyclingbelag
- Recyclinganteil = 70%
- Bindemittelgehalt im RAP = 5.0%
- ⇨ Anteil RAP-Bindemittel im Belag = 70% • 5.0% = 3.5%

Zugabebindemittel = 5.2% - 3.5% = 1.7%
= Zugabebitumen + Rejuvenator

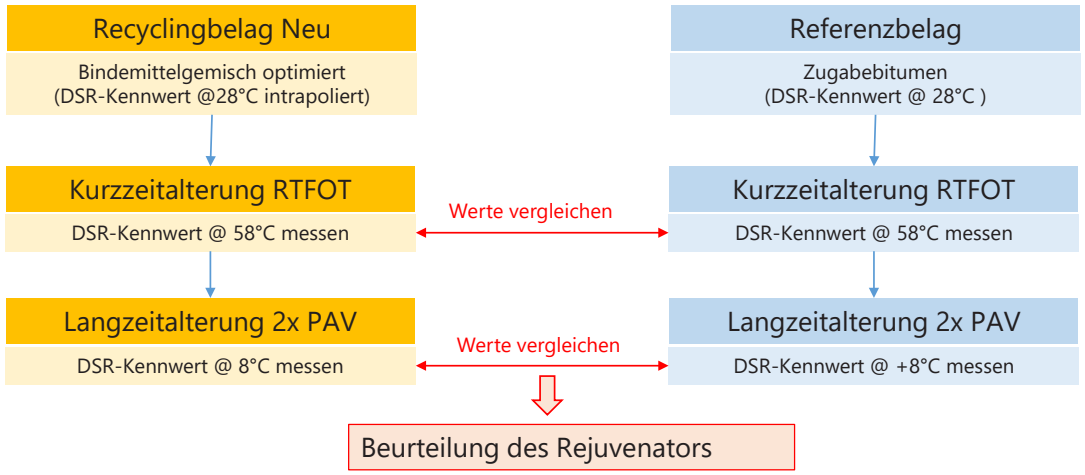
Dosierung Zugabebindemittel

Zielbindemittel = RAP-Bindemittel + Rejuvenator + Zugabebitumen
= 3.5 % + x% +(1.7-x)%; x = 0%, 0.2%, 0.4%, 0.6%

- Verschiedene Prüfungen ergeben unterschiedliche Dosierungen (Penetration, BTSV, DSR-Schermodul)
- Empfehlung DSR-Schermodul log |G*| bei 28°C und 1.59 Hz ~ Penetration

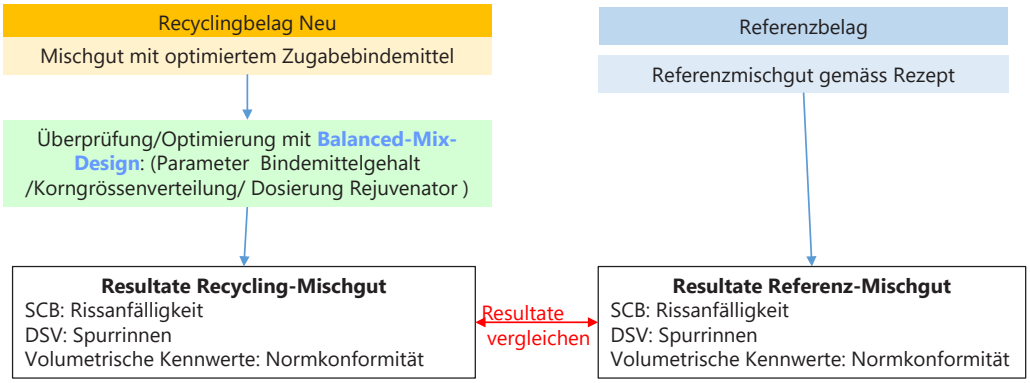


Rejuvenator-Validierung nach Alterung



Rejuvenator-Validierung auf Mischgutstufe

Extended RILEM-Methode



Balanced Mix Design

Empa
Materials Science and Technology

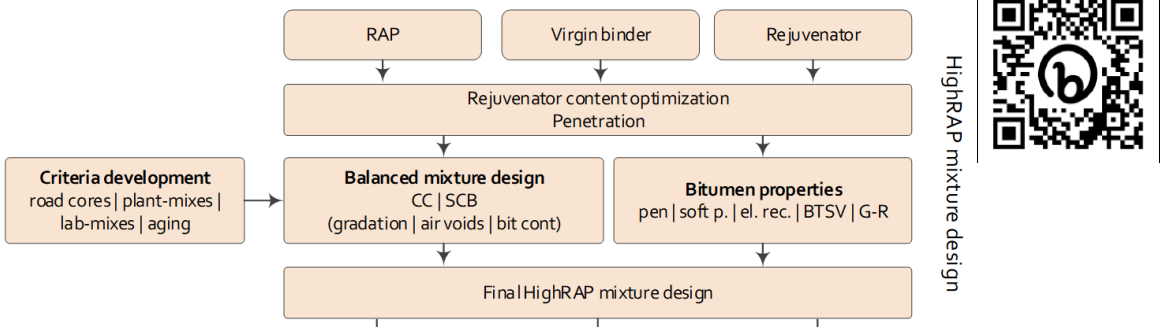
Hauptsächliche Schadenstypen:

- Spurrinnen
- Rissbildung

Optimierter Kompromiss

Projektleiter: Martins Zaumanis

More information:
https://www.empa.ch/web/s308/highrap



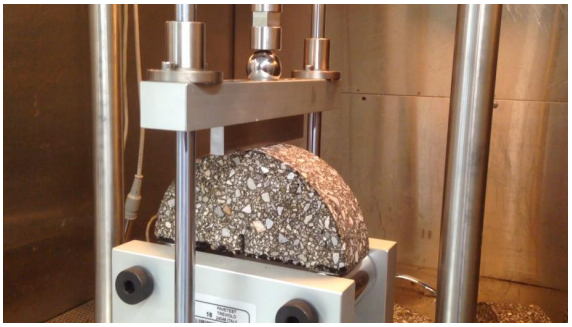
Rissausbreitung: Semi-Circular Bending Test (SCB)

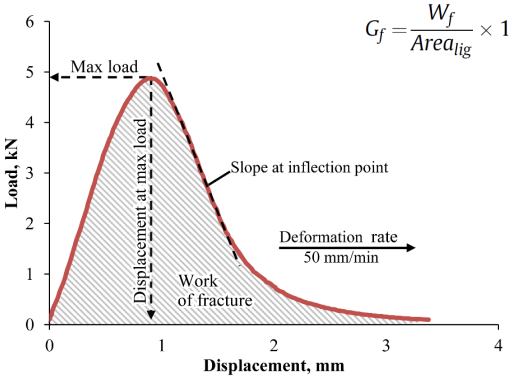
Empa
Materials Science and Technology

Prüftemperatur: 25°C

Kriterium: Flexibilitäts-Index $FI = \frac{G_f}{|m|} \times A$

$G_f = \frac{W_f}{Area_{lig}} \times 10^6$



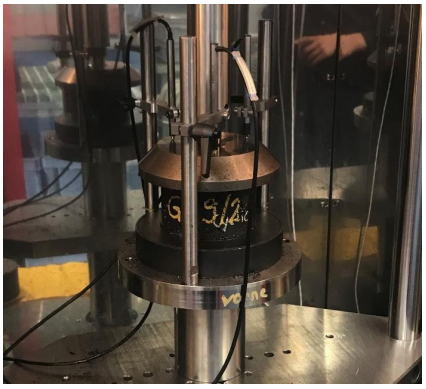


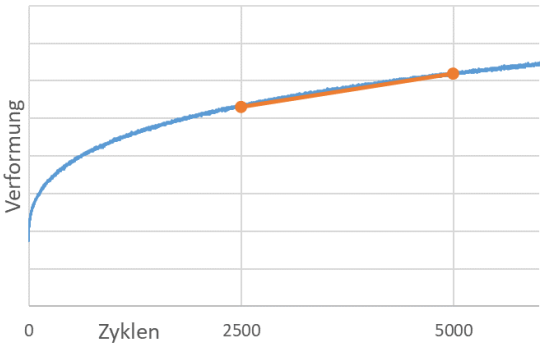
Spurrinnenbildung: Druckschwellversuch

Empa
Materials Science and Technology

Prüftemperatur 60°C

Kriterium: Kriechrate zwischen 2500 und 5000 Zyklen





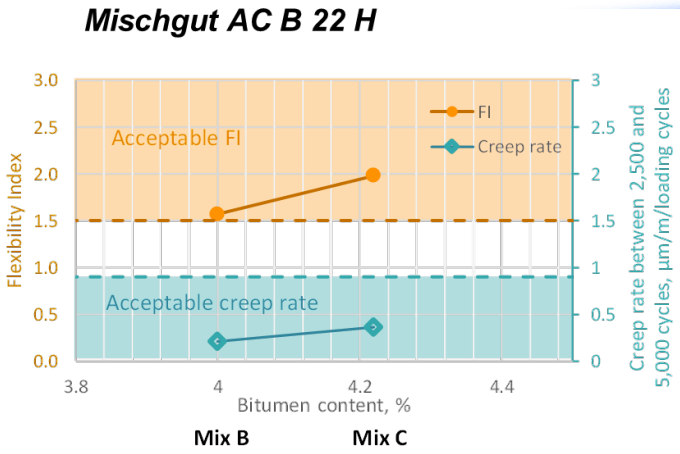
Rejuvenator-Validierung auf Mischgutstufe

Empa
Materials Science and Technology

Balanced Mix Design

Recyclingbelag Neu		Referenzbelag
Optimierung mit Balanced-Mix-Design: (Parameter Bindemittelgehalt /Korngrössenverteilung/ Dosierung Rejuvenator)		Referenzmischgut gemäss Rezept
Resultate Recycling-Mischgut SCB: Rissanfälligkeit DSV: Spurrinnen Volumetrische Kennwerte: Normkonformität	Resultate vergleichen	**Resultate Referenz-Mischgut** SCB: Rissanfälligkeit DSV: Spurrinnen Volumetrische Kennwerte: Normkonformität

Optimierung über den Bindemittelgehalt



Validierung in 3 Stufen

1. Bestimmung der optimalen Dosierung
   abhängig von Ausgangsmaterialien und Referenzbelag
2. Nachweis der Wirkung des Verjüngungsmittels nach der Alterung zusammen mit Ausgangsmaterialien
   selten, da Ausgangsmaterialien vermutlich keinen massgebenden Einfluss haben (vor allem bei unbekanntem Verjüngungsmittel)
3. Validierung/Optimierung auf Mischgutebene mittels Balanced Mix Design
   bei geändertem Mischguttyp, Recyclinganteil, Zugabebitumen, (RAP?)

Forschungsbedarf

Empa
Materials Science and Technology

Validierung Verjüngungsmittel

1. Alterungsprotokoll vereinfachen?
2. Beurteilungskriterien überprüfen (DSR-Parameter)

Balanced Mix Design

1. Erfahrungswerte aus der Praxis-> Langzeitperformance
2. Definition von Anforderungswerte für DSV und SCB (abhängig von Mischguttyp, respektive Verkehrslast?)
3. Überprüfen der Prüfmethodik (Kriterium Tieftemperaturrisse?)

Empa
Materials Science and Technology

Sven Gohl

Dipl.-Ing. Geschäftsführer
Makadamlabor Schwaben GmbH, Sindelfingen (DE)

Sven Gohl

«Recycling / Materialbewirtschaftung und Maximalrecycling»

Asphalt ist der prägende Baustoff zum Bau und der Aufrechterhaltung der modernen Infrastruktur. Ca. 90 % aller Verkehrsflächen in Europa bestehen aus Asphalt. Durch die Möglichkeit der 100%igen Wiederverwendbarkeit und Recyclingfähigkeit wurde Asphalt zu einem ökologischen und nachhaltigen Strassenbaustoff, denn es werden Deponiekapazitäten und natürliche Ressourcen (Gestein, Öl) geschont. Die Asphaltindustrie nimmt somit seit vielen Jahren eine Vorreiterrolle bei der Wiederverwendung eines Baustoffs ein.

Mittlerweile ist der Neubau von Asphaltstrassen kaum noch vorgesehen. Mit dem geänderten Fokus auf die bauliche Erhaltung der bestehenden Strasseninfrastruktur verändert sich die Massenbilanz an den Asphaltmischanlagen. Die Asphaltberge werden immer grösser. Nicht selten sind die Lagerkapazitäten für die Annahme von Ausbauasphalt erschöpft, was zu Überlegungen hinsichtlich anderer Verwertungsformen führt. Um dem entgegenzuwirken, müssen die Wiederverwendungsraten bei der Asphaltmischgutherstellung zukünftig gesteigert werden. In Deutschland und der Schweiz liegt die Wiederverwendungsrate von Asphalt aktuell bei ca. 30 %. Andere Länder zeigen, dass höhere Wiederverwendungsraten erreichbar sind, ohne dass die Qualität der Strasse nachteilig beeinflusst wird. Die Verantwortung zur Erhöhung der Asphaltgranulatzugaben liegt sowohl beim Auftraggeber als auch beim Auftragnehmer.

In Baden-Württemberg geht man bereits seit mehreren Jahren progressiv mit der Thematik der Wiederverwendung um. Für eine hohe Wiederverwendung wurden Technische Vertragsbedingungen ergänzend zu den nationalen Regelungen eingeführt. Die als Maximalrecycling bekannten Regelungen setzen jedoch eine Paralleltrommel als technischen Standard an der Asphaltmischanlage voraus. Dieser Standard ist jedoch flächendeckend nicht vorhanden. Nach wie vor sind Asphaltmischanlagen, bei denen Asphaltgranulat nur über eine Kaltzugabe dem Mischprozess zugeführt wird, sehr präsent. Ebenso werden oftmals noch Verfahren zur indirekten Erwärmung des Asphaltgranulates mit den vorerhitzten Gesteinskörnungen verwendet. Anzumerken ist jedoch auch, dass sich aufgrund der Lage einer Asphaltmischanlage, dem hergestellten Sortenmix, der Abnahmemengen an Asphaltmischgut oder den verfügbaren Lagerkapazitäten an Ausbauasphalt eine Paralleltrommel als ökologisch und ökonomisch wenig sinnvoll herausstellen kann. Der Asphaltmischguthersteller definiert den Begriff „Maximalrecycling“ für sich anders als die Auftraggeberseite. Er versucht mit der ihm zur Verfügung stehenden technischen Ausstattung der Asphaltmischanlage eine maximale Wiederverwendungsrate zu erreichen. Neben der ökonomischen und ökologischen Motivation versucht er seine Lagerkapazitäten für Ausbauasphalt aufrechtzuhalten. Um dies zu ermöglichen, muss er den Aufbereitungsprozess des Ausbauasphaltes zu Asphaltgranulat sowie die Herstellung des Asphaltmischgutes so steuern, dass er in jeder Asphaltmischgutsorte die für ihn maximale mögliche Zugabemenge erreicht. Für jede Asphaltmischanlage muss hierfür eine individuelle Lösung ausgearbeitet werden. Im besten Fall lassen sich aus den Aufbereitungsstrategien Synergien über mehrere Asphaltmischanlagen schaffen. In der Asphaltmischgutherstellung selbst muss mit einer grossen Flexibilität agiert werden, um hohe Wiederverwendungsraten zu erreichen. Bereits bei der Abwicklung von Lieferaufträgen kann gezielt eine höhere Wiederverwendungsrate durch eine gute Vorplanung erzeugt werden.

Im Vortrag sollen beispielhaft Strategien vorgestellt werden, mit welchen hohe Wiederverwendungsraten mit den unterschiedlichsten, technisch ausgestatteten Asphaltmischanlagen zu erreichen sind. Der inhaltliche Fokus liegt dabei nicht auf die Gewährleistung von geforderten Bindemittel- und Asphaltmischguteigenschaften, die hier als gegeben angenommen sind.

Sven Gohl

«Recyclage / gestion des matériaux et recyclage maximal»

L'enrobé bitumineux est le matériau de construction le plus important pour la construction et l'entretien de l'infrastructure moderne. Environ 90 % de toutes les surfaces de circulation en Europe sont en enrobé. Grâce à la possibilité de réutilisation et de recyclage à 100 %, l'enrobé bitumineux est devenu un matériau de construction routière écologique et durable, car il permet de préserver les capacités des décharges et les ressources naturelles (roches, pétrole). L'industrie de l'enrobé joue ainsi depuis de nombreuses années un rôle de pionnier dans la réutilisation d'un matériau de construction.

Entre-temps, la construction de nouvelles routes en enrobé bitumineux n'est pratiquement plus prévue. Avec le changement d'orientation vers l'entretien constructif de l'infrastructure routière existante, le bilan de masse aux postes d'enrobage change. Les montagnes d'agrégats d'enrobés deviennent de plus en plus grandes. Il n'est pas rare que les capacités de stockage pour la réception des enrobés bitumineux soient épuisées, ce qui conduit à des réflexions sur d'autres formes de valorisation. Pour y remédier, il faut augmenter à l'avenir les taux de réutilisation dans la fabrication d'enrobés bitumineux. En Allemagne et en Suisse, le taux de réutilisation de l'enrobé est actuellement d'environ 30 %. D'autres pays montrent qu'il est possible d'atteindre des taux de réutilisation plus élevés sans que la qualité de la route n'en soit affectée de manière négative. La responsabilité d'augmenter les ajouts d'agrégats d'enrobés incombe aussi bien au maître d'ouvrage qu'à l'entrepreneur.

Dans le Bade-Wurtemberg, le thème de la réutilisation est abordé de manière progressive depuis plusieurs années déjà. Pour une réutilisation élevée, des conditions techniques contractuelles ont été introduites en complément des réglementations nationales. Les réglementations connues sous le nom de recyclage maximal présupposent toutefois un tambour parallèle comme standard technique dans la centrale d'enrobage. Or, ce standard n'existe pas sur l'ensemble du territoire. Les centrales d'enrobage dans lesquelles les agrégats d'enrobés ne sont introduits dans le processus de mélange que par un ajout à froid sont toujours très présentes. De même, on utilise encore souvent des procédés de chauffage indirect des agrégats d'enrobés avec les granulats préchauffés. Il convient toutefois de noter qu'en raison de l'emplacement d'une centrale d'enrobage, du mélange de variétés fabriqué, des quantités d'achat d'enrobé bitumineux ou des capacités de stockage disponibles d'agrégats d'enrobés, un tambour parallèle peut s'avérer peu judicieux d'un point de vue écologique et économique. Le producteur d'enrobé bitumineux définit pour lui-même la notion de "recyclage maximal" différemment du côté du maître d'ouvrage. Il essaie d'atteindre un taux de réutilisation maximal avec l'équipement technique dont il dispose dans la centrale d'enrobage. Outre la motivation économique et écologique, il essaie de maintenir ses capacités de stockage d'agrégats d'enrobés. Pour ce faire, il doit gérer le processus de transformation de l'asphalte de démolition en granulés d'asphalte ainsi que la fabrication de l'enrobé bitumineux de manière à atteindre la quantité maximale d'ajout possible pour lui dans chaque type d'enrobé bitumineux. Une solution individuelle doit être élaborée pour chaque centrale d'enrobage. Dans le meilleur des cas, les stratégies de fabrication permettent de créer des synergies entre plusieurs centrales d'enrobage. Dans la production d'enrobés elle-même, il faut agir avec une grande flexibilité afin d'atteindre des taux de réutilisation élevés. Dès le traitement des commandes de livraison, un taux de réutilisation plus élevé peut être généré de manière ciblée par une bonne planification préalable.

L'exposé présentera des exemples de stratégies permettant d'atteindre des taux de réutilisation élevés avec les centrales d'enrobage techniquement équipées les plus diverses. L'accent n'est pas mis sur la garantie des propriétés requises des liants et des enrobés, qui sont ici considérées comme acquises.

Sven Gohl

«Riciclaggio / gestione dei materiali e riciclaggio massimale»

L'asfalto è il materiale da costruzione più importante per la realizzazione e la manutenzione delle infrastrutture moderne. Circa il 90% di tutte le superfici stradali in Europa sono realizzate in asfalto. Grazie alla possibilità di essere riutilizzato e riciclato al 100%, l'asfalto è diventato un materiale per la costruzione di strade ecologico e sostenibile, in quanto consente di preservare la capacità delle discariche e le risorse naturali (roccia, petrolio). L'industria dell'asfalto ha quindi svolto per molti anni un ruolo pionieristico nel riutilizzo di un materiale da costruzione.

Nel frattempo, la costruzione di nuove strade in asfalto è prevista solo raramente. Con lo spostamento dell'attenzione verso la manutenzione costruttiva dell'infrastruttura stradale esistente, il bilancio di massa negli impianti di preparazione sta cambiando. Le montagne di asfalto ricilato diventano sempre più grandi. Non è raro che le capacità di stoccaggio delle miscele di asfalto siano esaurite, il che porta a considerare forme alternative di riciclaggio. Per rimediare a questa situazione, in futuro sarà necessario aumentare le percentuali di riutilizzo nella produzione di asfalto. In Germania e Svizzera, il tasso di riutilizzo dell'asfalto si aggira attualmente intorno al 30%. Altri Paesi dimostrano che è possibile raggiungere tassi di riutilizzo più elevati senza incidere negativamente sulla qualità delle strade. La responsabilità di aumentare l'aggiunta di aggregati di asfalto spetta sia al committente che all'appaltatore.

Nel Baden-Württemberg, il tema del riutilizzo è stato affrontato gradualmente da diversi anni. Per raggiungere un elevato livello di riutilizzo, sono state introdotte condizioni tecniche contrattuali in aggiunta alle normative nazionali. Tuttavia, le norme note come -massimo riciclaggio- presuppongono un tamburo parallelo come standard tecnico nell'impianto di miscelazione dell'asfalto. Questo standard non esiste in tutto il Paese. Gli impianti di miscelazione dell'asfalto in cui gli aggregati di asfalto vengono introdotti nel processo di miscelazione solo tramite aggiunta a freddo sono ancora molto comuni. Allo stesso modo, si ricorre ancora spesso al riscaldamento indiretto degli aggregati di asfalto con aggregati preriscaldati. Va notato, tuttavia, che a causa dell'ubicazione di un impianto di asfaltatura, del mix di varietà prodotte, delle quantità di asfalto acquistate o delle capacità di stoccaggio degli aggregati di asfalto disponibili, un tamburo parallelo potrebbe talvolta non avere molto senso dal punto di vista ecologico ed economico. Il produttore di asfalto definisce il "massimo riciclo" in modo diverso dal cliente. Cerca di ottenere il massimo tasso di riutilizzo con le attrezzature tecniche a sua disposizione nell'impianto di miscelazione dell'asfalto. Oltre alle motivazioni economiche ed ecologiche, cerca di mantenere la capacità di stoccaggio di asfalto riciclato. A tal fine, deve gestire il processo di conversione dell'asfalto fresato in granulato e la produzione di conglomerato bituminoso in modo da ottenere la massima quantità di aggiunta possibile in ogni tipo di conglomerato bituminoso. È necessario sviluppare una soluzione individuale per ogni impianto di asfaltatura. Nel migliore dei casi, le strategie di produzione consentono di creare sinergie tra più impianti di asfaltatura. Nella stessa produzione di asfalto, è necessario un elevato grado di flessibilità per ottenere alti tassi di riutilizzo. Già nell'elaborazione degli ordini di consegna è possibile generare un tasso di riutilizzo più elevato in modo mirato grazie a una buona pianificazione preventiva.

Nella presentazione verranno discussi alcuni esempi di strategie per ottenere alte percentuali di riutilizzo con impianti di miscelazione dell'asfalto attrezzati diversamente a livello tecnico. L’accento non è posto sul garantire le proprietà del legante e della miscela richieste, che sono in questo caso date per scontate.

FORUM STRASSE
FACHTAGUNG
STRASSENBAU

Olten, 15.03.2023

RECYCLING – MATERIALBEWIRTSCHAFTUNG UND MAXIMALRECYCLING

Dipl.-Ing. Sven Gohl

MAKADAM LABOR SCHWABEN

RECYCLING – WIEDERVERWENDUNG VON ASPHALT

DERZEITIGE BESTÄNDE AN AUSBAUASPHALT AN DER ASPHALTMISCHANLAGE

Ausbauasphalt ist ein zu wertvoller Rohstoff um ihn nicht zu 100% wiederzuverwenden!

MAKADAM LABOR SCHWABEN

WIEDERVERWENDUNG VON ASPHALT

GLOBALE SITUATION

Deutschland – **38,0 Mio.** Tonnen Asphalt Jahresproduktion 2020
13,8 Mio. Tonnen Ausbauasphalt
84 % Wiederverwendung in Asphalt
durchschn. Wiederverwendungsrate **~30 %**

Quelle: EAPA, Asphalt in Figures 2020

Wie kann ich gezielt die Wiederverwendungsrate erhöhen?

Japan
durchschn. Wiederverwendungsrate **48 %**

Potentiale sind offensichtlich vorhanden ….

Schweiz – **5,5 Mio.** Tonnen Asphalt Jahresproduktion 2019
1,7 Mio. Tonnen Ausbauasphalt
90 % Wiederverwendung in Asphalt
durchschn. Wiederverwendungsrate **28 %**

Quelle: EAPA, Asphalt in Figures 2019

MAKADAM LABOR SCHWABEN

3

WIEDERVERWENDUNG VON ASPHALT

DEUTSCHLAND

- regional große Unterschiede; sowohl restriktive aber ***auch progressive*** Vorgehensweisen
- in Baden-Württemberg wird die Wiederverwendung durch die Politik gefordert und gefördert
  - zusätzliche Regelungen zur Wiederverwendung von Asphalt in den Ergänzenden Technischen Vertragsbedingungen (ETV) einschließlich „Maximalrecycling“

Einsparen von natürlichen Ressourcen (Bitumen und Gestein)
Urban Mining (Nutzung der existenten Straßen als Rohstoffquelle)
Minderung von CO_2-Emissionen

MAKADAM LABOR SCHWABEN

4

WIEDERVERWENDUNG VON ASPHALT

MAXIMALRECYCLING

▶Definition aus Sicht des Ministerium für Verkehr B.-W.

— sehr hohe Asphaltgranulat-Zugaben in allen Asphaltmischgutsorten zulassen und hierfür zusätzliche Werkzeuge schaffen, z.B.

- Einsatz weicher Bitumensorten, 2-Sortensprung zum geforderten resultierenden Bindemittel zulässig, 3-Sortensprung bei besonders harten Asphaltgranulaten ebenso möglich
- Aufweitung der Bandbreite der Korngrößenverteilung für Asphaltbinder
- 20 M.-% Asphaltgranulat-Zugabe im SMA zulässig
- zusätzliche Anforderungen an Performance-Eigenschaften des Asphaltmischgutes

▶kurz- und langfristiges Ziel der Ressourcenschonung

MAKADAM LABOR SCHWABEN

5

WIEDERVERWENDUNG VON ASPHALT

MAXIMALRECYCLING

▶Definition aus Sicht eines Mischanlagenbetreibers

— jeden Tag die höchste Zugabe an Asphaltgranulat in Abhängigkeit vom Sortenmix und der Anlagentechnik erreichen

— Zugabe in jede Asphaltmischgutsorte *(auch in SMA, sofern zulässig)*

— Lagerkapazitäten erhalten !

▶tägliche Herausforderung die höchste Wiederverwendungsrate zu erreichen !

AMO Asphalt-Mischwerke

MAKADAM LABOR SCHWABEN

6

WIEDERVERWENDUNG VON ASPHALT

AUSSTATTUNG DER ASPHALTMISCHANLAGEN DER MWS / AMO HINSICHTLICH DER RA-ZUGABE

Bitzfeld
- Kalt-Zugabe
- Zugabe ins Heißbecherwerk

auch kombiniert

Sindelfingen
- Warmzugabe
- Kaltzugabe

auch kombiniert

Stuttgart
- Kaltzugabe

Annahme und Aufbereitung

AMO Goldshöfe
- Warmzugabe
- Kaltzugabe

Für jede Asphaltmisch-anlage ergibt sich eine andere „Recycling-Strategie“ !

Synergien müssen erkannt und genutzt werden!

Schwäbisch Gmünd
- Kaltzugabe

MAKADAM LABOR SCHWABEN

GEWINNUNG VON AUSBAUASPHALT

MÖGLICHKEITEN

Intensive Voruntersuchungen durch den Auftraggeber notwendig !

Ausbauasphalt aus allen Schichten kann nur in Asphalttragschichten wieder verwendet werden !

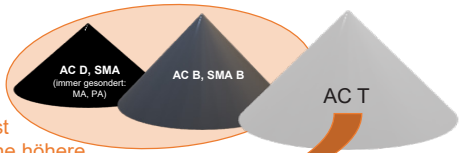
Asphalttragschicht
Asphaltbinderschicht
Asphaltdeckschicht

schichtenweises Fräsen zur Erzielung der höchstmöglichen Wertschöpfung

AC T, Schollen
immer gesondert

Berücksichtigung von Lagerkapazitäten an der AMA

Überprüfung, ob gezielt Schichten zusammen gefräst werden können (auch für eine höhere Gleichmäßigkeit der Lagerhalde)



werden i.d.R. zusammen bzw. nebeneinander gelagert und gemeinsam aufbereitet

MAKADAM LABOR SCHWABEN

AUFBEREITUNG DES ANGELIEFERTEN AUSBAUASPHALTES ZU ASPHALTGRANULAT

BEISPIEL ASPHALTSCHOLLEN - BRECHEN, SIEBEN, FRAKTIONIEREN

Siebanlage zur Fraktionierung des Asphaltgranulates

Brech- und Siebanlage mit kontinuierlicher Überkornrückführung

sofortige, trockene Lagerung des Asphalt-granulates nach der Aufbereitung !

Klassifizierungen und dazu laufende Untersuchung innerhalb der WPK durch das Labor

11 RA 0/8

im Mittel:
6,3 M.-% Bindemittel
17,5 M.-% Füller < 0,063 mm

22 RA 0/16

im Mittel:
3,8 M.-% Bindemittel
8,5 M.-% Füller < 0,063 mm

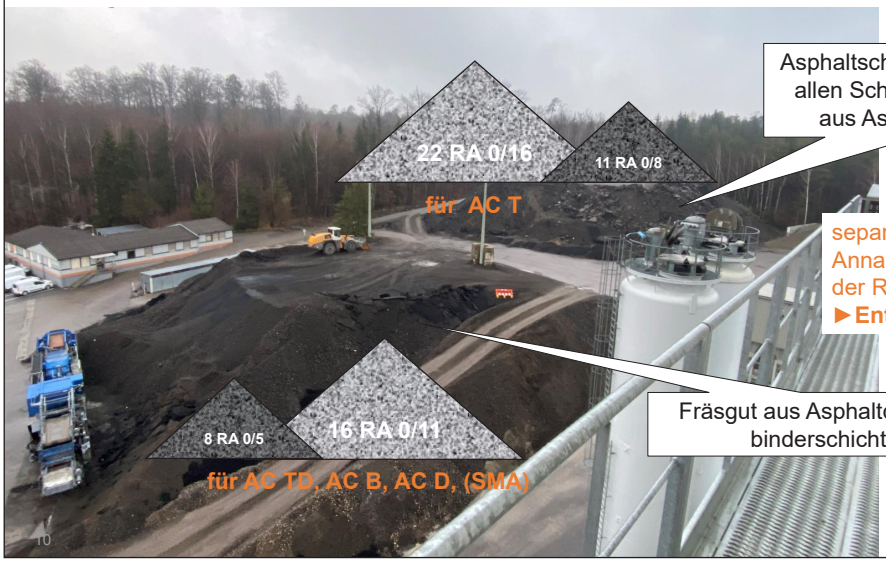
sehr hohe Homogenität !

MAKADAM LABOR SCHWABEN

9

AUFBEREITUNG DES ANGELIEFERTEN AUSBAUASPHALTES ZU ASPHALTGRANULAT

BEISPIEL MÖGLICHER FRAKTIONIERUNG VON ASPHALTGRANULATEN



Asphaltschollen und Fräsgut aus allen Schichten sowie Fräsgut aus Asphalttragschichten

separierte, baustellenbezogene Annahme ist aus Platzgründen in der Regel kaum möglich
►Entstehung von Wanderhalden

Fräsgut aus Asphaltdeck- und binderschichten

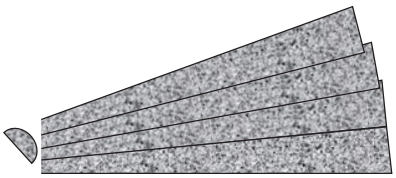
MAKADAM LABOR SCHWABEN

10

AUFBEREITUNG DES ANGELIEFERTEN AUSBAUASPHALTES ZU ASPHALTGRANULAT

HOMOGENISIERUNG DES ASPHALTGRANULATES BEI DER BEFÜLLUNG DER LAGERHALLE

Befüllen der Hallen mit der „Sandwich“-Methode
intensive Abstimmung mit Radladerfahrer notwendig



Entnahme über mehrere Schichten für eine nochmaligen Homogenisierung des Asphaltgranulates

MAKADAM LABOR SCHWABEN

11

ÜBERLEGUNGEN IN DER AUFBEREITUNG

VORTEILE DER FRAKTIONIERUNG VON ASPHALTGRANULATEN

- Verstetigung des Aufbereitungsprozesses für alle Asphaltmischanlage, dadurch Herstellung flexibel austauschbarer Asphaltgranulate
- es liegen Asphaltgranulate für die Verwendung in jeder Asphaltmischgutsorte vor
- gezielte Zugabe eines Mindest-Frischbindemittelgehaltes zum Erreichen der geforderten Bindemitteleigenschaften (Erweichungspunkt Ring und Kugel, elastische Rückstellung) wird möglich
- grobe Asphaltgranulate für hohe Zugaben über die Paralleltrommel oder auch für die kontinuierliche Zugabe in das Heißbecherwerk (Erwärmung mit dem Gestein)
- feine Asphaltgranulate für geringere Zugabemengen (Kaltzugabe)
- Aufrechterhaltung der Möglichkeit zur gezielten Herstellung von „Mischgranulaten“ im Produktionsprozess

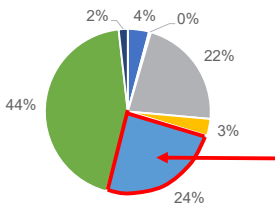
MAKADAM LABOR SCHWABEN

12

VERGLEICH „PARALLELTROMMEL-ANLAGE“ / „STADTANLAGE“ MIT KALTZUGABE

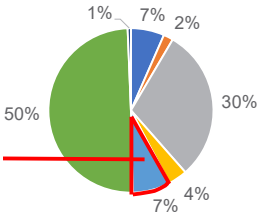
UNTERSCHIEDLICHE VORAUSSETZUNGEN FÜR DIE WIEDERVERWENDUNGSRATE

typischer Sortenmix “Sindelfingen"



gezielte Verschiebung der Produktion im Sinne einer hohen RA-Zugabe

typischer Sortenmix „Stuttgart"



SMA PA AC D AC TD AC B / SMA B AC T Sonstige

SMA PA AC D AC TD AC B / SMA B AC T Sonstige

- große Lagerflächen für die Annahme von Ausbauasphalt
- oft kontinuierliche Produktion von großen Asphaltmengen einer Sorte
- **hohe RA-Zugaben durch Einsatz der Paralleltrommel möglich**

- wenig Lagerfläche für Asphaltgranulat, keine Lagerung von Ausbauasphalt
- ständiger Sortenwechsel, kleine Abnahmemengen
- **RA-Zugabe begrenzt durch die Kaltzugabe und den täglichen Sortenmix**

MAKADAM LABOR SCHWABEN

13

ASPHALTMISCHGUTHERSTELLUNG MIT MAXIMALER WIEDERVERWENDUNGSRATE

BEISPIEL „STADTANLAGE“ MIT KALTZUGABE

- große Mengen AC T, AC B verlagern zu den „Paralleltrommel-Anlagen“
- kontinuierliche Zuführung von Asphaltgranulaten
  - feines Asphaltgranulaten für Asphaltdeck- und binderschichten, Aufbereitung an anderen AMA‘s
  - Asphaltgranulat für Asphalttragschichten aus separat betriebener Aufbereitungsanlage
- Asphaltmischgutherstellung
  - erzwingen eines kontinuierlichen Mischbetriebes durch
    - zwingende Materialvorbestellung am Vortag, auch Kleinmengen
    - Sortierung der Vorbestellung nach Asphaltmischgutarten und Festlegung der Mischabfolge im Sinne einer hohen RA-Zugabe
    - Ausnutzung von Silokapazitäten

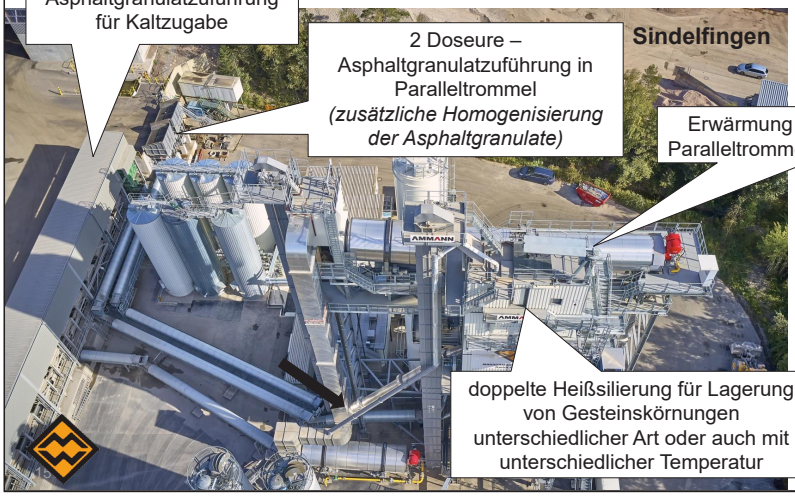
Weiterer Vorteil der RA-Zugabe für alle Asphaltmischgutsorten ist die Temperaturregulierung (z.B. AC 5 D L)

MAKADAM LABOR SCHWABEN

14

ASPHALTMISCHGUTHERSTELLUNG MIT MAXIMALER WIEDERVERWENDUNGSRATE

BEISPIEL MISCHANLAGE MIT KOMBINIERTER WARM- UND KALTZUGABE

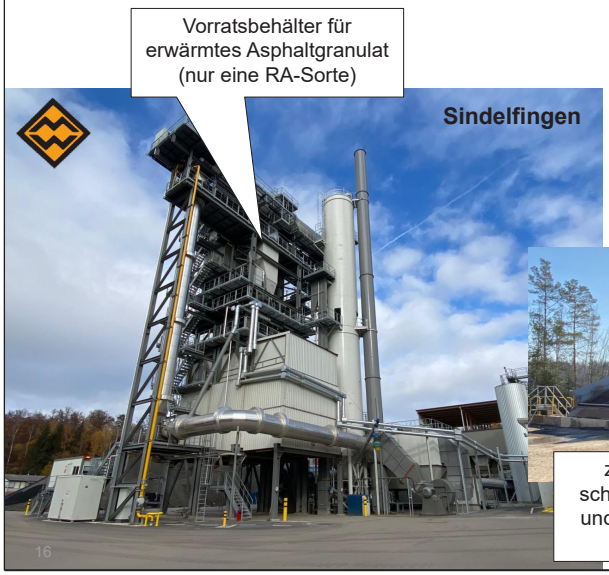


- Optimierung von Anlagenkomponenten, insbesondere der Trockentrommeln, für eine hohe RA-Zugabe
- vorzugsweise Verwendung der grob fraktionierten Asphaltgranulate in Paralleltrommel
- fein fraktionierte Asphaltgranulate hauptsächlich für Kaltzugabe

MAKADAM LABOR SCHWABEN

ASPHALTMISCHGUTHERSTELLUNG MIT MAXIMALER WIEDERVERWENDUNGSRATE

BEISPIEL MISCHANLAGE MIT KOMBINIERTER WARM- UND KALTZUGABE

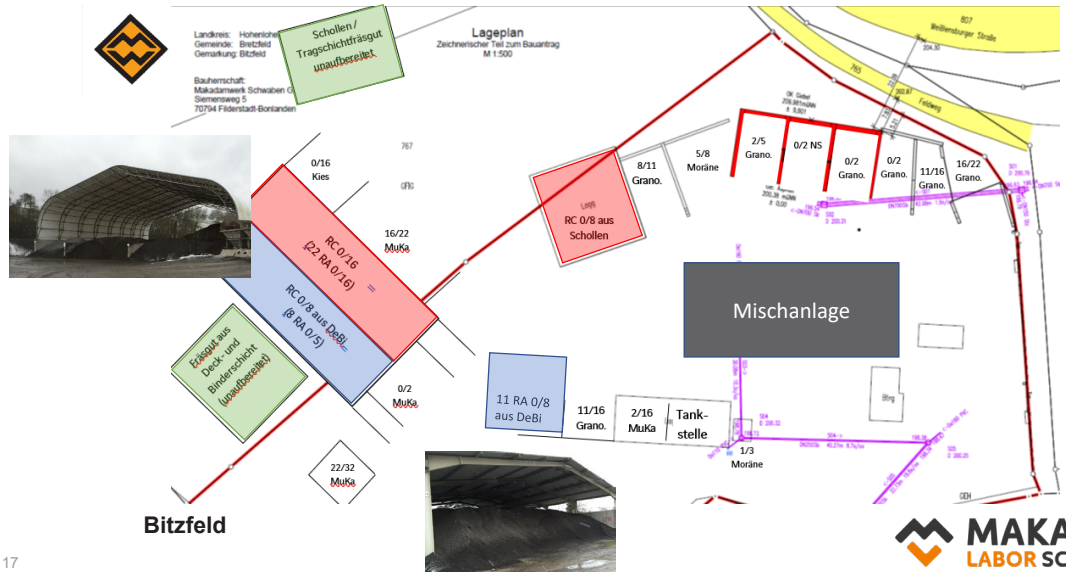


- Umstellung der Asphaltgranulatsorte nur bei großen Tonnagen
- zwangsläufig Nutzung der Kaltzugabe, wenn die Paralleltrommel mit Asphaltgranulat für andere Asphaltmischgutarten „belegt“ ist

MAKADAM LABOR SCHWABEN

ASPHALTMISCHGUTHERSTELLUNG MIT MAXIMALER WIEDERVERWENDUNGSRATE

MISCHANLAGE MIT KALTZUGABE UND ZUGABE AUF DIE HEIßEN GESTEINEN INS HEIßBECHERWERK



Bitzfeld

MAKADAM LABOR SCHWABEN

17

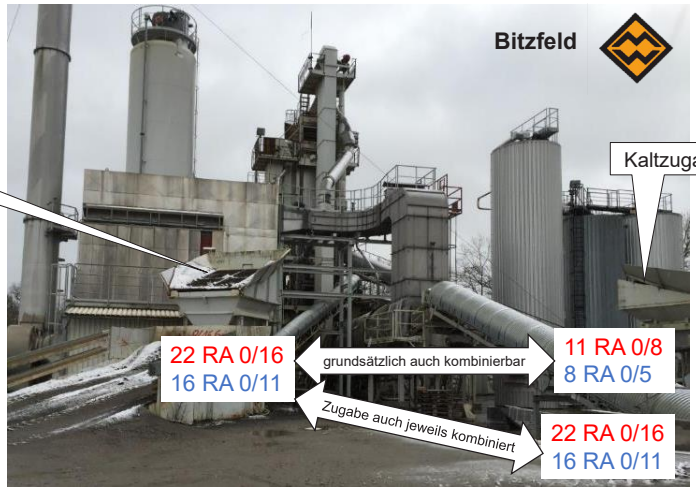
ASPHALTMISCHGUTHERSTELLUNG MIT MAXIMALER WIEDERVERWENDUNGSRATE

MISCHANLAGE MIT KALTZUGABE UND ZUGABE AUF DIE HEIßEN GESTEINEN INS HEIßBECHERWERK

nur „Bypass-Produktion“
AC T / AC B / SMA B

Kontinuierliche Zugabe von RA in das Heißbecherwerk

begrenzte Verwiegung von Asphaltgranulat
►Fassungsvermögen / Stundenleistung Heißbecherwerk



MAKADAM LABOR SCHWABEN

RECYCLING – MATERIALBEWIRTSCHAFTUNG UND MAXIMALRECYCLING

WOHIN MIT DEN ASPHALTBERGEN ?

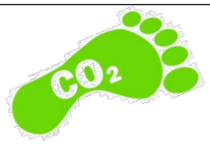
Fazit

- für jede Asphaltmischanlage wird eine individuelle Lösung benötigt um eine hohe Wiederverwendungsrate an Asphaltgranulat zu erreichen
- hohe Aufwendungen bei der Aufbereitung von Ausbauasphalt führen zu:
  - hohen Wiederverwendungsraten
  - einer hohen Flexibilität in der Produktion
  - Synergien unter mehreren Asphaltmischanlagen
- bei der Herstellung von Asphaltmischgut muss mit der Zugabe von Asphaltgranulat variabel umgegangen werden um eine hohe Wiederverwendung zu erreichen; es gibt keinen durchgängig standardisierten Prozess für eine Asphaltmischanlage
- eine gute Vorplanung des Produktionsprozesses führt zu einer höheren Wiederverwendungsrate

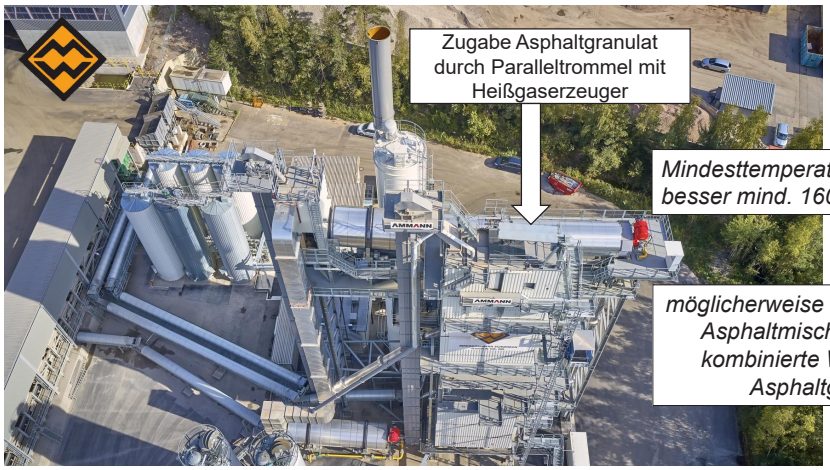
MAKADAM LABOR SCHWABEN

AUSBLICK: HERSTELLUNG VON TEMPERATURABGESENKTEM ASPHALT

HERAUSFORDERUNG: KOMBINATION NTA MIT ASPHALTRECYCLING



- Verträglichkeit aller Herstellungsverfahren mit hohen Asphaltgranulat-Zugaben ist zu prüfen !



MAKADAM LABOR SCHWABEN

MATERIALBEWIRTSCHAFTUNG / MAXIMALRECYCLING

WOHIN MIT DEN ASPHALTBERGEN ? → ZURÜCK IN DEN ASPHALT !

www.asphaltadvantages.com/de

MAKADAM LABOR SCHWABEN

Dr. Carsten Karcher

Dr.-Ing., Geschäftsführer
Asphalt Pavements for Europe, Karlsruhe (DE)

Dr. Carsten Karcher

«Strasse könnte viel mehr!»

Im Vortrag werden die Energiegewinnung aus Fahrbahnkonstruktionen, die intelligente Strasse, emissionsreduzierende Oberflächen, Ladetechnologie in Fahrbahnkonstruktionen und die leuchtende Strasse angesprochen.

Dabei geht es bezogen auf die Energiegewinnung aus Fahrbahnkonstruktionen um verschiedene Möglichkeiten, diese zu gewinnen (thermisch, solar und mechanisch/kinetisch). Es werden zur thermischen Energiegewinnung z.B. Röhrensysteme, die die im Sommer eingetragene Wärmeenergie der Fahrbahnkonstruktion einsammeln und speichern oder nutzen, vorgestellt. Auch sind Solar-Paneele auf der Oberfläche der Strassenkonstruktion in Pilotstrecken im Einsatz und werden beschrieben. Zur mechanischen Energiegewinnung stehen piezoelektronische Elemente zur Verfügung.

Zum Thema Intelligente Strasse oder Smart Roads werden Sensoren in der Strasse besprochen, die zu verschiedenen Zwecken genutzt werden können. Zum einen zur Kommunikation von Strasse mit Fahrzeugen oder Dritten und zum anderen zur Kommunikation von Fahrzeug zu Fahrzeug. Hierzu werden verschiedene Möglichkeiten zur Informationsgewinnung in der Strasse oder auf der Strasse beschrieben und Beispiele zur Nutzung genannt: Die Zustandsbewertung der Strassenkonstruktion oder die Bewertung der Eigenschaften der Strassenoberfläche.

Im Themenblock Emissionsreduzierung der Strassenoberflächen geht es um die Herstellung einer besonderen Oberfläche zur Verringerung des Rollwiderstandes und damit des Energie-/Spritverbrauches und damit von Emissionen, aber auch um eine katalytische Asphaltdeckschicht zur Reduzierung von Stickstoffoxid.

Für die Elektromobilität stehen verschiedene Möglichkeiten zum Laden von Elektrofahrzeugen zur Verfügung. Diese Ladetechnologien in Fahrbahnkonstruktionen oder auf Fahrbahnkonstruktionen werden in einem weiteren Themenfeld besprochen. Hierbei wird auf die Besonderheiten von Ladetechnologie in der Fahrbahnkonstruktion bei der Herstellung und Wartung hingewiesen und die verschiedenen Systeme vorgestellt.

Der letzte Themenblock behandelt die Leuchtende Strasse. Hier werden Möglichkeiten aufgezeigt wie mit fluoreszierenden Stoffen eine Sicherheitserhöhung von Fahrbahnoberflächen oder auch eine Einsparung von Beleuchtung für untergeordnete Strassen oder Wege ermöglicht wird.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass viele Möglichkeiten für die Erweiterung der Funktionsfähigkeit einer Strasse bestehen. Allerdings muss auch immer eine Abwägung der Vor- und Nachteile sowie die Ausführbarkeit bezogen z.B. auf die Dauerhaftigkeit und die Wiederverwendung der Baustoffe aus der Strasse im Gesamtkontext erfolgen.

Dr. Carsten Karcher

«La route pourrait faire beaucoup plus!»

L'exposé abordera la production d'énergie à partir des structures de chaussée, la route intelligente, les surfaces à émissions réduites, la technologie de chargement dans les structures de chaussée et la route lumineuse.

En ce qui concerne la production d'énergie à partir des structures de chaussée, il s'agit de différentes possibilités de production (thermique, solaire et mécanique/cinétique). Pour la production d'énergie thermique, on présente par exemple des systèmes de tubes qui collectent et stockent ou utilisent l'énergie thermique de la structure de la chaussée en été. Des panneaux solaires à la surface de la construction routière sont également utilisés et décrits dans des sections pilotes. Des éléments piézoélectriques sont disponibles pour la production d'énergie mécanique.

Sur le thème des routes intelligentes ou smart roads, il est question de capteurs dans la route qui peuvent être utilisés à différentes fins. D'une part, pour la communication de la route avec des véhicules ou des tiers et, d'autre part, pour la communication de véhicule à véhicule. Pour ce faire, différentes possibilités de collecte d'informations dans la route ou sur la route sont décrites et des exemples d'utilisation sont donnés : L'évaluation de l'état de la structure de la route ou l'évaluation des propriétés de la surface de la route.

Dans le bloc thématique réduction des émissions des surfaces routières, il est question de la fabrication d'une surface particulière pour réduire la résistance au roulement et donc la consommation d'énergie/de carburant et donc les émissions, mais aussi d'une couche de roulement en asphalte catalytique pour réduire l'oxyde d'azote.

Pour l'électromobilité, il existe différentes possibilités de recharge des véhicules électriques. Ces technologies de recharge dans les structures de chaussée ou sur les structures de chaussée seront abordées dans un autre domaine thématique. Les particularités de la technologie de recharge dans la construction de la chaussée lors de la fabrication et de l'entretien y sont soulignées et les différents systèmes sont présentés.

Le dernier bloc thématique traite de la route lumineuse. Il s'agit de montrer comment des substances fluorescentes permettent d'augmenter la sécurité des surfaces de chaussée ou d'économiser l'éclairage de routes ou de chemins secondaires.

En résumé, on peut dire qu'il existe de nombreuses possibilités d'améliorer la fonctionnalité d'une route. Cependant, il faut toujours peser les avantages et les inconvénients ainsi que la faisabilité en termes de durabilité et de réutilisation des matériaux de construction de la route dans le contexte global.

Dr. Carsten Karcher

«La strada potrebbe fare molto di più!»

La presentazione tratterà la generazione di energia dalle strutture stradali, la strada intelligente, le superfici a emissioni ridotte, la tecnologia di ricarica e la strada luminosa. Per quanto riguarda la generazione di energia dalle strutture stradali, verranno trattate le diverse possibilità di generazione di energia (termica, solare e meccanica/cinetica). Per la generazione di energia termica, ad esempio, vengono presentati sistemi di tubi che raccolgono e immagazzinano o utilizzano l'energia termica della pavimentazione in estate. Anche i pannelli solari sulla superficie stradale sono in uso in sezioni pilota e vengono discussi. Per la generazione di energia meccanica sono disponibili elementi piezoelettrici.
Per quanto riguarda le strade intelligenti o smart road, vengono discussi dei sensori presenti sulla strada che possono essere utilizzati per vari scopi. Da un lato, per la comunicazione tra la strada e i veicoli o terzi e, dall'altro, per la comunicazione da veicolo a veicolo. A tal fine, vengono descritte varie possibilità per ottenere informazioni nella strada o sulla strada e vengono forniti esempi di utilizzo: la valutazione delle condizioni della struttura della pavimentazione o la valutazione delle proprietà del manto stradale.

Nel blocco tematico sulla riduzione delle emissioni delle superfici stradali, viene discussa la fabbricazione di un manto particolare per ridurre la resistenza al rotolamento e quindi il consumo di energia/combustibile e le emissioni, ma anche uno strato di usura catalitico dell'asfalto per ridurre gli ossidi di azoto.

Per quanto riguarda l'elettromobilità, esistono diverse possibilità di ricarica dei veicoli elettrici. Queste tecnologie di ricarica all'interno o sulle strutture della pavimentazione saranno discusse in un'altra area tematica. In questo ambito, vengono evidenziate le peculiarità della tecnologia di ricarica nelle costruzioni stradali durante la produzione e la manutenzione e vengono presentati i vari sistemi.

L'ultimo blocco di argomenti riguarda la cosiddetta strada illuminata. In questo caso verranno illustrate diverse possibilità di utilizzo di materiali fluorescenti per aumentare la sicurezza delle superfici stradali o per risparmiare sull'illuminazione, di strade principali o di vie secondarie.

In sintesi, si può affermare che esistono molte possibilità per estendere la funzionalità di una strada. Tuttavia, i vantaggi e gli svantaggi, nonché la fattibilità, ad esempio per quanto riguarda la durata e il riutilizzo dei materiali da costruzione della strada, devono sempre essere valutati nel contesto generale.

Straße könnte viel mehr!

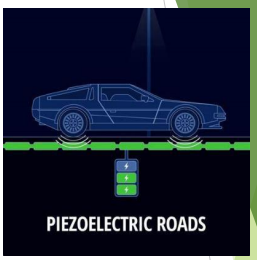
Carsten Karcher
Asphalt Pavements for Europe

Gliederung

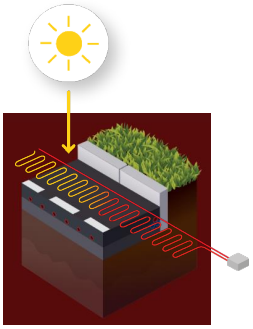
- Energiegewinnung aus Fahrbahnkonstruktionen
  - Thermisch, Solar, Mechanisch/Kinetisch
- Intelligente Straße
  - Sensoren, P2V, V2V
- Emissionsreduzierende Oberflächen
  - Green SMA
  - Katalytische Asphaltdeckschicht
- Ladetechnologie in Fahrbahnkonstruktionen
- Leuchtende Strasse

Energiegewinnung

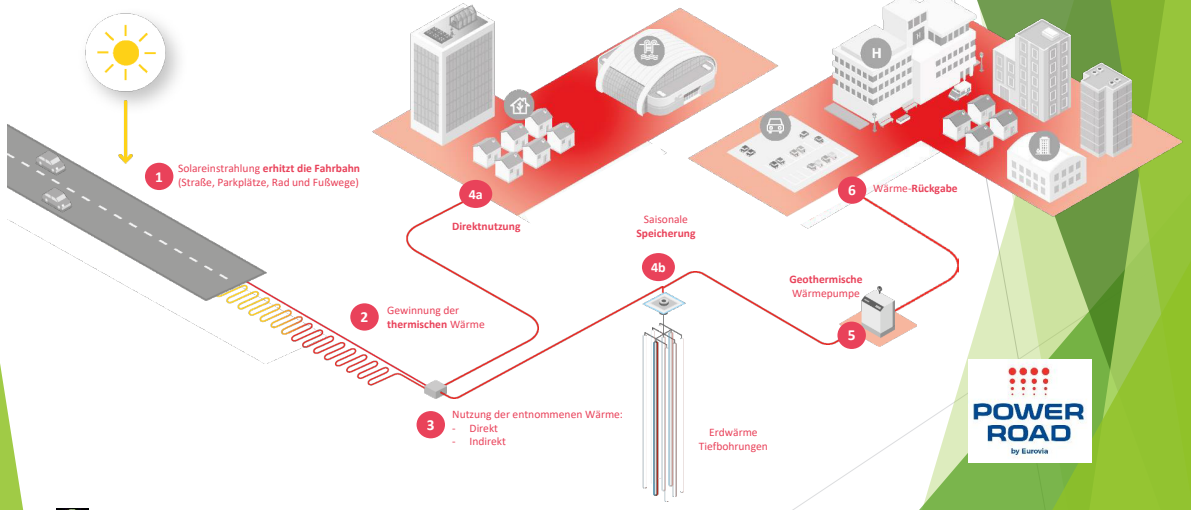
- Energiegewinnung aus Fahrbahnkonstruktionen
  - Thermisch mittels Wärmetauscher
  - Solar mittels Photovoltaik
  - Mechanisch/Kinetisch mittels Piezoelementen



https://inhabitat.com/what-the-smart-roads-of-the-future-might-look-like/



Energiegewinnung

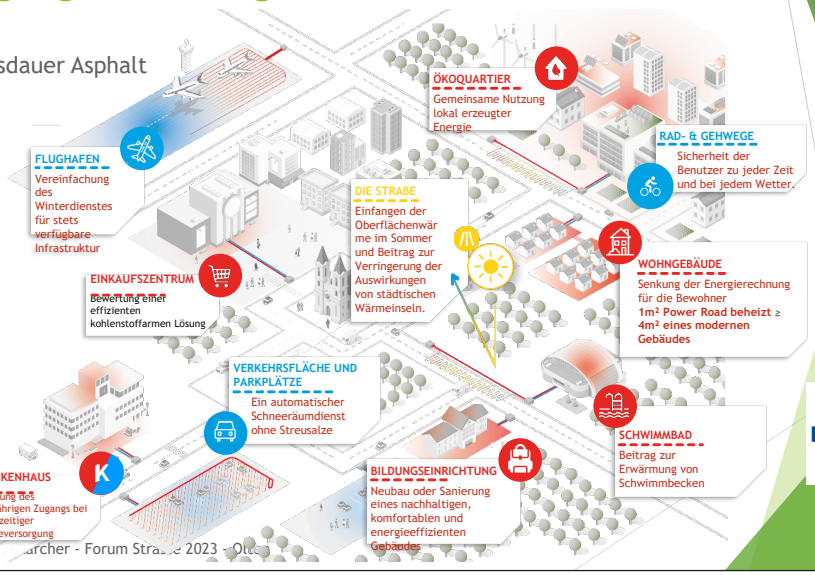


Energiegewinnung

Bilderquelle: Eurovia

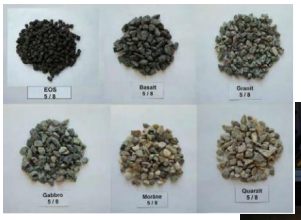
Energiegewinnung

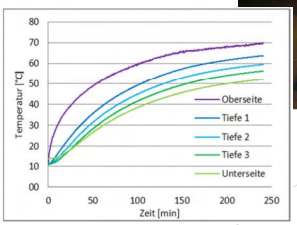
- Lebensdauer Asphalt



Energiegewinnung

- Machbarkeitsstudie in 2011 -> DuraBASt
- Hochkomplexe Zusammenhänge
  - Wirtschaftlichkeit
  - Asphalttechnologie der Straße
  - Wärmetauschsystem, Wärmespeicherung,
  - Gesmatsystem, Regelungstechnik, Gebäude
  - Energiehandel, Vertragsgestaltung, Recht
  - Standort, Klima
- Nachhaltig, Ökonomisch, Sozial (Klimaadaption)
- Realisierung bereits mehrfach weltweit





Quelle: Schlussbericht FE-Nr. 09.0174/2011/HRB Temperierte Strasse Machbarkeitsstudie

Energiegewinnung

- Schon seit 2014 erproben die Niederländer in der Nähe von Amsterdam eine sogenannte SolaRoad.
- Die Radweg-Teststrecke besteht aus Solar-Panels und erzeugt selbstständig Strom.
- seit Anfang 2019 zwei weitere Teststrecken auf Straßen in NL in Betrieb

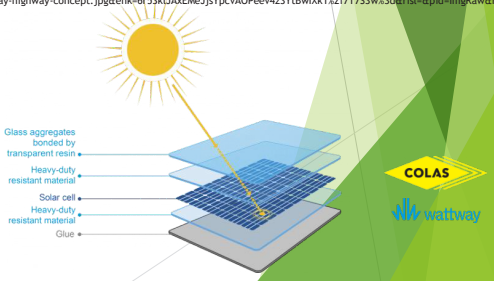
https://assets.vattenfall.de/binaries/content/gallery/commercialweb/privatkunden/jumbotron/elife/jumbotron-elife-029-solaroad.jpg

Energiegewinnung

- Solar Roadways startete in 2016 mit Solar-Modulen-Panelen mit verstärktem Glass in den USA
- The Solar Road: Wattway startete im Oktober 2015 zu COP 21 mit einer Versuchsstrecke
- Heute mehr als 40 Strecken in FR und der Welt
  - The solar road - www.wattwaybycolas.com

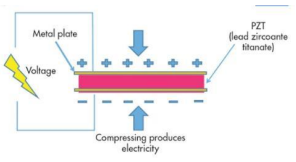
https://th.bing.com/th/id/R.371f490da205add5d007c3d2d03ea750?rik=EB8Fa%2blBtDZlkg&riu=http%3a%2f%2fmediad.publicbroadcasting.net%2fp%2fkwmu%2ffiles%2fstyles%2fx_large%2fpublic%2f201607%2f--images-HighRes-solar-roadway-highway-concept.jpg&ehk=6r53kLJAxEMeJjsYpcvAOPeev4z3YtBwlXk1%2f77S3w%3d&risl=&pid=ImgRaw&r=0

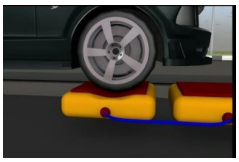
Bilder und Grafik: https://www.wattwaybycolas.com/en/the-solar-road.html

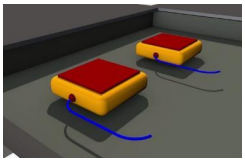


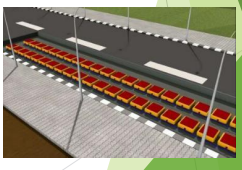
Energiegewinnung

- Straßen mit Piezoelektrischen Elementen erzeigen Elekrizität, wenn eine Fahrzeug darüber rollt.
- Piezoelektrischer Effect - die Fähigkeit von bestimmten Materialien elektrische Energie bei mechanischem Druck zu erzeugen.
- Die gewonnene Elektrizität kann z.B. für LEDs oder Sensoren oder elektrische Straßenausstattung genutzt warden
- Höherer Spritverbrauch









Bildquelle: https://qph.cf2.quoracdn.net/main-qimg-92ab909f611aaa12928e010b70a93a12-lq

Intelligente Straße

- Sensorik für die Kommunikation
  - P2V oder V2V
- Sensoren oder Sensornetze zur Erfassung von Kenngrößen zum Zustand aus der Straßenkonstruktion
  - Temperatur, Beschleunigung, Verformungen/Lage, Spannungen/Dehnungen
- Auf diese Weise sollen die Betreiber Instandhaltungsarbeiten flexibler und genauer planen können. Fahrzeugsensoren ergänzen diese Informationen.
  - Zustandserfassung und PMS in Madrid
- Sensoren in der Straße messen das Gewicht und die Geschwindigkeit von Fahrzeugen in Echtzeit und tragen dazu bei, die jeweils geltende Straßenverkehrsordnung durchzusetzen.

Intelligente Straße

- Sensoren an den Fahrzeugen erfassen in Echtzeit den Oberflächen-Zustand der Fahrbahnkonstruktion, wie Temperatur, Glatteis, Regen, etc.
- Dann werden zum einen die Assistenzsysteme der Fahrzeuge bei Bedarf die Geschwindigkeit anpassen – etwa vor Staus oder Glatteis – oder alternative Routen vorschlagen.
- Interaktive Beleuchtungssysteme in oder auf der Fahrbahn, die aufleuchten, wenn Fahrzeuge oder Fußgänger auf der Straße unterwegs sind.
- Klassische Fahrbahnmarkierungen und Verkehrsschilder können ersetzt werden z.B. durch die Spur markierende Leuchtdioden (LEDs).

https://inhabitat.com/what-the-smart-roads-of-the-future-might-look-like/

Intelligente Straße

https://www.google.de/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.forbes.com%2Fsites%2Fjenniferhicks%2F2019%2F03%2F29%2Fhow-technology-can-pave-the-future-of-our-roadways%2F&psig=AOvVaw0yD6O4OUgWeJFz9K748Wu1&ust=1676487923237000&source=images&cd=vfe&ved=0CA0QjRxqFwoTCJCUpLbalf0CFQAAAAAdAAAAABAs

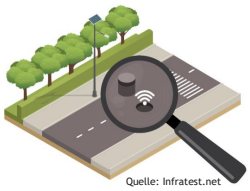
- Dank zeitnaher Datenerhebung wird es möglich sein, das Verkehrsaufkommen angepasst über Leitsysteme zu steuern.
- Sensoren in Straße und Straßenausstattung unterstützen

https://www.yunextraffic.com/wp-content/uploads/2022/10/b48e1db5accf49082a4d55f822371645c3346a97-770x514.jpg

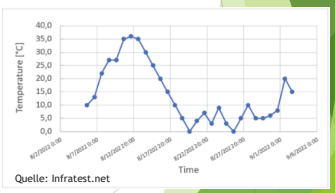
Intelligente Straße

- Normalerweise empirische Temperaturverteilung im Asphaltbelag nach dem Einbau. Meist basierend auf der Lufttemperatur unter Verwendung von Modellen für deren vertikale Wirkung.
- Mittels neuer Sensoren und Übertragungstechniken ist es möglich, solche Werte zu messen und drahtlos zu übertragen.
- https://ica4point0.com/

Quelle: Infratest.net



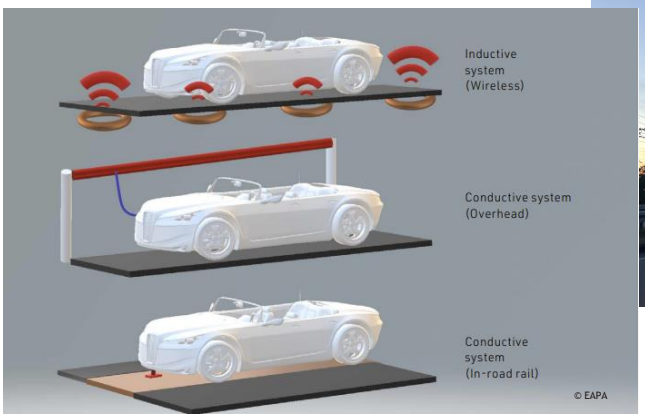
Quelle: Infratest.net



Quelle: Infratest.net

Ladetechnologie

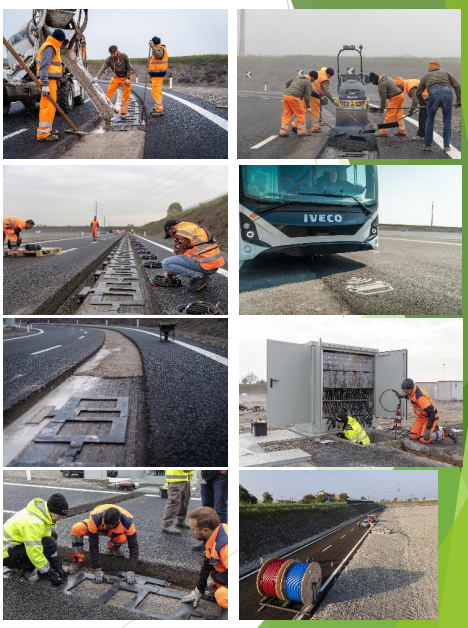
- Elektrofahrzeuge mit Strom versorgen



https://eapa.org/classification-of-readiness-of-european-highways-for-adopting-connected-automated-and-electric-vehicles-vieuw

Ladetechnologie

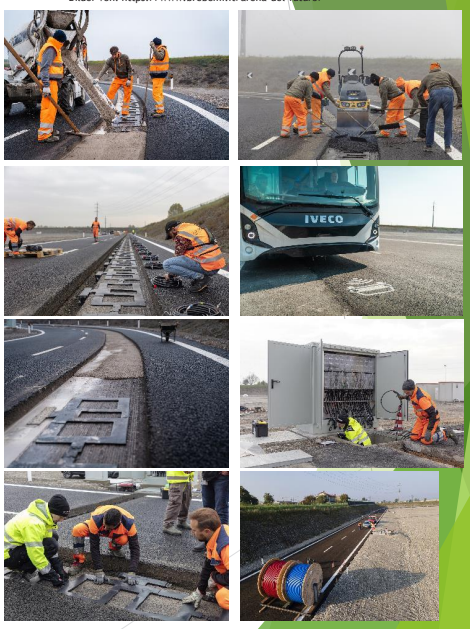
Graphik und Bilder von:
https://www.brebemi.it/arena-del-futuro/



Ladetechnologie

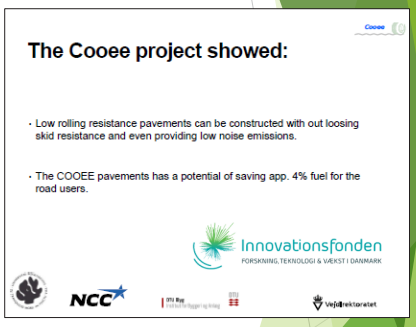
- Induktives Laden von Elektrofahrzeugen
  - Dynamic Wireless Power Transfer(DWPT)
- Spulensystem überträgt die Energie direkt auf Fahrzeug
- Wechselwirkungen in der Erprobung (Asphalt, Steuergeräte, Kabel, E-Fahrzeug, etc.)
- Materialeignung für
  - geringe Störbeeinflussung der elektromagnetischen Felder
  - Integration System in Fahrbahn (Einbau, Haltbarkeit)

Bilder von: https://www.brebemi.it/arena-del-futuro/



Emissionsreduzierende Asphaltoberflächen

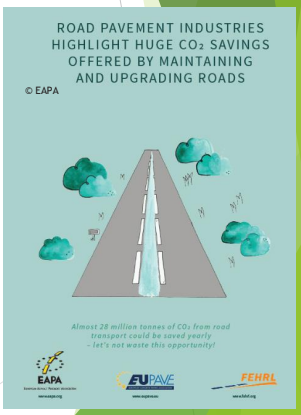
- Neue Asphaltrezeptur in Forschungsprojekt (SMA Green) mit einer speziellen Asphaltoberfläche “Platteaus mit Schluchten”
- COOEE Versuchsstrecken zeigten: MPD von 0,5 bis 0,75 (Ø DK: 0,95)
- Erwartete Reduzierung des Rollwiderstandes (RR): bis zu 25%
- Bis zu 25 Prozent des auf den Straßen ausgestoßenen CO_2 werden durch den Rollwiderstand verursacht



From: The Danish Road Directorates strategy and future work for low rolling resistance pavements Bjarne Schmidt - Danish Road Directorate, Final Workshop COOEE project, Copenhagen, November 2014

Emissionsreduzierende Asphaltoberflächen

- Somit 3% bis 5% des Kraftstoffverbrauchs durch die Entwicklung und Einführung neuer Fahrbahnoberflächen möglich
- In Dänemark: Einsparung von mindestens 48 Millionen Liter Kraftstoff, damit 45.000 Tonnen weniger CO_2 und 76 Tonnen weniger Stickoxide NO_X pro Jahr
- Aus sozioökonomischer Sicht lassen sich in DK 40 Mio. EUR einsparen



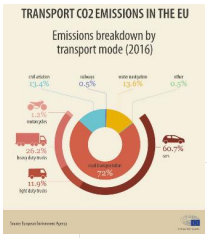
Emissionsreduzierende Asphaltoberflächen

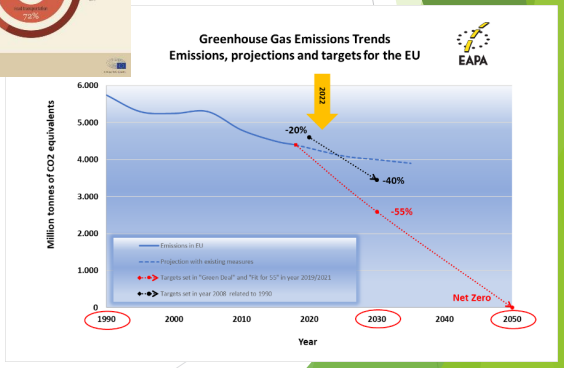
Verkehrssektor während der Nutzungsdauer

- Ca. 860 Mt CO_{2eq} aus Strassenverkehr (4,000 Mt x 0.3 x 0.72)
- >5% Einsparung mit gut texturierten und ebenen Oberflächen: **>40 Mt CO_{2eq} pro Jahr**

Industriesektor während der Herstellung

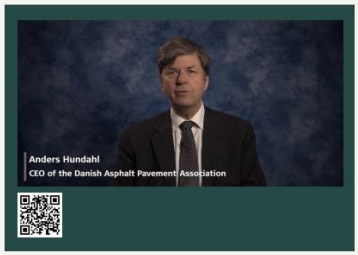
- 40-60kg of CO_{2eq}/t Asphalt bei einer Produktion von ca. 215 Mt Asphalt in EU-27 pro Jahr (2019): **~10 Mt CO_{2eq} pro Jahr**





Emissionsreduzierende Asphaltoberflächen

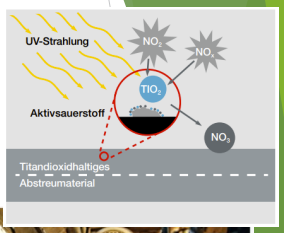
- Website des Europäischen Asphaltverbandes (European Asphalt Pavement Association – EAPA)

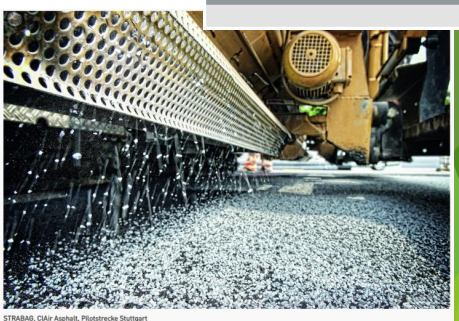


Katalytische Asphaltdeckschicht

- Asphalt statt Fahrverbot
- Abbau (Photokatalyse) von Stickoxiden (NO_X) unter Einwirkung von Sonnenlicht (UV-Strahlung) zu unschädlichen Nitraten
- Asphalttechnologie der Strabag AG – Luftreinigender Clean Air (ClAir®) Asphalt
- Abstreumaterial aus ultrahochfestem Beton versetzt mit Titandioxid (TiO_2) wird durch spezielles Anbauverfahren direkt in die heiße Asphaltoberfläche eingebunden
- Aus Forschungsprojekt NaHiTAs (2018)

Aus: Factsheet ClAir Asphalt: https://work-on-progress.strabag.com/site/sustainability/get/params_E760782745_Dattachment/189703/ClairAsphalt_GER_22_11_Web.pdf



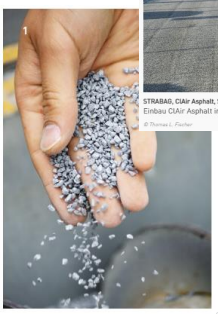


STRABAG, ClAir Asphalt, Pilotstrecke Stuttgart
Fertigerintegrierter Streuer

Katalytische Asphaltdeckschicht

- Feldversuche zeigen Reduzierung der (NO_2)-Konzentration in der Luft um bis zu 26%
- Photokatalysator TiO2 wird dabei nicht verbraucht, sondern bleibt dauerhaft und funktionsfähig in der Straßenoberfläche erhalten.
- ClAir® Asphalt bewirkt Lärmminderung
  - Verringerung Lärmpegel bei 40 km/h nach Einbau um 1 bis 2 dB(A) (entspricht einer Abnahme des Verkehrsaufkommens <35%)
- Zahlreiche kommunale Pilotprojekte

STRABAG, ClAir Asphalt, Stockach
Einbau ClAir Asphalt in Stockach, September 2019
© Thomas L. Fischer



1 Abstreugranulat aus mit Titandioxid versetztem, ultrahochfestem Beton © STRABAG AG

Aus: Factsheet ClAir Asphalt: https://work-on-progress.strabag.com/site/sustainability/get/params_E760782745_Dattachment/189703/ClaIrAsphalt_GER_Z2_11_Web.pdf

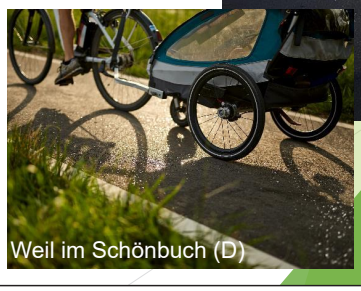
Reflektierende Asphaltdeckschicht

- Spezielles Asphaltmischgut unter Verwendung besonders heller, reflektierender Materialien z.B. Glas/Spiegel-Granulat 20 - 25 M.-% mit rund geschliffenen Bruchkanten (Produktbezeichnung LUMIVIA)
- hoher Anteil recycelter Baustoffe
  - Ressourcenschonung
  - Qualitätssicherung wichtig (Kantigkeit und Umweltaspekte wie Eluation)

Reflektierende Asphaltdeckschicht

- Reflektierenden Eigenschaften mit Glitzereffekt
  - Verkehrswege mit besonderer Zweckbestimmung und vom üblichen Straßenraum bei Tag und Nacht hervorheben (Sicherheitsaspekt).
  - bei Dunkelheit vorhandene Beleuchtung ohne Einbringung weiterer Energie ergänzen (Energieeinsparung)
- Die besonderen funkelnden und glitzernden Oberflächeneigenschaften lassen Vorplätze vor öffentlichen und privaten Einrichtungen aufwerten und verleihen diesen einen edlen Look.

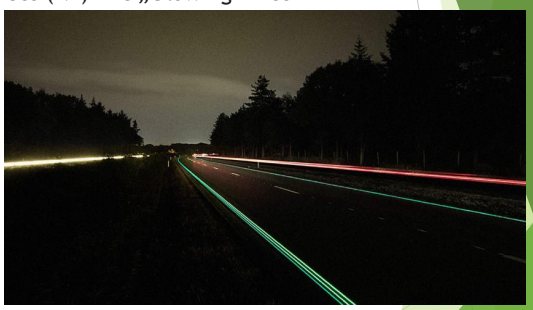
Sindelfingen (D)


Weil im Schönbuch (D)

Leuchtende Strasse

- Glow- in-the-dark-Technologie
- Straßenbeleuchtung, Schilder und spezielle Fahrbahnmarkierungen mit selbstleuchtenden Materialien speichern die Energie des Tageslichts und leuchten bei Dunkelheit
- erhöhte Sicherheit und Energieeinsparung
- Auch Radwege, Fußwege, Zebrastreifen etc. könnten künftig mit der Spezialfarbe markiert und so sicherer werden.

Teilabschnitt der Autobahn N 329 nahe der Stadt Oss (NL) mit „Glowing Lines“



https://tbever.com/smart-highway-glowing-lines/?ckattempt=1

Leuchtende Strasse

- Der Fahrradweg, ein Kunstprojekt des niederländischen Designers Daan Roosegaarde, erinnert optisch an das weltberühmte Gemälde „Sternennacht“ von Vincent van Gogh (1853–1890).
- Der Weg beginnt in der Dunkelheit zu leuchten und wurde zum 125. Todestag des Malers im Jahr 2015 nahe dem niederländischen Van-Gogh-Städtchen Nuenen eingeweiht.
- Die grüne Fluoreszenzfarbe (photolumineszente Farbe), die extra für den Weg entwickelt wurde, speichert tagsüber Sonnenenergie. In der Nacht leuchtet die Farbe auf den Steinchen dann bis zu acht Stunden und spart das zusätzliche Licht von 15 Laternen ein.

https://assets.vattenfall.de/binaries/content/gallery/commercialweb/e-life/trend/leuchtender-fahrradweg-zukunft-der-strassen/vangoghroosegaarde4.jpg

E&E Congress 2024

1. Asphalt mixture performance and testing
2. Binder performance and testing
3. **Digitalisation & Asphalt 4.0**
4. **Environment**
5. Future roads and mobility
6. Health & Safety
7. Maintenance and rehabilitation
8. Procurement and funding
9. Production and construction equipment
10. Resilience
11. **Sustainability**
12. Training, career development and industry attractiveness
13. Warm and cold technologies

Zusammenfassung

- Straße könnte in der Tat viel mehr leisten als nur den Verkehr zu (er)tragen, wie in den Beispielen zu erweiterten Funktionen gezeigt wurde.
  - Energiegewinnung aus Fahrbahnkonstruktionen
  - Intelligente Straße
  - Emissionsreduzierende Oberflächen
  - Ladetechnologie in Fahrbahnkonstruktionen
  - Leuchtende Straße
- Allerdings muss auch immer eine Abwägung der Vor- und Nachteile sowie die Ausführbarkeit bezogen z.B. auf die Dauerhaftigkeit, die Sicherheit, Gesundheitsaspekte und die Wiederverwendung der Baustoffe aus der Straße im Gesamtkontext erfolgen.
- Nicht alles was in diesem Fall möglich ist, ist auch sinnvoll und zweckmäßig.

Vielen Dank für Ihr Interesse!

Dr. Carsten Karcher - Asphalt Pavements for Europe
Karlsruhe | +49 171 7817173
www.asphaltpave.eu | karcher@asphaltpave.eu
linkedIn | Twitter @carstenkarcher | facebook

EAPA
European Asphalt Pavement Association
Brüssel | +49 171 7817173
www.eapa.org | karcher@eapa.org
linkedIn | Twitter @eapa_org | facebook