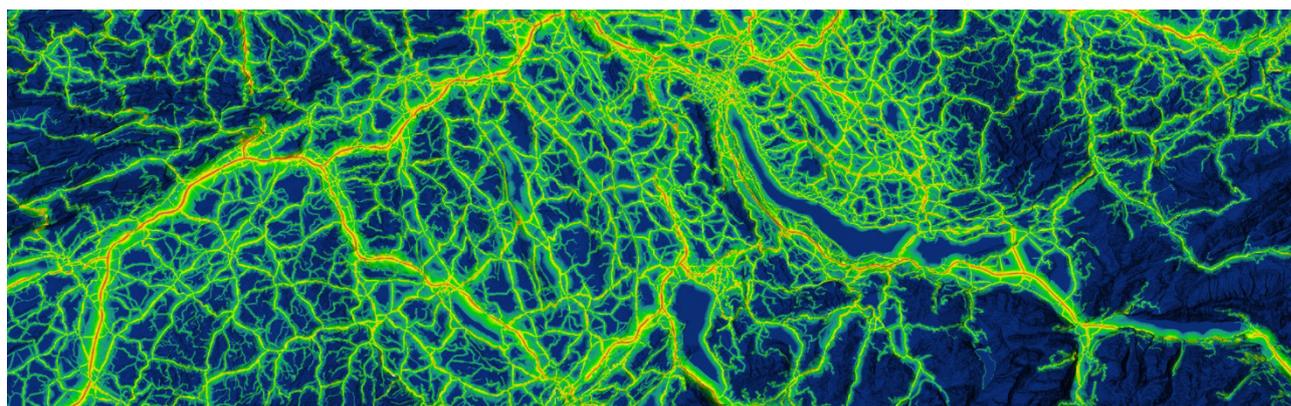


sonBASE 2015 – Potential verschiedener Strassenlärmassnahmen

NEUBERECHNUNG 2022 MIT sonROAD18



Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Empfänger **Bundesamt für Umwelt (BAFU)**
Abteilung Lärm und NIS
CH-3003 Bern

Begleitung BAFU Dominique Schneuwly, Michael Gerber und Andreas Catillaz

Kontakt **n-Sphere AG**
Denise Zubler
Räffelstrasse 29
CH-8045 Zürich
Telefon +41 44 454 30 10
www.n-sphere.ch

Hinweis Dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst.
Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Datum 18. Januar 2023

Inhalt

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Ausgangslage | 3 |
| 1.1 | Strassenlärm in der Schweiz..... | 3 |
| 1.2 | Auftrag..... | 3 |
| 1.3 | Strassenlärm-Emissionsmodell sonROAD18 | 4 |
| 1.4 | Basisszenario und Grundlagendaten..... | 4 |
| 2 | Beschreibung der Massnahmen | 5 |
| 2.1 | Massnahme lärmarme Beläge (LAB) | 5 |
| 2.2 | Massnahme Elektrofahrzeuge..... | 6 |
| 2.3 | Massnahme Temporeduktion | 6 |
| 2.4 | Massnahme lärmarme Reifen | 7 |
| 3 | Durchführung | 8 |
| 3.1 | Einzelne Schritte | 8 |
| 3.2 | Validierung der Emissionen..... | 8 |
| 3.3 | Auswertung | 9 |
| 4 | Resultate | 9 |
| 5 | Interpretation | 12 |
| | Anhang: Grundlagendaten sonBASE 2015 | 13 |

1 Ausgangslage

1.1 Strassenlärm in der Schweiz

Strassenlärm ist die dominanteste Lärmquelle in der Schweiz und verursacht jährliche externe Kosten von rund 2 Mia CHF¹. Tagsüber ist in der Schweiz jede siebte Person (1,1 Millionen Menschen) schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm ausgesetzt, während der Nacht jede achte (1 Millionen Personen)¹. Betroffen sind in erster Linie Bewohner der Städte und Agglomerationen. Um die Bewohner effektiv von übermässigem Strassenlärm zu schützen, sieht das Umweltschutzgesetz (USG²) und die Lärmschutzverordnung (LSV³) vor, Verkehrslärm an der Quelle zu begrenzen (Emissionsbegrenzungen, Art. 11 Abs. 1 USG). Für den Strassenverkehrslärm bedeutet dies konkret, Schutzmassnahmen an den Strassen (lärmarme Beläge, Geschwindigkeitsreduktionen) und Fahrzeugen (elektrischer Antrieb, leisere Reifen) gegenüber Schutzmassnahmen auf dem Ausbreitungsweg und an Gebäuden vorzuziehen.

1.2 Auftrag

Damit eine gezielte Förderung einer, respektive mehrerer Massnahmen an der Quelle gerechtfertigt ist, muss deren Schutzpotential vorab quantifiziert werden. Im Jahre 2018 wurde im Auftrag des Bundesamts für Umwelt (BAFU) basierend auf den Grundlagendaten der mit sonRoad⁴ berechneten Strassenlärmbelastungen für das Jahr 2015 der schweizweiten Verkehrslärmdatenbank sonBASE (sonBASE2015)¹ verschiedene Szenarien mit quellenseitigen Massnahmen berechnet und ausgewertet⁵. In der Zwischenzeit wurde mit sonROAD18⁶ ein neues Emissionsmodell für Strassenlärm entwickelt, welches gegenüber den vorgängigen Emissionsmodellen StL86+ und sonRoad eine realistischere Modellierung der Strassenlärmemissionen ermöglicht (siehe Kapitel 1.3). Das Ziel dieser Potential-Studie ist es, die Resultate der vorgängigen Studie aus dem Jahr 2018 unter Verwendung von sonROAD18 zu aktualisieren und zu ergänzen. Die Grundlage dieser Studie bildete dabei die schweizweite Strassenlärmrechnung sonBASE2015 mit dem Emissionsmodell sonROAD18 (Resultate unveröffentlicht). Bei beiden Studien wurde keine Gebäudeunterteilung anhand des eidgenössischen Gebäudeidentifikators (EGID) durchgeführt. Die Hauptunterschiede zwischen den beiden Potential-Studien sind in nachfolgender Tabelle dargestellt.

¹ Bundesamt für Umwelt BAFU (2018): Lärmbelastung der Schweiz. Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings sonBASE, Stand 2015. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand, Nr. 1820: 30 S.

² Bundesgesetz vom 7. Oktober 1983 über den Umweltschutz, SR 814.01

³ Lärmschutzverordnung vom 15. Dezember 1986, SR 814.41

⁴ Heutschi K. (2004): sonRoad – Berechnungsmodell für Strassenlärm, Schriftenreihe Umwelt Nr. 366, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL),

⁵ Bundesamt für Umwelt BAFU (2018): sonBASE 2015: Potential verschiedener Strassenlärmassnahmen

⁶ Heutschi K., Locher B (2018): sonROAD18 – Berechnungsmodell für Strassenlärm, Empa-Nr. 5214.010948

Tabelle 1: Gegenüberstellung der Datengrundlagen der Potential-Studie 2018 und 2022

| | Potential-Studie 2018 ⁵ | Potential-Studie 2022 |
|-----------------------------|---|---|
| Basisszenario | sonBASE2015 berechnet mit sonRoad ¹ | sonBASE2015 berechnet mit sonROAD18 ⁶ (unveröffentlicht) |
| Verkehrszahlen | stündliche Verkehrsmengen für Personen-, Schwerverkehr und Motorräder, basierend auf Verkehrsmodell von Senozon | stündliche Verkehrsmengen für SWISS10-Fahrzeug-Kategorien, basierend auf Verkehrsmodell von Senozon mit reduziertem Motorrad-Anteil (siehe 1.4) |
| Emissionsmodell | sonRoad ⁴ | sonROAD18 ⁶ |
| Ausbreitungsmodell | StL86+ | ISO 9613-2 |
| Ausbreitungsrechnung | CadnaA, 4.6.155 (32-bit) | CadnaA, 2021 MR1 |

In dieser Studie wurde die Wirkung folgender quellenseitigen Massnahmen untersucht:

- Einbau von lärmarmen Belägen (LAB)
- Flottenerneuerung durch Elektrofahrzeuge
- Reduktion der signalisierten Höchstgeschwindigkeit
- Einführung von lärmarmen Reifen

Zusätzlich zu den Szenarien, welche jeweils eine einzelne Massnahme enthalten (siehe Kapitel 2.1-2.4), wurden weitere Szenarien mit verschiedenen Kombinationen dieser Massnahmen berechnet (siehe Kapitel 2.5). Bei den berechneten Szenarien handelt es sich nicht um mögliche Zukunftsszenarien, sondern um eine rein rechnerische Abschätzung, wie gross das Potential der untersuchten Massnahmen bezüglich lärmreduzierender Wirkung ist. Weiter ist anzumerken, dass es sich bei den Berechnungen um hypothetische Potentiale handelt, welche zum heutigen Zeitpunkt teilweise bereits durch abgeschlossene Strassenlärmassanierungen ausgeschöpft wurden.

Als Resultat wurde jeweils pro Szenario ausgegeben, wie viele Personen nach Umsetzung der Massnahme(n) noch übermässigem Strassenverkehrslärm während dem Tag und in der Nacht ausgesetzt sind.

1.3 Strassenlärm-Emissionsmodell sonROAD18

Das Emissionsmodell sonROAD18 ermöglicht gegenüber den früher verwendeten Modellen StL86+ und sonRoad eine realistischere Modellierung von tiefen Geschwindigkeiten, lärmarmen Strassenbelägen (spektrale Belagskorrektur), leisen Reifen oder elektrisch angetriebenen Fahrzeugen. Des Weiteren wird der Verkehr detaillierter in zehn Fahrzeugkategorien (SWISS10) aufgeteilt und erhöht somit die Prognosegenauigkeit. Durch die getrennte Modellierung des Antriebs- und Roll-Geräusches ist eine physikalisch resp. akustisch korrekte Berechnung der kombinierten Wirkung z.B. eines elektrifizierten Antriebs mit einer Temporeduktion möglich.

1.4 Basisszenario und Grundlagendaten

Als Basisszenario wurden die mit sonROAD18 berechneten Strassenlärmbelastungen für das Jahr 2015 der schweizweiten Lärmdatenbank sonBASE verwendet (unveröffentlicht). Die Verkehrsdaten, aufgeschlüsselt nach den SWISS10-Fahrzeugkategorien, stammen von der Firma Senozon AG⁷. Frühere Auswertungen haben gezeigt, dass die von Senozon AG modellierten gefahrenen Kilometer der Motorräder gegenüber den Angaben des Bundesamtes für Statistik (BFS) um den Faktor 1.84 überschätzt werden. Um eine Über- oder Unterschätzung einzelner Massnahmen durch einen zu hohen Motorradanteil zu verhindern, wurde der

⁷ D.h. der SWISS10-Konverter wurde nicht benötigt.

Motorradanteil bei allen Szenarien so skaliert, dass die Anzahl gefahrener Kilometer den Werten gemäss BFS entspricht. Die Anzahl Personenfahrzeuge wurde im Gegenzug entsprechend erhöht, damit die Gesamtzahl der Fahrzeuge pro Strecke am Tag und in der Nacht unverändert blieb. Als Standard-Strassenbelag wurde auf dem gesamten schweizerischen Strassennetz ein akustisch “neutraler” Belag mit 0 dB akustischer Belagsgüte verwendet. Bestehende Lärmschutzmassnahmen⁸ wurden – soweit bekannt – im Basisszenario berücksichtigt.

Alle weiteren Grundlagendaten zur Berechnung der Emissionen, Ausbreitung und der Gebäudeimmissionen, sowie die Personenstatistiken zur Beurteilung der Anzahl belasteter Personen wurde von der Strassenlärmrechnung des BAFU von 2018 (Stand 2015) übernommen. Die damals verwendeten Grundlagendaten sind im Anhang aufgelistet.

2 Beschreibung der Massnahmen

Wie bereits im Kapitel 1 erwähnt, sind sämtliche berechneten Massnahmen und deren Kombinationen emissionsseitige Massnahmen. Es wurden keine immissionsseitigen Massnahmen oder Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg betrachtet.

2.1 Massnahme lärmarme Beläge (LAB)

Für die Massnahme lärmarme Beläge wurden folgende vier Szenarien untersucht:

- a) Einbau LAB flächendeckend auf dem gesamten Strassennetz der Schweiz,
- b) Einbau LAB nur auf den Nationalstrassen,
- c) Einbau LAB nur innerorts und
- d) Einbau LAB nur innerorts und unterhalb 800 m ü. M.

Für alle vier Szenarien wurde eine spektrale Belagskorrektur von -3 dB gegenüber dem Referenzbelag (akustisch neutraler Belag) des Basisszenarios angenommen. Eine Korrektur von -3 dB bedeutet somit einen um 3 dB leiseren Belag gegenüber diesem Referenzbelag am Ende dessen akustischer Lebensdauer⁹. Für das Szenario b) der Massnahme lärmarme Beläge wurden die in sonBASE15 bestehenden Nationalstrassenachsen mit jenen des aktuellsten TLMs der Swisstopo (SwissTLM^{3D} Version 2.0) aktualisiert, d.h. die Nationalstrassen wurden mit den Strecken des NEB (Neuer Netzbeschluss des Bundesamts für Strassen ASTRA) ergänzt. Die Emissionsberechnung anhand des sonROAD18-Webtools hat gezeigt, dass die Lärmminde- rungswirkung von lärmarmen Belägen massgeblich von der Fahrgeschwindigkeit abhängt. Nachfolgende Tabelle zeigt exemplarisch für einen Verteilschlüssel des SWISS10-Konverters die Wirkung von LAB gegen- über einem konventionellen Belag.

| Geschwindigkeit | Wirkung LAB | Verteilschlüssel |
|-----------------|-------------|--------------------------------------|
| 30 km/h | -1.3 dB | SS 50km/h, 2Spuren |
| 50 km/h | -2.0 dB | SS 50km/h, 2Spuren |
| 80 km/h | -2.6 dB | HLS 80, 1Spur pro Richtung, 2 Spuren |
| 100 km/h | -2.8 dB | HLS 80, 1Spur pro Richtung, 2 Spuren |

⁸ Insbesondere wurden Geschwindigkeitsreduktionen als signalisierte Höchstgeschwindigkeit und bauliche Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg wie beispielsweise Lärmschutzwände berücksichtigt.

⁹ Belagskennwerte – Anwendungshilfe für Belagsakustik (2022), Leitfaden Strassenlärm (UV-0637), Anhang 1b

2.2 Massnahme Elektrofahrzeuge

Für die Massnahme Elektrofahrzeuge wurden folgende zwei Szenarien untersucht:

- a) sämtliche Fahrzeuge, die auf dem Schweizer Strassennetz verkehren, werden elektrisch angetrieben,
- b) lediglich Personenkraftwagen (PKWs) werden elektrisch angetrieben, schwere Fahrzeuge und Motorräder verkehren weiterhin mit konventionellen Verbrennungsmotoren.

Studien zeigten, dass bei rein elektrisch angetriebenen PKWs das Antriebsgeräusch¹⁰ bis zirka 20 km/h rund 12 dB leiser ist, als bei konventionellen Verbrennungsmotoren. Bei höheren Geschwindigkeiten dominiert das Rollgeräusch, welches unabhängig von der Antriebsart ist.¹¹ Seit 1. Juli 2021 müssen zudem alle neu zugelassenen neuen Elektrofahrzeuge über ein akustisches Warnsystem (Acoustic Vehicle Alerting System, AVAS) verfügen, welches ein künstliches Fahrgeräusch emittiert. Diese Regelung greift jedoch nur bis 20 km/h und kann im Rahmen dieser Berechnungen vernachlässigt werden. Für die Massnahme Elektrofahrzeuge wurde demnach angenommen, dass das Antriebsgeräusch unhörbar und somit vernachlässigbar ist. Als Folge davon bestimmt bei diesen Szenarien das Rollgeräusch alleine die Gesamtemissionen. Die Lärminderungswirkung von Elektrofahrzeugen wurde im sonROAD18-Webtool in Abhängigkeit der Fahrgeschwindigkeit berechnet und kann wie folgt zusammengefasst werden:

| | Personenkraftwagen (PKW) | Lastkraftwagen (LKW) |
|---------------|--------------------------|----------------------|
| Tempo 30 km/h | -1.0 dB | -6.5 bis -4.5 dB* |
| Tempo 50 km/h | -0.3 dB | -2.0 dB |
| Tempo 80 km/h | -0.1 dB | -0.5 dB |

* (je nach LKW-Kategorie)

2.3 Massnahme Temporeduktion

Für die Massnahme Temporeduktion wurden folgende zwei Szenarien untersucht:

- a) Flächendeckende Temporeduktion um minus 20 km/h
- b) Tempo 30 km/h innerorts

Für das Szenario a) wurden die erlaubten Höchstgeschwindigkeiten auf dem gesamten Strassennetz unabhängig vom Strassentyp mit einer signalisierten Geschwindigkeit höher 50 km/h um 20 km/h verringert. Bei Strassen mit signalisierten Geschwindigkeiten zwischen 30 km/h und 50 km/h wurde die erlaubte Geschwindigkeit auf 30 km/h beschränkt. Signalisierte Geschwindigkeiten unter 30 km/h wurden nicht reduziert. Die folgende Tabelle zeigt die bestehenden Geschwindigkeitsbegrenzungen und die für das Szenario a) der Massnahme Temporeduktion verwendeten Geschwindigkeitsbegrenzungen und die Lärminderungswirkung in dB gemäss sonROAD18-Webtool unter Annahme eines konventionellen, neutralen Belags¹².

¹⁰ Das Antriebsgeräusch setzt sich zusammen aus Motorengeräusch und Geräusch des Antriebsstrangs.

¹¹ Cercle Bruit (2020): Faktenblatt: Lärmemissionen von Elektrofahrzeugen.

¹² Für die Geschwindigkeiten 40-60km/h wurde beispielhaft der Verteilschlüssel "SS 50km/h, 2Spuren" des SWISS10-Konverters verwendet. Für die Bereiche 80-120 km/h wurde "HLS 80, 1Spur pro Richtung, 2 Spuren" verwendet.

| | | | | | | | | |
|---|----|----|------|------|------|------|------|------|
| bestehende Geschwindigkeitsbegrenzung [km/h] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| Reduktion [km/h] | 0 | 0 | 10 | 20 | 20 | 20 | 20 | 20 |
| Geschwindigkeitsbegrenzung für Szenario a) Temporeduktion [km/h] | 20 | 30 | 30 | 30 | 40 | 60 | 80 | 100 |
| Lärminderungspotential [dB] | - | - | -2.0 | -4.0 | -3.8 | -3.0 | -1.8 | -1.6 |

Für das Szenario b) der Massnahme Temporeduktion wurde bei allen Strassenabschnitten, welche innerorts verlaufen, die Emissionen anhand einer signalisierten Geschwindigkeit von maximal 30 km/h berechnet. Ein Strassenabschnitt verläuft dabei innerorts, wenn die Strasse ein Siedlungsgebiet schneidet.

Die dazugehörigen Siedlungsgebiete wurden dem Datensatz *Siedlungsgebiet 06* des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE) entnommen.

Lediglich Autobahnen und Autostrassen wurden von dieser Massnahme ausgenommen. Die folgende Tabelle zeigt die bestehenden und die für das Szenario Tempo 30km/h innerorts verwendeten Geschwindigkeitsbegrenzungen und die Lärminderungswirkung in dB gemäss sonROAD18-Webtool unter Annahme eines konventionellen, neutralen Belags:

| | | | | | | | | |
|---|----|-----|------|------|------|----|-----|-----|
| bestehende Geschwindigkeitsbegrenzung [km/h] | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 |
| Reduktion [km/h] | 0 | 0 | 10 | 20 | 30 | 0 | 0 | 0 |
| Geschwindigkeitsbegrenzung für Szenario b) Tempo 30 innerorts [km/h] | 20 | 30 | 30 | 30 | 30 | 80 | 100 | 120 |
| Lärminderungspotential [dB] | - | 0.0 | -2.0 | -4.0 | -5.8 | - | - | - |

Mit der Massnahme Tempo 30 km/h innerorts kann auf einem konventionellen, neutralen Belag eine Reduktion von rund 4 dB erreicht werden.

2.4 Massnahme lärmarme Reifen

Für die Massnahme lärmarme Reifen wurde ein Szenario untersucht, bei welchem angenommen wurde, dass alle Fahrzeuge ausser den Motorrädern mit lärmarmen Reifen auf den Schweizer Strassen verkehren.

Für Reifen gelten bezüglich Rollgeräusch die Grenzwerte gemäss UN/ECE Regelung Nr. 117 (vormals EG/661/2009), das Reifenlabel gemäss Verordnung (EU) 2020/740 unterteilt dann in drei Lärm-Klassen:

Klasse B: Messwert für das externe Rollgeräusch hält die Grenzwerte der EU-Verordnung EG/661/2009 nicht ein, eine Überschreitung von max. 1 dB ist zulässig, bspw. M + S, Extra-Load oder verstärkte Reifen.

Klasse B: Messwert für das externe Rollgeräusch hält die Grenzwerte der EU-Verordnung EG/661/2009 ein.

Klasse A: Messwert für das externe Rollgeräusch ist mindestens 3 dB leiser als die Grenzwerte der EG 661/2009.

Bezüglich Lärmemission unterscheiden sich Reifen innerhalb der gleichen Dimension um ca. 4 dB. Es kann davon ausgegangen werden, dass derzeit ein Mix aus lauten und lärmarmen Reifen auf den Schweizer Strassen verkehrt. Bei leichten Fahrzeugen wird das Rollgeräusch, für welches der Reifen massgebend ist,

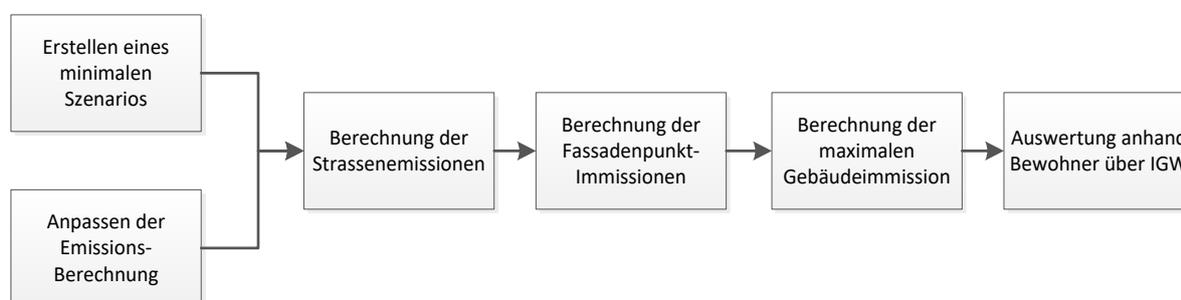
bereits ab ca. 22 km/h dominant, bei LKWs bei ca. 42 km/h. Für dieses Szenario wurden folgende Korrekturen auf das Rollgeräusch angewendet:

| | |
|--------------------------|-------|
| Leichte Fahrzeuge | -2 dB |
| Schwere Fahrzeuge | -1 dB |
| Motorräder | 0 dB |

3 Durchführung

3.1 Einzelne Schritte

Der Prozess bis zur Auswertung liess sich für jedes Szenario in die folgenden Schritte unterteilen:



Die Fassadenpunkt-Immissionen konnten anhand der bereits vorgängig mit sonROAD18 durchgeführten, bislang unveröffentlichten schweizweiten Strassenlärmrechnung (sonBASE15) ermittelten Dämpfungen berechnet werden. Da sämtliche Szenarien an der Quelle wirken und auf dem Ausbreitungsweg keine Veränderungen vorgenommen wurden, mussten lediglich die Emissionswerte für die verschiedenen zu berechnenden Szenarien angepasst werden. Das bedeutet insbesondere, dass die bereits im Rahmen der vorgängigen Strassenlärmrechnung mit sonROAD18 ermittelten Dämpfungen nach ISO9613-2 auf dem Ausbreitungsweg¹³ übernommen werden konnten. Auf eine erneute rechenintensive Berechnung der Ausbreitungsdämpfung mit Hilfe der Lärmberechnungssoftware CadnaA konnte verzichtet werden.

3.2 Validierung der Emissionen

Die Emissionen aller Szenarien wurden anhand von Stichproben überprüft. Die im Abschnitt 3.1 aufgezählten Schritte für alle Szenarien waren identisch, es wurde speziell darauf geachtet, dass alle gewählten Einstellungen für alle durchgeführten Schritte korrekt waren.

¹³ Die Dämpfung auf dem Ausbreitungsweg beschreibt die Abnahme der Lärmemissionen auf dem Weg zum Immissionsort beispielsweise durch die geometrische Dämpfung (Abnahme über die Distanz rein auf Grund der Geometrie der Lärmquelle), den Bodeneffekt oder durch die Hindernisdämpfung (abschirmende Wirkung von Gebäuden, Stützmauern, Erdwällen, usw.).

3.3 Auswertung

Die Auswertungen wurden über D-noise-Analytics erstellt. Für alle Szenarien konnten so automatisiert vergleichbare Auswertungsergebnisse ermittelt werden. Folgende Kriterien wurden für die Auswertungen festgelegt:

- Die Auswertungsergebnisse sollen pro Szenario ausdrücken, wie viele Bewohner prozentual von Lärmbelastungen über den Immissionsgrenzwerten (IGW) gemäss Lärmschutzverordnung¹⁴ betroffen sind.
- Der IGW wird dann überschritten, wenn folgendes gilt: $L_{\text{Gebäude}} > \text{IGW}^{15}$.
- Die Auswertungen sollen anhand der maximalen Gebäudeimmission (Immissionspunkt mit dem höchsten Immissionswert pro Gebäude) erstellt werden.
- Ein Diagramm soll die Resultate nach Empfindlichkeitsstufe (ES) zusammenfassen.
- Gebäude ohne zugeordnete ES wurden der ES III zugeordnet.

4 Resultate

Die Abbildung 1 zeigt das Potential der untersuchten Einzelmassnahmen im Vergleich zum Basisszenario (siehe 1.4). Als Basisszenario dient die gesamtschweizerische Strassenlärmrechnung der sonBASE (2015) mittels sonROAD18 und ist als Ist-Zustand zu verstehen. Die Y-Achse links stellt den Anteil der Personen dar, welcher am Wohnort von schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm (Überschreitung der Immissionsgrenzwerte gemäss Lärmschutzverordnung LSV) betroffen ist. Das Reduktionspotential in Prozent ist aus der Y-Achse auf der rechten Seite ersichtlich. Lesebeispiel: Mit flächendeckenden Temporeduktionen innerorts auf 30 km/h könnten während der Tagesphase rund 70% der Lärmbetroffenen geschützt werden (Abnahme der Lärmbetroffenen von 100% auf 30%).

Die Abbildung 2 entspricht derselben Darstellung wie Abbildung 1; sie stellt jedoch die Wirkung der kombinierten Massnahmen dar. Die kombinierten Massnahmen wurden obenstehend im Abschnitt 2.5 beschrieben. Lesebeispiel: Mit der Kombination von flächendeckender Temporeduktion um 20 km/h und dem Einbau von lärmarmen Belägen (LAB) könnten während dem Tag rund 87% der Lärmbetroffenen geschützt werden (Abnahme der Lärmbetroffenen von gerundet 100% auf 13%).

¹⁴ Immissionsgrenzwerte für die Tag- und Nachtphase gemäss Anhang 3, Ziffer 2, Lärmschutzverordnung.

¹⁵ Lr: Beurteilungspegel gemäss Lärmschutzverordnung.

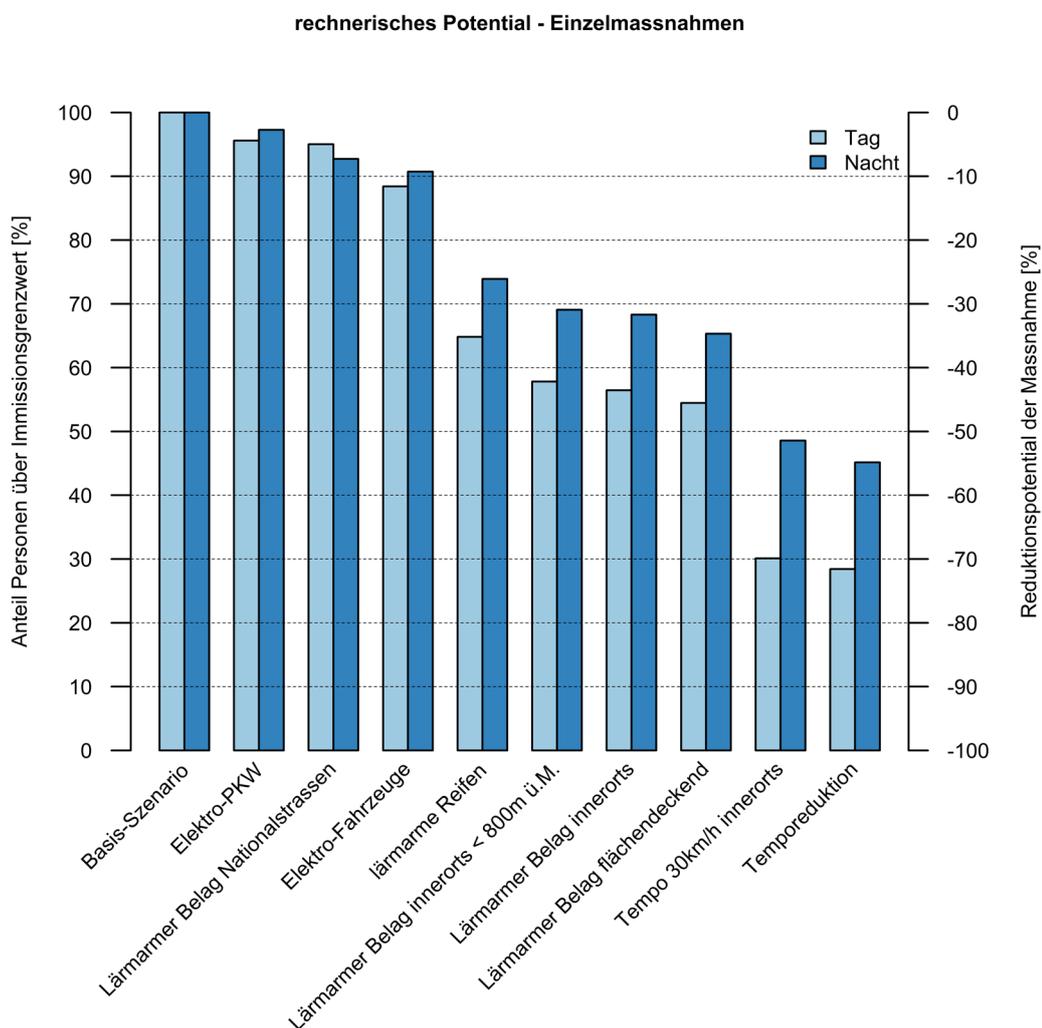


Abbildung 1: Potential der Einzelmassnahmen. Die Y-Achse links stellt den Anteil der Personen dar, der am Wohnort von schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm betroffen ist (Überschreitung der Immissionsgrenzwerte gemäss Lärmschutzverordnung LSV). Das Reduktionspotential einer Massnahme ist auf der Y-Achse rechts angegeben. Als Basisszenario dient die gesamtschweizerische Strassenlärmrechnung der sonBASE (2015) mittels sonROAD18 und ist als Ist-Zustand zu verstehen. Lesebeispiel: Mit flächendeckenden Temporeduktionen innerorts auf 30 km/h könnten während dem Tag rund 70% der Lärmbetroffenen geschützt werden (Abnahme der Lärmbetroffenen von 100% auf 30%).

rechnerisches Potential - kombinierte Massnahmen

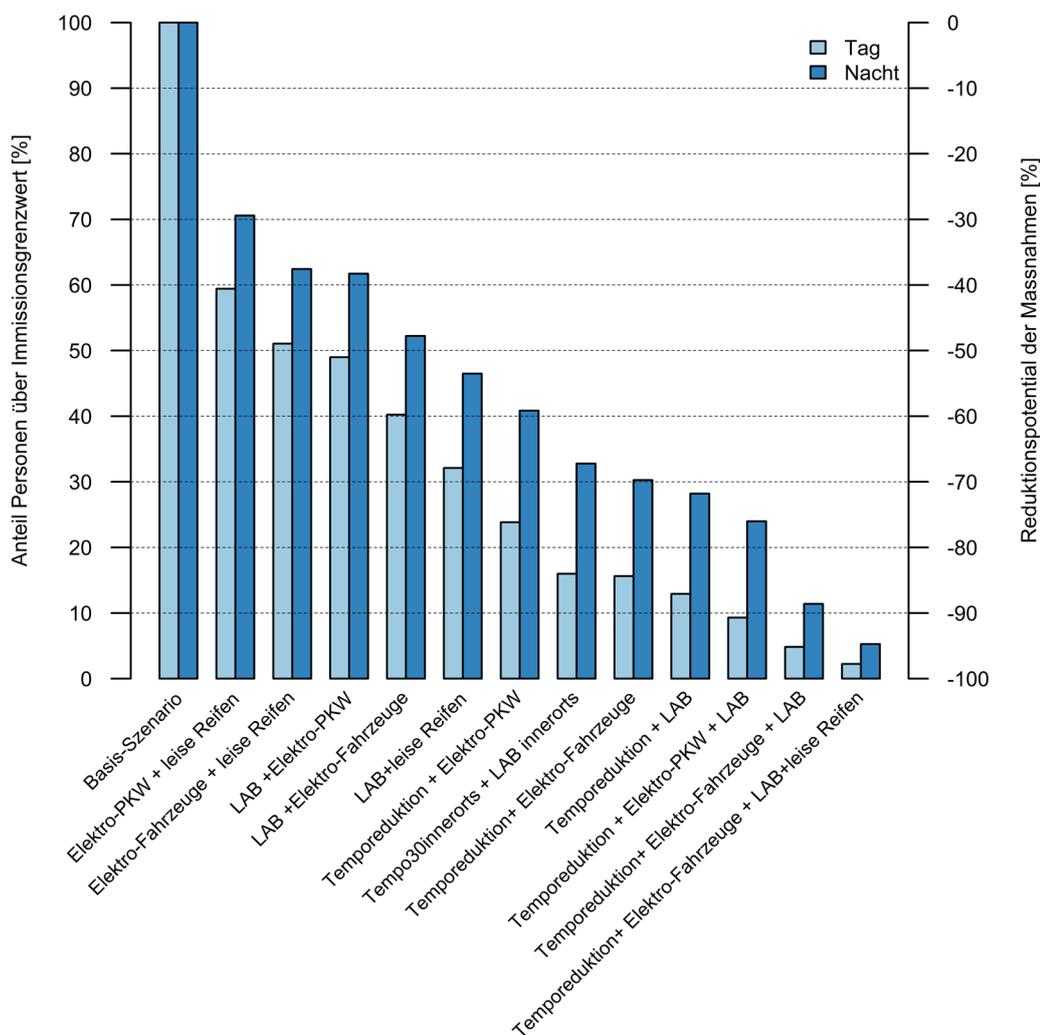


Abbildung 2: Potential der kombinierten Massnahmen. Die Y-Achse links stellt den Anteil der Personen dar, der am Wohnort von schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm betroffen ist (Überschreitung der Immissionsgrenzwerte gemäss Lärmschutzverordnung LSV). Das Reduktionspotential der kombinierten Massnahmen ist auf der Y-Achse rechts angegeben. Als Basisszenario dient die gesamtschweizerische Strassenlärmrechnung der sonBASE (2015) mittels sonROAD18 und ist als Ist-Zustand zu verstehen. Lesebeispiel: Mit der Kombination von flächendeckender Temporeduktion um 20 km/h und dem Einbau von lärmarmen Belägen (LAB) könnten während dem Tag rund 87% der Lärmbetroffenen geschützt werden (Abnahme der Lärmbetroffenen von 100% auf 13%).

5 Interpretation

Im Folgenden werden einige Schlussfolgerungen, die aus den Auswertungsergebnissen gezogen werden können, aufgelistet (vgl. Abbildung 1 und Abbildung 2):

- Der Vergleich der Einzelmassnahmen zeigt eindeutig, dass mit der Massnahme Temporeduktion um 20 km/h auf allen Strassen am meisten Bewohner sowohl am Tag, wie auch in der Nacht vor übermässigem Lärm geschützt werden könnten (siehe Abb. 1). Das Potential für diese Einzelmassnahme beträgt rund 70% am Tag. Der Vergleich zur Massnahme Temporeduktion auf 30 km/h innerorts, zeigt eindrücklich, dass v.a. Siedlungsgebiete von einer solchen Massnahme profitieren würden (siehe Abb. 1).
- Anhand der getroffenen Annahmen könnten mit dem Einbau von lärmarmen Belägen innerorts rund 44% der Bewohner, die gemäss dem Basisszenario von übermässigem Lärm betroffen waren, geschützt werden (siehe Abb. 1). Im Vergleich dazu zeigen die Massnahmen lärmarme Beläge nur auf Nationalstrassen ein geringes Potential. Dies ist darauf zurückzuführen, dass entlang dieser Strassenachsen wenige Personen wohnen und/oder durch andere Massnahmen - wie z.B. Lärmschutzwände - bereits geschützt werden.
- Die Massnahmen Elektrofahrzeuge und Elektro-PKW zeigen im Vergleich zu den anderen Einzelmassnahmen ein geringes Reduktionspotential von lediglich 5-10% (siehe Abb. 1). Es gilt hier anzufügen, dass die Lärmberechnung stets mit der signalisierten und damit einer konstanten Geschwindigkeit erfolgt. Da das Rollgeräusch bei PKW bereits ab rund 20 km/h dominiert, ist die Antriebsart bei höheren Geschwindigkeiten für die Lärmemissionen nicht entscheidend. Allfällige Vorteile der Elektromobilität in einem Stop-and-go-Verkehr mit wiederholten Beschleunigungsvorgängen werden in einer Lärmberechnung nicht abgebildet.
- Aus Abbildung 1 geht deutlich hervor, dass Massnahmen an der Strasse und dem Betrieb (lärmarme Beläge, Temporeduktion) weitaus ein höheres Potential aufweisen, als Massnahmen an den Fahrzeugen (elektrischer Antrieb, lärmarme Reifen)
- Die Kombination von Temporeduktion und lärmarmen Belägen zeigt sich als besonders effizient in Siedlungszentren, wo aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte viele Personen geschützt werden können. Diese Massnahmenkombination vermag die Anzahl Lärmbetroffener am Tag auf 1.6% und in der Nacht auf 3.2% (siehe Abb. 2) zu reduzieren.
- Die Einzelmassnahme Temporeduktion weist ein weit höheres Reduktionspotential auf als die Kombination von Massnahmen an den Fahrzeugen (Kombination von Elektrofahrzeugen und leisen Reifen) (siehe Abb. 1 und Abb. 2).
- Elektrisch angetriebene Fahrzeuge/PKWs führen nur in Kombination mit einer anderen Massnahme zu einer deutlich tieferen Lärmbelastung der Bevölkerung (siehe Abb. 1 und Abb. 2).
- Mit der Kombination aller vier Massnahmen würde die Anzahl Lärmbetroffener in der Schweiz auf einen Anteil von 0.2% (Tag) und 0.5% (Nacht) der Gesamtbevölkerung reduziert werden.

Anhang: Grundlegendaten sonBASE 2015

| Bezeichnung des Datensatzes | Verwendung des Datensatzes | Bemerkungen | Jahr | Quelle |
|---|--|--|------|---------------------------------|
| swissALTI^{3D} Geländemodell | Ausbreitungsrechnung und Modellierung der Schallquellen | Erhebungszeitraum (2009-2015) | 2017 | swisstopo |
| DOM Oberflächenmodell | Modellierung der Schallquellen | Erhebungszeitraum (2000-2008) | 2008 | swisstopo |
| VHM Höhenmodell der Vegetation | Ermittlung der Gebäudehöhen | Erhebungszeitraum (2007-2012) | 2017 | WSL / swisstopo |
| Bauzonen (harmonisiert) | Zuweisung der Lärmempfindlichkeitsstufen (ES) | | 2012 | KKGEO/ Kantone |
| swissBUILDINGS^{3D} 2.0 | Grundriss der Gebäude inkl. Höhen und Dachgeometrie | Nicht komplett digital vorhanden. | 2017 | swisstopo |
| swissTLM^{3D} 1.5 Bauten: Gebäude | Grundriss der Gebäude ohne Höhen. | Ergänzungen zu swissBUILDINGS ^{3D} | 2017 | swisstopo |
| STATPOP Statistik der Bevölkerung und der Haushalte | Gebäudegenaue Bevölkerungsstatistik für Auswertung der Anzahl belasteten Personen | Ständige Bevölkerung am 31.12.2015. | 2015 | BFS |
| GWS Gebäude- und Wohnungsstatistik | Statistik für Auswertung der Anzahl belastete Wohnungen | Gebäude- und Wohnungsstatistik am 31.12.2015 | 2015 | BFS |
| Strassenverkehrsdaten | Berechnung der Lärmemissionen und -immissionen | Referenzjahr 2015 | 2017 | BAFU |
| swissTLM^{3D} 1.5 Strassen und Wege: Strassen | Strassengeometrie, Tunnel- und Brückeninformation | | 2017 | swisstopo |
| Lärmschutzwände Strassenverkehr | Ausbreitungsberechnung | Nicht komplett digital vorhanden. | 2010 | ASTRA |
| EK 2015 Version 2.0 Emissionskataster 2015 | Berechnung Lärmimmissionen, Eisenbahngeometrie | Emissionen basierend auf Verkehrsdaten (Referenzjahr 2015) | 2016 | BAV/SBB |
| Lärmschutzwände Eisenbahnen | Ausbreitungsberechnung | Komplett digital vorhanden. | 2017 | SBB |
| Schienennetz | Eisenbahngeometrie | Geobasisdatensatz 98.1 | 2015 | BAV |
| swissTLM^{3D} 1.5 Öffentlicher Verkehr: Eisenbahn | Höheninformation Eisenbahnlinie, Anzahl Fahrspuren, Tunnel- und Brückeninformation | | 2016 | swisstopo |
| Fluglärmraster 2015 Flughafen Genf / Zürich | Auswertung der Anzahl von Fluglärm belastete Personen | Referenzjahr 2015 | 2017 | Landesflughäfen Zürich und Genf |