Reinigung von semi-dichten Asphalten zur Erhaltung der akustischen Leistung

Vincent Roth[1], Hanspeter Gloor[2], Dejan Milo[2], Erik Bühlmann[1]

[1] Grolimund + Partner AG, 3006 Bern, E-Mail:vincent.roth@grolimund-partner.ch

[2] Departement Bau Verkehr und Umwelt des Kantons Aargau, Abteilung Tiefbau, 5000 Aarau, E-Mail: hanspeter.gloor@ag.ch

Einleitung

Semi-Dichte Asphalte (SDA) dienen in der Schweiz als etablierte Lärmschutzmassnahme im Innerortsbereich. Dauerhafte Lärmminderung mittels semidichter Asphalte (SDA) ist auch heute noch eine Herausforderung. Erfahrungen aus Forschungsprojekten zeigen [1], dass der lärmmindernde Effekt zu einem grossen Teil aus den von der Oberfläche zugänglichen Hohlräumen entsteht, welche für eine dauerhafte akustische Leistung sorgen. Eine hohe mechanische Beanspruchung von SDA geht in der Regel mit einem Abtrag von Feinanteilen einher, zudem entstehen Staubpartikel durch Abrieb der Reifen. Diese Staubpartikel lagern sich, zusammen mit externem Schmutzeintrag (z.B. durch Baustellen und Landwirtschaft), in den Hohlräumen des leisen Strassenbelages ab und führen zu einem graduellen Verlust dessen schallabsorbierenden Wirkung. In dieser Studie wird untersucht inwiefern sich eine regelmässige Reinigung von semi-dichten Asphalten zur Erhaltung der akustischen Leistung lohnt und inwiefern sich diese mittels der Close Proximity (CPX) Messmethode quantifizieren lässt (siehe auch ISO 11819-2 und ISO 11819-3). Zu diesem Zweck wurden auf vorbestimmten Abschnitten im Kanton Aargau die auftretenden Verschmutzungen dokumentiert und die akustischen Auswirkungen von unterschiedlichen Reinigungsverfahren und -zyklen auf diesen Abschnitten untersucht. Als Ergebnis wurde ein direkter Vergleich zwischen Vorher- und Nachhermessungen aufgestellt. Zur Dokumentation des erreichten Reinigungseffekts wurde zusätzlich die Porenzugänglichkeit gemessen sowie eine Texturanalyse der Fahrbahnoberfläche durchgeführt.

Variabilität der akustischen Alterung

Erfahrungen aus Forschungsprojekten [1] und der Praxis zeigen eine relativ grosse Variabilität der akustischen Alterung bei unterschiedlichen SDA Belägen trotz ähnlicher Beanspruchungen. Die Hauptursachen hierfür sind in erster Linie die Variabilität der eingebauten Asphaltrezepturen, welche das Ausmass der von der Oberfläche zugänglichen Hohlräume und deren Verbindungsgrad untereinander beeinflussen kann. Durch eine feinere Textur kann eine gute akustische Leistung von SDA Belägen im Neuzustand erreicht werden, welche sich aber durch die mechanische Beanspruchung relativ rasch verschlechtern und zu einem messbar höheren Lärmpegel führen kann. Untersuchungen zeigen jedoch, dass Belagsoberflächen mit guten Entlüftungseigenschaften (durch eine rugöse Oberflächentextur und von der Oberfläche zugänglichen Hohlräumen) zu guten und langfristigen akustischen Leistungen führen [2] [3] [4].

Ziel der Untersuchung ist es, das Potenzial einer regelmässigen Reinigung zur Erhöhung der akustischen Lebensdauer des Belags zu erfassen. Dabei muss beachtet werden, dass die präventive Reinigung nicht zu Verlusten in der Akustik auf der Vibrationsseite (315-630 Hz) führen darf. Mit der vorliegenden Studie soll zudem eine Risikoabschätzung der Reinigung für allfällige Oberflächenbeschädigungen vorgenommen werden. Es handelt sich bei dieser Untersuchung um die ersten Ergebnisse einer Langzeitstudie, welche sich momentan im ersten Jahr befindet und mehrere Jahre fortgeführt werden soll. Bei der Interpretation der Resultate, muss dieser Tatsache Rechnung getragen werden.

Methoden

Zur Quantifizierung des Reinigungseffekts wurden drei unterschiedliche Messmethoden angewandt, welche nachfolgend kurz beschrieben werden. Die Rollgeräuschmessung CPX dient dabei als Fokus der Datenerhebungen, während die Porenzugänglichkeit und die Texturanalyse als erklärende Grössen ermittelt wurden.

Methode 1: Frequenzanalyse der Rollgeräuschmessungen CPX

Mit dem CPX-Messverfahren wird die akustische Belagsgüte kontinuierlich über die gesamt Messstrecke erfasst. Dabei wird der Schallpegel in zwei separaten schallgedämmten Kammern innerhalb des Messanhängers in unmittelbarere Reifennähe mit je zwei Mikrofonen aufgezeichnet. Im Rahmen einer vorangehenden Studie im Kanton Aargau [1] konnten die verschiedenen Frequenzen des Gesamtspektrums in einzelne Teilgeräusche aufgeteilt werden: So entsteht der lärmmindernde Effekt von SDA-Belägen vornehmlich aus zwei Effekten: zum einen entsteht die Lärmminderung aus den zugänglichen Hohlräumen, welche sich über die Minderung der Luftströmungsgeräusche (Frequenzen 1600 – 5000 Hz) und über die Schallabsorption (Frequenzen 800 – 1250 Hz) messen lässt und zum anderen aus der feinen Oberflächentextur, welche zur Minderung der Vibrationsgeräusche führt (Frequenzen 315 – 630 Hz). Der akustische Alterungsprozess von SDA-Beläge lässt sich in zwei Hauptphänomene unterteilen: 1. durch die mechanische Beanspruchung des Verkehrs kommt es zu einer graduellen Verschlechterung der Oberflächentextur; und 2. durch Staub- und Schmutzeintrag werden die von der Oberfläche zugänglichen Hohlräume allmählich verstopft. Beides führt zu einer sukzessiven Abnahme der lärmmindernden Eigenschaften. Über eine regelmässige Reinigung der Oberfläche erhofft man sich genau diese Hohlräume reinigen zu können und damit die akustische Alterung der SDA-

Beläge zu verlangsamen und dessen akustische Lebensdauer verlängern zu können.

Abbildung 1: CPX Messfahrzeug mit Anhänger der Grolimund + Partner AG

Methode 2: Ermittlung der Porenzugänglichkeit

Die Messung der Permeabilität erfolgt durch das „Flurhammersche“ Verfahren. Dabei wird eine vordefinierte Menge wässrige Seifenlösung in einem Plexiglasrohr mit vordefiniertem Durchmesser durch den zu untersuchenden Belag geleitet und dabei wird die Zeit bis zur vollständigen Entleerung des Rohrs festgehalten. Durch eine Vorher/Nachher Messung kann eine qualitative Differenz in der Porenzugänglichkeit ermittelt werden.

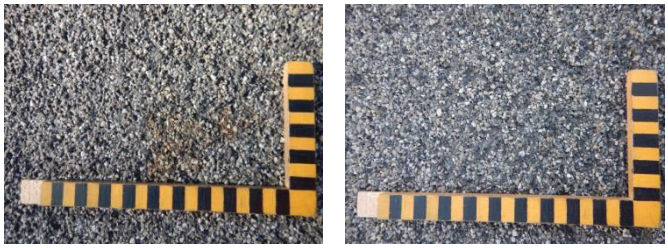

Abbildung 2: Belagsfotos eines SDA vor und nach der Reinigung der Oberfläche

Methode 3: Texturanalyse mittels 3D Analyse

Zur weiteren Analyse der Oberflächentextur wurde eine Kombination aus Photogrammetrie und 3D Verfahren angewandt. Dabei wird die Oberfläche des untersuchten Belags durch eine hohe Anzahl an Fotographien in einem Computerprogramm in 3D modelliert und dargestellt. Die Analyse der 3D-Struktur erlaubt Rückschlüsse auf die Veränderung der Oberflächentextur infolge der Reinigung. Die Texturanalyse dient der Analyse allfälliger Veränderungen der Oberflächen der unterschiedlichen Beläge vor und nach der Reinigung. Ähnlich wie bei der Porenzugänglichkeit lässt sich durch die Texturanalyse eine unterstützende Aussage hinsichtlich der CPX Messung ableiten.

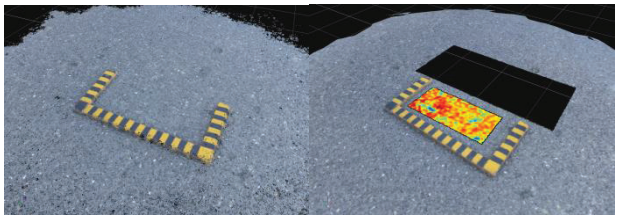

Abbildung 3: Abbildung der Oberfläche mittels 3D Verfahren zur Analyse der Texturveränderungen

Methode 4: Reinigungsverfahren

Auf sämtlichen der sechs ausgewählten Abschnitte wurden jeweils drei Reinigungsverfahren angewandt. Tabelle 1 zeigt diese drei Verfahren und deren Eigenschaften. Alle drei Verfahren wurden jeweils auf jedem der Abschnitte durchgeführt. Es wurde jeweils mit 110 bar und einem Schwemmbalken vorne am Reinigungsfahrzeug gereinigt, dann zwei Durchgänge mit 200 bar und auf dem letzten Teilabschnitt mit 200 bar bei einem Durchgang mit Rotoren unten am Fahrzeug.

Tabelle 1: Auflistung der angewandten Reinigungsverfahren bei der Messkampagne 2018 (Quelle: Openstreetmaps)

Verfahren	Parameter		
	Druck [bar]	Anzahl Durchgänge	Vorgehen
Schwembalken	110	1x	
2x Rotoplast	200	2x	
1x Rotoplast	200	1x	

Messmethode und Datengrundlage

Die Datenerhebung im Kanton Aargau fand 2018 mittels einer Reihe von Messungen über die Zeitdauer von sieben Monaten statt. Die Messkampagne wurde zwischen Mai und Anfang November 2018 geführt. Auf jedem Messabschnitt wurde im besagten Zeitraum eine Sequenz aus 2 Reinigungen und insgesamt vier Messungen durchgeführt (siehe Abbildung 4). Der Initialzustand des Belages wurde dabei zunächst mit einer 0-Messung erfasst. Danach wurden je eine erste Messung nach der ersten Reinigung durchgeführt (1-Messung), welche für die Ermittlung des Kurzzeiteffekts betrachtet wird. Nach einer längeren Pause wurden je ein weiterer Reinigungszyklus sowie weitere Messungen im Oktober (2-Messung) und November (3-Messung) durchgeführt.

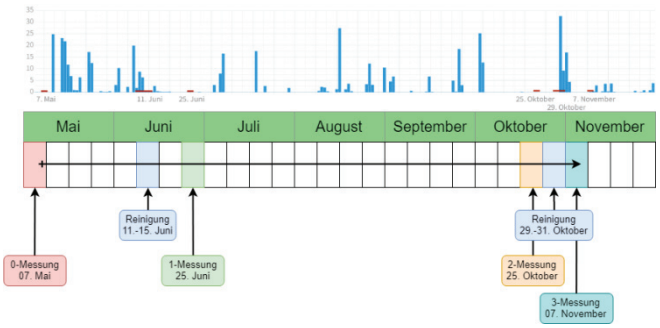

Abbildung 4: Zeitlicher Ablauf der Messkampagne 2018

Bei den gemessenen Streckenabschnitten handelt es sich um SDA4 Beläge, welche in unterschiedlichen Jahren eingebaut wurden. Die Beläge wurden zwischen 2013 und 2017 eingebaut. Auf diese Weise soll ermittelt werden, inwiefern

die Reinigungsverfahren den längerfristigen Schmutzeintrag vermindern und bereits seit längerem eingetragenen Schmutz entfernen können.

Resultate

Die Resultate werden aufgeteilt in die CPX-Messungen, die Messungen der Porenzugänglichkeit und die Messungen der Oberflächentextur. Die Hauptmessungen mittels CPX Verfahren ergaben ein eher heterogenes Bild und lassen sich in verschiedene Untergruppen (siehe Abbildung 5) in Abhängigkeit des Belagsalters einteilen. Jede dieser Untergruppen lässt eine Interpretation zu, welche durch die Untersuchungen der Porendurchlässigkeit und der Textur gestützt werden kann. Die Belagsabschnitte aufgeteilt nach Belagsalter werden weiter unterteilt in Gruppen mit kurzfristigem Reinigungseffekt und mit langfristigem Reinigungseffekt.

Auf den älteren Belägen mit Baujahr 2013 und 2014 lassen sich keine deutlichen akustischen Effekte durch die Reinigung feststellen. So bewegen sich deren Belagsgütewerte bei den kurzfristigen Effekten zwischen -0.4 und +0.9 dB und bei den langfristigen Effekten ebenfalls.

Bei den neueren Belägen mit Baujahr 2016 und 2017 ergeben sich kurzfristige akustische Effekte von -0.3 bis +0.9 dB und eine grosse Spannweite von -0.9 bis +1.7 dB bei den langfristigen Effekten.

Da die Unterschiede innerhalb des Bereichs des Messfehlers liegen, lassen diese keine generellen Rückschlüsse zum kurzfristigen Reinigungseffekt zu.

Veränderung Akustische Belagsgüte [dB]

Ort (Belagstyp, Einbaujahr)	Differenz 1-0 Messungen				Differenz 3-2 Messungen				Differenz 3-0 Messungen			
	1xRotoplast	2xRotoplast	Schwemmbalken	Referenz	1xRotoplast	2xRotoplast	Schwemmbalken	Referenz	1xRotoplast	2xRotoplast	Schwemmbalken	Referenz
Beinwil am See (SDA4-16, 2013)	0.0	-0.3	-0.4	0.2	-0.4	0.2	0.0	-0.3	-0.4	0.2	0.0	-0.2
Dintikon (SDA4-12, 2014)		0.7	0.7	0.7		-0.1	-0.3	-0.2		0.5	0.9	0.0
Dintikon (SDA4-16, 2014)	0.0			-0.2	-0.1			-0.3	0.7			0.3
Windisch (SDA4-16, 2014)	0.5	0.7	0.1	0.9	0.2	0.3	-0.7*	0.1	0.0	0.7	0.1	0.3
Remigen Rinikerstr. (SDA4-12, 2014)	0.0	0.0	0.5	0.5	0.0	0.0	0.1	-0.4	0.0	0.0	0.1	-0.2
Remigen Villigerstr. (SDA4-12, 2016)	0.8	0.1	0.0	-0.1	0.1	-0.1	0.9	0.3	-0.9	0.8	1.7	0.2
Aarau (SDA4-12, 2017)	0.2	-0.1	-0.1	0.1	0.0	-0.1	-0.1	0.0	0.3	0.2	0.4	0.4
Brunegg (SDA4-12, 2017)	-0.3	-0.1	-0.1	0.1	-0.2	0.1	0.2	0.0	0.0	0.2	0.4	0.0

Kurzfristiger Reinigungseffekt | Langfristige Reinigungseffekte

*: Geschwindigkeit konnte nicht eingehalten werden

Abbildung 5: Veränderung der akustischen Belagsgüte auf ausgewählten Strassenabschnitten

Die Abbildung 5 zeigt die Abnahme der Belagsgütewerte in zunehmend roter Farbe und die Zunahme von hellgrün bis dunkelgrün. Eine gleichbleibende Belagsgüte ist gelblich markiert. Abbildung 5 zeigt, dass sich sowohl die kurzfristigen Reinigungseffekte als auch die längerfristigen Effekte in etwa im Gleichgewicht halten. Die längerfristigen Effekte zeigen fast durchgehend eine Abnahme der Belagsgütewerte. Die einzige Ausnahme findet sich bei der Strecke Remigen (-0.9 dB), welche sich nicht auf die Reinigung zurückverfolgen lässt. Die Veränderung des Spektrums eines einzelnen Standortes wird beispielhaft an der Abbildung 6 gezeigt. Die Abbildung zeigt die Differenz der aufgezeichneten Belagsgüte zwischen der 0-Messung und der 1-Messung als Abweichung in dB.

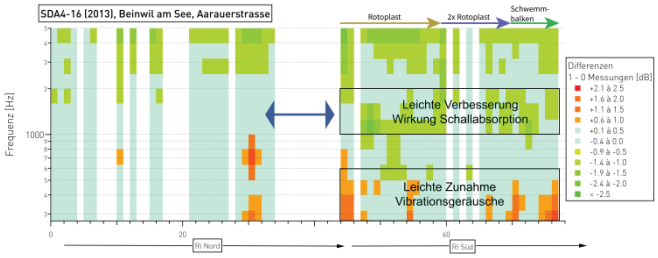

Abbildung 6: Veränderung der akustischen Leistung durch Reinigung. Links ungereinigte Fahrbahn und rechts gereinigte Fahrbahn

Aufgrund der Abbildung 6 lässt sich feststellen, dass die Differenz zwischen den Frequenzen 1000 – 2000 Hz leicht abgenommen hat im Bereich, in welchem die schallabsorbierenden Eigenschaften wirken. Am selben Standort ist ebenfalls eine leichte Zunahme in den Frequenzen von 315-630 Hz festzustellen, welche vor allem den Vibrationsschall charakterisieren. Folglich konnte durch die Reinigung die Zugänglichkeit der Hohlräume von der Oberfläche geringfügig verbessert werden. Allerdings kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Reinigung zu einer Verschlechterung der Oberflächentextur führt.

Der Vergleich der akustischen Belagsgüte an einem Standort (Beinwil am See (2013), siehe Abbildung 7) zeigt, dass die Referenzmessung relativ unverändert bleibt und dass sich daraus keine akustische Alterung ableiten lässt. Einzig bei der einmaligen Rotoplast Reinigung (1x Rotoplast) lässt sich eine leichte Verbesserung, -0.5 dB, der akustischen Wirkung zwischen der 0-Messung und der 3-Messung aufzeichnen. Wahrscheinlich werden Schmutzablagerungen, welche länger zurückliegen, durch die Reinigung nur sehr beschränkt entfernt und deshalb ergibt sich kein besseres Resultat.

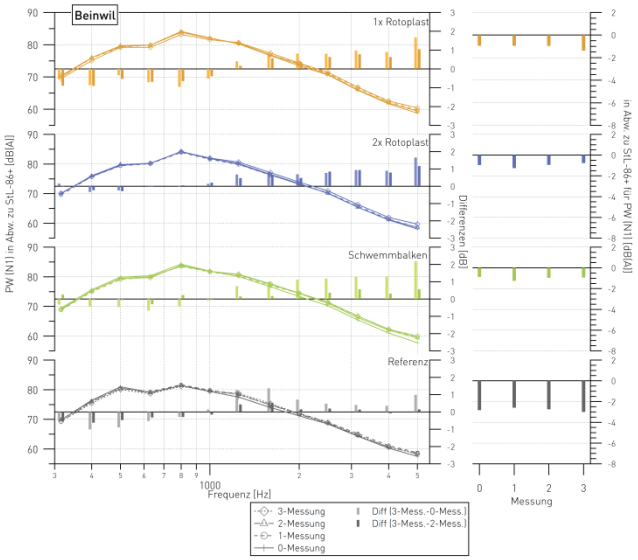

Abbildung 7: CPX Rollgeräuschspektren vor und nach der Reinigung an einem Standort.

Ergebnisse und Diskussion

Die Messungen der Porenzugänglichkeit mittels Wasserpermeabilität zeigen tendenziell eher kleine Effekte, welche in einem Bereich liegen, der statistisch nicht signifikant ist. Die Messungen lassen minimale Rückschlüsse auf die Porenzugänglichkeit aufgrund der Reinigung zu. Einzig ein Standort zeigte eine verbesserte

Porenzugänglichkeit auf, welcher durch die wahrscheinliche Belagsreinigung der Baustelle dort zustanden kam.
Die Texturanalyse in ergibt ebenfalls keine signifikante Veränderung der Oberfläche durch die Reinigung. Die Datenanalyse der Textur zeigt aber auch, dass Reinigung während der Kampagne keine sicht- und messbaren Veränderungen der Belagsoberfläche entstehen lassen und die Reinigung somit weder bei 110 bar noch bei 200 bar bleibende Schäden hinterlässt.
Es ist lediglich eine relativ geringer akustischer Reinigungseffekt messbar. Schmutzablagerungen auf älteren Belägen lassen sich nur teilweise entfernen. Oberflächennaher Schmutz kann lokal und kleinräumig effektiv entfernt werden und trägt sehr lokal zu einer Reduzierung von bis zu 2.5 dB bei.
Es handelt sich bei diesem Projekt um eine Langzeitstudie, welche sich im ersten Jahr befindet und zurzeit noch nicht abgeschlossen ist. Deshalb dürfen die Ergebnisse nicht abschliessend betrachtet werden. Bei dieser Untersuchung handelt es sich eher um eine Risikoabschätzung, welche aufzeigen soll inwiefern sich die Reinigung von SDA Belägen negativ auf deren Belagsgütewerte auswirke könnte. Durch einen direkten Vergleich gereinigter und nicht gereinigter Abschnitte auf derselben Strecke soll im Rahmen zukünftiger Untersuchen der Langzeiteffekt von Reinigungen auf die akustische Lebensdauer von SDA Beläge näher bestimmt werden.
Die Abbildung 8 sowie die Abbildung 9 zeigen deutlich, wie sich mit zunehmendem Alter die Anteile am Gesamtspektrum über die Frequenzbänder verschieben.

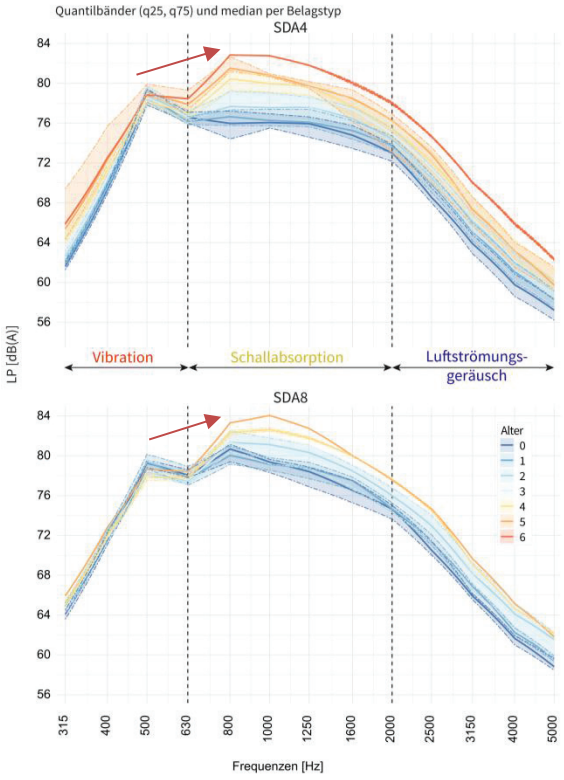

Abbildung 8: Rollgeräuschspektren CPX auf den gemessenen Strecken im Kanton Aargau in Abhängigkeit des Belagsalters nach Einbau.

So geht hervor, dass mit zunehmender Alterung die Frequenzen in den Bereichen 630-2000 Hz und etwas weniger ausgeprägt in den Frequenzen 2000-5000 Hz zunehmend zum Gesamtpegel beitragen während der Bereich von 315-630 Hz nur geringe Veränderungen erfährt. Die Tatsache, dass sich einerseits mit zunehmendem Alter die Peakfrequenz von 500 Hz auf 800 – 1250 Hz verschiebt (siehe rote Pfeile Abbildung 8) und die Tatsache, dass andererseits der Anteil Schallabsorption und Luftströmung gegenüber der Vibration zunimmt (siehe gelbe Pfeile Abbildung 9) zeigt, dass sich die akustische Alterung unmittelbar über die Zugänglichkeit der Hohlräumen erklären lässt. Dieser Effekt [1] in den oben beschriebenen Frequenzbereichen lässt den Rückschluss zu, dass eine Reinigung der Oberfläche der Beläge zu einer Verminderung des Rückgangs der akustischen Belagsgüte führen müsste.

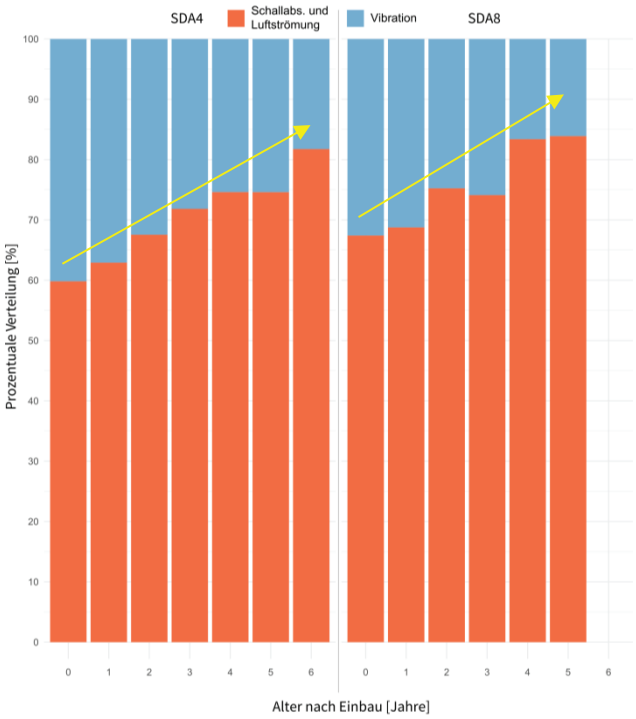

Abbildung 9: Aufteilung der Lärmquelle in Vibrations- und kombinierte Schallabsorptions- und Luftströmungsanteile in Abhängigkeit des Belagsalters und des Belagstyps

Die Reinigung von semi-dichten Asphalten bedarf weiterer Untersuchungen über einen längeren Zeitraum um die tatsächliche Wirkung auf deren akustischen Lebensdauer aufzeigen zu können.

Literatur

[1] Saurer, T., H. Gloor, E. Bühlmann, E. Hammer, „Etablierung eines Akustik-Faktors zur Beurteilung der akustischen Leistung von semidichten Asphalten“, DAGA, 2019.

[2] E. Bühlmann, P. Bürgisser, T. Ziegler, C. Angst, and Beckenbauer Thomas, “Forschungspaket lärmarme Beläge innerorts Teilprojekt (TP 3): Langzeitmonitoring”, 2017.

[3] E. Hammer und H. Gloor, „Lärmarme Beläge – Erhalten was man bestellt!“, DAGA, pp. 654-657, 2017.

[4] Thomas Beckenbauer, “Physik der Reifen-Fahrbahn-Geräusche”, 4. Informationstage Lärmaktionsplanung, 2008.