



sonROAD18: Frequently asked questions FAQs

Version 1.0, Stand 22.02.2022

Das Emissionsmodell sonROAD18 wurde von der Empa, Abteilung Akustik / Lärminderung, im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt entwickelt. Diese FAQs sind in Zusammenarbeit mit dem Cercle Bruit und der Empa erstellt worden.

I. Allgemeine Fragen zum Einsatz des Modells

1) Warum ein neues Modell zur Berechnung des Strassenlärms?

Das neue Emissionsmodell sonROAD18 stellt den aktuellen Stand des Wissens und der Technik dar. Es erlaubt die Berechnung der Schallemissionen von auf schweizerischen Strassen zugelassenen Fahrzeugen im Zusammenhang mit der Beurteilung des Strassenverkehrslärms gemäss Anhang 3 der Lärmschutzverordnung LSV. Mit dem Modell sonROAD18 lassen sich u.a. die gemäss LSV Anhang 3 Ziff. 31 geforderten Ausgabegrössen berechnen.

2) Wo und wann wurde das neue Emissionsmodell sonROAD18 publiziert?

Die technischen Berichte, d.h. der Modellbeschrieb, der Bericht zu Weiterentwicklungen und Ergänzungen (u.a. weitere Fahrzeugkategorien, CPX-Schnittstelle/-Umrechnungsmodell) sowie weitere Berichte (insbesondere zur Integration der akustischen Belagsgüte), hat das BAFU auf der Webseite www.bafu.admin.ch/sonROAD18 Anfangs 2021 publiziert.

3) Ab wann wird das BAFU das neue Modell sonROAD18 zur Anwendung empfehlen?

Grundsätzlich haben die Lärmberechnungen gemäss dem Stand der Technik zu erfolgen. Das BAFU plant, das Emissionsmodell sonROAD18 in Form einer kurzen, neuen Vollzugshilfe ab Beginn 2023 offiziell zur Anwendung zu empfehlen. Bereits jetzt kann mit dem Modell gerechnet werden, insbesondere bei tiefen Geschwindigkeiten (< 50 km/h) und bei Strassenprojekten, bei denen die Strassenlärmberechnungen nach der Publikation des Modells begonnen werden.

4) Wozu dient die Publikation sonROAD18-Umwelt-Wissen?

Die BAFU-Publikation aus der Serie Umwelt-Wissen mit dem Titel "Strassenlärm-Berechnungsmodell sonROAD18, Aufbereitung Eingabedaten und Ausbreitungsrechnung", erklärt die Anwendung des neuen Modells in der Vollzugspraxis. Das Dokument beschreibt die Aufbereitung der Eingabedaten und die Ausbreitungsrechnung. Das BAFU hat dieses Dokument auf der Webseite www.bafu.admin.ch/uw-2127-d Anfangs 2022 veröffentlicht.



5) Müssen aufgrund des neu publizierten Modells die maximal zulässigen Immissionen (nach Art. 37a Abs. 1 LSV) neu berechnet werden?

Die nach dem bisherigen Stand der Technik im Vollzug durchgeführten Berechnungen und die darauf beruhenden Bewilligungen behalten grundsätzlich ihre Gültigkeit. Es gilt allerdings zu beachten, dass die Strassenlärmisanierung eine Daueraufgabe darstellt, die eine periodische Überprüfung auch bereits sanierter Strassenzüge im Lichte aktueller Erkenntnisse und der neusten bundesgerichtlichen Rechtsprechung bedingt. Eine solche Überprüfung kann aufgrund einer dauerhaften und wesentlichen Abweichung von den verfügbaren Immissionen (Art. 37a Abs. 2 LSV) oder im Rahmen einer Wiedererwägung eines Sanierungs- oder Erleichterungsentscheids, der Änderung einer Anlage (Art. 8 LSV i.V.m. Art. 18 Abs. 2 USG) oder eines eigenständigen, neuen Sanierungsprojekts erfolgen.

6) Wie sind die Emissions- und Immissionspegel zu runden?

Es gilt betreffend Runden weiterhin die Vollzugshilfe *Leitfaden Strassenlärm*, 2006. Im Leitfaden Strassenlärm, Abs. 4.6, S. 32, steht: "Die Beurteilungspegel werden ohne Nachkommastellen ausgewiesen. Die aus den Berechnungen erzielten Pegel werden mathematisch auf die nächste Ganzzahl gerundet ($65.4 = 65$ und $65.5 = 66$). Ein Grenzwert gilt dann als überschritten, wenn der ganzzahlige Beurteilungspegel grösser ist als der Grenzwert. (z.B. IGW ES III: bei 65 dBA IGW eingehalten, erst bei 66 dBA IGW überschritten)".

II. Modellaufbau/-funktionsweise

7) Wie funktioniert das Emissionsmodell?

Das Modell sonROAD18 schlüsselt die Lärmemissionen von Fahrzeugen in eine energetische Summe aus einer Antriebs- und einer Rollgeräuschkomponente sowie in eine Korrektur für die vertikale Abstrahlcharakteristik auf.

8) Ist sonROAD18 ähnlich zu CNOSSOS-EU?

Der Formelsatz des Strassenlärm-Modells von CNOSSOS-EU diene als Basis für die Entwicklung von sonROAD18. Die Modell-Koeffizienten zu den Emissionswerten wurden hingegen von der Empa komplett neu bestimmt, um die Emissionen dem schweizerischen Fahrzeugpark und dessen Bereifung anzupassen. In gewissen Punkten wurde sonROAD18 gegenüber CNOSSOS-EU vereinfacht (keine pauschalen Beschleunigungszuschläge, Belagskorrektur) in anderen Punkten geht sonROAD18 weiter (deutlich feinere Fahrzeugkategorisierung, vertikale Abstrahlcharakteristik).

9) Sind im Vergleich mit StL86+ mehr Grundlagendaten einzugeben?

Dank des SWISS10-Konverters kann sogar ohne Kenntnisse des Schwerverkehrsanteils und des Verhältnisses Tag/Nacht - alleine auf der Basis des DTVs - die stündlichen Verkehrsmengen in den SWISS10-Kategorien berechnet werden.

Lediglich die Lufttemperatur stellt eine neue Eingabegrösse dar. Im Weiteren muss die Strassenlängsneigung bereits ab einem Wert von 1 % eingegeben werden und sie ist vorzeichenabhängig (bei StL86+ ab 3 % und unabhängig vom Vorzeichen).

10) Wie könnte eine Tabelle aufgebaut sein, damit eine Berechnung nachvollziehbar wird (zur Nachvollziehbarkeit von Emissionsangaben)?

Die Tabelle sollte die folgenden Eingabe-Daten auflisten:

Eingabegrösse	Eingabe-Daten, Fall 1		Eingabe-Daten, Fall 2
Verkehrsmenge/ -zusammensetzung	Verkehrsmenge DTV oder Verkehrsmen- gen Nt1, Nt2, Nn1, Nn2 (jeweils für gan- zen Strassenquerschnitt) UND SWISS10-Verkehrssituation [SS-30, ..., HLS-4-U-120] UND Version des SWISS10-Konverters	ODER	durchschnittliche stündliche Verkehrsmengen $N[c]$ pro SWISS10+-Kategorien c Tag und Nacht
Geschwindigkeiten	signalisierte Geschwindigkeit (allenfalls unterschieden nach Tag/Nacht)	ODER	mittlere Geschwindigkeit (Aus- nahmefall; unterschieden nach Tag/Nacht)
akustische Belagsgüte	<u>ohne Messung</u> : Welche Standard-Belag- skorrektur wurde verwendet? [KB50 -9 dBA, ..., KB50 +3 dBA, KB80 -6 dBA, ..., KB80 +5 dBA]	ODER	<u>mit Messung</u> : spektrale Belag- skorrektur, Terzband-Werte von 50 Hz bis 10 kHz
Strassenlängsneigung	ab ± 1 % (vorzeichenabhängig)		-
Luft-Temperatur	Jahresmittelwert (entspricht im Mittelland der Referenztemperatur von 10 °C)		-

Zusätzlich ist die Angabe der Berechnungssoftware und deren Versionsnummer erforderlich. Die in der Berechnungssoftware vorgenommenen Einstellungen und die gewählten Parameter sollen ebenfalls dokumentiert werden.

Der Elevationswinkel ist von der Position des Immissionspunktes gegenüber der Strasse abhängig. Bei der Berechnung mittels Software wird der Algorithmus zum Auffinden der akustisch relevanten Schallwege diesen Winkel automatisch bestimmen. Der Elevationswinkel ist also zur Nachvollziehbarkeit nicht erforderlich, zumal er weder vom betrieblichen noch vom baulichen Zustand der Strasse abhängig ist. Bei der Prüfung von einzelnen wenigen Immissionspunkten – beispielsweise im Rahmen einer Baubewilligung gemäss Art. 31 Lärmschutzverordnung – kann die Angabe der eingesetzten Elevationswinkel hingegen hilfreich sein.

11) Ist bei der Angabe von Emissionspegeln jeweils festzuhalten, für welche Elevationswinkel sie gelten?

Nein. Als Standard-Elevationswinkel gilt die Horizontale, d.h. ein Elevationswinkel von 0°. Wird ein Emissionspegel z. B. in einem Kataster angegeben, ist immer die Horizontale mit dem Elevationswinkel 0° zu verwenden, anderenfalls ist eine Winkelangabe notwendig.

III. Vergleich Emissions- und Immissionspegel (StL86+ vs. sonROAD18)

12) Wie unterscheiden sich die beiden Modelle sonROAD18 und StL86+ bez. den prognostizierten Emissionspegeln?

Bezüglich der prognostizierten **Emissionspegel** unterscheiden sich die beiden Modelle vor allem im niedrigen Geschwindigkeitsbereich und bei Strassen mit einer Steigung.

sonROAD18 prognostiziert:

- einen **deutlich leiseren Emissionspegel bei tieferen Geschwindigkeiten**, da StL86+ nicht für Geschwindigkeiten unter 50 km/h entwickelt wurde und bei tiefen Geschwindigkeiten die Emissionen systematisch überschätzt.
- einen **geringfügig leiseren Emissionspegel** als StL86+ im Innerortsbereich, wo die schweren, lauten Fahrzeuge den Gesamtpegel dominieren. Die Antriebssysteme von Lastwagen wurden in den letzten Jahrzehnten leiser und diese Entwicklung ist im Modell StL86+ nicht berücksichtigt.
- in Steigungen einen **wahrnehmbar leiseren Emissionspegel** als StL86+. Die Antriebssysteme der Fahrzeuge wurden im Allgemeinen in den letzten Jahrzehnten leiser und die Motorleistung nahm tendenziell zu. Das Antriebsgeräusch hat somit in den Steigungen an Bedeutung verloren. Diese Entwicklung ist im Modell StL86+ nicht berücksichtigt und folglich überschätzt das Modell StL86+ die Steigungskorrektur.
- einen **geringfügig lauterer Emissionspegel** als StL86+ auf Hochleistungsstrassen, insbesondere Autobahnen, wo die Personenwagen (PWs, SWISS10-Kat. Nr. 3), welche im Gegensatz zu den Lastwagen mit rund 120 km/h fahren, den Gesamtpegel dominieren. Da im Mittel moderne Personenwagen im Vergleich zu den 80er-Jahren schwerer und mit breiteren Reifen ausgestattet sind, ist deren Reifengeräusch tendenziell lauter geworden (vgl. Bericht [Entwicklung der PKW-Lärm-Emissionen bei der Zulassung](#), 09.12.2020).

Dies wird aus der nachfolgenden Tabelle ersichtlich, welche für vers. exemplarische Verkehrssituationen die Differenzen der prognostizierten Emissionspegel zeigt (jeweils für den Referenzbelag des Prognosemodells, d.h. ohne Belagskorrektur):

Nr.	Strassentyp	Geschw.	N2 ¹	Steigung	Differenz sonROAD18 minus StL-86+
1)	Sammelstrasse	30 km/h	10 %	0 %	- 3.3 dBA
2)	Verbindungsstrasse	50 km/h	5 %	0 %	- 0.7 dBA
3)	Verbindungsstrasse	50 km/h	5 %	5 %	- 1.5 dBA
4)	Hochleistungsstrasse (Autobahn, Normalspur)	120 km/h	5 %	0 %	+ 0.9 dBA

Quelle: sonROAD18 - Berechnungsmodell für Strassenlärm, Heutschi K., Locher B., Empa, 09.07.2018, Abs. 20.2 Szenarienrechnungen, Tab. 20.7, S. 118

Wir weisen darauf hin, dass die in der obigen Tabelle ersichtlichen Differenzen auch von der akustischen Belagsgüte abhängig sind.

¹ Schwerverkehrsanteil N2 für die Berechnung mit StL86+

13) Wie unterscheiden sich die Ausbreitungsrechnungen mit StL86+ und sonROAD18 in Kombination mit ISO 9613-2 bez. den prognostizierten Immissionspegeln?

Da sonROAD18 ein reines Emissionsmodell ist, muss für die Bestimmung von Immissionspegel sonROAD18 mit einem Ausbreitungsmodell gekoppelt werden. Das Ausbreitungsmodell gemäss Norm ISO 9613-2 ist geeignet, um mit sonROAD18 kombiniert zu werden.

Die umfangreichen Test- und Vergleichsrechnungen zeigten in Abhängigkeit der Verkehrssituation die folgenden Unterschiede:

Immissionspunkte entlang von städtischen Strassen ($v \leq 50$ km/h):

- Unabhängig vom Niveau der Immissionspegel ist die Kombination **sonROAD18 und ISO 9613-2 tendenziell leiser**
 - o Bei Tempo 30: Mehrere Dezibel leiser, da sonROAD18 bereits die Emissionen im Vergleich zu StL86+ deutlich leiser prognostiziert (vgl. Antwort auf die Frage Nr. 12).
 - o Bei höheren Stockwerken leiser wegen der Berücksichtigung der vertikalen Abstrahlcharakteristik

Immissionspunkte entlang von Strassen ausserorts ($50\text{km/h} < v \leq 80$ km/h):

- Unabhängig vom Niveau der Immissionspegel ist die Kombination **sonROAD18 und ISO 9613-2 tendenziell leiser**, da sonROAD18 bereits die Emissionen im Vergleich zu StL86+ leiser prognostiziert (vgl. Antwort auf die Frage Nr. 12)

Immissionspunkte entlang von Autostrassen und Autobahnen ($v > 80$ km/h):

- **Bei hohen Immissions-Pegeln (nahe bei der Quelle) ist die Kombination sonROAD18 und ISO 9613-2 tendenziell leiser.** Die Emissionen sind zwar im Vergleich zum StL86+ Modell etwas lauter (vgl. Antwort auf die Frage Nr. 6), im Nahbereich von Autostrassen und Autobahnen (d.h. bis rund 50 m Distanz) rechnet das Ausbreitungsmodell ISO 9613-2 jedoch gegenüber StL86+ eine höhere Ausbreitungsdämpfung und somit niedrigere Immissionspegel². Dieser Effekt ist grösser als die lautere Emission, so dass schliesslich am Immissionsort ein niedrigerer Immissionspegel resultiert.
- **Bei niedrigen Immissions-Pegel (fern von der Quelle) ist die Kombination sonROAD18 und ISO 9613-2 tendenziell lauter**, da die Ausbreitungsrechnung gemäss ISO 9613-2 von förderlichen Meteo-Bedingungen ausgeht; die Ausbreitungsrechnung nach StL86+ hingegen keine Meteo-Effekte berücksichtigt (d.h. generell akustisch neutrale Wetterbedingungen).

Weiterführende Informationen hierzu können dem Bericht *Test-Szenarien zu sonROAD18, Zusammenstellung und Analyse*, BAFU, 2020, entnommen werden.

² vgl. Empa-Bericht [sonROAD18 - Berechnungsmodell für Strassenlärm - Weiterentwicklungen und Ergänzungen](#), 15.05.2020, Abs. 8.2, S. 78

IV. Akustische Belagsgüte (Belagskorrektur)

14) Welche Unterschiede bestehen zwischen den Modellen StL86+ und sonROAD18 bezüglich Belagskorrektur?

Beim Modell StL86+ kommen als Belagskorrektur die KB-Werte zum Einsatz. Diese sind nicht-spektrale Einzahl-Werte. Da es sich beim Modell sonROAD18 um ein spektrales Modell mit Terzband-Auflösung handelt, wird für die Berücksichtigung der akustischen Belagsgüte in sonROAD18 eine spektrale Belagskorrektur mit Terzband-Auflösung verwendet.

Das Modell StL86+ vereinfacht zudem die akustische Geräuschenstehung bei Strassenfahrzeugen stark. Da das Modell StL86+ die Emissionen nicht nach Antriebs- und Rollgeräuschkomponente aufteilt, wirkt die Belagskorrektur bei diesem Modell stets auf das Gesamtgeräusch. Das heisst beispielsweise, dass ein hochwirksamer lärmarmere Belag mit einem KB-Wert von -6 dBA in jeder Situation unabhängig von der Geschwindigkeit, der Steigung und der Verkehrszusammensetzung den Emissionspegel um 6 dBA reduziert.

Beim Modell sonROAD18 wirkt die Belagskorrektur ausschliesslich auf die Rollgeräuschkomponente. Die Belagskorrektur ist einer der wichtigsten Einflussgrössen für die Gesamtemission (siehe hierzu auch *sonROAD18 - Berechnungsmodell für Strassenlärm*, Heutschi K., Locher B., Empa, 09.07.2018, Abs. 13.2, Tab. 13.1, S. 105). Die Belagskorrektur an sich ist im Modell unabhängig von der Geschwindigkeit und der Fahrzeugkategorie aber die schlussendliche Wirkung des Belags auf das Gesamtgeräusch ist gleichwohl geschwindigkeits- und fahrzeugkategorienabhängig, da diese beiden Faktoren die relativen Anteile des Antriebs- und Rollgeräusches bestimmen. Je geringer die Geschwindigkeit, desto geringer ist der Anteil des Rollgeräusches am Gesamtgeräusch (das Antriebsgeräusch dominiert). Weist das Rollgeräusch einen geringen Anteil am Gesamtgeräusch auf, so folgt daraus auch ein geringer Einfluss der Belagskorrektur auf das Gesamtgeräusch.

Zur Veranschaulichung: Bei abnehmender Fahrgeschwindigkeit nimmt der Einfluss des Belags auf das Gesamtgeräusch ab. Mit einer Standard-Belagskorrektur von beispielsweise KB = -3 dBA und einer Geschwindigkeit von T80 reduziert der Belag das Gesamtgeräusch - wie zu erwarten ist - um knapp 3 dBA. Bei T50 beträgt diese Reduktion noch rund 2 dBA und bei T30 nur noch 1.5 dBA.

Der Parameter Schwerverkehrsanteil N2 hat einen eher geringen Einfluss auf die Wirkung eines bestimmten Belags auf das Gesamtgeräusch. Mit zunehmendem Schwerverkehrsanteil N2 nimmt der Einfluss der Belagskorrektur auf das Gesamtgeräusch geringfügig ab.

Weiterführende Informationen und weitere Beispiele hierzu sind im Dokument *sonROAD18: Einfluss der Standard-Belagskorrekturen auf das Gesamtgeräusch*, BAFU, 2020, zu finden.

15) Was ist die Referenz zur (einzahligen) Klassifizierung der akustischen Belagsgüte?

Als Referenz gilt der ACMR8-Belag, wie er typischerweise einige Jahre vor dem Zeitpunkt der Messdaten-Erhebung (2015) eingebaut wurde (d.h. eher dicht (nicht semi-dicht) und mit einem Hohlraumgehalt < 8 %). Gemäss Tabelle 2 im Anhang 1b zum Leitfaden Strassenlärm (Version vom 31.07.2013) weist der ACMR8 mit einem Hohlraumgehalt < 8 % einen KB-Wert von 0 dBA auf³.

³ für den Geschwindigkeitsbereich > 90 km/h

16) Wie können die KB-Werte aus dem Anhang 1b zum Leitfaden Strassenlärm, Tab. 2, in sonROAD18 eingesetzt werden?

Falls keine Belagsmessungen durchgeführt wurden resp. nicht durchführbar sind, kann über eine KB-Wert-Annahme auf sogenannte Standard-Belagskorrekturen zurückgegriffen werden. Auf der Basis von gemittelten CPX-Spektren wurden sonROAD18-kompatible, spektrale Belagskorrekturen entwickelt. Diese festgelegten, spektralen Belagskorrekturen werden **Standard-Belagskorrekturen** benannt und können von ihrer Funktion her mit den KB-Werten verglichen werden.

In den gängigen Software-Paketen zur Lärm-Berechnung wie auch im [sonROAD18-Web-Tool](#) sind die Standard-Belagskorrekturen hinterlegt. Wie bisher mit dem Modell StL86+ können die KB-Werte zu den eingebauten oder einzubauenden Belagstypen der Tabelle 2 aus Anhang 1b zum Leitfaden Strassenlärm entnommen werden.

17) Welche Belagskorrektur soll verwendet werden, wenn diesbezüglich gar keine Angaben vorliegen?

Liegen gar keine Angaben zum Belag vor, so wird entsprechend der signalisierten Geschwindigkeit der akustisch neutrale Belag KB50_0 dB oder KB80_0 dB eingesetzt. Der Referenzbelag des Modells (ACMR8) darf nicht verwendet werden (vgl. sonROAD18-Umwelt-Wissen, Abs. 2.4.6, S. 18).

18) Wie können CPX, SPB und SEM-Messungen in sonROAD18 eingesetzt werden?

Alle bisherigen Messverfahren können mit sonROAD18 weiterverwendet werden (vgl. sonROAD18-Umwelt-Wissen, Abs. 2.4.3, S. 16). Die SPB- und die SEM-Messungen können direkt in sonROAD18 integriert werden. Für die Integration der CPX-Messungen entwickelte die Empa ein Umrechnungsmodell ("CPX-Schnittstelle"). Um von der hohen Frequenzauflösung von sonROAD18 zu profitieren, sollten selbstredend die Messergebnisse der akustischen Belagsgüte in Terzband-Auflösung in das Emissionsmodell einfließen.

19) Wie funktioniert die CPX-Schnittstelle?

Bei der CPX-Schnittstelle handelt es sich um ein empirisches, spektrales Umrechnungsmodell welches mit Messdaten (CPX-SPB-Messwertpaaren) kalibriert wurde. Mit Hilfe dieser CPX-Schnittstelle können CPX-Messungen in spektrale Belagskorrekturen umgewandelt und danach in sonROAD18 integriert werden.

Im [sonROAD18-Web-Tool](#) ist diese CPX-Schnittstelle implementiert, so dass eigene CPX-Messungen eingegeben und daraus dann die sonROAD18-kompatiblen Belagskorrekturen berechnet werden können.

20) Wieso werden die Angaben in Anhang I mit 8 °C Lufttemperatur angegeben? Müsste diese nicht wenn schon auf die Referenztemperatur des Modells (10°C) angepasst werden?

Im Anhang I werden spektrale Korrekturwerte bezüglich der Luftdämpfung aufgeführt. Diese werden für die Korrektur der SEM- und SPB-Messungen bezüglich der Luftdämpfung benötigt. Sie stehen nicht im Zusammenhang mit der Referenztemperatur des Modells. Für diese Korrektur der SEM- und SPB-Messungen ist die Lufttemperatur, die während der SEM- beziehungsweise SPB-Messung herrschte, relevant und nicht die jahresdurchschnittliche Temperatur wie für eine Immissionsprognose nach LSV.

21) Müssen für die SEM-Messungen nach sonROAD18 fixe Abstände eingehalten werden (z. Bsp. 7.5 m)?

Eine typische SEM-Messung erfasst den Leq einer zwei- oder mehrspurigen Strasse mit entsprechend unterschiedlichen Abständen des Mikrophons zu den Spuren.

22) Wie ist die spektrale Luftdämpfung für Distanzen zu wählen, die nicht in der Tabelle I.1 aufgeführt sind?

Im Anhang I des Modellbeschriebs sind die spektralen Luftdämpfungen für verschiedene Musterabstände aufgeführt. In der Tabelle I.1 sind frequenzabhängige Luftdämpfungen für praxisübliche Abstände von 5 bis 15 m angegeben. Die Luftdämpfung kann für andere, nicht in Tabelle I.1 aufgelistete Abstände, mit genügender Genauigkeit linear approximiert werden. Für kleinere beziehungsweise grössere Abstände als 5 m resp. 15 m können die Werte extrapoliert werden. In der Formel 16.1 (Abs. 16.3, S. 110) muss der Abstand jeweils pro Fahrspur berücksichtigt werden.

V. Geschwindigkeit der Fahrzeuge / Verkehrszahlen

23) Wie wird umgegangen mit signalisierter und gefahrener Geschwindigkeit?

Grundsätzlich ist die signalisierte Geschwindigkeit massgeblich (sowohl für den Ausgangszustand als auch für den zukünftigen Zustand) um die Lärmbelastung zu berechnen (siehe sonROAD18-Umwelt-Wissen, Abs. 2.3, S. 14). Eine mittlere Geschwindigkeit, die über der signalisierten Geschwindigkeit liegt, würde einem nicht gesetzeskonformen Zustand einer Strassenanlage entsprechen. Eine mittlere Geschwindigkeit, die unter der signalisierten Geschwindigkeit liegt, wäre nicht dauerhaft gesichert.

Ausnahmen von dieser Regel können dem BAFU-Umwelt-Wissen *Strassenlärm-Berechnungsmodell sonROAD18, Aufbereitung Eingabedaten und Ausbreitungsrechnung*, Abs. 2.3, S. 15, entnommen werden.

24) Ist es möglich mit sonROAD18, einen lärmarmen Belag mit einer Geschwindigkeitsreduktion zu kombinieren?

Prinzipiell können mit sonROAD18 Emissionsprognosen mit kombinierten Massnahmen durchgeführt werden. Die Modellvalidierung erfolgte jedoch nicht gezielt für kombinierte Massnahmen.

25) Wie können die Verkehrszahlen des öffentlichen Verkehrs eingegeben werden?

Der SWISS10-Konverter rechnet ausschliesslich die Verkehrsmengen des motorisierten Individualverkehrs. Deshalb müssen für die SWISS10-Kategorien Nr. 11 *Busse des öffentlichen Verkehrs* und Nr. 12 *Trams/Strassenbahnen* die Verkehrsmengen bei den Betrieben des öffentlichen Verkehrs angefordert werden.

VI. Ausbreitungsrechnung

26) Wie wird mit ISO 9613-2 die Schall-Ausbreitung gerechnet?

Für die Berechnung der Schallausbreitung von der Lärmquelle Strasse zu den Immissionspunkten existiert mit der Norm ISO 9613-2 *Attenuation of sound during propagation outdoors - Part 2: General method of calculation* [3] ein gut etabliertes Rechenmodell. Das Berechnungsverfahren ist in den meisten kommerziell erhältlichen Softwarepaketen zur Lärmberechnung implementiert. Mit einer Ausbreitungsberechnung nach Norm ISO 9613-2 werden unter anderem die folgenden akustischen Effekte abgedeckt:

- a) Geometrische Divergenz/Dämpfung
- b) Atmosphärische Absorption
- c) Bodentypabhängiger Bodeneffekt
- d) Reflexion an Oberflächen
- e) Abschirmung durch Hindernisse⁴
- f) Meteo-Effekt

Die Berechnung erfolgt frequenzabhängig (Oktavband-Auflösung mit nominalen Mittelbandfrequenzen von 63 Hz bis 8 kHz; d.h. 8 Frequenzbänder).

27) Welche Unterschiede bestehen zwischen der Ausbreitungsrechnung nach Norm ISO 9613-2 und der Ausbreitungsrechnung nach dem alten Modell StL86+?

Mit der Ausbreitungsrechnung nach StL86+ werden die unter Frage Nr. 26 aufgelisteten akustischen Effekte a) bis e) ebenfalls berücksichtigt. Dies allerdings in einer vereinfachenden und generalisierenden Art und Weise. Beim Bodeneffekt beispielsweise geht das Modell StL86+ auf dem Ausbreitungsweg von einem generell porösen/weichem Boden aus (nicht wählbar). Bei der Ausbreitungsrechnung nach Norm ISO 9613-2 hingegen kann die akustische Eigenschaft des Bodens auf dem Ausbreitungsweg situationsabhängig eingegeben werden (frei wählbar zwischen $G = 0$ für dichte/harte Böden und $G = 1$ für poröse/weiche Böden). Der Wert G kann auf dem Ausbreitungsweg auch variieren. Zudem ist die Ausbreitungsrechnung nach StL86+ nicht frequenzabhängig, d.h. nicht spektral und stellt damit eine weitere Vereinfachung dar.

Da das Modell StL86+ keine Meteo-Effekte berücksichtigt, sind somit bei grösseren Ausbreitungsdistancen die mit StL86+ berechneten Immissionspegel in der Regel niedriger, als die mit förderlichen Meteo-Bedingungen berechneten Immissionspegel gemäss Norm ISO 9613-2.

(für einen rechnerischen Vergleich hierzu siehe [sonROAD18 - Berechnungsmodell für Strassenlärm - Weiterentwicklungen und Ergänzungen](#), Empa, 30.11.2020, Kap. 8, S. 77)

28) Ist die Parameterwahl für die Ausbreitungsrechnung im Dokument sonROAD18-Umwelt-Wissen abschliessend definiert?

Nein. Im Dokument sonROAD18-Umwelt-Wissen sind im Kapitel 3 *Ausbreitungsrechnung* einige wichtige Einstellungen/Parameter vorgegeben. Da wo Spielraum besteht (z.B. Anzahl Reflexionsgrade), können die zuständigen Vollzugsbehörden weitere Einstellungen/Parameter festlegen. Die restlichen Einstellungen in den Softwareprogrammen können ebenfalls von den Vollzugsbehörden vorgegeben werden oder sind andernfalls Sache der AkustikerInnen/GutachterInnen (z.B. akustische Bodenbeschaffenheit zur Berechnung des Bodeneffekts G , *Ground factor*).

⁴ wie beispielsweise Gebäude, Gelände-Erhebungen/-Kanten, Lärmschutzwände und -dämme, Stützmauern, Kunstbauten im Allgemeinen

29) Ist die Technical rule ISO/TR 17534-3 bei der Ausbreitungsberechnung bei der Berechnung der Bodendämpfung anzuwenden?

Ja. Im sonROAD18-Umwelt-Wissen steht, dass alle Empfehlungen der ISO/TR 17534-3⁵ berücksichtigt werden sollen. Folglich auch die Empfehlung zur Bodendämpfung. Insbesondere sollen negative Bodendämpfungen nicht abgezogen werden (vgl. ISO/TR 17534-3, Abs. 5.5, S. 4). Bei den meisten Softwarepaketen gibt es bei den Berechnungseinstellungen eine entsprechende Option.

30) ISO 9613-2 berechnet einen Freifeld-Schalldruckpegel. Ist deshalb für den Ermittlungsort nach LSV (offenes Fenster) eine Korrektur anzuwenden?

Aus einer Ausbreitungsrechnung nach ISO 9613-2 resultiert ein Freifeld-Schalldruckpegel. Die Ausbreitungsrechnung mittels StL86+ liefert ebenfalls einen Freifeld-Schalldruckpegel. Im Modellbescrieb zu sonRoad, publiziert im Jahre 2004, wird für die Umrechnung des Freifeld-Schalldruckpegels auf den Wert im offenen Fenster vorgeschlagen, einen pauschalen Zuschlag von 1.0 dBA vorzunehmen (vgl. Schriftenreihe Umwelt Nr. 366, [SonRoad – Berechnungsmodell für Strassenlärm](#), Abs. 3.8, S. 44).

Die Vollzugshilfe *Leitfaden Strassenlärm* fordert hingegen keinen solchen generellen, pauschalen Zuschlag.

Bei den durchgeführten Test-Berechnungen (Test-Szenarien I - III) hat sich beim Vergleich der Immissionsmessungen mit den Modellprognosen (StL86+ und sonROAD18/ISO9613-2) keine systematische Abweichung gezeigt, welche auf die Differenz Freifeld zu offenes Fenster zurückzuführen wäre.

Grenzwerte werden üblicherweise auf der Basis von Expositionswirkungsbeziehungen festgelegt. Die Exposition wird dabei berechnet und nicht gemessen. Bei dieser Berechnung der Expositionen werden ebenfalls die Ausbreitungsmodelle angewendet, welche Freifeld-Immissionspegel ermitteln. D.h. bei der Festlegung der Grenzwerte wurde keine Umrechnung auf das offene Fenster vorgenommen

Das BAFU empfiehlt keine Umrechnung von berechneten Freifeld-Immissionspegeln auf Immissionspegel im offenen Fenster. Folglich ist für Immissionsberechnungen nach sonROAD18 in Kombination mit ISO 9613-2 diesbezüglich kein genereller, pauschaler Zuschlag erforderlich.

VII. Zuschläge/Kalibration/Normalisierung

31) Ist es möglich resp. erforderlich das Modell zu kalibrieren?

Eines der sonROAD18-Projektziele war es, die Prognosegenauigkeit zu erhöhen und Unzulänglichkeiten früherer Modelle zu beseitigen. Mit sonROAD18 in Kombination mit ISO 9613-2 sollten daher weniger Modellkalibrierungen mittels Messungen erforderlich sein. Modell-Kalibrierungen bezüglich der Emissionswerte erübrigen sich weitgehend.

Im Bedarfsfall können Modellkalibrierungen vorgenommen werden (gut begründen und klar ausweisen). Die Modellkalibrierungen sollen aber nicht mit der Belagskorrektur zusammengefasst werden, sondern separat aufgeführt werden, und wann immer möglich spektral erfolgen (in Terzband-Auflösung).

⁵ Technical rule ISO/TR 17534-3 *Acoustics - Software for the calculation of sound outdoors - Part 3: Recommendations for quality assured implementation of ISO 9613-2 in software according to ISO 17534-1*, First edition 2015-01-15

32) Wie sind Kreuzungsbereiche und Kreisel mit sonROAD18 / ISO 9613-2 zu modellieren?

Im Modell sonROAD18 sind keine pauschalen Kreuzungs- und Kreiselzuschläge enthalten. Kreuzungsbereiche und Kreisel sind weiterhin gemäss *Leitfaden Strassenlärm* i.d.R. mit den signalisierten Geschwindigkeiten zu modellieren:

- Bei Kreuzungen und Einmündungen mit Lichtsignalanlagen kann immissionsseitig eine Pegelkorrektur gemäss *Leitfaden Strassenlärm* für die Störwirkung erfolgen.
- Bei Kreuzungen und Einmündungen ohne Lichtsignalanlagen erfolgt gemäss *Leitfaden Strassenlärm* keine Korrektur für die Störwirkung.

Bei Kreiseln kann gemäss *Leitfaden Strassenlärm* eine Reduktion der Fahrgeschwindigkeit vorgenommen werden.

33) Wie können Immissionsmessungen normalisiert werden?

sonROAD18 wurde mittels zahlreicher Vorbeifahrtmessungen von aktuell verkehrenden Fahrzeugen und deren Bereifung kalibriert und das neue Modell verfügt über eine sehr differenzierte Fahrzeug-Kategorisierung. Deshalb ist die Erwartung, dass emissionsseitige Modellkalibrierungen nur noch in Spezialfällen erforderlich sein werden. Anstelle von emissionsseitige Modellkalibrierungen sollte sich in Zukunft der Fokus auf die messtechnische Bestimmung der akustischen Belagsgüte richten.

VIII. Implementationen/Software

34) Ist sonROAD18 bereits in kommerzielle Software zur Berechnung der Lärmausbreitung enthalten?

sonROAD18 ist in den folgenden Software-Paketen implementiert und erfolgreich getestet:

- [CadnaA](#), DataKustik GmbH
- [D-Noise](#), n-Sphere AG
- [IMMI](#), Wölfel GmbH
- [SLIP](#), Grolimund & Partner AG
- [SoundPLANnoise](#), SoundPLAN GmbH

Für die Berechnung der Emissionen allein kann auch das [sonROAD18-Web-Tool](#) verwendet werden.

35) Dauern die Berechnungen mit sonROAD18/ISO9613-2 länger?

Die Vergleiche zwischen StL86+ und sonROAD18-Berechnungen bezüglich der Berechnungszeit sowie des Speicherbedarfs im Rahmen der Test-Szenarien zeigten eine relativ grosse Streuung je nach Strassenprojekt. Die spektrale Emissions- und Ausbreitungsrechnung ist nicht wesentlich zeitaufwändiger, obwohl mit ISO 9613-2 insgesamt acht Oktavbänder zu berechnen sind, sondern unabhängig vom gewählten Berechnungsmodell ist das Auffinden der akustisch relevanten Schallwege der zeitkritische Faktor. Der Speicherbedarf erhöhte sich in den untersuchten Projekten nicht nennenswert.

Auskünfte BAFU

Fr	Sophie Hoehn	Sektionschefin	058 / 462 36 62	sophie.hoehn@bafu.admin.ch
De	Michael Gerber	wiss. Mitarbeiter, PL	058 / 462 41 98	michael.gerber@bafu.admin.ch

Links

- Technische Berichte zu sonROAD18: www.bafu.admin.ch/sonROAD18
- sonROAD18-Umwelt-Wissen: www.bafu.admin.ch/uw-2127-d
- sonROAD18-Web-Tool: <https://sonroad18.empa.ch/>
- Webseite Empa zu sonROAD18: <https://www.empa.ch/web/s509/sonroad18>
- Themenordner zu sonROAD18 des Cercle Bruit: https://www.cerclebruit.ch/?inc=s_sonroad18&lang=de

BAFU, Abt. Lärm und NIS, Michael Gerber