

Grolimund + Partner AG
Waldeggstrasse 42a, 3097 Liebefeld-Bern, T 031 356 20 00
www.grolimund-partner.ch



CPX-Messungen Strassenbeläge Messbericht 2023

BAFU
A6363
25. März 2024

Impressum

Auftragnehmer

Grolimund + Partner AG

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Projektteam

Tina Saurer

Lena Gafner

| Version | Datum | Autoren | Beschrieb | Verteiler |
|---------|------------|-----------------------|------------|--------------------------------|
| V 1 | 25.03.2024 | L. Gafner / T. Saurer | Endfassung | BAFU: D. Schneuwly, S. Steiner |

Diese Studie wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

V1_Bericht_BAFU_CPX_2023_Endfassung.docx

Inhalt

| | |
|---|----|
| 1. Ausgangslage | 4 |
| 2. Belagsbezeichnungen | 5 |
| 3. Durchführung der Messungen | 6 |
| 3.1 CPX-Messungen..... | 6 |
| 4. Messstrecken | 8 |
| 4.1 Übersicht Messstrecken 2018 – 2023..... | 8 |
| 4.2 Messstrecken 2023..... | 10 |
| 5. Messresultate 2023..... | 14 |
| 5.1 Langzeitwirkung SDA 4..... | 14 |
| 5.2 Langzeitwirkung SDA 8..... | 15 |
| 5.3 Einfluss Verkehrslast..... | 15 |
| 5.4 AC und Übergangsbeläge..... | 16 |
| 6. Übersicht Messresultate 2018-2023 | 17 |
| 7. Analyse der Messresultate 2023..... | 20 |
| 7.1 Analyse Langzeitwirkung SDA 4 / SDA 6 | 20 |
| 7.2 Analyse SDA 4 Höhenlage..... | 21 |
| 7.3 Analyse SDA 4 Verkehrslast..... | 22 |
| 7.4 Analyse Langzeitwirkung SDA 8..... | 23 |
| 7.5 Analyse SDA 8 Höhenlage..... | 24 |
| 7.6 Analyse SDA 8 Verkehrslast..... | 25 |
| 7.7 Analyse AC und Übergangsbeläge..... | 26 |
| 8. Erkenntnisse Messjahre 2018-2023 | 27 |

Anhang

Separates Dokument

1. Ausgangslage

Um Lücken im Wissenstand zu Alterungsverhalten und Eignung von lärmarmen Strassenbelägen zu schliessen, werden im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) die akustische Wirkung von schweizweit bestehenden lärmarmen Belägen (LAB), konventionellen Asphaltbeton-Belägen (AC) und Übergangsbelägen untersucht. Ziel ist es, mit Hilfe der Erfahrung aus vorangegangener Belagsgütemessungen sowie den akustischen Daten der aktuellen Messkampagne Grundlagen für eine Entscheidungshilfe zu erarbeiten, welche es erlaubt auf einem spezifischen Strassenabschnitt eine geeignete Bauweise auszuwählen.

Die akustische Belagsgüte wird dabei mit dem normierten CPX-Verfahren (close proximity) bestimmt. Mit diesem Messverfahren wird die akustische Belagsgüte über die ganze Länge einer Strecke kontinuierlich erfasst. Mittels ergebnisorientierten Messkonzepten sollen verschiedene Fragestellungen beantwortet werden.

Folgende **Fragestellungen** standen im vorliegenden Projekt im Fokus:

- Wie verhält sich die akustische Langzeitwirkung von SDA 4 Belägen?
- Wie verhält sich die akustische Langzeitwirkung von SDA 8 Belägen?
- Wie verhält sich die akustische Wirkung von SDA 4 und SDA 8 Belägen in Abhängigkeit der Beanspruchung durch hohe Verkehrslasten?
- Wie verhält sich die akustische Wirkung von SDA 4 und SDA 8 Belägen in Abhängigkeit von klimatischen Bedingungen (Höhenlage)?
- Wie verhält sich die akustische Langzeitwirkung von AC-Belägen und Übergangsbelägen?

Das Messkonzept und die damit verbundene Auswahl der Messstrecken zur Beantwortung der oben beschriebenen Fragestellungen wurde in Zusammenarbeit mit dem BAFU erarbeitet. Dabei wurde hauptsächlich auf der bei G+P AG vorhandenen Daten zurückgegriffen.

Im Jahr 2023 wurde auf Messungen auf Belägen in Abhängigkeit von klimatischen Bedingungen (Höhenlage) verzichtet.

Im vorliegenden Berichtsteil werden insbesondere die Ergebnisse der Messungen 2023 präsentiert, sowie ein Fazit über die gesamte Projektdauer gezogen. Die Ergebnisse der Messungen aus den Jahren 2018 bis 2022 sind in den Auswertungen integriert und im Detail dem Anhang zu entnehmen.

2. Belagsbezeichnungen

In den folgenden Tabellen sind die in der Schweiz meistverbreiteten lärmarmen und konventionellen Belagstypen und deren Bezeichnungen aufgelistet.

Tabelle 1: Übersicht Belagsbezeichnungen

| Belagstyp | Bezeichnung | Bemerkung |
|----------------|--|---|
| SDA | Semi-dichter Asphalt | SDA 4 innerorts, SDA 8 alle Strassentypen |
| ACMR | Rauasphalt | Alle Strassentypen (wurde durch SDA abgelöst) |
| PA | Offenporiger Asphalt | Nur bei >80 km/h |
| Firmenprodukte | Nanosoft, Sapaphone, Famsiphonogrip, etc | innerorts |
| AC | Asphaltbeton | Alle Strassentypen |
| SMA | Splittmastix Asphalt | Alle Strassentypen |
| GA | Gussasphalt | Alle Strassentypen |
| DSK | Kaltemikro | Übergangsbelaag |
| OB | Oberflächenbehandlung | Übergangsbelaag |

Tabelle 2: SDA - Charakteristischer Hohlraumgehalt und Grenzwerte der Marshall-Prüfkörper gemäss VSS 40 436:2022

| SDA | -12 (B*) | -16 (C*) | -20 (D*) |
|--|-------------|----------|----------|
| | [Volumen-%] | | |
| SDA 4 | 12 | 16 | 20 |
| SDA 8 | 12 | 16 | - |
| Grenzwerte für den Hohlraumgehalt der Marshallprüfkörper | | | |
| SDA 4 | 10...14 | 14...18 | 18...22 |
| SDA 8 | 10...14 | 14...18 | - |

*alte Bezeichnung gemäss Norm Version 2013. A = Volumen<10%

3. Durchführung der Messungen

3.1 CPX-Messungen

Die Messungen wurden mit einer Referenzgeschwindigkeit von 50 km/h durchgeführt. Pro Reifentyp wurden mindestens zwei Messfahrten vorgenommen. Bei zwei Reifentypen (PW und LKW) entspricht dies mindestens vier Messfahrten pro Fahrspur.

3.1.1 Zeitpunkt der Messungen

Die Messfahrten wurden von Frühling bis Herbst 2023 durchgeführt. Strecken mit hohem Verkehrsaufkommen wurden nachts gemessen.

3.1.2 Witterung

Zum Zeitpunkt der Messungen war es im Bereich der Messstrecken windstill und niederschlagsfrei. Die Fahrbahnen waren trocken.

3.1.3 Störgeräusche

Besondere Störgeräusche, beispielsweise durch besonders laute Vorbeifahrten von LKWs, Traktoren oder durch verkehrende Flugzeuge etc., traten während den Messungen nicht auf oder wurden in der Beurteilung nicht berücksichtigt.

3.1.4 Kalibrierung

Die akustischen Messgeräte wurden vor Beginn der Messungen mit einem Akustikkalibrator kalibriert. Die Kalibrierung wurde während Messpausen wie auch am Ende einer Messungen wiederholt und überprüft. Dabei ergaben sich keine Abweichungen.

3.1.5 Besonderheiten

Kurven

Es ist zu beachten, dass Kurvenfahrten gegenüber der Geradeausfahrt zu einer Verfälschung der Messergebnisse führen können. Der Einfluss von Kurven mit grossen Radien auf die Mittelwerte der einzelnen Belagsabschnitte ist in der Regel gering. Messsegmente, bei denen Kurveneinflüsse deutlich erkennbar sind, wurden bei der akustischen Beurteilung der Belagsabschnitte nicht berücksichtigt.

Geschwindigkeitsabweichungen

Im Nahbereich von Kreiseln und Streckenabschnitten mit Lichtsignalanlagen, Baustellen und Schwellen zur Temporeduktion waren gültige Messfahrten unter Einhaltung der Referenzgeschwindigkeit teilweise nicht möglich. Betroffene Streckenabschnitte, auf denen der normseitig vorgegebene Toleranzbereich für Geschwindigkeitsabweichungen nicht eingehalten werden konnte, wurden von der Beurteilung ausgeschlossen.

Belagsfremde Elemente

Fahrbahnsegmente auf denen Störeinflüsse durch das Überrollen von Schachtdeckeln, Fahrbahnunebenheiten, Bahngleisen, Fussgängerstreifen und andere Fahrbahnmarkierungen auftreten, wurden von der Belagsbeurteilung ausgeschlossen.

Verschmutzung

Starke Verschmutzungen wurden während den Messungen gekennzeichnet. Texturverändernde Verschmutzungen können die lärmreduzierende Wirkung eines Belags massgebend beeinflussen. Abschnitte, die besonders von Verschmutzung betroffen waren, wurden von der Beurteilung ausgeschlossen.

25. März 2024

4. Messstrecken

4.1 Übersicht Messstrecken 2018 – 2023

In Abbildung 1 sind alle CPX-Messstrecken von 2018 bis 2023 dargestellt. Diejenigen Strecken, welche seit 2018 bereits mehrmals gemessen wurden, sind schwarz umrandet und in den Tabellen 3 bis 6 mit einem Stern gekennzeichnet.

Weiter sind der Abbildung 2 die Anzahl Messungen pro Fragestellung in den Jahren 2018 bis 2023 zu entnehmen. Bis anhin wurden insgesamt 275 Beläge untersucht.

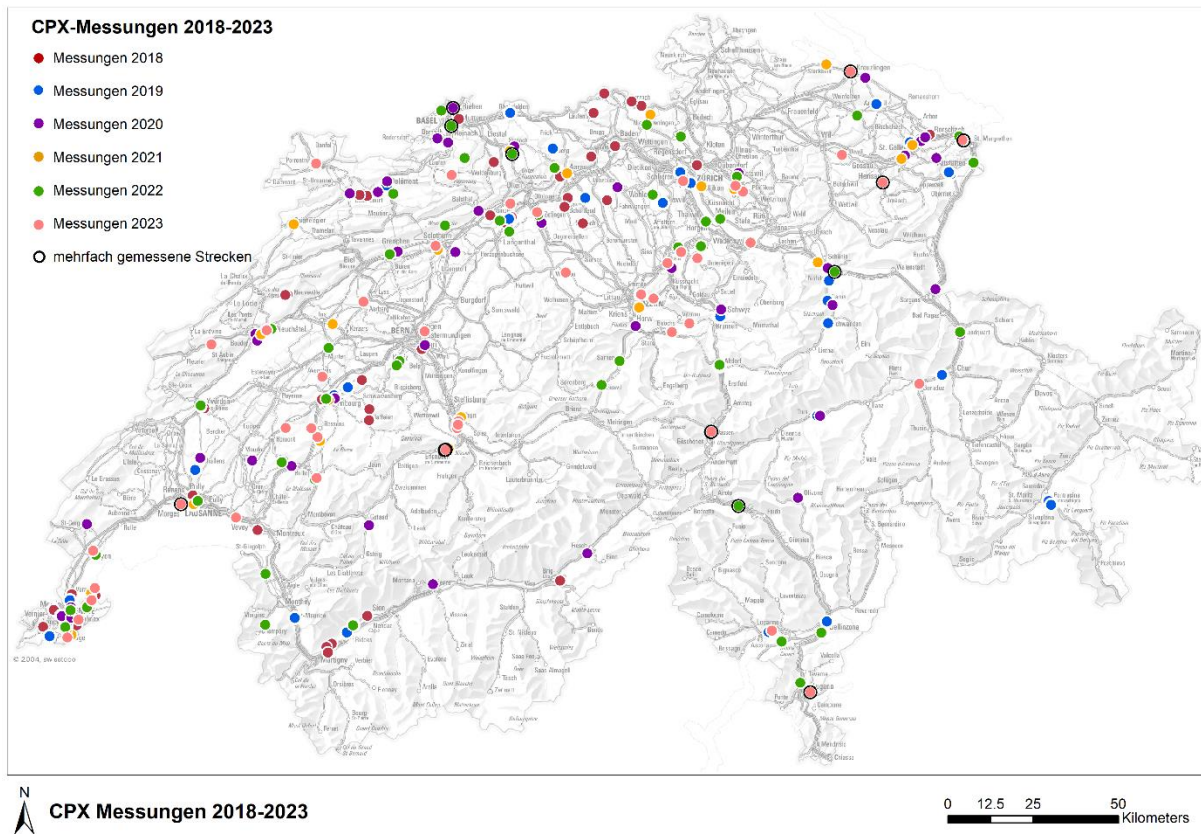


Abbildung 1: Übersichtskarte mit allen CPX-Messungen von 2018 bis 2023.

25. März 2024

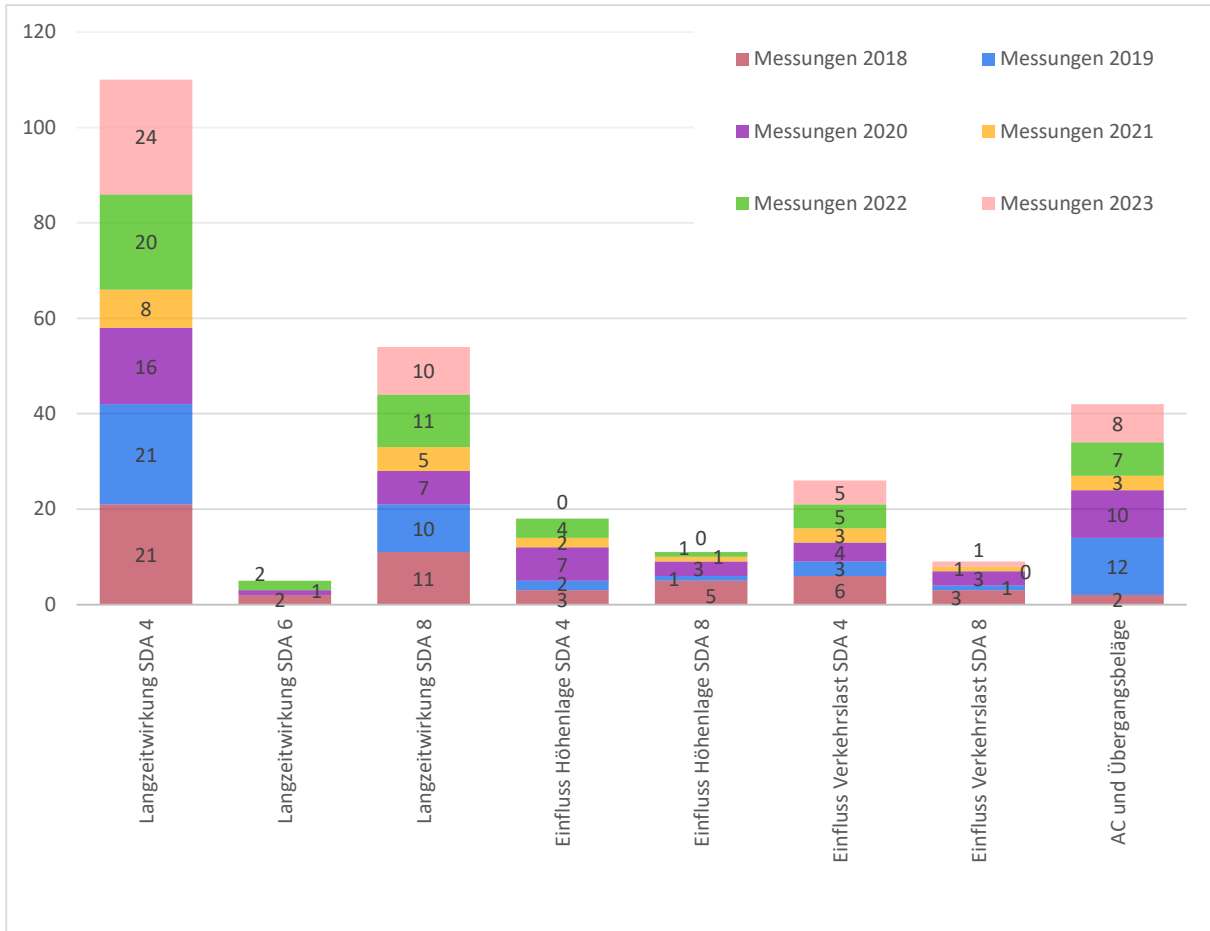


Abbildung 2: Übersicht der Anzahl CPX-Messungen pro Fragestellung von 2018 bis 2023.

4.2 Messstrecken 2023

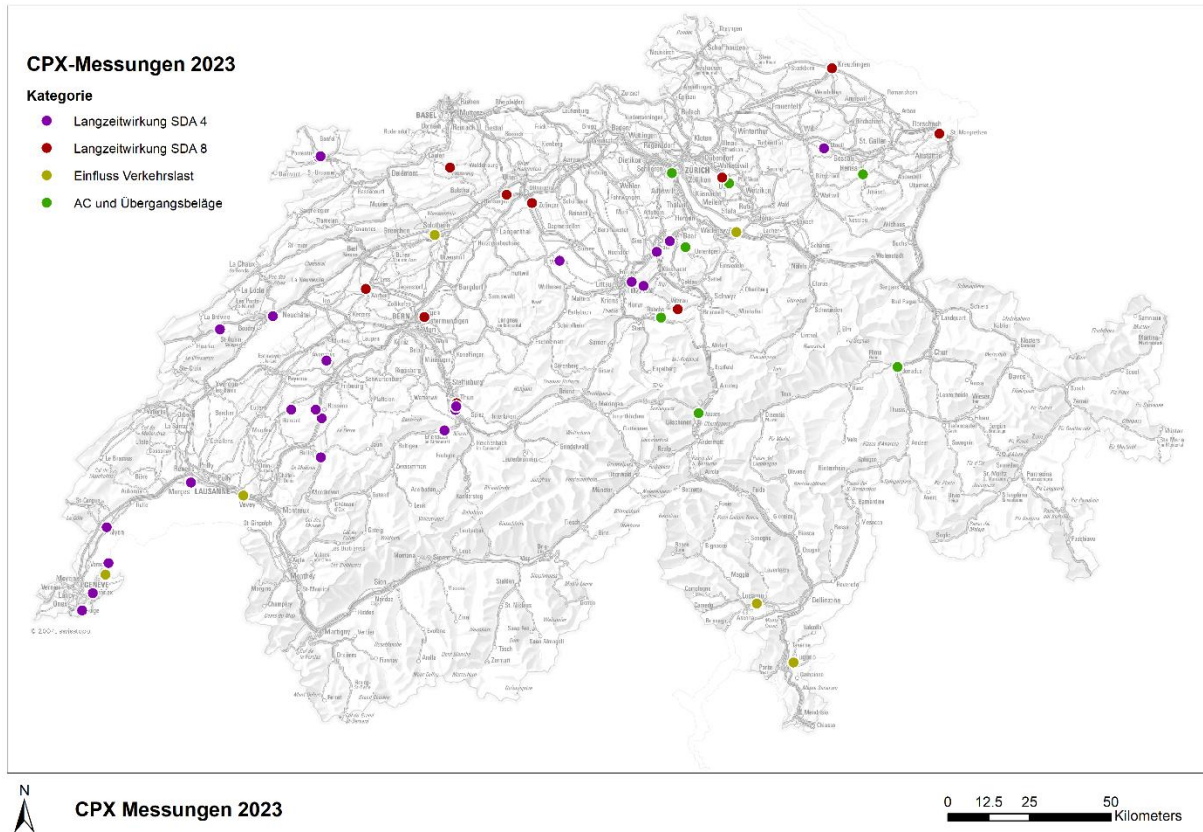


Abbildung 3: Übersichtskarte der CPX-Messstrecken im Jahr 2023.

25. März 2024

Tabelle 3: Messstrecken 2023 – Langzeitwirkung SDA 4

| Kan- ton | Ort | Strasse | Belag | Ein- bau- jahr | Alter | Start | | Ende | |
|-------------|---------------------------|------------------------------|------------------------|----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| BE | Latterbach* | Hauptstrasse (Ost) | SDA 4-12 mit Fasern | 2018 | 5 | 610580 | 168057 | 610845 | 168220 |
| BE | Latterbach* | Hauptstrasse (west) | SDA 4-12 | 2018 | 5 | 610478 | 167919 | 610580 | 168057 |
| BE | Thun | Gwattstrasse | SDA 4-12 | 2019 | 4 | 614121 | 174692 | 614315 | 174237 |
| BE | Thun | Gwattstrasse | SDA 4-16 | 2019 | 4 | 614126 | 174690 | 614433 | 176299 |
| FR | Cournillens | Route de Courtepin | SDA 4 | 2017 | 6 | 574609 | 189638 | 574419 | 189577 |
| FR | Gibloux, Farvagny | Route de Grenilles | Sapaphone 4 | 2014 | 9 | 571076 | 174425 | 571394 | 174471 |
| FR | Gruyères | Traversée d'Epagny | Tanaphone 4 | 2019 | 4 | 572870 | 159747 | 572829 | 160017 |
| FR | Pont-en-Ogoz/ Le Bry | Route Principale | Famsiphonogrip | 2021 | 2 | 572984 | 171702 | 573159 | 172007 |
| FR | Villaz-St-Pierre | Route de Fribourg | Famsiphonogrip | 2021 | 2 | 563452 | 174285 | 563894 | 174792 |
| GE | Cologny | Route de Vandoeuvres | Sapaphone 4 | 2018 | 5 | 502982 | 118394 | 502838 | 117996 |
| GE | Hermance | Route d'Hermance | Sapaphone 4 | 2013 | 10 | 507573 | 127351 | 507819 | 127691 |
| GE | Plan-les-Ouates | Rtde d'Anncey | Nanosoft 4 | 2008 | 15 | 499577 | 112907 | 499602 | 113106 |
| JU | Porrentruy | Route Auguste Cuenin | SDA 4-12 | 2019 | 4 | 572552 | 252008 | 572852 | 252330 |
| JU | Porrentruy | Route de Bure | SDA 4-12 | 2018 | 5 | 572115 | 251937 | 572333 | 251969 |
| LU | Ebikon | Aldigenswilerstrasse Ost | SDA 4-16 | 2017 | 6 | 668521 | 213705 | 667922 | 213736 |
| LU | Grosswangen | Feldstrasse | SDA 4-12 | 2018 | 5 | 646011 | 219766 | 646201 | 220493 |
| LU | Meggen | Adligenswilerstrasse | SDA 4-12 | 2020 | 3 | 671792 | 212225 | 671970 | 212711 |
| NE | Neuenburg | Auvernier -Giratoire Ruau | Facchiphone | 2015 | 8 | 558391 | 203287 | 557872 | 203136 |
| NE | Travers | H10, Rue des Moulins | SDA 4-16 | 2017 | 6 | 541280 | 198752 | 542286 | 199322 |
| SG | Oberuzwil | Wiesentalstrasse | SDA 4-12 | 2018 | 5 | 727124 | 254591 | 727370 | 254722 |
| VD | Ecublens/ St. Sulpice* | RC1, Route Cantonale | Nanosoft 4 | 2012 | 11 | 532651 | 151958 | 533316 | 152176 |
| VD | Nyon | Route de St-Cergue | SDA 4-12 | 2017 | 6 | 507171 | 138385 | 507138 | 138582 |
| ZG | Risch | Holzhäuserstrasse | SDA 4-16 | 2020 | 3 | 675983 | 222651 | 675925 | 223181 |
| ZG | Zug | Steinhauserstrasse | SDA 4-16 | 2021 | 2 | 680004 | 226459 | 679793 | 225897 |

* Belag im Rahmen des vorliegenden Projektes mehrmals gemessen

- Die vorgesehenen Messungen auf dem SDA 4-16 Belag (2018) in Rochefort konnten aufgrund einer Baustelle nicht durchgeführt werden.

25. März 2024

Tabelle 4: Messstrecken 2023 – Langzeitwirkung SDA 8

| Kan- ton | Ort | Strasse | Belag | Ein- bau- jahr | Alter | Start | | Ende | |
|-------------|------------------|-------------------------------------|--|----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| AG | Zofingen | Mühlemattstrasse | SDA 8-12 | 2018 | 5 | 637964 | 237237 | 637288 | 238496 |
| BE | Aarberg/Kappelen | Bielstrasse | SDA 8-12 mit Fasern, ohne Binderersatz | 2018 | 5 | 586685 | 211417 | 586553 | 211687 |
| BE | Bolligen | Bolligenstrasse | SDA 8-12 | 2019 | 4 | 604438 | 202308 | 605074 | 203515 |
| BE | Thun | Gwattstrasse | SDA 8-12 | 2019 | 4 | 614455 | 176678 | 614428 | 176299 |
| SG | St. Margrethen | Abzweiger Gaissau- Cabletrain | SDA 8 | 2019 | 4 | 762689 | 259003 | 762490 | 259155 |
| SO | Gunzgen | Härkingenstrasse/ Allmendstrasse | SDA 8-12 | 2017 | 6 | 630118 | 240206 | 629563 | 240624 |
| SO | Zullwil | Hauptstrasse | SDA 8-12 | 2018 | 5 | 612286 | 248784 | 612587 | 248807 |
| SZ | Gersau | Seestrasse 2. Etappe | SDA 8-16 | 2020 | 3 | 682271 | 205273 | 682495 | 205189 |
| TG | Kreuzlingen* | Konstanzerstrasse | SDA 8-12 | 2016 | 7 | 729548 | 278944 | 729823 | 279434 |
| ZH | Uster | Gschwanderstrasse | SDA 8 | 2018 | 5 | 696004 | 245762 | 695901 | 245548 |

* Belag im Rahmen des vorliegenden Projektes mehrmals gemessen

Tabelle 5: Messstrecken 2023 – Einfluss Verkehrslast

| Kan- ton | Ort | Strasse | Belag | Einbau- jahr | DTV | Start | | Ende | |
|-------------|------------|-----------------------------|------------|-----------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| GE | Corsier | Route de Thonon | Nanosoft 4 | 2017 | 15'300 | 506838 | 124051 | 506660 | 123835 |
| SO | Solothurn | Zuchwilerstrasse | SDA 8-12 | 2017 | 19'590 | 607657 | 227999 | 607948 | 227995 |
| SZ | Freienbach | Seestrasse | SDA 4-14 | 2020 | 24'700 | 700217 | 229011 | 700541 | 228912 |
| TI | Lugano* | Via Ciani | SDA 4-12 | 2012 | 15'300 | 717859 | 96315 | 717994 | 97519 |
| TI | Minusio | Via S. Gottardo | SDA 4-12 | 2018 | 23'570 | 705950 | 114693 | 707347 | 115247 |
| VD | Chexbres | RC758, Route du Genevrez | Griphone 4 | 2013 | 16'780 | 549279 | 148034 | 548837 | 148483 |

* Belag im Rahmen des vorliegenden Projektes mehrmals gemessen

Tabelle 6: Messstrecken 2023 - AC und Übergangseläge

| Kan- ton | Ort | Strasse | Belag | Ein- bau- jahr | Alter | Start | | Ende | |
|-------------|-----------------|--------------------------------|--------|----------------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| AR | Waldstatt* | Dorfstrasse | AC 8 | 2014 | 9 | 739104 | 246566 | 739222 | 246642 |
| GR | Bonaduz | Hauptstrasse | AC 8 | 2013 | 10 | 749801 | 187387 | 749986 | 187560 |
| NW | Beckenried | Buocherstrasse | AC 8 S | 2013 | 10 | 677052 | 202740 | 677208 | 202705 |
| SG | St. Margrethen* | Brücke Gaissau - Ruederbach | DSAK 4 | 2017 | 6 | 763238 | 258836 | 762689 | 259003 |
| UR | Wassen* | Gotthardstrasse | AC 8 | 2016 | 7 | 688786 | 173494 | 688746 | 173380 |
| ZG | Allenwinden | Dorfstrasse | AC 8 | 2017 | 6 | 684643 | 224326 | 684811 | 224282 |
| ZH | Uster | Sulzbacherstrasse | AC 8 | 2021 | 2 | 698058 | 243909 | 697890 | 244429 |
| ZH | Zürich | Birmensdorferstrasse | AC 8 | 2015 | 8 | 681250 | 247162 | 679905 | 246904 |

* Belag im Rahmen des vorliegenden Projektes mehrmals gemessen

25. März 2024

5. Messresultate 2023

Das nachfolgende Kapitel beinhaltet die ermittelten akustischen Belagsgütwerte. Die Tabellen enthalten die mittels Regressionsmodell umgerechneten Belagsgütwerte in Abweichung zum Modell StL-86+. Es handelt sich hierbei um arithmetische Mittelwerte der Belagswirkungen, welche über alle Messwerte in beiden Fahrtrichtungen ermittelt wurden.

5.1 Langzeitwirkung SDA 4

Tabelle 7: CPX-Streckenmittelwerte pro Fahrzeugkategorie in Abweichung zum Modell StL-86+ - Langzeitwirkung SDA 4

| Kan- ton | Ort | Strasse | Belag | Einbau- jahr | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwer- verkehrsanteil [dB(A)] |
|-------------|----------------------|--------------------------|------------------------|-----------------|--|----------|---|
| | | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| BE | Latterbach | Hauptstrasse (Ost) | SDA 4-12 mit Fasern | 2018 | -0.6 | -4.0 | -2.1 |
| BE | Latterbach | Hauptstrasse (west) | SDA 4-12 | 2018 | -0.7 | -3.9 | -2.2 |
| BE | Thun | Gwattstrasse | SDA 4-12 | 2019 | -2.4 | -5.6 | -3.9 |
| BE | Thun | Gwattstrasse | SDA 4-16 | 2019 | -4.9 | -8.1 | -6.4 |
| FR | Cournillens | Route de Courtepin | SDA 4 | 2017 | -1.6 | -4.7 | -3.1 |
| FR | Gibloux, Farvagny | Route de Grenilles | Sapaphone 4 | 2014 | -1.2 | -5.3 | -3.0 |
| FR | Gruyères | Traversée d'Epagny | Tanaphone 4 | 2019 | -0.4 | -4.5 | -2.1 |
| FR | Pont-en-Ogoz/Le Bry | Route Principale | Famsiphonogrip | 2021 | -4.8 | -8.2 | -6.3 |
| FR | Villaz-St-Pierre | Route de Fribourg | Famsiphonogrip | 2021 | -4.9 | -8.3 | -6.5 |
| GE | Cologny | Route de Vandoeuvres | Sapaphone 4 | 2018 | 0.0 | -4.2 | -1.9 |
| GE | Hermance | Route d'Hermance | Sapaphone 4 | 2013 | -1.1 | -5.6 | -3.0 |
| GE | Plan-les-Ouates | Rtde d'Anncey | Nanosoft 4 | 2008 | -1.6 | -5.1 | -3.2 |
| JU | Porrentruy | Route Auguste Cuenin | SDA 4-12 | 2019 | -2.8 | -5.5 | -4.1 |
| JU | Porrentruy | Route de Bure | SDA 4-12 | 2018 | -3.2 | -5.5 | -4.3 |
| LU | Ebikon | Aldigenswilerstrasse Ost | SDA 4-16 | 2017 | -1.6 | -4.6 | -3.0 |
| LU | Grosswangen | Feldstrasse | SDA 4-12 | 2018 | -1.2 | -5.0 | -2.9 |
| LU | Meggen | Adligenswilerstrasse | SDA 4-12 | 2020 | -3.5 | -6.1 | -4.7 |
| NE | Neuenburg | Auvernier-Giratoire Ruau | Facchiphone | 2015 | -5.1 | -6.5 | -5.8 |
| NE | Travers | H10, Rue des Moulins | SDA 4-16 | 2017 | -2.0 | -5.6 | -3.6 |
| SG | Oberuzwil | Wiesentalstrasse | SDA 4-12 | 2018 | -2.2 | -5.0 | -3.5 |
| VD | Ecublens/St. Sulpice | RC1, Route Cantonale | Nanosoft 4 | 2012 | -2.1 | -5.0 | -3.5 |
| VD | Nyon | Route de St-Cergue | SDA 4-12 | 2017 | -2.3 | -5.4 | -3.7 |
| ZG | Risch | Holzhäuserstrasse | SDA 4-16 | 2020 | -3.1 | -5.9 | -4.4 |
| ZG | Zug | Steinhauserstrasse | SDA 4-16 | 2021 | -4.5 | -7.0 | -5.7 |

5.2 Langzeitwirkung SDA 8

Tabelle 8: CPX-Streckenmittelwerte pro Fahrzeugkategorie in Abweichung zum Modell StL-86+ - Langzeitwirkung SDA 8

| Kan- ton | Ort | Strasse | Belag | Einbaujahr | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwer- verkehrsanteil [dB(A)] |
|-------------|--------------------|-------------------------------------|--|------------|--|----------|---|
| | | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| AG | Zofingen | Mühlemattstrasse | SDA 8-12 | 2018 | -0.7 | -4.1 | -2.3 |
| BE | Aarberg/ Kappel | Bielstrasse | SDA 8-12 mit Fasern, ohne Binderersatz | 2018 | -1.4 | -4.9 | -3.0 |
| BE | Bolligen | Bolligenstrasse | SDA 8-12 | 2019 | 0.1 | -3.4 | -1.5 |
| BE | Thun | Gwattstrasse | SDA 8-12 | 2019 | -0.6 | -4.0 | -2.2 |
| SG | St. Margrethen | Abzweiger Gaissau-Cabletrain | SDA 8 | 2019 | -0.7 | -4.7 | -2.5 |
| SO | Gunzgen | Härkingenstrasse/ Allmendstrasse | SDA 8-12 | 2017 | -0.9 | -4.6 | -2.6 |
| SO | Zullwil | Hauptstrasse | SDA 8-12 | 2018 | 0.2 | -3.4 | -1.4 |
| SZ | Gersau | Seestrasse 2. Etappe | SDA 8-16 | 2020 | -0.9 | -4.8 | -2.6 |
| TG | Kreuzlingen | Konstanzerstrasse | SDA 8-12 | 2016 | -0.2 | -3.6 | -1.8 |
| ZH | Uster | Gschwanderstr. | SDA 8 | 2018 | -1.1 | -4.2 | -2.5 |

5.3 Einfluss Verkehrslast

Tabelle 9: CPX-Streckenmittelwerte pro Fahrzeugkategorie in Abweichung zum Modell StL-86+ - Einfluss Verkehrslast

| Kan- ton | Ort | Strasse | Belag | Einbau- jahr | DTV | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwer- verkehrsanteil [dB(A)] |
|-------------|------------|-----------------------------|------------|-----------------|--------|--|----------|---|
| | | | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| GE | Corsier | Route de Thonon | Nanosoft 4 | 2017 | 15'300 | -2.4 | -4.6 | -3.5 |
| SO | Solothurn | Zuchwilerstrasse | SDA 8-12 | 2017 | 19'590 | -0.9 | -3.4 | -2.1 |
| SZ | Freienbach | Seestrasse | SDA 4-14 | 2020 | 24'700 | -2.3 | -5.2 | -3.7 |
| TI | Lugano | Via Ciani | SDA 4-12 | 2012 | 15'300 | 0.0 | -3.9 | -1.8 |
| TI | Minusio | Via S. Gottardo | SDA 4-12 | 2018 | 23'570 | -2.5 | -5.1 | -3.7 |
| VD | Chexbres | RC758, Route du Genevrez | Griphone 4 | 2013 | 16'780 | -0.2 | -3.8 | -1.8 |

5.4 AC und Übergangsbeläge

Tabelle 10: CPX-Streckenmittelwerte pro Fahrzeugkategorie in Abweichung zum Modell StL-86+ - AC und Übergangsbeläge

| Kanton | Ort | Strasse | Belag | Einbaujahr | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwerverkehr anteil [dB(A)] |
|--------|----------------|--------------------------------|--------|------------|--|----------|--|
| | | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| AR | Waldstatt | Dorfstrasse | AC 8 | 2014 | -0.8 | -3.2 | -1.9 |
| GR | Bonaduz | Hauptstrasse | AC 8 | 2013 | -1.4 | -3.5 | -2.4 |
| NW | Beckenried | Buocherstrasse | AC 8 S | 2013 | -0.9 | -3.7 | -2.3 |
| SG | St. Margrethen | Brücke Gaissau - Ruederbach | DSAK 4 | 2017 | -1.9 | -5.7 | -3.6 |
| UR | Wassen | Gotthardstrasse | AC 8 | 2016 | -0.7 | -3.5 | -2.0 |
| ZG | Allenwinden | Dorfstrasse | AC 8 | 2017 | -1.3 | -4.0 | -2.6 |
| ZH | Uster | Sulzbacherstr. | AC 8 | 2021 | -2.8 | -4.4 | -3.6 |
| ZH | Zürich | Birmensdorferstr. | AC 8 | 2015 | -1.4 | -4.2 | -2.7 |

25. März 2024

6. Übersicht Messresultate 2018-2023

Um die Messergebnisse einzuordnen, wurde der Gesamtdatensatz aus dem Projekt *Aktualisierung Belagskennwerte 2016* beigezogen (schwarze Punkte). Die vorliegenden Messergebnisse wurden zum bestehenden Gesamtdatensatz 2016 hinzugefügt und gemäss obiger Fragestellung unterschiedlich markiert. Es werden die Werte aus den Messjahren 2018-2022 und 2023 dargestellt. Die Messwerte aus den Jahren 2018-2022 sind etwas blasser dargestellt. Zur unterstützenden Einordnung und Interpretation der Messergebnisse, sind in den Grafiken die Zielkurven (schwarze Linien) für lärmarme Beläge (Endwert -1 dB) und lärmarme Beläge mit grosser Wirkung (Endwert -3 dB) dargestellt. In der Grafik für AC-Beläge und Übergangsbeläge wird keine Zielkurve dargestellt.

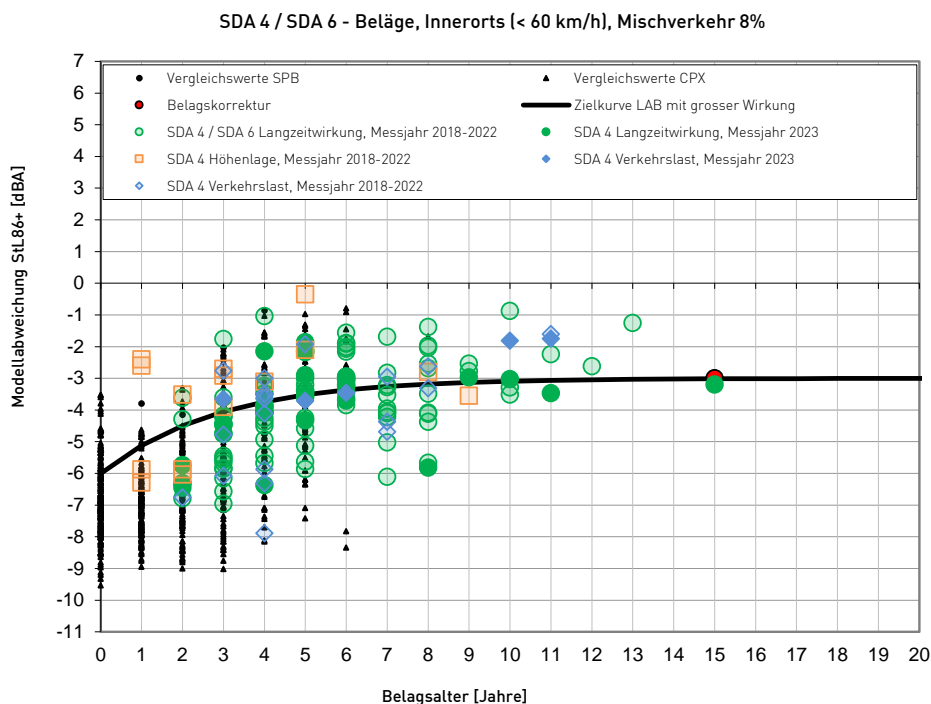


Abbildung 4: Übersicht aller untersuchten SDA 4 / SDA 6 Beläge während der Messkampagne 2018-2023 (Mischverkehr N2 = 8%).

Kommentar:

- Insgesamt wurden 159 lärmarme Beläge mit Grösstkorn 4 mm bzw. 6 mm mit unterschiedlichem Belagsalter auf ihre akustische Wirkung untersucht (32 Beläge im Jahr 2018, 26 Beläge im Jahr 2019, 28 Beläge im Jahr 2020, 13 Beläge im Jahr 2021, 31 Beläge im Jahr 2022 und 29 Beläge im Jahr 2023).
- Rund 67% (106 von 159 Belägen) der untersuchten Beläge entsprechen in Abhängigkeit des Belagsalters den Erwartungen und liegen auf oder unter der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.

Die nach Fragestellung aufgeschlüsselten Messdaten sind in Kapitel 7 ersichtlich.

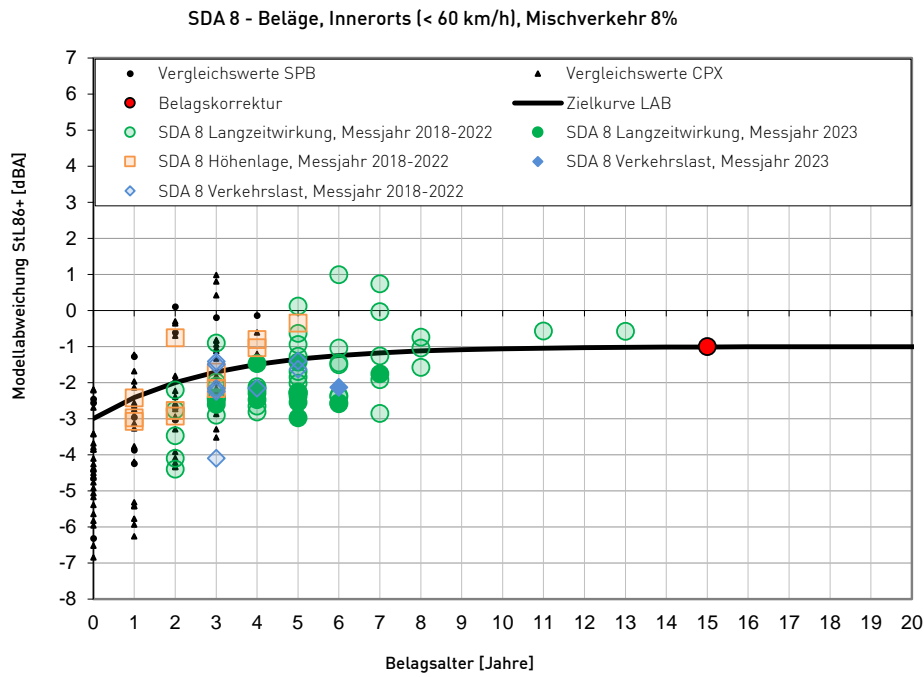


Abbildung 5: Übersicht aller untersuchten SDA 8 Beläge während der Messkampagne 2018–2023 (Mischverkehr N2 = 8%).

Kommentar:

- Insgesamt wurden 74 SDA 8 Beläge mit unterschiedlichem Belagsalter untersucht (19 Beläge im Jahr 2018, 12 im Jahr 2019, 13 Beläge im Jahr 2020, 7 Beläge im Jahr 2021, 12 Beläge im Jahr 2022 und 11 Beläge im Jahr 2023).
- Rund 75 % (56 von 74 Belägen) der gemessenen Beläge entsprechen in Abhängigkeit des Belagsalters den Erwartungen und liegen auf oder unter der Zielkurve LAB.

Die nach Fragestellung aufgeschlüsselten Messdaten sind in Kapitel 7 ersichtlich.

25. März 2024

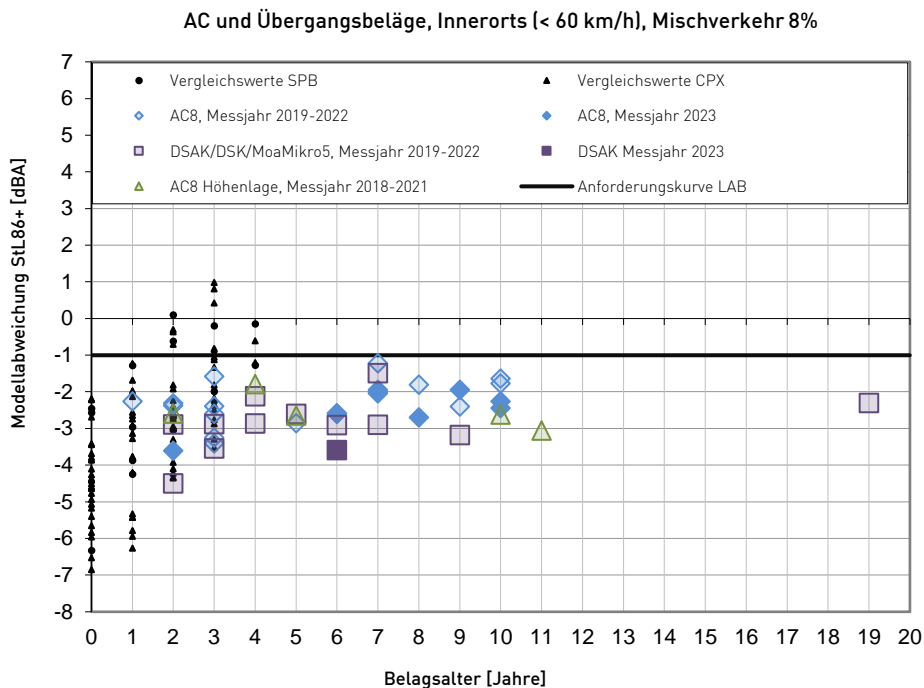


Abbildung 6: Übersicht aller AC- und Übergangsbeläge der Messkampagne 2018-2023 (Mischverkehr N2 = 8%).

Kommentar:

- Insgesamt wurden 42 AC- und Übergangsbeläge mit unterschiedlichem Belagsalter auf ihre akustische Wirkung untersucht (2 Beläge im Jahr 2018, 12 Beläge im Jahr 2019, 10 Beläge im Jahr 2020, 3 Beläge im Jahr 2021, 7 Beläge im Jahr 2022 und 8 Beläge im Jahr 2023).
- Das Belagsalter liegt zwischen 1 und 19 Jahren. Alle in diesem Projekt gemessenen Beläge erreichen in Abweichung zum Emissionsmodell StL-86+ im Streckenmittel akustische Belagsgütwerte kleiner als -1 dB(A) für Mischverkehr (N2 = 8 %).

25. März 2024

7. Analyse der Messresultate 2023

7.1 Analyse Langzeitwirkung SDA 4 / SDA 6

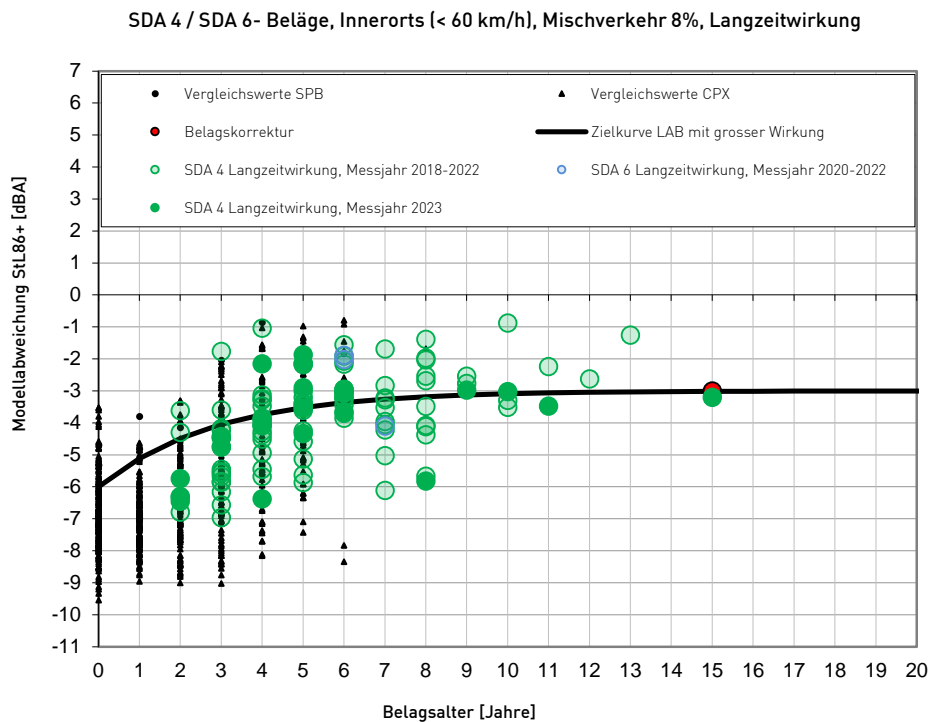


Abbildung 7: Übersicht aller SDA 4 / SDA 6 Beläge der Messkampagne 2018-2023 mit Langzeitwirkung (Mischverkehr N2 = 8 %).

Kommentar:

Messungen 2023:

- Im Jahr 2023 wurden insgesamt 24 lärmarme Beläge mit 4 mm Grösstkorn für die Auswertung der Langzeitwirkung auf ihre akustische Wirkung in Abhängigkeit des Belagsalters untersucht.
- 19 Beläge entsprechen den Erwartungen und befinden sich unterhalb oder im Bereich der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.
- Auch die fünf älteren Beläge (8 bis 15 Jahre nach Einbau) erfüllen noch die Erwartungen und liegen im Bereich oder unterhalb der Zielkurve LAB.
- Der Facchiphone in Neuenburg, Auvernier-Giratorie Ruau liegt 8 Jahre nach Einbau mit einer Wirkung von -5.8 dB(A) immer noch deutlich unterhalb der Zielkurve für LAB mit grosser Wirkung.
- 4 der 2023 getesteten Beläge mit 4 mm Grösstkorn liegen 4 bzw. 5 Jahre nach Einbau bereits deutlich oberhalb der Zielkurve für LAB mit grosser Wirkung.

25. März 2024

Messungen 2018-2023:

- 72 der 115 seit 2018 im Rahmen des vorliegenden Projekts gemessenen SDA 4 bzw. SDA 6 Beläge mit Langzeitwirkung entsprechen den Erwartungen und befinden sich unterhalb oder im Bereich der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.

7.2 Analyse SDA 4 Höhenlage

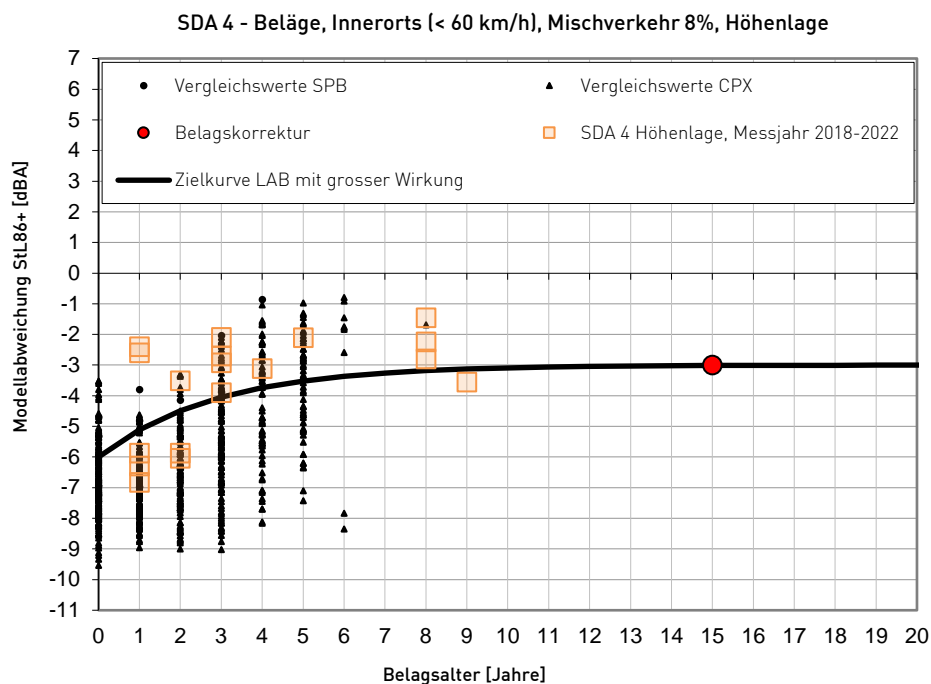


Abbildung 8: Übersicht aller SDA 4 Beläge der Messkampagne 2018-2023 mit einer Höhenlage >600 m ü. M. (Mischverkehr N2=8%)

Kommentar:

Messungen 2023:

- Im Messjahr 2023 wurden keine SDA 4 Beläge in Abhängigkeit der Höhenlage untersucht.

Messungen 2018-2023:

- 8 von 18 seit 2018 im Rahmen des vorliegenden Projekts gemessenen SDA 4 Beläge mit einer Höhenlage >600 m ü.M. entsprechen den Erwartungen und befinden sich unterhalb oder im Bereich der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.

7.3 Analyse SDA 4 Verkehrslast

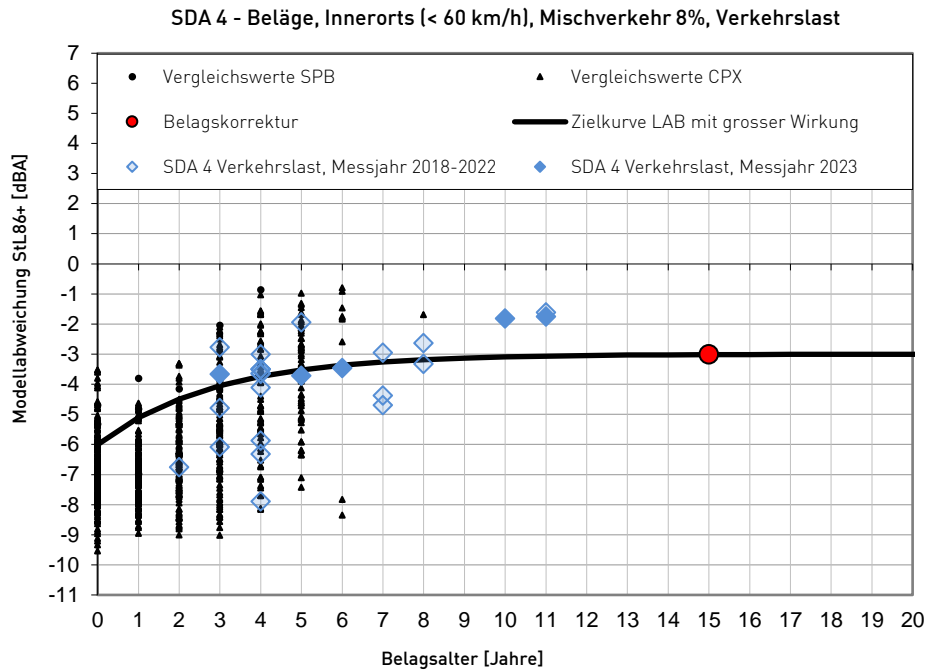


Abbildung 9: Übersicht aller SDA 4 Beläge der Messkampagne 2018-2023 mit hoher Verkehrslast (Mischverkehr N2 = 8 %).

Kommentar:

Messungen 2023:

- 3 von 5 im Messjahr 2023 untersuchten Beläge mit 4 mm Grösskorn in Abhängigkeit der Verkehrslast befinden sich im Bereich der Zielkurve für LAB mit grosser Wirkung.

Messungen 2018-2023:

- 16 von 26 seit 2018 im Rahmen des vorliegenden Projekts gemessenen SDA 4 Beläge mit hoher Verkehrslast entsprechen den Erwartungen und befinden sich unterhalb oder im Bereich der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.

25. März 2024

7.4 Analyse Langzeitwirkung SDA 8

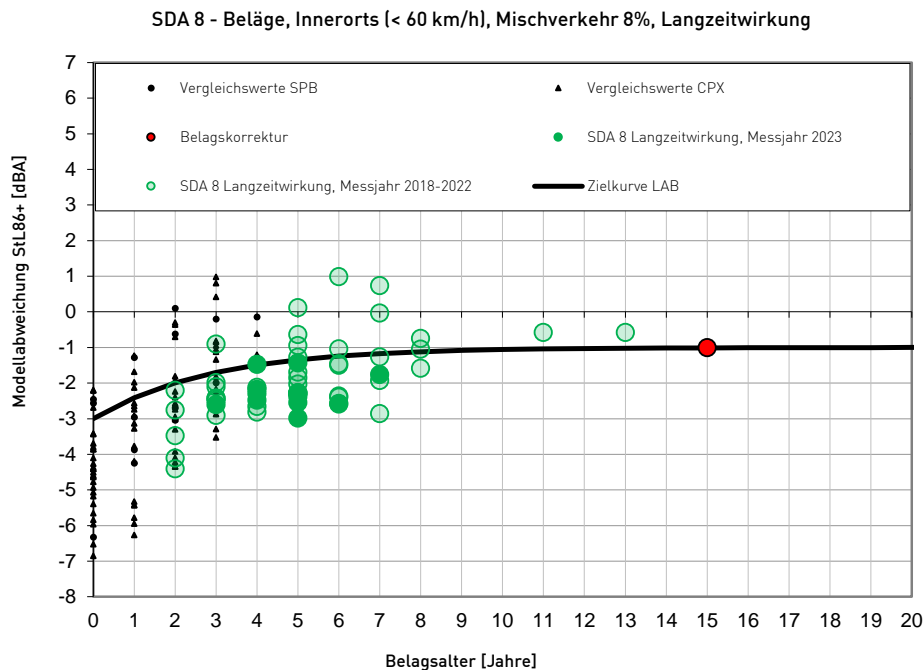


Abbildung 10: Übersicht aller SDA 8 Beläge der Messkampagne 2018-2023 mit Langzeitwirkung (Mischverkehr N2 = 8 %).

Kommentar:

Messungen 2023:

- Alle 10 der im Messjahr 2023 untersuchten Beläge mit 8 mm Grösstkorn liegen unterhalb oder im Bereich der Zielkurve.
- Der SDA 8-12 Belag mit Fasern in Aarberg/Kappelen, Bielstrasse zeichnet sich auch 5 Jahre nach Einbau durch eine gute akustische Belagswirkung aus (-3.0 dB(A)).

Messungen 2018-2023:

- 44 von 54 seit 2018 im Rahmen des vorliegenden Projekts gemessenen SDA 8 Beläge mit Langzeitwirkung entsprechen den Erwartungen und befinden sich unterhalb der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.

7.5 Analyse SDA 8 Höhenlage

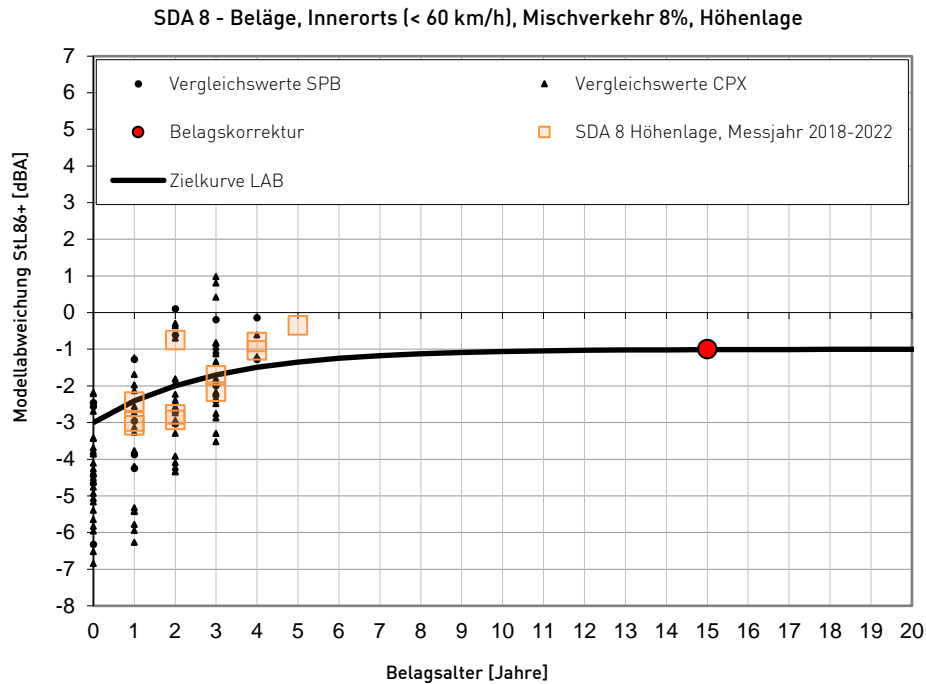


Abbildung 11: Übersicht aller SDA 8 Beläge der Messkampagne 2018-2022 mit einer Höhenlage >600 m ü. M. (Mischverkehr N2=8%)

Kommentar:

Messungen 2023:

- Im Messjahr 2023 wurden keine SDA 8 Beläge in Abhängigkeit der Höhenlage untersucht.

Messungen 2018-2023:

- 7 von 11 seit 2018 im Rahmen des vorliegenden Projekts gemessenen SDA 8 Beläge mit einer Höhenlage >600 m ü.M. entsprechen den Erwartungen und befinden sich unterhalb der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.

7.6 Analyse SDA 8 Verkehrslast

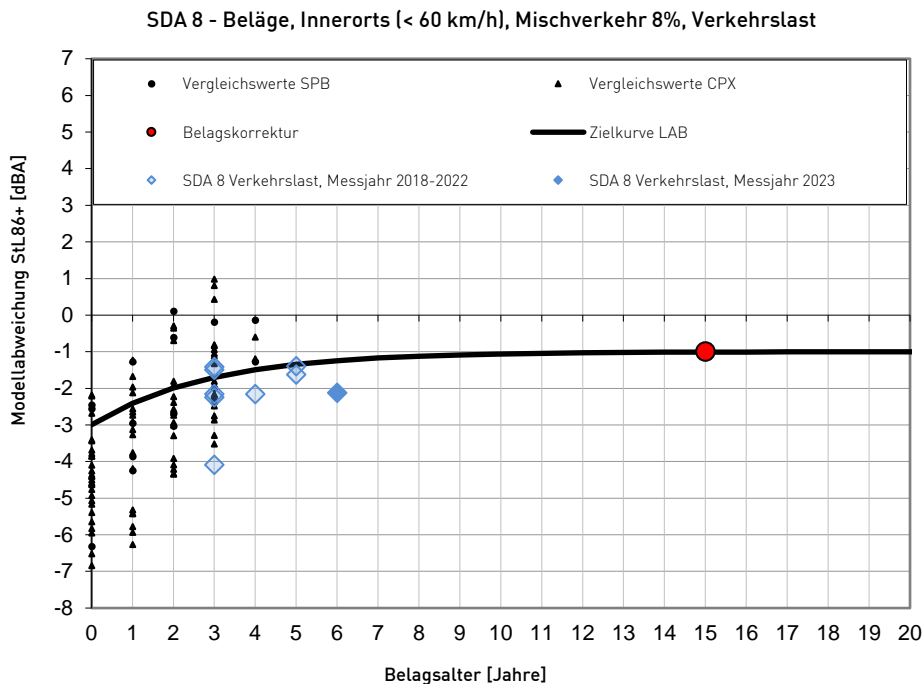


Abbildung 12: Übersicht aller SDA 8 Beläge der Messkampagne 2018-2023 mit hoher Verkehrslast (Mischverkehr N2 = 8 %).

Kommentar:

Messungen 2023:

- Der einzige im Jahr 2023 untersuchte SDA 8 Belag in Abhängigkeit der Verkehrslast (Solothurn, Zuchwilerstrasse) befindet sich 6 Jahre nach Einbau mit einer akustischen Belagswirkung für Mischverkehr von -2.1 dB(A) unterhalb der Zielkurve für LAB.

Messungen 2018-2023:

- Alle seit 2018 im Rahmen des vorliegenden Projekts gemessenen SDA 8 Beläge mit hoher Verkehrslast entsprechen den Erwartungen und befinden sich unterhalb oder knapp oberhalb der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.

7.7 Analyse AC und Übergangsbeläge

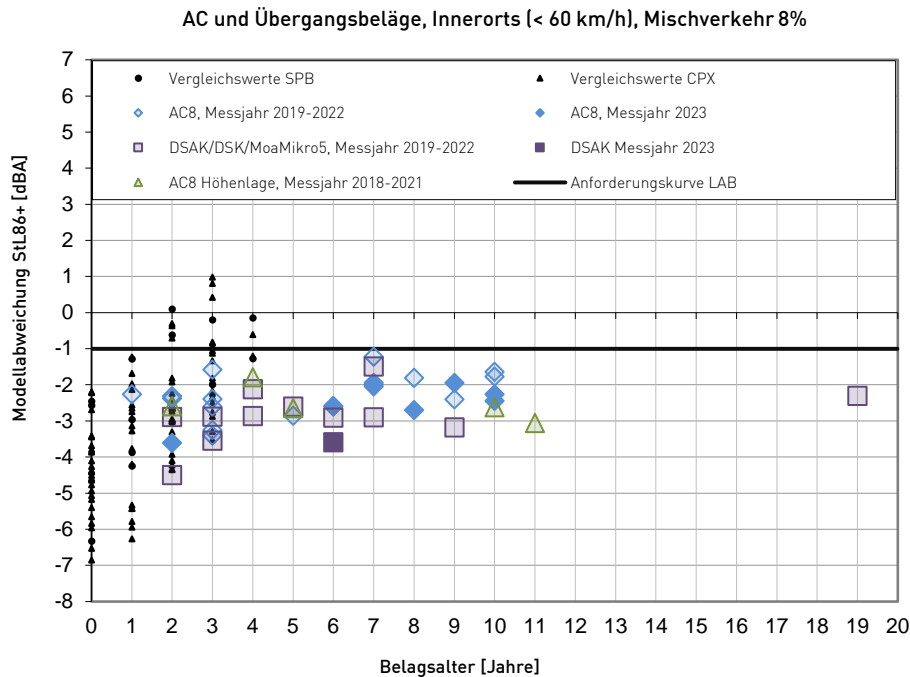


Abbildung 13: Übersicht aller AC- und Übergangsbeläge der Messkampagne 2018-2023 (Mischverkehr N2 = 8 %).

Kommentar:

Messungen 2023:

- Alle der im Messjahr 2023 untersuchten AC- und Übergangsbeläge weisen unabhängig des Belagsalters einen Belagsgütewert in Abweichung zum Modell StL-86+ um -2 dB(A) oder kleiner auf.
- Der DSAK Belag in St. Margrethen zeigt auch 6 Jahre nach Einbau einen guten akustischen Belagsgütewert von -3.6 dB(A) auf.

Messungen 2018-2023:

- Alle seit 2018 im Rahmen des vorliegenden Projekts gemessenen AC- und Übergangsbeläge weisen einen Belagsgütewert in Abweichung zum Modell StL-86+ kleiner -1 dB(A) auf.

8. Erkenntnisse Messjahre 2018-2023

Um Lücken im Wissenstand betreffend die langfristige akustische Wirkung von lärmarmen Belägen im Innerortsbereich zu schliessen, wurden in den vergangenen Jahren hauptsächlich Strecken mit SDA 4 und SDA 8 Belägen ausgewählt. Um zudem Aufschlüsse über spezifische Gegebenheiten, wie der Einfluss der Höhenlage und der Verkehrslast zu erhalten, wurden diese Kriterien bei der Messstreckenauswahl mitberücksichtigt. Zusätzlich wurden vielversprechende AC-Beläge und lärmoptimierte Übergangsbeläge herbeigezogen.

Die bestehenden Tendenzen, die sich aus den vorangegangenen Messungen der Jahre 2018-2022 ableiten liessen, konnten mit den aktuellen Messungen bestätigt werden. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick der erzielten Erkenntnisse unter Berücksichtigung der unter Kapitel 1 beschriebenen Fragestellungen gegeben:

SDA Beläge mit Grösstkorn 4 mm / 6 mm – Langzeitwirkung

Ca. 60% der getesteten 4er Beläge erfüllen die Erwartungen der langfristigen akustischen Wirkung.

Da im Messjahr 2023 keine SDA 6 Beläge gemessen wurden, lässt sich zur Wirkung der untersuchten 6er Beläge im Vergleich zu den 4er Belägen aufgrund der geringen Datenmenge wie 2022 keine Aussage machen.

SDA Beläge mit Grösstkorn 8 mm – Langzeitwirkung

Der Grossteil der gemessenen 8er Beläge (2 bis 13 Jahre nach Einbau) weist eine gute Langzeitwirkung auf.

Einfluss Höhenlage

Da im Messjahr 2023 keine Beläge mit der Fragestellung « Höhenlage » gemessen wurden, haben sich die Erkenntnisse seit 2022 nicht verändert.

Ca. 30 % der untersuchten SDA 4 Beläge mit Lage >600 m ü. M. erfüllen die Erwartungen an die Belagswirkung. Vor allem die älteren Beläge erreichen die Erwartungen knapp nicht.

Tendenziell liegen die 8er Beläge mit Lage >600 m ü. M. im Bereich der Erwartungen. Weitere Untersuchungen werden zeigen, ob sich diese Tendenz bestätigen lässt.

Einfluss Verkehrslast

Bis zu einem Belagsalter von ca. 8 Jahren, mögen die gemessenen 4er Beläge mit hoher Verkehrslast die Erwartungen zu erfüllen. Untersuchte Beläge mit höherem Belagsalter liegen deutlich oberhalb der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.

Bei allen gemessenen 8er Belägen (3 bis 6 Jahre nach Einbau) mit hoher Verkehrslast liegen die Belagswirkungen im Bereich oder unterhalb der Zielkurve.

AC- und Übergangsbeläge

Die AC- und Übergangsbeläge haben zu Beginn im Verhältnis zu neu eingebauten SDA 8 Belägen eine deutlich schlechtere akustische Wirkung. Die Messergebnisse der letzten vier Jahre zeigen jedoch, dass die anfängliche Belagswirkung dieser Beläge im Verlauf der Jahre nur geringfügig nachlässt und gegenüber den älteren SDA 8 Belägen stabilere akustische Werte aufweisen.

Hinweis: Damit ein Belag als lärmarm bezeichnet werden darf, muss er für Mischverkehr einen akustischen Anfangswert von mindestens -3 dB(A) und einen Endwert (nach 15 Jahren) von mindestens -1 dB(A) erreichen. Wie in der Abbildung 6 zu sehen ist, werden vor allem bei den AC 8 Belägen die Vorgaben für den Mindestanfangswert nicht erreicht. Der Endwert von -1 dB(A) scheint bei allen im Rahmen des vorliegenden Projektes untersuchten AC- und Übergangsbelägen erreicht zu sein.

Durch sehr feine Oberflächentexturen von AC 8 Belägen können deutlich wahrnehmbare Pfeifgeräusche vor allem bei Bus- bzw. LKW-Bereifung mit aufgummierten Profilen auftreten, da kaum Negativtexturen für eine ausreichende Entlüftung der Kontaktzone Reifen-Fahrbahn vorhanden sind.

Kommentare

Die Datenanalysen zeigen auch innerhalb der jeweiligen Fragestellung bei Belägen gleichen Alters teilweise eine grosse Variabilität in der Belagswirkung. Ob dies auf bautechnische Hintergründe (Zusammensetzung des Mischgutes, Verdichtung, etc.), auf unterschiedliche mechanische Belastungen (DTV, Schwerverkehr) oder auf die Anzahl Frostzyklen in den Höhenlagen zurückzuführen ist, ist nicht Bestandteil der vorliegenden Studie und muss weiter abgeklärt werden.

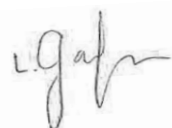
Zur weiteren Vertiefung der aus den Messjahren 2018 bis 2023 erhaltenen Erkenntnisse zur langfristigen akustischen Wirkung von SDA Belägen und Übergangsbelägen, wird das Messkonzept in ähnlicher Weise fortgeführt. Weitere Messungen müssen zeigen, ob sich die oben festgestellten Tendenzen bestätigen lassen.

In der Schweiz haben sich lärmarme Beläge (LAB) vielerorts als Lärmschutzmassnahme etabliert. Wie die Messungen zeigen, stellen LAB eine effektive Lärmschutzmassnahme an der Quelle dar, um die Bevölkerung dauerhaft von übermässigen Lärmbelastungen zu schützen. Die zahlreichen schweizweit eingebauten LAB vermögen den Strassenlärm auch mit zunehmendem Alter deutlich zu reduzieren. Weiterhin gilt es, Erfahrungen zu sammeln und zu analysieren, um weitere situations- und technologieabhängige Optimierungen zu erzielen.

Grolimund + Partner AG



Tina Saurer



Lena Gafner