

Grolimund + Partner AG
Thunstrasse 101a, 3006 Bern, T 031 356 20 00
www.grolimund-partner.ch



CPX-Messungen Strassenbeläge Messbericht 2020

Ihre Kontaktperson: Tina Saurer
tina.saurer@grolimund-partner.ch, D 031 356 20 04

BAFU
A5326
15. Januar 2021

Impressum

Auftragnehmer

Grolimund + Partner AG

Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU)

Autoren

Erik Bühlmann

Tina Saurer

Björn Probst

Lena Cajochen

| Version | Datum | Autoren | Beschrieb | Verteiler |
|---------|------------|-------------|------------|-------------------------------|
| V 1.1 | 15.01.2021 | L. Cajochen | Endfassung | BAFU D. Schneuwly, S. Steiner |

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

V1.1_A5326_CPX_2020_20210115.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, 2019 und 2020 | 8 |
| 4.2 Messstrecken 2020 | 10 |
| 5. Messresultate 2020..... | 13 |
| 5.1 Langzeitwirkung SDA 4..... | 13 |
| 5.2 Langzeitwirkung SDA 6..... | 13 |
| 5.3 Langzeitwirkung SDA 8..... | 14 |
| 5.4 Einfluss Höhenlagen..... | 14 |
| 5.5 Einfluss Verkehrslast..... | 15 |
| 5.6 AC und Übergangsbeläge..... | 15 |
| 6. Übersicht Messresultate 2018-2020 | 16 |
| 7. Analyse der Messresultate 2020 | 19 |
| 7.1 Analyse Langzeitwirkung SDA 4 / SDA 6 | 19 |
| 7.2 Analyse SDA 4 Höhenlage | 20 |
| 7.3 Analyse SDA 4 Verkehrslast | 21 |
| 7.4 Analyse Langzeitwirkung SDA 8..... | 22 |
| 7.5 Analyse SDA 8 Höhenlage | 23 |
| 7.6 Analyse SDA 8 Verkehrslast | 24 |
| 7.7 Analyse AC und Übergangsbeläge | 25 |
| 8. Erkenntnisse Messjahre 2018-2020..... | 26 |
| 9. Empfehlung/Ausblick | 27 |

Anhang

separates Dokument

1. Ausgangslage

Um Lücken im Wissenstand zu schliessen, werden im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) die akustische Wirkung von schweizweit bestehenden lärmarmen Belägen (LAB), AC und Übergangsbeläge untersucht. Ziel ist es, mit Hilfe der Erfahrung vorangegangener Belagsgütemessungen und den akustischen Daten der aktuellen Messkampagne eine Entscheidungsmatrix 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 kontinuierlich über die ganze Länge einer Strecke erfasst werden. Mittels ergebnisorientierten Messkonzepten sollen verschiedene Fragestellungen beantwortet werden.

Folgende **Fragestellungen** stehen im Jahr 2020 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 Wirkung von AC und Übergangsbelägen?

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

Die Ergebnisse der Messungen 2020 werden im vorliegenden Bericht präsentiert. Die Ergebnisse der Messungen aus den Jahren 2018 und 2019 sind in den Auswertungen integriert und im Detail dem Anhang zu entnehmen.

2. Belagsbezeichnungen

In den folgenden Tabellen sind die in der Schweiz meistverbreiteten leisen und herkömmlichen 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 | Kaltnikro | Übergangsbelaag |
| OB | Oberflächenbehandlung | Übergangsbelaag |

Tabelle 2: SDA - Charakteristischer Hohlraumgehalt und Grenzwerte der Marshall-Prüfkörper gemäss SNR 640 436

| 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 | 18...22 |

*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 2020 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.

3.1.4 Kalibrierung

Die akustischen Messgeräte wurden vor Beginn der Messungen mit dem Akustikkalibrator kalibriert. Die Kalibrierung wurde in Messpausen und am Ende der 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.

Kreisel

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 Schachtdeckel, Fahrbahnunebenheiten, Bahngleisen, Fussgängerstreifen und andere Fahrbahnmarkierungen auftraten, 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.

4. Messstrecken

4.1 Übersicht Messstrecken 2018, 2019 und 2020

Im Jahr 2018 wurde auf 53 Strecken CPX-Messungen durchgeführt. 2019 und 2020 wurden 50 bzw. 51 Strecken untersucht. In Abbildung 1 sind alle CPX-Messstrecken 2018, 2019 und 2020 dargestellt. Weiter sind der Abbildung 2 die Anzahl Messungen pro Fragestellung in den Jahren 2018 bis 2020 zu entnehmen.

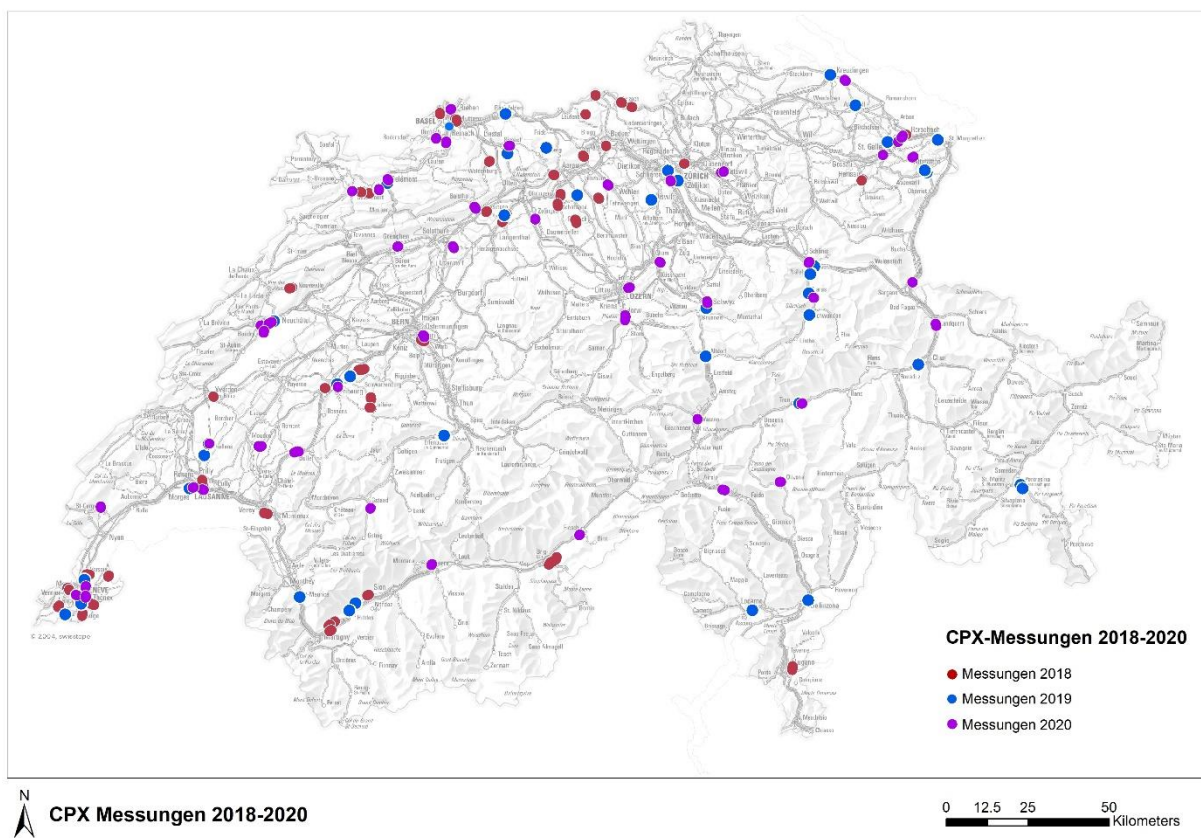


Abbildung 1: Übersicht CPX-Messungen 2018-2020

15. Januar 2021

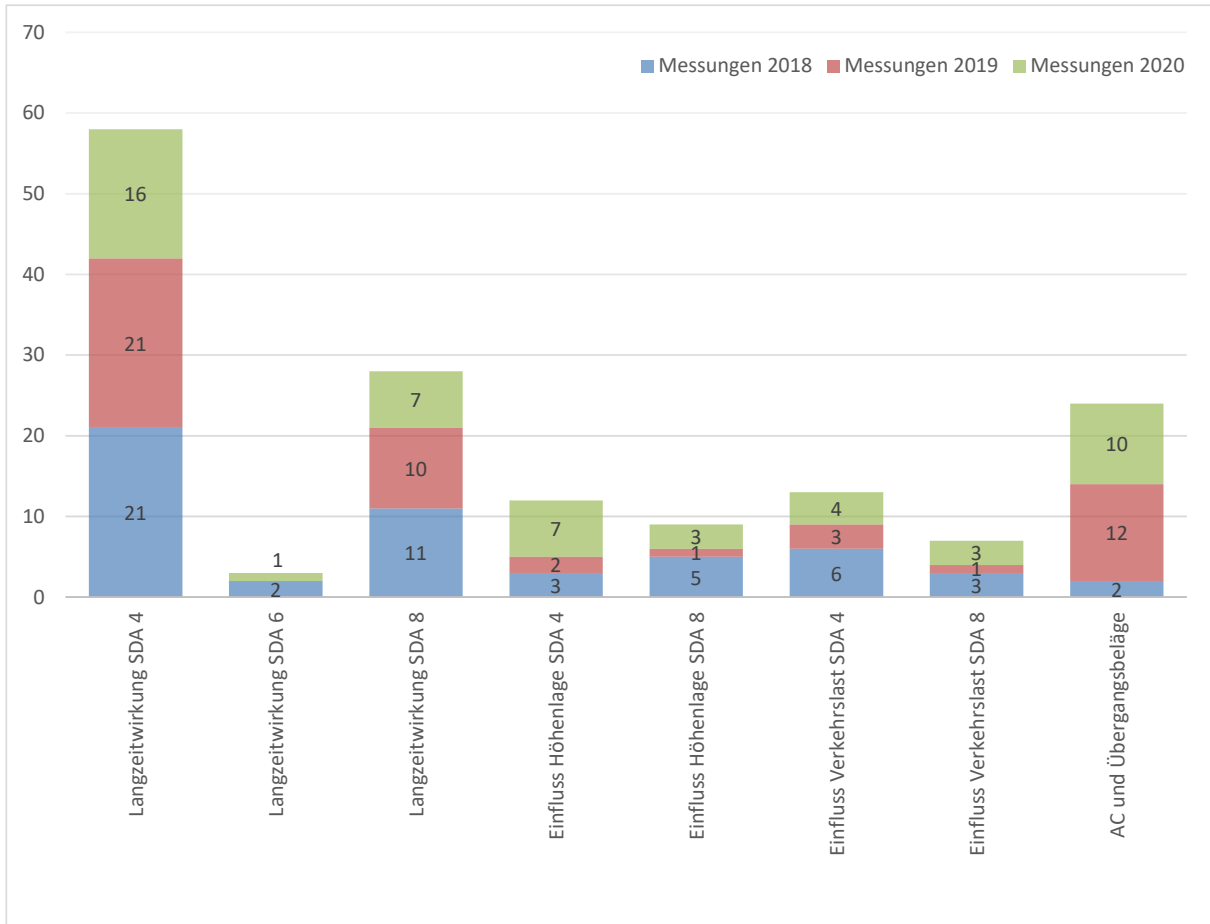


Abbildung 2: Übersicht Anzahl Messungen pro Fragestellung 2018-2020

15. Januar 2021

4.2 Messstrecken 2020

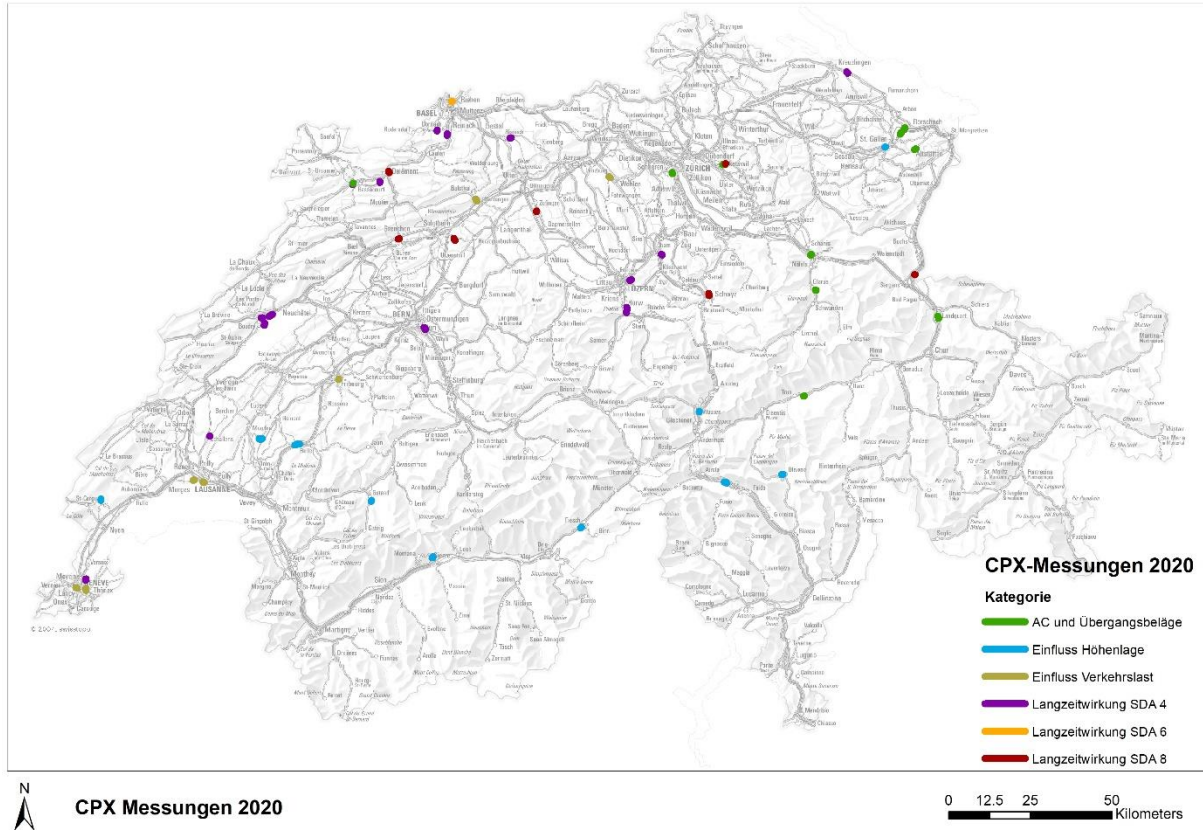


Abbildung 3: Übersicht Messstrecken 2020

Tabelle 3: Messstrecken 2020– Langzeitwirkung SDA 4

| Kanton | Ort | Strasse | Belag | Einbaujahr | Alter | Start | | Ende | |
|--------|---------------|------------------------|------------|------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| BE | Gümligen | Dennigkofenweg | SDA 4 | 2013 | 7 | 604771 | 198431 | 604655 | 198859 |
| BL | Aesch | Pfeffingerring | SDA 4-12 | 2016 | 4 | 611366 | 257962 | 611425 | 258256 |
| BL | Ettingen | Hauptstrasse | SDA 4-12 | 2016 | 4 | 608290 | 259410 | 608335 | 259498 |
| BL | Gelterkinden | Sissacherstrasse | Nanosoft4 | 2016 | 4 | 630596 | 257152 | 630850 | 257199 |
| GE | Genève | Rue de Lausanne VN | Nanosoft4 | 2015 | 5 | 500543 | 121618 | 500640 | 121857 |
| JU | Courtételle | Rue Saint-Maurice | Nanosoft4 | 2016 | 4 | 590820 | 243603 | 590821 | 243743 |
| JU | Glovelier | RC18/8000 | SDA 4 | 2017 | 3 | 582427 | 242890 | 582497 | 243056 |
| LU | Ebikon | Adligenswilerstr. West | SDA 4 | 2017 | 3 | 667456 | 213535 | 667692 | 213644 |
| NE | Auvernier | RC5 | SDA 4 | 2015 | 5 | 556844 | 202490 | 557368 | 202794 |
| NE | Bôle | RC 173 | Nanosoft4 | 2012 | 8 | 554558 | 201984 | 554444 | 202049 |
| NE | Cortailod | Route de l'Areuse | SDA 4 | 2015 | 5 | 555355 | 199824 | 555406 | 200098 |
| NW | Hergiswil | Seestrasse | SDA 4-12 | 2017 | 3 | 666402 | 203587 | 666423 | 203866 |
| NW | Hergiswil | Seestrasse | SDA 4-12 | 2016 | 4 | 666696 | 204734 | 666532 | 205224 |
| TG | Münsterlingen | Dorfstrasse | SDA 4-12 | 2015 | 5 | 734264 | 277099 | 734082 | 277280 |
| VD | Echallens | Route de Moudon | Camaphone4 | 2015 | 5 | 538710 | 165768 | 538672 | 165780 |
| ZG | Buonas | Rischerstrasse | SDA 4-16 | 2018 | 2 | 677361 | 221347 | 677173 | 221488 |

15. Januar 2021

Tabelle 4: Messstrecken 2020 – Langzeitwirkung SDA 6

| Kanton | Ort | Strasse | Belag | Einbau- jahr | Alter | Start | | Ende | |
|--------|-------|---------------|----------|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| BS | Basel | Riehenstrasse | SDA 6-16 | 2013 | 7 | 612784 | 268388 | 612943 | 268473 |

Tabelle 5: Messstrecken 2020 – Langzeitwirkung SDA 8

| Kanton | Ort | Strasse | Belag | Einbau- jahr | Alter | Start | | Ende | |
|--------|------------|----------------------|----------|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| AG | Brittnau | Zofingerstrasse | ACMR8 | 2014 | 6 | 638835 | 234582 | 638881 | 234732 |
| JU | Delémont | Rue du vieux Château | ACMR8 | 2018 | 2 | 593713 | 246559 | 593574 | 246786 |
| SG | Wartau | Kantonsstrasse | SDA 8-12 | 2016 | 4 | 754849 | 215292 | 754750 | 215339 |
| SO | Grenchen | Schlachthausstrasse | SDA 8-12 | 2015 | 5 | 596461 | 226201 | 596636 | 226291 |
| SO | Horriwil | Subingenstrasse | SDA 8-12 | 2015 | 5 | 613826 | 225818 | 613668 | 226094 |
| SZ | Schwyz | Schlagstrasse | SDA 8-12 | 2018 | 2 | 691780 | 208917 | 691671 | 209173 |
| ZH | Volketswil | Pfäffikerstrasse | SDA 8-12 | 2017 | 3 | 696712 | 249212 | 696766 | 249296 |

Tabelle 6: Messstrecken 2020– Einfluss Höhenlage

| Kanton | Ort | Strasse | Belag | Einbaujahr | m.ü.M. | Start | | Ende | |
|--------|-----------|----------------------|----------|------------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| BE | Gstaad | Gsteigstrasse | SDA 4-12 | 2015 | 1045 | 588154 | 145814 | 588214 | 145963 |
| FR | Ursy | Traversée d'Ursy | SDA 4 | 2017 | 705 | 554193 | 164809 | 554433 | 164941 |
| FR | Vaulruz | Traversée de Vaulruz | SDA 4 | 2017 | 806 | 564804 | 163073 | 566155 | 163339 |
| SG | St.Gallen | Rosenbergstrasse | SDA 8-12 | 2019 | 670 | 745642 | 254357 | 745718 | 254421 |
| TI | Ambri | Sopra | SDA 4-12 | 2019 | 973 | 697132 | 151472 | 696702 | 151597 |
| TI | Olivone | Zona Scona | SDA 4-12 | 2019 | 909 | 713919 | 153941 | 714061 | 154049 |
| UR | Wassen | Gotthardstrasse | SDA 4 | 2016 | 911 | 688713 | 173245 | 688717 | 173306 |
| VD | Arzier | RC25 | SDA 4 | 2012 | 1000 | 505274 | 146077 | 505318 | 146567 |
| VS | Lax | Furkastrasse | SDA 8 | 2019 | 1029 | 652338 | 137665 | 652537 | 137804 |
| VS | Venthône | Sortie de Venthône | SDA 8 | 2018 | 826 | 606913 | 128481 | 607011 | 128671 |

Für die Kategorie „Höhenlage“ wurden leise Beläge, die mindesten 600 m.ü.M liegen berücksichtigt.

Tabelle 7: Messstrecken 2020 – Einfluss Verkehrslast

| Kanton | Ort | Strasse | Belag | Einbaujahr | DTV | Start | | Ende | |
|--------|------------|-----------------------|------------|------------|---------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| AG | Villmergen | Bundesstrasse 1 | SDA 8-12 | 2016 | >15'000 | 661438 | 245005 | 661253 | 245159 |
| FR | Fribourg | Boulevard de Pérolles | Sapaphone4 | 2016 | >15'000 | 578202 | 183105 | 578161 | 183239 |
| GE | Genève | Quai Wilson | Nanosoft4 | 2013 | >15'000 | 500685 | 118496 | 500741 | 118785 |
| GE | Meyrin | Rte de Meyrin VN | Nanosoft4 | 2016 | >15'000 | 498008 | 119228 | 497806 | 119313 |
| SO | Oensingen | Zubringer Balsthal | SDA 8-12 | 2017 | >15'000 | 620558 | 237883 | 620370 | 238243 |
| VD | Ecublens | RC1 | SDA 4-12 | 2016 | >15'000 | 533571 | 152262 | 533757 | 152337 |
| VD | Lausanne | Av. De Rhodaine | ACMR 8 | 2017 | >15'000 | 536943 | 151504 | 536696 | 151633 |

Die Kategorie „Verkehrslast“ beinhaltet leise Beläge mit einem DTV höher als 15'000 Fahrzeuge.

Tabelle 8: Messstrecken 2020 - AC und Übergangsbeläge

| Kanton | Ort | Strasse | Belag | Einbau- jahr | Alter | Start | | Ende | |
|--------|-------------|--------------------|-----------|-----------------|-------|--------|--------|--------|--------|
| | | | | | | x | y | x | y |
| AR | Wald | Dorf | AC 8 | 2017 | 3 | 754685 | 253620 | 754931 | 253764 |
| GL | Ennenda | Kirchweg | DSAK | 2016 | 4 | 724545 | 210517 | 724438 | 210571 |
| GL | Niederurnen | Ziegelbrückstrasse | AC 8 | 2019 | 1 | 722860 | 221231 | 723004 | 221419 |
| GR | Landquart | Kantonsstrasse | AC 8 | 2013 | 7 | 762117 | 201887 | 761926 | 202537 |
| GR | Lumneins | Via Principala | AC 8 | 2015 | 5 | 720655 | 178033 | 720865 | 178100 |
| JU | Glovelier | RC18/8000 | AC 8 | 2017 | 3 | 582564 | 243223 | 582587 | 243278 |
| SG | Mörschwil | Rorschacherstrasse | MoaMikro5 | 2016 | 4 | 750331 | 259730 | 750458 | 258614 |
| SG | Tübach | Kantonsstrasse | MoaMikro5 | 2013 | 7 | 751385 | 259730 | 751685 | 260050 |
| ZH | Volketswil | Pfäffikerstrasse | AC 8 | 2017 | 3 | 695926 | 695926 | 696619 | 249059 |
| ZH | Zürich | Schweighofstrasse | AC 8 | 2012 | 8 | 680545 | 246260 | 680405 | 246455 |

5. Messresultate 2020

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 Belagsgütmittelwerte, welche über alle Messwerte beider Fahrtrichtungen ermittelt werden

5.1 Langzeitwirkung SDA 4

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

| Kanton | Ort | Belag | Einbaujahr | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwer- verkehrsanteil [dB(A)] |
|--------|--|------------|------------|--|----------|---|
| | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| BE | Gümligen, Dennigkofenweg | SDA 4 | 2013 | -2.3 | -6.0 | -4.0 |
| BL | Aesch, Pfeffingerring | SDA 4-12 | 2016 | -3.1 | -5.5 | -4.3 |
| BL | Ettingen, Hauptstrasse | SDA 4-12 | 2016 | -3.2 | -6.0 | -4.5 |
| BL | Gelterkinden, Sissacherstrasse | Nanosoft4 | 2016 | -1.5 | -5.5 | -3.3 |
| GE | Genève, Rue de Lausanne VN | Nanosoft4 | 2015 | -2.5 | -7.2 | -4.5 |
| JU | Courtételle, RC 18/8000 Rue Saint-Maurice | Nanosoft4 | 2016 | -2.5 | -5.4 | -3.8 |
| JU | Glovelier, RC 18/8000, Route de la Transjurane | SDA 4 | 2017 | -3.0 | -6.2 | -4.5 |
| LU | Ebikon, Adligenswilerstrasse, West | SDA 4 | 2017 | -4.8 | -6.6 | -5.7 |
| NE | Auvernier, RC5 | SDA 4 | 2015 | -4.7 | -7.0 | -5.9 |
| NE | Bôle, RC 173 | Nanosoft4 | 2012 | -1.0 | -4.8 | -2.7 |
| NE | Cortailod, Route de l'Areuse | SDA 4 | 2015 | -2.8 | -5.9 | -4.3 |
| NW | Hergiswil, Seestrasse | SDA 4-12 | 2017 | -3.3 | -5.0 | -4.2 |
| NW | Hergiswil, Seestrasse | SDA 4-12 | 2016 | -3.5 | -5.3 | -4.4 |
| TG | Münsterlingen, Dorfstrasse | SDA 4-12 | 2015 | -4.4 | -7.0 | -5.6 |
| VD | Echallens, Route de Moudon | Camaphone4 | 2015 | -1.6 | -4.5 | -3.0 |
| ZG | Buonas, Rischerstrasse | SDA 4-16 | 2018 | -6.3 | -7.3 | -6.8 |

5.2 Langzeitwirkung SDA 6

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

| Kanton | Ort | Belag | Einbaujahr | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwer- verkehrsanteil [dB(A)] |
|--------|----------------------|----------|------------|--|----------|--|
| | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| BS | Basel, Riehenstrasse | SDA 6-16 | 2013 | -2.7 | -5.7 | -4.1 |

5.3 Langzeitwirkung SDA 8

Tabelle 11: CPX-Streckenmittelwerte pro Fahrzeugkategorie in Abweichung zum Modell StL-86+

| Kanton | Ort | Belag | Einbaujahr | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwer- verkehrsanteil [dB(A)] |
|--------|-----------------------------------|----------|------------|--|----------|---|
| | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| AG | Brittnau, Zofingerstrasse | ACMR8 | 2014 | -0.8 | -4.8 | -2.6 |
| JU | Delémont, Rue du vieux Château | ACMR8 | 2018 | -2.0 | -5.1 | -3.5 |
| SG | Wartau / Trübbach, Kantonsstrasse | SDA 8-12 | 2016 | -1.5 | -3.9 | -2.7 |
| SO | Grenchen, Schlachthausstrasse | SDA 8-12 | 2015 | -0.9 | -4.0 | -2.4 |
| SO | Horriwil, Subingenstrasse | SDA 8-12 | 2015 | -0.6 | -4.3 | -2.3 |
| SZ | Schwyz, Schlagstrasse | SDA 8-12 | 2018 | -1.1 | -4.7 | -2.8 |
| ZH | Volketswil, Pfäffikerstrasse | SDA 8-12 | 2017 | -1.3 | -4.7 | -2.9 |

5.4 Einfluss Höhenlagen

Tabelle 12: CPX-Streckenmittelwerte pro Fahrzeugkategorie in Abweichung zum Modell StL-86+

| Kanton | Ort | Belag | Einbaujahr | m.ü.M. | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwer- verkehrsanteil [dB(A)] |
|--------|-------------------------------|----------|------------|--------|--|----------|---|
| | | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| BE | Gstaad, Gsteigstrasse | SDA 4-12 | 2015 | 1045 | -0.4 | -4.2 | -2.1 |
| FR | Ursy, Traversée d'Ursy | SDA 4 | 2017 | 705 | -2.3 | -5.7 | -3.9 |
| FR | Vaulruz, Traversée de Vaulruz | SDA 4 | 2017 | 806 | -1.1 | -4.5 | -2.7 |
| SG | St.Gallen, Rosenbergstrasse | SDA 8-12 | 2019 | 670 | -1.6 | -4.5 | -3.0 |
| TI | Ambri, Sopra | SDA 4-12 | 2019 | 973 | -0.7 | -5.1 | -2.6 |
| TI | Olivone, Zona Scona | SDA 4-12 | 2019 | 909 | -0.6 | -4.7 | -2.4 |
| UR | Wassen, Gotthardstrasse | SDA 4 | 2016 | 911 | -1.7 | -4.7 | -3.1 |
| VD | Arzier RC25 | SDA 4 | 2012 | 1000 | -1.2 | -4.6 | -2.8 |
| VS | Lax, Furkastrasse | SDA 8 | 2019 | 1029 | -0.7 | -4.6 | -2.4 |
| VS | Venthône, Sortie de Venthône | SDA 8 | 2018 | 826 | -1.1 | -5.2 | -2.9 |

5.5 Einfluss Verkehrslast

Tabelle 13: CPX-Streckenmittelwerte pro Fahrzeugkategorie in Abweichung zum Modell StL-86+

| Kanton | Ort | Belag | Einbau- jahr | DTV | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwer- verkehrsanteil [dB(A)] |
|--------|---------------------------------|------------|-----------------|---------|--|----------|---|
| | | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| AG | Villmergen, Bundesstrasse | SDA 8-12 | 2016 | >15'000 | -0.4 | -4.3 | -2.2 |
| FR | Fribourg, Boulevard de Pérolles | Sapaphone4 | 2016 | >15'000 | -4.8 | -8.1 | -6.3 |
| GE | Genève, Quai Wilson | Nanosoft4 | 2013 | >15'000 | -3.1 | -5.9 | -4.4 |
| GE | Meyrin, Rte de Meyrin VN | Nanosoft4 | 2016 | >15'000 | -3.0 | -5.6 | -4.2 |
| SO | Oensingen, Zubringer Balsthal | SDA 8-12 | 2017 | >15'000 | -0.7 | -4.1 | -2.2 |
| VD | Ecublens, RC1 | SDA 4-12 | 2016 | >15'000 | -2.3 | -4.6 | -3.5 |
| VD | Lausanne, Av. De Rhodaine | ACMR8 | 2017 | >15'000 | -0.0 | -3.5 | -1.5 |

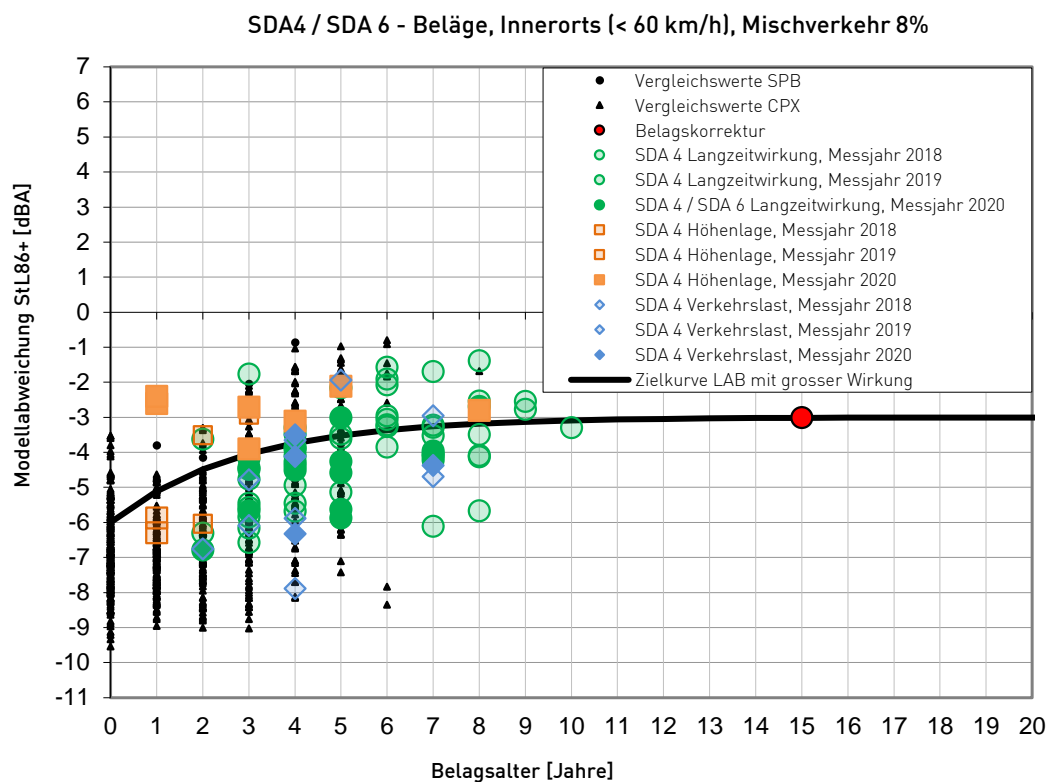
5.6 AC und Übergangsbeläge

Tabelle 14: CPX-Streckenmittelwerte pro Fahrzeugkategorie in Abweichung zum Modell StL-86+

| Kanton | Ort | Belag | Einbau- jahr | Belagsgütwerte Abw. StL-86+ [dB(A)] | | Mischverkehr bei 8% Schwer- verkehrsanteil [dB(A)] |
|--------|--|-----------|-----------------|---|-------------|---|
| | | | | PW (N1) | LKW (N2) | |
| AR | Wald | AC8 | 2017 | -1.4 | -3.4 | -2.4 |
| GL | Ennenda, Kirchweg | DSAK | 2016 | -1.2 | -3.0 | -2.1 |
| GL | Niederurnen, Ziegelbrückstrasse | AC8 | 2019 | -2.0 | -2.5 | -2.3 |
| GR | Landquart, Kantonsstrasse | AC8 | 2013 | -0.9 | -3.1 | -1.9 |
| GR | Lumneins, Via Principala | AC 8 | 2015 | -1.3 | -4.1 | -2.6 |
| JU | Glovelier, RC 18/8000, Route de la Transjurane | AC8 | 2017 | -1.7 | -5.1 | -3.2 |
| SG | Mörschwil, Rorschacherstrasse | MoaMikro5 | 2016 | -1.9 | -3.8 | -2.9 |
| SG | Tübach, Kantonsstrasse | MoaMikro5 | 2013 | 0.1 | -3.5 | -1.5 |
| ZH | Volketswil, Pfäffikerstrasse | AC8 | 2017 | -2.1 | -4.8 | -3.4 |
| ZH | Zürich, Schweighofstrasse | AC8 | 2012 | 0.1 | -4.4 | -1.8 |

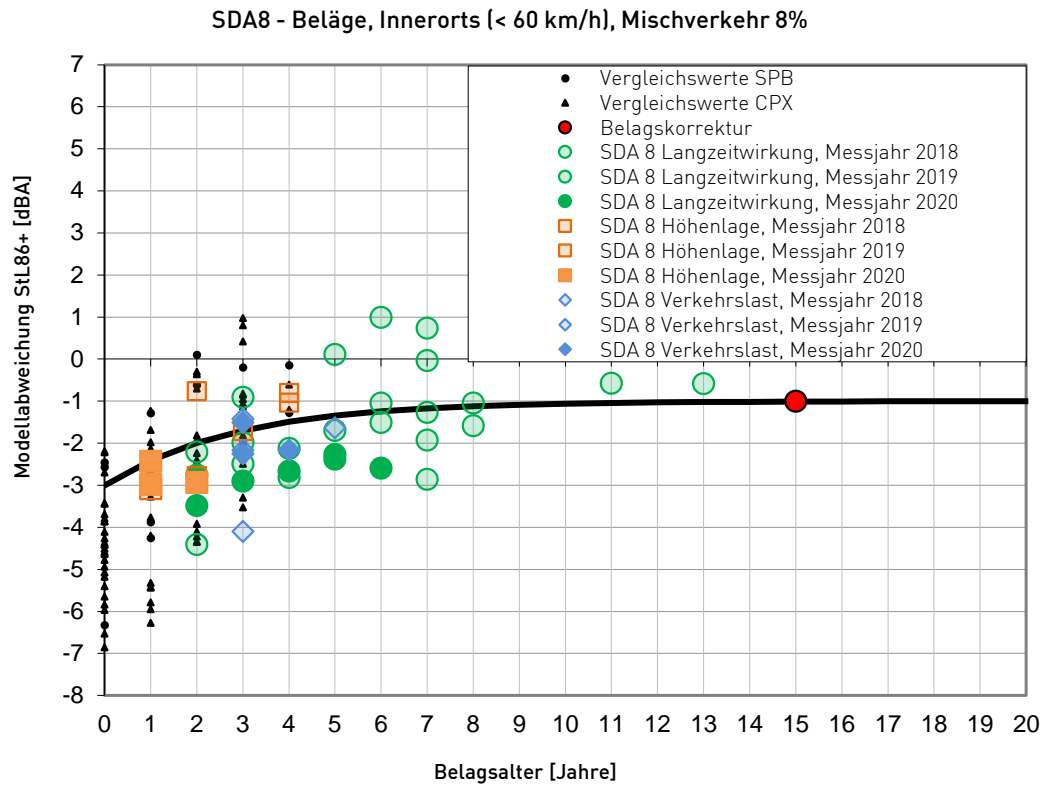
6. Übersicht Messresultate 2018-2020

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 ihrer Fragestellung unterschiedlich markiert. Es werden die Werte aus den Messjahren 2018, 2019 und 2020 dargestellt. Die Messwerte aus den Jahren 2018 und 2019 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 und Übergangsbeläge wird keine Zielkurve dargestellt.



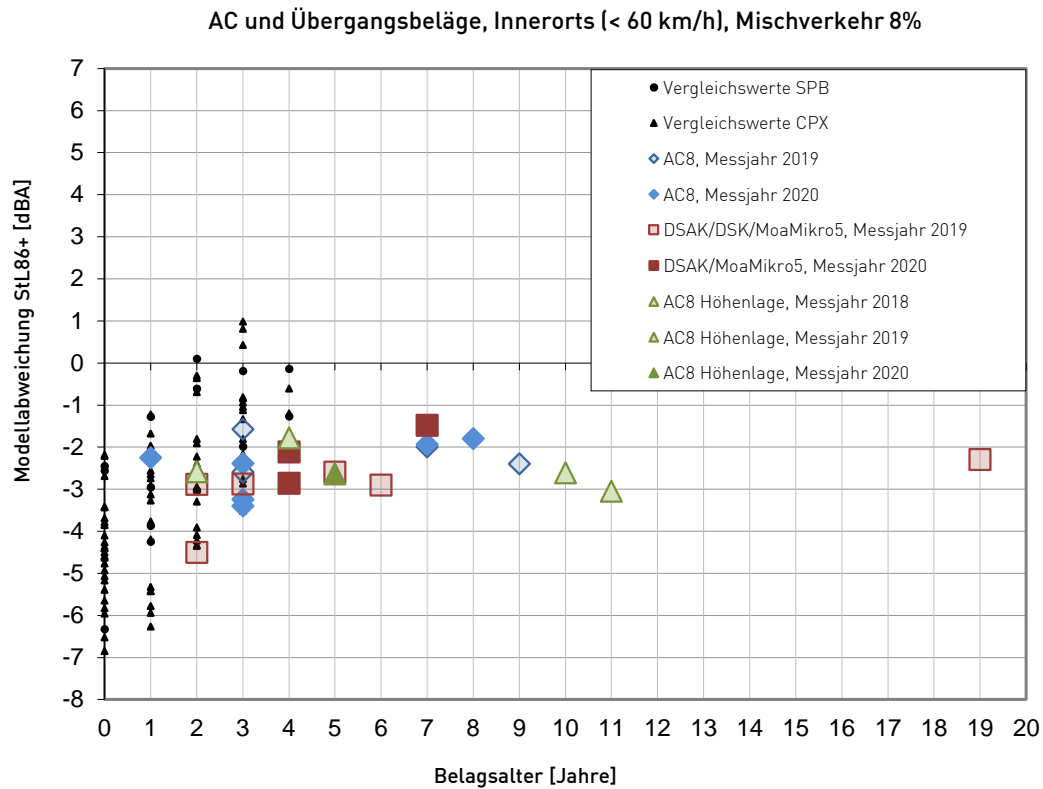
Kommentar:

- Insgesamt wurden 86 lärmarme Beläge mit Grösstkorn 4mm bzw. 6mm mit unterschiedlichem Belagsalter auf ihre akustische Wirkung untersucht (32 Beläge im Jahr 2018, 26 Beläge im Jahr 2019 und 28 Beläge im Jahr 2020)
- Rund zwei Drittel der untersuchten Beläge entsprechen in Abhängigkeit des Belagsalters den Erwartungen und liegen unter der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.



Kommentar:

- Insgesamt wurden 44 SDA 8 Beläge mit unterschiedlichem Belagsalter (19 Beläge im Jahr 2018, 12 im Jahr 2019 und 13 Beläge im 2020).
- Rund zwei Drittel der gemessenen Beläge entsprechen in Abhängigkeit des Belagsalters den Erwartungen und liegen unter der Zielkurve LAB.

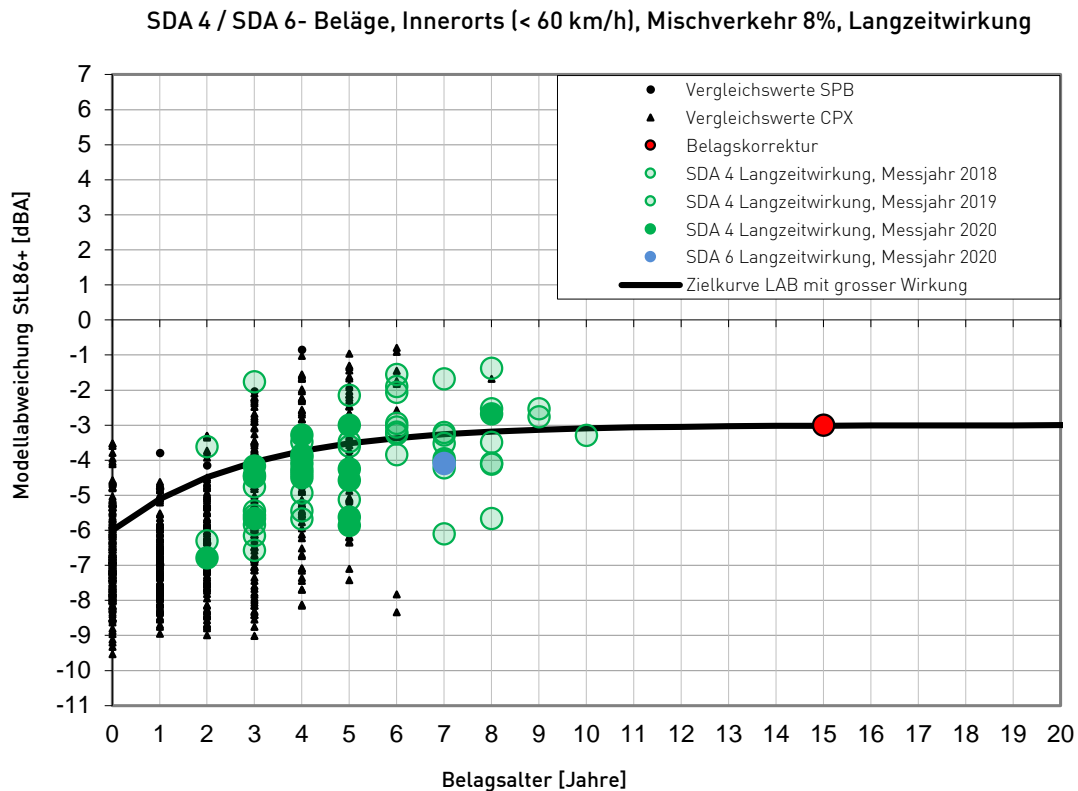


Kommentar:

- Insgesamt wurden 24 AC und Übergangsbeläge mit unterschiedlichem Belagsalter auf ihre akustische Wirkung untersucht (2 Beläge im Jahr 2018, 12 Beläge im Jahr 2019 und 10 Beläge im Jahr 2020).
- Das Belagsalter liegt zwischen 1 und 19 Jahren. Alle Beläge erreichen in Abweichung zum Emissionsmodell StL-86+ im Streckenmittel akustische Belagsgütwerte kleiner als -1 dB(A) für Mischverkehr (N2 = 8%)

7. Analyse der Messresultate 2020

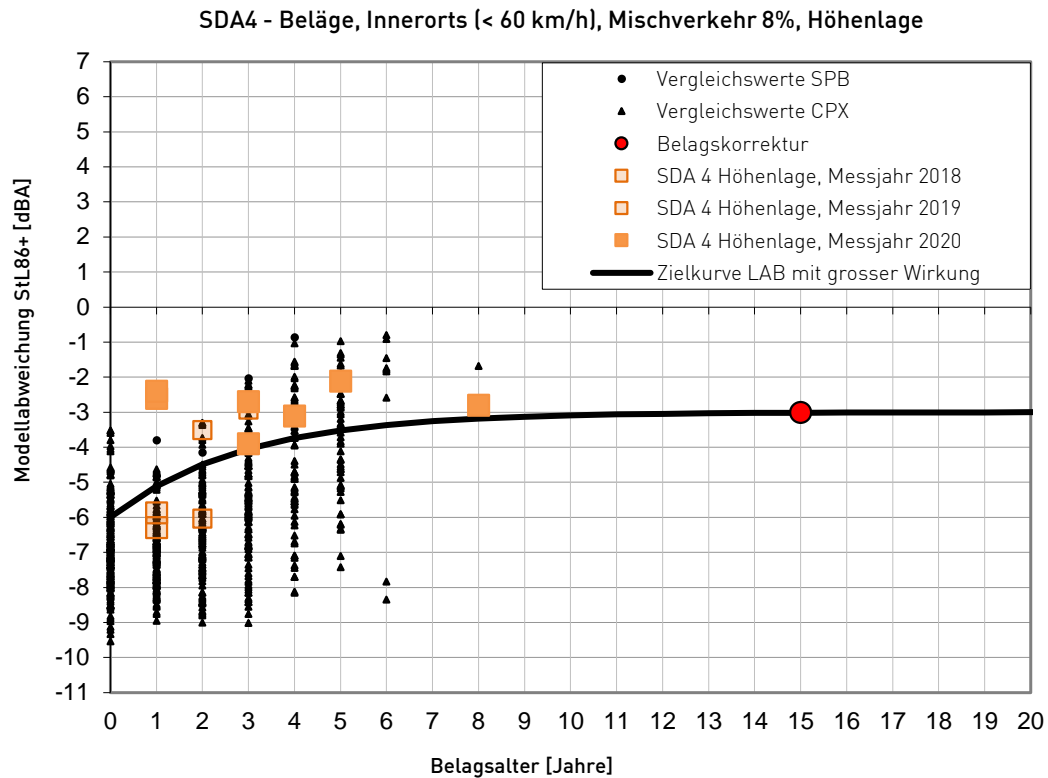
7.1 Analyse Langzeitwirkung SDA 4 / SDA 6



Kommentar:

- Im Jahr 2020 wurden insgesamt 16 lärmarme Beläge mit 4mm und ein Belag mit 6mm Grösstkorn für die Auswertung der Langzeitwirkung auf ihre akustische Wirkung in Abhängigkeit des Belagsalters untersucht.
- Fast alle der Beläge entsprechen den Erwartungen und befinden unterhalb oder im Bereich der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.
- Bei den drei Belägen, die knapp über der Zielkurve liegen, handelt es sich um den 4-jährigen Nano-soft4 in Courtételle, Rue Saint-Maurice, den 8-jährigen Nanosoftware in Bôle sowie den 5-jährigen Camaphone 4 in Echallens, Route de Moudon.
- Die SDA 4 Beläge in Münsterlingen, Dorfstrasse und Auvener, RC 5 zeigen 5 Jahre nach Einbau eine gute akustische Qualität und liegen deutlich unterhalb der Zielkurve für LAB mit grosser Wirkung.
- Der SDA 6-16 Belag in Basel, Riehenstrasse zeigt auch 7 Jahre nach Einbau eine gute Akustische Wirkung und liegt unterhalb der Zielkurve für LAB mit grosser Wirkung.

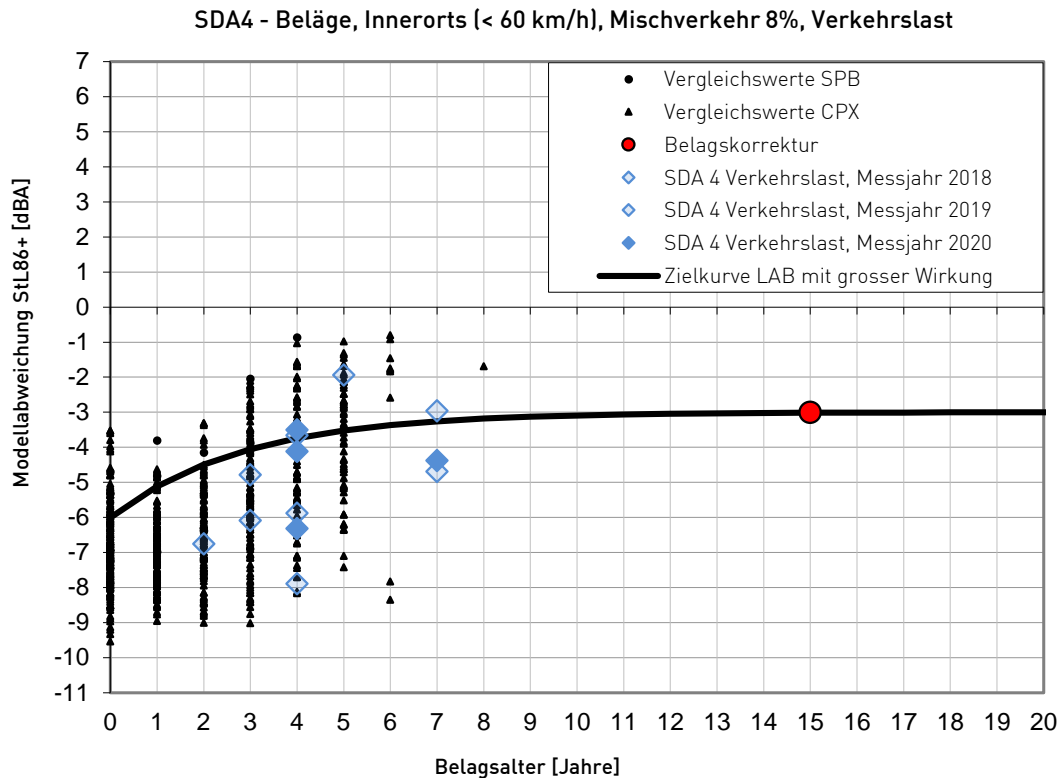
7.2 Analyse SDA 4 Höhenlage



Kommentar:

- Alle 7 im Messjahr 2020 untersuchten Beläge in Abhängigkeit der Höhenlage erfüllen die Erwartungen nur teilweise und befinden sich deutlich bzw. knapp oberhalb der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung.
- Die beiden SDA4-12 Beläge in Ambri, Sopra und Olivone, Zona Scona liegen bereits 1 Jahr nach Einbau deutlich über der Zielkurve LAB mit grosser Wirkung. Ob die geringe akustische Wirkung einen bautechnischen Hintergrund hat, müsste weiter abgeklärt werden.

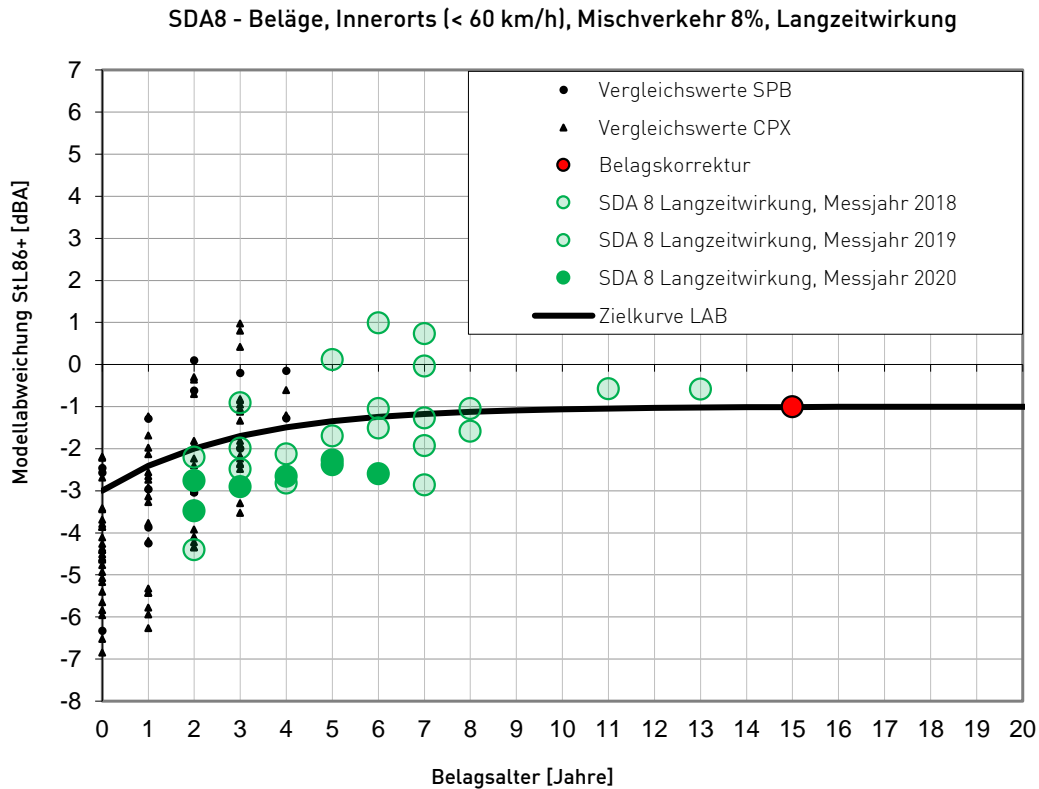
7.3 Analyse SDA 4 Verkehrslast



Kommentar:

- Von den 4 im Messjahr 2020 untersuchten Belägen befinden sich zwei Beläge deutlich unter und zwei Beläge im Bereich der Zielkurve für LAB mit grosser Wirkung.
- Gesamthaft betrachtet sind die Erwartungen der akustischen Wirkung unter Berücksichtigung der Verkehrslast erfüllt.
- Auffällig ist der Sapaphone 4 in Fribourg, Boulevard de Pérolles, welcher 4 Jahre nach Einbau noch immer eine sehr gute akustische Wirkung aufweist und deutlich unter der Zielkurve für LAB mit grosser Wirkung liegt.
- Der Nanosoft4 Belag in Genf, Quai Wilson, zeichnet sich auch 7 Jahre nach Einbau durch eine sehr gute akustische Wirkung aus.

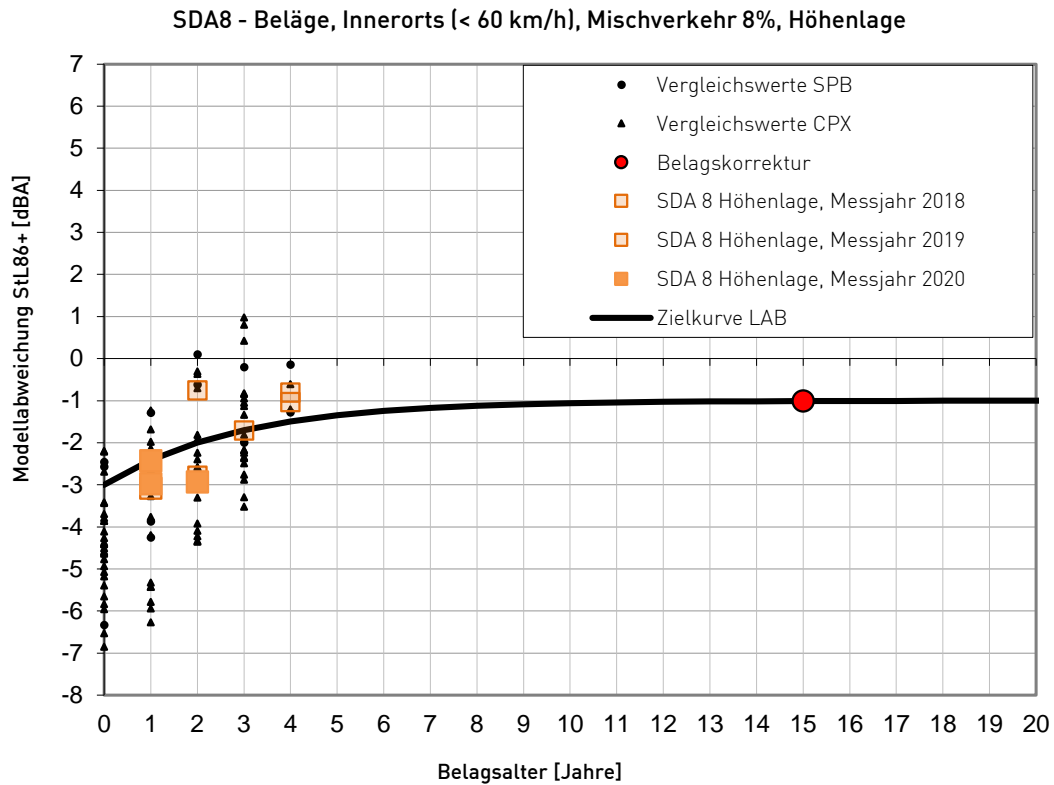
7.4 Analyse Langzeitwirkung SDA 8



Kommentar:

- Insgesamt liegen alle der 7 im Messjahr 2020 untersuchten Beläge mit 8mm Grösstkorn im Bereich oder unter der Zielkurve für LAB.
- Der ACMR 8 Belag in Brittnau zeigt 6 Jahre nach Einbau eine gute akustische Belagsgüte, die deutlich unterhalb Zielkurve für LAB liegt. Aufgrund der geringen Verkehrslast (DTV <5'000) kann von einer verminderten mechanischen Beanspruchung ausgegangen werden.

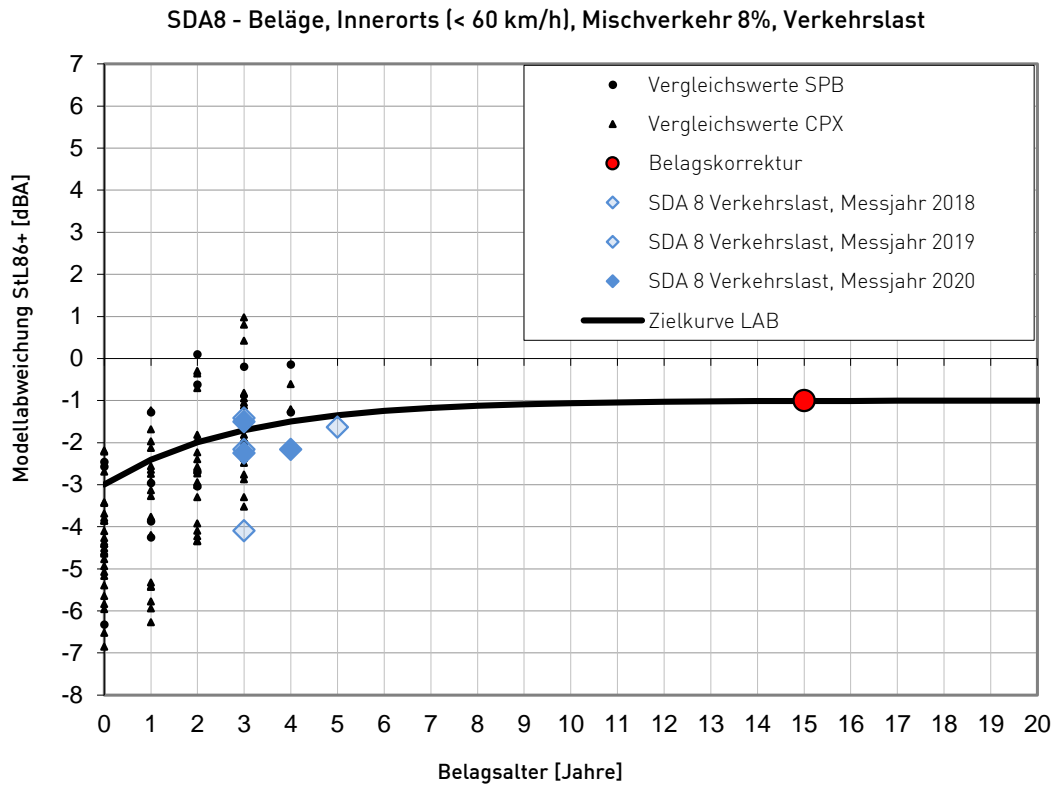
7.5 Analyse SDA 8 Höhenlage



Kommentar:

- Alle der 3 im Messjahr 2020 untersuchten SDA 8 Beläge in Abhängigkeit der Höhenlage befinden sich im Bereich oder unterhalb der Zielkurve für LAB.

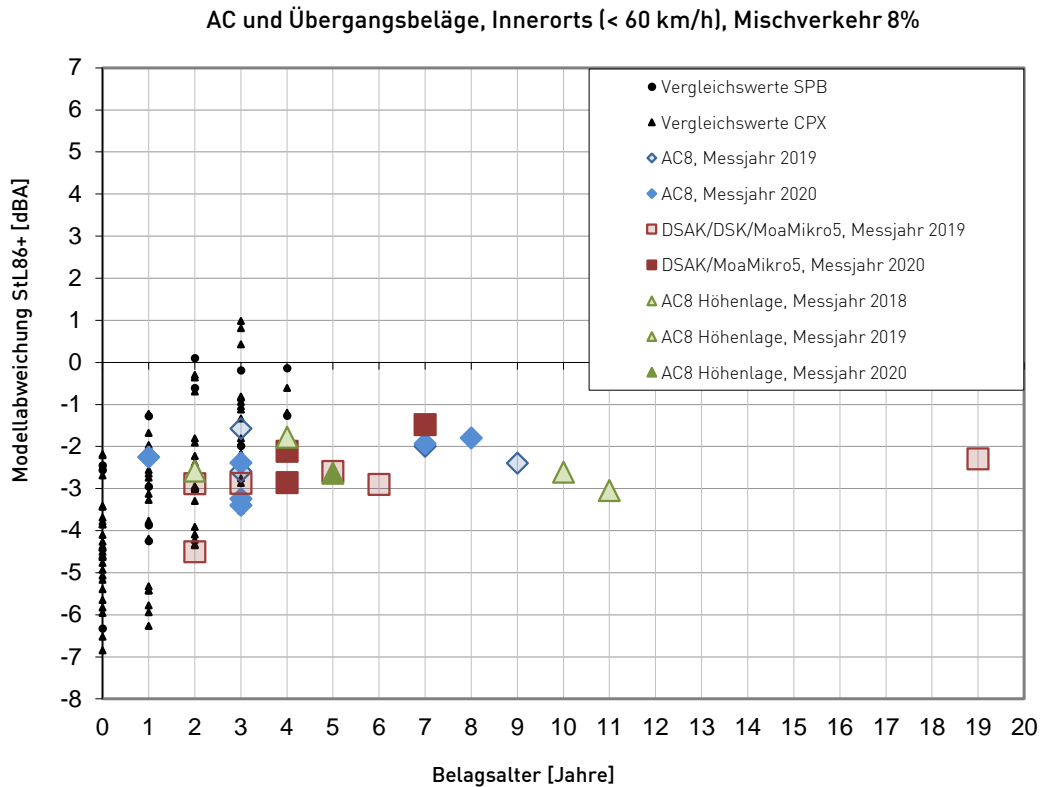
7.6 Analyse SDA 8 Verkehrslast



Kommentar:

- Alle der 3 im Messjahr untersuchten 8er Beläge in Abhängigkeit der Verkehrslast befinden unterhalb oder im Bereich der Zielkurve für LAB.

7.7 Analyse AC und Übergangsbeläge



Kommentar:

- Alle der im Messjahr 2020 untersuchten AC und Übergangsbeläge weisen unabhängig des Belagsalters einen Belagsgütwert in Abweichung zum Modell StL-86+ kleiner -1dB(A) aus.
- Die AC8 Beläge in Landquart, Kantonsstrasse und Zürich, Schweighofstrasse sowie der MaoMikro5 Belag in Tübach, Kantonstrasse zeigen auch 7 resp. 8 Jahre nach Einbau gute akustische Belagsgütwerte auf.
- Auch der AC8 Belag in Lumneins, Via Principala zeigt 5 Jahre nach Einbau eine gute akustische Wirkung auf.

8. Erkenntnisse Messjahre 2018-2020

Um Lücken im Wissenstand betreffend die langfristige akustische Wirkung von lärmarmen Belägen im Innerortsbereich zu schliessen, wurden in den vergangenen drei 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.

Nach drei Jahren zeigen sich nun erste Tendenzen, die als Grundlage zur Erstellung einer Entscheidungsmatrix zur Bestimmung der geeigneten Bauweise auf einem spezifischen Strassenabschnitt herbeigezogen werden können. Im Folgenden wird ein kurzer Überblick der ersten Erkenntnisse unter Berücksichtigung der unter Kapitel 1 beschriebenen Fragestellungen gegeben.

SDA Beläge mit Grösstkorn 4mm

Viele 4er Beläge weisen auch mit zunehmendem Alter gute akustische Wirkungen auf. Die ersten Ergebnisse deuten darauf hin, dass die meisten SDA4 Beläge in der Höhenlage unabhängig des Belagsalters die zu erwartende akustische Wirkung nicht erreichen. Bei den wenigen Ausnahmen handelt es sich um jüngere Beläge. Die gemessenen 4er Beläge mit hoher Verkehrslast mögen die Erwartungen grösstenteils zu erfüllen. Auch ältere Beläge weisen teilweise eine akustische Wirkung auf, die deutlich unter der Zielkurve liegt.

SDA Beläge mit Grösstkorn 8mm

Der Grossteil der im Rahmen dieser Studie gemessenen 8er Beläge zeigt eine gute akustische Langzeitwirkung. Die Ergebnisse zeigen, dass die meisten der untersuchten 8er Beläge mit Lage >600 m.ü.M im Bereich der Zielkurve zu liegen kommen. Innerhalb der Beläge mit gleichem Einbaujahr zeigen sich mit einer Ausnahme nur kleine Unterschiede in der Belagswirkung. Weitere Messungen werden zeigen, ob sich diese Tendenz bestätigen lässt. Die 8er Beläge mit hoher Verkehrslast erfüllen die Erwartungen und die Belagswirkung ist im Bereich oder unterhalb der Zielkurve.

AC und Übergangsbeläge

Die AC und Übergangsbeläge haben zu Beginn im Verhältnis zu neu eingebauten SDA Belägen eine deutlich schlechtere akustische Wirkung. Die Messergebnisse der letzten drei Jahre zeigen jedoch, dass die anfängliche Belagswirkung dieser Beläge im Verlauf der Jahre nur geringfügig nachlässt. Insbesondere die AC8 Beläge in der Höhenlage die im Rahmen des vorliegenden Projektes gemessen wurden, zeigen sich aus akustischer Sicht eher stabil. Weitere Messungen werden zeigen, ob sich diese Tendenz bestätigen lässt.

9. Empfehlung/Ausblick

Zur weiteren Vertiefung der aus den Messjahren 2018 bis 2020 erhaltenen Erkenntnisse zur langfristigen akustischen Wirkung von SDA Belägen und Übergangsbelägen, wird empfohlen, das Messkonzept in ähnlicher Weise fortzuführen. Weitere Messungen müssen zeigen, ob sich die oben festgestellten Tendenzen bestätigen lassen.

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, muss weiter abgeklärt werden.

In der Schweiz haben sich LAB vielerorts als Lärmschutzmassnahme etabliert. Wie die Messungen zeigen, stellen lärmarme Beläge (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.

Im Rahmen des Schlussberichts 2021 wird basierend auf den 2018-2021 erhobenen Daten eine Entscheidungsmatrix erarbeitet, welche es erlaubt auf einem spezifischen Strassenabschnitt eine geeignete Bauweise auszuwählen.

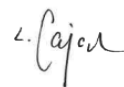
Grolimund + Partner AG



Erik Bühlmann



Tina Saurer



Lena Cajochen