



## Aktualisierung Belagskennwerte 2016 im Innerortsbereich

Ihre Kontaktperson: Erik Bühlmann  
erik.buehlmann@grolimund-partner.ch, D 031 356 20 0

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)  
A4852  
23. Oktober 2017

## Impressum

### **Auftraggeber**

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Lärm und NIS, CH-3003 Bern. Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK).

### **Auftragnehmer**

Grolimund + Partner AG, Thunstrasse 101A, 3006 Bern

### **Autoren**

Erik Bühlmann  
Emanuel Hammer  
Tina Saurer

### **Begleitung**

BAFU: Simon Steiner

<b>Version</b>	<b>Datum</b>	<b>Autoren</b>	<b>Beschrieb</b>	<b>Verteiler</b>
V 1.0	5. 09.2017	Hammer / Saurer	Entwurf Bericht	BAFU
V 2.0	23.10.2017	Hammer / Saurer	Bericht	BAFU
V 3.0	23.10.2017	Hammer / Saurer	Schlussbericht	BAFU

A4852\_AktualisierungBelagskennwerte\_Bericht\_V3.docx

Dieser Bericht wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

## Zusammenfassung

Im Jahr 2009 wurde mit einem damals eher noch kleinen Datensatz für die einzelnen Belagstypen Belagskennwerte anhand deren Alterung mit einem statistischen Verfahren bestimmt. Diese Resultate flossen in den Anhang 1 des Leitfadens Strassenlärm als Vollzugshilfe für die Sanierung ein, welcher im Jahr 2006 publiziert und im Jahr 2013 aktualisiert wurde. Seither wurde sowohl auf lärmarmen wie auch auf herkömmlichen Belägen eine Vielzahl von Belagsmessungen durchgeführt. Der neue verfügbare Datensatz wird mit dem bestehenden vom Jahr 2009 zusammengeführt und bereinigt. Die Alterungsmodelle werden für die Geschwindigkeitsklasse im Innerortsbereich aktualisiert, wobei durch die verbesserte Datenbasis deren Zuverlässigkeit gesteigert werden kann. Neben der Alterungsmodelle der bisherigen Methode (Endwert nach 15 Jahren auf dem 83 %-Quantil) wurden die folgenden weiteren Methoden zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften von Belägen über den Sanierungshorizont getestet und präsentiert:

- 1) 50%-Quantil: Bestimmung des mittleren Belagskennwertes anhand des Alterungsmodells bei einem Belagsalter von  $t = 15$  Jahren (d.h. Prognose der mittleren akustischen Wirkung ohne Beachtung des statistischen Vertrauensbereichs).
- 2) mittlere Anfangswirkung: um der Anfangswirkung von Belägen Rechnung zu tragen, kann die Methode der mittleren Anfangswirkung angewendet werden, wobei der Mittelwert aller im Neuzustand gemessenen Beläge der Belagsklassen genommen wird.
- 3) mittlere Wirkung: um die gesamte Zeitspanne des Belagsalters von  $t = 0$  bis 10 oder 15 Jahren zu berücksichtigen, kann die mittlere Wirkung über den gewünschten Zeithorizont gewählt werden.
- 4) Abflachungswert: um für Lärmschutzprojekte den optimalen Belagskennwert zu eruieren wird bei dieser Methode der Abflachungswert bestimmt. Bei dieser Methode wird der Wert der Modellkurve gesucht bei welchem der Unterschied der akustischen Wirkung im Folgejahr kleiner als 0.05 dB ist und sich somit ab diesem Belagsalter bis zum Sanierungshorizont kaum mehr verändern wird.

Im Bereich der semidichten Asphalte können Rezepturen mit sehr unterschiedlichen akustischen Eigenschaften resultieren. Diesem Sachverhalt wird auch in der vorliegenden Arbeit Rechnung getragen werden, indem für semidichte Asphalte mit ähnlichen akustischen Eigenschaften eine separate Auswertung der Belagskennwerte erstellt wird.

Die Auswertungen haben gezeigt, dass je nach Beurteilungsmethode die Beläge unterschiedlich abschneiden. Die bisherige Methode zur Bestimmung des Belagskennwertes gemäss LFSL Anhang 1b ist repräsentativ für den Datensatz und ist aufgrund des Vertrauensbereichs bei 83 % auf der sicheren Seite (d.h. 5 von 6 Belägen sind leiser als der ermittelte Endwert). Diese Methode würdigt aber nicht Beläge mit sehr guten akustischen mittleren Wirkungen, die für die Anwohner einen effektiven Lärmschutz an der Quelle bedeuten. Zudem fällt der Endwert bei neuen Belagstypen oft schlechter aus, weil diese bei Einführung oft eine stärker streuende akustische Wirkung aufweisen. Um in solchen Fällen die mittleren erreichten Wirkungen und Anfangswirkung besser im Belagskennwert honorieren zu können, sollten alternative Beurteilungsgrössen zusätzlich zum momentan rechtlich relevanten Endwert angewendet werden. Je nach Fragestellung könnten unterschiedliche Beurteilungsgrössen von Bedeutung sein.

Belagstyp	Belagskennwert [dB(A)]				83 %-Quantil (nach 15 J.)		83 %-Quantil (nach 10 J.)		50 %-Quantil		mittl. Wirkung bis 15 J.		mittl. Wirkung bis 10 J.	
	PW (N1)	LKW (N2)	Mischv. (8 % LKW)	Mischv. (8 % LKW)	PW (N1)	LKW (N2)	Mischv. (8 % LKW)	Mischv. (8 % LKW)	PW (N1)	LKW (N2)	Mischv. (8 % LKW)	Mischv. (8 % LKW)	PW (N1)	LKW (N2)
PA	0,3	-4,1	-1,6	-2,6	-0,7	-5,1	-2,6	-2,6	-2	-5,3	-3,5	-2,6	-5,4	-3,9
AC 8	1,9	-1,3	0,3	-0,9	0,5	-2,5	-0,9	-0,9	-0,3	-2,6	-1,4	-0,6	-2,7	-1,6
AC 11	1,7	-1,3	0,3	-0,6	0,8	-2,2	-0,6	-0,6	0,1	-2,4	-1,2	-0,3	-2,6	-1,4
AC 16	3,1	-0,2	1,6	0,8	2,4	-1	0,8	0,8	1,6	-1,5	0,1	1,2	-1,8	-0,2
ACMR 4 (SDA 4 A)	2	-1	0,6	-0,5	1	-2,1	-0,5	-0,5	-0,4	-2,7	-1,5	-1	-3	-2
ACMR 6	1,9	-1,5	0,4	-1	0,5	-2,7	-1	-1	-0,5	-3,1	-1,7	-0,9	-3,3	-2,1
ACMR 8 (HR<8 %), SDA 8 A	1,8	-1,6	0,3	-0,8	0,7	-2,7	-0,8	-0,8	±0,0	-3	-1,4	-0,3	-3,2	-1,7
ACMR 11	3,7	-0,6	1,9	0,8	2,5	-1,4	0,8	0,8	1,6	-1,6	0,1	1,2	-1,7	-0,2
Kaltmikro	1	-2	-0,4	-1,3	0,2	-3	-1,3	-1,3	0,2	-3,2	-1,6	-0,4	-3,2	-1,7
MA	2,8	-0,5	1,3	±0,0	1,5	-1,7	±0,0	±0,0	1,2	-1,8	-0,2	1,1	-1,9	-0,3
OB	1,5	-1,8	±0,0	-0,8	0,7	-2,6	-0,8	-0,8	0,4	-2,8	-1,1	0,3	-2,9	-1,2
SMA 6	1	-1,5	-0,2	-1,2	±0,0	-2,5	-1,2	-1,2	-0,6	-2,6	-1,6	-0,8	-2,7	-1,8
SMA 8	1,7	-1,2	0,3	-0,5	0,9	-2	-0,5	-0,5	0,4	-2,3	-0,9	0,2	-2,4	-1
SMA 11	2,5	-0,8	0,9	0,2	1,7	-1,6	0,2	0,2	1,2	-1,9	-0,3	1	-2	-0,4
Betonbeläge	3,2	0,7	2	0,6	1,9	-0,7	0,6	0,6	1,9	-0,8	0,6	1,9	-0,8	0,6
SDA 4	-1	-4	-2,6	-4,2	-2,8	-5,6	-4,2	-4,2	-3,8	-6	-4,8	-4,2	-6,1	-5,1
SDA 8	2,4	-1,1	0,8	-0,6	1	-2,4	-0,6	-0,6	±0,0	-3	-1,4	-0,4	-3,3	-1,7
SDA 4 dicht	-1,7	-3	-2,3	-3,3	-2,8	-3,9	-3,3	-3,3	-2,9	-3,9	-3,4	-2,9	-4	-3,4
SDA 4 teilw. zug. Hohlräume	-1,5	-3,6	-2,5	-3,3	-2,1	-4,6	-3,3	-3,3	-2,9	-4,9	-3,9	-3,3	-5,1	-4,2
SDA 4 zug. Hohlräume	-1,5	-6,1	-3,5	-4,3	-2,4	-7	-4,3	-4,3	-3,4	-7,1	-5,1	-3,9	-7,1	-5,4
SDA 4 Firmenlösungen	-1,7	-4,5	-3	-4,6	-3,4	-5,8	-4,6	-4,6	-4,3	-6,2	-5,2	-4,7	-6,3	-5,5
SDA 8 dicht	3,9	0,9	2,5	1,7	3,1	±0,0	1,7	1,7	2,1	-0,9	0,7	1,7	-1,3	0,3
SDA 8 teilw. zug. Hohlräume	1,7	-1,4	0,3	-0,5	1,4	-2,9	-0,5	-0,5	0,5	-3,1	-1,1	0,1	-3,2	-1,4
SDA 8 zug. Hohlräume	0,4	-3,2	-1,3	-2,2	-0,5	-4,2	-2,2	-2,2	-1,3	-4,5	-2,8	-1,6	-4,7	-3,1

Tabelle 1: Kennwerte für die akustische Wirkung pro Belagsklasse – bisherige und neue Auswertungsweisen

## Inhalt

1. Ausgangslage.....	6
2. Methode.....	7
2.1 Alterungsmodell .....	7
2.2 Bestimmung Belagskennwerte .....	7
2.2.1 Bisherige Auswertungsweise.....	7
2.2.2 weitere Vorschläge zu Auswertungsmethoden.....	8
2.3 Belagseinteilung nach akustischer Porenzugänglichkeit .....	11
3. Resultate .....	13
3.1 Datengrundlage .....	13
3.2 Alterungsmodelle bisherige Belagsklassen.....	13
3.2.1 PA (Offenporiger Asphalt).....	14
3.2.2 ACMR 4 (Rauasphalt) & SDA 4 A.....	15
3.2.3 ACMR 6 (Rauasphalt).....	16
3.2.4 ACMR 8 (HR < 8 %) (Rauasphalt) & SDA 8 A.....	17
3.2.5 ACMR 11 (Rauasphalt).....	18
3.2.6 Kaltmikro .....	19
3.2.7 OB (Oberflächenbehandlung).....	20
3.2.8 AC 8 (Asphalt Beton).....	21
3.2.9 AC 11 (AC 8 (Asphalt Beton) .....	22
3.2.10 AC 16 (Asphalt Beton).....	23
3.2.11 SMA 6 (Splittmastixasphalt) .....	24
3.2.12 SMA 8 (Splittmastixasphalt) .....	25
3.2.13 SMA 11 (Splittmastixasphalt) .....	26
3.2.14 MA (Mastic Asphalt, Gussasphalt) .....	27
3.2.15 Beton .....	28
3.2.16 SDA 4 (semidichter Asphalt) .....	29
3.2.17 SDA 8 (semidichter Asphalt) .....	30
3.3 Alterungsmodelle Feineinteilung der Belagsklassen.....	31
3.3.1 SDA 4 dicht (ohne Firmenlösungen) .....	31
3.3.2 SDA 4 teilweise zugängliche Hohlräume (ohne Firmenlösungen).....	32
3.3.3 SDA 4 zugängliche Hohlräume (ohne Firmenlösungen) .....	33
3.3.4 SDA 4 Firmenlösungen.....	34
3.3.5 SDA 8 dicht.....	35
3.3.6 SDA 8 teilweise zugängliche Hohlräume.....	36
3.3.7 SDA 8 zugängliche Hohlräume .....	37
4. Fazit .....	38

## 1. Ausgangslage

Im Jahr 2009 wurde mit einem damals eher noch kleinen Datensatz für die einzelnen Belagstypen Belagskennwerte anhand deren Alterung mit einem statistischen Verfahren bestimmt. Diese Resultate flossen in den Anhang 1 des Leitfadens Strassenlärm als Vollzugshilfe für die Sanierung ein, welcher im Jahr 2013 publiziert wurde. Seither wurde sowohl als lärmarmen wie auch auf herkömmlichen Belägen eine Vielzahl von Belagsmessungen durchgeführt. Der neue verfügbare Datensatz wird mit dem bestehenden vom Jahr 2009 zusammengeführt und bereinigt. Die Alterungsmodelle werden für die Geschwindigkeitsklasse im Innerortsbereich aktualisiert, wobei durch die verbesserte Datenbasis deren Zuverlässigkeit gesteigert werden kann. Neben der Alterungsmodelle der bisherigen Methode (Endwert nach 15 Jahren auf dem 83 %-Quantil) werden weitere Methoden zur Charakterisierung der akustischen Eigenschaften von Belägen über den Sanierungshorizont getestet und präsentiert.

Die akustischen Eigenschaften von Strassenbelägen beeinflussen die Strassenlärmemissionen wesentlich. Aufgrund dessen wird im Lärmvollzug die akustische Belagsgüte bei fast allen Fragestellungen einbezogen. Sei es aufgrund von Belagsgütemessungen oder anhand von KB-Werten gemäss Leitfaden Strassenlärm (LFSL) Anhang 1b. Je nach Fragestellung sind verschiedene akustische Belagszustände relevant.

Ziel des vorliegenden Berichts ist neben der Aktualisierung der Belagskennwerte das Ermitteln und Testen alternativer Beurteilungsmethoden, welche zusätzlich zur Endwertmethode aus dem Anhang 1b des Leitfadens Strassenlärm verwendet werden könnten.

## 2. Methode

In diesem Kapitel werden das Alterungsmodell, die in diesem Bericht angewandten Methoden zur Charakterisierung des Alterungsverhaltens von Belägen über ihren Sanierungshorizont sowie die Einteilung der Belagstypen näher erläutert.

### 2.1 Alterungsmodell

Für den Anhang 1b, Leitfaden Strassenlärm (UV-0637) wurde für die Modellierung des akustischen Alterungsverhaltens von Strassenbelägen eine exponentielle Funktion verwendet, welche den beobachteten Alterungsverlauf optimal abbildet:

$$y = a + b \cdot e^{-k \cdot t}$$

wobei  $a$  der akustische Endwert,  $b$  die Differenz zwischen akustischem End- und Anfangswert,  $k$  die Krümmung der Kurve festgelegt auf  $k=0.35$  und  $t$  das Belagsalter abbildet. Die Bestimmung dieser Parameter kann in Anhang 1a, Leitfaden Strassenlärm (Stand: Dezember 2006) nachgelesen werden.

### 2.2 Bestimmung Belagskennwerte

Mithilfe des Alterungsmodells können verschiedene Methoden zur Charakterisierung der akustischen Wirkung von lärmarmen Belägen über deren Sanierungshorizont bestimmt werden. Die bisher angewandten als auch die verschiedenen weiteren Vorschläge zur Charakterisierung von Belägen werden nachfolgend geschildert.

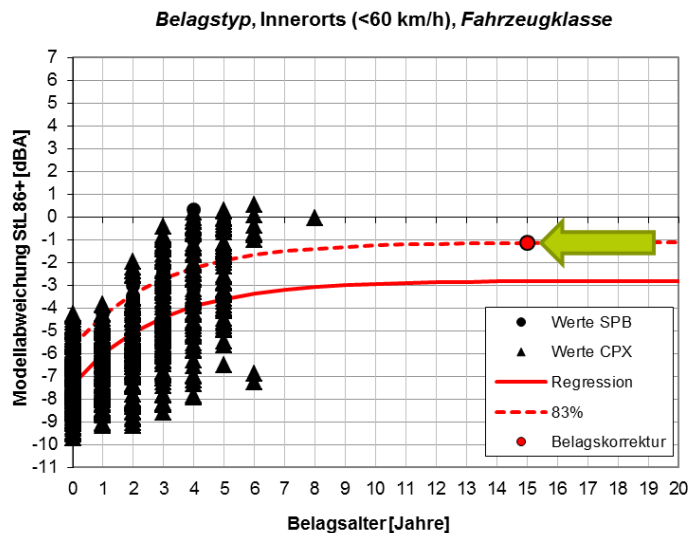
Der Belagskennwert wird pro Belagstyp und Fahrzeugklasse (PW N1 und LKW N2) separat bestimmt. Aus den beiden Belagskennwerten für PW (N1) und für LKW (N2) wird der Belagskennwert für den Mischverkehr berechnet. Aufgrund der besseren Datenlage für LKW (N2) mit dem Messverfahren CPX muss der Wert für PW (N1) nicht mehr wie in Anhang 1a, Leitfaden Strassenlärm (UV-0637) doppelt so stark gewichtet werden wie der Wert für LKW (N2).

#### 2.2.1 Bisherige Auswertungsweise

Für den Anhang 1b, Leitfaden Strassenlärm (UV-0637) wurde in Absprache mit den Bundesämtern für Umwelt (BAFU) und für Strassen (ASTRA) zum Alterungsmodell ein Vertrauensbereich bestimmt, welcher besagt, dass 5/6 der gemessenen Beläge innerhalb des Vertrauensbereichs liegen. Dieser Bereich entspricht dem 83 % -Quantil (siehe Abbildung 1).

23. Oktober 2017

Abbildung 1: Bestimmung des Belagskennwertes anhand des 83 %-Quantils nach 15 Jahren (bisherige Auswertungsweise)



Pro Belagstyp und Fahrzeugklasse (PW N1 und LKW N2) entspricht der Belagskennwert nach bisheriger Auswertungsweise dem auf dem 83 %-Quantil des Alterungsmodells bei Belagsalter von 15 Jahren.

### 2.2.2 weitere Vorschläge zu Auswertungsmethoden

Die bisherige Methode zur Bestimmung der Belagskennwerte wurde im Zuge der Lärmsanierung für die Berücksichtigung der Belagswirkung im Beurteilungszustand (in der Regel heute + 20 Jahre) entwickelt. Für die Ermittlung der rechtlich maximal zulässigen Lärmbelastung wird für die Berücksichtigung der Belagswirkung deshalb ein Vertrauensbereich von 83% gehandhabt. Der Vertrauensbereich von 83% gibt an, dass 5 von 6 Belägen leisere Werte als der ermittelte Endwert aufweisen um damit auf der sicheren Seite zu liegen. Diese Methode hat sich für die Berücksichtigung erprobter Bauweisen gut bewährt. Für die Berücksichtigung der Lärmreduktion von neuen Rezepturen und Bauweisen ist die Methodik weniger geeignet, da diese bei der Einführung oft stärker streuende akustische Wirkungen aufweisen, bis die Rezepturen und Bauweisen gefestigt sind. Zudem werden Beläge mit sehr guten Lärmreduktionen in den ersten fünf Jahren mit der Endwertmethodik nicht genügend honoriert, obwohl sie in der Praxis starke Lärmreduktionen erzielen und damit effektiven Lärmschutz an der Quelle betrieben wird. Entsprechend werden untenstehend weitere Vorschläge für die Beurteilung der akustischen Wirkung von Belägen ausgearbeitet.

#### Vorschlag 1: 50% - Quantil (ohne Vertrauensbereich)

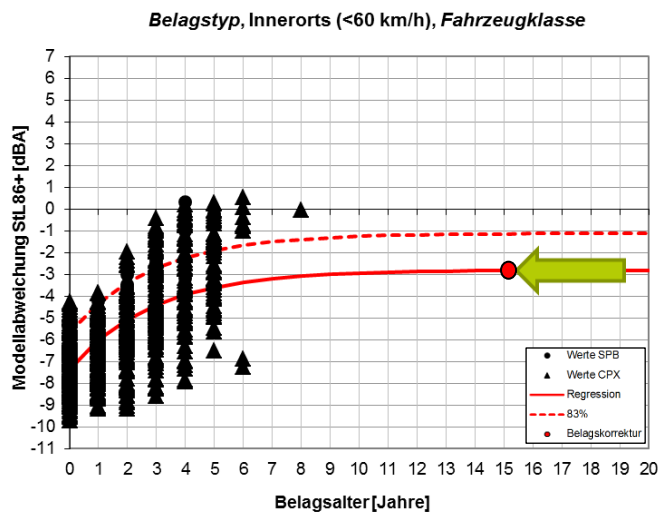
Bestimmung des mittleren Belagskennwertes anhand des Alterungsmodells bei einem Belagsalter von  $t = 15$  Jahren (d.h. Prognose der mittleren akustischen Wirkung ohne Beachtung des statistischen Vertrauensbereichs). Die bisherige Auswertungsweise mit dem 83% Vertrauensbereich bestimmt, dass 5 von 6 Beläge leisere akustische Belagsgütwerte aufweisen als der angegebene Endwert. Die hier vorgeschlagene Methode konzentriert sich auf den Mittelwert, so dass die gleiche Anzahl Beläge leisere und lautere Werte aufweisen als der ermittelte Endwert.



23. Oktober 2017

Im Beispiel in beträgt der Belagskennwert 50% Quantil  $-2.8 \text{ dB(A)}$  in Abweichung zum StL-86+ Modell. (Punkt auf durchgezogener Linie bei 15 Jahren).

Abbildung 2: Bestimmung des mittleren Belagskennwertes anhand des Alterungsmodells (ohne Beachtung des Vertrauensbereichs) nach 15 Jahren

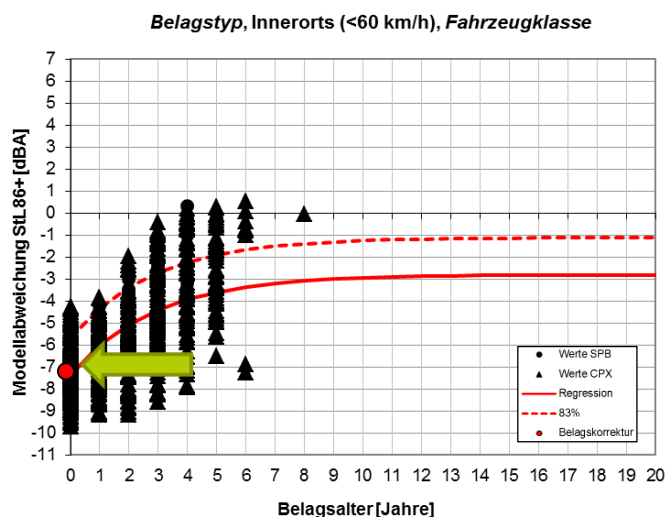


### Vorschlag 2: mittlere Anfangswirkung (Mittelwert alle Beläge Neuzustand $t=0$ )

Um der Anfangswirkung von Belägen Rechnung zu tragen, kann die Methode der mittleren Anfangswirkung angewendet werden. Dabei werden pro Belagstyp und pro Fahrzeugklasse bloss die akustischen Werte bei Belagsalter  $t = 0$  (Neuzustand) für die Mittelwertbildung verwendet.

Die Mittlere Wirkung Anfangswirkung besteht aus dem arithmetischen Mittelwert aller Datenpunkte im Neuzustand (Belagsalter = 0). Im Beispiel in Abbildung beträgt die mittlere Anfangswirkung  $-6.9 \text{ dB(A)}$  in Abweichung zum StL-86+ Modell.

Abbildung 3: Bestimmung des Belagskennwertes für mittlere Anfangswirkung



23. Oktober 2017

### Vorschlag 3: mittlere Wirkung über Zeit

Um die gesamte Zeitspanne des Belagsalters von  $t_{\text{End}} = 0$  bis 10 oder 15 Jahren zu berücksichtigen, kann die mittlere Wirkung über den gewünschten Zeithorizont gewählt werden. Dabei wird der Mittelwert des Alterungsmodells im Zeitbereich von  $t_{\text{End}} = 0$  bis 15 (siehe Abbildung 5) oder 10 Jahren (siehe Abbildung 4) bestimmt.

$$\text{mittlere Wirkung: } \frac{1}{t_{\text{end}}} \cdot \sum_{i=1}^{t_{\text{end}}} x_t$$

Die mittlere Wirkung errechnet sich gemäss der obenstehenden Formel. Die Mittlere Wirkung besteht aus dem arithmetischen Mittelwert aller Datenpunkte bis zum angegebenen Endwert  $T_{\text{End}}$  (10 oder 15 Jahre).

Im Beispiel in Abbildung 5 beträgt die mittlere Wirkung nach 10 Jahren -4.2 dB(A) in Abweichung zum StL-86+ Modell und nach 15 Jahren -3.8 dB(A) und in Abbildung 4.

Abbildung 4: Bestimmung des Belagskennwertes anhand mittlerer Wirkung über 10 Jahre

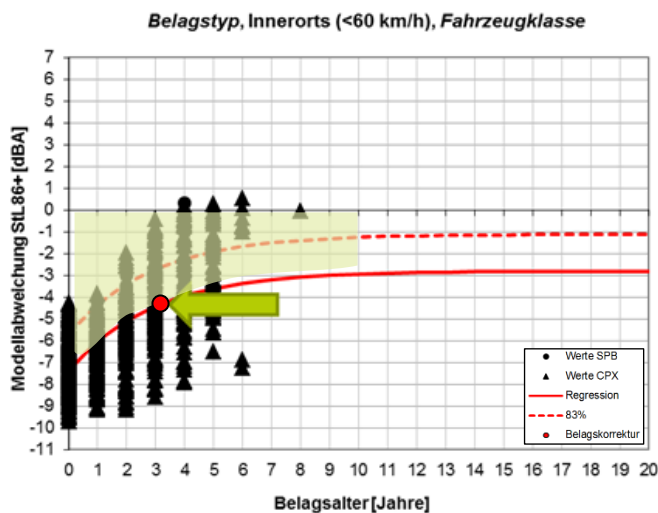
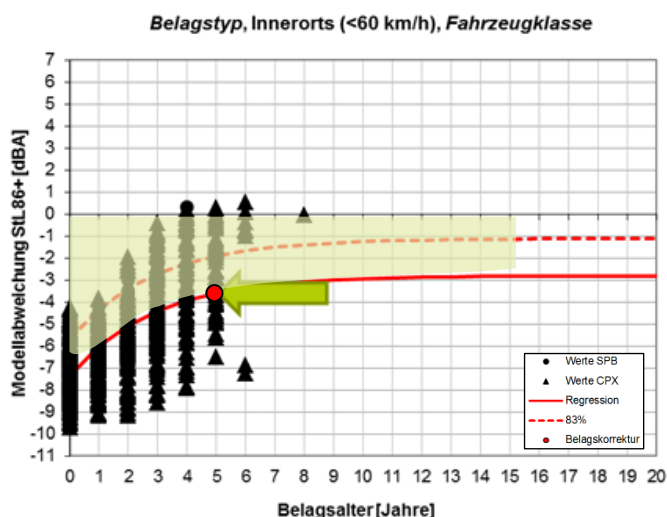


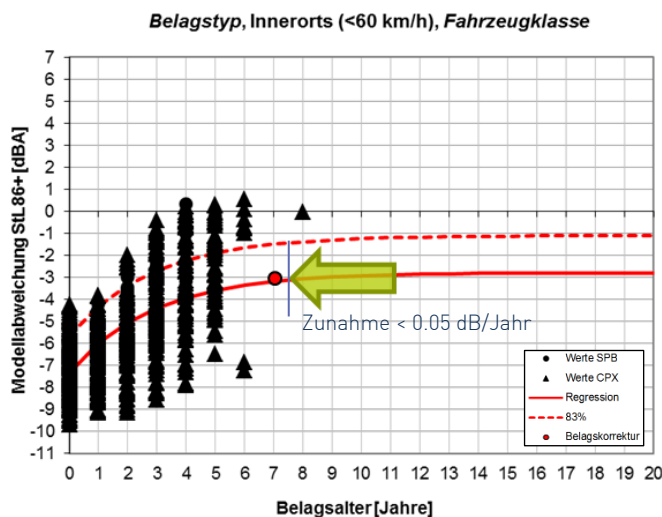
Abbildung 5: Bestimmung des Belagskennwertes anhand mittlerer Wirkung über 15 Jahre



#### Vorschlag 4: Abflachungswert

Für Lärmschutzprojekte ist es wichtig eine Belagskorrektur einsetzen zu können. Da Beläge in den ersten paar Jahren Zunahmen der akustischen Belagsgütwerte aufweisen, ist es teilweise schwierig den richtigen Wert einsetzen zu können. Einerseits will man dem Anfangswert Rechnung tragen aber andererseits sollte man einen realistischen und glaubwürdigen Wert für die Belagsalterung einsetzen können. Der Abflachungswert dient dazu, dem Belag eine weitere akustische Eigenschaft zu geben, welche aufzeigt ab welchem Belagsalter der Belag akustisch konstant bleibt. Bei dieser Methode wird der Wert der Modellkurve gesucht bei welchem der Unterschied der akustischen Wirkung im Folgejahr kleiner als 0.05 dB ist. Im Beispiel in Abbildung 6 stagniert die akustische Wirkung des Belagstyps nach 7 Jahren bei einem Wert von -2.9 dB(A) in Abweichung zum StL-86+ Modell.

Abbildung 6: Bestimmung des Abflachungswertes, bei welchem Belagsalter und bei welchem Belagskennwert das Alterungsmodell des Belagstyps stabil bleibt.



#### 2.3 Belagseinteilung nach akustischer Porenzugänglichkeit

Im Bereich der semidichten Asphalte können Rezepturen mit sehr unterschiedlichen akustischen Eigenschaften resultieren. Diesem Sachverhalt soll auch in der vorliegenden Arbeit Rechnung getragen werden, indem für semidichte Asphalte mit ähnlichen akustischen Eigenschaften eine separate Auswertung der Belagskennwerte erstellt wird. Normseitig werden die SDA bezüglich ihres Hohlraumgehaltes am Marshallprüfkörper charakterisiert (z.B. SDA 4 -12 oder SDA 4 -16). Der aktuelle Forschungsstand zeigt hingegen, dass bei SDA (im Gegensatz zu PA) der Hohlraumgehalt nicht zur akustischen Charakterisierung ausreicht. Es wurde festgestellt, dass die langfristige akustische Wirkung von SDA hauptsächlich durch die von der Oberfläche zugänglichen Hohlräume erreicht wird. Entsprechend sollte auch die Einteilung der SDA in der vorliegenden Studie erfolgen. Da keine Informationen zum zugänglichen Hohlraumgehalt verfügbar waren, wird basierend auf Erfahrungen der Anfangswert als Proxy beigezogen. Die akustischen Werte im Neuzustand dienen dabei als Hinweis für das Vorhandensein von zugänglichen Hohlräumen. Akustische Wirkungsanalysen bei welchen diverse zusätzliche Messverfahren zu den Oberflächeneigenschaften der Deckschicht angewendet werden zeigen, dass beispielsweise sind im Neuzustand von SDA 4 Belägen leisere Werte als -4.5 dB(A) ohne teilweise zu-

gängliche Hohlräume nicht möglich sind. SDA 4 Beläge mit Anfangswirkungen von mehr als -6.5 dB(A) hingegen können nur erreicht werden, sofern schallabsorbierende Eigenschaften (zugängliche längere Hohlraumstrukturen) vorhanden sind. Die im vorliegenden Bericht angewendete Feineinteilung basiert auf den akustischen Belagsgütwerten der PW-Reifen, da mit diesen am zuverlässigsten auf die Schallentstehung geschlossen werden kann. Diese Grenzwerte sind in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Akustische Grenzwerte für den Neuzustand basierend auf den Erfahrungen durch G+P AG durchgeführten Messungen mit dem PW-Reifen für die von der Oberfläche zugänglichen Hohlräume von semi-dichten Belägen.

<b>Überschrift</b>	<b>akustisch dicht (keine von der Oberfläche zugänglichen Hohlräume)</b>	<b>teilweise von der Oberfläche zugängliche Hohlräume</b>	<b>von der Oberfläche zugängliche und untereinander verbundene Hohlräume</b>
SDA 4 (PW, N1) (dB(A))	-4.0 bis -4.5	-4.5 bis -6.5	> -6.5
SDA 8 (PW, N1) (dB(A))	-1.5 bis -2.5	-2.5 bis -3.5	> -3.5

### 3. Resultate

#### 3.1 Datengrundlage

Die Datengrundlage hat sich seit der letzten Aktualisierung der Belagskennwerte im Jahr 2009 massiv verbessert. In Tabelle 3 ist die Anzahl der Datenpunkte pro Belagstyp und Fahrzeugklasse, welche im Jahr 2016 bei G+P AG vorliegt zusammen mit den Anzahl zusätzlichen Messungen seit 2009 gelistet.

Tabelle 3: Datengrundlage pro Belagstyp und Fahrzeugklasse im Jahr 2016 und die zusätzlichen Messungen seit 2009

Belagstyp	Anzahl Datenpunkte 2016		Zusätzliche Messungen seit 2009	
	N <sub>PW,N1</sub>	N <sub>LKW,N2</sub>	N <sub>PW,N1</sub>	N <sub>LKW,N2</sub>
Drain PA	16	11	+1	+1
AC 8	125	123	+112	+112
AC 11	2'215	2'167	+1'837	+1'841
AC 16	566	565	+448	+448
ACMR 4 (SDA 4 A)	55	47	+22	+19
ACMR 6	66	60	+48	+48
ACMR 8 (HR<8 %), SDA 8 A	1'126	1'065	+956	+947
ACMR11	40	32	+21	+22
Kaltmikro	295	288	+254	+253
MA	49	48	+22	+30
OB	1'277	1'268	+1'113	+1'113
SMA 6	103	96	+48	+48
SMA 8	532	514	+312	+312
SMA 11	903	891	+733	+734
Betonbeläge	51	35	+48	+33
SDA 4	655	655	+655	+655
SDA 4 dicht	5	5	+5	+5
SDA 4 teilw. zug. Hohlräume	62	62	+62	+62
SDA 4 zug. Hohlräume	62	62	+62	+62
SDA 4 Firmenlösungen	526	526	+526	+526
SDA 8	157	157	+134	+146
SDA 8 dicht	11	11	+11	+11
SDA 8 teilw. zug. Hohlräume	34	34	+34	+34
SDA 8 zug. Hohlräume	112	122	+112	+122

#### 3.2 Alterungsmodelle bisherige Belagsklassen

Die Alterungsmodelle werden zu den bisherigen Belagsklassen in Kapitel 3.2 geschildert. In Kapitel 3.3 werden die Alterungsmodelle für die Einteilung der SDA Beläge in akustisch dicht (von der Oberfläche keine zugänglichen Hohlräume), von der Oberfläche teilweise zugängliche Hohlräume und von der Oberfläche gut zugängliche Hohlräume beschrieben sowie die der nach Belagsprodukt eingeteilten Belagsklassen.

Für die Belagsklassen PA, ACMR 4, ACMR 6, ACMR 8, ACMR 11, Kaltmikro, OB, AC 11, AC16, SMA 6, SMA 8, SMA 11, SMA 16, MA, Beton, AC 8 (AC 6), SDA 4 A, SDA 8 B/C und ACMR 8 HR sowie SDA 4 wurden Alterungsmodelle für PW (N1) und LKW (N2) erstellt und nachfolgend dargestellt. Dabei werden die Belagskennwerte der bisherigen Methode (Wert, welcher nach 15 Jahren nach Einbau des Belages auf dem 83 %-Vertrauensbereich liegt) ausgegeben als auch für alle in Kapitel 2.2.2 beschriebenen

23. Oktober 2017

weiteren Methoden. In den dazugehörigen Tabellen ist ebenfalls der Mischverkehrwert 8% dargestellt. In grau angegeben ist der gemäss dem Leitfaden Strassenlärm gültige KB-Wert angegeben (KB LFSL).

### 3.2.1 PA (Offenporiger Asphalt)

Abbildung 7: Alterungsmodell für die Belagsklasse PA im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

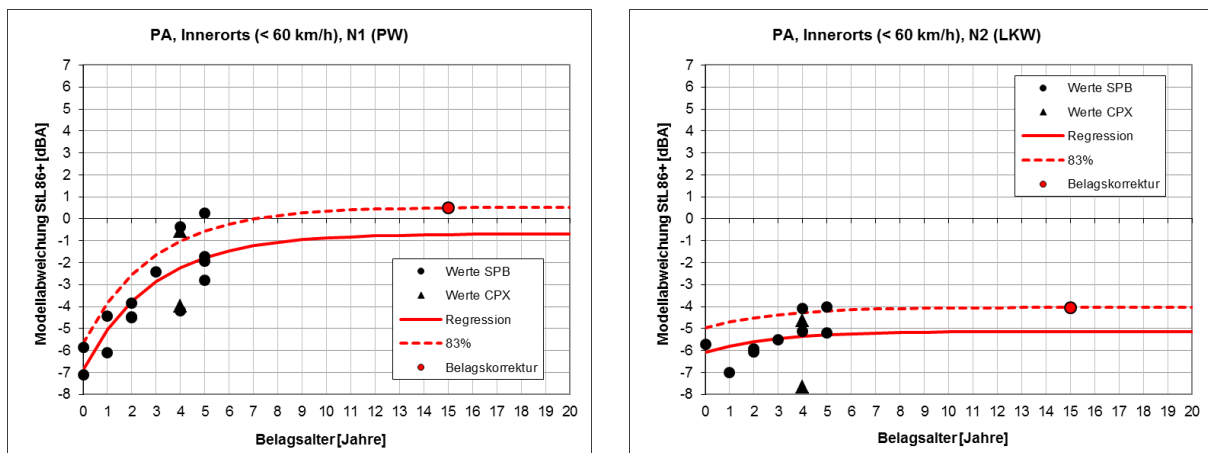


Tabelle 4: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse PA im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			-1
nach 15 Jahre	+0.3	-4.1	-1.6
nach 10 Jahre	+0.3	-4.1	-1.6
50%-Quantil	-0.7	-5.1	-2.6
mittlere Anfangswirkung	-6.5	-5.7*	-6.0
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-2.0	-5.3	-3.5
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-2.6	-5.4	-3.9
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in [ ])	-0.8 (11)	-5.3 (5)	-2.7

\* basierend auf Anzahl Werten < 5

### 3.2.2 ACMR 4 (Rauasphalt) & SDA 4 A

Abbildung 8: Alterungsmodell für die Belagsklasse ACMR 4 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

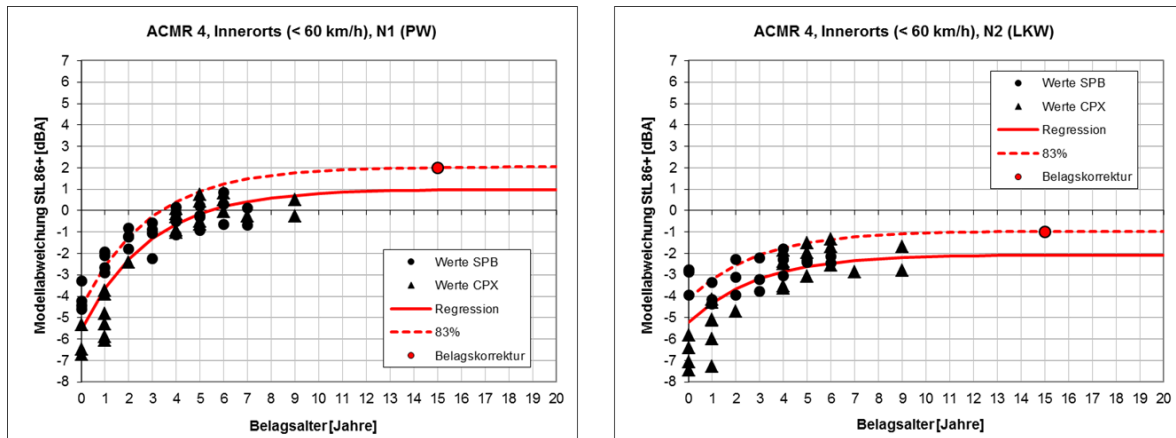


Tabelle 5: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse ACMR 4 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			0
nach 15 Jahren	+2.0	-1.0	+0.6
nach 10 Jahren	+1.8	-1.1	+0.5
50%-Quantil	+1.0	-2.1	-0.5
mittlere Anfangswirkung	-5.6	-5.2	-5.4
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-0.4	-2.7	-1.5
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-1.0	-3.0	-2.0
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+0.9 (11)	-2.2 (9)	-0.6

23. Oktober 2017

### 3.2.3 ACMR 6 (Rauasphalt)

Abbildung 9: Alterungsmodell für die Belagsklasse ACMR 6 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

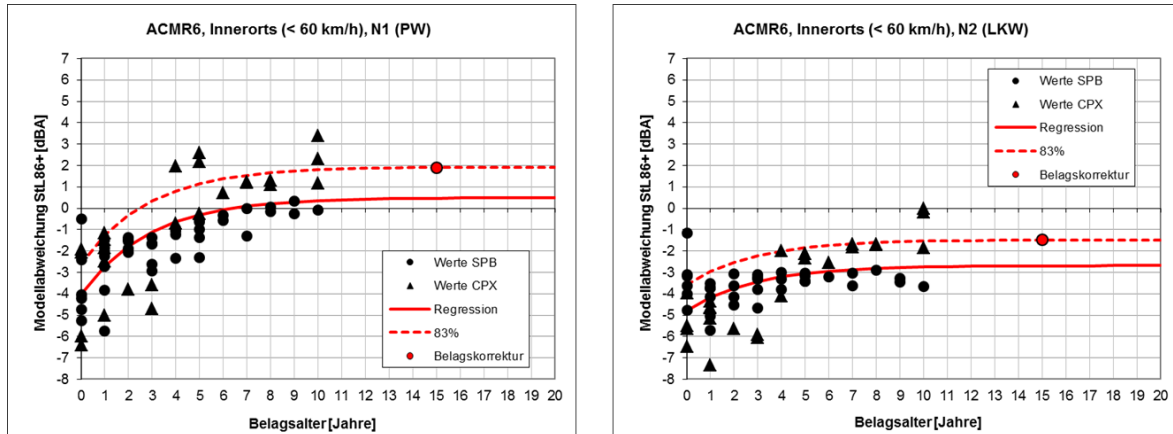


Tabelle 6: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse ACMR 6 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			-1
nach 15 Jahren	+1.9	-1.5	+0.4
nach 10 Jahren	+1.8	-1.5	+0.3
50%-Quantil	+0.5	-2.7	-1.0
mittlere Anfangswirkung	-3.8	-4.1	-4.0
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-0.5	-3.1	-1.7
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-0.9	-3.3	-2.1
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+0.4 (10)	-2.8 (8)	-1.1



23. Oktober 2017

### 3.2.4 ACMR 8 (HR < 8 %) (Rauasphalt) & SDA 8 A

Abbildung 10: Alterungsmodell für die Belagsklasse ACMR 8 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

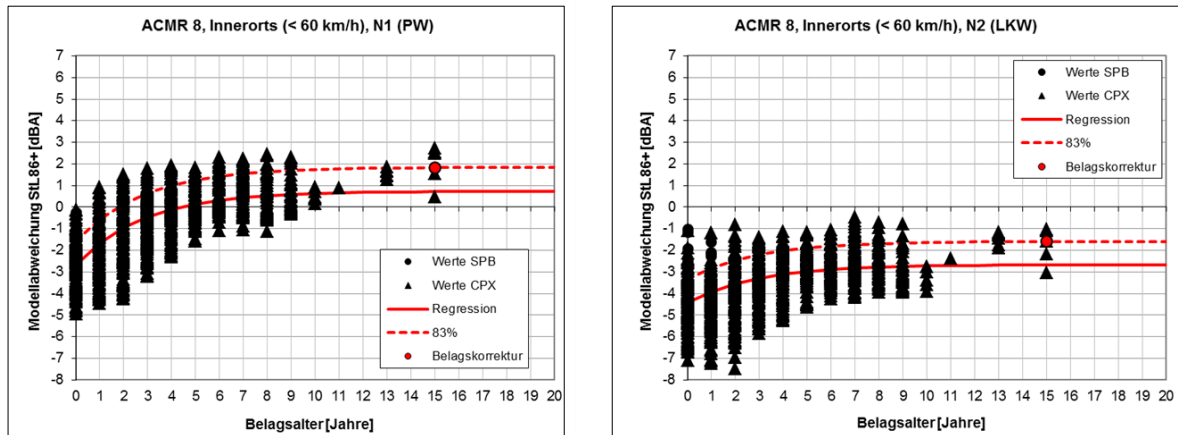


Tabelle 7: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse ACMR 8 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			+1
nach 15 Jahre	+1.8	-1.6	+0.3
nach 10 Jahre	+1.7	-1.6	+0.2
50%-Quantil	+0.7	-2.7	-0.8
mittlere Anfangswirkung	-2.5	-4.2	-3.4
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	±0.0	-3.0	-1.4
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-0.3	-3.2	-1.7
Abflachungswert [bei X Jahren = wert in ( )]	+0.6 (9)	-2.8 (7)	-1.0

23. Oktober 2017

### 3.2.5 ACMR 11 (Rauspflast)

Abbildung 11: Alterungsmodell für die Belagsklasse ACMR 11 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

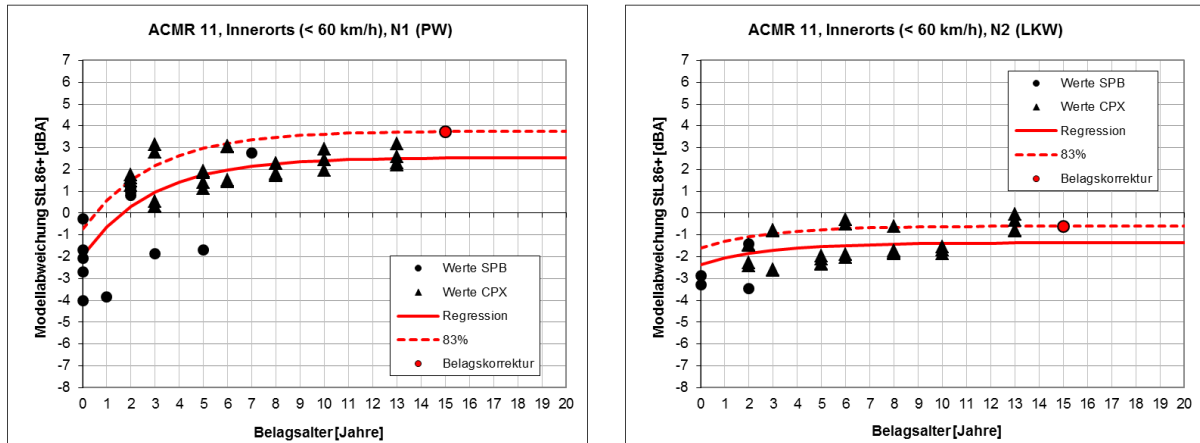


Tabelle 8: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse ACMR 11 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			+3
nach 15 Jahren	+3.7	-0.6	+1.9
nach 10 Jahren	+3.6	-0.6	+1.8
50%-Quantil	+2.5	-1.4	+0.8
mittlere Anfangswirkung	-2.1*	-3.1*	-2.6
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+1.6	-1.6	+0.1
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	+1.2	-1.7	-0.2
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+2.4 (10)	-1.5 (6)	+0.7

\* basierend auf Anzahl Werten < 5

23. Oktober 2017

### 3.2.6 Kaltmikro

Abbildung 12: Alterungsmodell für die Belagsklasse Kaltmikro im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

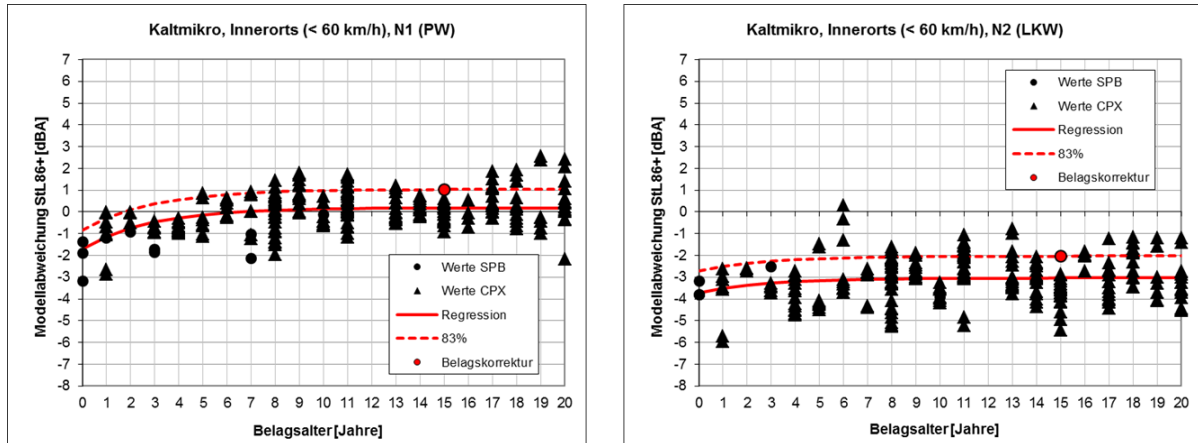


Tabelle 9: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse Kaltmikro im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			0
nach 15 Jahren	+1.0	-2.0	-0.4
nach 10 Jahren	+1.0	-2.1	-0.4
50%-Quantil	+0.2	-3.0	-1.3
mittlere Anfangswirkung	-2.2*	-3.6*	-2.9
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-0.2	-3.2	-1.6
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-0.4	-3.2	-1.7
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in [ ])	±0.0 (7)	-3.2 (4)	-1.5

\* basierend auf Anzahl Werten < 5

23. Oktober 2017

### 3.2.7 OB (Oberflächenbehandlung)

Abbildung 13: Alterungsmodell für die Belagsklasse OB im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

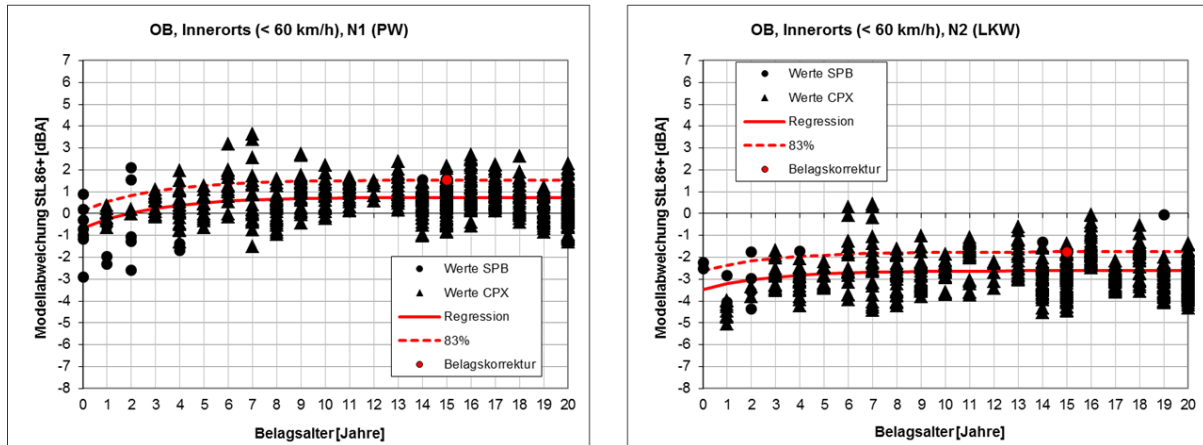


Tabelle 10: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse OB im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			+1
nach 15 Jahren	+1.5	-1.8	±0.0
nach 10 Jahren	+1.5	-1.8	±0.0
50%-Quantil	+0.7	-2.6	-0.8
mittlere Anfangswirkung	-0.7	-2.4*	-1.6
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+0.4	-2.8	-1.1
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	+0.3	-2.9	-1.2
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in [ ])	+0.6 (7)	-2.8 (5)	-0.9

\* basierend auf Anzahl Werten < 5

23. Oktober 2017

### 3.2.8 AC 8 (Asphalt Beton)

Abbildung 14: Alterungsmodell für die Belagsklasse AC 8 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

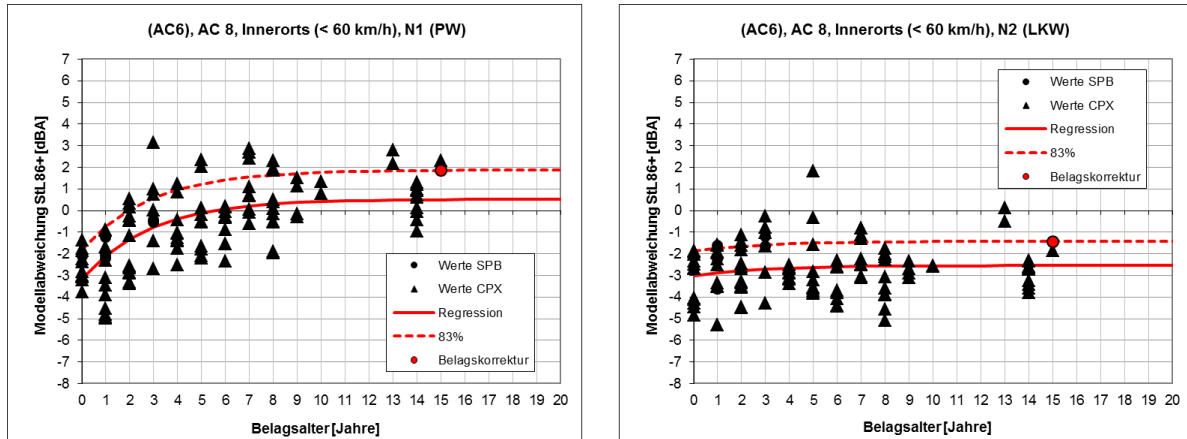


Tabelle 11: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse AC 8 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			0
nach 15 Jahren	+1.9	-1.3	+0.3
nach 10 Jahren	+1.8	-1.4	+0.3
50%-Quantil	+0.5	-2.5	-0.9
mittlere Anfangswirkung	-2.6	-3.1	-2.9
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-0.3	-2.6	-1.4
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-0.6	-2.7	-1.6
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+0.4 (9)	-2.7 (3)	-1.1

23. Oktober 2017

### 3.2.9 AC 11 (AC 8 (Asphalt Beton))

Abbildung 15: Alterungsmodell für die Belagsklasse AC 11 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

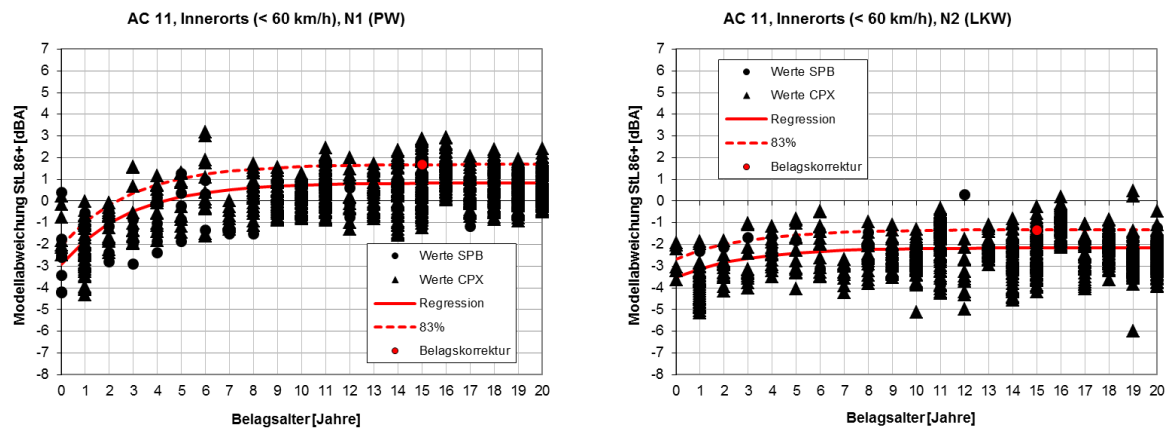


Tabelle 12: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse AC 11 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			+1
nach 15 Jahren	+1.7	-1.3	+0.3
nach 10 Jahren	+1.6	-1.4	+0.2
50%-Quantil	+0.8	-2.2	-0.6
mittlere Anfangswirkung	-1.9	-2.7	-2.3
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+0.1	-2.4	-1.2
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-0.3	-2.6	-1.4
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+0.7 (9)	-2.3 (6)	-0.7

\* basierend auf Anzahl Werten < 5

23. Oktober 2017

### 3.2.10 AC 16 (Asphalt Beton)

Abbildung 16: Alterungsmodell für die Belagsklasse AC 16 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

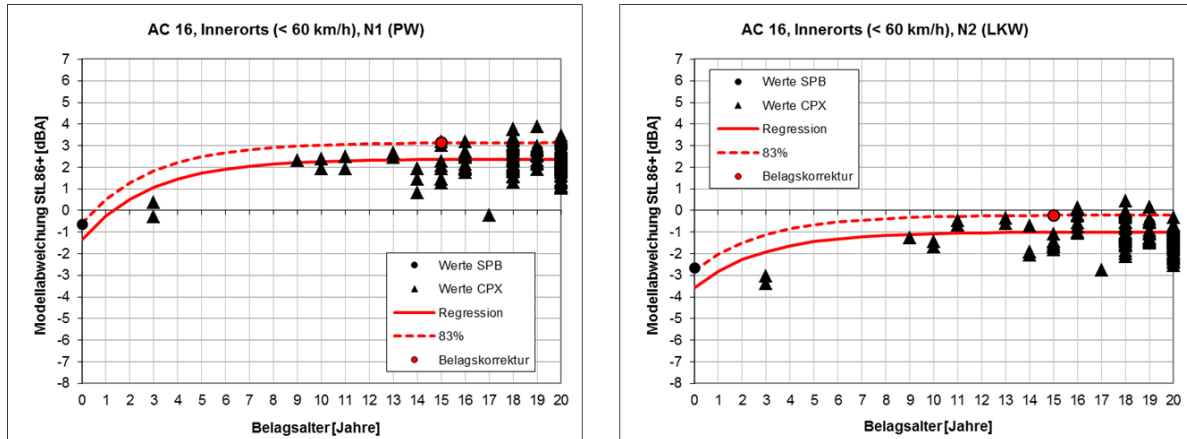


Tabelle 13: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse AC 16 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			+2
nach 15 Jahren	+3.1	-0.2	+1.6
nach 10 Jahren	+3.0	-0.3	+1.5
50%-Quantil	+2.4	-1.0	+0.8
mittlere Anfangswirkung	-0.7*	-2.7*	-1.7
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+1.6	-1.5	+0.1
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	+1.2	-1.8	-0.2
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+2.2 (9)	-1.1 (8)	+0.7

\* basierend auf Anzahl Werten < 5

### 3.2.11 SMA 6 (Splittmastixasphalt)

Abbildung 17: Alterungsmodell für die Belagsklasse SMA 6 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

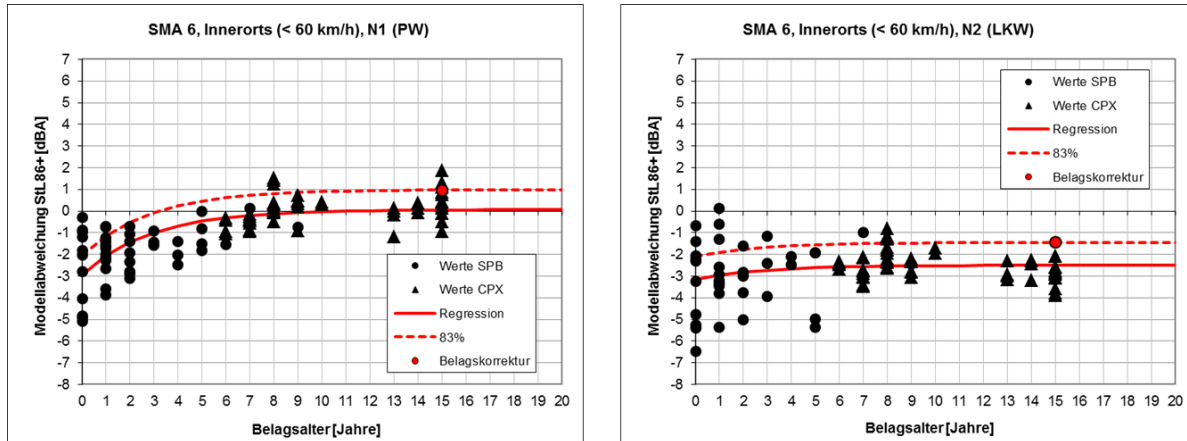


Tabelle 14: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SMA 6 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			0
nach 15 Jahren	+1.0	-1.5	-0.2
nach 10 Jahren	+0.9	-1.5	-0.3
50%-Quantil	±0.0	-2.5	-1.2
mittlere Anfangswirkung	-2.6	-3.4	-3.0
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-0.6	-2.6	-1.6
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-0.8	-2.7	-1.8
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	-0.1 (9)	-2.7 (4)	-1.3



23. Oktober 2017

### 3.2.12 SMA 8 (Splittmastixasphalt)

Abbildung 18: Alterungsmodell für die Belagsklasse SMA 8 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

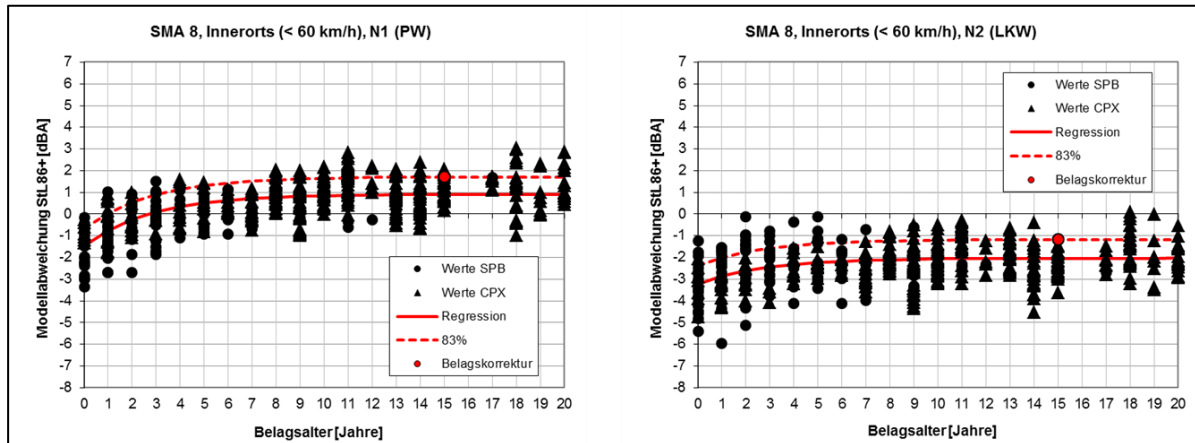


Tabelle 15: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SMA 8 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			+1
nach 15 Jahren	+1.7	-1.2	+0.3
nach 10 Jahren	+1.6	-1.2	+0.3
50%-Quantil	+0.9	-2.0	-0.5
mittlere Anfangswirkung	-1.4	-3.4	-2.4
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+0.4	-2.3	-0.9
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	+0.2	-2.4	-1.0
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+0.8 (8)	-2.2 (6)	-0.6

23. Oktober 2017

### 3.2.13 SMA 11 (Splittmastixasphalt)

Abbildung 19: Alterungsmodell für die Belagsklasse SMA 11 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

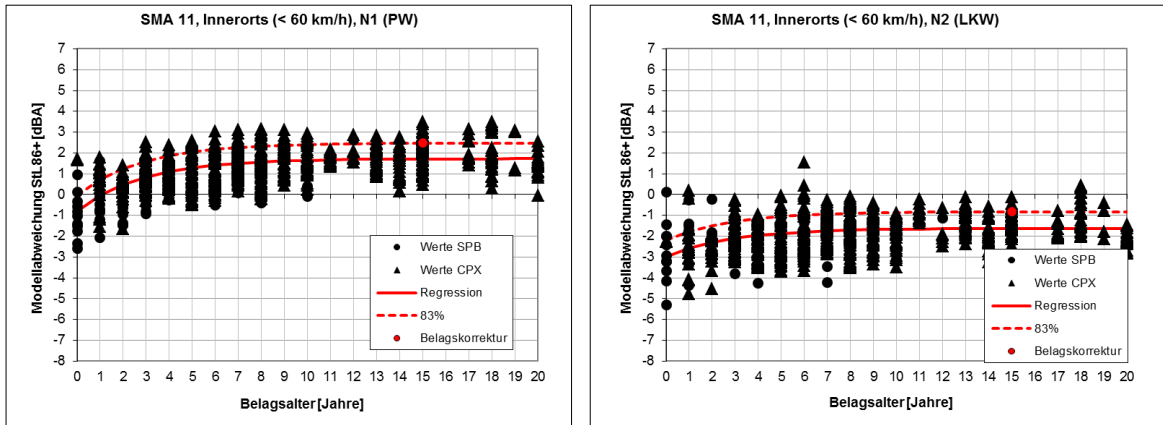


Tabelle 16: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SMA 11 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			+2
nach 15 Jahren	+2.5	-0.8	+0.9
nach 10 Jahren	+2.4	-0.9	+0.9
50%-Quantil	+1.7	-1.6	+0.2
mittlere Anfangswirkung	-0.6	-2.7	-1.6
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+1.2	-1.9	-0.3
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	+1.0	-2.0	-0.4
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+1.6 (8)	-1.8 (6)	±0.0

### 3.2.14 MA (Mastic Asphalt, Gussasphalt)

Abbildung 20: Alterungsmodell für die Belagsklasse MA im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

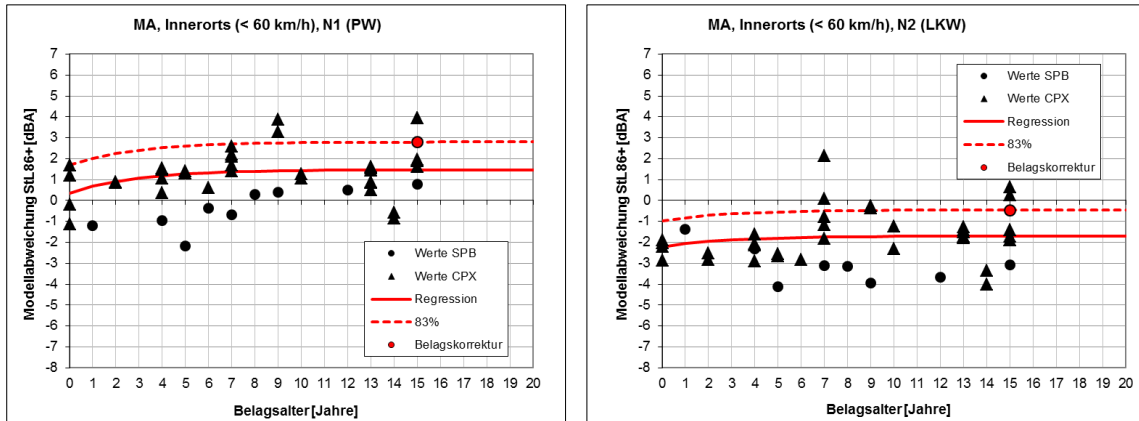


Tabelle 17: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse MA im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			+1
nach 15 Jahren	+2.8	-0.5	+1.3
nach 10 Jahren	+2.8	-0.5	+1.3
50%-Quantil	+1.5	-1.7	±0.0
mittlere Anfangswirkung	+0.4*	-2.3*	-0.9
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+1.2	-1.8	-0.2
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	+1.1	-1.9	-0.3
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+1.3 (6)	-1.8 (4)	-0.1

\* basierend auf Anzahl Werten < 5

### 3.2.15 Beton

Abbildung 21: Alterungsmodell für die Belagsklasse Beton im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

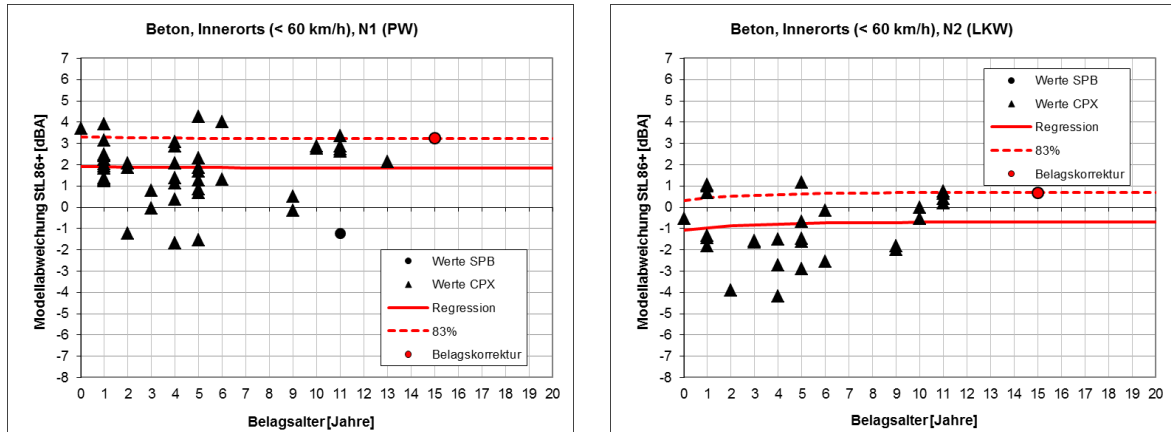


Tabelle 18: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse Beton im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			-
nach 15 Jahren	+3.2	+0.7	+2.0
nach 10 Jahren	+3.2	+0.7	+2.0
50%-Quantil	+1.9	-0.7	+0.6
mittlere Anfangswirkung	+3.7*	-0.5*	+1.9
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+1.9	-0.8	+0.6
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	+1.9	-0.8	+0.6
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+1.9 (0)	-0.8 (3)	+0.6

\* basierend auf Anzahl Werten < 5

23. Oktober 2017

### 3.2.16 SDA 4 (semidichter Asphalt)

Abbildung 22: Alterungsmodell für die Belagsklasse SDA 4 (alle SDA 4 Beläge) im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

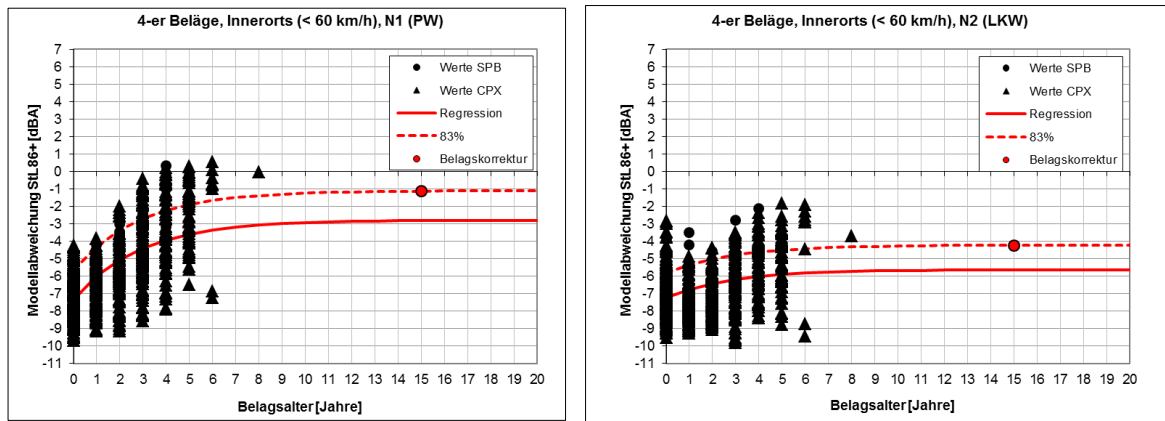


Tabelle 19: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SDA 4 im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			-
nach 15 Jahren	-1.0	-4.0	-2.6
nach 10 Jahren	-1.2	-4.3	-2.7
50%-Quantil	-2.8	-5.6	-4.2
mittlere Anfangswirkung	-6.9	-6.9	-6.9
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-3.8	-6.0	-4.8
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-4.2	-6.1	-5.1
Abflachungswert [bei X Jahren = wert in ( )]	-2.9 (10)	-5.8 (7)	-4.3

23. Oktober 2017

### 3.2.17 SDA 8 (semidichter Asphalt)

Abbildung 23: Alterungsmodell für die Belagsklasse SDA 8 (alle SDA 8 Beläge) im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

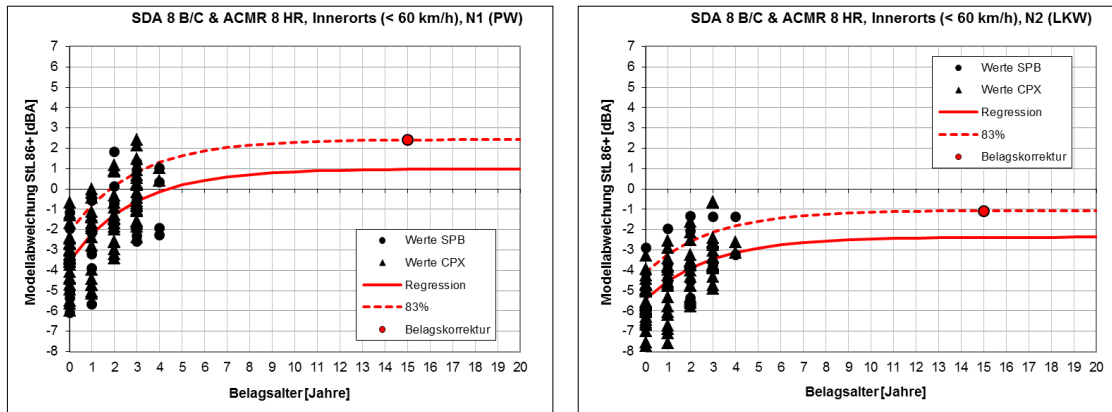


Tabelle 20: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SDA 8 -12/-16 & ACMR 8 (HR > 8 %) im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
KB nach LFSL			-
nach 15 Jahren	+2.4	-1.1	+0.8
nach 10 Jahren	+2.3	-1.1	+0.7
50%-Quantil	+1.0	-2.4	-0.6
mittlere Anfangswirkung	-3.5	-5.5	-4.5
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	±0.0	-3.0	-1.4
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-0.4	-3.3	-1.7
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+0.9 (10)	-2.5 (9)	-0.7

23. Oktober 2017

### 3.3 Alterungsmodelle Feineinteilung der Belagsklassen

Wie in Kapitel 2.3 beschrieben wurden die SDA Beläge zusätzlich nach deren Porenzugänglichkeit anhand des akustischen Anfangswertes unterteilt. Zudem sind firmeneigene Belagsprodukte von SDA 4 Belägen zusammen als Firmenlösungen gruppiert, da bei Firmenlösungen meistens keine detaillierten Angaben zu Herstellungs- und Bauweisen bekannt sind.

#### 3.3.1 SDA 4 dicht (ohne Firmenlösungen)

Für diese Belagsgruppe sind die Werte aufgrund der geringen Datenlage (N=5) nicht gesichert.

Abbildung 24: Alterungsmodell für die Belagsklasse SDA 4 dicht (ohne Firmenlösungen) im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

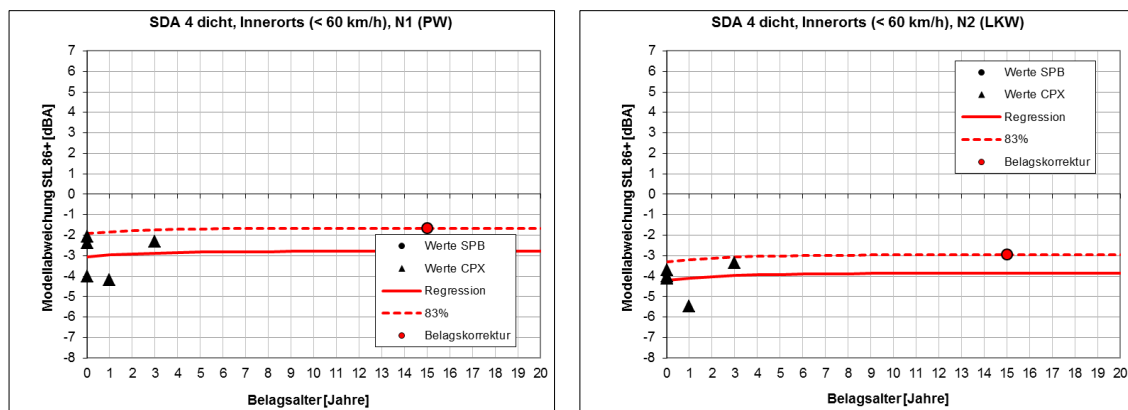


Tabelle 21: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SDA 4 dicht (ohne Firmenlösungen) im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
nach 15 Jahre	-1.7	-3.0	-2.3
nach 10 Jahre	-1.7	-3.0	-2.3
50%-Quantil	-2.8	-3.9	-3.3
mittlere Anfangswirkung	-2.8*	-3.9*	-3.4
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-2.9	-3.9	-3.4
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-2.9	-4.0	-3.4
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	-2.9 (2)	-4.0 (3)	-3.5

\* basierend auf Anzahl Werten < 5

23. Oktober 2017

### 3.3.2 SDA 4 teilweise zugängliche Hohlräume (ohne Firmenlösungen)

Abbildung 25: Alterungsmodell für die Belagsklasse SDA 4 teilweise zugängliche Hohlräume (ohne Firmenlösungen) im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

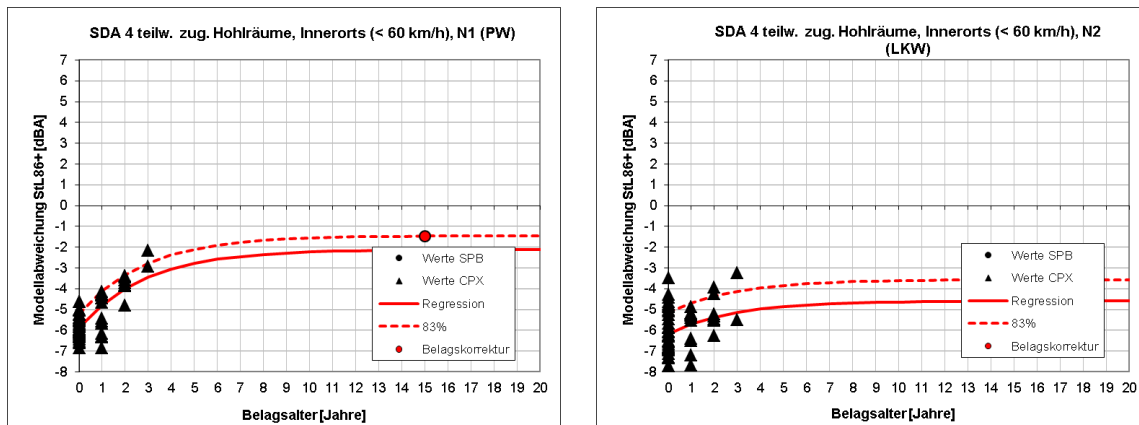


Tabelle 22: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SDA 4 teilweise zugängliche Hohlräume (ohne Firmenlösungen) im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
nach 15 Jahren	-1.5	-3.6	-2.5
nach 10 Jahren	-1.6	-3.6	-2.6
50%-Quantil	-2.1	-4.6	-3.3
mittlere Anfangswirkung	-5.8	-6.1	-6.0
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-2.9	-4.9	-3.9
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-3.3	-5.1	-4.2
Abflachungswert [bei X Jahren = wert in ( )]	-2.3 (9)	-4.7 (7)	-3.5



23. Oktober 2017

### 3.3.3 SDA 4 zugängliche Hohlräume (ohne Firmenlösungen)

Abbildung 26: Alterungsmodell für die Belagsklasse SDA 4 zugängliche Hohlräume (ohne Firmenlösungen) im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

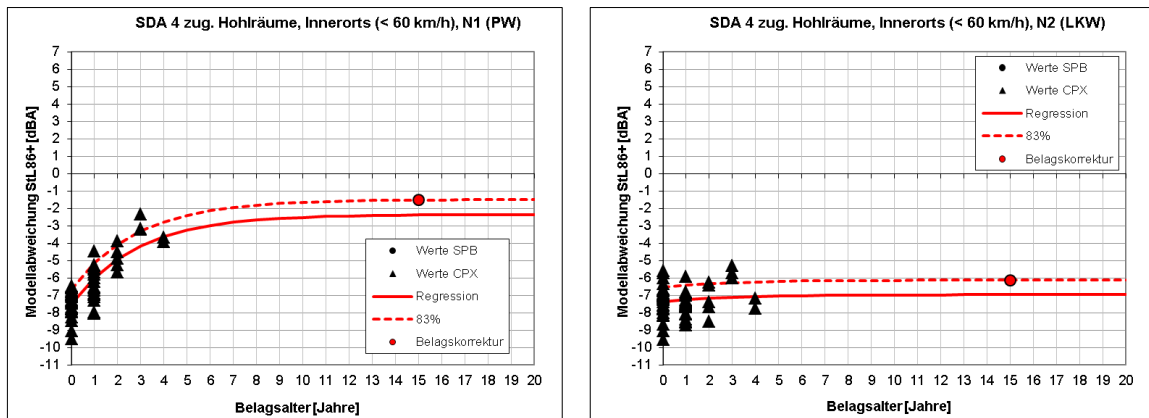


Tabelle 23: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SDA 4 zugängliche Hohlräume (ohne Firmenlösungen) im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
nach 15 Jahren	-1.5	-6.1	-3.5
nach 10 Jahren	-1.6	-6.1	-3.6
50%-Quantil	-2.4	-7.0	-4.3
mittlere Anfangswirkung	-7.4	-7.3	-7.3
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-3.4	-7.1	-5.1
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-3.9	-7.1	-5.4
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in [ ])	-2.5 (10)	-7.1 (3)	-4.5

23. Oktober 2017

### 3.3.4 SDA 4 Firmenlösungen

Abbildung 27: Alterungsmodell für die Belagsklasse SDA 4 Firmenlösungen im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

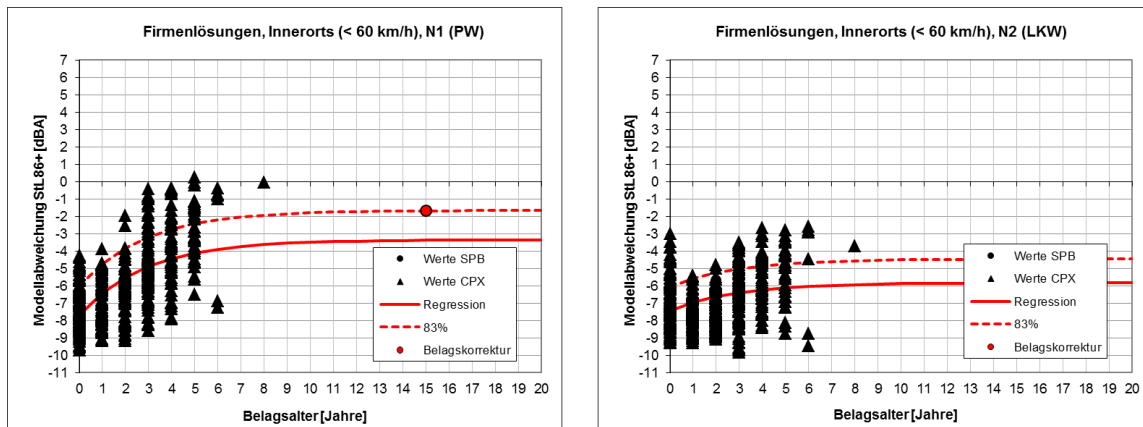


Tabelle 24: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SDA 4 Firmenlösungen im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
nach 15 Jahren	-1.7	-4.5	-3.0
nach 10 Jahren	-1.8	-4.5	-3.1
50%-Quantil	-3.4	-5.8	-4.6
mittlere Anfangswirkung	-7.3	-7.1	-7.2
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-4.3	-6.2	-5.2
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-4.7	-6.3	-5.5
Abflachungswert [bei X Jahren = wert in ( )]	-3.5 (10)	-6.0 (7)	-4.7

23. Oktober 2017

### 3.3.5 SDA 8 dicht

Abbildung 28: Alterungsmodell für die Belagsklasse SDA 8 dicht im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

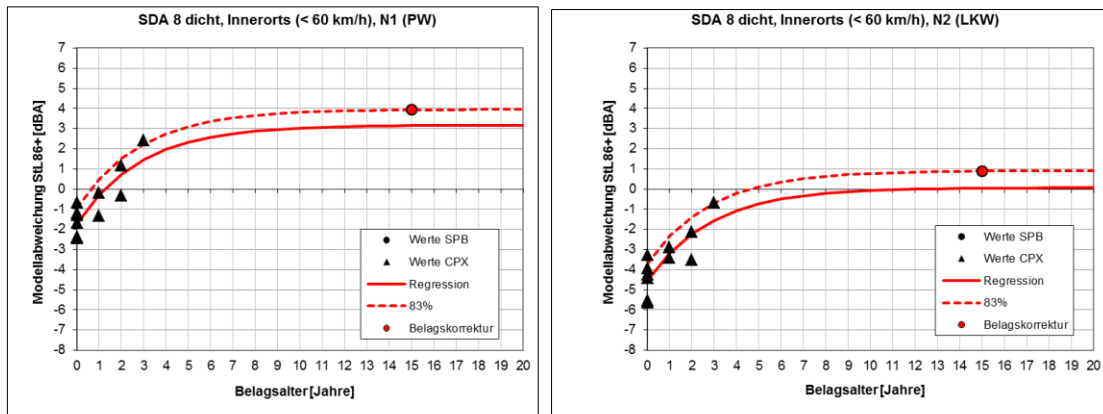


Tabelle 25: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SDA 8 dicht im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
nach 15 Jahren	+3.9	+0.9	+2.5
nach 10 Jahren	+3.8	+0.8	+2.4
50%-Quantil	+3.1	±0.0	+1.7
mittlere Anfangswirkung	-1.6	-4.5	-3.0
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+2.1	-0.9	+0.7
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	+1.7	-1.3	+0.3
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in [ ])	+3.0 (10)	-0.1 (10)	+1.6

### 3.3.6 SDA 8 teilweise zugängliche Hohlräume

Abbildung 29: Alterungsmodell für die Belagsklasse SDA 8 teilweise zugängliche Hohlräume im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

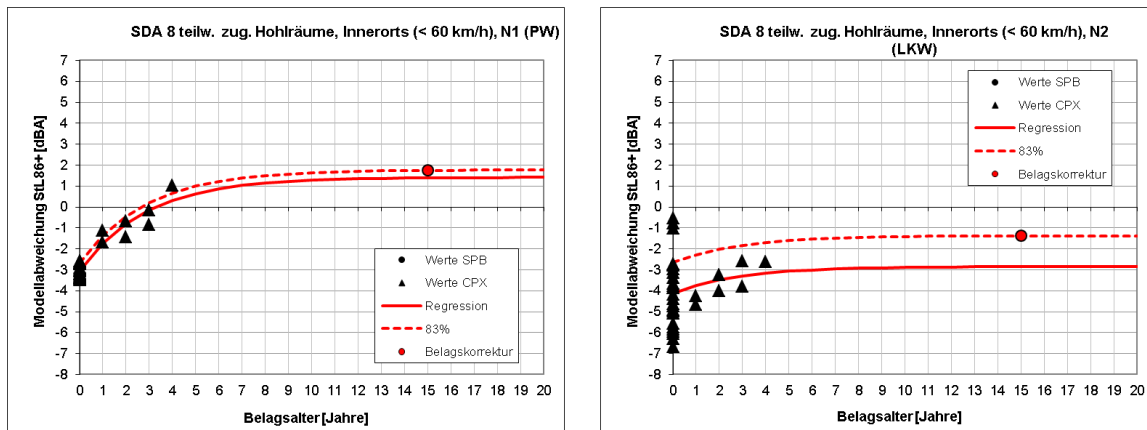


Tabelle 26: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SDA 8 teilweise zugängliche Hohlräume im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
nach 15 Jahren	+1.7	-1.4	+0.3
nach 10 Jahren	+1.6	-1.4	+0.2
50%-Quantil	+1.4	-2.9	-0.5
mittlere Anfangswirkung	-3.0	-4.1	-3.6
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	+0.5	-3.1	-1.1
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	+0.1	-3.2	-1.4
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	+1.3 (10)	-3.0(6)	-0.6

23. Oktober 2017

### 3.3.7 SDA 8 zugängliche Hohlräume

Abbildung 30: Alterungsmodell für die Belagsklasse SDA 8 zugängliche Hohlräume im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

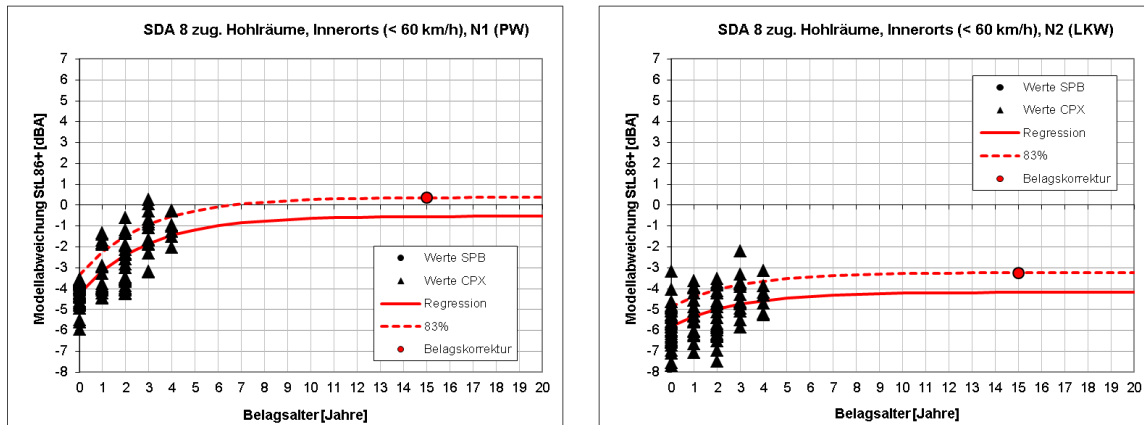


Tabelle 27: Kennwerte für die akustische Wirkung für die Belagsklasse SDA 8 zugängliche Hohlräume im Innerortsbereich für PW (N1) und LKW (N2).

Belagskennwert (83 %-Quantil)	PW (N1) [dB(A)]	LKW (N2) [dB(A)]	Mischverkehr (8 % LKW-Anteil) [dB(A)]
nach 15 Jahren	+0.4	-3.2	-1.3
nach 10 Jahren	+0.3	-3.3	-1.3
50%-Quantil	-0.5	-4.2	-2.2
mittlere Anfangswirkung	-4.2	-5.8	-5.0
mittlere Wirkung bis 15 Jahre	-1.3	-4.5	-2.8
mittlere Wirkung bis 10 Jahre	-1.6	-4.7	-3.1
Abflachungswert (bei X Jahren = wert in ( ))	-0.7 (9)	-4.3 (7)	-2.3

#### 4. Fazit

Im Rahmen des vorliegenden Projektes wurden mehrere verschiedene Bewertungsmethoden am aktuellen Datensatz der Belagsgütemessungen der Grolimund + Partner AG geprüft. Die Auswertungen haben gezeigt, dass je nach Beurteilungsmethode die Beläge unterschiedlich abschneiden. Die bisherige Methode zur Bestimmung des Belagskennwertes gemäss LFSL Anhang 1b ist repräsentativ für den Datensatz und ist aufgrund des Vertrauensbereichs bei 83 % auf der sicheren Seite (d.h. 5 von 6 Belägen sind leiser als der ermittelte Endwert). Diese Methode hat sich für die Berücksichtigung erprobter Bauweisen gut bewährt. Für die Berücksichtigung der Lärmreduktion von neuen Rezepturen und Bauweisen ist die Methodik weniger geeignet, da diese bei der Einführung oft stärker streuende akustische Wirkungen aufweisen, bis die Rezepturen und Bauweisen gefestigt sind. Zudem werden Beläge mit sehr guten Lärmreduktionen in den ersten fünf Jahren mit der Endwertmethodik nicht genügend honoriert, obwohl sie in der Praxis starke Lärmreduktionen erzielen und damit effektiven Lärmschutz an der Quelle betrieben wird.

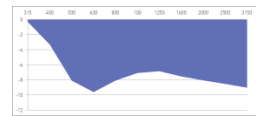
Um in solchen Fällen die mittlere erreichte Wirkungen und Anfangswirkung besser im Belagskennwert honorieren zu können, sollten alternative Beurteilungsgrössen zusätzlich zum rechtlich relevanten Endwert angewendet werden. Je nach Fragestellung könnten unterschiedliche Beurteilungsgrössen von Bedeutung sein. Tabelle 28 zeigt einige der gängigsten Anwendungsbeispiele und die dazugehörige relevante akustische Beurteilungsgrösse. Tabelle 29 dokumentiert die Art und Weise, wie die akustischen Belageigenschaften üblicherweise in der Lärmberechnung berücksichtigt werden.

Tabelle 28: Verwendung der akustischen Beurteilungsgrösse Strassenbeläge in Abhängigkeit der Fragestellung

Verwendung		relevanter akustischer Belagszustand	Ermittlungsart
Ermittlung von Modellkorrekturen Messung – Berechnung	Art. 13 LSV	Aktueller Zustand	SPB, CPX, SEM
Ermittlung der Wirkung von lärmarmen Belägen als Massnahme in Sanierungsprojekten	Art. 13 LSV Art. 36 LSV Art. 37 LSV	Bisher Endwert	Bisher Endwert, Empfohlen: neu Mittelwert
Ermittlung der rechtlich maximal zulässigen Lärmbelastung, Lärmbelastungskataster	Art. 13 LSV Art. 36 LSV Art. 37 LSV	Endwert	LFSL Anhang 1b
Bauprojekte, neue erweiterte, umgebaute Strassen, UVB	Art. 7 LSV Art. 8 LSV	Aktueller Zustand Beurteilungszustand Endwert	SPB, CPX, KZM LFSL Anhang 1b
Baugesuche	Art. 31 LSV	Aktueller Belagszustand (falls vorhanden)	SPB, CPX, KZM (falls vorhanden)

Tabelle 29: Berücksichtigung der akustischen Belageigenschaften in der Lärmberechnung

Berechnungsart		Beispiel SDA4
StL-86+	Eindeutiger Wert Messung SPB pro Fahrzeugkategorie, Leq Auswertung	-6
SonRoad	Eindeutiger Wert Messung SPB pro Fahrzeugkategorie, Lmax Auswertung	-6
SonRoad+	Messung CPX pro Fahrzeugkategorie Spektrale Korrektur notwendig → muss zwingend auch als Ganzzahl berücksichtigt werden können (Praktische Handhabung, Nachvollziehbarkeit)	
Immissionsseitige Belagskorrektur	Eindeutiger Wert	-6



Grolimund + Partner AG

Erik Bühlmann

Tina Saurer