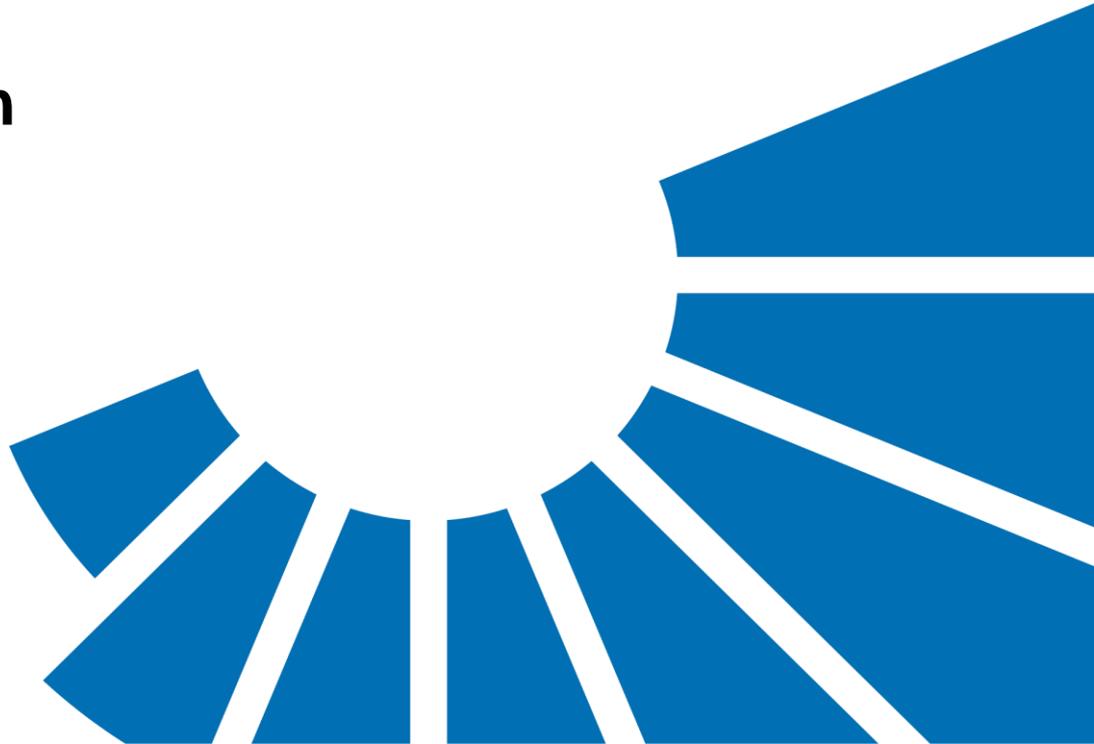


Abdichtung von Brücken PMMA & Gussasphalt

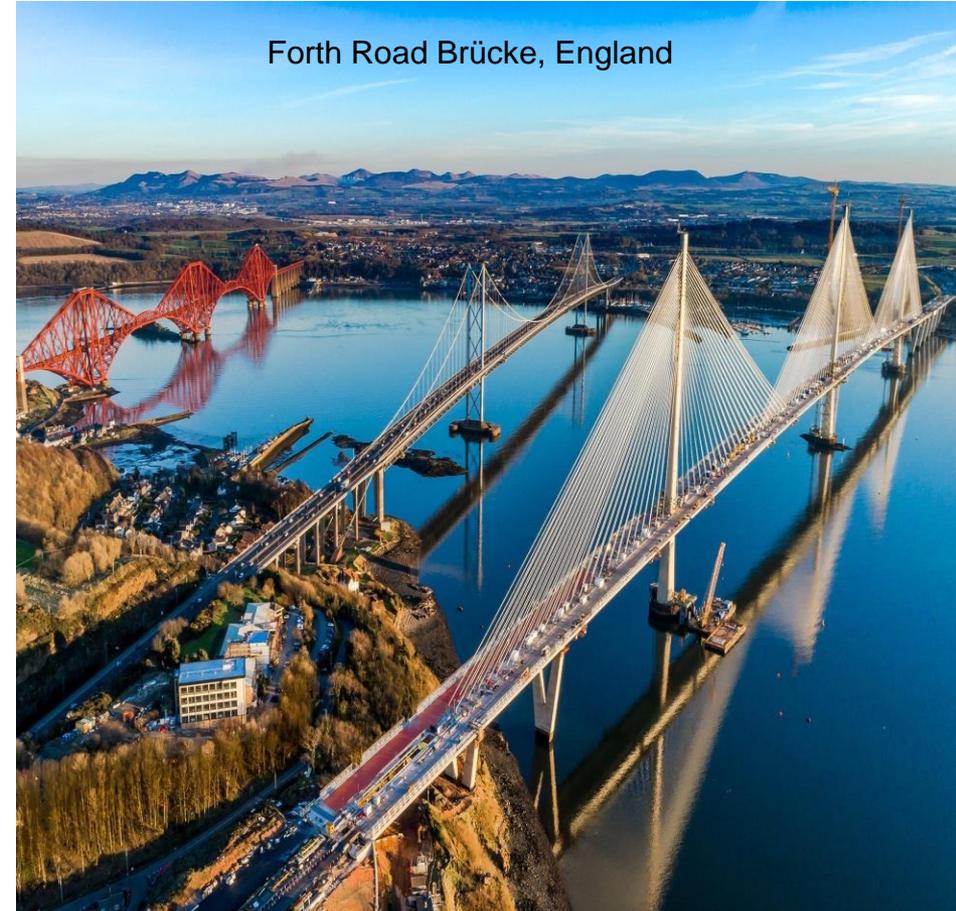
Vortrag von James Hopper

24. September 2021



Übersicht

- **Warum wasserdicht?**
 - Wichtige Überlegungen bei der Verwendung von PMMA-Brückenabdichtungen und Gussasphalt-Belägen
- **Warum PMMA?**
 - Eigenschaften & Vorteile – Praktikabilität
 - Gesamtkostenrechnung
- **Zusammenspiel von Asphalt und Abdichtung?**
 - Zukünftige Herausforderungen an die Infrastruktur
 - ETAG 033, HE CD 358
 - Zusammenspiel von Gussasphalt und PMMA
- **Zusammenfassung**



Warum wasserdicht?



Schutz des Stahls vor
Korrosion



Schutz vor Salz und
Chlorid-Angriffen



Schutz vor Karbonatisierung
und vor Gefrier- und
Auftauprozessen



Lebensdauer & Belastung



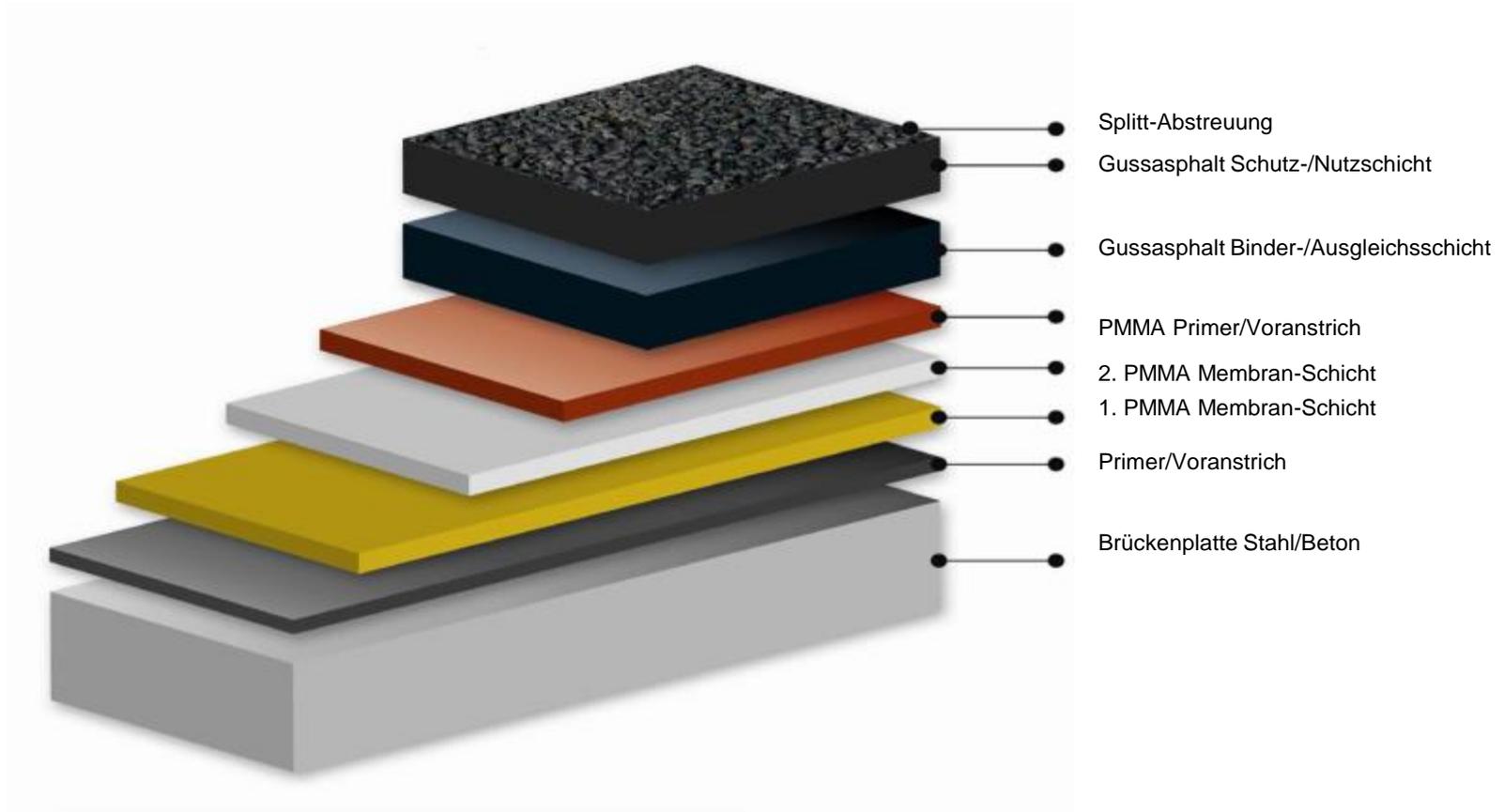
Wasser-Management



Reduzierte Wartung während
der gesamten Lebensdauer

Brückenabdichtung mit PMMA + MA-Belag

Verbund-System



Wichtige Überlegungen bei der Verwendung von PMMA-Abdichtungen mit MA

EINFACHER EINBAU

MERKMAL	VORTEILE
Zwei-Lagen-System	Gewährleistet eine vollständige Abdichtung und 100%-igen Schutz
Unregelmässiger Untergrund	Minimale Vorbereitung, weniger Detailarbeit
360° Sprühverfahren	Nahtlos, keine anfälligen Fugen/Überlappungen, erleichtert Detail- und Arbeitsetappen-Arbeit
Widerstandsfähig (beim Einbau)	Flexibilität / Verkürzte Arbeitsprogramme
Rasche Befahrbarkeit	Flexibilität beim phasenweisen Einbau, hält den Verkehr in Gang, beschleunigt Arbeitsprogramme
Zugänglichkeit – minimale Anforderungen	Wo der Zugang eingeschränkt ist / Anwendung auf allen Untergründen
Widerstandsfähigkeit und Haftung	Dauerhaftigkeit des Belags dank seinen physikalischen Eigenschaften und fortschrittlicher Primer-Technologie
Witterungsverträglichkeit	Flexibilität / beschleunigt Arbeitsprogramme
Kompatibilität mit Asphalt	<ul style="list-style-type: none"> • Verbessert die Lebensdauer des Asphalts aufgrund des optimalen Verbunds gepaart mit hervorragenden Zug- und Scherkraftwerten. Ermöglicht die Verwendung von dünnerem Asphalt. • Widerstandsfähig gegenüber hohe Temperaturen
Rissbildung / Ermüdung	Lange Lebensdauer, trotz struktureller Bewegungen innerhalb des Brückenkörpers
Wasser-Management	Nahtlose Abdichtung + MA erleichtern die Entwässerung und verlängern die Lebensdauer der Dehnungsfugen
Gesamtkostenrechnung	Minimierung von Wartungen und Unterbrechungen

Gussasphalt – Merkmale

- **Produziert gemäss BS EN 13108:6 Bituminöse Mischungen, Gussasphalt**
- **Geringe (Wasser-)Durchlässigkeit – Hohlraumgehalt <1%**
- **Selbstverdichtend**
- **Beständig gegen Spurrinnenbildung auch bei hohen Temperaturen**
- **Kälteflexibel**
- **Positive Textur, aber geringe (Verkehrs-)Lärmbildung**
- **Erhöhte Lebensdauer**



PMMA: Arbeiten in der Praxis



- Vielseitigkeit in der Anwendung
- Gefahr für zu viel Materialauftrag klein
- Keine Feuchtigkeitsempfindlichkeit (wird oft bei hoher Luftfeuchtigkeit angewendet)
- Schnelle (Wieder-)Begehbarkeit
- Einfaches Abdichten von Details rund um Unregelmässigkeiten



Breiter Klimabereich

Hongkong-Macau-Zuhai-Brücke



Irtysch-River-Brücke, Kasachstan



Projekt-Übersicht: Halogaland-Brücke, Norwegen

Die Ziele:

In China hergestellte und abgedichtete Stahldeck-Abschnitte, Transport in die norwegische Arktis.



Die Herausforderungen:

- Auswahl des Abdichtungssystems: Geeignet sowohl für die Anwendung unter den klimatischen Bedingungen in der chinesischen Fabrik als auch für die klimatischen Bedingungen in der Arktis während des Betriebs.
- Koordination von Produktion, Installation und Qualitätskontrolle des Abdichtungssystems, um die Kundenanforderungen einzuhalten und die Rückverfolgbarkeit des verwendeten Produkts zu gewährleisten.

Rheologie der gespritzten PMMA-Anwendungen



- Die aufgespritzte PMMA-Abdichtung folgt sämtlichen Konturen (Formen) des Untergrunds und behält auch auf unebenen Untergründen eine gleichmässige Dicke bei.
- Das Auftragen der Flüssigkunststoffabdichtung per Hand wird für die Sanierung von Brückendecks nicht empfohlen, da die Gefahr besteht, die empfohlene maximale Membrandicke (UK CD358 max. 3 mm) zu überschreiten.
- Abdichtungsbahnen benötigen einen gleichmässigen Untergrund, um Blasenbildung und Durchdringungen zu vermeiden.
- Die Rezeptur des Asphalts muss eine einfache Verdichtung auch auf unregelmässigen Untergründen gewährleisten.

PMMA + MA: M5 Avonmouth Brücke, England

Gesamtkostenrechnung:

Voraussichtliche Kosteneinsparung = £118m
über 80 Jahre Lebenserwartung des Bauwerks

(verglichen mit dem Einsatz von HRA auf Beton
und einem Epoxid-Asphalt auf Stahl)

Angenommene Lebenserwartung

(für die Berechnung)

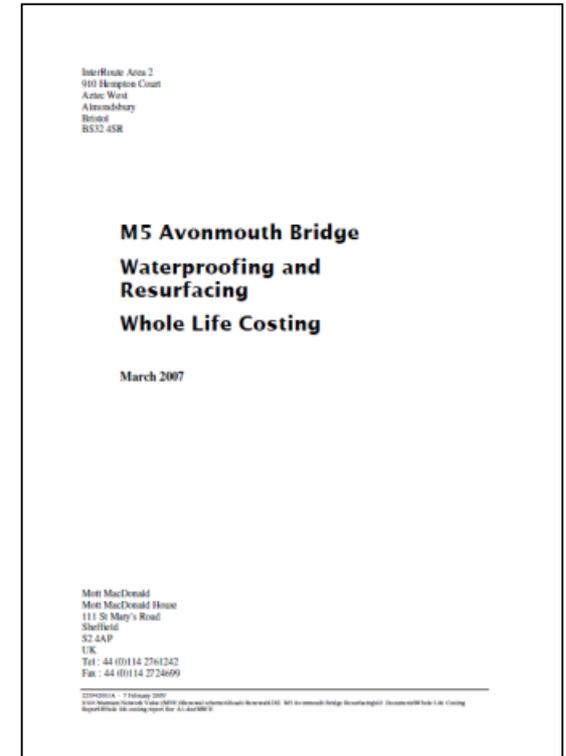
HRA = 12 Jahre

Gussasphalt = 20 Jahre (konservativ)

Einschliesslich £86m Staukosten (QUADRO)

Ohne zusätzliche Einsparungen durch weniger Reparaturen an Schweissnähten

Referenz: Mott Macdonald M5 Avonmouth Brücke Bericht, März 2007



Die Herausforderung – Verbesserung unserer Infrastruktur für die Zukunft



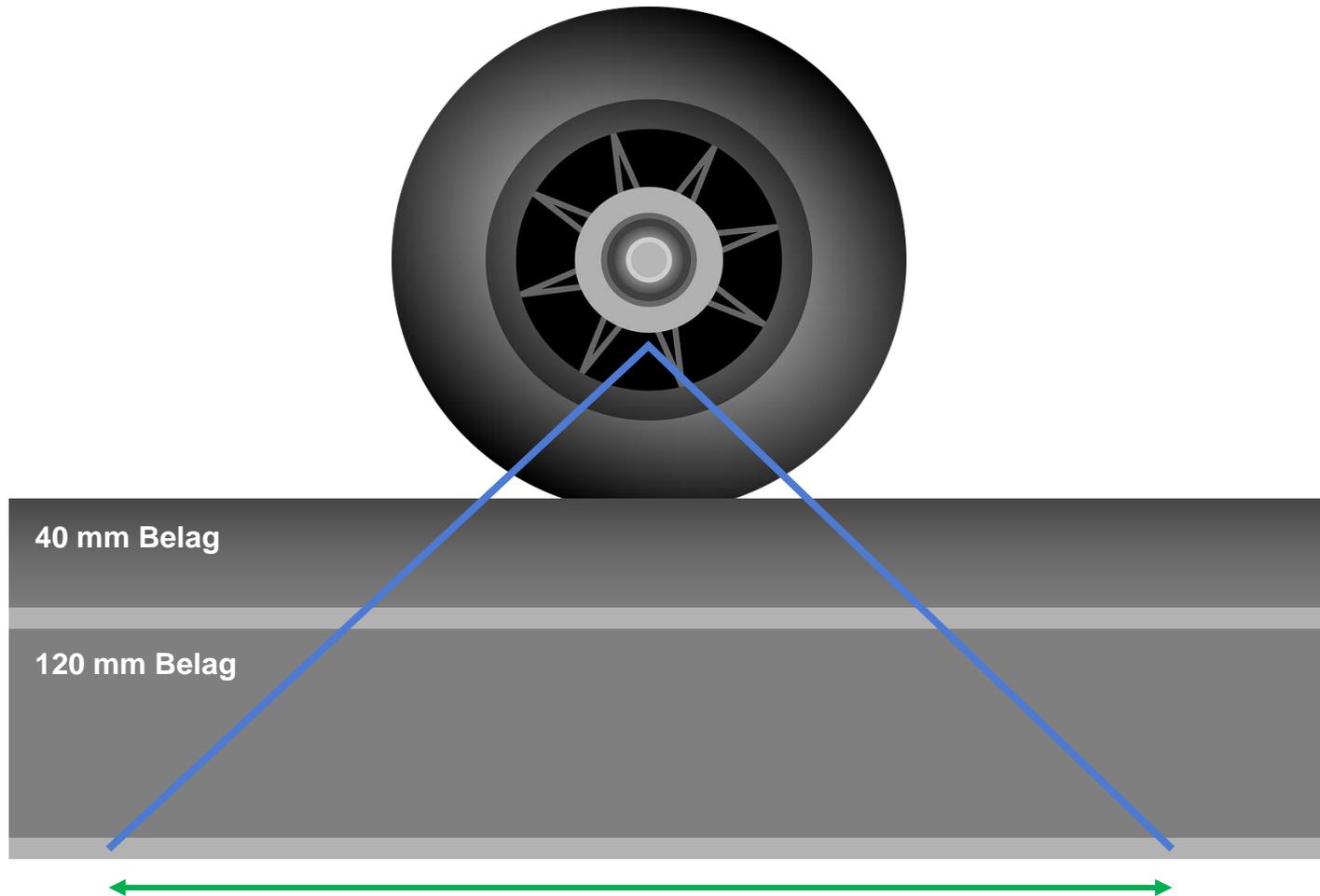
- Die **Urbanisierung** stellt eine grosse Belastung für die Infrastruktur einschliesslich für den Bestand an Brücken dar.
- Das **Grösserwerden der Städte** stellt eine Riesenherausforderung dar – es müssen weitsichtige Lösungen gesucht werden, um die Infrastruktur-Bauwerke auf die Zukunft vorzubereiten.
- Starkes **Bevölkerungswachstum** führt zu einem Anstieg des Fahrzeugbestands.
- **Covid-19**: Die Abwanderung der Bevölkerung aus den Städten belastet die ländliche Infrastruktur zusätzlich.

Wechselwirkung von Asphalt-Belag und Abdichtung

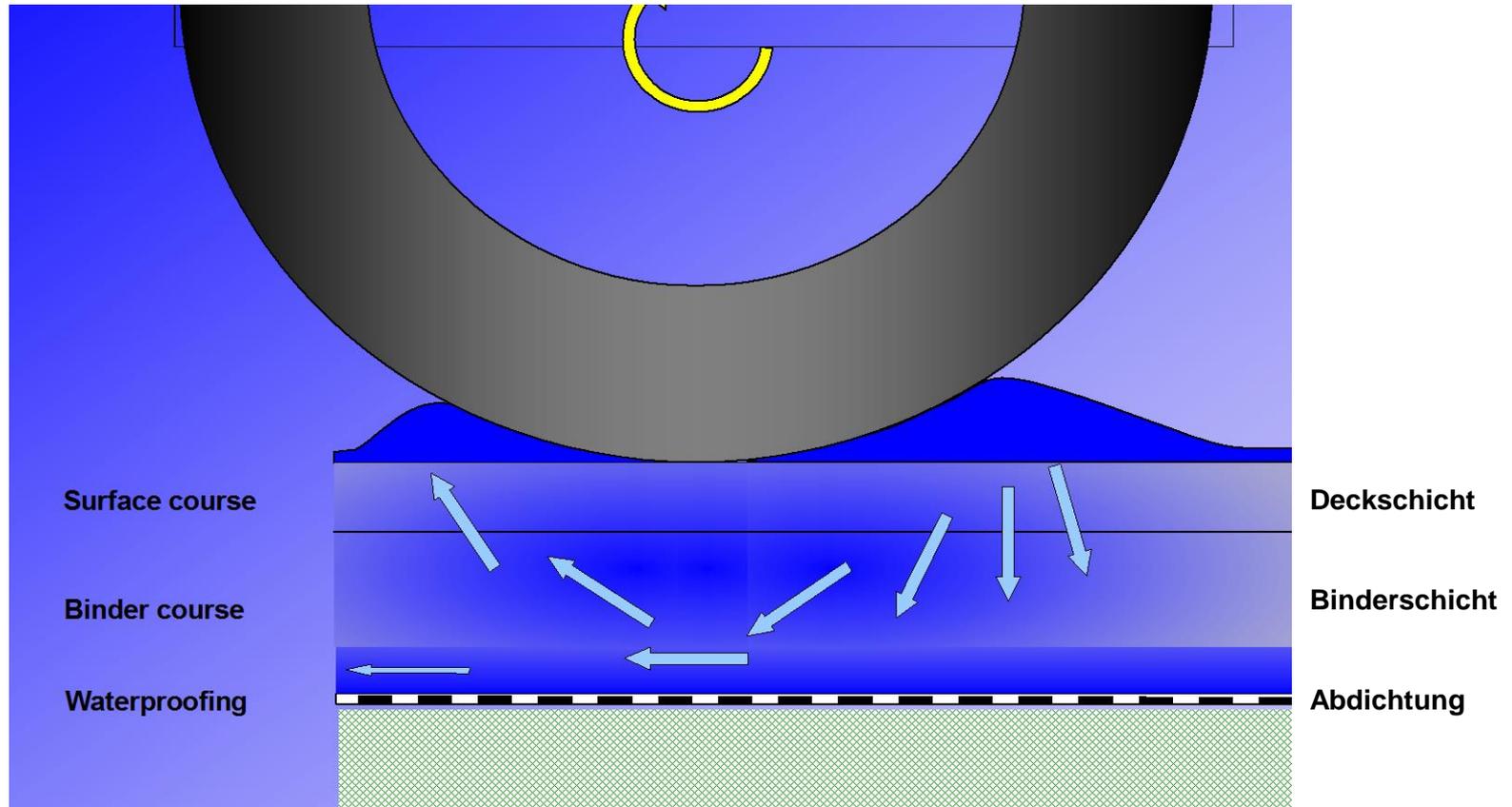
- Brückenplatten sind KEINE Strassen!
- Die Eigenlasten müssen minimiert werden (Asphaltdicke)
- Komplexität durch Fugen und Entwässerung (Belastungspunkte)
- Asphalt MUSS sich gut mit der Abdichtung verbinden (Wasserdichtigkeit / Spurrinnenbeständigkeit / Verbundwirkung)
- Brückendecks sind niedrigeren Lufttemperaturen und Abkühlung durch Wind ausgesetzt (schnelle Abkühlung des Asphalts/der Struktur)
- Brücken sind nicht frei entwässernd, sie stauen Wasser
- Die aktuellen Normen für Autobahnen sind oft unzureichend für hochbelastete Bauwerke
- Keine harmonisierten EU-Normen für Stahlbrückenbeläge
- Weit verbreiteter Einsatz von offenporigem Asphalt
- Schlechte Entwässerung der Belagsstruktur auf Brücken
- Ganzheitliche Lösungen zur Minimierung von Instandhaltungen und Unterbrechungen
- «Fast Track»-Ansatz für reduzierte Sperrungen



Lastverteilung



Hydrostatische Pumpwirkung auf porösen Asphalt



- **Wichtigkeit von Wassermanagement und Entwässerung**
- **Risiko von Schlaglochbildung und vorzeitigen Problemen bei hochporösen Asphalten**
- **Hohe Zug- und Scherhaftung des Asphalts an der Abdichtung ist wichtig**
- **PMMA + MA lösen dieses Problem**

Leistung von Dehnungsfugen



Die Auswahl von Asphalt und Abdichtung beeinflusst die Leistungsfähigkeit der Fugen.

Kosten des Ersatzes von Dehnungsfugen:

- **Sicherheitsrisiko**
- **Material und Arbeit für Fugen**
- **Kosten für Verkehrsmanagement**
- **Erneuerung des Asphaltbelags**

Haftwerte für unterschiedliche Belagsdicken

	Temperatur (°C)	Anforderung nach BD47	Belagsdicke		
			≥ 120 mm	< 120 mm ≥ 90 mm	< 90 mm ≥ 60 mm
Haftzugprüfung zwischen Abdichtung auf Untergrund	-10	0.3 MPa	0.3 MPa	0.5 MPa	0.7 MPa
	23	0.3 MPa	0.3 MPa	0.5 MPa	0.7 MPa
	40	0.2 MPa	0.2 MPa	0.3 MPa	0.3 MPa
Scherhaftprüfung zwischen Belag und Abdichtung	-10	0.2 MPa	0.3 MPa	0.3 MPa	0.4 MPa
	23	0.2 MPa	0.3 MPa	0.3 MPa	0.4 MPa
	40	0.1 MPa	0.1 MPa	0.15 MPa	0.15 MPa
Haftzugprüfung zwischen Belag und Abdichtung	23	0.1 MPa	0.4 MPa	0.45 MPa	0.5 MPa

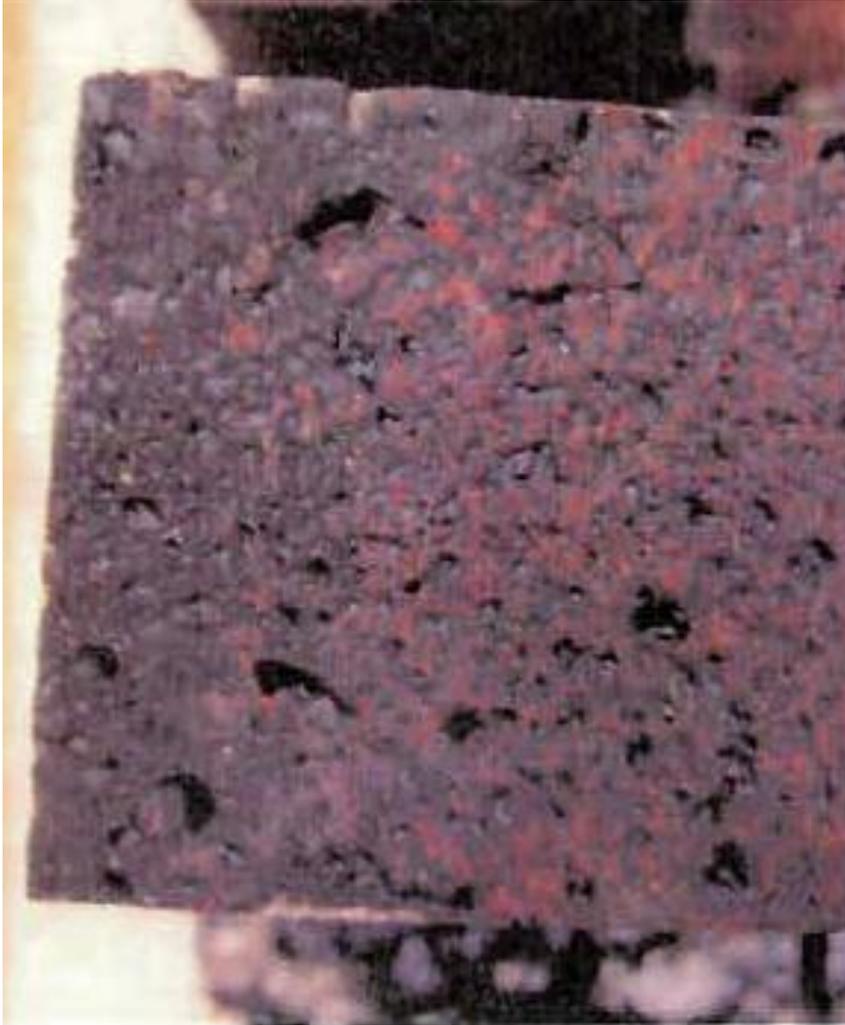
Referenz: IAN96/07 Revision 1 & Highways England CD358

- Ermitteln von Stellen mit hoher Belastung (Verkehrsaufkommen, Achslasten, Asphaltstärke, Bremszonen). **Legen Sie höhere Werte fest.**
- Wählen Sie ein bewährtes Abdichtungssystem und eine Haftbrücke passend zur vorgesehenen Asphaltmischung und -dicke.
- **ETA (ETAG033) Ergebnisse der Scher- und Zughaftung: Produktvergleich mit MA.**

Prüfung der Scher- und Zughaftung



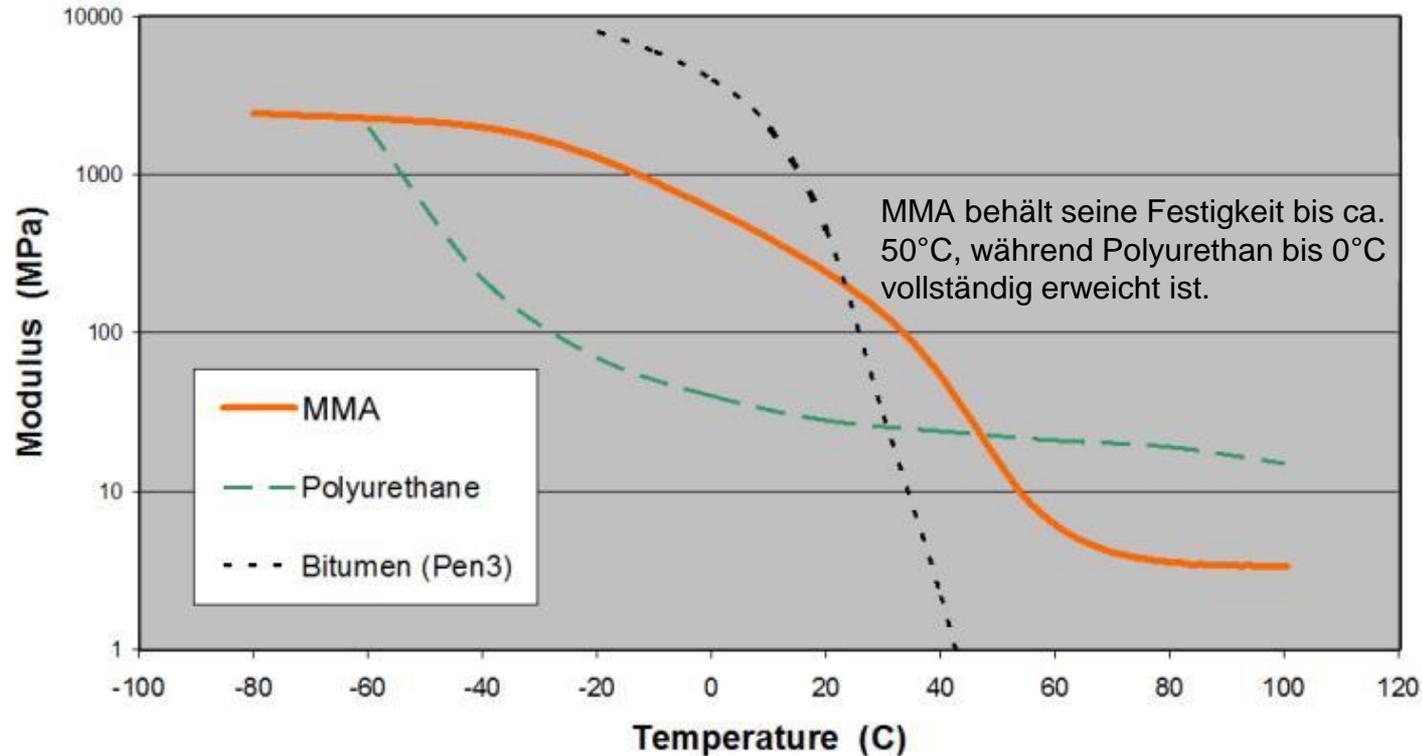
Leichte Verdichtung – Verbesserter Oberflächenkontakt an der Schnittstelle zur Abdichtung



- MA reduziert Hohlräume an der Schnittstelle zwischen Membran und Belag
- Maximierung des Oberflächenkontaktes
- Minimierung der Wasserinfiltration an der Schnittstelle
- Auswahl der Asphalt-Rezeptur und der Haftkleber-Technologie zwecks Maximierung der Verbundwirkung/-kraft

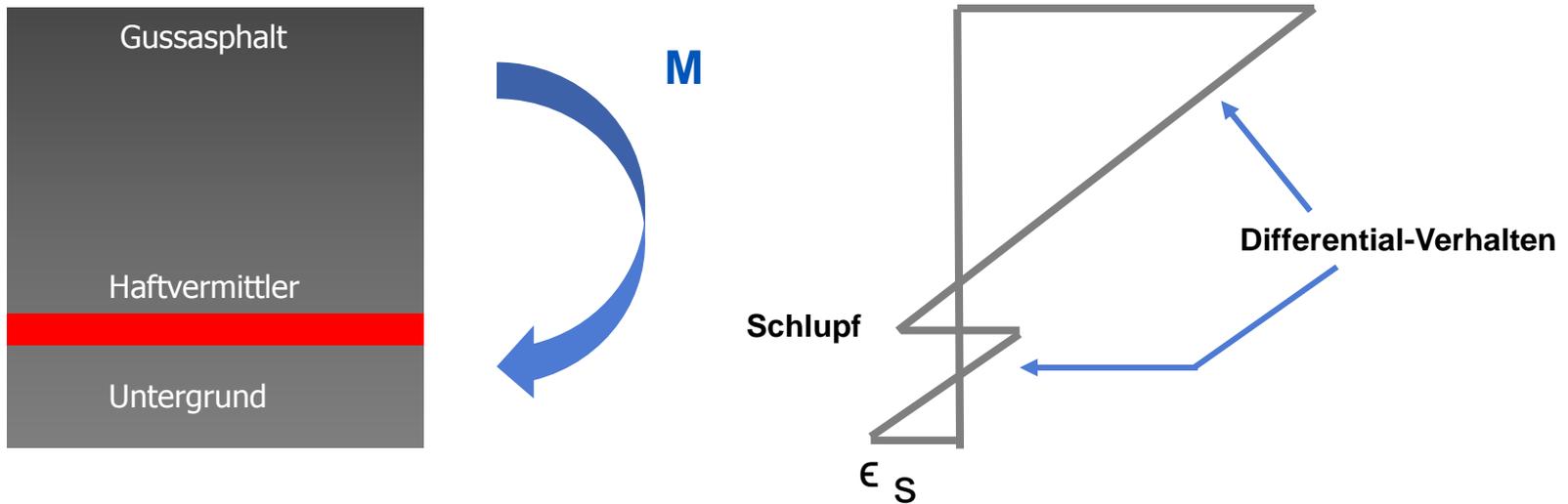
Verhaltensprozesse im Verbund

Elastizitätsmodul bei 1Hz MMA vs. Polyurethan vs. Bitumen



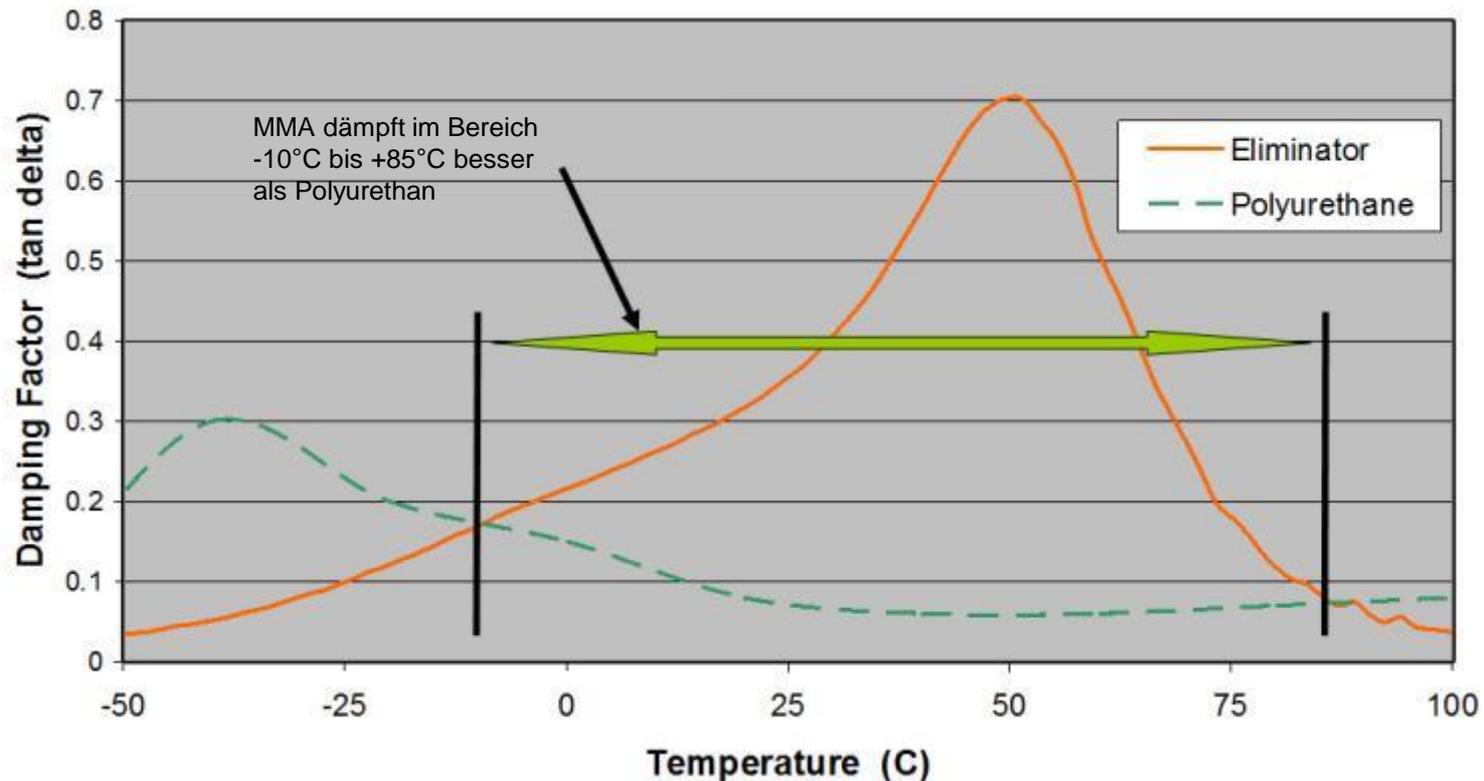
Referenz TAN Delta Technical Advice Note by Frank Swallow, Stirling Lloyd

Verhaltensprozesse im Verbund – Fortsetzung



Spannungsbelastung: Der «Gummi-Wand»-Effekt

Dämpfungsfaktor (MMA vs. Polyurethane) bei 1Hz



Referent TAN Delta Technical Advice Note by Frank Swallow, Stirling Lloyd

ZUSAMMENFASSUNG

- **PMMA ist die langfristig am bewährteste Lösung für aufgespritzte Abdichtungen auf Brückenplatten in Kombination mit Gussasphalt-Belägen.**
- **PMMA bietet die effektivste und praktischste Lösung für die Abdichtung von Brückenplatten.**
- **Gesamtkostenrechnungen haben gezeigt, dass die Verwendung von PMMA + MA den Bauherren erhebliche Einsparungen bringt.**
- **Nicht alle PMMA-Systeme sind gleich, daher ist eine technische Bewertung erforderlich.**
- **PMMA mit hohem Modul und fortschrittliche Haftvermittler-Technologie sind der Schlüssel zu gutem Verbund.**
- **Die Zug- und Scherhaftung von MA auf PMMA muss gemäß ETAG033 überprüft werden.**
- **Für hochbelastete Stellen müssen höhere Zug- und Scherhaftungswerte spezifiziert werden.**
- **Aufgrund ihres geringen Eigengewichts und dank ihres Verbunds bieten PMMA + MA eine gute Lösung für die Sanierung von gealterten Infrastruktur-Bauwerken.**

BESTEN DANK!

