

sonBASE 2015 – Potential verschiedener Strassenlärmassnahmen

Abschlussbericht vom 23.11.2018

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)

Inhaltsverzeichnis

1	Ausgangslage	4
1.1	Belastung durch Strassenlärm.....	4
1.2	Auftrag.....	4
2	Beschreibung der Massnahmen	5
2.1	Szenario lärmarme Beläge	5
2.2	Szenario Elektromotoren	6
2.3	Szenario lärmarme Reifen.....	7
2.4	Szenario Temporeduktion.....	7
2.5	Szenario Temporeduktion nachts.....	8
2.6	Szenario Tempo 30 innerorts	8
2.7	Kombination von lärmarmen Belägen und lärmarmen Reifen	8
2.8	Kombination von lärmarmen Belägen und Temporeduktion	8
2.9	Kombination von Elektromotoren PW und LKW und Temporeduktion	9
2.10	Kombination von Elektromotoren PW und Temporeduktion.....	9
3	Durchführung	10
3.1	Einzelne Schritte	10
3.2	Auswertung.....	10
3.3	Basis-Szenario.....	11
4	Resultate	12
5	Interpretation	14
6	Validierung	15
	Anhang: Grundlagendaten sonBASE 2015	16

Impressum

Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abt. Lärm und NIS, CH-3003 Bern

Das BAFU ist ein Amt des Eidg. Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)

Auftragnehmer: n-Sphere AG, Räfelstrasse 29, 8045 Zürich

Autor: Manuel Habermacher

Begleitung BAFU: Andreas Catillaz, Michael Gerber

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

1 Ausgangslage

1.1 Belastung durch Strassenlärm

Tagsüber ist in der Schweiz jeder siebte Einwohner (1,1 Millionen Menschen) schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm ausgesetzt, während der Nacht jeder achte (1 Millionen Personen). Strassenverkehr ist bei weitem die grösste Lärmquelle. Der Strassenverkehrslärm ist in erster Linie ein Umweltproblem der Städte und Agglomerationen. Über 90 % der Personen, die von Verkehrslärm betroffen sind, leben in und um grössere Zentren¹.

1.2 Auftrag

Im Auftrag des BAFU wurden verschiedene Massnahmen zur Bekämpfung des Strassenlärms hinsichtlich ihres Potentials schweizweit geprüft. Bei den berechneten Szenarien handelt es sich somit nicht um mögliche Zukunftsszenarien, sondern es soll lediglich das Potential einzelner Massnahmen aufgezeigt werden. Es wurden ausschliesslich Massnahmen an der Quelle untersucht, da diese laut Umweltschutzgesetz gegenüber Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg oder Massnahmen an Gebäuden vorzuziehen sind (Emissionsbegrenzungen, Art. 11 Abs. 1 USG²).

Basierend auf den Grundlagendaten und Resultaten der nationalen Strassenlärmrechnung des BAFU von 2018³ wurden unterschiedliche Szenarien erstellt, welche jeweils eine einzelne Massnahme enthalten:

- a) Einführung von lärmarmen Belägen auf dem schweizweiten Strassennetz
- b) Verwendung von Elektromotoren für leichte wie auch für schwere Fahrzeuge
- c) Einführung lärmarmen Reifen für alle Fahrzeugkategorien
- d) Temporeduktion um 20 km/h (bis zu einem Minimum von 30 km/h) bei allen Strassentypen
- e) Nächtliche Temporeduktion um 20 km/h (bis zu einem Minimum von 30 km/h) bei allen Strassentypen
- f) Tempo 30 km/h auf allen Strassen innerorts

Zusätzlich wurden in vier Szenarien Kombinationen der oben gelisteten Massnahmen geprüft:

- Kombination von lärmarmen Belägen und lärmarmen Reifen (Szenarien a und c kombiniert)
- Kombination von lärmarmen Belägen und einer Temporeduktion von 20 km/h (Szenarien a und d kombiniert)
- Kombination von Elektromotoren und einer Temporeduktion von 20 km/h (Szenarien b und d kombiniert)
- Kombination von Elektromotoren bei leichten Fahrzeugen bei einer gleichzeitigen Temporeduktion von 20 km/h (Szenario b modifiziert und mit d kombiniert)

Als Resultat wurde jeweils pro Massnahme ausgegeben, wie viele Lärmbetroffene in der Schweiz zu erwarten sind, wenn die Massnahmen auf dem schweizweiten Strassennetz flächendeckend umgesetzt würden.

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 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 Beschreibung der Massnahmen

Sämtliche berechneten Massnahmen sind emissionsseitige Massnahmen. Es wurden keine immissionsseitigen Massnahmen oder Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg betrachtet.

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.

2.1 Szenario lärmarme Beläge

In diesem Szenario wurde davon ausgegangen, dass auf dem gesamten Strassennetz der Schweiz lärmarme Beläge eingebaut werden. Die Pegeländerung der Gesamtemissionen (Antriebs- und Rollgeräusch) durch den lärmarmen Belag wurde unabhängig von der Verkehrszusammensetzung, des Strassentyps und der Steigung wie folgt festgelegt:

Wirkung lärmarme Beläge	signalisierte Geschwindigkeit < 80 km/h	signalisierte Geschwindigkeit ≥ 80 km/h
mittlere Höhe der Strasse < 800 m.ü.M	-5 dBA (mittlere Wirkung)	-3 dBA (mittlere Wirkung)
mittlere Höhe der Strasse ≥ 800 m.ü.M	-3 dBA (mittlere Wirkung)	-3 dBA (mittlere Wirkung)

Im Allgemeinen sind die Strassenlärmemissionen unmittelbar nach dem Einbau am niedrigsten und werden mit dem Lauf der Zeit sowie in Abhängigkeit der Anzahl der Überfahrten und der Achslasten höher. Die in der obigen Tabelle angegebenen Pegeländerungen sind jeweils als mittlere akustische Wirkungen zu verstehen und somit weder als Pegeländerung nach Einbau des Belags noch als Pegeländerung am Ende der akustischen Gebrauchsdauer im Sinne eines Kennwertes für den Belag nach Anhang 1b des Leitfadens Strassenlärm⁴.

Die Pegeländerung bezieht sich auf das Strassenlärmrechnungsmodell StL86+ und dessen Referenzbelag mit 0 dBA akustischer Belagsgüte. Die Pegeländerung von -3 dBA bedeutet somit einen um 3 dBA leiseren Belag gegenüber diesem Referenzbelag. Ein Standardbelag vom Typ "dichter Asphaltbelag" weist am Ende seiner akustischen Lebensdauer je nach Geschwindigkeitsbereich einen Belagskennwert von +1 dBA resp. +2 dBA auf.

Offenporige Drainbeläge (PA-Beläge) beispielsweise weisen gemäss Anhang 1b⁵ zum Leitfaden Strassenlärm einen Belagskennwert von -1 dBA bei Geschwindigkeiten < 60 km/h und von -3 dBA bei Geschwindigkeiten > 90 km/h auf (jeweils Endwert)⁶.

⁴ Bundesamt für Strassen ASTRA und Bundesamt für Umwelt (2013): Leitfaden Strassenlärm, Anhang 1b, Belagskennwerte - Anwendungshilfe für die Belagsakustik

⁵ Bundesamt für Strassen ASTRA und Bundesamt für Umwelt (2013): Leitfaden Strassenlärm, Anhang 1b, Belagskennwerte - Anwendungshilfe für die Belagsakustik

⁶ Durch die geringere mechanische Belastbarkeit gegenüber Standardbelägen ohne lärmreduzierende Wirkung verkürzt sich die Lebensdauer der lärmarmen PA-Beläge (offenporiges Asphaltmischgut gemäss SN EN 13108-7). Bei PA-Drainbelägen wird mit einer Lebensdauer von 10 Jahren und bei Betonbelägen mit 25 Jahren gerechnet.

Eine lärmindernde Wirkung bei lärmarmen Belägen von -3 dBA wird gemäss Schweizer Regel SNR 640 425⁷, Tab. 1, bezüglich Stand der Technik als "Vision" eingestuft (höchste Kategorie, *Kategorie III*).

Die angenommenen, lärmreduzierenden Wirkungen basieren insbesondere auf den kantonalen, erfolgreichen Erfahrungen mit lärmarmen Belägen, welche in der Best-Practice-Liste zu lärmarmen Belägen⁸ zusammengetragen sind.

Bei der in der oben stehenden Tabelle angegebenen lärmreduzierenden Wirkung von -5 dBA für mittlere Höhen unterhalb 800 m.ü.M und niedrige Geschwindigkeiten unter 80 km/h handelt es sich um akustisch hochwirksame Beläge, welche zurzeit nicht dem Stand der Technik entsprechen, sondern einer zukünftigen Entwicklung der Technik entsprechen könnten.

Im Lärmberechnungsmodell wurden die lärmreduzierenden Wirkungen der lärmarmen Beläge auf dem gesamten Streckennetz eingesetzt. Bei der Realisierung einer solchen Massnahme kann der Belagsersatz selbstredend auf Streckenabschnitte mit Grenzwertüberschreitungen an den Immissionsorten beschränkt werden. Somit ist insbesondere bei geringen Verkehrsmengen (z.B. Quartierstrassen) oder im höheren Geschwindigkeitsbereich ausserhalb von Siedlungen (z.B. Überlandstrassen, Nationalstrassen durch dünn besiedeltes Gebiet) kein Belagswechsel zu lärmarmen Belägen erforderlich.

2.2 Szenario Elektromotoren

Für dieses Szenario wurde hypothetisch angenommen, dass sämtliche Fahrzeuge (sowohl leichte als auch schwere Fahrzeuge) des schweizerischen Fahrzeugparks rein elektrisch und nicht mit einem konventionellen Verbrennungsmotor angetrieben werden.

Studien zeigten, dass bei rein elektrisch angetriebenen PWs das Antriebsgeräusch⁹ unabhängig von der Fahrgeschwindigkeit rund 12 dBA leiser ist als das Antriebsgeräusch bei konventionellen Verbrennungsmotoren¹⁰. Für das Szenario *Elektromotoren* wird demnach angenommen, dass das Antriebsgeräusch bei allen Fahrzeugen (leichte und schwere Fahrzeuge) unhörbar und somit vernachlässigbar ist. Das Rollgeräusch bestimmt dadurch die Emission.

In der vorliegenden Untersuchung wird durchgehend das sonROAD-Emissionsmodell¹¹ zur Strassenlärmbe-rechnung verwendet. In sonROAD werden die Emissionen als Antriebs- und Roll-Geräusch modelliert und getrennt berechnet. Die beiden Lärmquellen werden separat berechnet und danach energetisch addiert, daraus resultiert die Gesamtemission. Durch diese getrennte Berechnung war es für dieses Szenario technisch möglich und einfach umsetzbar, nur die Rollgeräuschkomponente zu berechnen und die Komponente für das Antriebsgeräusch auf null zu setzen.

⁷ Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute VSS Zürich (2013): SNR 640 425 "Lärmindernde Decken, Grundlagen".

⁸ vgl. <https://www.bafu.admin.ch>, "Liste der besten leisen Beläge innerorts in der Schweiz 4mm-6mm" und "Liste der besten leisen Beläge innerorts in der Schweiz 8mm-11mm" jeweils Stand 17.08.2017

⁹ Das Antriebsgeräusch setzt sich zusammen aus Motorengeräusch und Geräusch des Antriebsstrangs.

¹⁰ Pallas et al. (2014): FOREVER Projekt (Future Operational Impacts of Electric Vehicles on national European Roads).

¹¹ Siehe auch Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft BUWAL (2004): sonROAD - Berechnungsmodell für Strassenlärm, Schriftenreihe Umwelt Nr. 366, Seite 28.

2.3 Szenario lärmarme Reifen

Die Reifen werden anhand der in der EU-Verordnung Nr. 661/2009 festgelegten Grenzwerte (LV) in drei Klassen eingeteilt:

- 1. Klasse:** Messwert für das externe Rollgeräusch hält die Grenzwerte der EG-RL 2001/43 ein
- 2. Klasse:** Messwert für das externe Rollgeräusch hält die verschärften Grenzwerte der EU-Verordnung EG/661/2009 ein (gültig ab 2016)
- 3. Klasse:** Messwert für das externe Rollgeräusch ist mindestens 3 dB leiser als die verschärften Grenzwerte der EG 661/2009 (gültig ab 2016)

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 leisen Reifen unterwegs ist. Bei leichten Fahrzeugen wird das Rollgeräusch, für welches der Reifen massgebend ist, bereits ab ca. 25 km/h dominant, bei LKW bei ca. 60 km/h. Im Szenario *lärmarme Reifen* wird davon ausgegangen, dass alle Fahrzeuge auf den Schweizer Strassen mit lärmarmen Reifen verkehren. Dabei wurden folgende Korrekturen auf das Rollgeräusch angewendet:

Leichte Fahrzeuge	-2 dBA
Schwere Fahrzeuge	-1 dBA
Motorräder	0 dBA

2.4 Szenario Temporeduktion

Die erlaubten Höchstgeschwindigkeiten wurden auf dem gesamten Strassennetz unabhängig vom Strassentyp mit einer signalisierten Geschwindigkeit von > 50 km/h um 20 km/h verringert. Bei Strassen mit signalisierten Geschwindigkeiten zwischen 30 km/h und 50 km/h wird 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 *Temporeduktion* verwendeten:

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 <i>Temporeduktion</i> [km/h]	20	30	30	30	40	60	80	100

Im Lärmberechnungsmodell wurden die Temporeduktionen auf dem gesamten Streckennetz angewandt. Im Rahmen einer allfälligen (Teil-)Umsetzung einer solchen Massnahme könnte die Temporeduktionen auf Streckenabschnitte mit Grenzwertüberschreitungen an den Immissionsorten beschränkt werden. Somit wäre insbesondere bei geringen Verkehrsmengen (z.B. Quartierstrassen) oder im höheren Geschwindigkeitsbereich ausserhalb von Siedlungen (z.B. Überlandstrassen, Nationalstrassen durch dünn besiedeltes Gebiet) keine Temporeduktion aus Lärmschutzgründen erforderlich.

2.5 Szenario Temporeduktion nachts

Tagsüber wurden keine Massnahmen eingeführt.

Nachts hingegen wurden die erlaubten Geschwindigkeiten auf allen Strassen mit $v > 50$ km/h um 20 km/h verringert. Bei Strassen mit Geschwindigkeiten zwischen 30 und 50 km/h wurde die erlaubte Geschwindigkeit auf 30 km/h beschränkt. Die Geschwindigkeit für Motorräder und Güterverkehr wurde auf das Minimum des PV-Tempos und 85km/h gesetzt.

Das Szenario Temporeduktion nachts konnte komplett durch andere Szenarien abgedeckt werden. Deshalb ist es das einzige welches nicht als separates sonBASE-Szenario gerechnet wird.

2.6 Szenario Tempo 30 innerorts

Bei allen Strassenabschnitten, welche innerorts verlaufen, wurden die Emissionen anhand einer signalisierten Geschwindigkeit von maximal 30 km/h berechnet. Lediglich Autobahnen und Autostrassen wurden von dieser Massnahme ausgenommen. Die folgende Tabelle zeigt die bestehenden und die für das Szenario *Tempo 30 innerorts* verwendeten Geschwindigkeitsbegrenzungen:

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 <i>Tempo 30 innerorts</i> [km/h]	20	30	30	30	30	80	100	120

Ein Strassenabschnitt verläuft dabei innerorts, wenn die Strasse ein Siedlungsgebiet schneidet.

Die dazugehörigen Siedlungsgebiete wurden dem Datensatz *Siedlungsgebiet 06* des ARE entnommen.

2.7 Kombination von lärmarmen Belägen und lärmarmen Reifen

Die in Abschnitt 2.1 und 2.3 erläuterten Massnahmen wurden kombiniert. Dabei wurde angenommen, dass die akustische Wirkung der beiden Massnahmen kumuliert werden kann.

2.8 Kombination von lärmarmen Belägen und Temporeduktion

Die in Abschnitt 2.1 und 2.4 erläuterten Massnahmen wurden kombiniert. Dabei wurde angenommen, dass die akustische Wirkung der beiden Massnahmen kumuliert werden kann. Es liegen nur sehr wenige Untersuchungen vor, welche die kombinierte Wirkung von Lärmschutzmassnahmen prüften. Die Resultate einer aktuellen Messkampagne¹², welche von der Stadt Zürich und dem Kanton Aargau initiiert wurde und in der die kombinierte lärmreduzierende Wirkung eines lärmarmen Belags und einer Temporeduktion messtechnisch untersucht wurde, bestätigen weitgehend diese Annahme.

¹² Grolimund + Partner AG (2015): Studie "Potential von Temporeduktionen innerorts als Lärmschutzmassnahme", Bericht Nr. A4398.

2.9 Kombination von Elektromotoren PW und LKW und Temporeduktion

Die in Abschnitt 2.2 und 2.4 erläuterten Massnahmen wurden kombiniert. Die Elektrifizierung des Antriebs bezieht sich in diesem Szenario sowohl auf leichte wie auch auf schwere Fahrzeuge. Wie in Abschnitt 2.2 beschrieben wurden mit Hilfe des Strassenlärmmodells sonROAD die Emissionen für das Antriebs- und das Roll-Geräusch separat berechnet. Durch diese getrennte Modellierung ist eine physikalisch resp. akustisch korrekte Berechnung der kombinierten Wirkung eines elektrifizierten Antriebs mit einer Temporeduktion möglich: Die Komponente für das Antriebsgeräusch wird dabei auf null gesetzt und die Komponente für das Rollgeräusch wird mit der erforderlichen Höchstgeschwindigkeit berechnet. Die übrigen Eingangsparameter wie beispielsweise die Verkehrsmenge bleiben unverändert (wie im Ausgangszustand).

2.10 Kombination von Elektromotoren PW und Temporeduktion

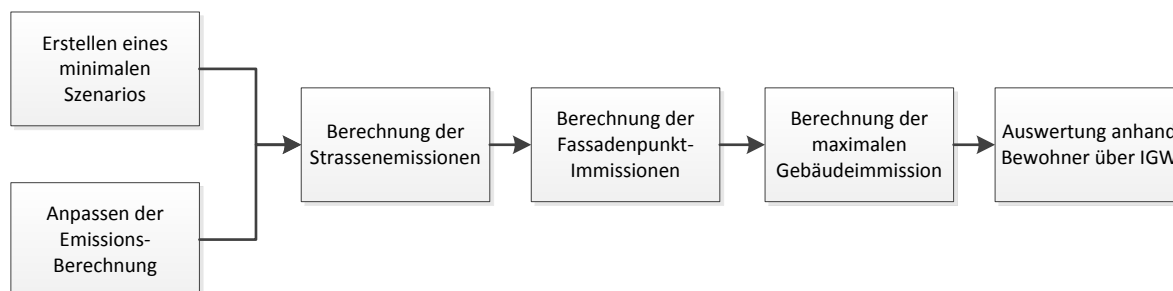
Dieses Szenario entspricht dem Szenario wie in Abschnitt 0 beschrieben, jedoch wird der Antrieb nur für leichte Fahrzeuge (PWs, Teilverkehrsmenge N1 gemäss LSV¹³) auf Elektromotoren umgestellt. Schwere Fahrzeuge (LKWs und Motorräder, Teilverkehrsmenge N2) fahren weiterhin mit konventionellen Verbrennungsmotoren.

¹³ Aufteilung der Teilverkehrsmengen gemäss Lärmschutz-Verordnung (LSV) vom 15. Dezember 1986, SR 814.41, Anhang 3, Ziffer 32

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 in der Strassenlärm-berechnung des BAFU von 2018 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 Strassenlärm-berechnung des BAFU von 2018 ermittelten Dämpfungen auf dem Ausbreitungsweg¹⁴ übernommen werden konnten. Auf eine erneute rechenintensive Berechnung der Ausbreitungsdämpfung mit Hilfe der Lärmberechnungssoftware konnte verzichtet werden.

3.2 Auswertung

Die Auswertungen wurden über die Lärmapplikation sonBASE erstellt. Für alle Szenarien konnten so automatisch vergleichbare Auswertungsergebnisse ermittelt werden.

Dabei wurden folgende Kriterien für die Auswertungen festgelegt:

- Die Auswertungsergebnisse sollen pro Szenario ausdrücken, wie viele Personen prozentual von Lärmbelastungen über den Immissionsgrenzwerten gemäss Lärmschutzverordnung¹⁵ betroffen sind.
- 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.
- Bei Gebäuden ohne zugeordnete Empfindlichkeitsstufe (ES) soll die Empfindlichkeitsstufe ES III verwendet werden.
- Der Immissionsgrenzwert (IGW) gilt dann als überschritten, wenn folgendes gilt: $L_{r\text{Gebäude}} > IGW^{16}$.

¹⁴ 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), die Bodendämpfung (Absorption des Schalls am Boden) oder durch die Hindernisdämpfung (abschirmende Wirkung von Gebäuden, Stützmauern, Erdwällen, usw.).

¹⁵ Immissionsgrenzwerte für die Tag- und Nachtphase gemäss Anhang 3, Ziffer 2, Lärmschutzverordnung.

¹⁶ Lr: Beurteilungspegel gemäss Lärmschutzverordnung.

3.3 Basis-Szenario

Neben den bisher aufgelisteten, berechneten Szenarien wurde zusätzlich ein weiteres berechnet. Dabei handelt es sich um ein Basis-Szenario, bei dem die Strassen-Inputdaten derjenigen des sonBASE-Szenarios der Strassenlärmrechnung des BAFU von 2018 entsprechen. Im Basis-Szenario sind nur die bestehenden Lärmschutzmassnahmen - soweit bekannt - enthalten¹⁷. Wie bei den anderen Szenarien wurden alle im Abschnitt 3.1 aufgelisteten Schritte ebenfalls durchgeführt.

Dies hat den Vorteil, dass die Resultate jedes in 3.1 dargestellten Schrittes in diesem Szenario direkt mit der Strassenlärmrechnung des BAFU von 2018 verglichen werden können. Sind z.B. die neu berechneten Fasadepunkt-Immissionen gleich wie in der Strassenlärmrechnung des BAFU von 2018, wurden alle bisherigen Schritte korrekt durchgeführt. Dadurch wurde die Validation erheblich vereinfacht.

¹⁷ Insbesondere wurden Geschwindigkeitsreduktionen als signalisierte Höchstgeschwindigkeit und bauliche Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg wie beispielsweise Lärmschutzwände berücksichtigt. Lärmarme Beläge sind kaum enthalten.

4 Resultate

Die Abbildung 1 zeigt das Potential der untersuchten Einzelmassnahmen (absteigend sortiert nach Potential nachts). Es wurden ausschliesslich - wie im Artikel 11 des Umweltschutzgesetzes gefordert - Massnahmen an der Quelle evaluiert. Die Y-Achse stellt den Anteil der Gesamtbevölkerung dar, der am Wohnort von schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm betroffen ist. Es handelt sich um den prozentualen Anteil der Personen, welche von einer Überschreitung der Immissionsgrenzwerte gemäss Lärmschutzverordnung LSV betroffen sind (100 % entspricht der Gesamtbevölkerung).

Als Basis-Szenario diente die gesamtschweizerische Strassenlärmrechnung des BAFU von 2018 und ist als Ist-Zustand zu verstehen (Stand 2015). In diesem Basis-Szenario wurden bestehende bauliche und betriebliche Lärmschutzmassnahmen - soweit bekannt - berücksichtigt. Gemäss dieser gesamtschweizerischen Strassenlärmrechnung sind tags 14 % und nachts 12 % der Gesamtbevölkerung von übermässigem Lärm betroffen. Für die Grafik wurde zur Vereinfachung der Darstellung auf einen für die Tag- und Nachtphase gemeinsamen Wert von 14 % gerundet.

Von diesem Basis-Szenario ausgehend zeigen die dunkel gefärbten, mit Pfeilen versehenen Balken das Reduktionspotential für jede untersuchte Einzelmassnahme auf. Lesebeispiel: Mit flächendeckenden Temporeduktionen innerorts auf 30 km/h könnten während der Tagesphase rund ein Viertel der Lärmbetroffenen geschützt werden (Abnahme der Lärmbetroffenen von gerundet 14 % auf 11 %).

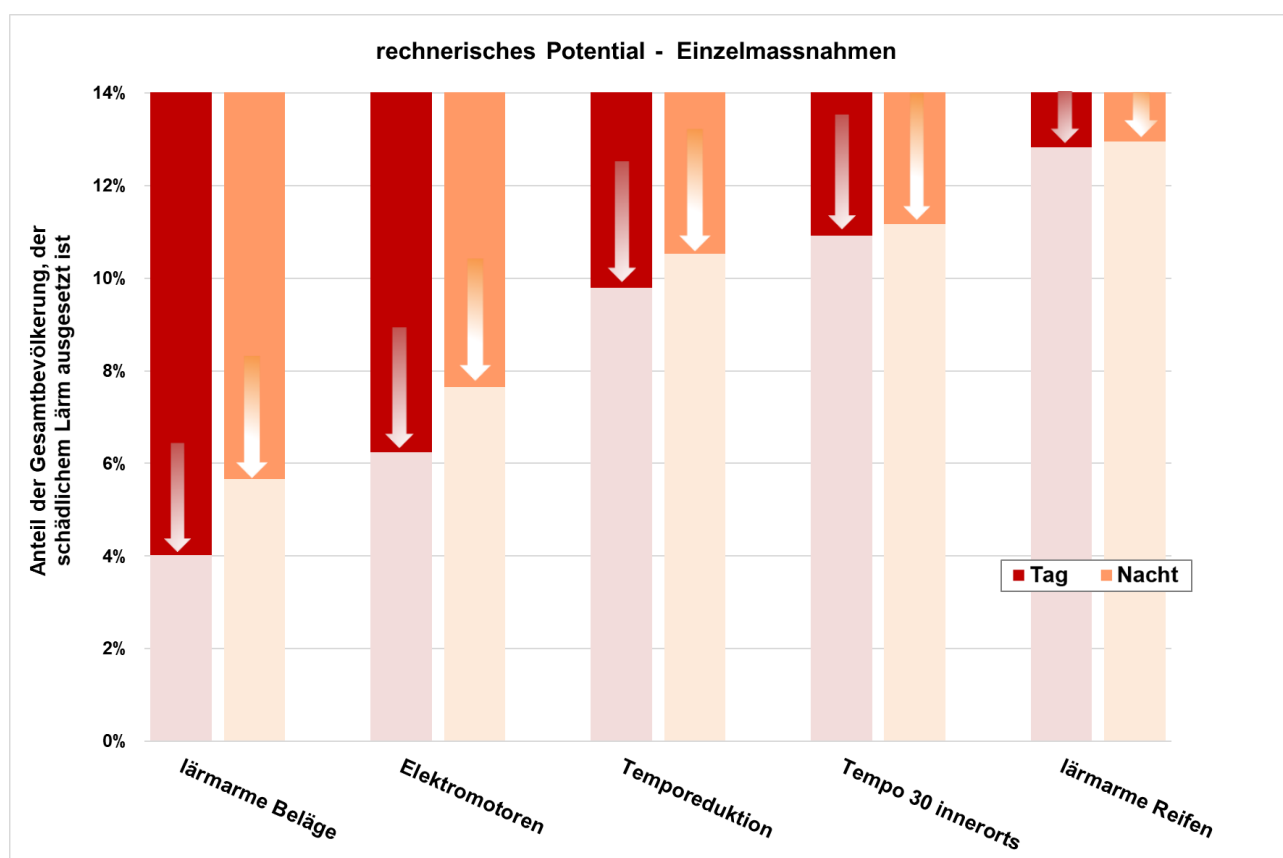


Abbildung 1: Potential der Einzelmassnahmen (absteigend sortiert nach Potential nachts). Die Y-Achse stellt den Anteil der Gesamtbevölkerung dar, der am Wohnort von schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm betroffen ist (Überschreitung der Immissionsgrenzwerte gemäss Lärmschutzverordnung LSV). Als Basis-Szenario dient die gesamtschweizerische Strassenlärmrechnung des BAFU von 2018 und ist als Ist-Zustand zu verstehen. Lesebeispiel: Mit flächendeckenden Temporeduktionen innerorts auf 30 km/h könnten während der Tagesphase rund ein Viertel der Lärmbetroffenen geschützt werden (Abnahme der Lärmbetroffenen von gerundet 14 % auf 11 %).

Die Abbildung 2 entspricht derselben Darstellung wie Abbildung 1; sie stellt jedoch die Wirkung der kombinierten Massnahmen dar. Die kombinierten Massnahmen wurden obenstehend in den Abschnitten 2.7 bis 2.10 beschrieben. Lesebeispiel: Mit elektrischen Antrieben bei sämtlichen PWs wie auch LKWs in Kombination mit flächendeckenden Temporeduktionen um 20 km/h verblieben für die Nacht rund 2 Prozent Lärmbetroffene (Abnahme der Lärmbetroffenen von gerundet 14 % auf 2 %).

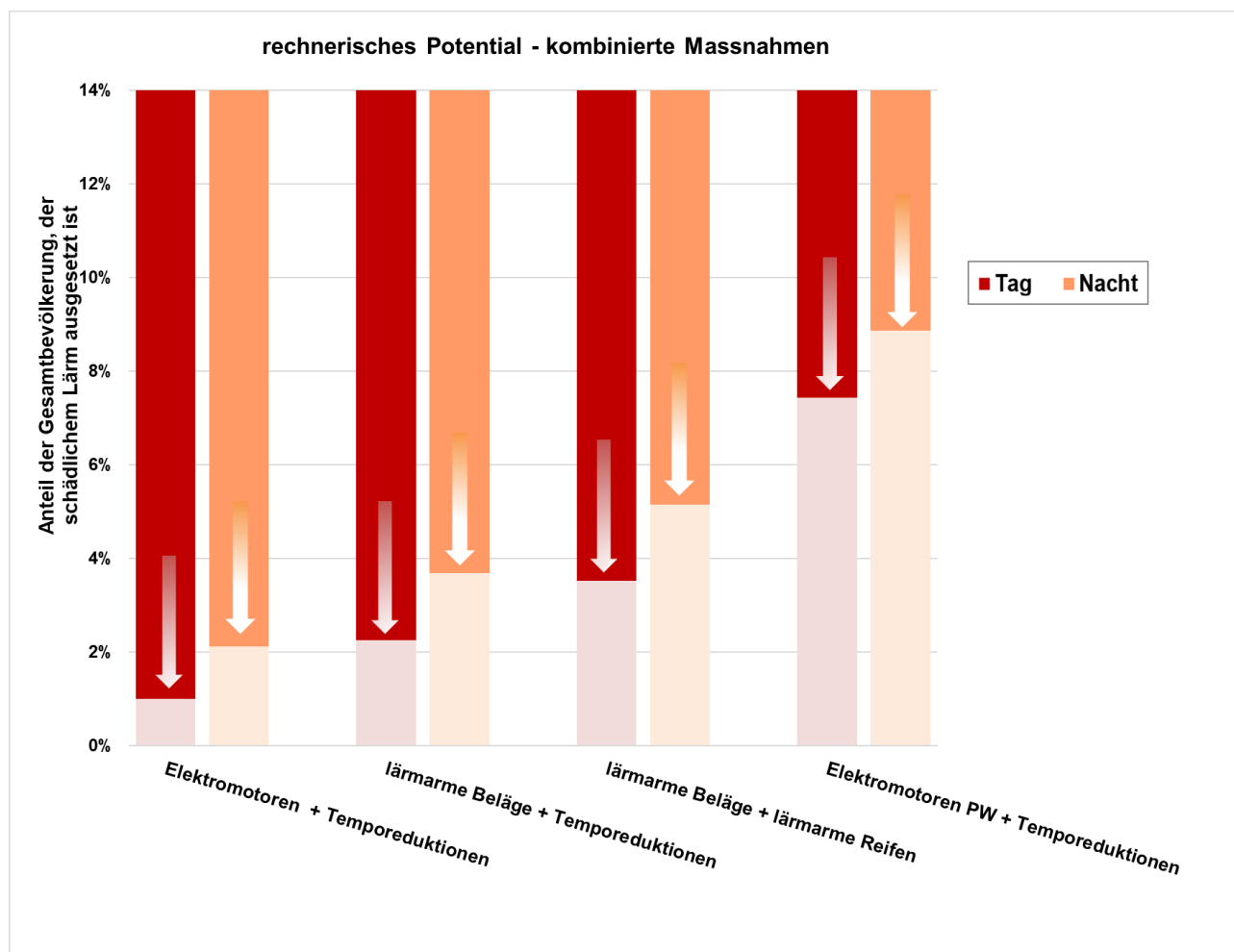


Abbildung 2: Potential der kombinierten Massnahmen (absteigend sortiert nach Potential nachts). Die Y-Achse stellt den Anteil der Gesamtbevölkerung dar, der am Wohnort von schädlichem oder lästigem Strassenverkehrslärm betroffen ist (Überschreitung der Immissionsgrenzwerte gemäss Lärmschutzverordnung LSV). Als Basis-Szenario dient die gesamtschweizerische Strassenlärmberechnung des BAFU von 2018 und ist als Ist-Zustand zu verstehen. Lesebeispiel: Mit elektrischen Antrieben bei sämtlichen PWs wie auch LKWs in Kombination mit flächendeckenden Temporeduktionen um 20 km/h verblieben für die Nacht rund 2 Prozent Lärmbetroffene (Abnahme der Lärmbetroffenen von gerundet 14 % auf 2 %).

5 Interpretation

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

- Anhand der getroffenen Annahmen könnten mit dem Einbau von lärmarmen Belägen auf den kritischen Strassenabschnitten mehr als 50 % der Personen, die gemäss der Strassenlärmrechnung 2018 von übermässigem Lärm betroffen waren, geschützt werden (siehe Abb. 1).
- Das Potential zur Reduktion der Anzahl von Lärm betroffenen Personen einer generellen Temporeduktion um 20 km/h auf allen Strassen ist im Vergleich mit dem Potential einer Temporeduktion auf 30 km/h innerorts etwas höher und beträgt rund 30 % (siehe Abb. 1).
- Der Effekt von mehreren Massnahmen gleichzeitig hat einen weit deutlicheren Einfluss auf das Resultat gegenüber einzelnen Massnahmen: Eine einzelne Massnahme kann die Anzahl Lärmbetroffener bestenfalls halbieren, während die Massnahmenkombination mit dem geringsten Potential dieselbe Wirkung zeigt (siehe Abb.1 und Abb. 2).
- Die Kombination von Elektromotoren und Temporeduktion zeigt sich als besonders effizient resp. reduziert die Anzahl Lärmbetroffene am Tag auf lediglich 1 % (siehe Abb. 2). Dies liegt daran, dass bei niedrigen Geschwindigkeiten das Antriebsgeräusch dominant ist, welches bei Elektromotoren wegfällt. Im Weiteren können von dieser Kombination vor allem die Siedlungszentren profitieren und dort können aufgrund der hohen Bevölkerungsdichte viele Personen geschützt werden.
- Wenn lediglich bei leichten Fahrzeugen (PWs, Lieferwagen) Elektromotoren verwendet werden und die schweren Fahrzeuge (u.a. Lastwagen, Sattelschlepper) weiterhin mit konventionellen Verbrennungsmotoren angetrieben werden, ist der Effekt deutlich weniger wirkungsvoll verglichen mit der Massnahme, wenn gleich alle Fahrzeuge diese leisen Motoren verwenden (siehe Abb. 2).
- Lärmarme Reifen führen nur in Kombination mit einer anderen Massnahme zu einer deutlich tieferen Lärmbelastung der Bevölkerung (siehe Abb.1 und Abb. 2).

6 Validierung

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. Anhand des Basis-Szenarios konnte schnell überprüft werden, dass die Berechnung nahezu identisch ist wie in der ursprünglichen Strassenlärmrechnung von 2018. Weitere Szenario-spezifische Validierungen der Resultate waren somit nicht mehr notwendig.

Anhang: Grundlegenden Daten 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