

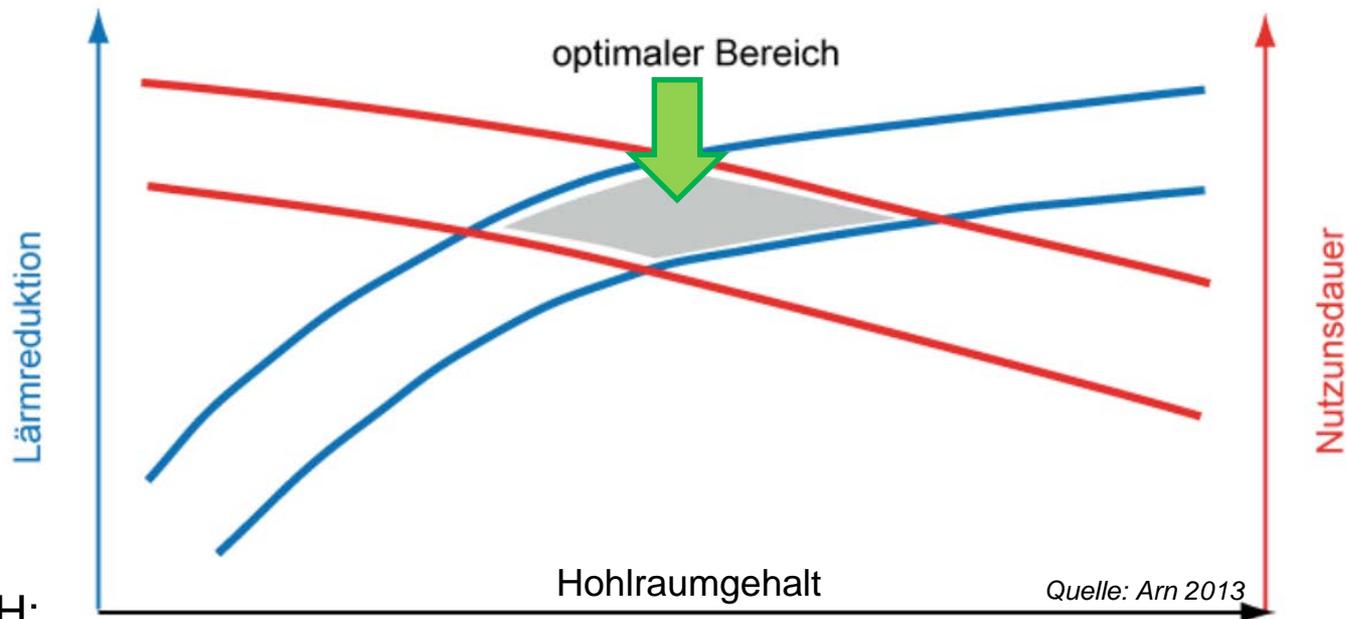
# Lärmarme Beläge Kanton Aargau – Chancen und Risiken

## Themen:

1. Ausgangslage Strategie lärmarme Beläge
2. Akustische Kontrollmessungen SDA 4 Kt AG
3. Sicherstellen der akustischen Leistung
4. Störung/Reduktion der akustischen Wirkung
5. Zusammenfassung und Ausblick

## 1.2 Strategie lärmarme Beläge CH

Hauptziel: Entwicklung möglichst langlebiger lärmarmer Beläge  
Bedingt: Kompromiss zwischen Lärmreduktion & Nutzungsdauer



Ansätze in CH:

- > Performanceorientiert: Eigenprodukte, Leistung garantiert durch Unternehmer
- > Zusammensetzungsorientiert: Norm SNR 640 436 → Forschungspaket LAB Bund Fokus Kt AG

# 1.3 Norm SNR 640 436 Semi-dichte Mischgute

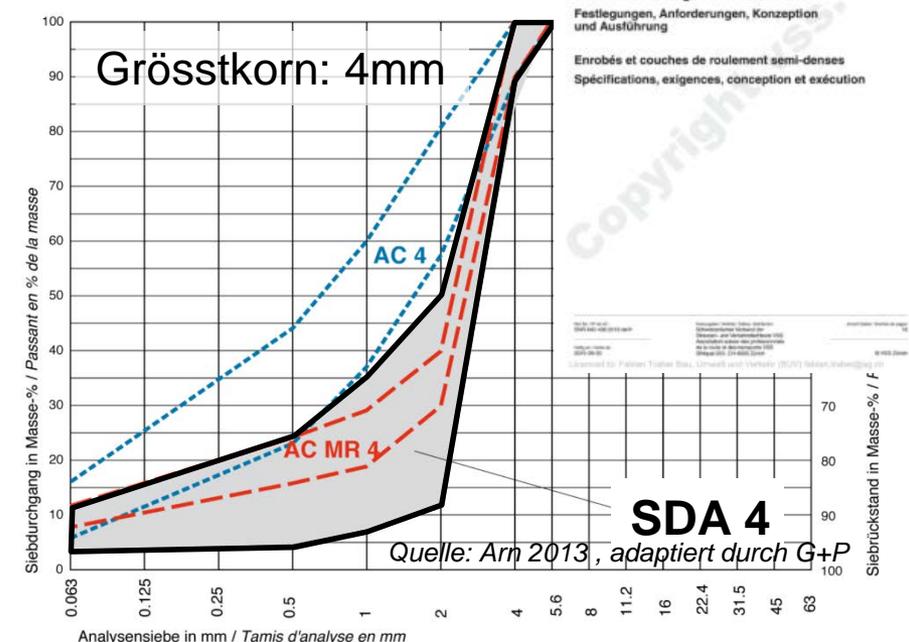
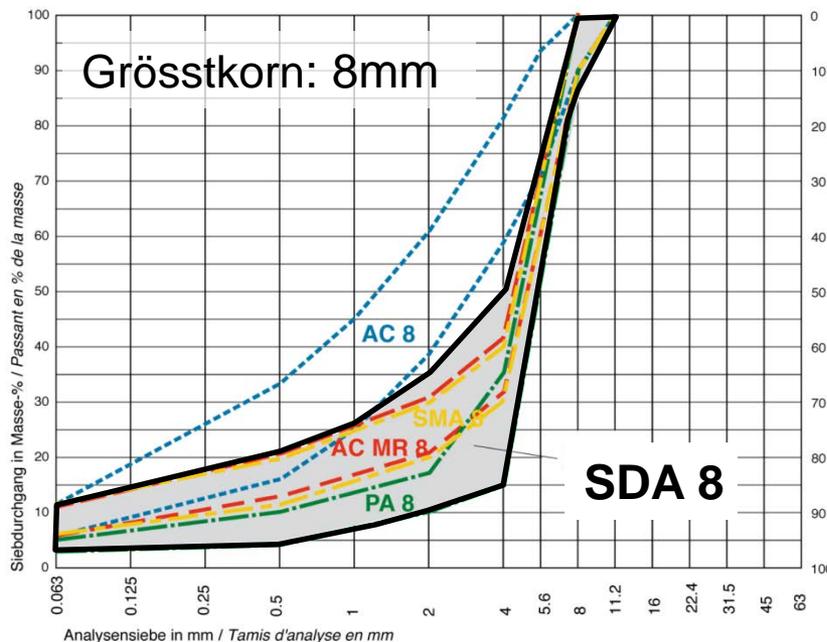
Ziel: Explorieren im semi-dichten Bereich (Norm für Forschungsprojekt)

Bedingt: gewisse Breite an möglicher Norm-Rezepturen

→ von praktisch dicht über semi-dicht zu porös

Semidichtes Mischgut und Deckschichten  
Festlegungen, Anforderungen, Konzeption  
und Ausführung  
Enrobés et couches de roulement semi-denses  
Spécifications, exigences, conception et exécution

Quelle: Arn 2013, adaptiert durch G+P



- > Norm ermöglicht Herstellung / Einbau durch beliebige Firmen in der ganzen CH  
**ABER: aus Bestellung können akustisch stark unterschiedliche Beläge resultieren**

# 1.5 Änderungen in Sorte und Klasse

Bisher ab 2013

Charakteristischer Hohlraumgehalt und Grenzwerte für den Hohlraumgehalt der Marshall-Prüfkörper <i>Teneur en vides caractéristiques et valeurs limites de la teneur en vides des éprouvettes Marshall</i>				
Sorte und Klasse <i>Sorte et classe</i>	A	B	C	D
	[Volumen-%] / [% volumique]			
SDA 4	8	12	16	
SDA 8	8	12	16	
Grenzwerte für den Hohlraumgehalt der Marshall-Prüfkörper <i>Valeurs limites de la teneur en vides des éprouvettes Marshall</i>				
SDA 4	6...10	10...14	14...18	18...22
SDA 8	6...10	10...14	14...18	

Neu ab 2015

Charakteristischer Hohlraumgehalt und Grenzwerte für den Hohlraumgehalt der Marshall-Prüfkörper <i>Teneur en vides caractéristiques et valeurs limites de la teneur en vides des éprouvettes Marshall</i>			
Sorte und Klasse <i>Sorte et classe</i>	- 12	- 16	- 20
	[Volumen-%] / [% volumique]		
SDA 4	12	16	20
SDA 8	12	16	
Grenzwerte für den Hohlraumgehalt der Marshall-Prüfkörper <i>Valeurs limites de la teneur en vides des éprouvettes Marshall</i>			
SDA 4	10...14	14...18	18...22
SDA 8	10...14	14...18	

1.6

SDA 8

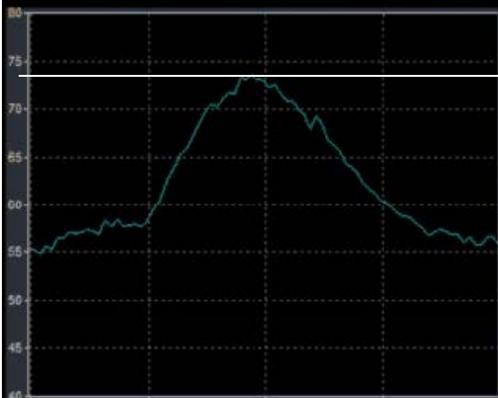
SDA 4



## 2.1 Vergleich Vorbeifahrten mit 50 km/h auf unterschiedlichen Belägen

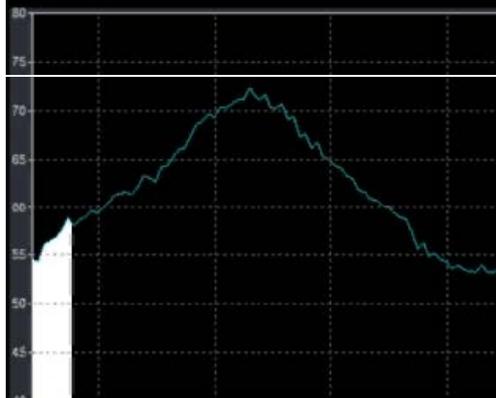
$k_b = 0$  dB

**SMA 8 / AC 8**



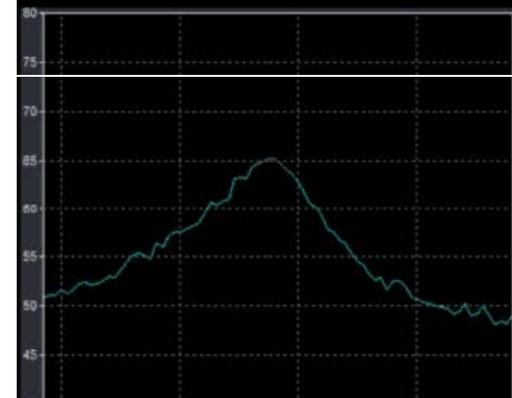
$k_b = -1$  dB

**SDA 8**

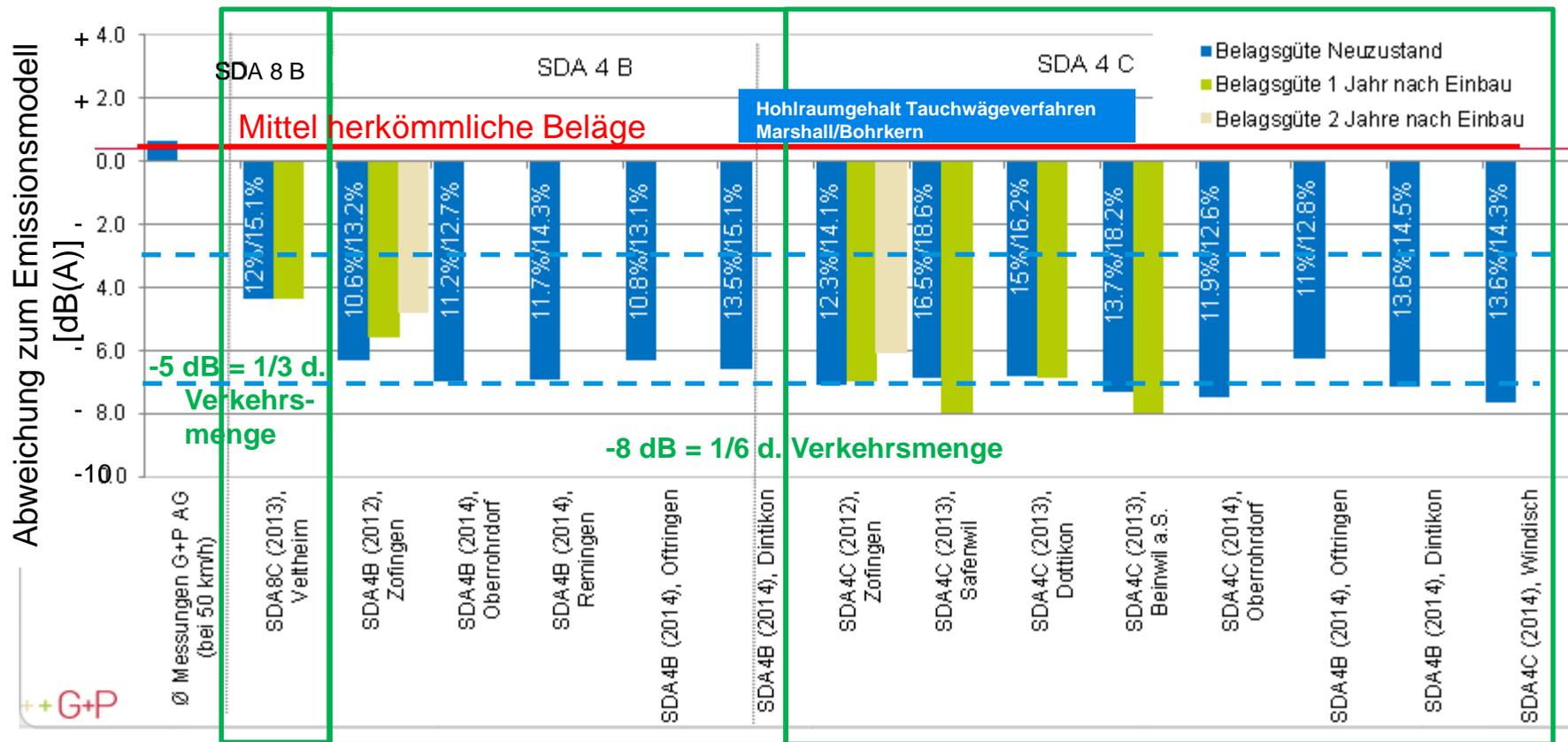


$k_b = -3$  dB

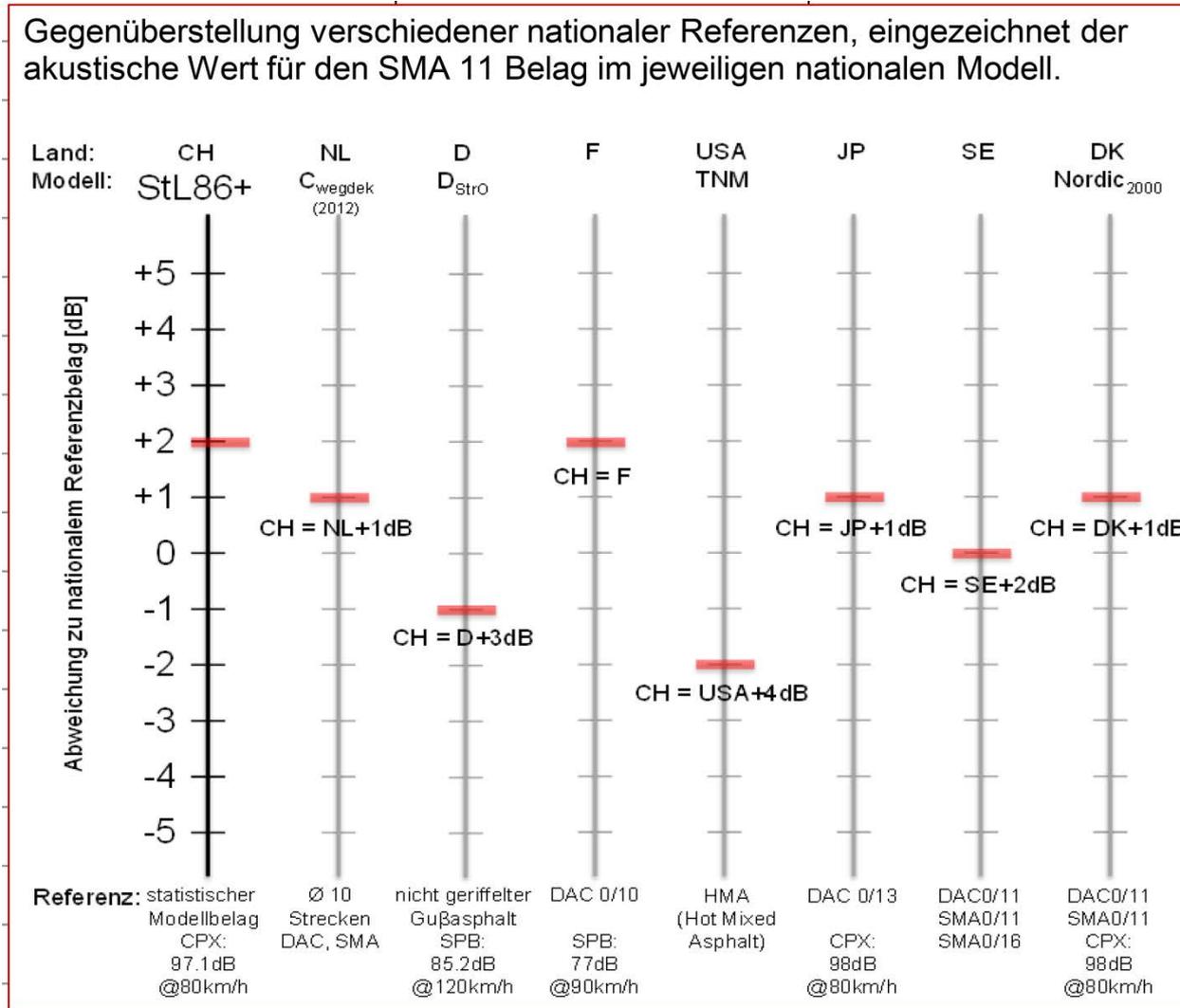
**SDA 4**



# 2.2 Testphase 2012 – 2014 SDA 4



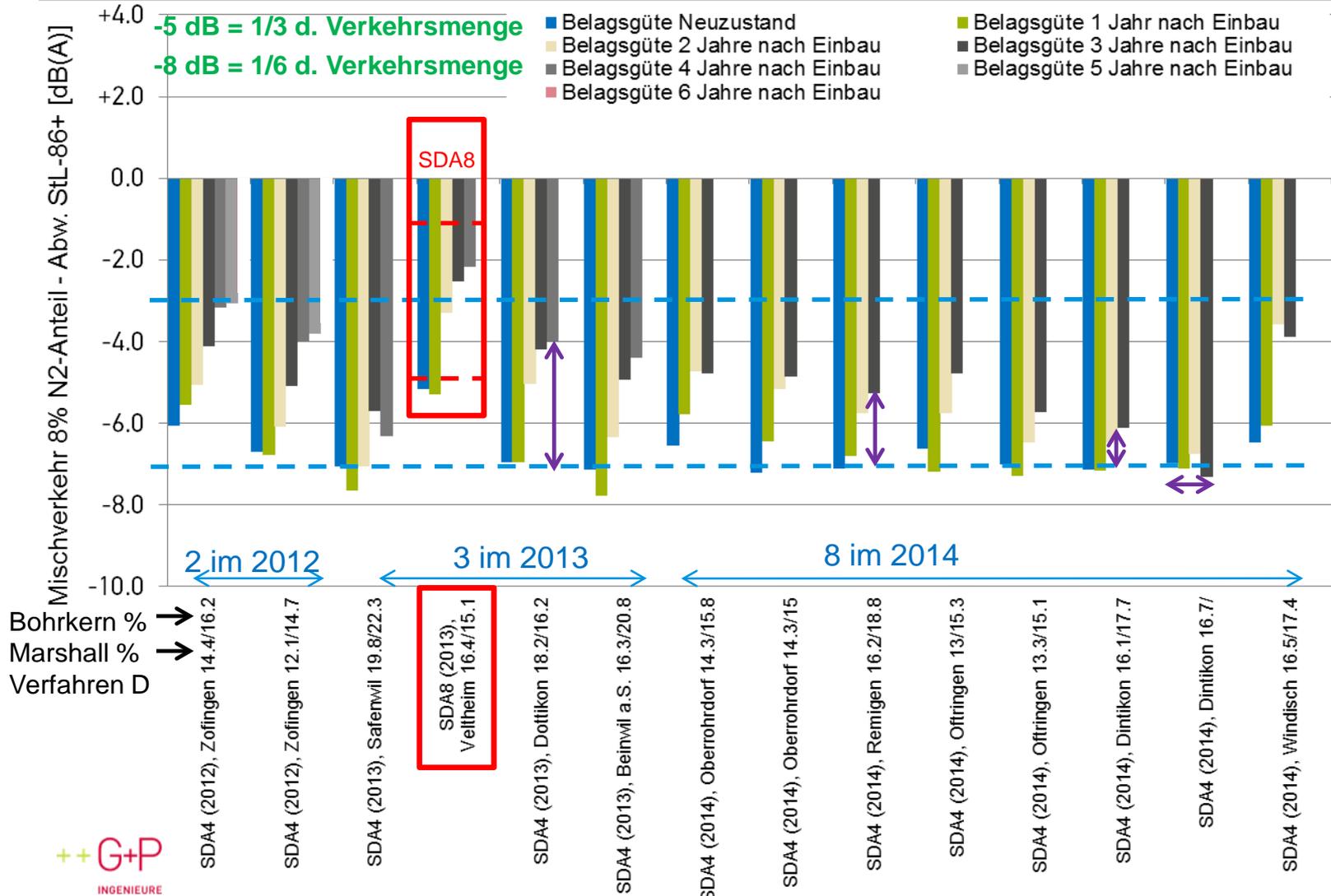
## 2.3 Referenzbelag SMA 11 nationale Modelle



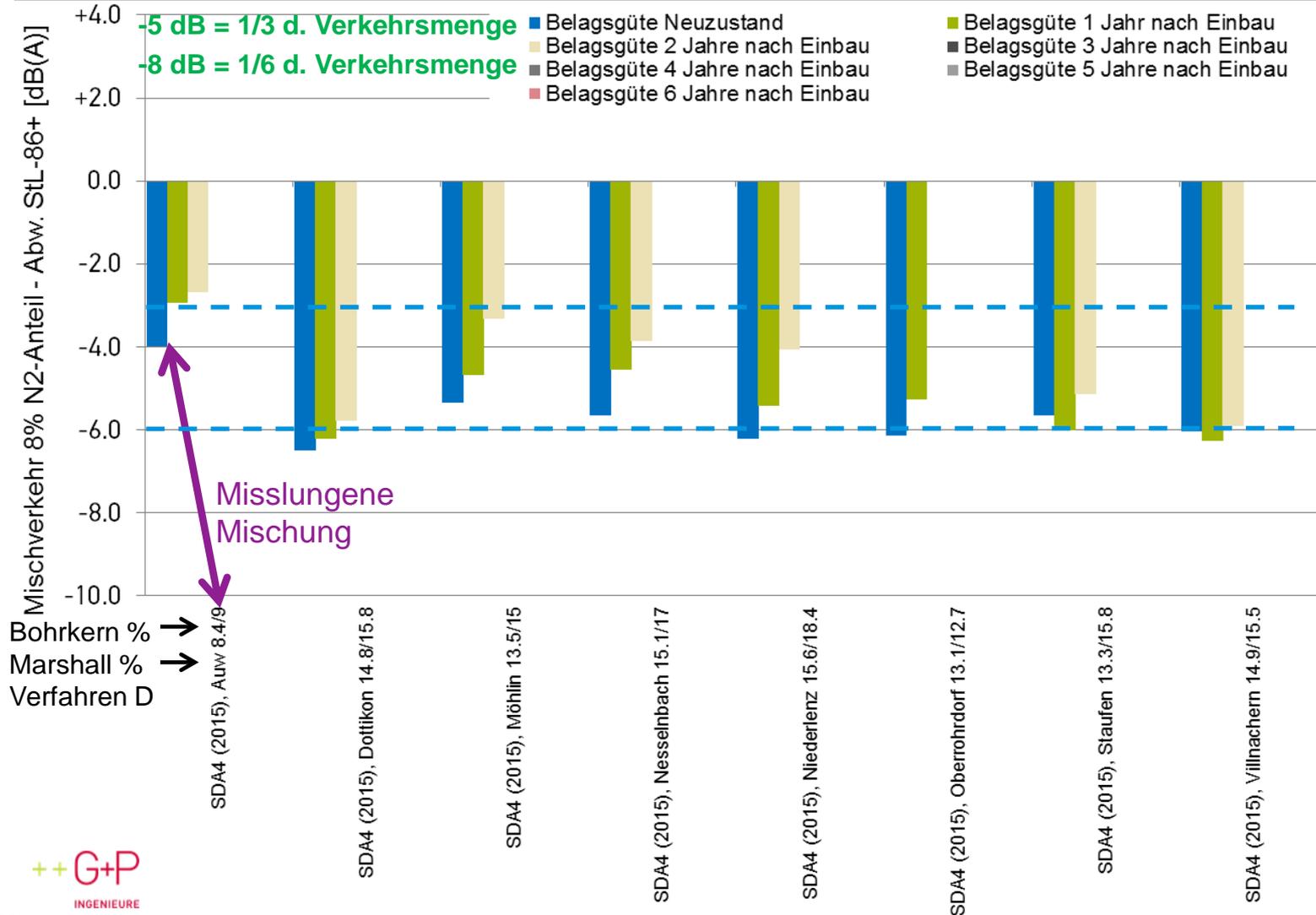


**Departement Bau, Verkehr und Umwelt**

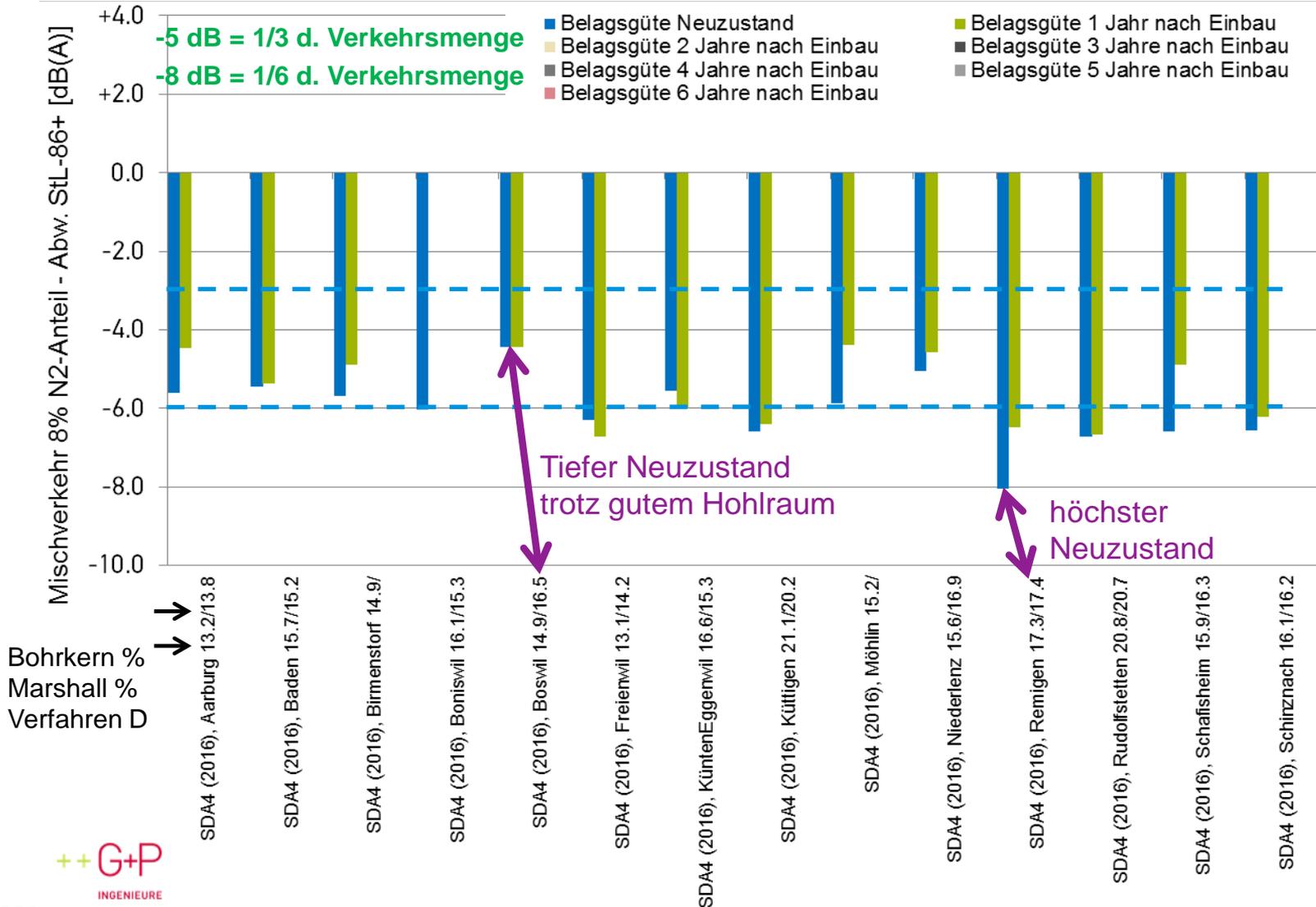
# 2.4 Testphase 2012 – 2014 SDA 4



# 2.4 SDA 4 im 2015 auf 8 Strecken



# 2.5 SDA 4 im 2016 auf 14 Strecken

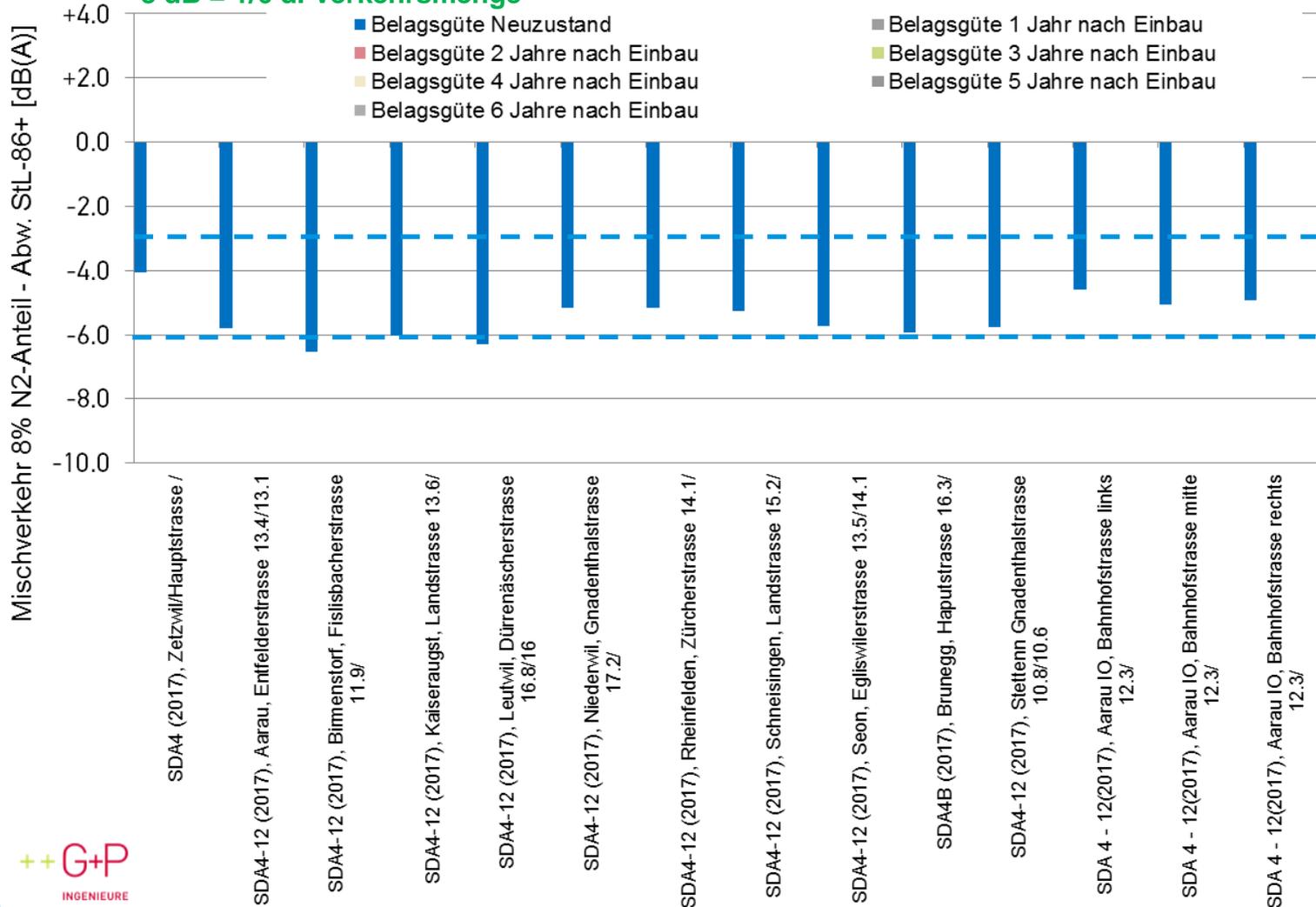


# 2.6 SDA 4 im 2017 auf 12 Strecken

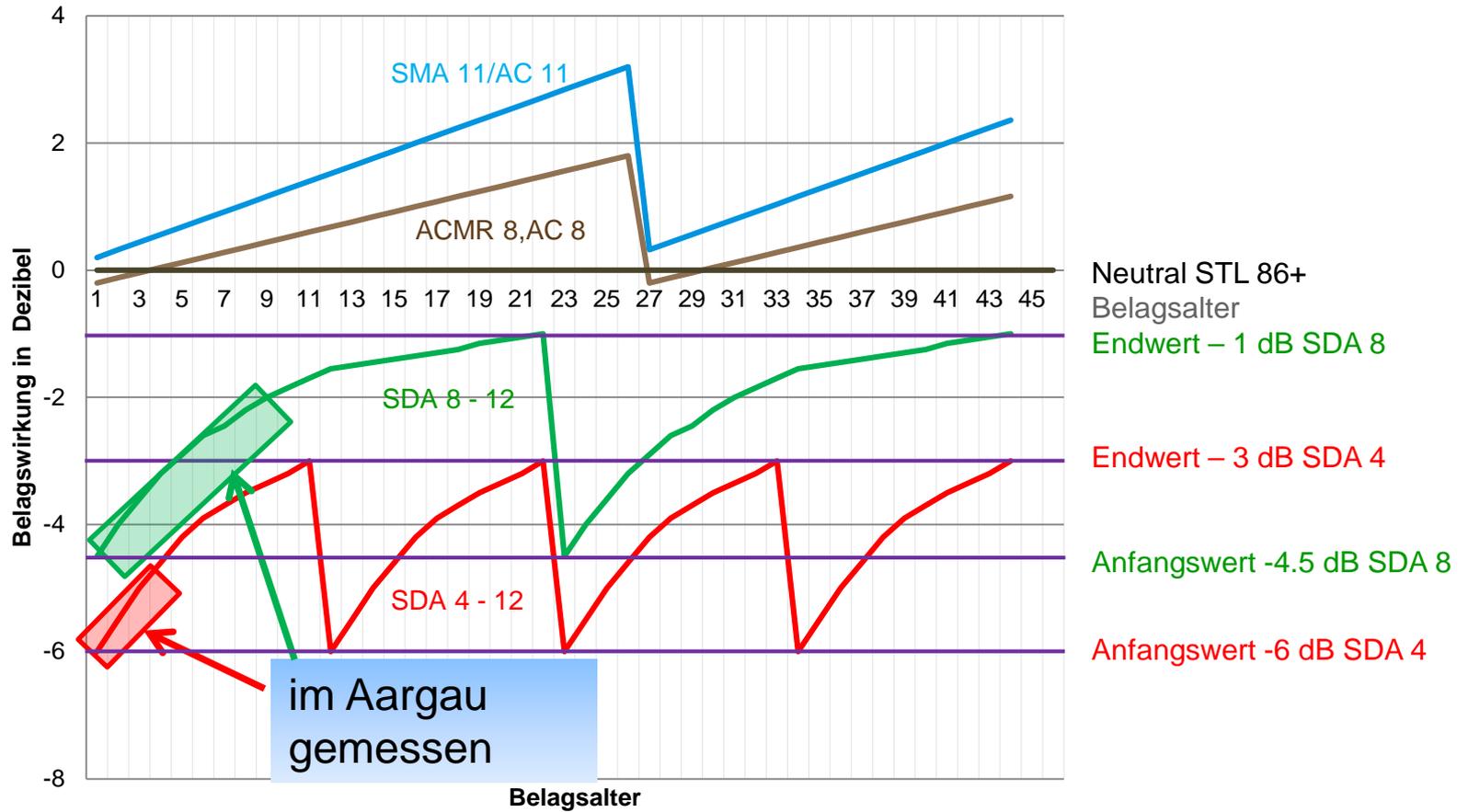


-5 dB = 1/3 d. Verkehrsmenge

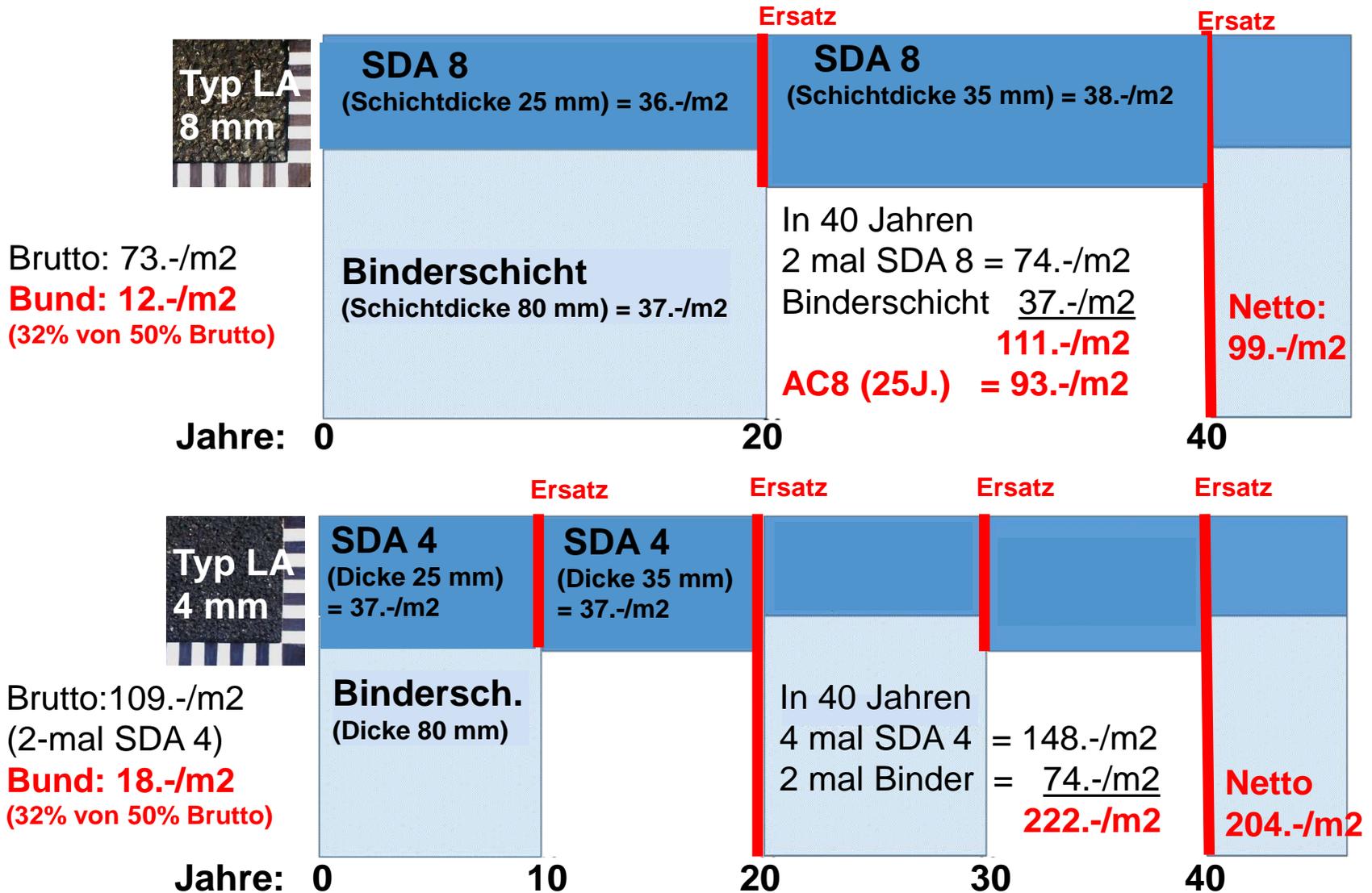
-8 dB = 1/6 d. Verkehrsmenge



# 2.7 Akustische Wirkung und Belagsersatz



## 2.8 Unterhaltsrhythmus und Subvention



## 2.9 Wirtschaftlichkeitsberechnung

Einbau Belag Unterhalt der Strassen	Fr./m2/ 40 Jahre	Breite (m')	Länge im IO (m')	Fr./40J. (Mio. Fr.)
AC 8	93	7	480'000	312
SDA 8	111	7	480'000	373
SDA 4	222	7	480'000	746

Subvention Belag im Bereich > IGW	50% * 32% (Fr./m2)	Breite (m')	Länge im IO (m')	Fr./40J. (Mio. Fr.)
AC 8 (keine Subvention)	0	7	400'000	0
SDA 8 (SDA8 + Binder = 73.-/m2)	12	7	400'000	34
SDA 4 (2xSDA4+Binder= 109.-/m2)	18	7	400'000	50

## 2.9 Wirtschaftlichkeitsberechnung

	Fr./m2/ 40 J.	Breite (m')	Länge (m')	Fr./40J. (Mio.Fr.)	AC 8 oder SMA 8 Fr./40J. (Mio.Fr.)	SDA 8 Fr./40J. (Mio.Fr.)	SDA 4 Fr./40J. (Mio.Fr.)	SDA 8 35% SDA 4 65% Fr./40J. (Mio.Fr.)
Erstellungskosten abzgl. Bundessubvention					312	339	676	571
Einsparungen bei 25 LSW wegen Einbau SDA 4							-13	-13
Einsparungen an Fläche der notwendigen LSW						-20	-40	-30
Einsparungen Fensterkosten						-10	-30	-20
<b>TOTAL Erstellungskosten abzgl. Subvention</b>					<b>312</b>	<b>309</b>	<b>613</b>	<b>508</b>
				Faktor	1	1.00	1.96	1.70
<b>Lärmausgleichsnorm (LAN) oder Entschädigung nachbarrechtlicher Abwehransprüche (ENA)</b>								
Anzahl Wohneinheiten (WE) > IGW					28'000	22'000	16'000	18'000
Mittlere verbleibende Überschreitung des IGW					7 dB	5 dB	3 dB	4 dB
<b>Ansatz Fr. 145.-/dB u. WE auf 40 Jahre</b>					<b>1'136</b>	<b>638</b>	<b>278</b>	<b>418</b>
				<b>TOTAL</b>	<b>1'448</b>	<b>947</b>	<b>891</b>	<b>926</b>
				<b>Faktor</b>	<b>1</b>	<b>0.65</b>	<b>0.61</b>	<b>0.64</b>

## 2.9 Anforderungen an SDA 4 und SDA 8 (AG), entspricht SDA4-12 und SDA8-12 gemäss VSS SNR 640 436

- Polymermodifiziertes Bindemittel PmB 45/80-65 (CH-E)
- Zugabe von 2% Kalkhydrat
- Hohlraumgehalt Zielwert 10% im Tauchwägeverfahren (TW) gemessen  
(10% im Tauchwägeverfahren entspricht ca. 12.5 -13.5% im Ausmessverfahren)

*Marshall wurde immer im Tauchwäge- und im Ausmessverfahren bestimmt.*

*Neu: Bohrkern nach Verfahren D*

*Vergleichbarkeit mit best. Practice des BAFU*

- Hohe Druckfestigkeit und hoher Widerstand gegen Polieren  $\geq$  PSV 52



➔ **IMS NORM 401.102**  
([www.ag.ch/ims](http://www.ag.ch/ims))

**KANTON AARGAU**

**DEPARTEMENT  
BAU, VERKEHR UND UMWELT**  
Abteilung Tiefbau

**NORM 401.102**  
Belagsaufbau auf Fundamentschicht – Ungebundene Gemische gültig ab 01.01.2015

Verkehrsklasse	Belagsaufbau im Aussenort	Belagsaufbau im Innenort
<b>T5</b> 220 mm	30 mm SMA 8 95 mm AC B 22 SH <sup>1)</sup> 95 mm AC T 22 SH <sup>1)</sup>	30 mm SDA 8 B (A0) / SDA 4 B (A0) <sup>2)</sup> 95 mm AC B 22 SH <sup>1)</sup> 95 mm AC T 22 SH <sup>1)</sup>
<b>T4b</b> 170 mm	30 mm SMA 8 70 mm AC B 22 SH <sup>1)</sup> 70 mm AC T 22 SH <sup>1)</sup>	30 mm SDA 8 B (A0) / SDA 4 B (A0) <sup>2)</sup> 70 mm AC B 22 SH <sup>1)</sup> 70 mm AC T 22 SH <sup>1)</sup>
<b>T4a</b> 90 mm	30 mm SMA 8 50 mm AC B 15 SH <sup>1)</sup> 70 mm AC T 22 SH <sup>1)</sup>	30 mm SDA 8 B (A0) / SDA 4 B (A0) <sup>2)</sup> 50 mm AC B 15 SH <sup>1)</sup> 70 mm AC T 22 SH <sup>1)</sup>
<b>T3</b> 130 mm	30 mm SMA 8 100 mm AC T 22 N/S <sup>1)</sup>	30 mm SDA 8 B (A0) / SDA 4 B (A0) <sup>2)</sup> 100 mm AC T 22 N/S <sup>1)</sup>
Aufbau Geh- und Radweg		30 mm AC 8 N 70 mm AC T 22 N

<sup>1)</sup> einlagiger Typ = normale Beanspruchung  
zweilagiger Typ = erhöhte Beanspruchung

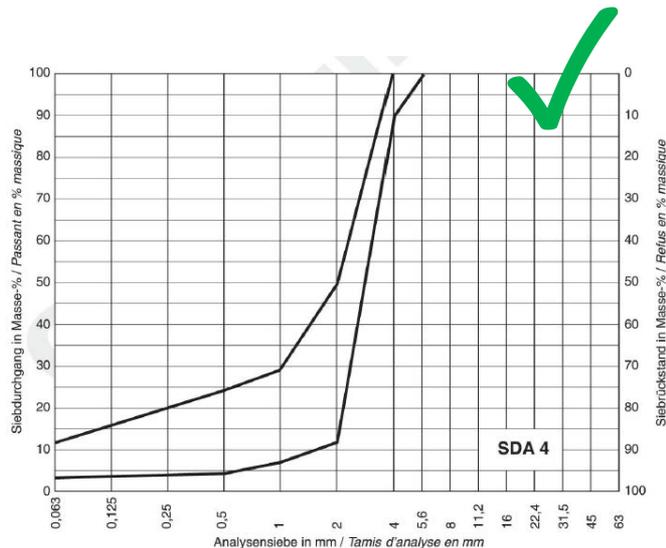
<sup>2)</sup> einlagiger Typ = durchschnittliche Lärmbelastung nach Strategieplan Lärm  
zweilagiger Typ = erhöhte Lärmbelastung nach Strategieplan Lärm

# 2.5 Problematik Variabilität akustische Leistung

Kt AG bestellt SDA 4 B und SDA 8 B Beläge

Beläge erfüllen zwar Anforderungen der Norm SNR 640 436

**Akustische Leistung kann zwischen den einzelnen Strecken bis zu 3 dB variieren!!!**



Charakteristischer Hohlraumgehalt und Grenzwerte für den Hohlraumgehalt der Marshall-Prüfkörper <i>Teneur en vides caractéristiques et valeurs limites de la teneur en vides des éprouvettes Marshall</i>			
Sorte und Klasse <i>Sorte et classe</i>	- 12	- 16	- 20
Grenzwerte für den Hohlraumgehalt der Marshall-Prüfkörper <i>Valeurs limites de la teneur en vides des éprouvettes Marshall</i>			
SDA 4	10...14	14...18	18...22

Grenzwerte der Hohlraumgehalte der eingebauten Schichten <i>Valeurs limites des teneurs en vides des couches mises en œuvre</i>			
Mittelwerte / <i>Valeurs moyennes</i>			
SDA 4	10,0...18,0	14,0...22,0	18,0...26,0

36 SDA 4 von 2012 -2016 Marshall / Bohrkern erfüllt

16

17

3

# 3. Sicherstellen der akustischen Leistung

AUSFÜHRUNGSBESTIMMUNGEN AKUSTIK FÜR SEMIDICHTE ASPHALTE  
AUSWERTUNG PHYSISCHER PARAMETER

Studie im Auftrage BAFU und Kanton Aargau 24. März 2017

<https://www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm/publikationen-studien/studien.html>

Autoren

- Erik Bühlmann, Emanuel Hammer, Grolimund+Partner AG
- Jacques Perret, Nicolas, Bueche, Nibuxs sàrl



Begleitkommission (BAFU, nationale Belagsspezialisten und TBA Aargau)

- Dominique Schneuwly, BAFU Lärm und NIS
- Simon Steiner, BAFU Lärm und NIS
- Hans-Peter Beyeler, ASTRA, Mitglied VSS NFK 3.9
- Hans-Peter Bucheli, Implenla, Präsident VSS NFK 3.9
- Stefano Bradanini, Abteilung Tiefbau Aargau, Erhaltungsplanung
- Fabian Traber, Abteilung Tiefbau Aargau, Erhaltungsplanung
- Hanspeter Gloor, Abteilung Tiefbau Aargau, Lärmsanierung

# 3.2 Zusammenhang Füller-Sand und Akustik

Villnachern, SDA 4-16 (2015)

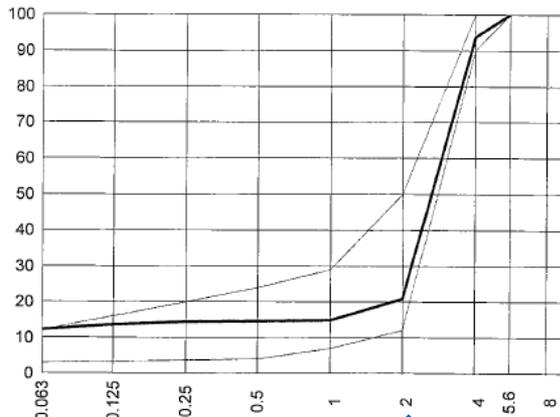
Hohlraum Bohrkern 15.5%



Korngrößenverteilung

EN 12697-2

Prüfsieb [mm]	Durchgang Masse-%
45.0	
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	
8.0	
5.6	100.0
4.0	93.7
2.0	20.8
1.0	14.9
0.5	14.6
0.25	14.4
0.125	13.7
0.063	12.2



12.2%

20.8%

Möhlin, SDA 4-16 (2015)

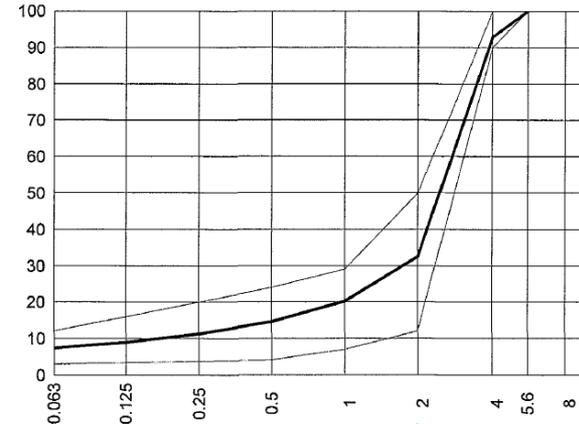
Hohlraum Bohrkern 15.3%



Korngrößenverteilung

EN 12697-2

Prüfsieb [mm]	Durchgang Masse-%
45.0	
31.5	
22.4	
16.0	
11.2	
8.0	
5.6	100.0
4.0	92.8
2.0	32.5
1.0	20.2
0.5	14.6
0.25	11.3
0.125	8.9
0.063	7.4



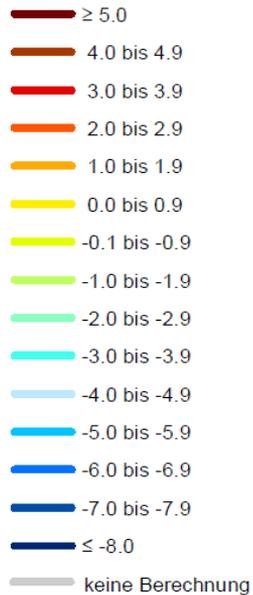
7.4%

32.5%

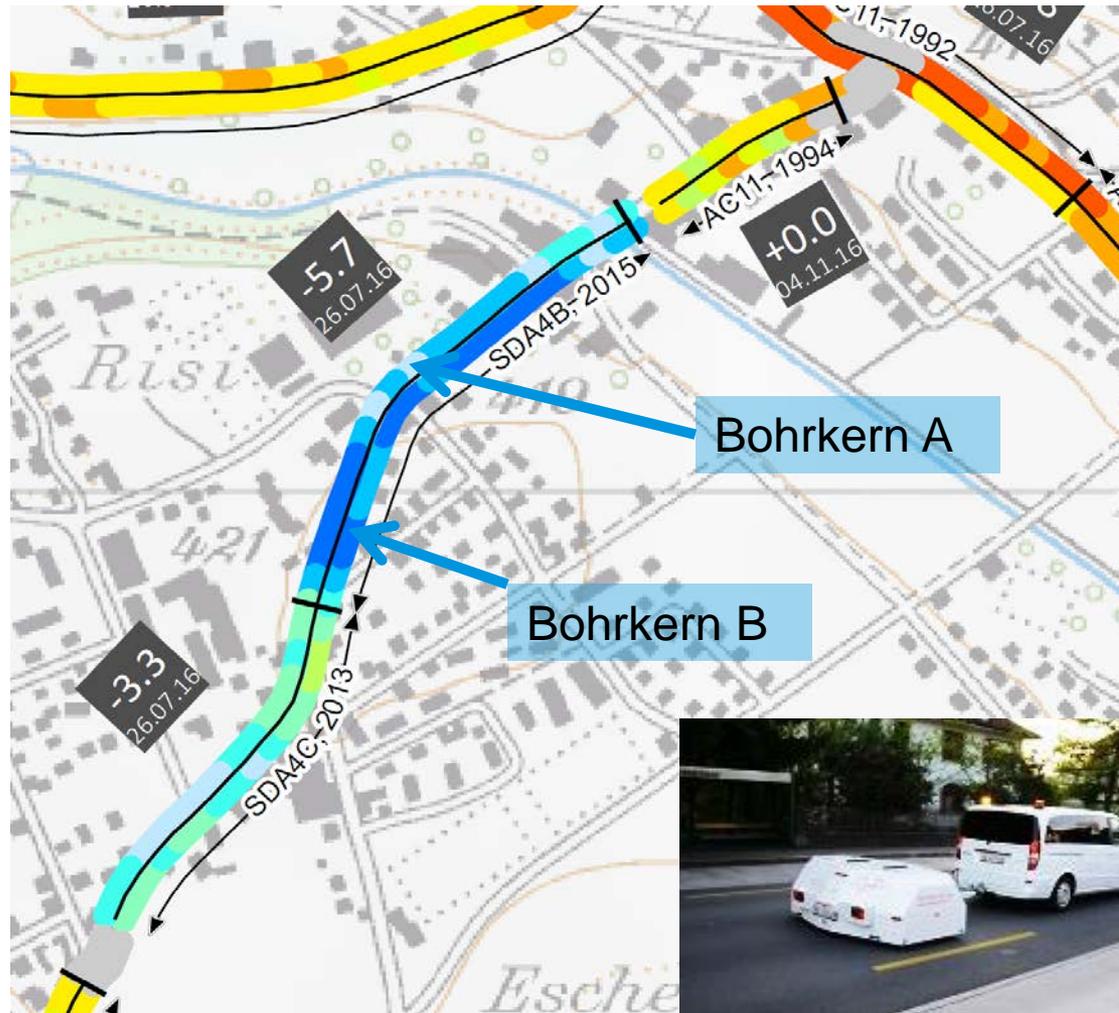
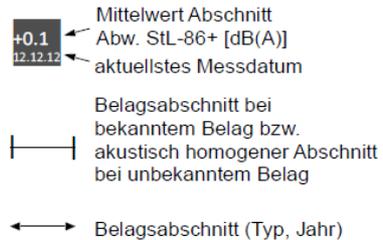
# 3.5 CPX-Messung und Bohrkernanalyse

## Legende

CPX-Werte PW (N1):  
Abw. StL-86+ [dB(A)]



## Relevante Abschnitte

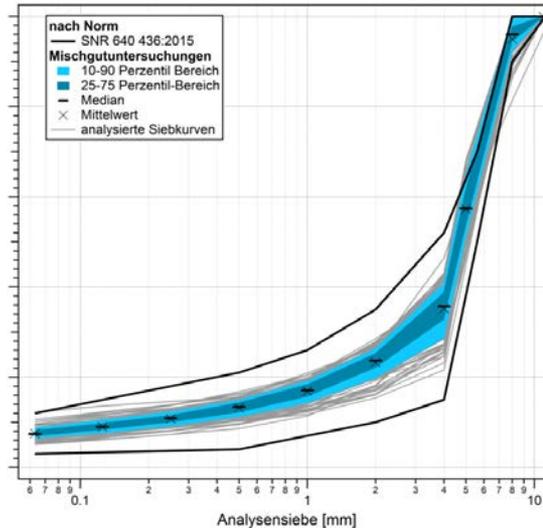
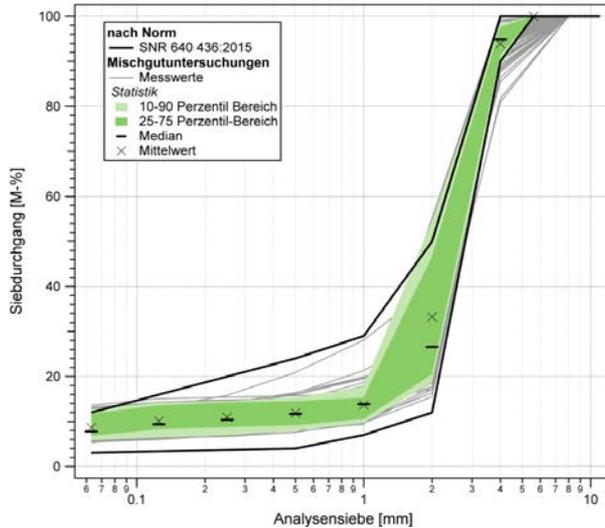


# 3.8 Datengrundlage

19 von 36 SDA 4 2012-2016,  
einige mehrere Jahre

## Hauptdatensatz (Kantone: AG, GE, VD, VS)

- Mischgutuntersuchungen, Erstprüfungen (wo vorhanden)



- Bohrkernuntersuchungen

4-er: 68 Bohrkern

8-er: 158 Bohrkern

mindestens 3-jährige Beläge

Kontrolldatensatz  
(Kt AG, TP3)

akustische Wirkungsanalysen

CPX 220 Hz  
jährlich 1 mal



Absorption



Lufttopf



Lasertextur



# 3.11 akustische Ausführungsbestimmungen

## Bedingungen SDA 4 (68 Bohrkerne)

Anteil Füller 0.063 mm: <10.7%

Anteil Sand 2 mm: <28.1%

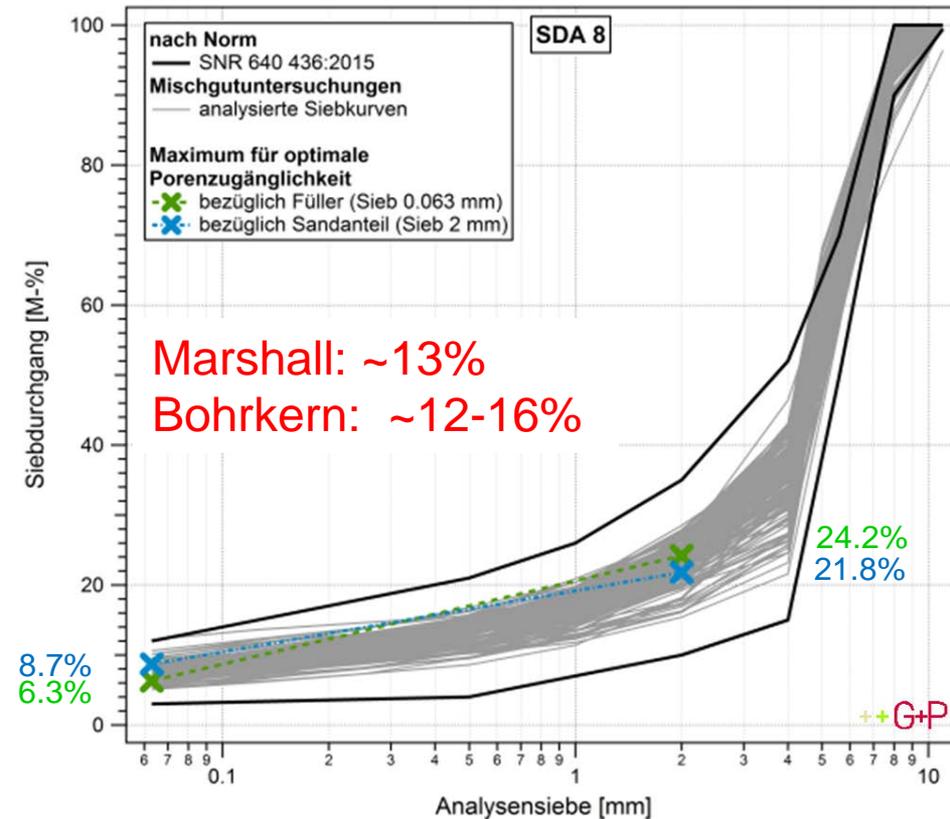
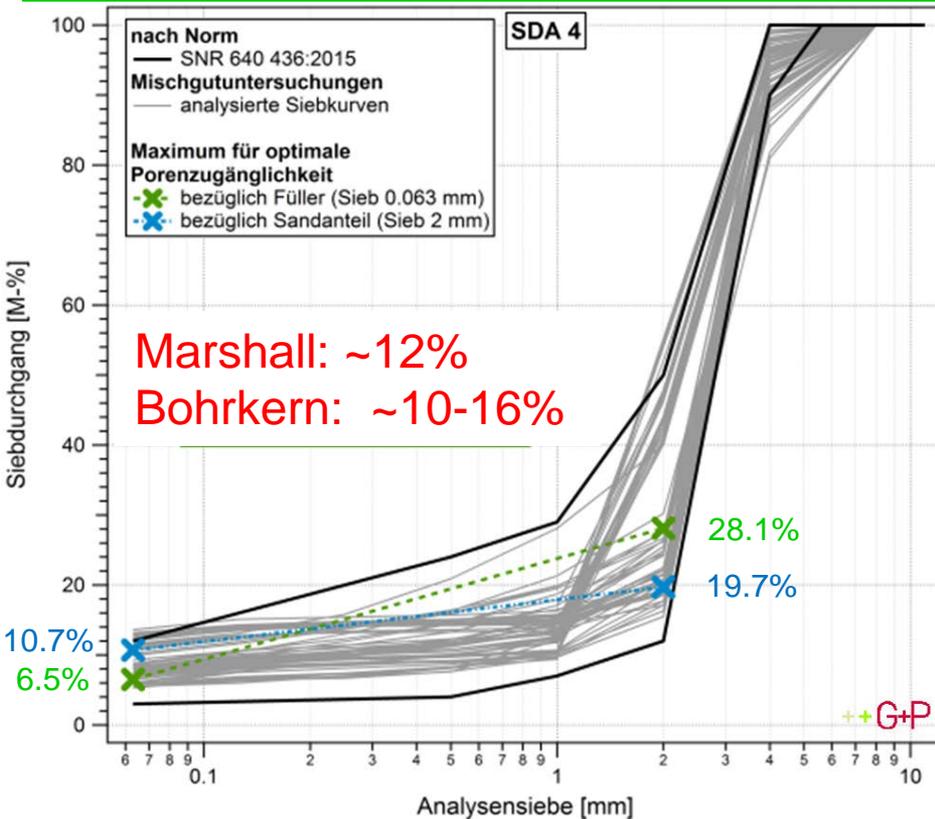
(2\*Sieb 0.063+Sieb 2.0): <41.1

## Bedingungen SDA 8 (158 Bohrkerne)

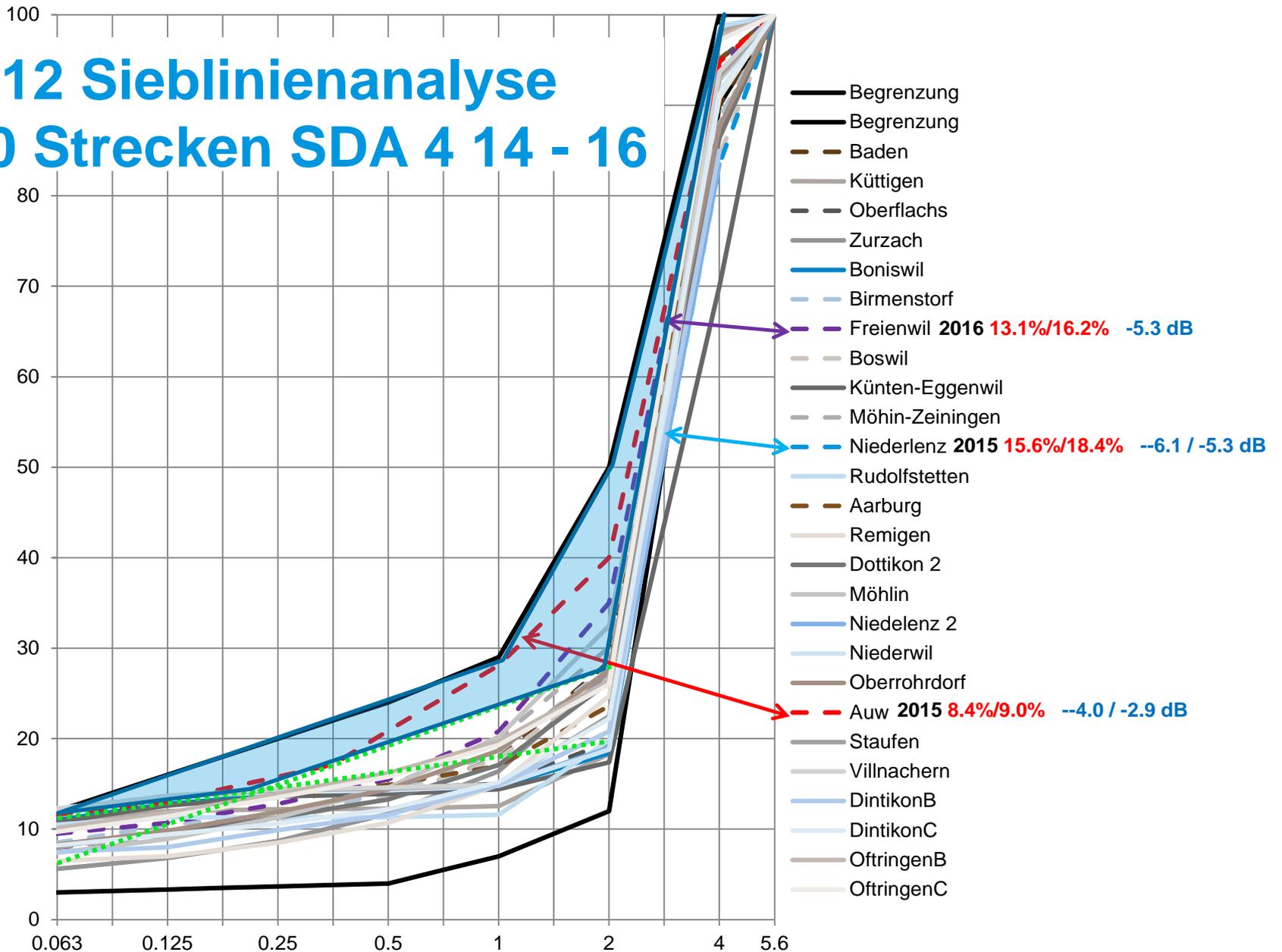
Anteil Füller 0.063 mm: < 8.7%

Anteil Sand 2 mm: <24.2%

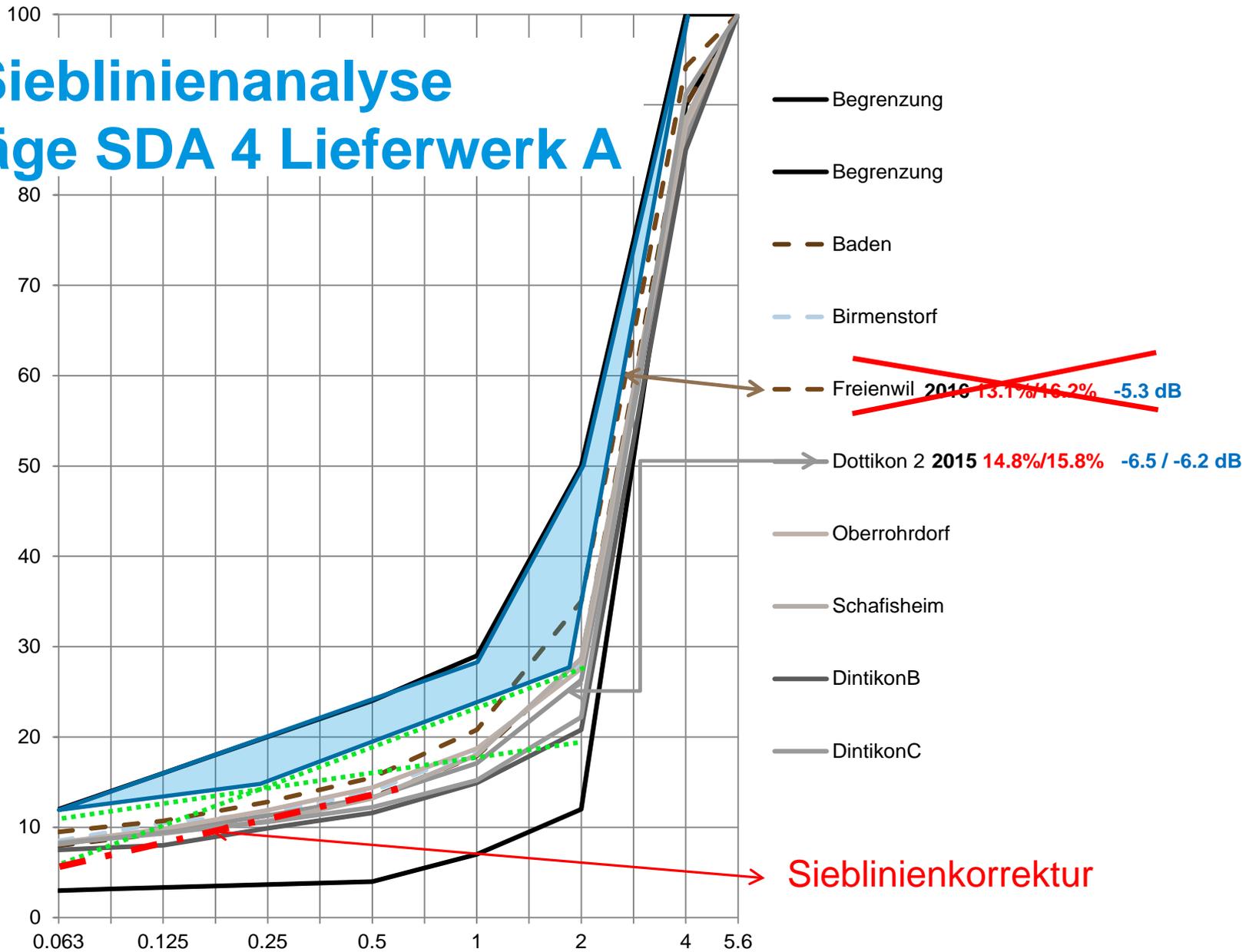
(Sieb 0.063+Sieb 2.0): <30.5



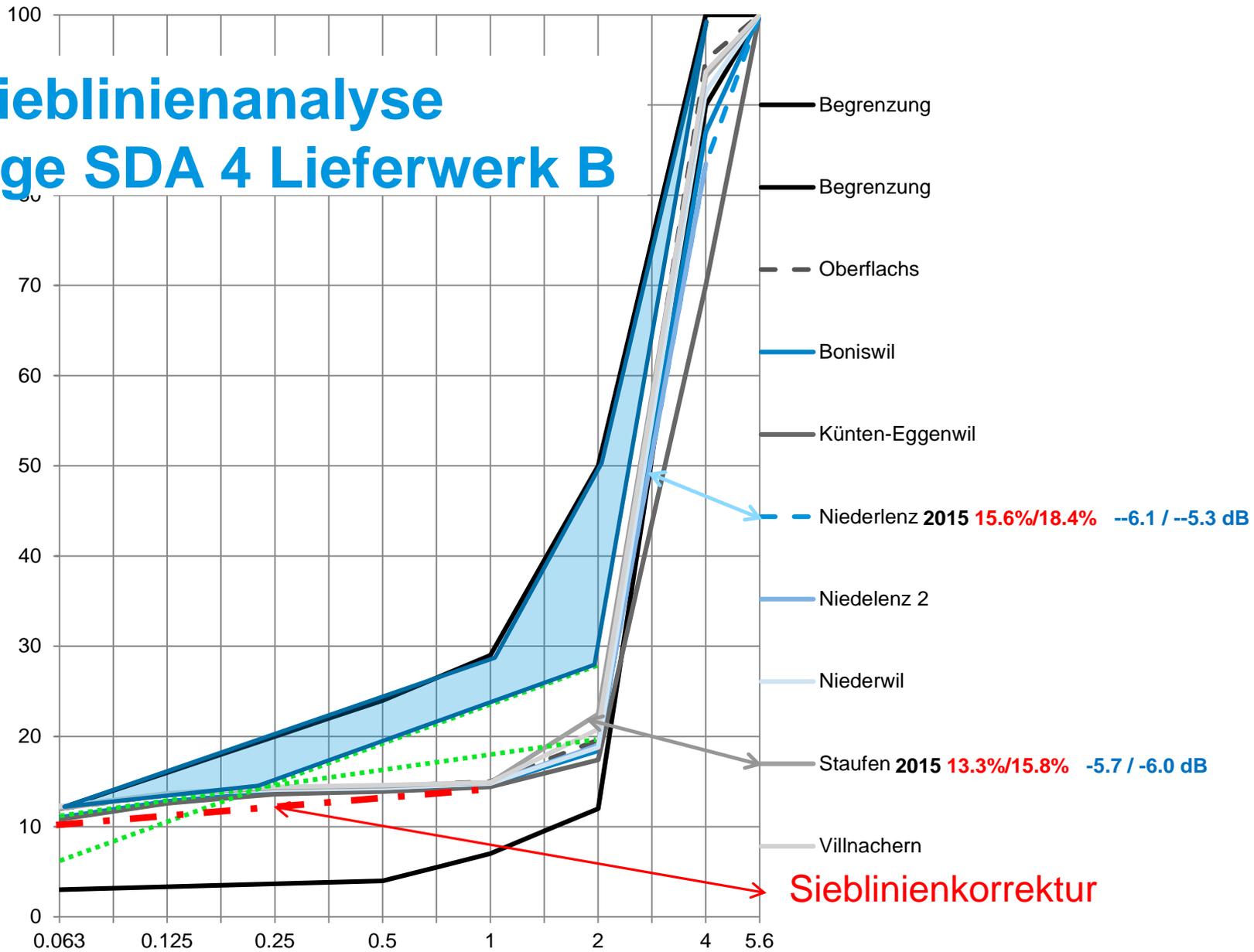
# 3.12 Sieblinienanalyse 30 Strecken SDA 4 14 - 16



# 3.13 Sieblinienanalyse 8 Beläge SDA 4 Lieferwerk A



# 3.14 Sieblinienanalyse 8 Beläge SDA 4 Lieferwerk B



# 3.15. akustisch wirksame Hohlräume - Computertomographie Bundesanstalt für Materialforschung und-prüfung Berlin

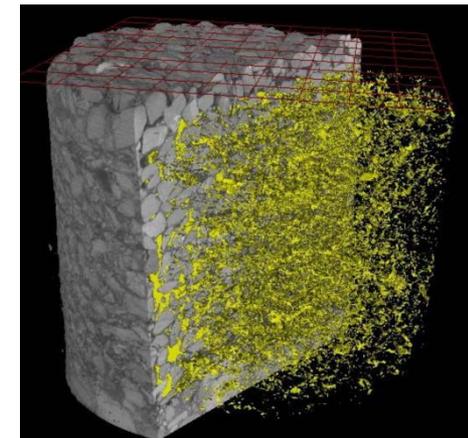
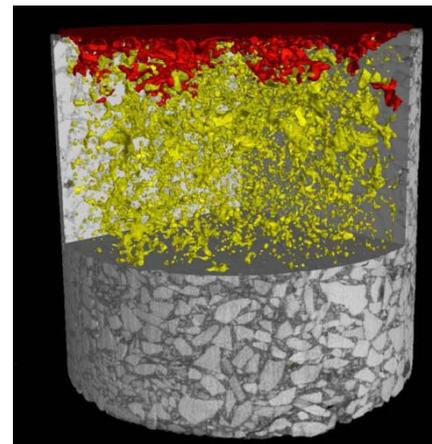
- |                   |                                   |
|-------------------|-----------------------------------|
| 1. Zofingen       | SDA 4 C 2012 (Radspur)            |
| 2. Zofingen       | SDA 4 C 2012 (zwischen Radspuren) |
| 3. Safenwil       | SDA 4 C 2013                      |
| 4. Boswil         | SDA 4 B 2016                      |
| 5. Dintikon       | SDA 4 C 2014                      |
| 6. Dottikon       | SDA 4 B 2015                      |
| 7. Veltheim       | SDA 8 B 2013                      |
| 8. Bözberg        | SDA 8 B 2015                      |
| <b>9. Remigen</b> | <b>SDA 4 B 2016</b> ←             |
| 10. Baden         | SDA 4 B 2016                      |



Abb. 1: Bohrkernproben

**Akustisch wirksame, von der Oberfläche zugängliche Hohlräume > 1 mm<sup>2</sup>; Tiefe 10-20 mm (50 – 80 % des Porenvolumens)**

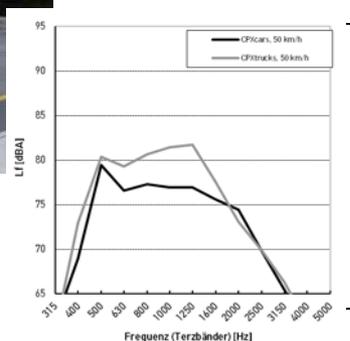
**Akustisch unwirksame, von der Oberfläche zugängliche Hohlräume < 1 mm<sup>2</sup> (85 – 98 % des Porenvolumens)**



## 3.16 Kategorisierung mit CPX-Lärmsprektrum

Eingebaute SDA Beläge sollen möglichst rasch mittels CPX-Messungen beurteilt werden können!

→ Ist Kategorisierung der akustischen Qualität aufgrund Rollgeräuschspektren möglich?



**Schnell-  
test**

gut

schlecht

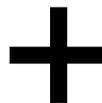
# 3.17 Vorgehen

Analyse Zusammenhang (multivariat) CPX PW  
 Frequenzen (315-5000Hz) mit Akustikfaktor

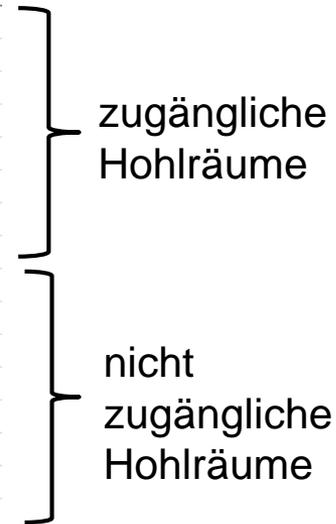
(2\*Sieb 0.063+Sieb 2.0): <41.1



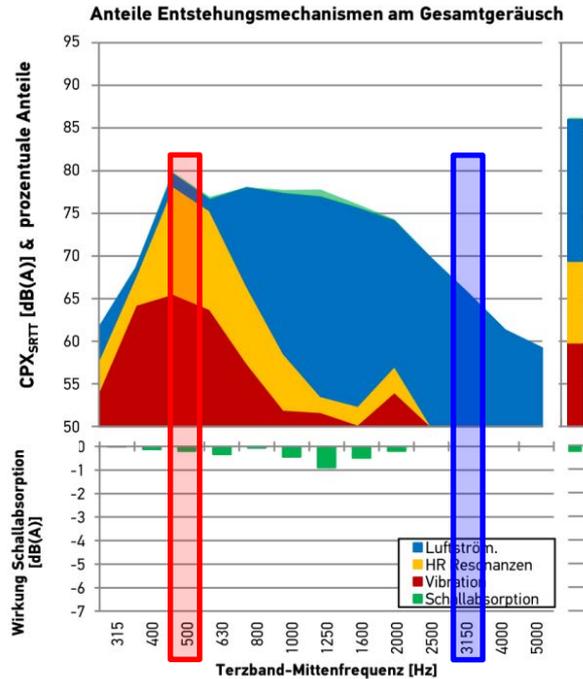
Lp 315 bis 5000 Hz



Belag	AkFkt
Dintikon	36
Beinwil am See IO	36.5
Safenwil, Sanierung Köllikerstrasse	36.7
Remigen; Sanierung Villigerstrasse	37.7
Dintikon	38.6
Baden IO, Mellingerstrasse	38.7
Rudolfstetten IO/AO	38.9
Künten - Eggenwil IO/AO, Ausbau m	39
Küttigen IO/AO, Bibersteinerstrasse	40.1
Boniswil IO, Abschnitt Zentrum	40.6
Dottikon	41.1
Niederlenz	42.2
Dottikon IO, Bahnhofstrasse 2. Etap	42.5
Niederlenz IO, Sanierung Wildegger	43.2
Windisch IO	43.5
Schinznach (Oberflachs) IO	43.6



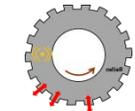
# 3.18 Vorgehen



Luftströmungsschall



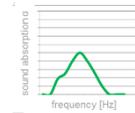
Hohlraumresonanzen



Vibrationsschall



Schallabsorption



→ Messungen der «reinen» **Vibrations-** und **Luftströmungs**frequenzen eignen sich am besten für die Kategorisierung !

# 3.19 Ergebnisse SDA 4

Welche Frequenzen beschreiben den Akustikfaktor am besten?

## Statistische Analysen

```
call:
lm(formula = SDA_Kategorisierung[, "AkFkt"] ~ CPXcar500TK + CPXcar3150TK,
    data = SDA_Kategorisierung)
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-7.6707	-2.2212	-0.6259	1.5336	11.3273

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	98.4812	63.8326	1.543	0.133026
CPXcar500TK	-2.5375	0.6721	-3.776	0.000679 ***
CPXcar3150TK	2.2714	0.4309	5.272	9.86e-06 ***

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3.744 on 31 degrees of freedom  
(4 observations deleted due to missingness)  
Multiple R-squared: 0.6197, Adjusted R-squared: 0.5952  
F-statistic: 25.26 on 2 and 31 DF, p-value: 3.102e-07

500 Hz

3150 Hz

R<sup>2</sup> = 62%

Von 34 Belägen  
werden 32  
richtig  
zugewiesen\*

\* gemäss Grenze Akustikfaktor

## 3.20 Ergebnisse SDA 8

Welche Frequenzen beschreiben den Akustikfaktor am besten?

### Statistische Analysen

```
Call:
lm(formula = SDA_Kategorisierung[, "AkFkt"] ~ CPXcar500TK + CPXcar3150TK,
    data = SDA_Kategorisierung)
```

```
Residuals:
    Min       1Q   Median       3Q      Max
-4.2104 -0.9299 -0.1312  1.3323  3.1840
```

```
Coefficients:
            Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  31.4021    83.6810   0.375  0.71309
CPXcar500TK  -1.8787     0.6964  -2.698  0.01734 *
CPXcar3150TK  2.1838     0.7100   3.076  0.00822 **
```

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

```
Residual standard error: 1.963 on 14 degrees of freedom
(48 observations deleted due to missingness)
Multiple R-squared:  0.6454, Adjusted R-squared:  0.5948
F-statistic: 12.74 on 2 and 14 DF, p-value: 0.0007044
```

500 Hz

3150 Hz

$R^2 = 65\%$

Von 17 Belägen  
werden 16  
richtig  
zugewiesen\*

\* gemäss Grenze Akustikfaktor

# 3.21 Ergebnisse

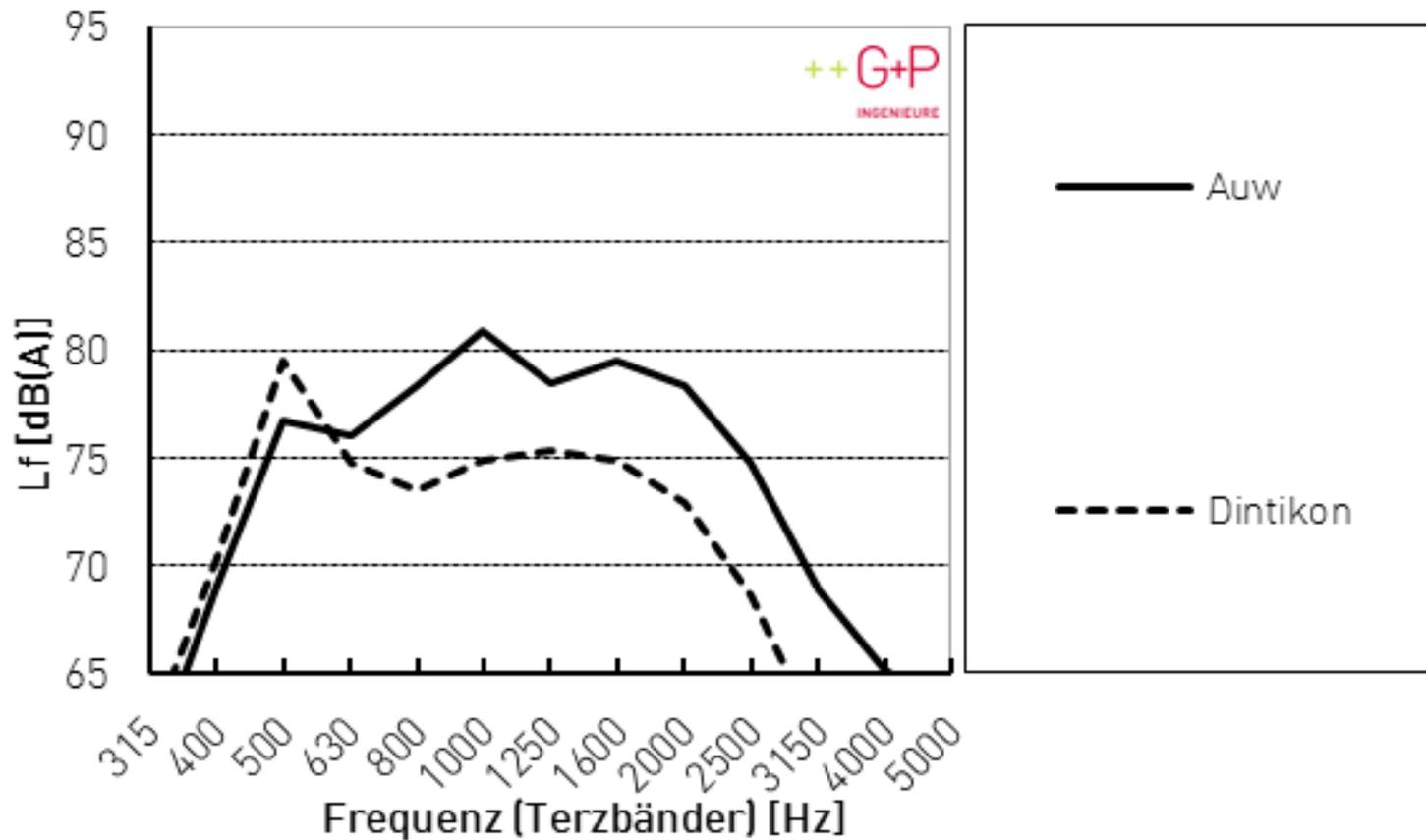
Grenzbereich für zugängl. Hohlräume  
 Füller: < 10.7%  
 Sand: < 28.1%  
 Akustikfaktor: < 41.1

Füller gut + Sand gut = ✓  
 → tendenziell geringere Verschlechterung

Direkt	Füller	Sand	AkFkt	Neuzustand	Zunahme 1 Jahr	Zunahme 2 Jahre	Zunahme 3 Jahre
Direkt 2014	7.5	21	36	-7.1	0.6	1.1	
Direkt 2014	7.5	21.5	36.5	-7.2	0.8	2.2	3.5
Direkt 2014	7.2	22.3	36.7	-6.9	1.2	0.9	2.2
Direkt 2014	6.5	24.7	37.7	-7.6			
Direkt 2014	8.2	22.2	38.6	-6.6	0.4	1.1	
Direkt 2014	10.3	18.1	38.7	-5.3			
Direkt 2014	10.3	18.3	38.9	-6.2			
Direkt 2014	11	17	39	-5.5			
Direkt 2014	10.9	18.3	40.1	-5.9			
Direkt 2014	11.1	18.4	40.6	-5.4			
Direkt 2014	11	19.1	41.1	-6.8	0.1	2.9	3.5
Direkt 2014	12.1	18	42.2	-5.9	1.2		
Direkt 2014	8.1	26.3	42.5	-6.7	1.1		
Direkt 2014	12.1	19	43.2	-4.6			
Direkt 2014	11.9	19.7	43.5	-7.7	2.4	4.8	
Direkt 2014	12	19.6	43.6	-6.2			
Direkt 2014	12.3	19.6	44.2	-5.0	1.3		
Direkt 2014	13.1	18.6	44.8	-7.0	1.0	2.1	
Direkt 2014	8.3	28.7	45.3	-6.3			
Direkt 2014	9.8	26	45.6	-6.3		0.4	
Direkt 2014	10	26.4	46.4	-6.3	0.0	1.3	
Direkt 2014	12	22.5	46.5	-5.0	0.1		
Direkt 2014	9.9	27	46.8	-5.4			
Direkt 2014	12.7	21.4	46.8	-5.2	0.2		
Direkt 2014	8.3	30.3	46.9	-5.2			
Direkt 2014	7.9	31.6	47.4	-6.0	1.9		
Direkt 2014	9	30	48	-4.1			
Direkt 2014	8.2	32	48.4	-5.8			
Direkt 2014	12.7	23.1	48.5	-6.9	2.0	3.1	
Direkt 2014	13	25.9	51.9	-6.0	1.2		
Direkt 2014	13	26.4	52.4	-7.5	2.1	3.2	
Direkt 2014	8.6	35.6	52.8	-5.8			
Direkt 2014	9.9	34.6	54.4	-5.8			
Auw 2015	11.6	40	63.2	-3.2	1.0		

Füller oder Sand zu hoch = ✗  
 → tendenziell stärkere Verschlechterung

## 3.22 Ergebnisse



## 3.21 Fazit

- Mit CPX Frequenzen

**500 Hz (Vibrationsschall) und  
3150 Hz (Luftströmungsschall)**

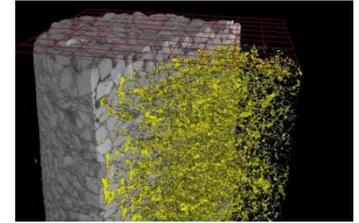
kann vereinfacht und zeitnah auf das Vorhandensein von zugänglichen Hohlräumen geschlossen werden.

**→ Schnelltest SDA mittels CPX ist möglich!**

- Die vorliegende Methode wird auf die 2017 eingebauten Beläge angewendet und weiter validiert.

# 4. Störung/Reduktion der akustischen Wirkung

## 4.1 Verschmutzung/Verstopfung der Hohlräume



## 4.2 Fahrbahn-Bushaltestellen und Kreisel in Beton



## 4.3 Strukturmarkierungen



## 4.4 Schachtabdeckungen

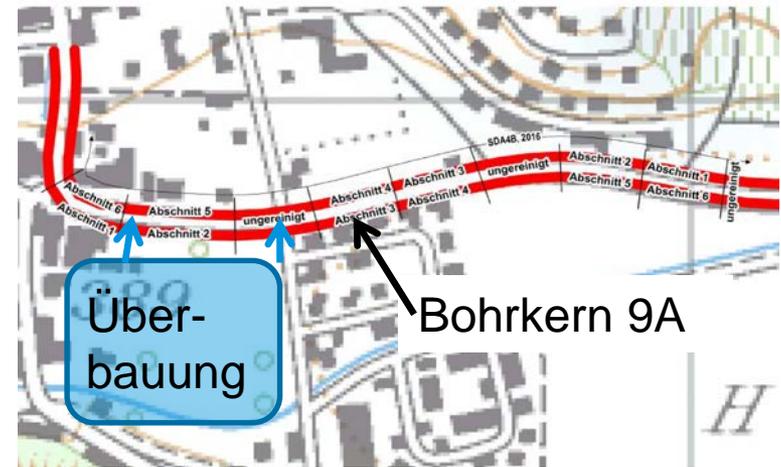
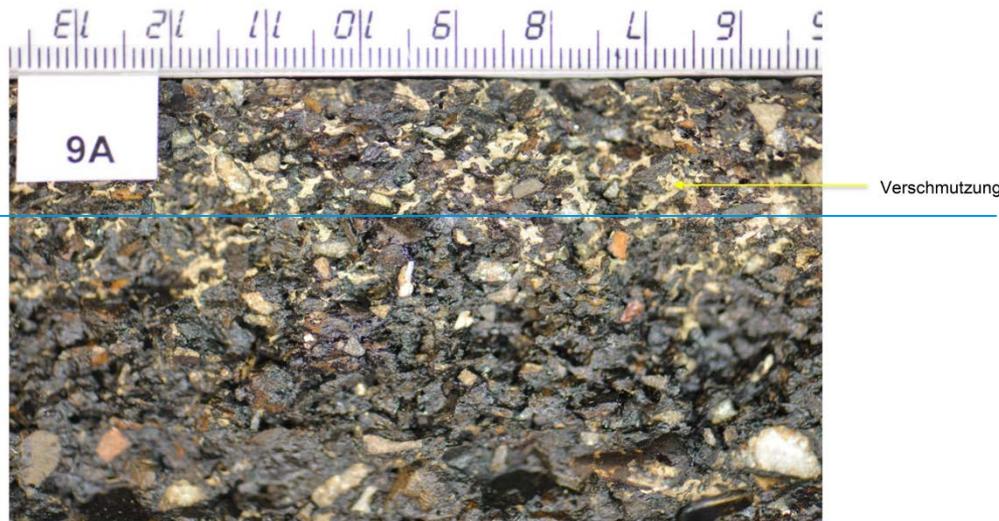


## 4.5 Belagswechsel SDA 4 zu altem Belag



# 4.11 Verschmutzung und Verstopfung der Hohlräume durch Aushubabtransport

1. Bohrkern der 10 Beläge aufgebrochen, Verschmutzung analysiert
2. Bei stärkster Verschmutzung Reinigung anlog EP 8 durchgeführt
3. Schlämmanalyse des Aushubmaterials < 0.063 mm  
**50% 0.01 mm bis 0.063 mm, 50% 0.063 bis 31 mm**



Schichtdicke : 41 mm  
Maximale Schmutztiefe : 25 mm  
Verschmutzungsgrad : 60 %  
Bemerkung : klarer Schmutzhorizont bei 25 mm

## 4.12 Versuch der Reinigung der Hohlräume

### Rotoplast-Verfahren:

Wasserdruck: 400 bar

Wasserdurchlauf: 170 l/min.

Saugleistung: 32'000 m<sup>3</sup>/h

Tempo 2 bis 3 km/h



Belagseinbau Juni 2016  
CPX-Messung mit 8% N<sub>2</sub>-Anteil:

Nullmessung 2016: -8.4 dB

Verschmutzung Februar-März

Messung März 2017: -6.1 dB

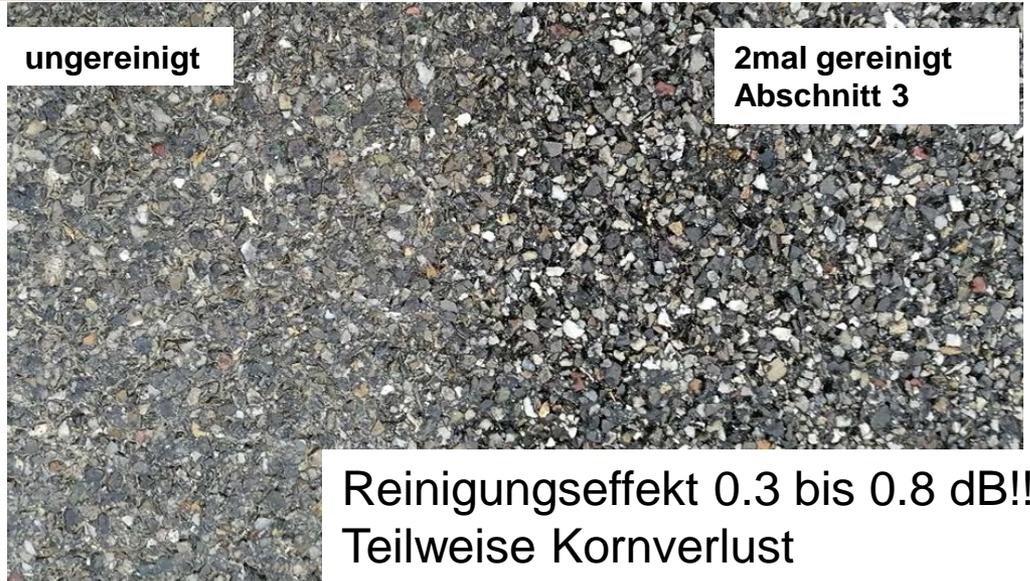
weitere Verschmutzung Juni:

Messung vorher: -4.1 dB

Reinigung zweifach August 2017

Messung nachher: -4.5 dB

ungereinigt



2mal gereinigt  
Abschnitt 3

Reinigungseffekt 0.3 bis 0.8 dB!!  
Teilweise Kornverlust

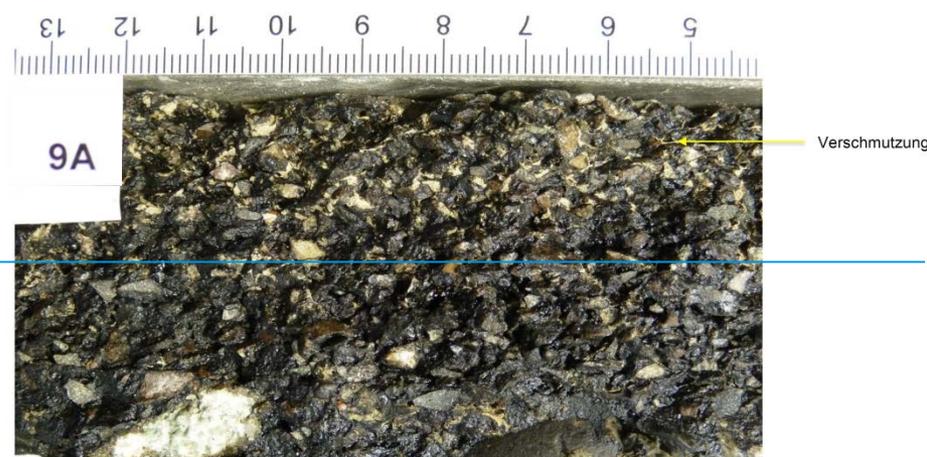
Verlust von max. 4 dB bei einem Segment!! Andere Abschnitte Verlust von ca. 2 dB

## 4.13 Reinigungseffekt der Verschmutzung anhand aufgebrochener Bohrkern

Bohrkern vor Reinigung



Bohrkern nach Reinigung



**Reinigungseffekt 0.3 bis 0.8 dB!! Hohlräume lediglich 1 bis 3 mm tief gereinigt, Tiefenwirkung schlecht. Teilweise Kornverlust.**

**Fazit: Reinigung hat keine überzeugende Wirkung**

Analog bei normaler Verschmutzung (Pneuabrieb, Staub) kann eine Wirkung gemäss EP 8 auch nur von 0.1 bis 0.8 dB erzielt werden

**Belag ist durch Verlust der Absorption bereits 2 bis 3 Jahre gealtert und wirkt jedoch noch weiter mit der Oberflächenstruktur!**

## 4.14 präventive jährliche Reinigung

Kanton Freiburg will alle SDA 4 jährlich 2 mal reinigen

Die akustischen Messungen des 1. Jahres 2017 haben eine Wirkung von ca. 0.5 dB erzielt.

Kanton Freiburg erhofft sich somit eine langsamere Verstopfung des von der Oberfläche zugänglichen lärmreduzierendem Porenvolumens.

Kanton Aargau ist zur Zeit in der Abklärung der Vor- und Nachteile eines systematischen Reinigungskonzepts.

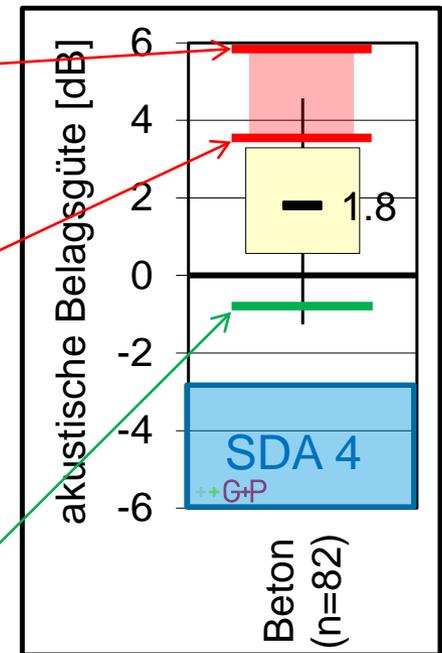


# 4.21 Fahrbahn-Bushaltestellen in Beton

## Laute Bauweisen



## Leise Bauweisen (Wirkung Längsbeseenstrich $\approx 3$ dB)



# 4.22 Impulsgeräusch Übergänge & Fugen

Standort A Längsbesenstich (**relativ leise**)



Standort B Querbresenstich (**eher laut**)



Standort C Querbresenstich und Fugen (**sehr laut**)



## 4.23 Einfluss von Fugen & Fahrübergängen

### Oberflächenstruktur Beton

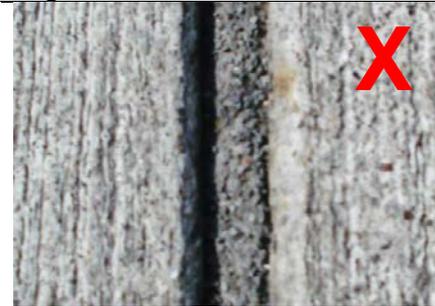


inhomogen



homogen

### Fugen innerhalb Betonfahrbahn



knapp gefüllt

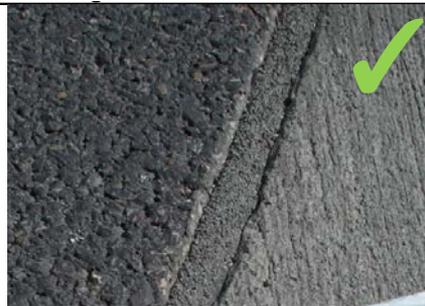


satt gefüllt

### Übergang Betonfahrbahn - angrenzender Belag



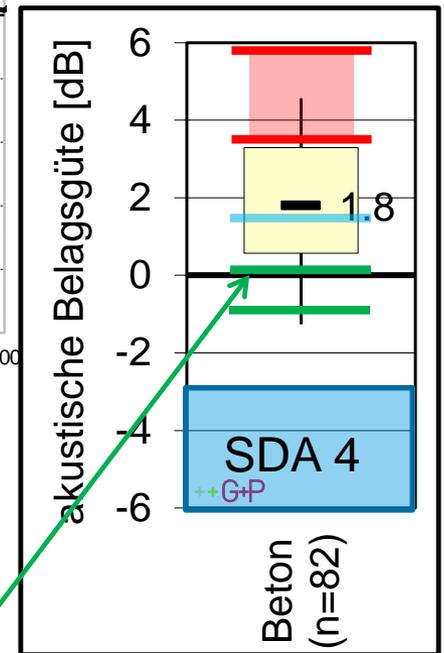
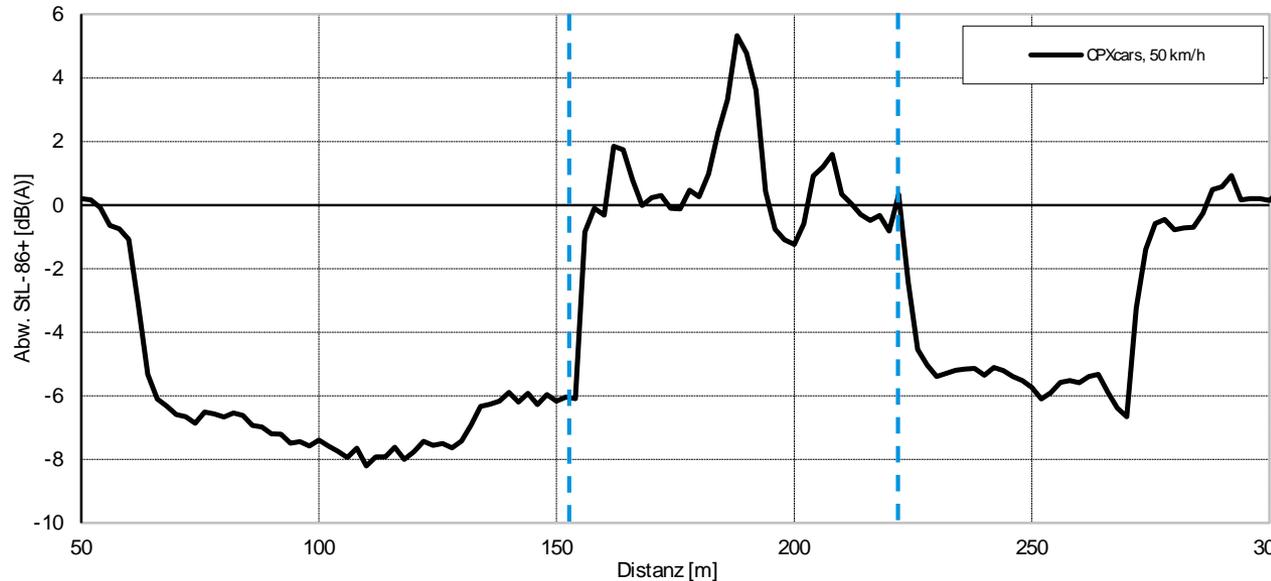
Niveauunterschied



niveaugleich

**Fazit: Im Kanton Aargau Fahrbahnhaltestellen in SDA 4 oder SDA8, kein Beton**

## 4.24 Kreisel Waschbeton 8 mm



- Dauerhafte Texturen
- Eignet sich akustisch für Einsatz in Kreiseln (richtungsunabhängige Textur)

# 4.3 Einfluss Markierungen auf SDA - Belägen



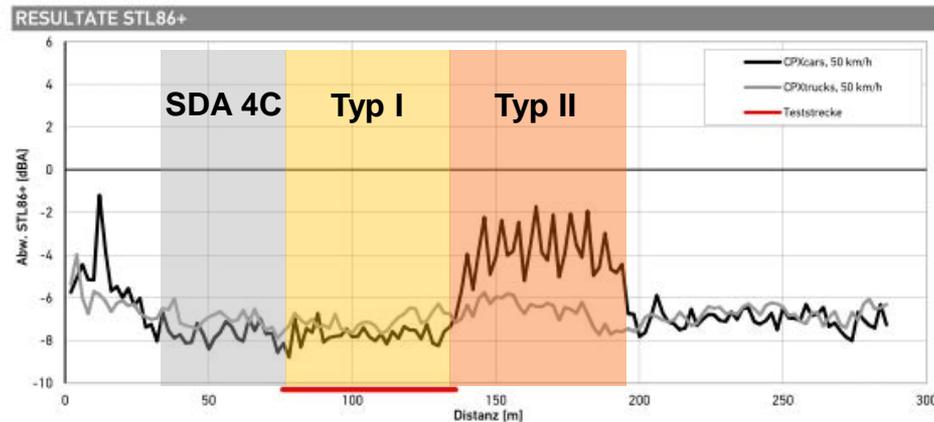
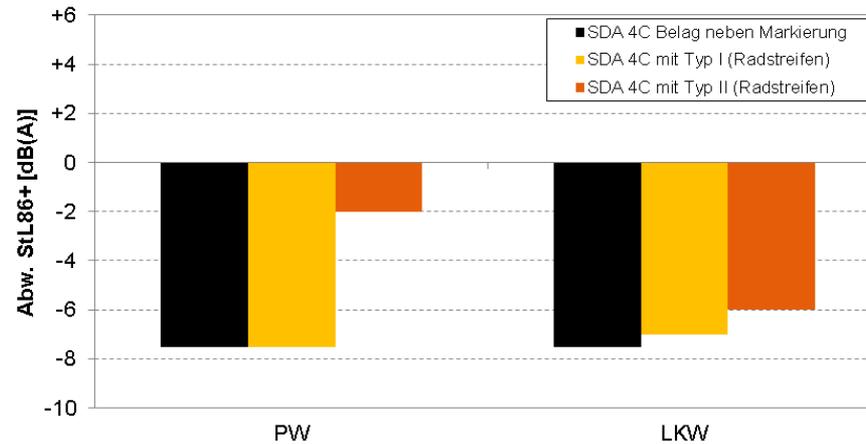
## SDA 4



## Farbmarkierung



## Strukturmarkierung



# 4.41 Einfluss Schächte auf SDA - Belägen

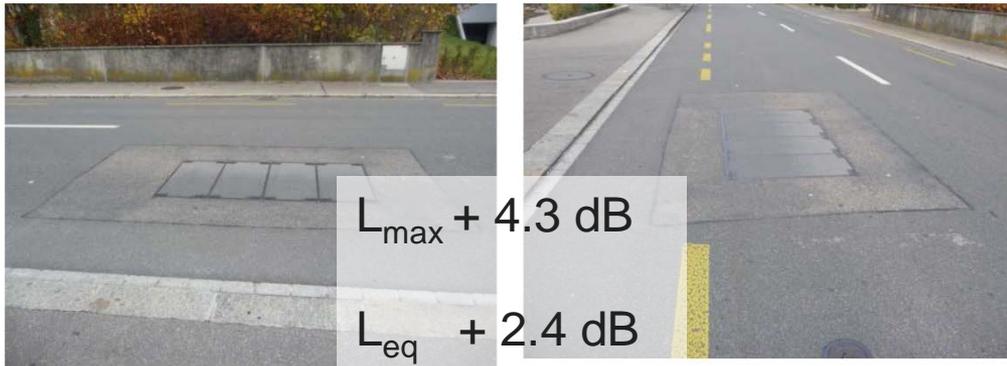
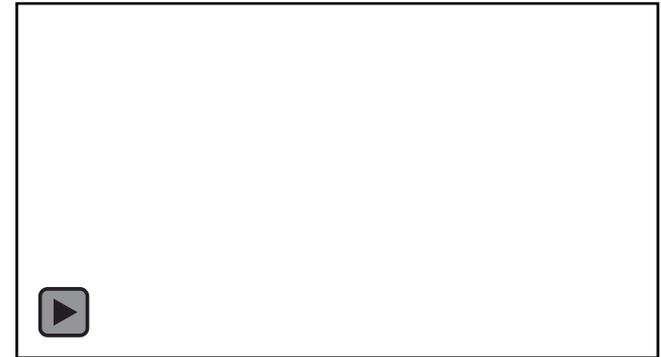


Abbildung 1: eckiger Plattenschacht Zofingen



Abbildung 2: runder Schachtdeckel in Zofingen (Standarddeckel)



Alter, ausgeschlagener Deckel



Neue Deckel  
Einbautoleranz:  
Max. 2-4 mm tiefer

## 4.42 Häufigkeit der Überfahrten



Jedes Fahrzeug



Jedes 2. oder 3. Fahrzeug

Differenz ca. 1.5 dB im  $L_{eq}$  und 2.5 dB im  $L_{max}$

Wegen Plattenschächten von alten Unterflurschächten ist Gerichtsentscheid hängig zwischen Swisscom und Departement Bau, Verkehr und Umwelt Aargau

# 4.51 Belagswechsel SDA 4 zu altem SMA 11

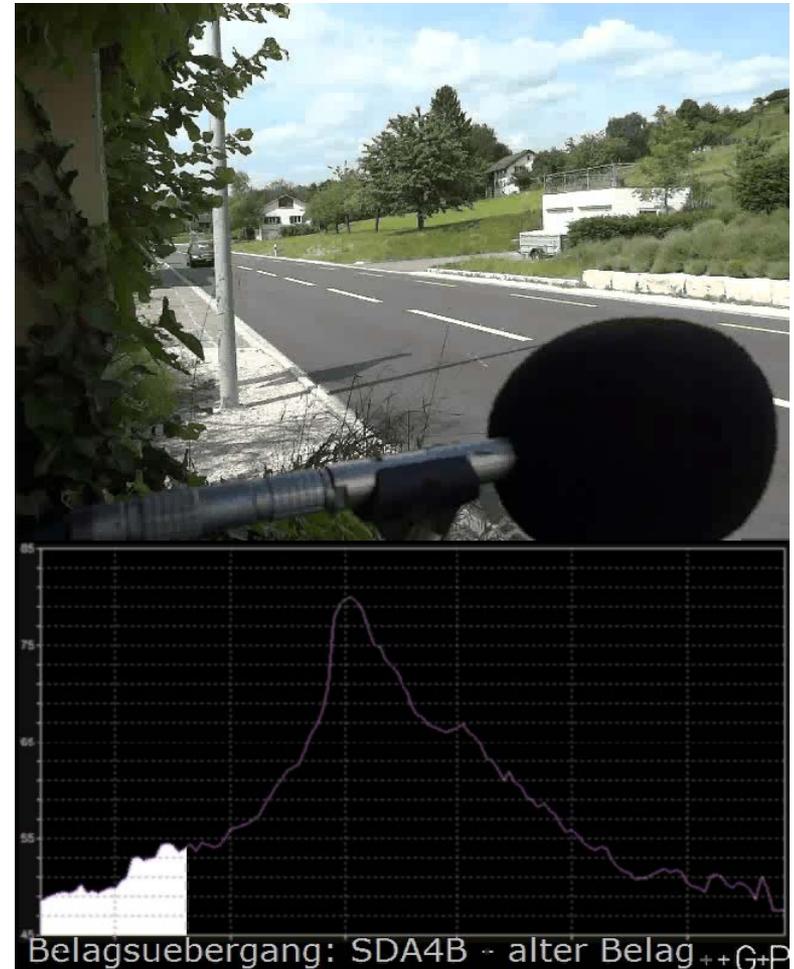
Pegolverlauf bei Vorbeifahrt  
Belagsübergang SDA4-16 – alter Belag



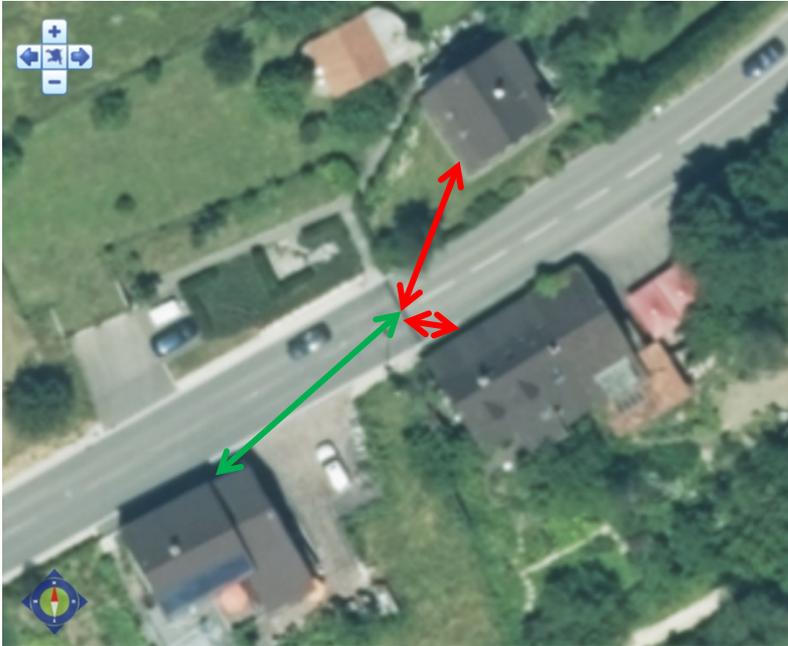
Belagsuebergang: SDA4B - alter Belag

## 4.52 Belagswechsel SDA 4 zu altem SMA 11

Pegolverlauf bei Vorbeifahrt  
Belagsübergang SDA4-16 – alter Belag



## 4.53 Belagswechsel SDA 4 zu altem Belag



Störwirkung auf Gebäude  
10 m' bis 20 m'

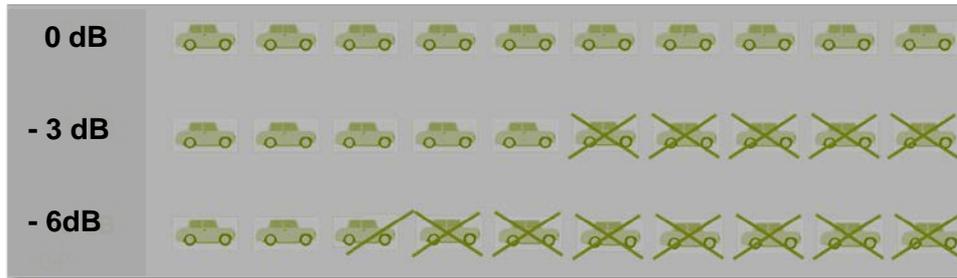
# 5. Zusammenfassung und Ausblick

## 5.1 Strategie lärmarme Beläge Kanton Aargau

**SDA = sehr effektive Massnahme an der Quelle:**

4 Jahre nach Einbau **Lärmreduktion** zu Standardbelägen AC / SMA

**bis zu 6 dB** → entspricht **Reduktion** um  $\frac{3}{4}$  **des ursprünglichen Verkehrs!!!**



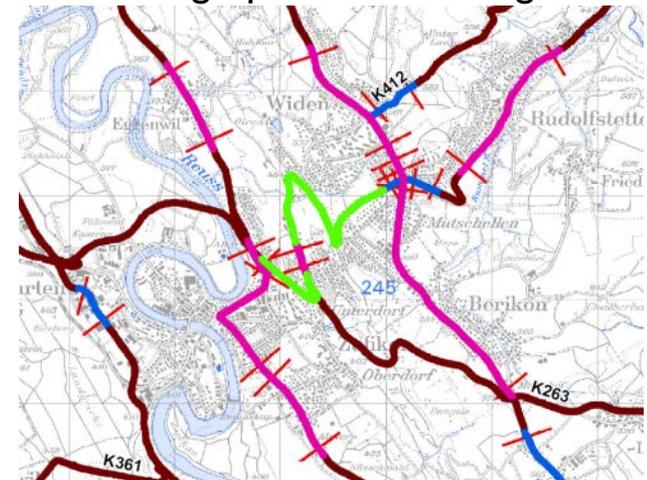
**Festlegung der Anwendung des SDA (Strategieplan):**

**SDA 4-12**, wo grosse Lärmreduktionen notwendig

**SDA 8-12**, wo erhöhte mechanische Beanspruchung

**Fazit: Verzicht auf ca. 25 Lärmschutzwände dank vorgezogenem Einbau eines SDA 4 - 12**

Strategieplan SDA Aargau

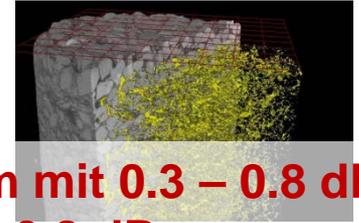


**Appell an VSS NFK 3.9 Asphaltsschichten mit der Revision der Norm 640 430 Walzasphalt bei der Regel 640 436 Semidichtes Mischgut den Sieblinienbereich entsprechend anzupassen, um so die Voraussetzung für möglichst dauerhaft lärmarme Beläge zu ermöglichen.**

**D-A-CH Forschungsprojekt »Dauerhaftigkeit lärmindernder Asphaltsschichten«**

## 5.2. Störung der akustischen Wirkung

### Verschmutzung/Verstopfung der Hohlräume



Bei starker Verschmutzung: Reinigung zu wenig wirksam mit 0.3 – 0.8 dB!  
Gemäss EP 8 bei normaler Strassenverschmutzung 0.1 - 0.8 dB

### Fahrbahn-Bushaltestellen und Kreisel in Beton



### Strukturmarkierungen

Fussgängerstreifen Struktur, Kernfahrbahn Farbmarkierung



### Schachtabdeckungen

Ausserhalb Radspur, Konus drehen



### Belagswechsel SDA 4 zu altem Belag



**Danke für Ihre Aufmerksamkeit**

