



# Gussasphalt auf Hochleistungsstrassen – Erfahrungen und Perspektiven

Internationaler Gussasphalt-Kongress | Online-Anlass | 24.09.2021  
Prof. Dr. N. Bueche, Leiter Kompetenzbereich Verkehrsinfrastruktur  
Institut für Architektur, Holz und Bau  
Bernener Fachhochschule



# Berner Fachhochschule

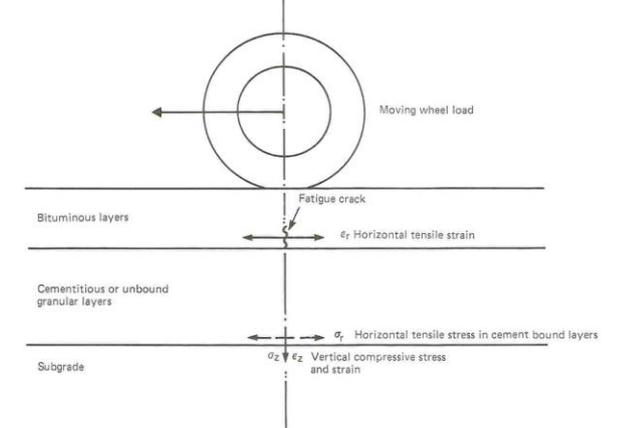
# Wir gestalten die gebaute Umwelt für die Zukunft.



# Berner Fachhochschule

## ► Kompetenzbereich für Verkehrsinfrastruktur

- Lehre und Weiterbildung
- Angewandte Forschung und Entwicklung
- Dienstleistungen



# Inhalt

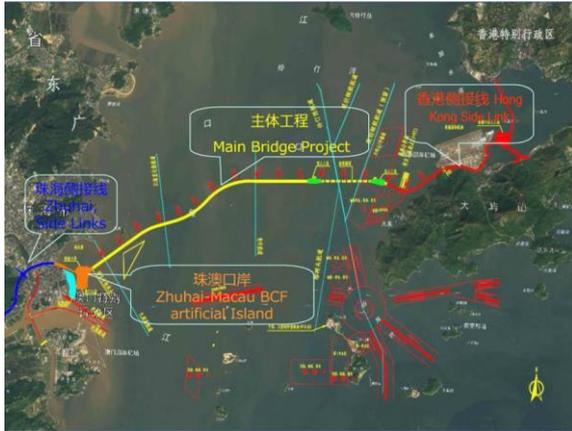
- ▶ Kontext
- ▶ Gussasphalt auf Hochleistungsstrassen: Erste Untersuchungen und Resultate
- ▶ Vorläufige Schlussfolgerungen und Ausblicke

# Kontext

*Warum wollen wir Gussasphalt auch auf “normalen” Strassen einsetzen?*

# Kontext

- ▶ Gussasphalt hat seine sehr hohe mechanische Standfestigkeit mehrfach bewiesen...



Quelle: H. Aeschlimann



# Kontext

► F. Traber, Bundesamt für Strassen (ASTRA), 31.10.2019

- MA wird heute als Standardbelag auf allen Kunstbauten mit Erfolg eingesetzt.
- MA ist praktisch frei von Poren, daher dringt kein Wasser, Schmutz, Salz und UV-Strahlung ein.

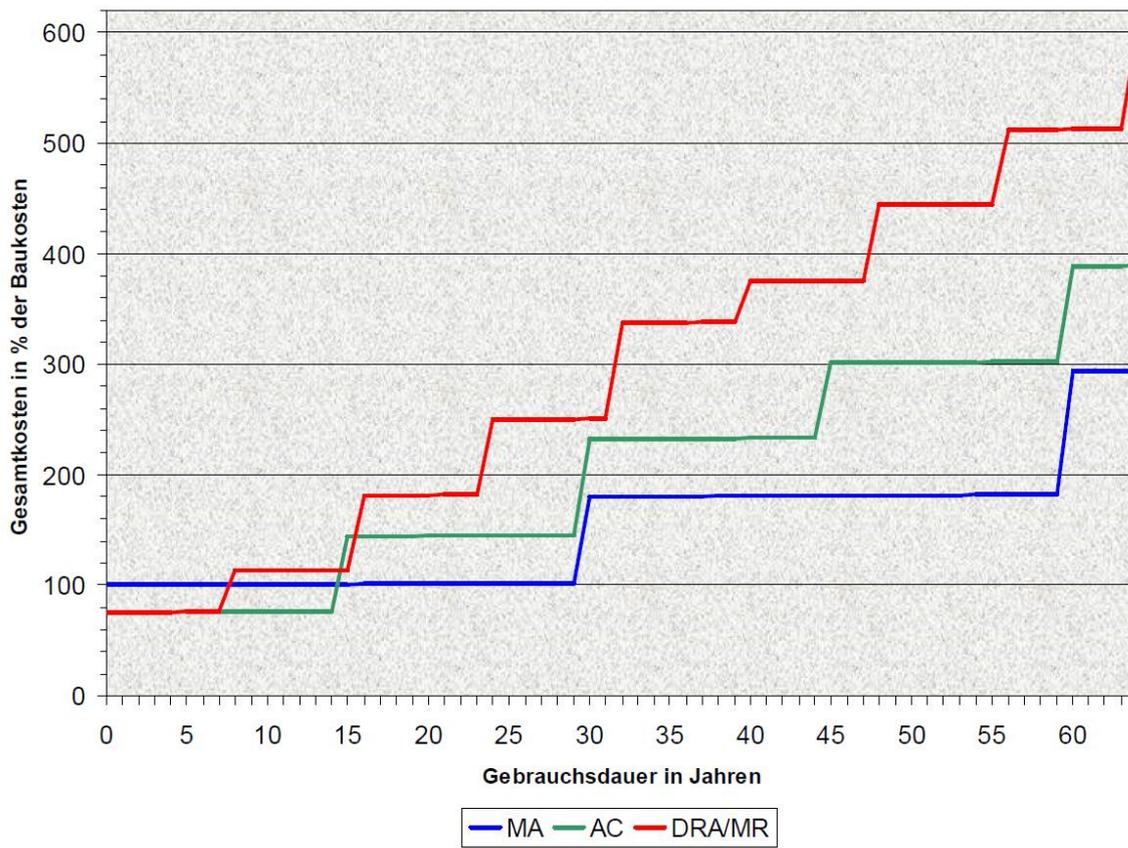
→ keine oxidative und destillative Vorgänge



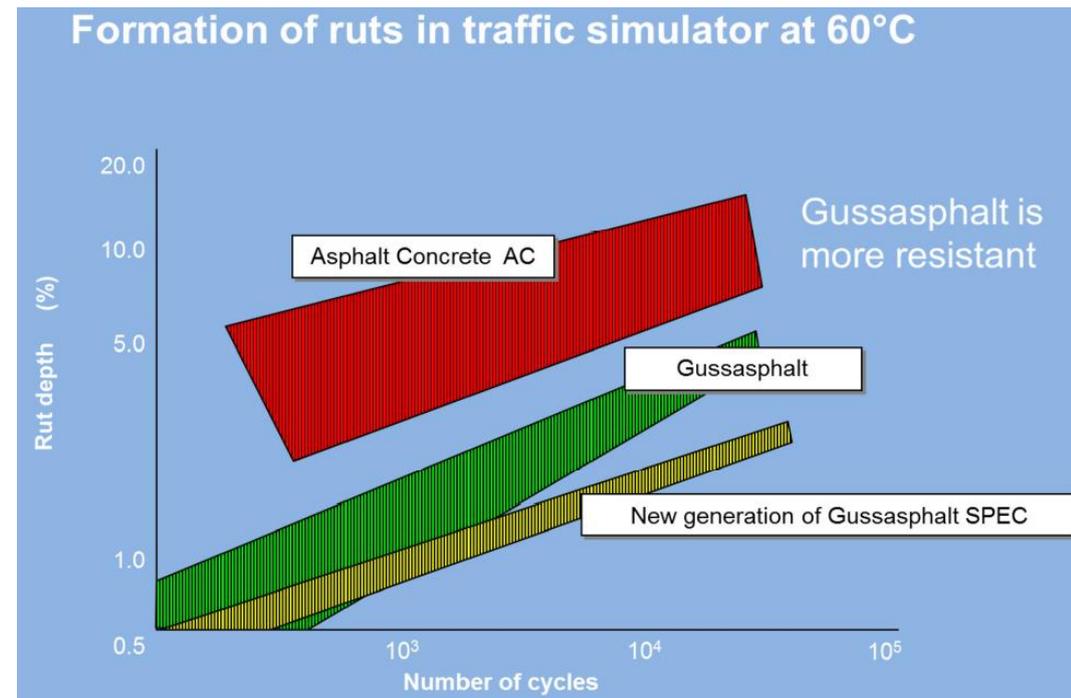
**100 % längere Lebensdauer gegenüber Walzasphalt**

# Kontext

- Frage: Ist Gussasphalt eine nachhaltige Lösung?



Quelle: H. Aeschlimann



# Ist Gussasphalt nachhaltig?

## Kurzbericht

Zu den Ergebnissen einer an der Beuth Hochschule für Technik Berlin eingereichten und erfolgreich verteidigten Masterarbeit mit dem Titel:

**Studie zur Nachhaltigkeit von hochbelasteten Gussasphaltdeckschichten auf Bundesfernstraßen**

mit Unterstützung



## ► Studie Alexander Lubach

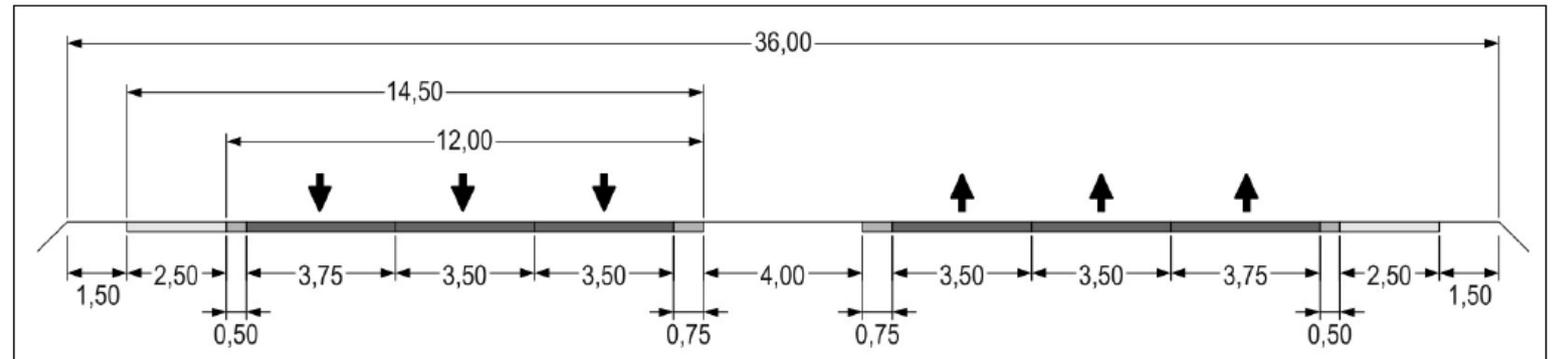


Abbildung: RQ 36 nach RAA

Variante	Fläche [m <sup>2</sup> ]	Dicke [mm]	Mischgutkosten [€]	Einbaukosten [€]	Summe [€]	Verhältnis [%]
SMA	29.000	35	162.000	78.000	240.000	100
MA	29.000	35	190.000	185.000	375.000	156

Tabelle: Mischgut- und Einbaukosten SMA - MA

# Ist Gussasphalt nachhaltig?

Im Zeitraum von	Maßnahme	Bestandteile	SMA	MA
7.-15. Jahr Nach Verkehrsfreigabe	Instandhaltung	u.a.: Verkehrssicherung Aufbrucharbeiten Mischgutkosten Einbaukosten Fugenverguss	45.000 €	-
15.-16. Jahr Nach Verkehrsfreigabe	Instandsetzung	u.a.: Verkehrssicherung Fräsarbeiten Mischgutkosten Einbaukosten Markierungsarbeiten	810.000 €	-
22.-30. Jahr Nach Verkehrsfreigabe	Instandhaltung	u.a.: Verkehrssicherung Aufbrucharbeiten Mischgutkosten Einbaukosten Fugenverguss	45.000 €	45.000 €
Gesamtkosten für die Erhaltung über einen Zeitraum von 30 Jahren			900.000 €	45.000 €
Verhältnis			100 %	5 %

Tabelle: Instandhaltungs-/ Instandsetzungskosten über 30 Jahre

## ► Studie Alexander Lubach

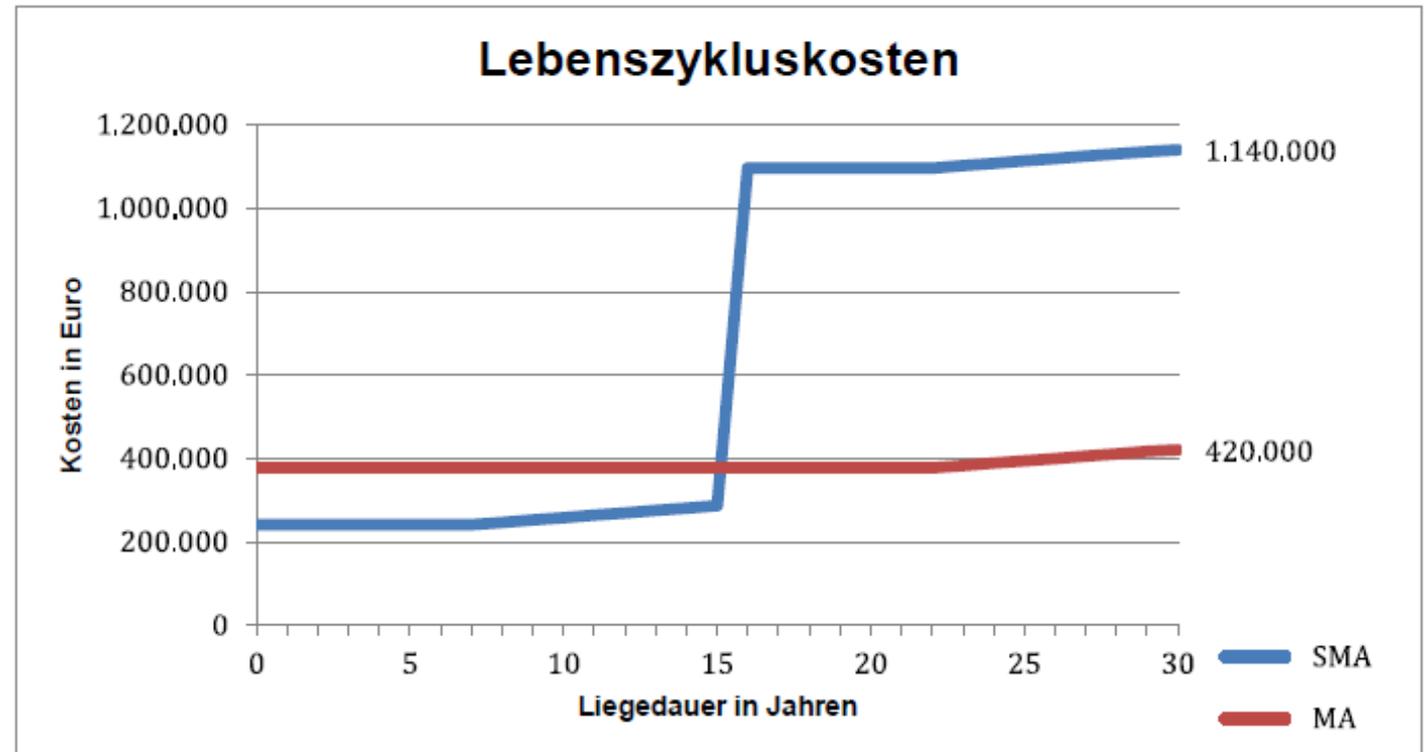


Diagramm: Vergleich Lebenszykluskosten SMA – MA

Variante	Mischgut-/ Einbaukosten [€]	Instandhaltungs-/ Instandsetzungskosten [€]	Summe [€]	Verhältnis [%]
SMA	240.000	900.000	1.140.000	100
MA	375.000	45.000	420.000	37
Gesamtersparnis bei der Verwendung von Gussasphalt			720.000	63

Tabelle: Vergleich Lebenszykluskosten SMA – MA

# Ist Gussasphalt nachhaltig?



## Nachhaltige Strassenbaumaterialien: Gussasphalt

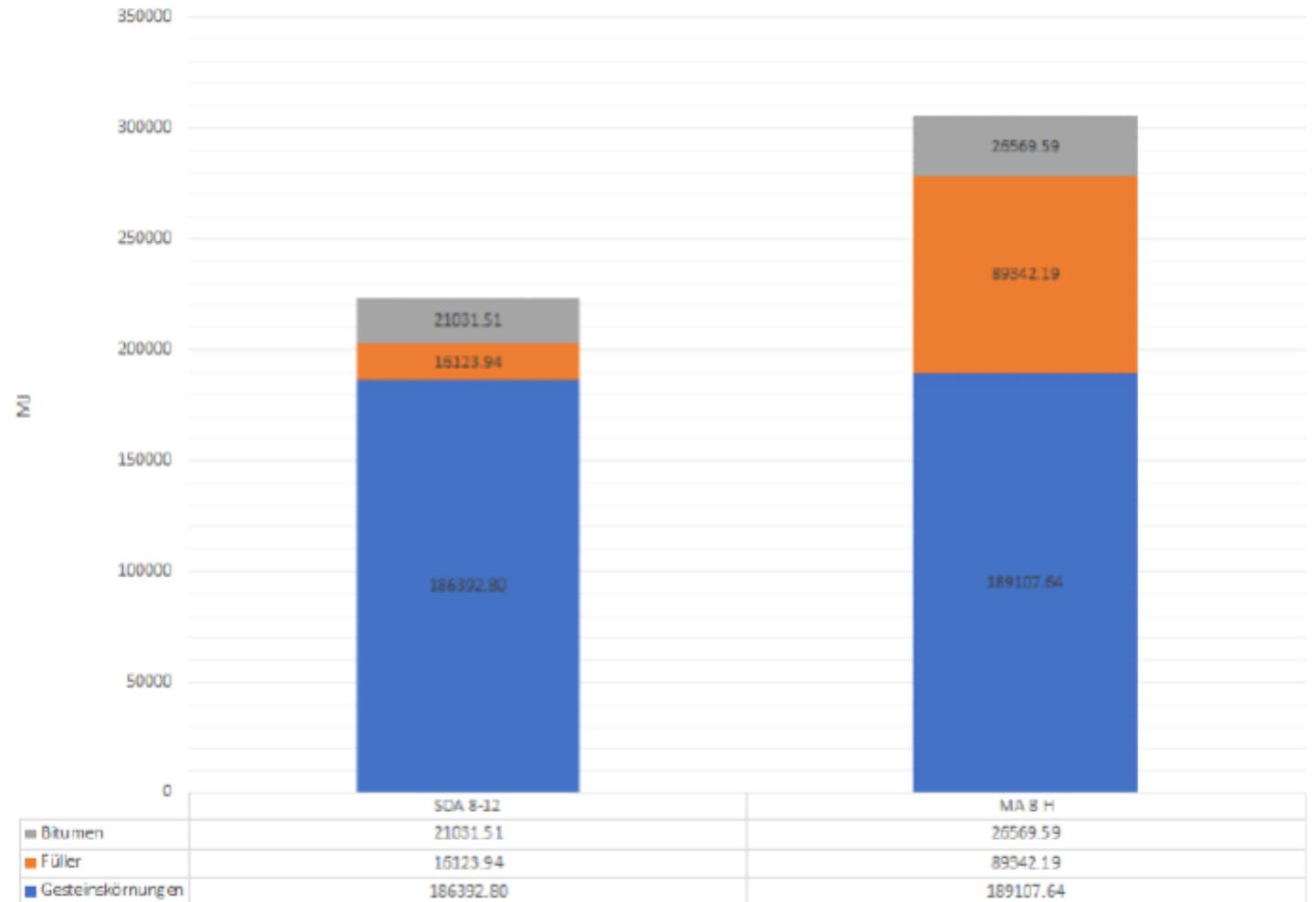
Eine Analyse der Nachhaltigkeit von Gussasphalt im Vergleich zu konventionellem Walzasphalt

Projektarbeit Vertiefung 5. Semester

Studiengang: Bachelor Bauingenieurwesen  
Autor: Jan Anderegg  
Betreuer: Prof. Dr. Nicolas Bueche  
Datum: 14. Dezember 2020

Berner Fachhochschule | Haute école spécialisée bernoise | Bern University of Applied Sciences

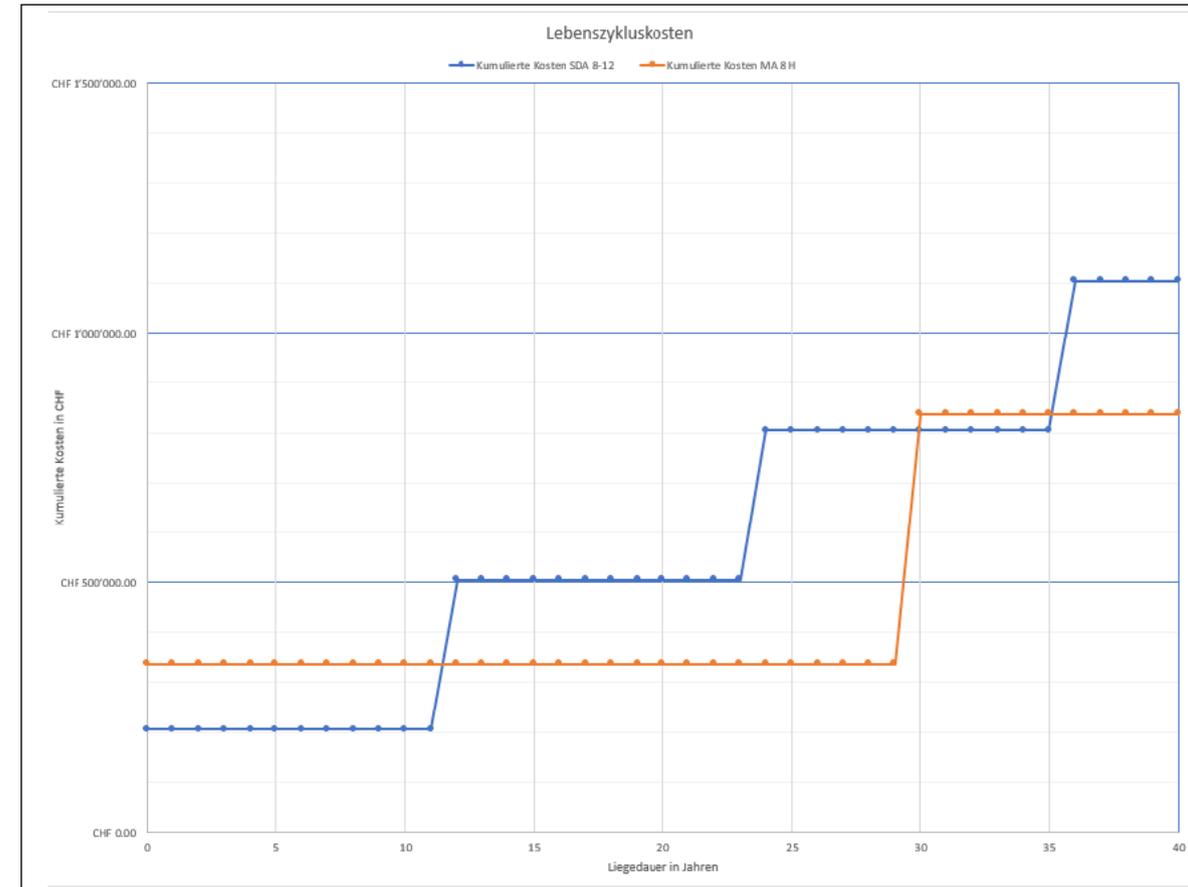
### Energieverbrauch Erhitzung + Verdampfen



# Ist Gussasphalt nachhaltig?

	Gewichtung	SDA 8-12		MA 8 H	
		Bewertung ohne Gewichtung	Bewertung mit Gewichtung	Bewertung ohne Gewichtung	Bewertung mit Gewichtung
Gesteinskörnung	1	0	0	1	1
Feinanteile	1	1	1	-1	-1
Bitumen	1	0	0	-1	-1
Herstellung	2	0	0	-2	-4
Einbau	2	0	0	0	0
Lebensdauer	2	-1	-2	2	4
Betrieb und Unterhalt	1	-1	-1	2	2
Staukosten	1	0	0	1	1
Sicherheit	1	0	0	1	1
Ersatz	2	1	2	0	0
Recycling	2	0	0	1	2
Verkehrslärm	1	0	0	1	1
Lebenszykluskosten	2	0	0	2	4
<b>Gesamt</b>			<b>0</b>		<b>10</b>

Source: Anderegg, BFH



# Kontext

- ▶ Frage: Ist Gussasphalt eine nachhaltige Lösung?
- ▶ *Ja, Gussasphalt kann im Vergleich zu traditionellen Asphalt-Mischungen eine nachhaltige Lösung sein, und dies auch für den Einsatz auf Hochleistungsstrassen (persönliche Meinung).*
- ▶ Die Hauptargumente sind
  - ▶ Längere Nutzungsdauer und bessere LCC
  - ▶ Verkehrssicherheit
  - ▶ Verlegung (keine Verdichtung notwendig)
  - ▶ Potenziell raschere Einbaumethode im Vergleich zu Standard-Einbaumethoden
  - ▶ ...

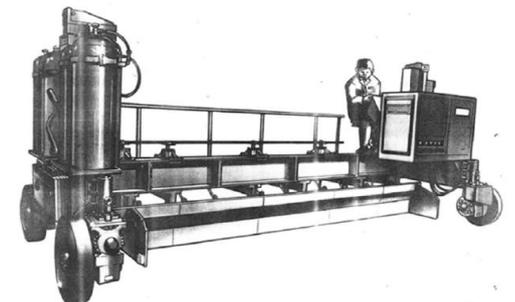


# Kontext: Hintergrund des Projekts

- ▶ **Aber:** Wenn wir den Einsatz von Gussasphalt erhöhen wollen, dann müssen wir in der Lage sein, Gussasphalt auch abseits von Tunneln und Brücken auf Hochleistungs-strassen einzubauen (z. B. “offene Strecke”).
- ▶ Um dies zu erreichen, müssen einige Aspekte weiter verbessert/optimiert werden, wie:

- ▶ Einbaubohlen und Maschinenkonstruktionen, welche 3D-basiert sind (Fertiger, Fräsarbeiten)
- ▶ Oberflächen-Charakteristiken (Ebenheit  $\leq \pm 2$  mm mit 4 m Bohle)
- ▶ Homogene Gussasphalt-Schichtdicken (Nutzschicht) → wichtiger Parameter um optimale Abstreunungen zu gewährleisten
- ▶ Effizienz (mindestens 10'000 m<sup>2</sup>/Tag)
- ▶ Definition der Parameter des Untergrunds (Qualität)
- ▶ Rezepturen der Asphalt-Mischungen
- ▶ Qualitätskontrolle
- ▶ Lärmreduktion
- ▶ Langfristiges Monitoring
- ▶ Bewertung der Auswirkungen auf die Strassenverkehrssicherheit
- ▶ Einflüsse auf die Strategie des Strassen-Managements

Lassen Sie uns starten und sammeln wir Know-how!



# Gussasphalt auf Hochleistungsstrassen

*Im Rahmen von Versuchsabschnitten (Teststrecken) gesammelte Erfahrungen*

# Einführung

- ▶ Initiator des Projekts: Heinz Aeschlimann (Aeschlimann Asphalt Engineering) und Hans- Peter Beyeler (ASTRA) respektive Fabian Traber (Astra)
- ▶ Verschiedene Unternehmungen / Partner waren während des Prozesses involviert
  - ▶ Bauunternehmungen: Walo Bertschinger AG, Weibel AG, Kibag AG
  - ▶ Maschinen-Spezialisten: Linnhoff & Henne GmbH & Co. KG, R. Kolbert GmbH, Leica Geosystems AG
  - ▶ Labors und F&E-Spezialisten: IMP Bautest AG, Grolimund + Partner AG, Berner Fachhochschule

# Ziele und Methodologie

- ▶ Hauptziele
  - ▶ Fertiger-Technologie
  - ▶ Verlege-Prozess
  - ▶ Belags-Qualität (Ebenheit)
  
- ▶ Methodologie: Schritt-für-Schritt-Prozedur mit verschiedenen Meilensteinen (schnelle Resultate)
  - ▶ Teststrecke 1 (Fertiger-Technologie)
  - ▶ Teststrecke 2 (Fertiger-Technologie)
  - ▶ Monitoring-System unter kontrollierten Bedingungen
  - ▶ Teststrecke (Autobahn)





Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences

# Teststrecke 1 (Fertiger-Technologie)

# Teststrecke 1: Generelle Informationen

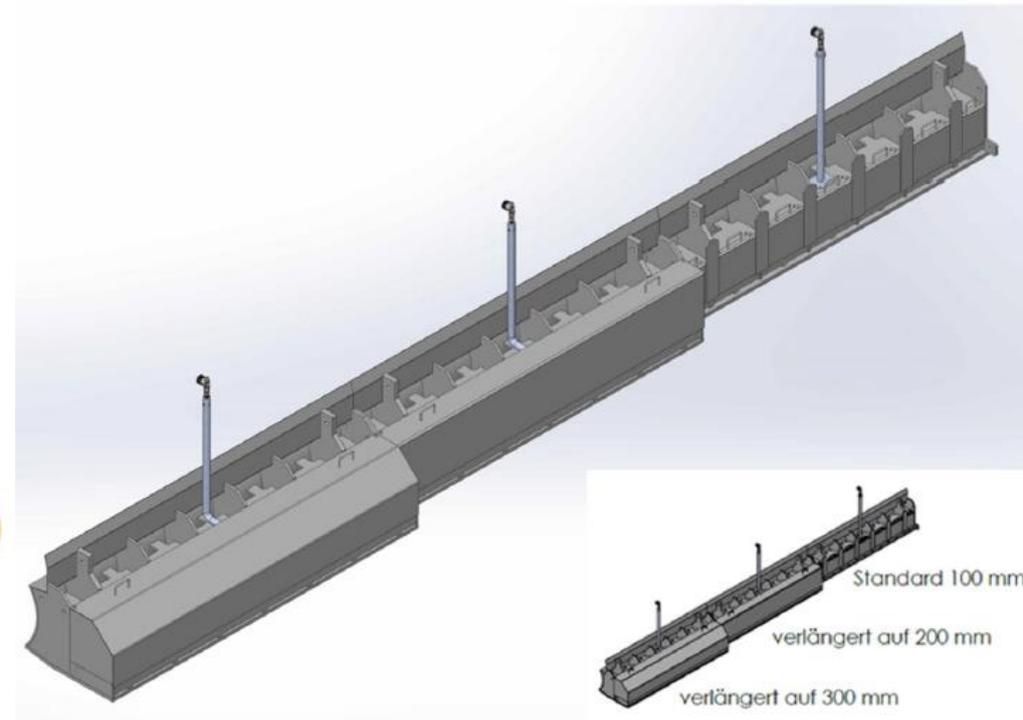
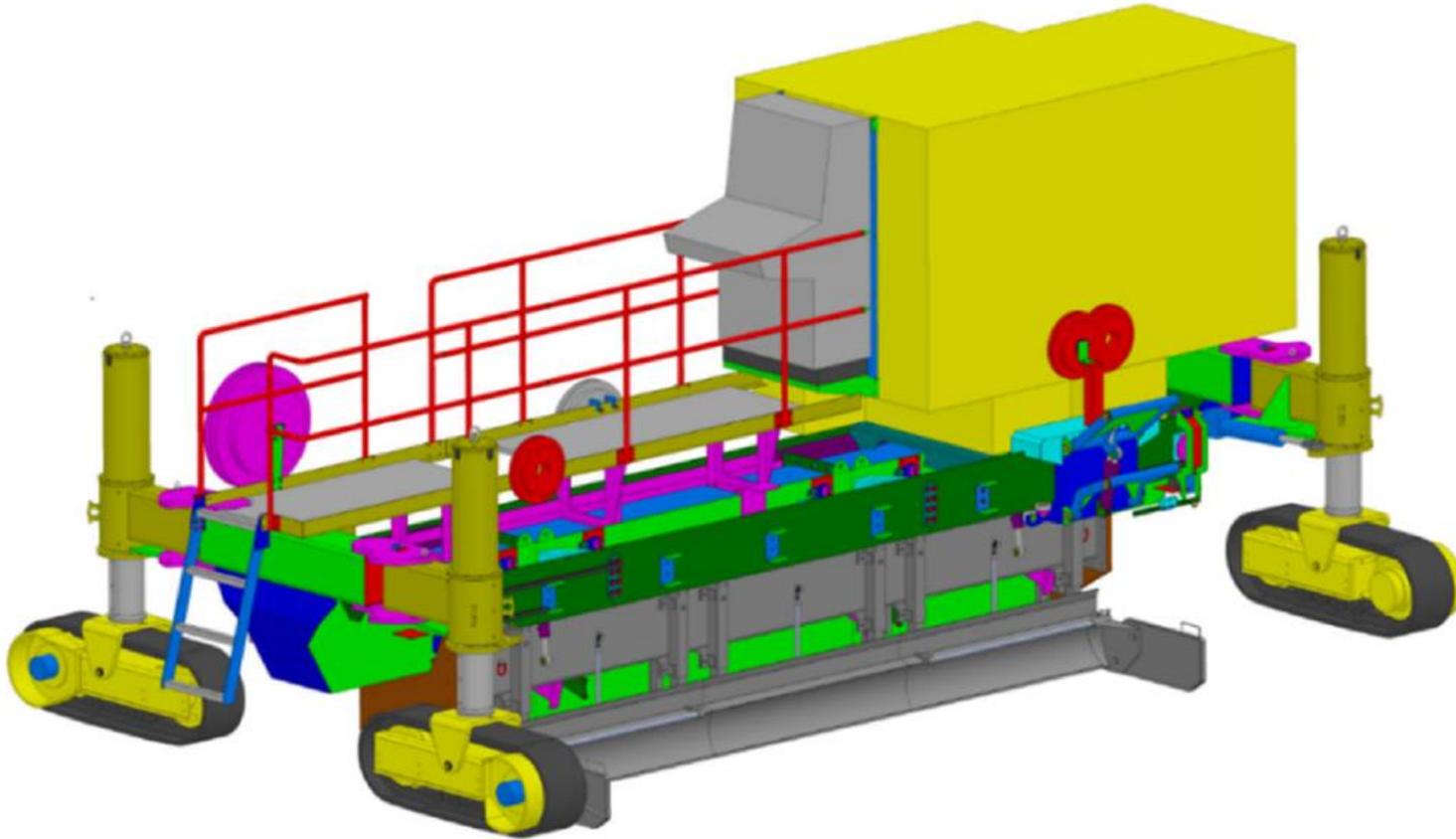
- ▶ Vorprüfung in Bezug auf die Durchführbarkeit
- ▶ Verlege-Geschwindigkeit: 0.6 m/Min. (in weiteren Tests Verbesserungen bis 1.5 m/Min.)
- ▶ Auswirkungen der Verlegegeometrie der Einbaubohle
- ▶ 3D-Konstruktionen sind ein Muss, aber einige Aspekte (z. B. Dämpfe) müssen beachtet respektive optimiert werden



Quelle: Aeschlimann Asphalt Engineering

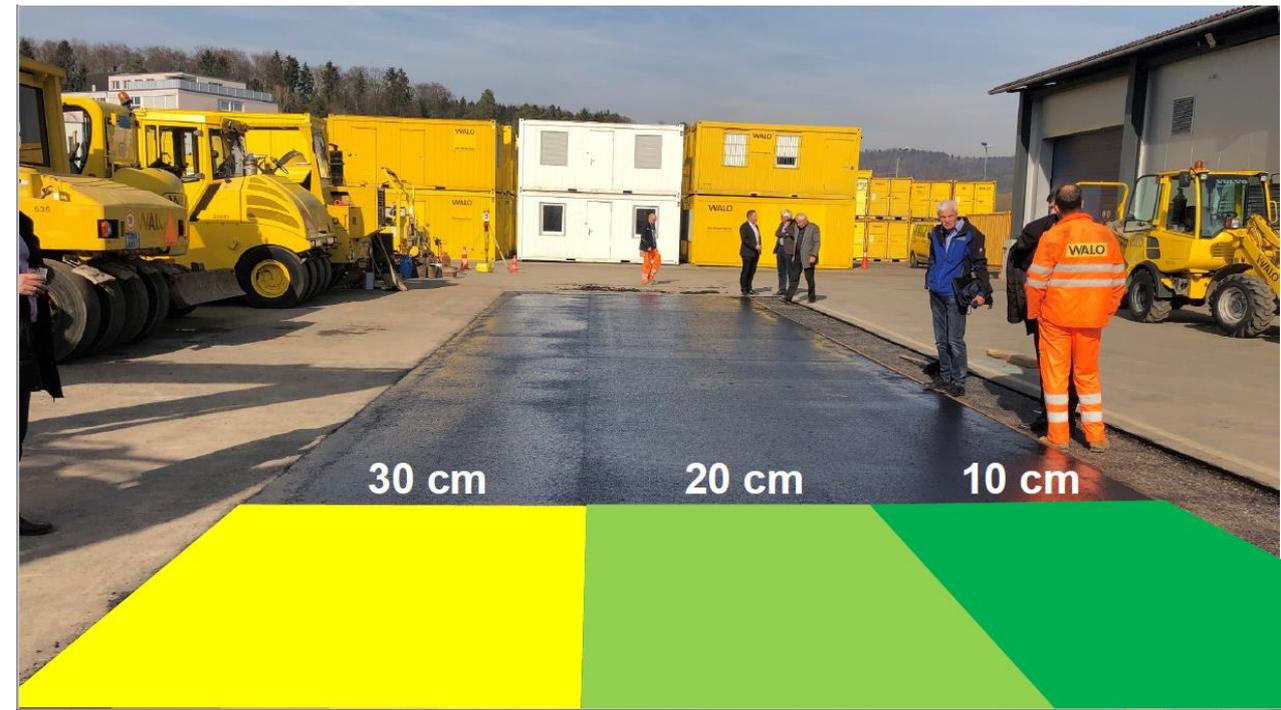
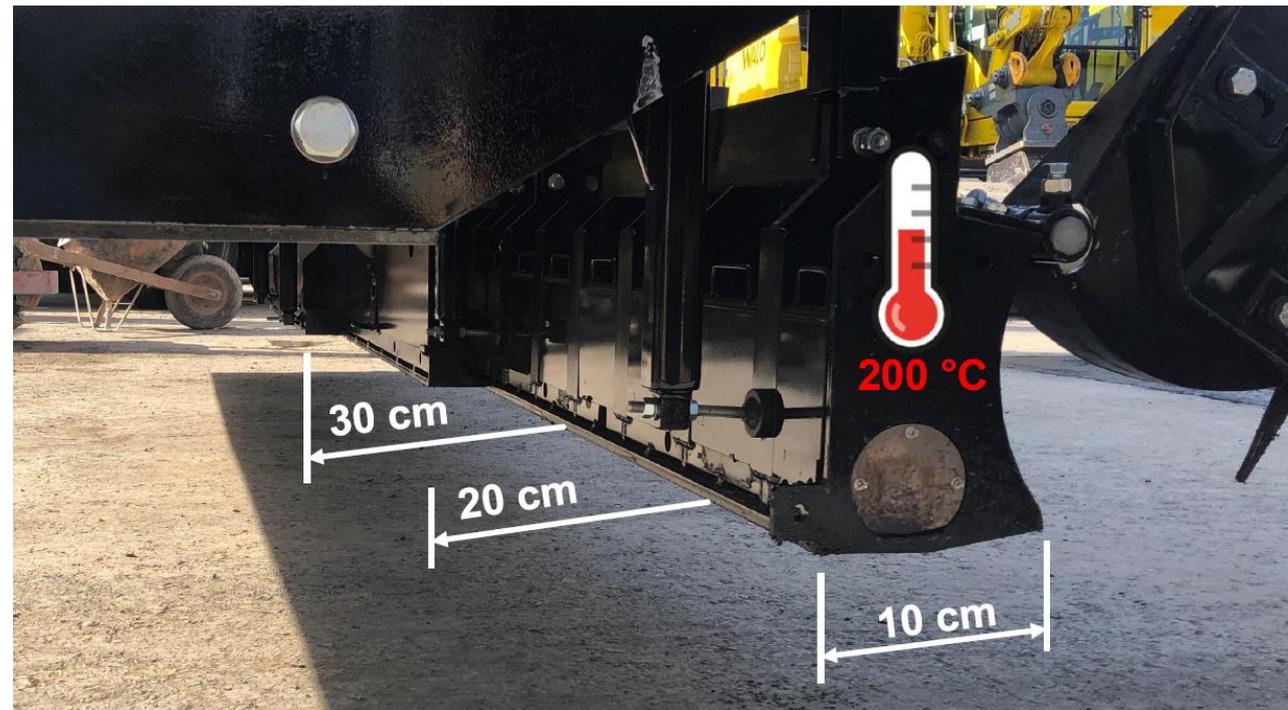
# Teststrecke 1 (Fertiger-Technologie)

- ▶ Erster Versuch basierte auf Beton-Fertiger-Technologie – Verschiedene Geometrien



Quelle: Aeschlimann Asphalt Engineering / Linnhoff & Henne

# Teststrecke 1: Einbau



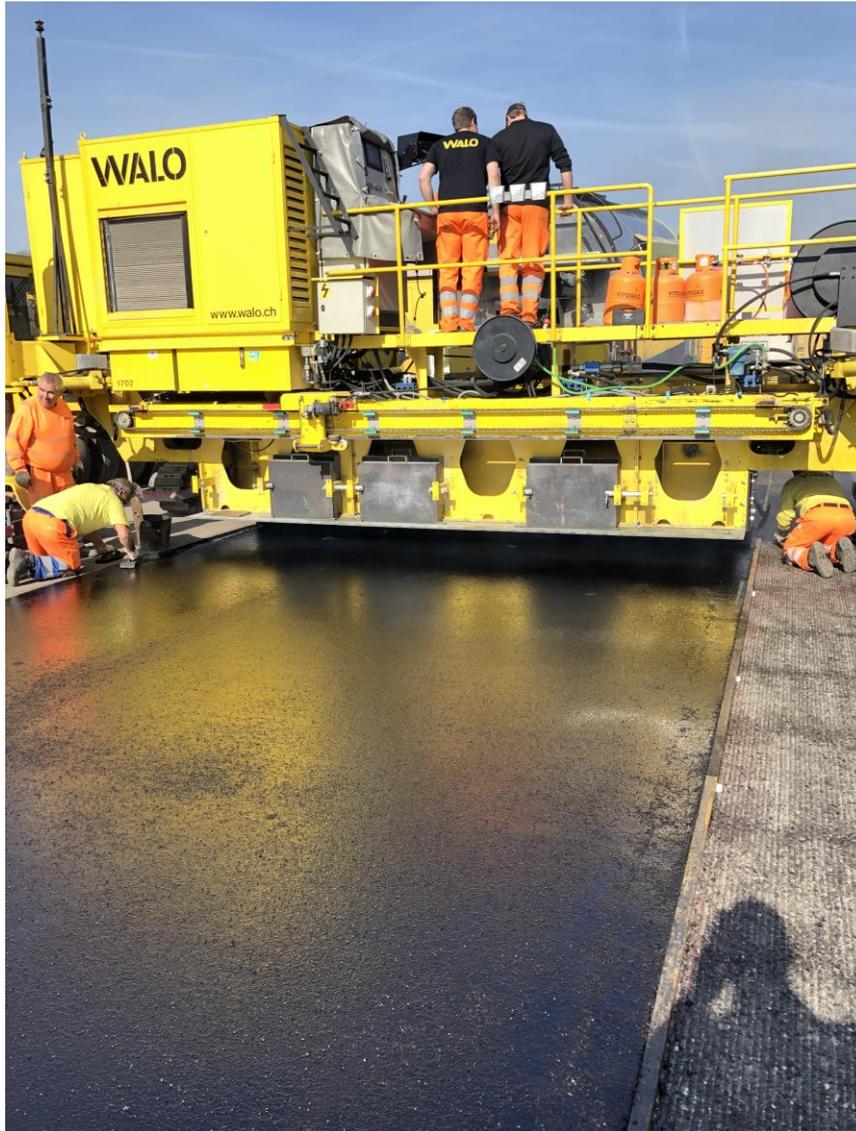
Quelle: F. Traber, ASTRA

# Teststrecke 1: Einbau



Quelle: BFH

# Teststrecke 1: Einbau



Quelle: BFH



# Teststrecke 1: Einbau



Quelle: BFH



Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences

# Teststrecke 2 (Fertiger-Technologie)

# Teststrecke : Allgemeine Informationen

- ▶ Versuchsstrecke in der Nähe der Firma Weibel AG (Suberg) – 21.08.21
- ▶ Test mit 3D-Monitoring
- ▶ Fräsen des Untergrunds und Verlegung von Gussasphalt
- ▶ Optimierter Fertiger speziell adaptiert für die Gussasphalt-Verlegung
- ▶ Abstreuen mit spezifischem (natürlichem) Splitt
- ▶ Schlussfolgerung: Auf der Grundlage der erzielten Ergebnisse wurde die Konstruktion der Teststrecke genehmigt.

# Teststrecke 2 (Fertiger-Technologie)



Quelle: BFH

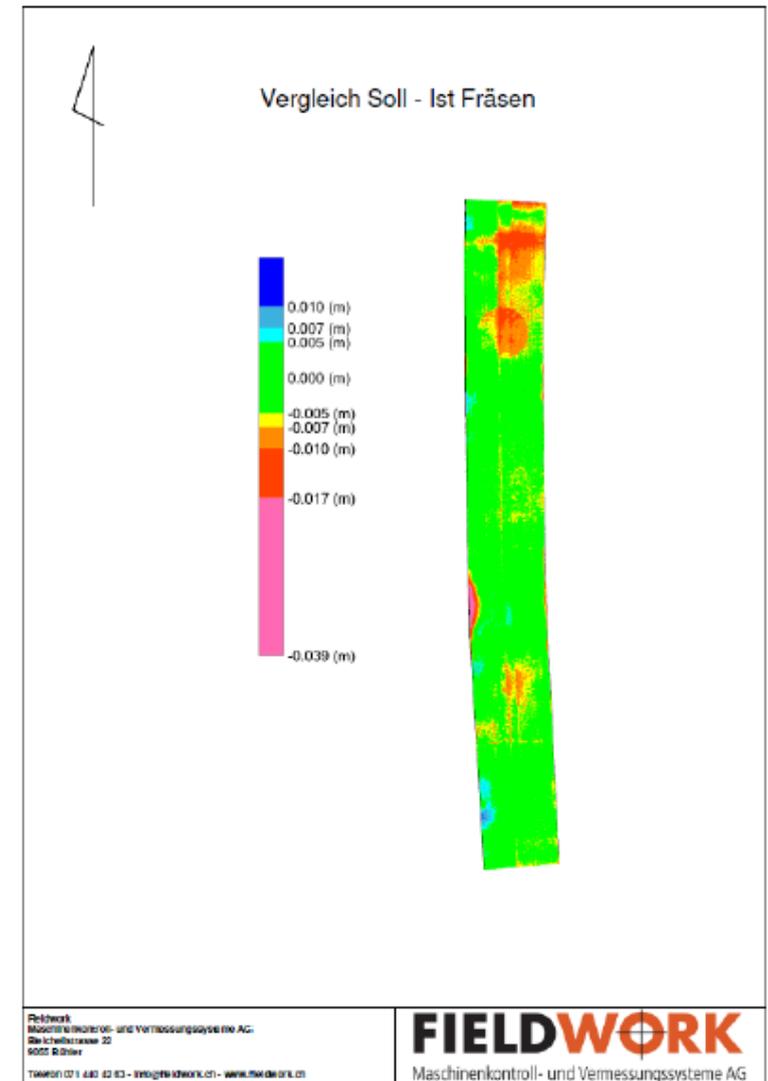
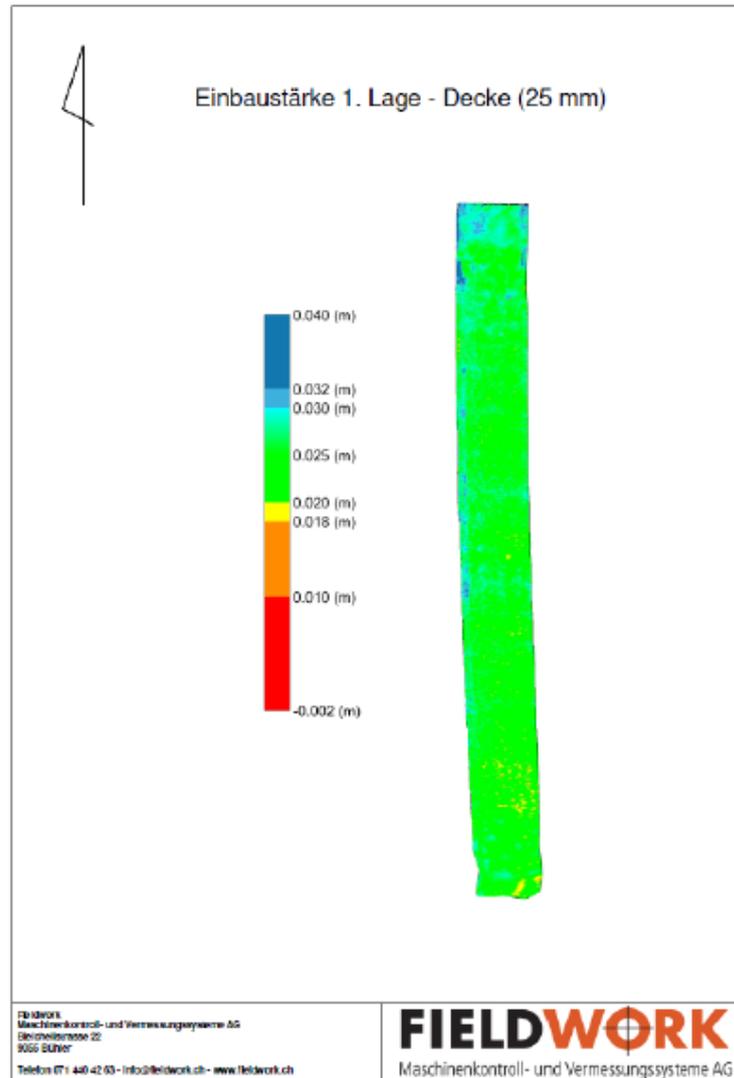
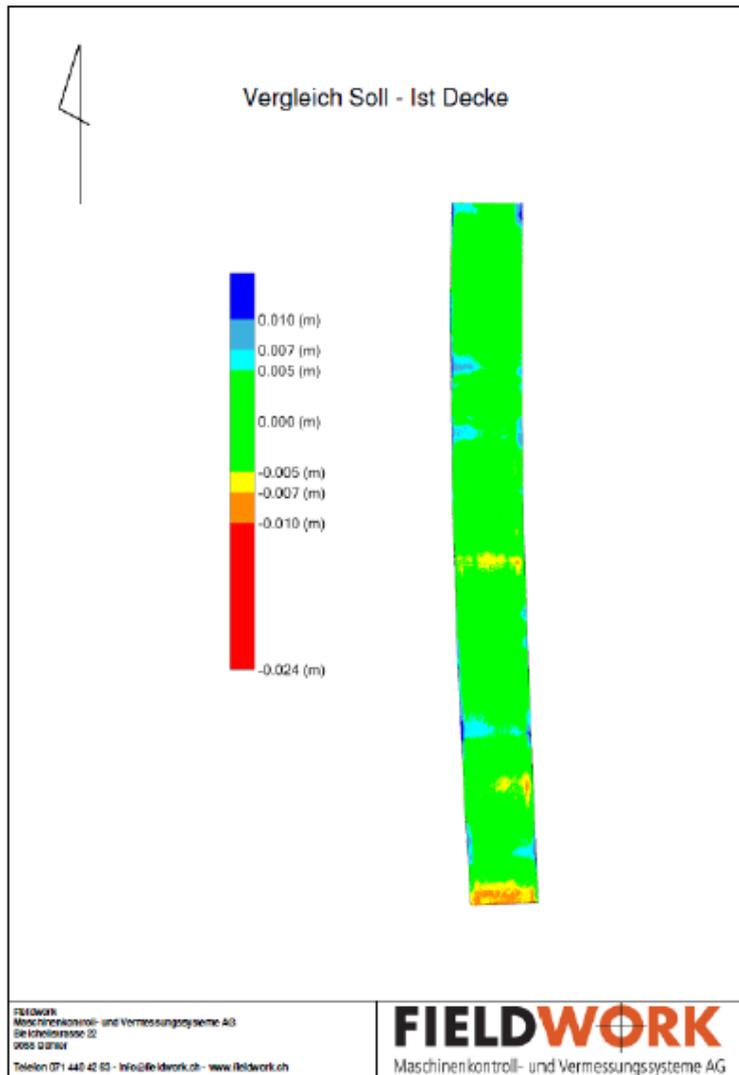


# Teststrecke 2 (Fertiger-Technologie)



Quelle: BFH

# Teststrecke 2 (Fertiger-Technologie)





Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences

# Test-Skizze: Monitoring

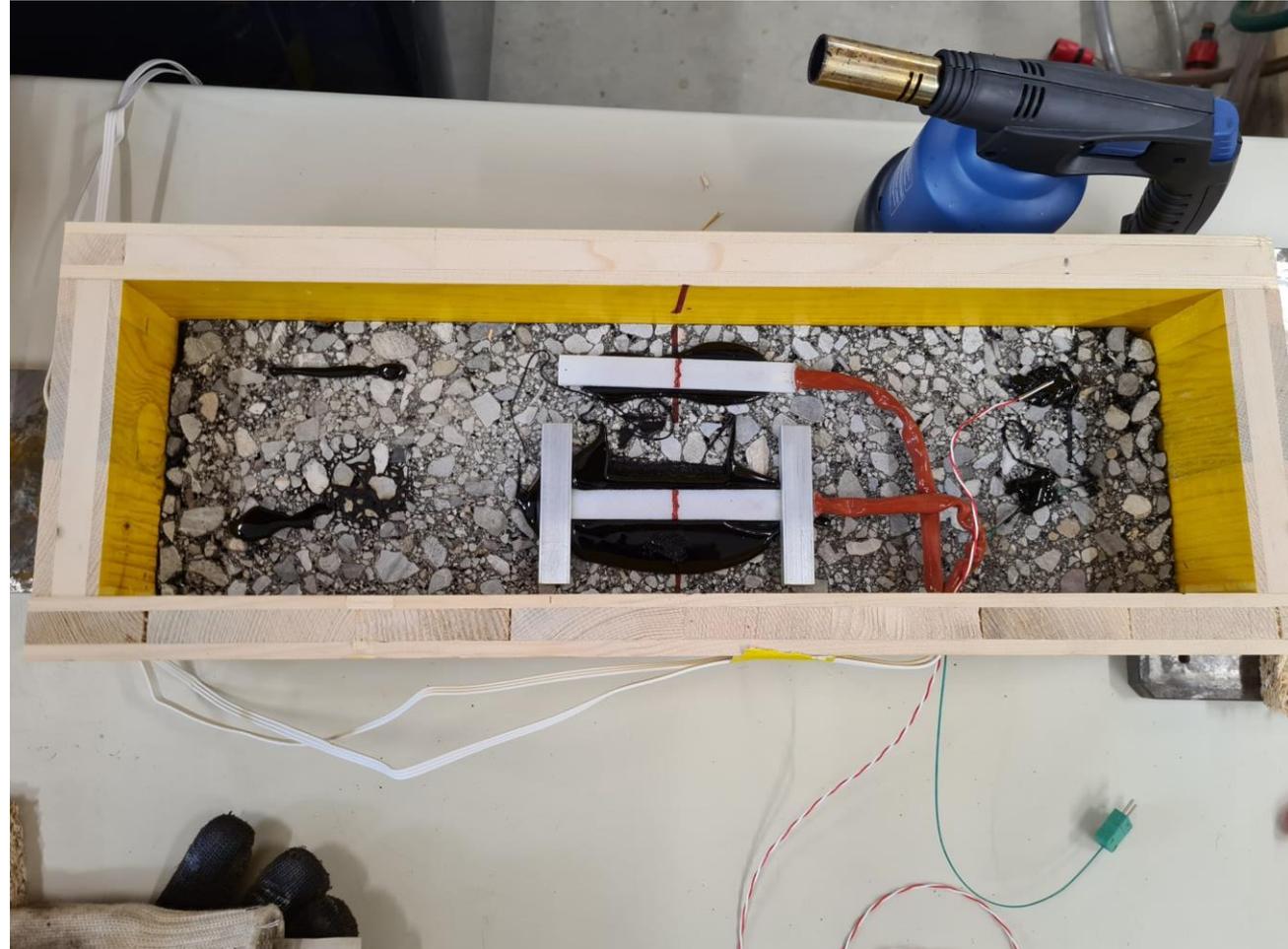
# Kontext

- ▶ Wie können wir eine vollständige Überwachung von Gussasphalt-Teststrecken gewährleisten?
  - ▶ Ebenheitsmessungen → Zerstörungsfreie Prüfung (NDT), spezifische Maschinen
  - ▶ Lärm → NDT, spezifische Maschinen
  - ▶ Kontrolle des Asphalts → Gleich wie bei Standard-AC (aber andere Labor-Tests)
- ▶ Nutzungsdauer?
- ▶ Verformungsbeständigkeit?
- ▶ Standfestigkeit?

Eingebettete Sensoren !

# Sensoren

- ▶ Temperatur-Sensoren und Dehnungsmessstreifen: Machbarkeitsprüfung



Quelle: BFH

# Sensoren

- ▶ Temperatur-Sensoren und Dehnungsmessstreifen: Machbarkeitsprüfung



Quelle: BFH

# Sensoren

- ▶ Vorläufige Ergebnisse: Die Sensoren funktionieren wie erwartet, kein Unterschied mit/ohne Aluminiumstangen



Quelle: BFH



Berner Fachhochschule  
Haute école spécialisée bernoise  
Bern University of Applied Sciences

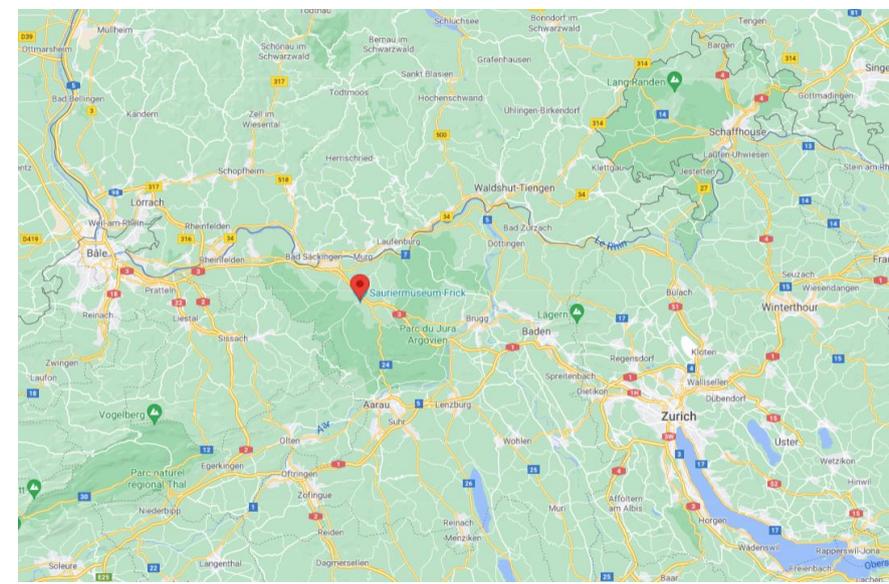
# Teststrecke Frick (04-05.09.2021)

# Geografische Verortung

## ► Autobahn N3 Rheinfelden - Frick

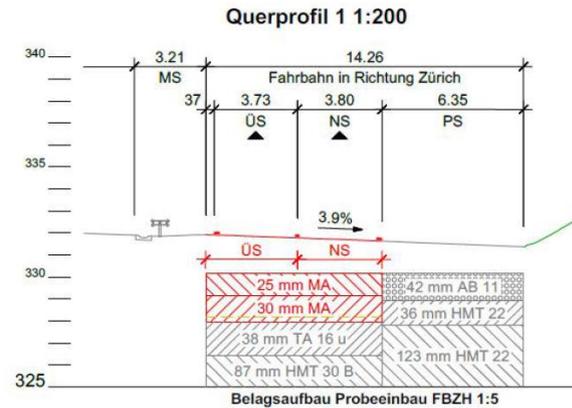


Quelle: ASTRA

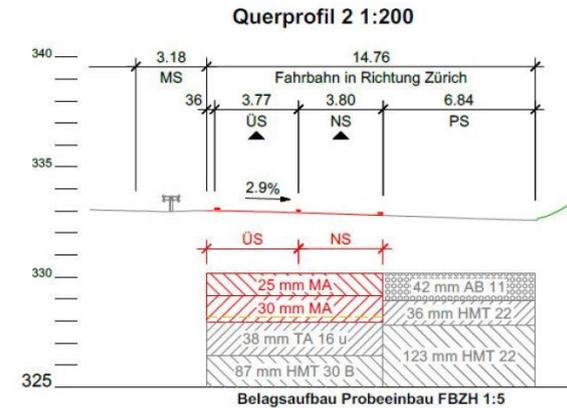


# Generelle Informationen

- ▶ Verkehrsrichtung Zürich
- ▶ Strecke 150 m (km 37.76 to km 38.88)
- ▶ 3D-Fräsarbeiten: 55 mm
- ▶ Reinigung
- ▶ 2 Lagen
  - ▶ Binderschicht MA 8 SP 30 mm
  - ▶ Nutzschicht MA 8 LA 25 mm
- ▶ 3D-Fertiger, ohne Schienen
- ▶ Abstreuung mit natürlichem Splitt: 1.4 – 2.8 mm (Dosierung : 5-6 kg/m<sup>2</sup>)



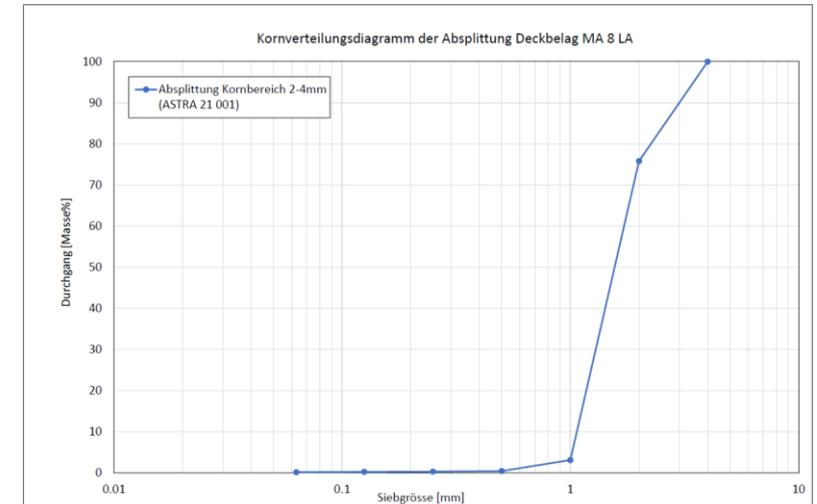
Quelle: ASTRA



Belagsaufbau Probeeinbau FBZH 1:5

Verlegung: 8.30h – 09h50 05.09.20

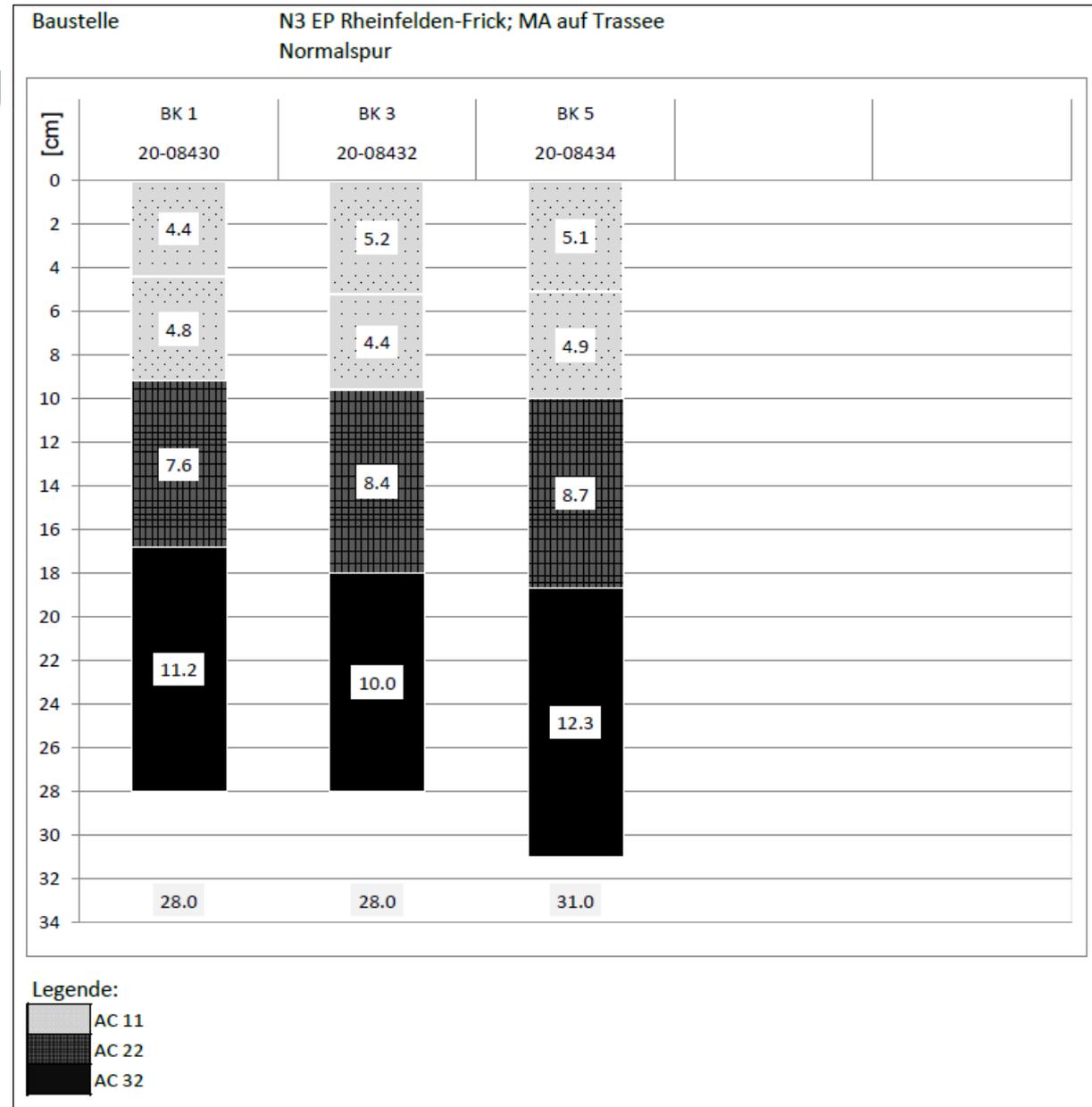
Verlegung: 13h45 – 15h20 05.09.20



Quelle: BFH

# Analyse des bestehenden Belag

- ▶ Strategie Bohrkerne (3 Kerne/Spur)
- ▶ Analyse des Hohlraumgehalts
  - ▶ AC 22 – Hohlraumgehalt
    - ▶ Min. 1.5 Vol.-%
    - ▶ Max. 3.5 Vol.-%
    - ▶ Durchschnitt 2.4 Vol.-%
  - ▶ AC 11 – Hohlraumgehalt
    - ▶ Min. 1.4 Vol.-%
    - ▶ Max. 2.0 Vol.-%
    - ▶ Durchschnitt 1.6 Vol.-%



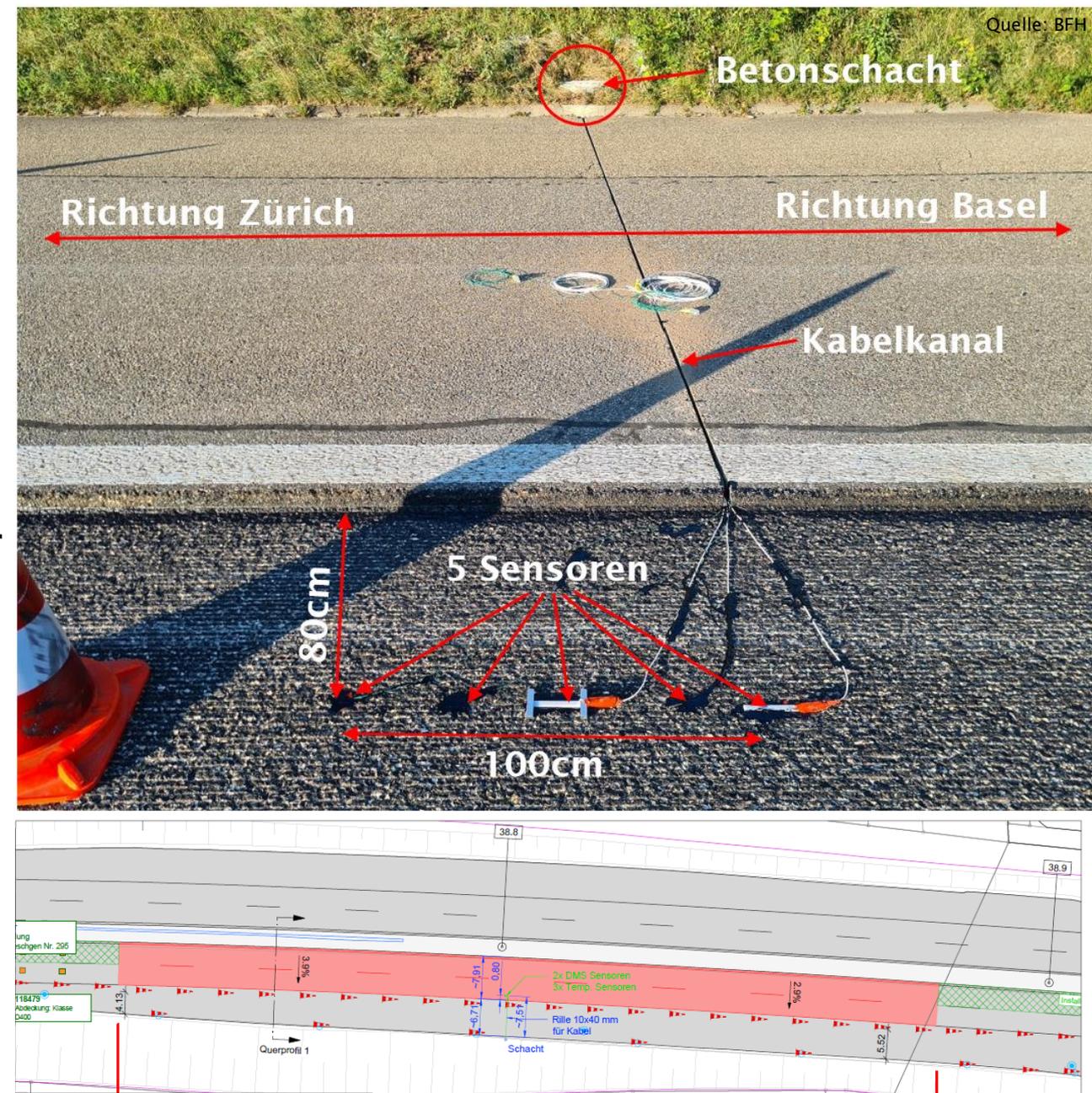
# Bestehender Belag

- ▶ 3D-Messungen der Ebenheit
  - ▶ I.R.I.S.
  - ▶ vollständiges Profil für die Fräs- und Verlegemaschinen
  - ▶ Geschwindigkeit: bis zu 80 km/h
  - ▶ Datenanalyse: 48 h für 2 km Strecke



# Sensoren

- ▶ Lokalisation: km 38.8
  - ▶ 1 x Dehnungsmessstreifen "ALU" (Lieferant: Kyowa)
  - ▶ 1 x Dehnungsmessstreifen ohne Aluminium
  - ▶ 3 x Temperatur-Sensoren (2 Modelle)
- ▶ Bis anhin gute Erfahrungen mit AC, aber noch keine Erfahrungen mit MA
- ▶ Ziele
  - ▶ Machbarkeitsstudie zur Quantifizierung des mechanischen Verhaltens von Gussasphalt-Belägen
  - ▶ Durchführung weiterer Analysen und Bewertung der Lebensdauer sowie Identifizierung von Schadensursachen



# Einbau der Sensoren



Quelle: BFH

# Teststrecke Einbau: Fräsarbeiten



Quelle: BFH



# Teststrecke Einbau: Reinigung



Quelle: BFH



# Teststrecke Einbau: Binderschicht



Quelle: BFH



# Teststrecke Einbau: Binderschicht



# Teststrecke Einbau: Binderschicht



Quelle: BFH



# Teststrecke Einbau: Binderschicht



Quelle: BFH



# Teststrecke Einbau: Deckschicht



Quelle: BFH

# Einbau: Teststrecke Frick



Quelle: BFH

# Teststrecke Einbau: Abstreuung

Quelle: BFH



# Gussasphalt Test-Plan

## ► Mischgut-Kontrolle und -Analyse



Nr.	Prüfung / Aufgabe	Referenz	Anzahl
1	Analyse gefrästen Fläche, visuell	-	1
2	Einbauprotokoll	VSS 40 440 [2]	1
3	Mischgut (MG) Probenahme	SN EN 12697-27 [3]	1
4	MG: Temperatur Einbau	SN EN 13108-6 [4]	1 / Kocher
5	Bitumen: Penetration	SN EN 1426 [5]	2
6	Bitumen: Erweichungspunkt	SN EN 1427 [6]	2
7	Bitumen: Elastische Rückstellung	SN EN 13398 [7]	2
8	Bitumen: Viskosität Brookfield *	SN EN 13302 [8]	2
9	Bitumen: Fraass *	SN EN 12593 [9]	2
10	MG: Bindemittel Rückgewinnung	SN EN 12697-4 [10]	2
11	MG: Löslicher Bindemittelgehalt	SN EN 12697-1 [11]	2
12	MG: Korngrößenverteilung	SN EN 12697-2 [12]	2
13	MG: Statischer Eindringversuch (Würfel) – gemäss Norm	SN EN 12697-20 [13]	2
14	MG: Statischer Eindringversuch (Zylinder) – neue Methodologie **	-	6
15	MG: Statischer Eindringversuch – neue Testmethode **	-	2
16	MG: Dynamischer Eindringversuch	SN EN 12697-25 [14]	2
Externe Laboruntersuchungen			
17	Ebenheit (3D Scanning) Binder-Deckschicht, Fräsfläche	VSS 40 517/518 [15] [16]	2
18	Griffigkeitsmessungen der Deckschicht	VSS 40 511A/512 [17] [18]	2
19	Bohrkernuntersuchung		3
20	CPX-Messungen	ASTRA 88010/SN EN ISO 11819-2/3 [19] [20] [21]	2 - 3

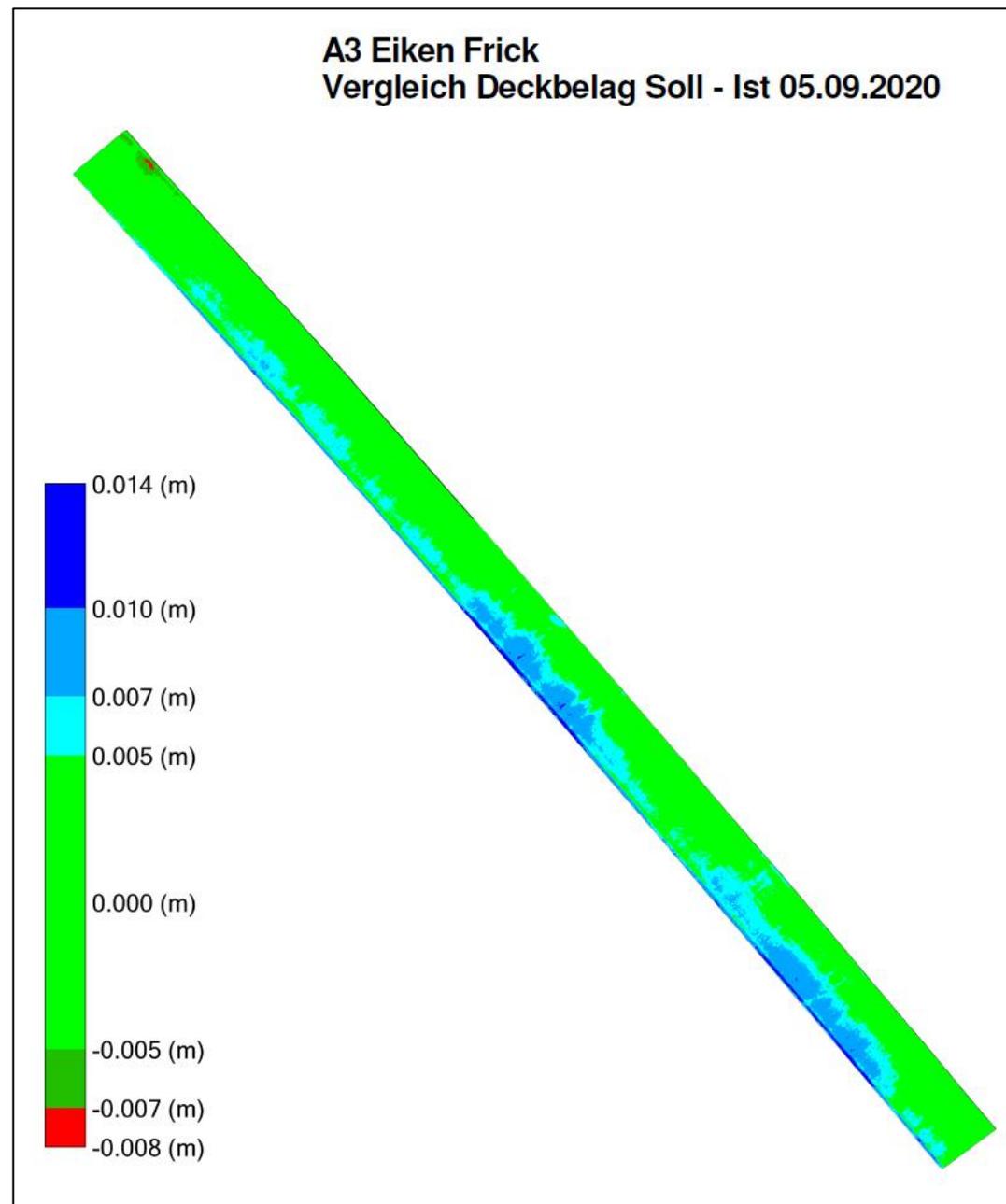
\* Nicht in VSS Normen empfohlen (VSS 40 440 [2], VSS 40 444 [22])

\*\* Forschungszweck – Vorbereitung Antrag

Quelle: BFH

# Teststrecke: Qualitätskontrolle

- ▶ Einbaukontrolle
  - ▶ Nach dem Fräsen
  - ▶ Nach 1. MA-Schicht
  - ▶ Nach 2. MA-Schicht



# Teststrecke: Qualitätskontrolle

## ► Gussasphalt-Analyse

### ► Zurückgewonnenenes Bindemittel

ID	Nr.	Prüfung	Resultat	Anforderung
3853-4	5	Bitumen: Penetration	$29 \cdot 10^{-1} \text{ mm}$	15 - 50 [23]
3853-7	5	Bitumen: Penetration	$28 \cdot 10^{-1} \text{ mm}$	15 - 50 [23]
3853-4	6	Bitumen: Erweichungspunkt	87.5 °C	60 °C [23]
3853-7	6	Bitumen: Erweichungspunkt	89.5 °C	60 °C [23]
3853-4	7	Bitumen: Elastische Rückstellung	51% (gerissen)	-
3853-7	7	Bitumen: Elastische Rückstellung	60% (gerissen)	-
3853-4	9	Bitumen: Fraass	-11 °C	-
3853-7	9	Bitumen: Fraass	-12 °C	-

Quelle: BFH

# Teststrecke : Qualitätskontrolle

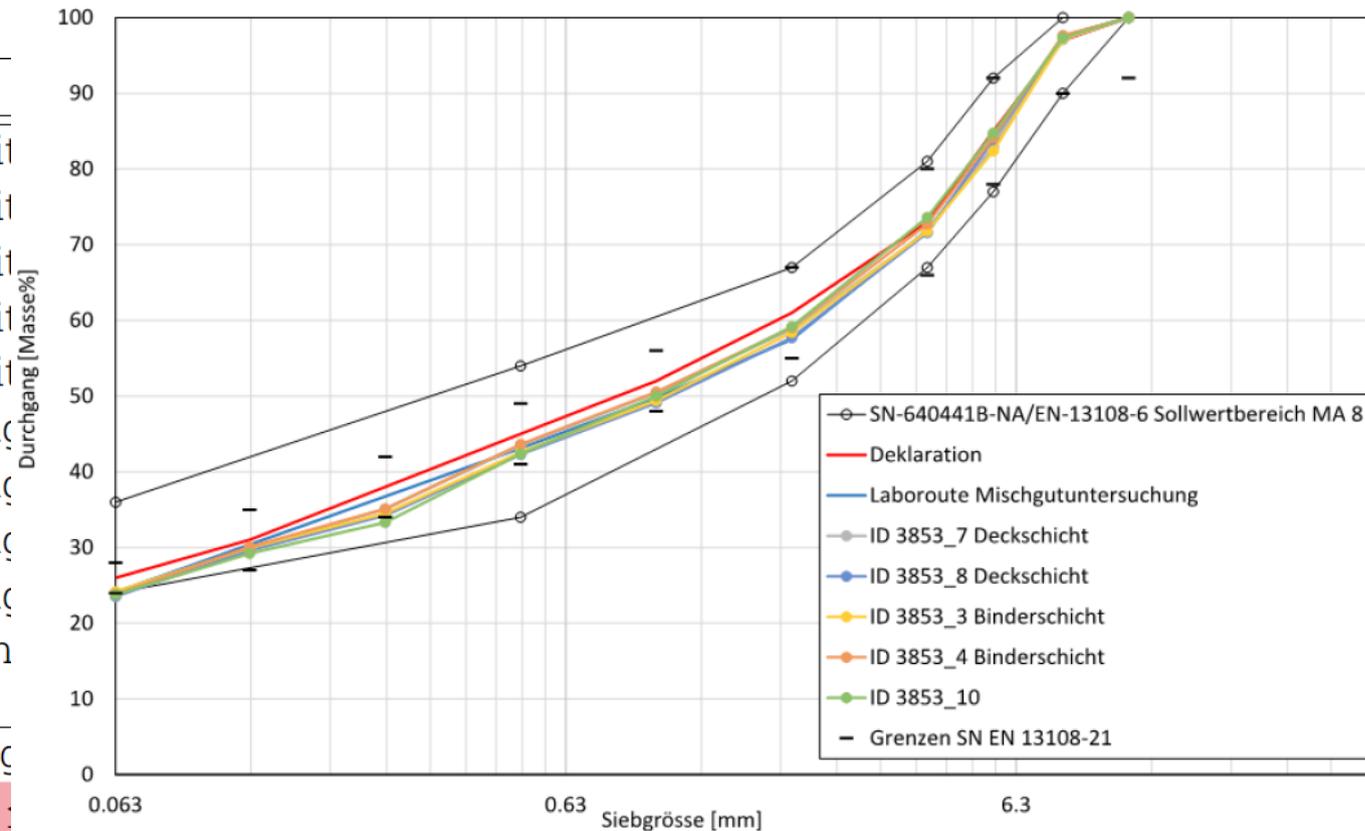
## ► Gussasphalt-Analyse

### ► Mischgutuntersuchung

ID	Nr.	Prüfung
3853-4	11	Löslicher Bindemittel
3853-7	11	Löslicher Bindemittel
3853-3	11	Löslicher Bindemittel
3853-8	11	Löslicher Bindemittel
853-10	11	Löslicher Bindemittel
3853-41	13	Statischer Eindringwert
3853-42	13	Statischer Eindringwert
3853-7	13	Statischer Eindringwert
3853-8	13	Statischer Eindringwert
3853-5	14	Statischer Eindringwert

\* Typ H objektspezifisch in [25] festgelegt

\*\* Gemäss [26] für MA 8 LA Trasse

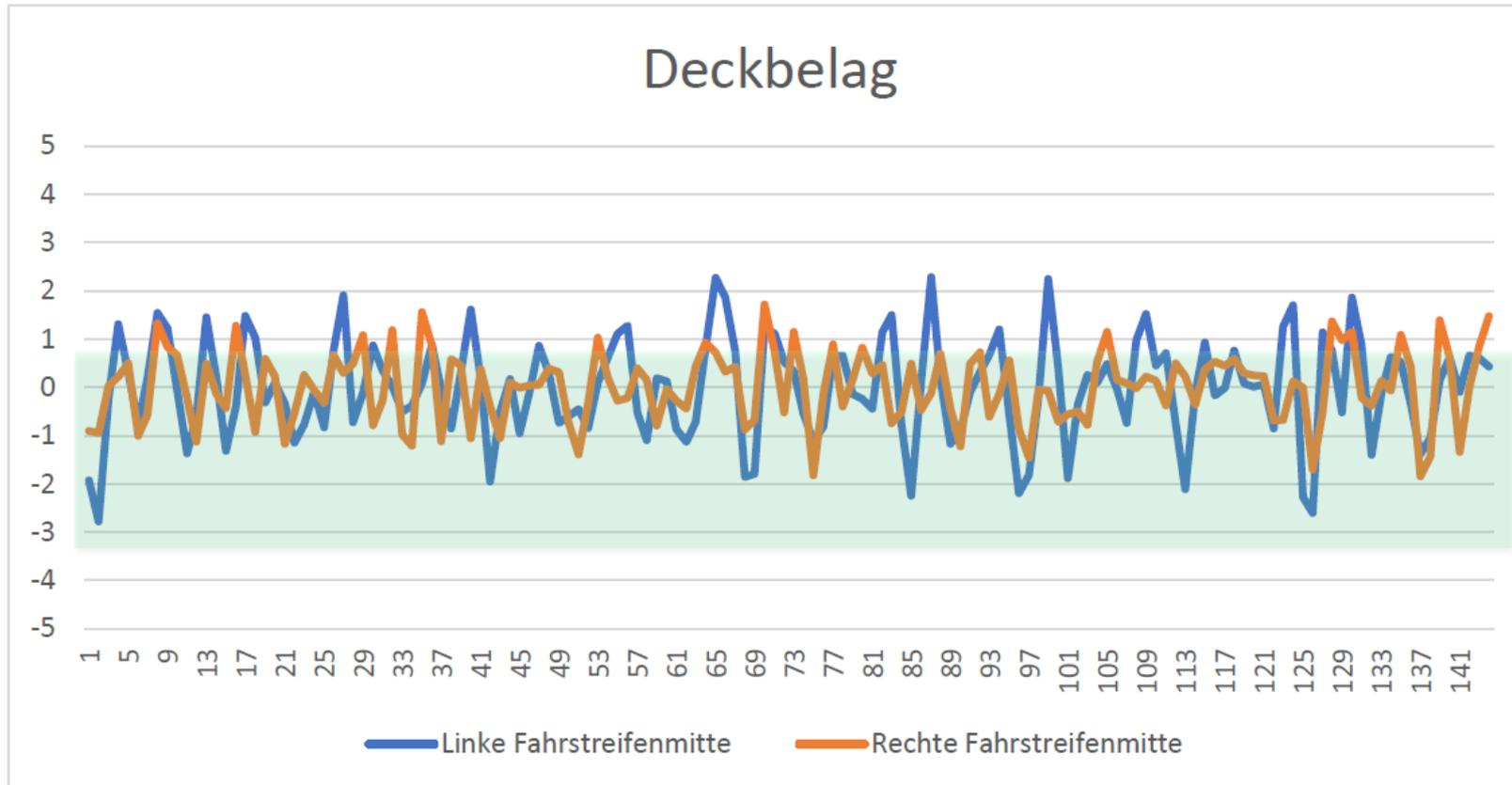


Quelle: BFH

# Teststrecke : Qualitätskontrolle

- ▶ Ebenheit

- ▶ Max. Toleranz auf dieser Strecke:  $\pm 2$  mm (4 m beam)



Quelle: IMP Bautest AG



Höhenangaben in mm

# Messungen Teststrecke: Dehnungsstreifen

- ▶ Schlussfolgerungen nach den ersten Messungen
  - ▶ Alle Sensoren funktionieren
  - ▶ Zuverlässige Ergebnisse
  - ▶ K-Sensoren (Temperatur) sind weniger genau ( $\Delta=2\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) als Pt100, die besser geeignet scheinen
  - ▶ Aluminiumstangen bei den Dehnungsmessstreifen scheinen nicht notwendig

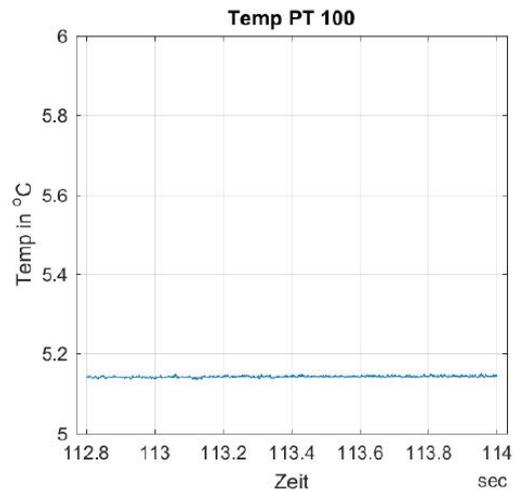
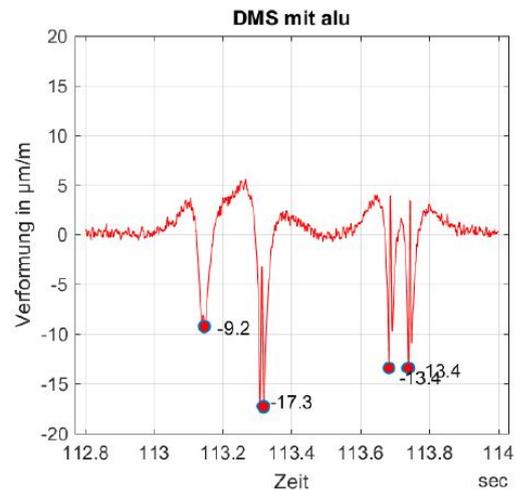
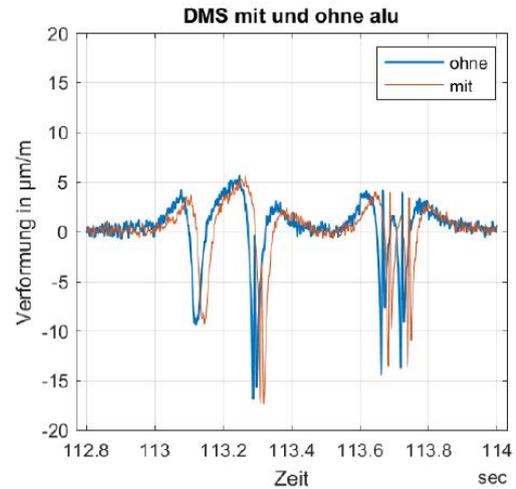
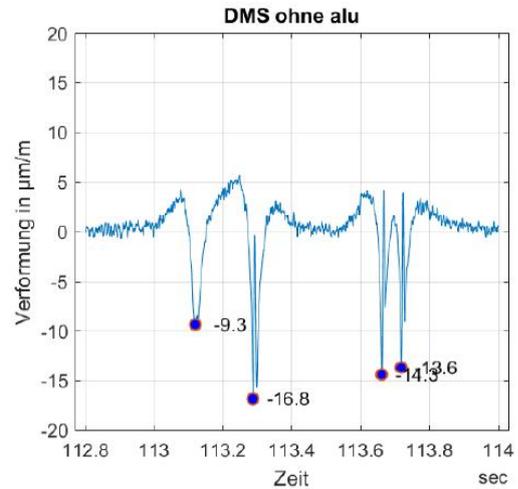


Quelle: BFH



# Messungen Teststrecke: Dehnungsstreifen

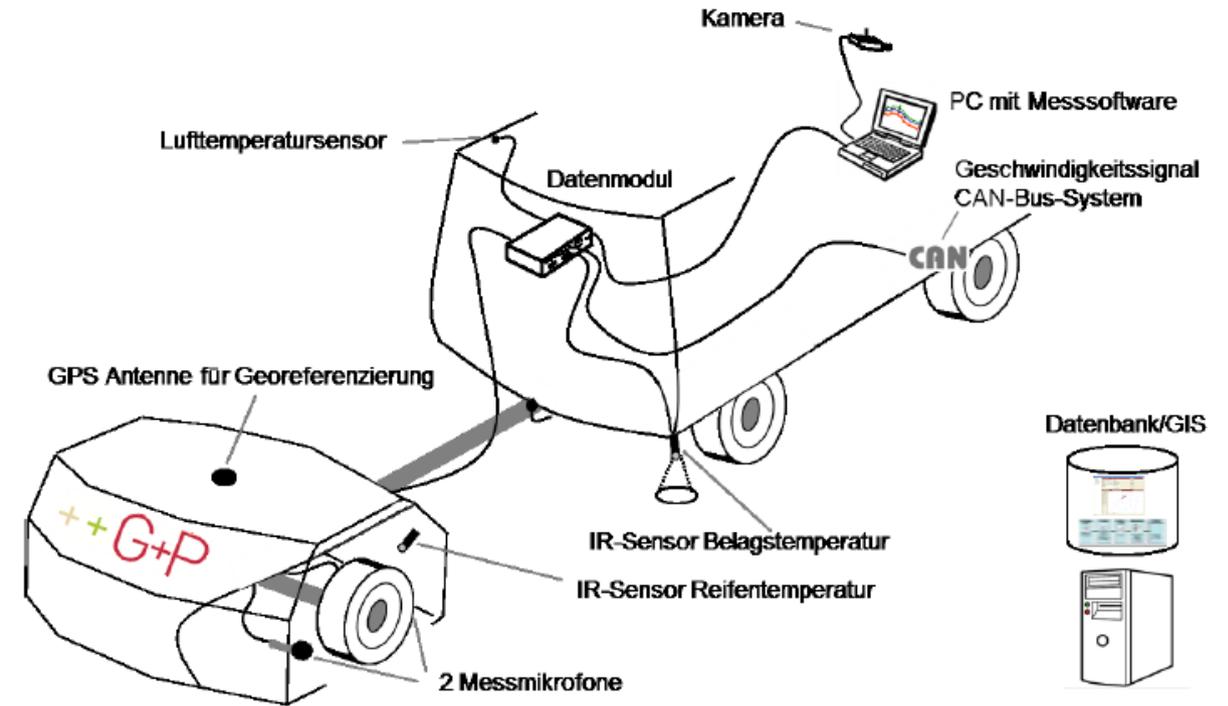
Mess002.txt  $t_0 = 112.8$  s



Quelle: BFH

# Messungen Teststrecke: Lärm

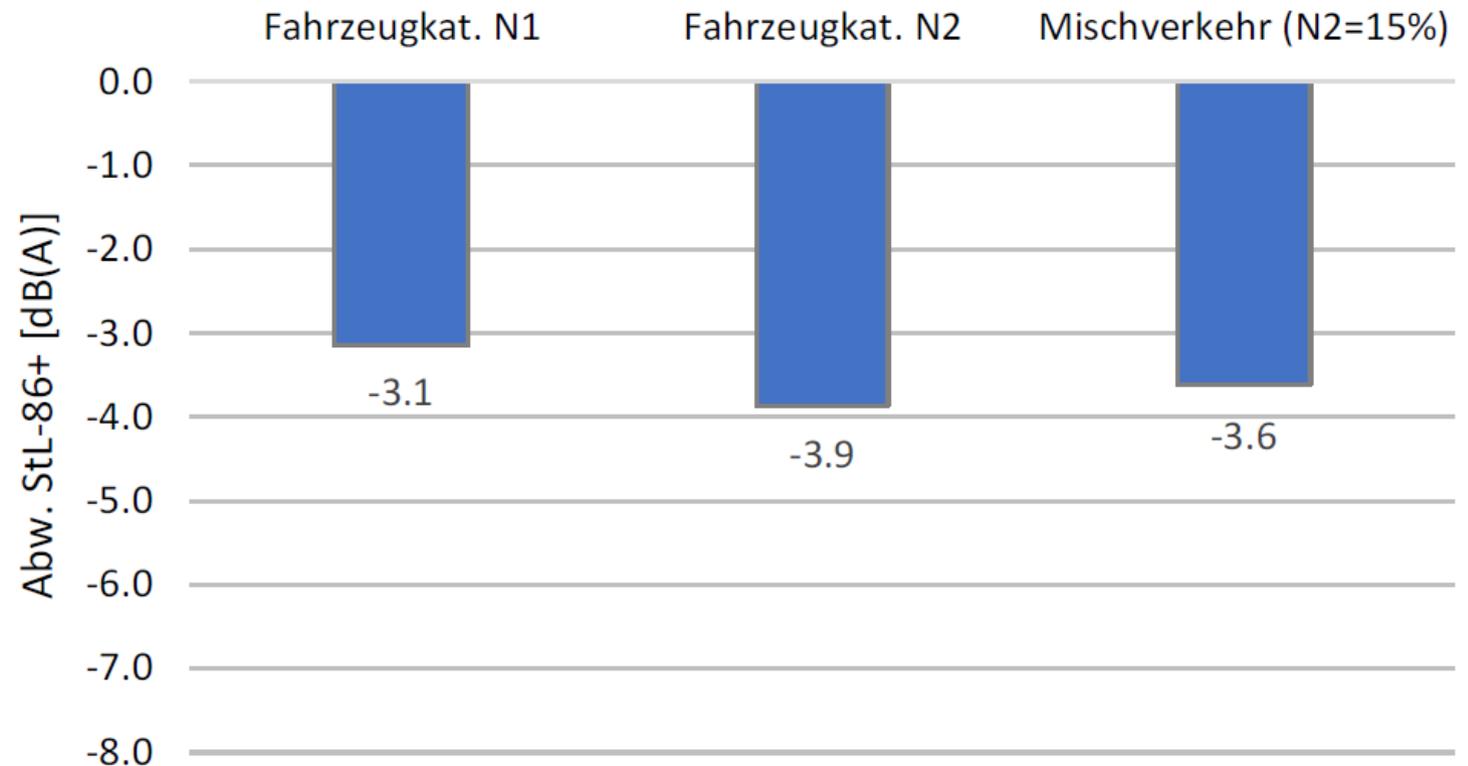
## ► Messinstrument: CPX



Quelle: Grolimund + Partner AG

# Messungen Teststrecke: Lärm

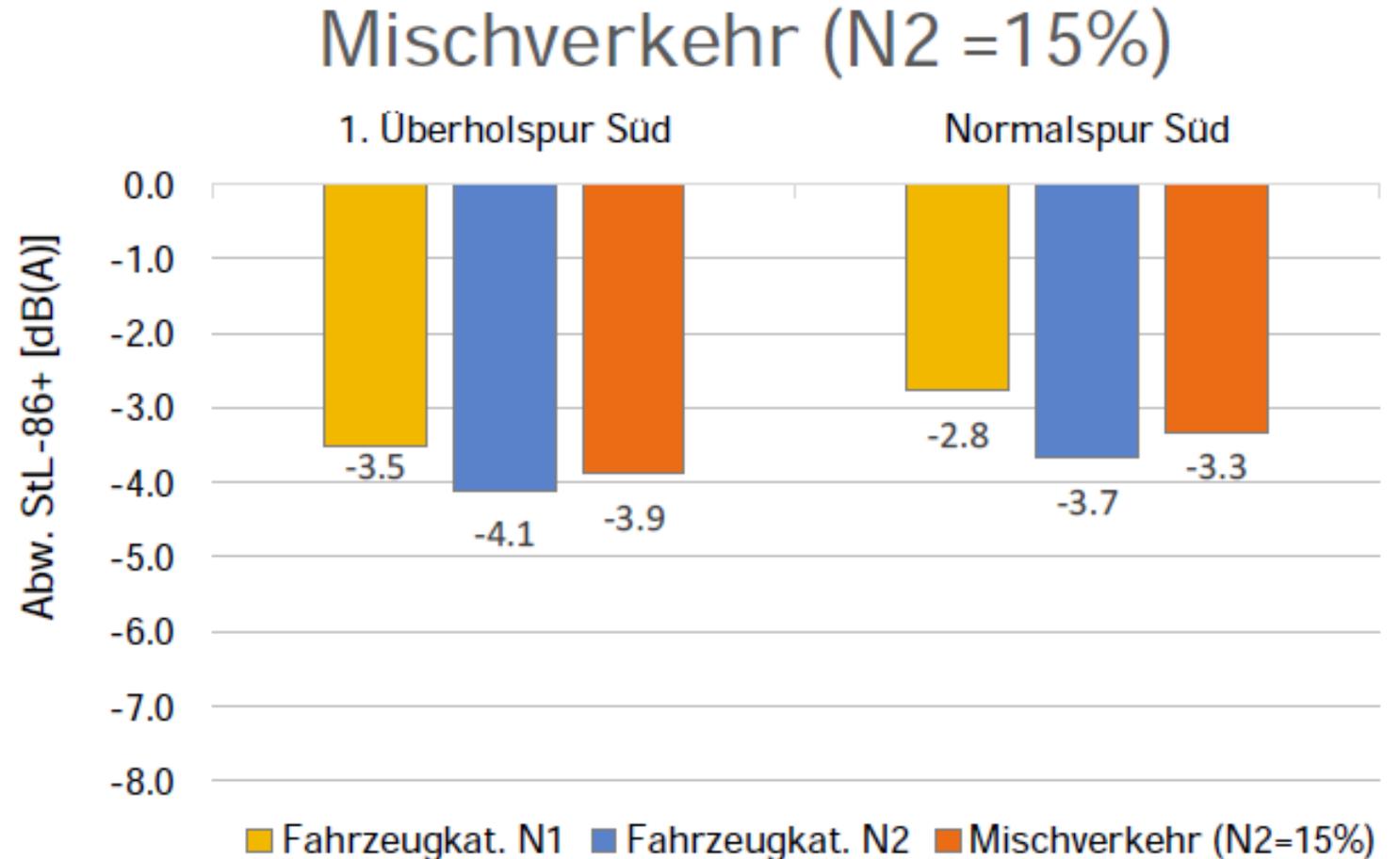
- ▶ Messung: Herbst 2020
  - ▶ Fahrzeugkat. N1 = PW (Autos)
  - ▶ Fahrzeugkat. N2= LKW (Lastwagen)
  
- ▶ Die Ergebnisse entsprechen den Kriterien für lärmarmen Asphalt, d.h. - 1 dB(A) im Vergleich zum STL-86 Modell



Quelle: Grolimund + Partner AG

# Messungen Teststrecke: Lärm

- ▶ Messung: Herbst 2020
  - ▶ Details in Funktion der untersuchten Fahrspur
- ▶ Überholspur: zirka 0.5 dB(A) bessere akustische Werte



Quelle: Grolimund + Partner AG

# Messungen Teststrecke: Lärm



# Messungen Teststrecke: Lärm

- Messung: Vergleich mit anderen Teststrecken (lärmarmer Gussasphalt)

Bezeichnung	MA 8 Frick	MA 8 Kerzers Scoral	MA Kerzers Famsa Natursteinsplitt (ohne Abwalzen)
Bauweise	MA 8 H	MA 8 H	MA 8 H
Abstreuerung	Naturstein 1.4/2.8mm	Scoral-Schlacke 1.4/2.8mm	Naturstein Famsa 2/4mm
Lärminderung im Neuzustand (Mischverkehr)	-3.6dB(A)	-3.9dB(A)	-2.6dB(A)

Quelle: Grolimund + Partner AG

# Vorläufige Schlussfolgerungen und Ausblicke

# Vorläufige Schlussfolgerungen

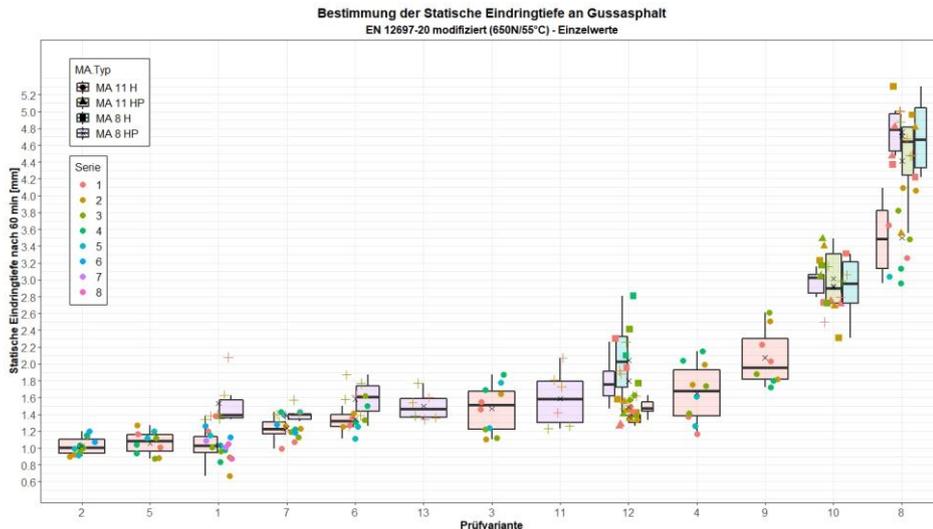
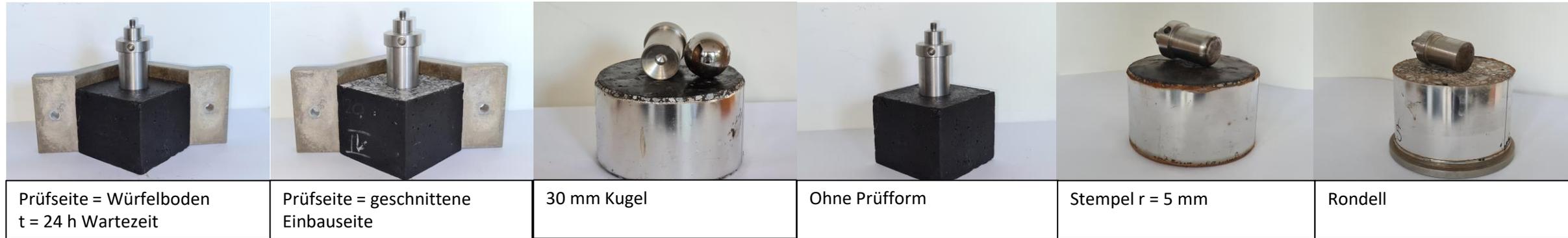
- ▶ Gussasphalt kann ein nachhaltiges Baumaterial für Hochleistungsstrassen sein, und zwar auch für «offene Strecken» d. h. nebst für Tunnels und Brücken
- ▶ Um dies in vollem Umfang zu erreichen, gibt es verschiedene Herausforderungen, wie zum Beispiel:
  - ▶ Fertiger-Technologie (ohne Schienen) → viel versprechende Ergebnisse nach den bisherigen Erfahrungen
  - ▶ Verlegequalität → viel versprechende Ergebnisse nach den bisherigen Erfahrungen
  - ▶ Langfristiges Monitoring und Langzeitverhalten
  - ▶ Mischgut-Rezepte (Fahrbahnneigung)
  - ▶ Gussasphalt nachhaltiger machen
  - ▶ Optimierung des Strassen-Management-Systems
  - ▶ ...
- ▶ Wir haben erste Schritte gemacht, aber es sind weitere Herausforderungen anzugehen!



# Einige Ausblicke

- ▶ Innovative Prüfmethode zur Analyse des mechanischen Verhaltens von Gussasphalt

Quelle: BFH / ASTRA Forschungsprojekt VSS 2018-331



# Einige Ausblicke

- ▶ **Lärmarrer Gussasphalt**
  - ▶ Lärmreduktion dank Abstreu-Methoden
  - ▶ Verschiedene Typen von Abstreu-Material (4)
  - ▶ Einbau: 2015, regelmässiges Monitoring
  - ▶ Lärmreduktion bis jetzt zwischen - 2dB(A) und -4 dB(A)



Quelle: G+P Ingenieure, Januar 2020 / ASTRA

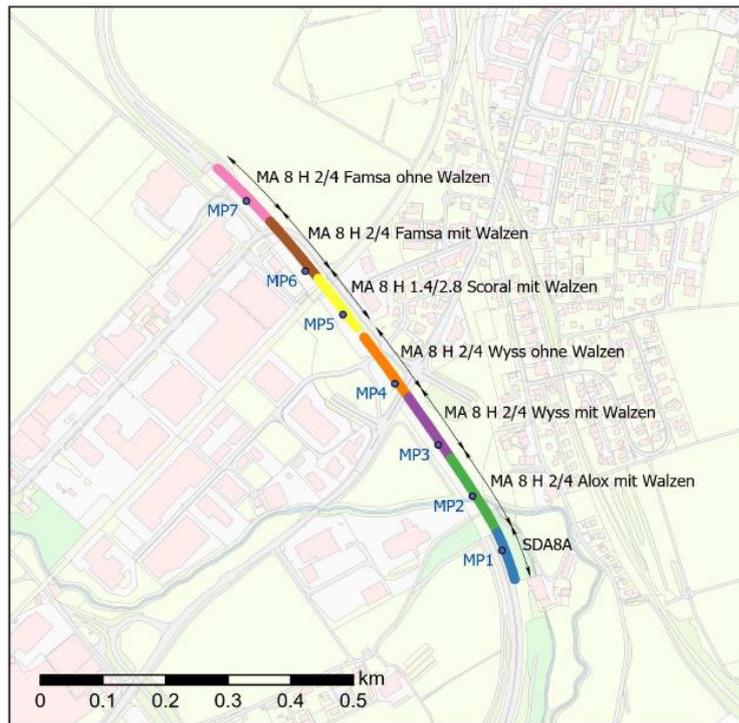


Abbildung 2: Geografische Lage der Messstrecke inklusive durchgeführter Wirkungsanalysen.

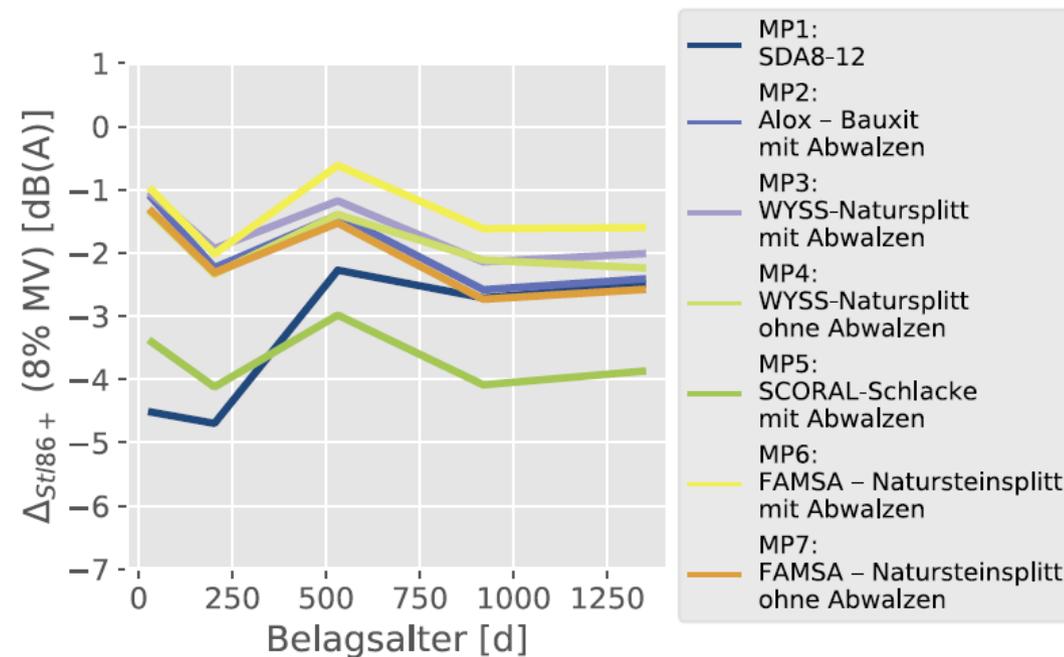


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf der akustischen Belagsgütwerte für die sieben Belagsabschnitte.

# Besten Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

*Spezieller Dank an Heinz Aeschlimann (CEO Aeschlimann Asphalt Engineering) und Fabian Traber (Spezialist Astra)*

Prof. Dr. Nicolas Bueche

 [nicolas.bueche@bfh.ch](mailto:nicolas.bueche@bfh.ch)