



## Potenzial Wirkungsabschätzung leise Reifen in der Schweiz Abschlussbericht

Ihre Kontaktperson: Felix Schlatter  
felix.schlatter@grolimund-partner.ch, D: +41 31 356 32 21

Im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU)  
A6663  
16. Juni 2023

## Impressum

### Disclaimer

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

### Auftragnehmer

Grolimund + Partner AG

### Auftraggeber

Bundesamt für Umwelt (BAFU), Abteilung Lärm und NIS, Dominique Schneuwly

### Autoren

Felix Schlatter

Version	Datum	Autoren	Beschrieb	Verteiler
V 0.9	06.12.2022	fs	Zwischenbericht	BAFU
V 1.0	12.04.2023	fs	Abschlussbericht	BAFU
V 2.0	22.05.2023	fs	Korrekturen	BAFU
V 3.0	09.06.2023	fs	Korrekturen 2. Runde	BAFU
V 4.0	16.06.2023	fs	Finaler Bericht	BAFU

## Inhalts

1. Auftrag.....	4
2. Datengrundlagen & Vorgehen.....	4
2.1 EU Reifenlabel.....	5
3. Erkenntnisse zur Lärmbelastung von Reifen in der Schweiz.....	8
3.1 Lärmbelastung und Grenzwerte.....	8
3.2 Verteilung der Reifenbreiten.....	8
3.3 Verteilung Lärm-Reifenlabelwert für 2021.....	9
3.4 Zeitliche Entwicklung der Reifenbreite und Lärmlabelwerte.....	10
4. Abschätzung Lärminderungspotenzial <i>leiser Reifen</i> .....	11
4.1 Vorgehen Abschätzung Lärminderungspotenzial leiser Reifen.....	11
4.2 Szenarienbildung.....	12
4.3 Zusammenzug Reduktionspotenzial.....	15
5. Abschätzung effektive Wirkung.....	16
5.1 Einfluss des Lärmpotenzial für verschiedene Geschwindigkeiten.....	17
6. Diskussion und Schlussfolgerungen.....	18
6.1 Reifenlabel & Lärmwerte.....	18
6.2 Effektiv gemessenes Reduktionspotenzial.....	19
6.3 Fazit.....	20
7. Literatur.....	20
<b>Anhänge</b>	
I Grenzwertverteilung Reifen.....	22

## 1. Auftrag

Der Markt an verfügbaren Reifen ist sehr gross und eine detaillierte Analyse, welche Reifen eingesetzt werden, sind leider für den Lärmschutz nicht verfügbar. Da von der Reifen-Fahrbahninteraktion bereits ab geringen Geschwindigkeiten (bei PKW's bereits ab 20-25 km/h) ein Grossteil der Lärmbelastung ausgeht [1] ist es für den Lärmschutz von grosser Relevanz zu wissen, welche Reifen im Umlauf sind und welchen Einfluss sie auf die Lärmbelastung haben. Mit sogenannt «leisen Reifen» ist aus der Sicht des Lärmschutzes eine Möglichkeit vorhanden, den Lärm an der Quelle einzudämmen. Die Effektivität von leisen Reifen wurde bereits in früheren Studien auf Schweizer Strassenbelägen aufgezeigt [2]. Der Einfluss auf die Lärmbelastung sowie die effektive Wirkung als Lärmschutzmassnahme konnte bisher nur mit groben Annahmen und einer konservativen Schätzung berechnet respektive in die Simulationen aufgenommen werden.

## 2. Datengrundlagen & Vorgehen

Für die Abschätzung, welche Reifen in welcher Quantität auf den Schweizer Strassen herumfahren, wurde eine Marktanalyse durchgeführt. Dazu konnten konkrete Daten eines grossen Schweizer Reifenhändlers herbeigezogen werden, mit einem Marktanteil um ca. 14%. Diese Zahlen enthalten Angaben über die Verteilung über die Reifenbreite, sowie die umfassenden Zahlen mitsamt dem EU-Reifenlabel (Lärmwerte, vgl. Kapitel 2.1). Bei diesen Grundlagen kann davon ausgegangen werden, dass sie für die Schweiz repräsentativ sind. Für andere Länder könnte sich gegebenenfalls die Verteilung allerdings unterscheiden. In Bezug auf die Gesamtmenge an importierten Reifen gibt die Schweizer Zollstatistik Auskunft (Vgl. Tabelle 1). Darin zeigt sich, dass die Gesamtanzahl an Reifen (Nettoimport) im Zeitraum von 2004 bis 2022 um ca. 20% zugenommen hat.

Tabelle 1: Importierte Reifen der Schweiz im Zeitraum 2004 - 2022

Zusatzmenge	Periode	Import		Export		Netto
		Zusatzmenge	Menge (Kg)	Zusatzmenge	Menge (Kg)	Zusatzmenge
Stück	2004	6'406'044	54'382'899	284'114	2'457'821	6'121'930
	2005	6'845'459	59'189'998	268'885	2'301'682	6'576'574
	2006	6'691'423	58'758'138	373'963	3'244'849	6'317'460
	2007	6'836'569	60'892'665	480'391	4'530'749	6'356'178
	2008	6'795'951	60'552'264	385'429	3'582'409	6'410'522
	2009	6'913'425	61'528'023	542'371	5'038'742	6'371'054
	2010	7'525'157	67'417'773	570'820	5'126'001	6'954'337
	2011	8'142'801	74'488'297	577'183	5'326'203	7'565'618
	2012	7'241'562	67'230'489	578'398	5'450'721	6'663'164
	2013	7'151'426	65'774'967	570'743	5'425'507	6'580'683
	2014	7'407'441	68'889'198	541'060	5'010'777	6'866'381
	2015	7'120'476	67'428'913	392'568	3'811'565	6'727'908
	2016	7'230'232	69'673'769	251'518	2'459'623	6'978'714
	2017	7'163'705	69'442'105	282'717	2'780'274	6'880'988
	2018	7'205'178	68'475'630	254'699	2'481'952	6'950'479
	2019	7'178'781	67'925'727	224'781	2'121'251	6'954'000
	2020	6'890'990	68'069'773	209'935	2'185'945	6'681'055

Zusatzmenge	Periode	Import		Export		Netto Zusatzmenge
		Zusatzmenge	Menge (Kg)	Zusatzmenge	Menge (Kg)	
	2021	7'142'679	70'891'638	285'837		6'856'842
	2022	7'496'900	75'074'766	250'795	2'757'219	7'246'105

## 2.1 EU Reifenlabel

Im Jahr 2021 wurde das EU-Reifenlabel grundlegend überarbeitet. Die Stand 2022 aktuelle Reifenetikette ist in Abbildung 1 dargestellt. In dieser Studie ist vor Allem der Lärmgrenzwert von Relevanz. Auf der Lärmetikette werden die Lärmgrenzwerte in Dezibel angegeben (innerhalb des Lautsprechers). Dabei ist wichtig zu berücksichtigen, dass sich die Lärmlabelwerte um eine Art Selbstdeklaration handelt. Es kann somit sein, dass dieses angeschriebene Label in der Realität auch besser ausfallen kann als angegeben.

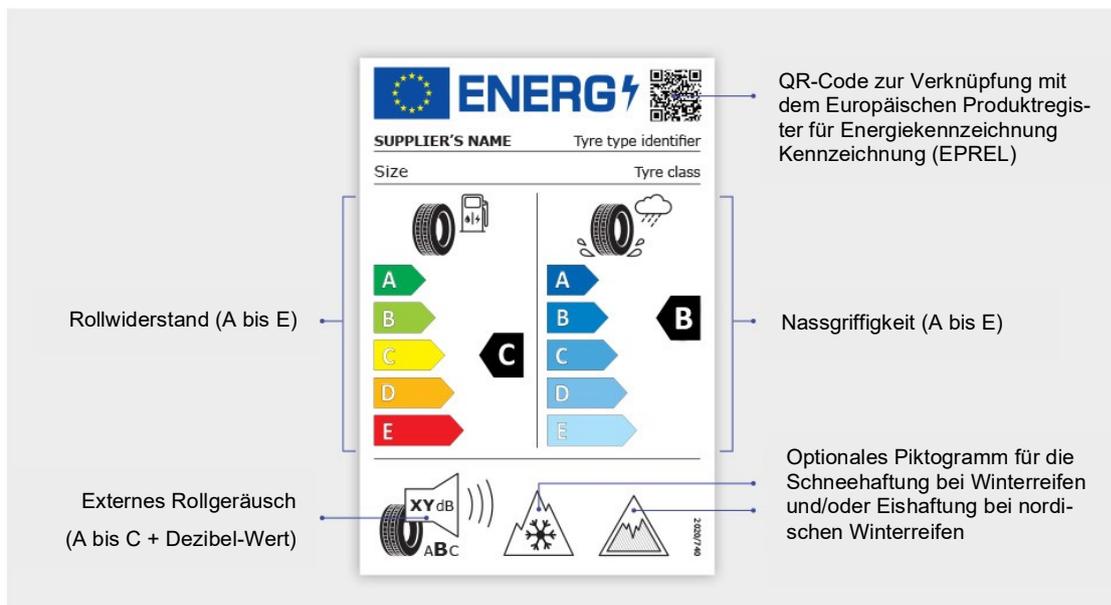
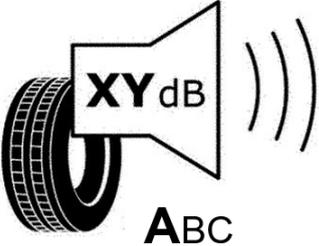
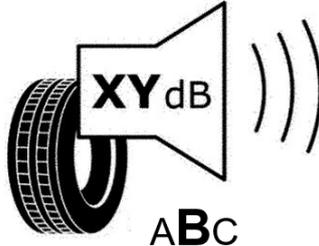
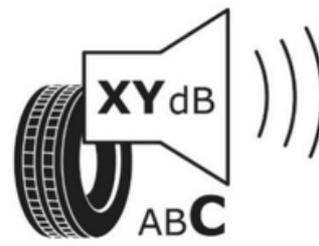


Abbildung 1: Neue EU-Vorschriften über die Kennzeichnung von Strassenreifen, gültig ab 01.05.2021. Quelle der Abbildung: Europäische Kommission, EC 740/2020.

### 2.1.1 Externes Rollgeräusch / Lärmklassifizierung

Wie laut oder leise ein Reifen ist, ist neu anhand der einfachen Klassifizierung des externen Rollgeräusches ersichtlich. Der Messwert des externen Rollgeräusches (N in dB(A)) ist gemäss Anhang 3 der UN-ECE-Regelung Nr. 117 zu berechnen [9]. Die Klasse des externen Rollgeräusches eines Reifens wird wie in den Piktogrammen der Tabelle 2 angegeben. Die entsprechenden Grenzwerte (LV) können der Tabelle 3 entnommen werden. Dort ist auch ersichtlich, dass breitere Reifen jeweils einen höheren Grenzwert aufweisen. Somit können breitere Reifen auch legalerweise lauter sein.

Tabelle 2: Externe Geräuschklassen und ihre Piktogramme zur Geräuschkennzeichnung gemäss EU 740/2020<sup>1</sup>.

$N \leq LV - 3$	$LV - 3 < N \leq LV$	$N > LV$
		

Bezüglich der Reifentypen werden primär die drei unterschiedlichen Fahrzeugklassen unterschieden:

- C1: Leichte Kraftfahrzeuge (PKW)
  - Diese Kategorie umfasst Personenkraftwagen und leichte Nutzfahrzeuge mit einem zulässigen Gewicht von < 3.5 Tonnen. Dazu gehören Fahrzeuge wie Limousinen, SUVs und leichte Lieferwagen.
- C2: Mittlere Kraftfahrzeuge
  - Die Klasse C2 umfasst mittelgrosse Nutzfahrzeuge mit einer zulässigen Gesamtmasse, die über dem Grenzwert für Fahrzeuge der Klasse C1 liegt. Diese Fahrzeuge sind grösser und schwerer als C1-Fahrzeuge und werden häufig für den Transport von Gütern oder Personen über mittlere Entfernungen eingesetzt. Beispiele hierfür sind mittelgrosse Lastkraftwagen und Busse.
- C3: Schwere Kraftfahrzeuge
  - Die Klasse C3 besteht aus schweren Nutzfahrzeugen mit einer zulässigen Gesamtmasse, die über dem Grenzwert für Fahrzeuge der Klasse C2 liegt. Diese Fahrzeuge sind die grössten und schwersten der drei Kategorien und werden hauptsächlich für den Langstreckentransport von Gütern oder Personen eingesetzt. Beispiele hierfür sind schwere Lastkraftwagen, Sattelschlepper und Fernbusse.

Tabelle 3: Aktuelle Geräuschgrenzwerte für C1-Reifen (PKW) gemäss UN/ECE Reg. 117<sup>2</sup> [9]. Die genannten Grenzwerte sind um 1 dB(A) zu erhöhen, wenn der Reifen als Winterreifen, Schwerlastreifen oder verstärkter Reifen

<sup>1</sup> In der Hauptfassung ist das letzte Piktogramm noch als B angegeben. Dies wurde doch mit dem Korrigendum vom 25.05.2020 behoben: [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L\\_.2020.241.01.0046.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2020%3A241%3ATOC](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=uriserv%3AOJ.L_.2020.241.01.0046.01.ENG&toc=OJ%3AL%3A2020%3A241%3ATOC)

<sup>2</sup> [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42016X0812\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:42016X0812(01))

eingestuft oder mit einer Kombination dieser Einstufungen versehen ist. Auch die Klassengrenzen verschieben sich um +1dB(A). Damit wird der Grenzwert zum Beispiel aus 70 dB mit einem XL-Reifen 71 dB.

Reifenklasse	Nennbreite in mm	Grenzwerte (LV) in dB(A)	Grenzwerte (LV) in dB(A) (Winter-, M+S, XL-Reifen)
C1A	≤ 185	70	71
C1B	> 185 ≤ 215	71	72
C1C	> 215 ≤ 245	71	72
C1D	> 245 ≤ 275	72	73
C1E	> 275	74	75

### 3. Erkenntnisse zur Lärmbelastung von Reifen in der Schweiz

In diesem Kapitel werden die Erkenntnisse zu den Lärm-Label-Werten und Reifenbreiten aus der Verkaufsstatistik dargestellt und kurz diskutiert. Die Verkaufsstatistik umfasste ausschliesslich C1-Reifen (PKWI) und unterteilte sich ebenfalls nur in Sommer- und Winterreifen. Folglich können keine abschliessenden Aussagen zu All-Season Reifen, sowie Mittel- und Schwerlastreifen (C2, und C3) getätigt werden.

#### 3.1 Lärmbelastung und Grenzwerte

Bei der Analyse der Verkaufszahlen zeigte sich, dass ein überwiegender Grossteil der Reifen am Grenzwert befindet (Gesamtanteil also ca. 60-70% befindet sich in der Kategorie LV-0). Leider konnte die Zuteilung zu den Grenzwerten nicht abschliessend durchgeführt werden, da die Angaben zu XL-Reifen (Extra-Load, verstärkte Reifen, ...) in der Verkaufsstatistik nicht vorhanden war. Diese Angabe ist relevant, da gerade für diese Reifen eine Ausnahme von 1 dB(A) auf die in Tabelle 3 dargestellten Grenzwerte gewährt wird. Im Anhang I finden sich dazu weitere Details, wobei wie erwähnt, keine Anpassungen für XL-Reifen (für Sommerreifen) eingeflossen sind.

#### 3.2 Verteilung der Reifenbreiten

Breitere Reifen führen in der Tendenz zu höheren Lärmpegeln, da mehr Luft aus der Kontaktzone Reifen-Fahrbahn verdrängt werden muss [2], [3]. Ebenfalls ist bekannt, dass im Winter tendenziell schmalere Reifen verwendet werden als im Sommer, da schmalere Reifen die besseren Eigenschaften bei Schneeglätte versprechen.

In der Abbildung 2 ist die Verteilung der Reifenbreiten für die Sommer- und Winterreifen aufgezeigt. Dabei zeigt sich, dass die Winterreifen erwartungsgemäss etwas schmaler als die Sommerreifen ausfallen. Ebenfalls zeigt sich, dass die häufigste Reifenbreitenklasse für Sommer und Winter die Klassen B & C sind.

16. Juni 2023

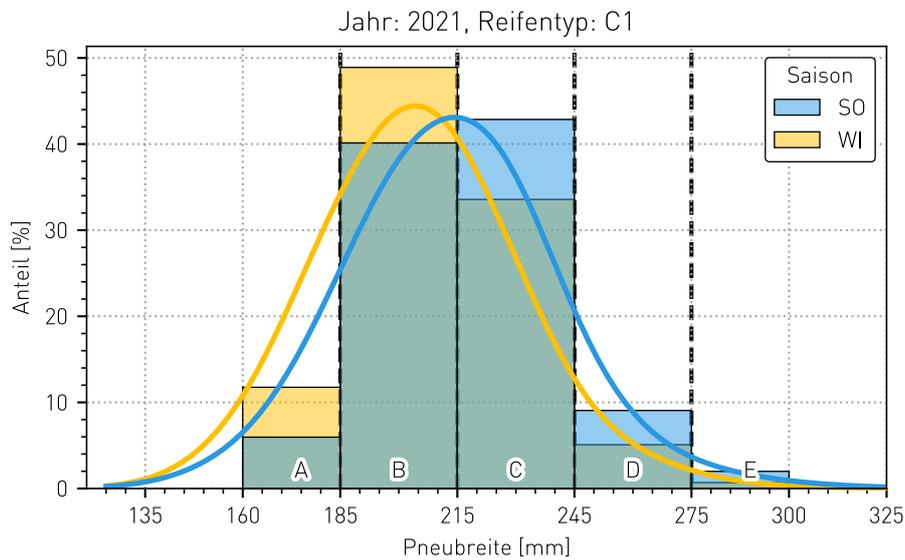


Abbildung 2: Verteilung der Reifenbreiten für C1 Reifen

### 3.3 Verteilung Lärm-Reifenlabelwert für 2021

Wenn allerdings der absolute Lärmlevelwert der obigen Verteilungen in Abbildung 2 betrachtet wird, zeigt sich, dass die Winterreifen trotz durchschnittlich schmalere Reifen minim höhere Lärmbelastungen aufweisen (Vgl. Abbildung 3):

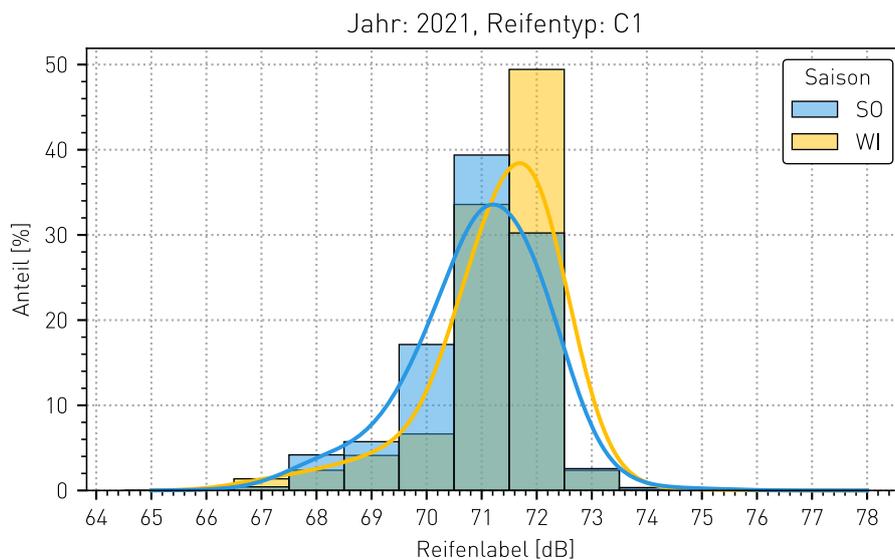


Abbildung 3: Verteilung des Gesamtlärms nach Labelangaben für C1-Reifen, aufgeteilt nach Saison (SO = Sommer (blau), WI = Winter (gelb))

Dabei muss noch berücksichtigt werden, dass in der Abbildung 3 die Reifenbreite indirekt miteingeflossen ist. Somit haben die Winterreifen den höheren Schallpegel, sind aber im Schnitt etwas

schmäler. Ebenfalls wird vermutlich eine etwas weichere Gummimischung (positiv im Sinne Lärmentwicklung) eingesetzt andererseits eine etwas gröbere Profilierung [4]. Des Weiteren ist die Form der Dichtefunktionen der beiden Reifentypen leicht verschieden. Während sie bei Sommerreifen eher einer Normalverteilung gleicht, ist die Verteilung bei Winterreifen linksschief und befindet sich somit näher beim Grenzwert. Die Erkenntnis, dass Winterreifen lauter sind als Sommerreifen, konnte ebenfalls mit Langzeitmessungen an den MfM-U-Standorten bestätigt werden (wenn auch mit kleinen Unterschieden zwischen 0.1 und 0.4 dB(A)). [5]

Da nun die Winterreifen gemäss der Abbildung 3 etwas lauter ausfallen, wird vermutet, dass entweder die höhere Profilierung die etwas weichere Gummimischung kompensiert oder der Labelwert der Reifenhersteller eher konservativ – zu hoch – angegeben wird und die gewährte Ausnahme von +1 dB ausgenutzt wird.

### 3.4 Zeitliche Entwicklung der Reifenbreite und Lärmlabelwerte

In den Verkaufstatistiken liegen nicht nur Angaben für das Jahr 2021 vor, sondern auch für die Jahre 2015, 2016 und 2020. Insgesamt zeigt sich, dass über die Jahre deutlich mehr Reifen in Umlauf gebracht wurden. Wenn aber angenommen wird, dass die vorliegenden Zahlen die Situation auf dem Verkaufsmarkt perfekt abbilden, kann die in Abbildung 4 gezeigte Entwicklung als relevant eingestuft werden.

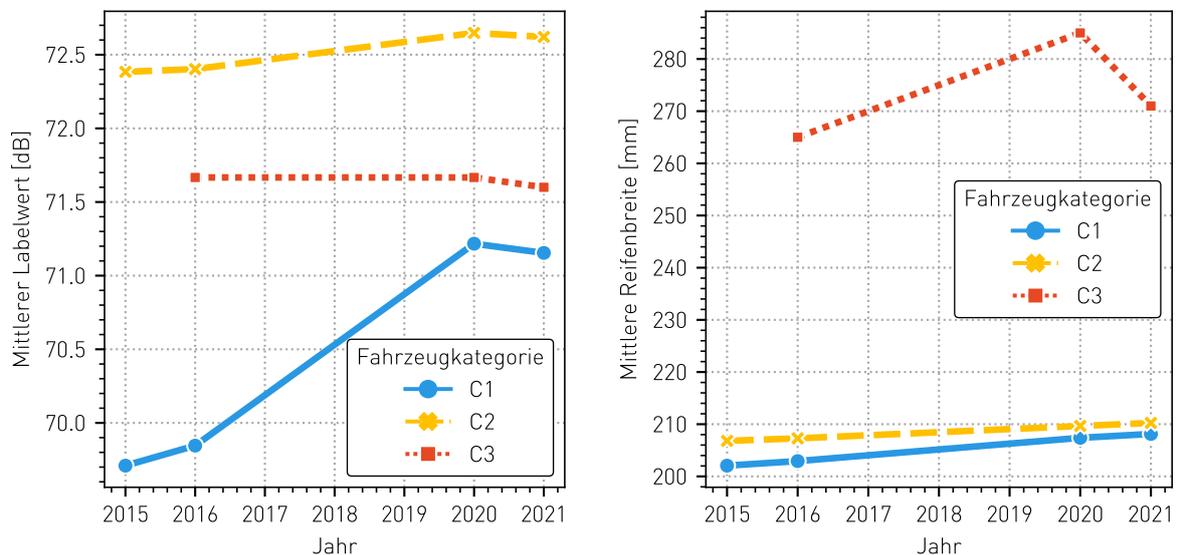


Abbildung 4: Zeitliche Entwicklung des Lärm-Labelwerts (links) und der Reifenbreite (rechts).

Bei den Reifenlärmlabelwerten der C1-Kategorie zeigt sich – aus Sicht des Lärmschutzes – eine eher negative Tendenz: Die mittleren C1-Reifen haben von 2015 bis 2021 um ca. 1.5 dB zugenommen. Hierzu gibt es zwei erklärende Gründe: Zum einen nimmt die Reifenbreite seit einiger Zeit zu, was auch schon in anderen Studien gezeigt werden konnte [6], [7]. Zum anderen werden die Fahrzeuge tendenziell immer wie schwerer. Hierbei ist zu beachten, dass die Reifenbreite mit dem Fahrzeuggewicht zusammenhängt.

#### 4. Abschätzung Lärminderungspotenzial *leiser Reifen*

Die Analyse der Verkaufszahlen hat gezeigt, dass die Lärmbelastung aufgrund der Reifen in der Schweiz eher am oberen Ende der Grenzwerte anzutreffen ist. Die Gründe dafür sind vielschichtig: Einerseits werden in der Schweiz in der Tendenz eher schwerere und grössere Fahrzeuge gefahren. Folglich ist das Segment an XL-Reifen im europäischen Vergleich wohl eher übervertreten. Auf diesen Reifen wird gemäss der EU 740/2020 auch noch +1 dB Bonus gewährt. Des Weiteren hat sich gezeigt, dass in der Schweiz vermehrt Reifen aus dem Wintersegment Verwendung finden. Ebenso wie bei den XL-Reifen wird für diese ein +1 dB auf den Grenzwert gewährt. Dabei ist zu beachten, dass es hierbei keine Kumulation der Ausnahmen gibt. So geniessen XL-Winter-Reifen auch nur eine Grenzwerterhöhung von +1 dB(A).

Mithilfe der Verkaufszahlen und den obigen Auswertungen wurden konkrete Szenarien mit Lärmreduktionspotenzialen berechnet. Hierzu wurden bestehende Verkaufszahlen und deren Verteilungen verwendet. Die entsprechenden Ergebnisse sind im nachfolgenden Kapitel aufgeführt.

##### 4.1 Vorgehen Abschätzung Lärminderungspotenzial leiser Reifen

Für die Abschätzung des Lärminderungspotenzials von Reifen müssen Annahmen getroffen werden. In dieser Untersuchung wurde exemplarisch untersucht, was mögliche Veränderungen des Reifenmarktes sind. Alle Grundlagen basieren auf der in Abbildung 5 dargestellten Verteilungskurve der C1-Reifen. Dabei wurden Winter- und Sommerreifen in die Berechnung aufgenommen. Die Annahme dabei ist, dass in der Schweiz sowieso praktisch die Hälfte des Jahres auf Winterreifen gefahren wird. Dies zeigte sich ebenfalls in den absoluten Verkaufszahlen, in welchen sogar tendenziell höhere Verkaufszahlen für Winterreifen resultierten.

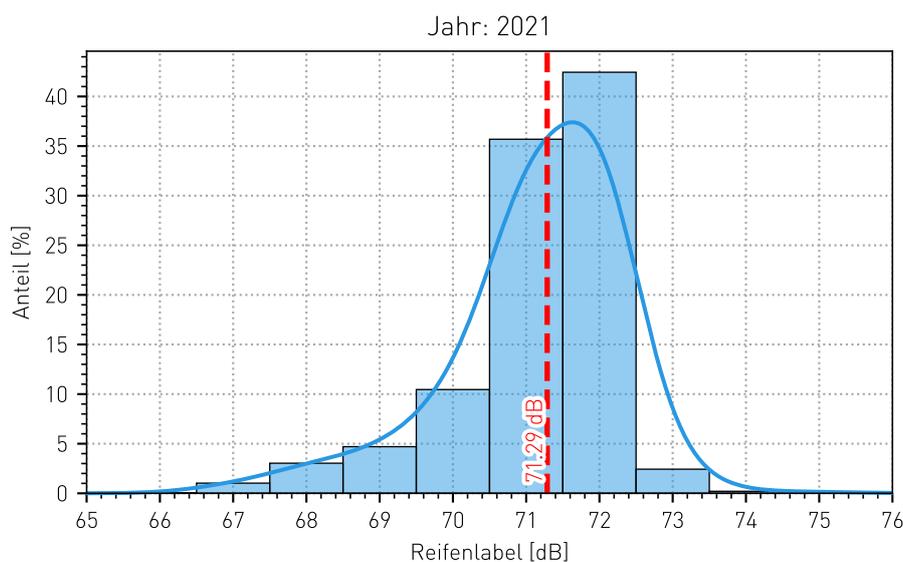


Abbildung 5: Gesamtverteilung der Lärmbelastung aus Reifenlabels für das Jahr 2021 und C1-Reifen (PKW). In dieser Grafik sind Winter- wie auch Sommerreifen zusammengefasst. Der rote Strich markiert den mittleren Pegel [energetische Gewichtung].

Bei der Abschätzung wurde der mittlere Pegel gemäss der Formel (1) (energetische Gewichtung gemäss Absatzzahlen) berechnet. Bei der Berechnung der Szenarien wurde ebenfalls diese Formel angewendet. Dabei wurde aber jeweils angenommen, dass die Verteilung der Reifen innerhalb der Pneubreite dieselbe bleibt. Das heisst, dass die momentane Breitenverteilung dieselbe bleibt. Das heisst, wenn zum Beispiel ein Reifen mit LV+1 und 275 mm ersetzt wird, wird er durch einen 275 mm Reifen mit LV-2 ersetzt (Im Szenario -2). Mit dieser Annahme wird sichergestellt, dass der Gesamtreifenpark nicht verändert wird.

#### 4.1.1 Berechnung mittlere Lärmbelastung

Für die Abschätzung des mittleren Lärmpotenzials auf Schweizer Strassen muss ein Vergleich von dem Zustand X und einem zukünftigen Zustand Y erstellt werden. Folglich muss ein zukünftiger Zustand mit dem jetzigen Zustand verglichen werden können. Dazu wird eine Gewichtung der Lärmemission  $L_{i,x}(x)$  des Fahrzeugtyps  $x$  für jede Lärmlabelklasse  $L_{i,x}(x)$  anhand der Gesamtanzahl  $n_{tot}$  vorgenommen:

$$L_{i,x}(x) = 10 * \log_{10} \left( \frac{1}{n_{tot}} \cdot \sum_{i=60}^{78} 10^{0.1 * L_{i,x}(x)} \cdot n_i(x) \right)$$

$x \in [C1, C2, C3]$

(1)

#### 4.2 Szenarienbildung

In diesem Bericht werden aktuell vier verschiedene Szenarien betrachtet. Davon bilden drei Szenarien Grenzwertreduktionen ab, ein Szenario zielt auf eine Verhaltensänderung beim Nutzer ab und drei weitere beinhalten eine globale Reduktion der Reifengeräusche um [-1,-2 oder -3] dB.

- Absenkung Grenzwert um 1 dB
- Absenkung Grenzwert um 2 dB
- Absenkung Grenzwert um 3 dB
- Motivation der Personen mit Reifen, welche aktuell dem Grenzwert entsprechen auf ein Produkt mit LV-3 zu wechseln (Lärmlabel A).
- Globale Absenkung um 1, 2 und 3 dB (bis maximal LV-3, also LV-3 Reifen werden nicht angepasst)

16. Juni 2023

#### 4.2.1 Resultate Grenzwertanpassungen

Bei den Szenarien zur Grenzwertanpassung wurde angenommen, dass sich die Reifen, welche neu über dem Grenzwert liegen, ersetzt werden und fortan dem Grenzwert entsprechen.

Hier ein Beispiel zur Veranschaulichung:

Ein Reifen, welcher im Jahr 2021 ein Labelwert von 72 dB hatte (Bei Grenzwert 72 dB) weist beim Reduktionsszenario von -2 dB neu einen Labelwert von 70 dB aus. Hingegen bleibt ein anderer Reifen mit 70 dB (Ausgang) im Reduktionsszenario von -2 dB bei seinen 70 dB stehen.

Folglich gibt es Anpassungen an der Verteilung der Lärmverteilung, welche wiederum abhängig von der Gesamtanzahl der sich im Umlauf befindlichen Reifen (Abbildung 6) ist. Die mittlere Lärmbelastung (Status Quo als Jahr 2021) wurde als gewichtetes energetisches Mittel aus der Labelwertverteilung berechnet.

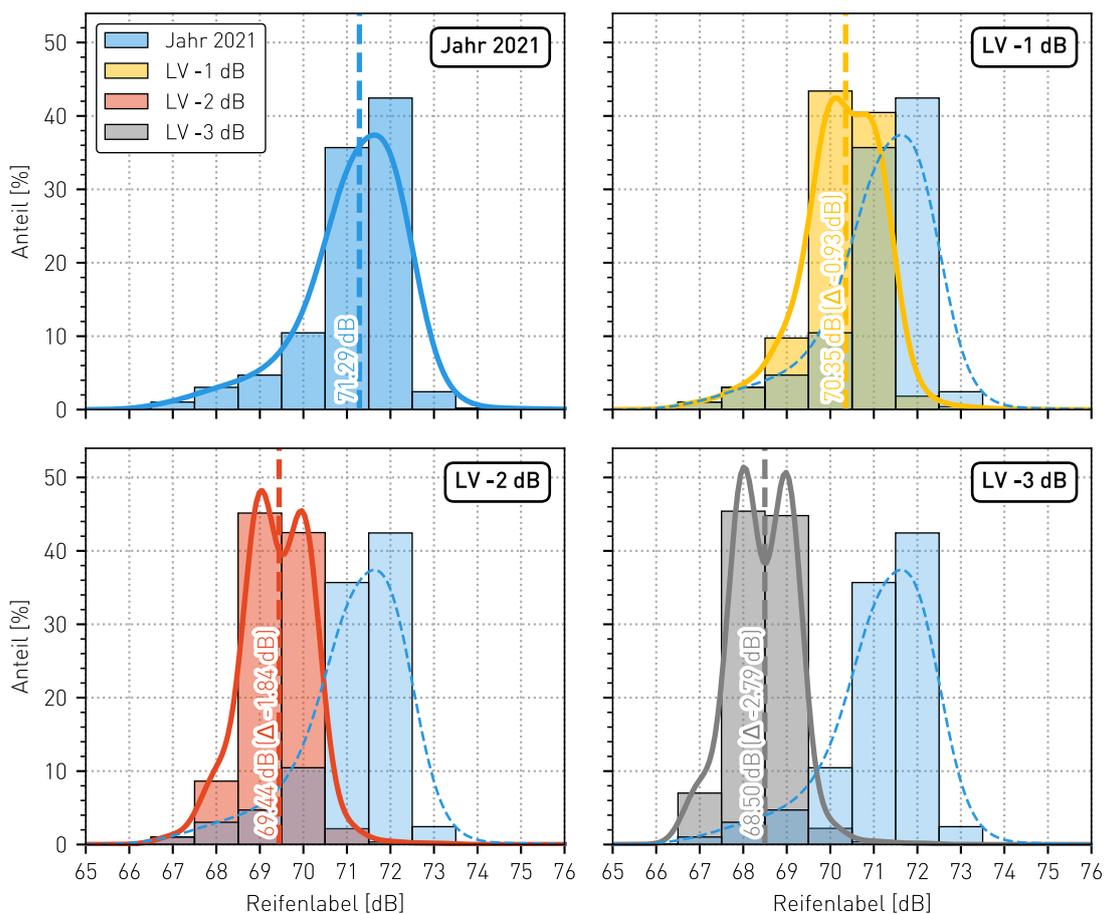


Abbildung 6: Verteilung der Reduktionsszenario «Grenzwertreduktion» für 3 verschiedene Reduktionsszenarien: Oben links: Ursprüngliche Verteilung, Oben rechts: Grenzwertreduktion von -1 dB. Unten Links: Grenzwertreduktion von -2 dB; Unten Rechts: Grenzwertreduktion von -3dB. In den Abbildungen ist jeweils noch die Ursprungsverteilung in blau dargestellt.

16. Juni 2023

#### 4.2.2 Resultate Verhaltensänderung

Bei diesem Szenario wurde angenommen, dass diejenigen Reifen durch ein A-Label Reifen ersetzt werden, welche im Status Quo gleich oder grösser als der gültige Grenzwert zu liegen kommen.

Hier ein Beispiel zur Veranschaulichung:

Ein Reifen, der im Jahr 2021 einen Labelwert von 72 dB hatte (Bei Grenzwert 72 dB), weist beim Verhaltensänderungsszenario 69 dB aus. Hingegen bleibt ein anderer Reifen mit 70 dB (Ausgang) beim Grenzwert von 72 dB immer noch bei 70 dB.

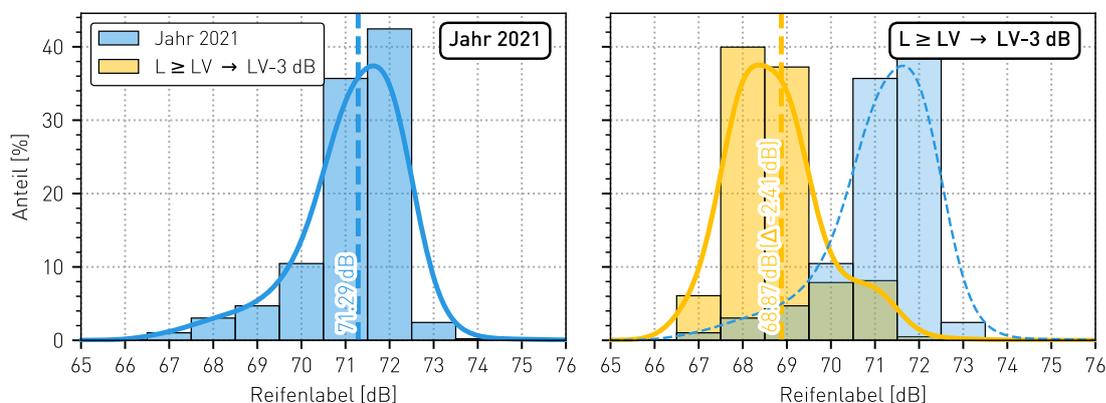


Abbildung 7: Verteilung der Reifenlabels für das Ausgangsszenario (Links) und das Verhaltensänderungsszenario (Rechts).

#### 4.2.3 Resultate globale Reduktion um 1-3 dB

Dieses Szenario ist ein fiktives Szenario, bei welchem jeder Reifen um 1, 2 oder maximal 3 dB leiser wird. Dabei wird allerdings ein -3 dB-Reifen niemals angepasst. Somit ergibt sich eine konstante Anzahl an Reifen, welche in jedem Betrachteten Szenario (1,2 oder 3 dB Anpassung) angepasst werden. Das heisst, dass immer alle Reifen angepasst werden, ausser die -3 dB Reifen, welche jetzt schon ein A-Rating haben. Ebenso beträgt hierbei die Anpassung auch «nur» 1 dB.

16. Juni 2023

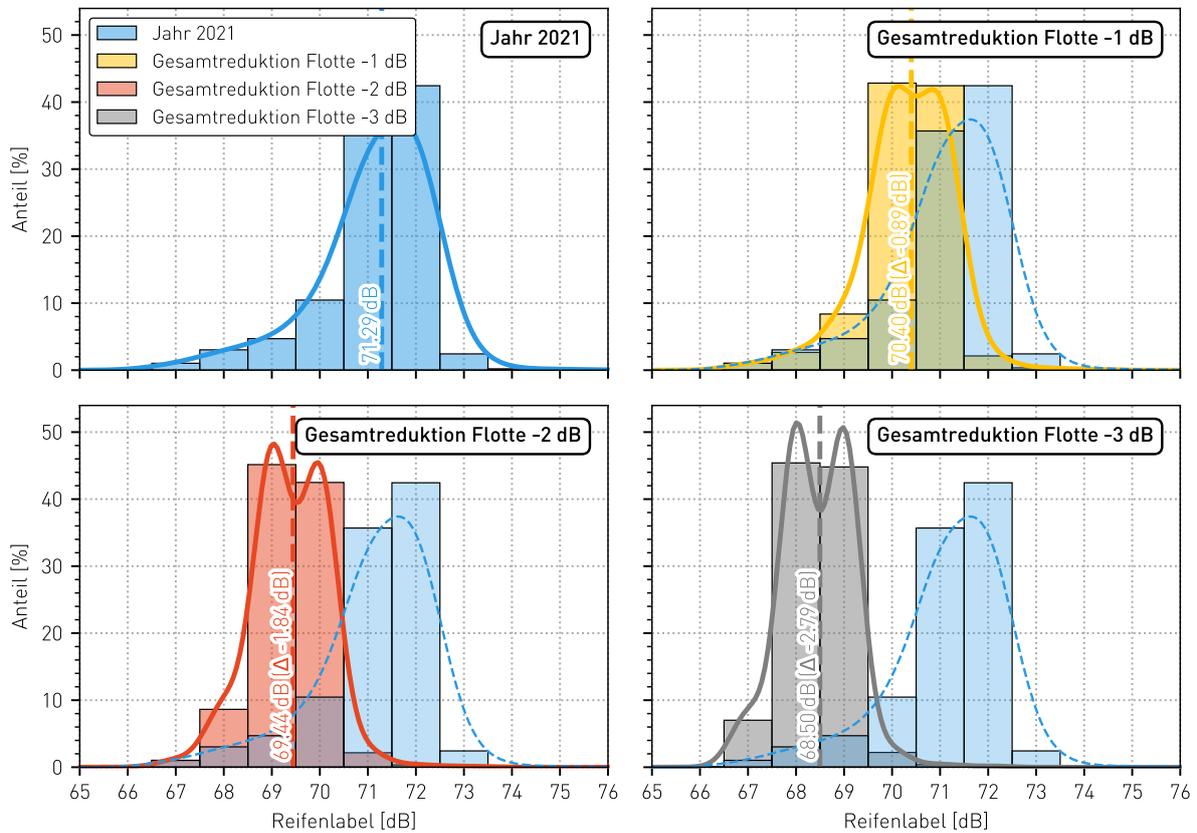


Abbildung 8: Verteilung der Reduktionsszenario «Globale Reduktion» für 3 verschiedene Reduktionsszenarien: Oben links: Ursprüngliche Verteilung, Oben rechts: Reduktion von -1 dB. Unten Links: Reduktion von -2 dB; Unten Rechts: Reduktion von -3dB. In den Abbildungen ist jeweils noch die Ursprungverteilung in blau dargestellt.

### 4.3 Zusammenzug Reduktionspotenzial

In der folgenden Tabelle 4 sind die gewichteten mittleren Labelpegel für C1-Reifen (PKW) dargestellt. Dabei ist in der Spalte «Lärmreduktion» die potenzielle Lärmreduktion durch das konsequente Anwenden des Szenarios abgebildet.

Tabelle 4: Mittlere Lärmreduktion in Abhängigkeit verschiedener Absenkungsszenarien für C1-Reifen (PKW).

Szenario	Mittlerer Pegel (gewichtet) [dB]	Lärmreduktion zu Status Quo [dB]	Betroffene Reifen [%]
Basisszenario	71.29	-	-
Reduktion Grenzwert von -1 dB	70.35	0.94	76.2%
Reduktion Grenzwert von -2 dB	69.44	1.85	88.9%
Reduktion Grenzwert von -3 dB	68.50	2.79	93.8%
Verhaltensänderung (Ersetzen LV» 0 durch LV-3 Reifen)	68.87	2.42	76.2%
Globale Anpassung von -1 dB	70.40	0.89	93.8%
Globale Anpassung von -2 dB	69.44	1.84	93.8%
Globale Anpassung von -3 dB	68.50	2.79	93.8%

Wie sich in der Tabelle zeigt, weisen alle Reduktionsszenarien erhebliche Lärmreduktionen aus. Mit der Reduktion des Grenzwertes von nur 1 dB wird bereits eine Gesamtlärmreduktion von bis zu 0.94 dB erreicht. Dies hat den Grund, dass bereits 76.2% der Reifen von dieser Anpassung betroffen wären.

Die grösste Lärmreduktion wird erreicht, bei einer Grenzwertanpassung von 3 dB. Dabei sind aber über 90% der Reifen betroffen. Daher ist die entsprechende Umsetzung als eher kritisch und weniger realistisch zu betrachten.

Die Verhaltensänderung «Austausch der Reifen grösser/gleich dem jetzigen Grenzwert auf ein A-Label-Reifen (LV-3)» stellt mit einem Potenzial von 2.4 dB ebenfalls ein erhebliches Potenzial dar. Wobei auch in diesem Fall relativ viele Reifen (76.2%) von einer entsprechenden Änderung betroffen wären.

Globale Anpassungen von -1 dB bis -3 dB sind im Grundsatz sehr ähnlich zu den Szenarien *Reduktion Grenzwert*. Je höher die Anpassung ist, desto eher gleichen sich die Ergebnisse. Interessanterweise ist allerdings fällt das Potenzial der «Globalen Anpassung von -1 dB» etwas schlechter aus als die «Reduktion Grenzwert um 1 dB». Dies ist allerdings wohl eher der Wahl oder der Definition des Szenarios geschuldet, denn bei der Reduktion des Grenzwerts werden *alle* Reifen angepasst, welche die Vorgaben nicht erfüllen. Das heisst, dass die Anpassung auch mehr als 1 dB betragen kann. Somit ergeben sich insgesamt höhere Lärmreduktionen im Vergleich zu seinem Pendant, *Globalen Anpassung von -1 dB*.

Da es aber in dieser Studie mehr um den Grundsatz geht, was das Potenzial ist, sind auch absichtlich Szenarien mit grossen Auswirkungen miteingeflossen.

## 5. Abschätzung effektive Wirkung

Im Lärmberechnungsmodell «sonROAD18» wird das Antriebsgeräusch separat von den Rollemissionen erfasst [1]. In der Modellformulierung (vgl. Formel (2)) wurde für die Berücksichtigung des Rollgeräusches (Anteil  $L_{W,R}[c, i]$ ) der Parameter  $\Delta L_{W,R,tire}[c, Belag]$  für die Berücksichtigung von Reifen-Fahrbahninteraktion freigelassen. In der aktuellen Implementation ist dieser Beitrag auf  $\Delta L_{W,R,tire}[c, Belag] = 0$  zu setzen.

$$L_{W,R}[c, i] = A_R[c, i] + A_R[c, i] \cdot \log_{10} \left( \frac{v_c}{v_{ref}} \right) + L_{W,R,road}[c, i] + \Delta L_{W,R,temp}[c] + \Delta L_{W,R,tire}[c, Belag] \quad [2]$$

### 5.1 Einfluss des Lärmpotenzial für verschiedene Geschwindigkeiten

Um den effektiven Einfluss auf der Strasse abzuschätzen (inklusive einer Modellierung des Antriebsgeräusches von Verbrennungsmotoren), wurden verschiedene sonROAD18 Simulationen durchgeführt. Hierbei wurde die oben beschriebene Korrektur auf das Rollgeräusch angewendet. Für die Simulationen wurde eine Verkehrszusammensetzung anhand des Swiss10-Konverters [8] für eine Hauptverkehrsstrasse bei Tempo 50 und bei einem konstanten Schwerverkehrsanteil von 8% angenommen.

Für die Lärmreduktionen der Reifen (Parameter  $\Delta L_{W,R,tire}[c, Belag]$  in Formel (2)) wurden die Ergebnisse gemäss Tabelle 4 eingesetzt. Da die Tabelle 4 nur Einträge für die C1-Reifen (PKW) aufweist, mussten für die anderen 10 Kategorien, welche für die sonROAD18-Berechnungen notwendig sind, Annahmen getroffen werden. Diese wurden der Einfachheit halber auf -1 dB gesetzt. Eine Ausnahme bildet die Kategorie 4 (PKW + Anhänger), für welche der Mittelwert von -1 dB und dem jeweiligen Szenario eingesetzt wurde.

In der folgenden Abbildung 9 wird das simulierte Lärmreduktionspotenzial für die verschiedenen Szenarien gemäss Tabelle 4 dargestellt. Dabei zeigt sich, dass die Lärmreduktion bei höheren Geschwindigkeiten deutlich grösser ist. Ebenso fallen diese ausgewiesenen Potenziale tiefer aus, als die ausgewiesenen Wirkungen gemäss Tabelle 4. Dies dürfte damit zusammenhängen, dass sich die Wirkungen aus dem Rollgeräusch mit dem Antriebsgeräusch vermischen, was die Wirksamkeit der Reifen abmindert. Mit zunehmender Geschwindigkeit nimmt allerdings die Wichtigkeit des Reifengeräusches zu, was zu deutlich erhöhten Wirkungen bei höheren Geschwindigkeiten führt. Ebenso reduziert die Annahme, dass nur die Swiss10- Kategorien 3 und 4 vom Reduktionspotenzial gemäss Tabelle 4 profitieren die resultierende Wirkung zusätzlich. So beträgt die Gesamtschallenergie bei 50 km/h der Kategorien 3 & 4 knapp 53% am Gesamtverkehr. Dieser Anteil steigert sich bei höherer Geschwindigkeit ebenfalls, was sich ebenfalls in der Verbesserung der Wirkung äussert.

16. Juni 2023

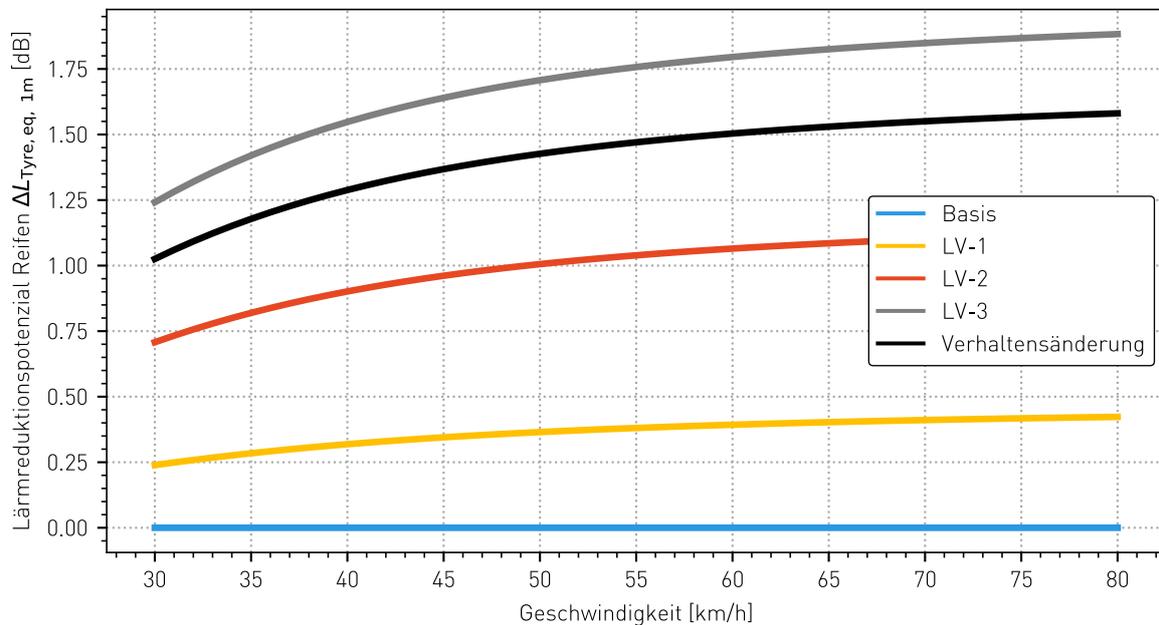


Abbildung 9: Lärmreduktionspotenziale (bezogen auf die Emission) basierend auf sonROAD18-Simulationen für Strassentyp HVS-50 (Hauptverkehrsstrasse) bei Mischverkehr 8%

## 6. Diskussion und Schlussfolgerungen

Wie sich zeigt, geht von den Reifen rechnerisch ein Potenzial zur Reduktion des Lärms aus. Da diese Studie nur auf den effektiven Reifenlabelwerten basiert, mussten einige Annahmen getroffen werden. So wird in der Analyse angenommen, dass sich die Reifenlabelwerte 1:1 auf Lärmreduktionen des Rollgeräuschs übertragen lassen. Ebenfalls wurde in den Szenarien angenommen, dass die Umsetzung sofort erfolgt. In Realität sind entsprechende Grenzwertverschärfungen nur auf neu zu verkaufende Reifen anwendbar. Folglich gäbe es eine Übergangsphase, in welchen «alte» wie auch «neue» Reifen gefahren werden.

### 6.1 Reifenlabel & Lärmwerte

Anhand der Verkaufszahlen zeigt sich, dass ein überwiegender Anteil der Reifen, welche sich in der Schweiz im Umlauf befinden, bereits am vorgeschriebenen Lärmschutz-Grenzwert liegen. Da die Reifenhersteller die Produkte nicht zwingendermassen mit dem exakten Wert anschreiben müssen, wird vermutet, dass die angegebenen Labelwerte in Realität zu hoch angegeben werden und somit nicht zu 100 % die Realität abbilden.

Der hohe Anteil an Reifen, welche sich am Grenzwert befinden führt auch dazu, dass bei einer kleinen Änderung an der ganzzahligen Label-Verteilung, sofort sehr hohe Prozentzahlen an betroffenen Reifen resultieren (Vgl. Kapitel 4.3). Da diese Studie hauptsächlich auf das Potenzial - was wäre theoretisch möglich - abzielt, werden hier diese Änderungen bewusst dargestellt.

Grundsätzlich zeigt sich ebenfalls, dass von allen Reifenbreiten auch die leisen Varianten (Labelklasse A, LV-3) im Umlauf sind (Vgl. Abbildung 11 und Abbildung 12). Daher wäre es im Grundsatz möglich,

grosse Lärmreduktionen zu erreichen. Dies ist insbesondere in Kombination mit einer zunehmenden Elektrifizierung der Fahrzeugflotte spannend, da bei elektrisierter Fahrzeugflotte hauptsächlich das Rollgeräusch dominant ist. Dabei ist aber noch zu beachten, dass bei erhöhter Elektrifizierungsrate tendenziell die Fahrzeuge auch schwerer werden und somit breitere Reifen brauchen, was wiederum höhere Rollgeräusche hervorruft.

## 6.2 Effektiv gemessenes Reduktionspotenzial

In der Studie *“Lärminderungspotenzial leiser Reifen auf gängigen Schweizer Strassenbelägen”*, [2] wurde ebenfalls ein Potenzial von leisen Reifen abgeschätzt. Dabei wurden verschiedenste Reifentypen hinsichtlich ihrer Lärmbelastung auf unterschiedlichen Schweizer Strassenbelägen abgeschätzt. Dabei wurden über die Studie verschiedenste Reifen vermessen.

Dabei sind die folgenden Erkenntnisse besonders hervorzuheben:

- Auf allen zehn untersuchten Belägen war das Lärminderungspotenzial fast identisch.
- Das Lärminderungspotenzial war auf lärmarmen Belägen nicht geringer.
- Die Reifenbreite ist entscheidend hinsichtlich der Lärmemissionen.

In der Studie wurde ebenfalls ein Lärminderungspotenzial (Peak-To-Peak) für dieselben Reifengrößen ausgewiesen. Diese sind in der Tabelle 5 aufgeführt. Diese Werte sind sehr stark von der Wahl des Reifens abhängig. Die Tabelle zeigt jedoch eine mögliche Grössenordnung, in welcher eine Verbesserung des Lärmwerts erzielt werden könnte.

Tabelle 5: Ermittelte Lärmreduktionen von Reifen bei gleicher Reifenbreite für 185 mm, 205 mm und 225 mm aus [2]. Hierbei liegen pro Reifenkategorie vier verschiedene Reifentypen zugrunde.

	Reifenbreite 185 mm (Kat A)	Reifenbreite 205 mm (Kat. B)	Reifenbreite 225 mm (Kat. C)
Mögliche Lärmreduktion (Peak-to-Peak -Wert)	3.5 dB	1 dB	1.5 dB
Anzahl Reifen	4	4	4

Die Werte der Tabelle 5 liegen somit etwas tiefer als der Lärmreduktionswert des in dieser Studie simulierten, extremsten Szenario (Reduktion von bis zu 3 dB). Mit einer geeigneten Wahl des Reifens sollten die in den Szenarien vorgeschlagenen Lärmreduktionen jedoch zu erreichen sein.

Einen ähnlichen Versuch wurde in [1] durchgeführt. Auch dort wurden verschiedene Reifen (2 Winter- und 2 Sommerreifen) auf verschiedenen Belägen getestet. Dort zeigte sich ebenfalls, dass je nach Reifenwahl unterschiedliche Lärmreduktionen erreicht werden können. Allerdings zeigte sich in dieser Studie, dass die Lärminderung nicht auf allen Belägen gleichermassen erfolgte (etwas das in der Studie [2], sich nicht so deutlich zeigte). So zeigte «Ein Vergleich der A-bewerteten Ereignispegel der verschiedenen Reifen ergibt je nach Belag eine unterschiedliche Reihenfolge. Das heisst z.B. dass der Continental auf dem AC 11 am leisesten ist und gleichzeitig auf dem PMA zu den lautesten Reifen gehört.» [1, p 78]

Somit gibt es zwei unterschiedliche Studien und auch unterschiedliche Resultate. Was allerdings klar ist, ist dass unterschiedliche Reifentypen unterschiedlich auf Beläge reagieren können. Dass die Reihenfolge aber komplett umgedreht wird, wie dies in [1] beschrieben wird, ist allerdings sehr speziell und müsste weiter untersucht werden (z.B kann dieses Phänomen auch auf einem anderen AC11 reproduziert werden).

Umgekehrt zeigt sich in beiden Studien, dass je nach Reifenwahl deutliche Pegelreduktionen erreicht werden können und somit mit der Reifenwahl durchaus Lärmschutz betrieben werden kann.

### 6.3 Fazit

- Das mittlere C1-Lärmlabel (PKW) bei den untersuchten C1-Reifen eines grossen Schweizer Reifenhändlers beträgt 71.29 dB. (Gewichtet nach Verkaufszahlen und mittels energetischer Summierung)
- Es werden A-bewertete Reifen in allen Reifenbreiten verkauft. Somit ist in der Theorie ein Reduktionspotenzial vorhanden, d.h. für sämtliche Fahrzeuge mit ihren Bereifungen sind «leise Reifen» verfügbar.
- Mit einer Absenkung der Lärmreifengrenzwerte könnten die mittleren Reifenemissionen um zwischen 0.8 und 2.8 dB gesenkt werden.
- Bei einer Umstellung von allen Reifen grösser/gleich dem aktuellen Grenzwert auf LV-3 dB könnten 2.4 dB Lärmreduktion auf dem Rollgeräusch erreicht werden.
- Umgemünzt auf das Gesamtgeräusch ist eine Lärmreduktion zwischen 0.25 und 1.8 dB zu erwarten.

## 7. Literatur

- [1] EMPA, K. Heutschi and B. Locher, "sonROAD18, Berechnungsmodell für Strassenlärm," Dübendorf, 2018.: [Link zum Bericht](#)
- [2] G+P AG, E. Hammer and E. Bühlmann, "Lärminderungspotential leiser Reifen auf gängigen Schweizer Strassenbelägen," 2018. [Link zum Bericht](#)
- [3] K. Patel, M. Feld, R. Kubis, T. Meinhard, and F. Maus, "ATEEL | ACEA Study on future sound limit values for type approval for vehicles of category M & N." Accessed: Apr. 05, 2023. [Online]. Available: [Link zum Bericht](#)
- [4] U. Sandberg, "Tyre/road noise-Myths and realities," 2001. Accessed: Apr. 05, 2023. [Online]. Available: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:673693/fulltext01.pdf>
- [5] IFEC: A. Bernasconi and N. Notari, "Vergleich der Lärmemissionen von Winter- und Sommerpneus an den MfM-U Messstandorten:," Rivera, 2017. [Online]. Available: [www.ifec.ch](http://www.ifec.ch)
- [6] TCS, S. Grunder, "Entwicklung der PKW-Lärm-Emissionen bei der Zulassung. Analyse der Stand- und Vorbeifahrtmessung der Jahre 2005 bis 2015." Im Auftrag Bundesamt für Umwelt BAFU.. [Link zum Bericht](#)
- [7] TCS, R. Blättler, "Entwicklung der PKW-Reifen-Lärm-Emissionen bei abgefahrenen Sommer- , und Winterreifen," 2017. [Link zum Bericht](#)

- [8] EMPA, K. Heutschi, "sonROAD18 - Berechnungsmodell für Strassenlärm - Weiterentwicklungen und Ergänzungen.," 2023. [Online]. Available: [www.bafu.admin.ch](http://www.bafu.admin.ch)
- [9] UNECE-Regelung Nr. 117, Regelung Nr. 117 der Wirtschaftskommission der Vereinten Nationen für Europa (UN/ECE) — Einheitliche Bedingungen für die Genehmigung der Reifen hinsichtlich der Rollgeräuschemissionen und der Haftung auf nassen Oberflächen und/oder des Rollwiderstandes: [https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/117\(2\)/oj](https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/117(2)/oj)

Grolimund + Partner AG



Felix Schlatter

## I Grenzwertverteilung Reifen

Wenn die Lärmgrenzwerte gemäss der Tabelle 3 betrachtet werden, zeigt sich, dass für die C1-Reifen ein Grossteil (63.9%) der Pneus auf dem Grenzwert liegen und damit die Lärmschutzanforderungen gerade noch erfüllen. 12.3% der Reifen liegen gemäss dieser Darstellung über dem Grenzwert. Dabei muss allerdings zwingend berücksichtigt werden, dass für XL-Reifen (Extra-Load-Reifen) eine Ausnahme von +1 dB gestattet wird und dass aus den verfügbaren Daten nicht hervorgeht, ob es sich um einen Reifen mit Ausnahmeregelung handelt.

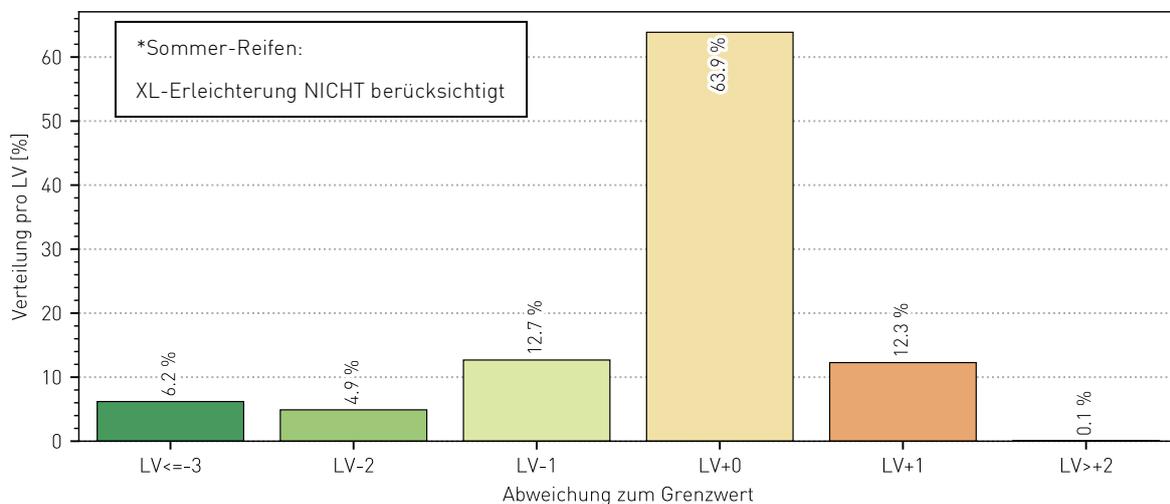


Abbildung 10: Verteilung der Lärmbelastung der eingesetzten C1-Reifen im Jahr 2021. Achtung: Bei den Sommerreifen wurden aufgrund fehlender Angaben zu XL-Reifen KEINE Korrekturen auf den Grenzwert vorgenommen.

Die Verkaufstatistik enthält keine Angaben über die Verteilung von Extra-Load Reifen. Allerdings lässt sich aufschlüsseln, wie viele der Reifen dem Winter-Segment zugeordnet werden können. Somit wird der Bonus von +1 dB(A) für alle Winterreifen gewährt. Somit wurden die Grenzwerte gemäss der Tabelle 3 angewendet und bei den Winterreifen der «Bonus» von +1 dB gewährt.

In Abbildung 11 ist die Aufteilung nach Saison aufgeführt. Hier zeigt sich bei den Sommerreifen deutlich die Problematik, dass die Erleichterungen der XL-Reifen nicht berücksichtigt werden konnten, da die dazugehörige Grundlage in der Datenquelle fehlte. Bei der Aufteilung der Reifen nach Winter/Sommer – Reifen zeigt sich nun, dass die 12.3%, welche in der Abbildung 10 über dem Grenzwert zu liegen kommen, allesamt Sommerreifen sind. Somit ist anzunehmen, dass es sich bei diesen Reifen um XL-Reifen handeln dürfte, welche theoretisch eine Erhöhung des Grenzwertes um 1dB zugute hätten. Bezogen auf die Sommerreifen macht dies knapp 1/3 aller Sommerreifen aus.

Bei den Winterreifen werden keine weiteren Ausnahmen gewährt. Somit entsprechen die Abweichungen zum Grenzwert tatsächlich dem korrekten Grenzwert. Hier zeigt sich, dass 46.2% der Reifen den Lärmlabelwert auf dem Grenzwert aufweisen.

16. Juni 2023

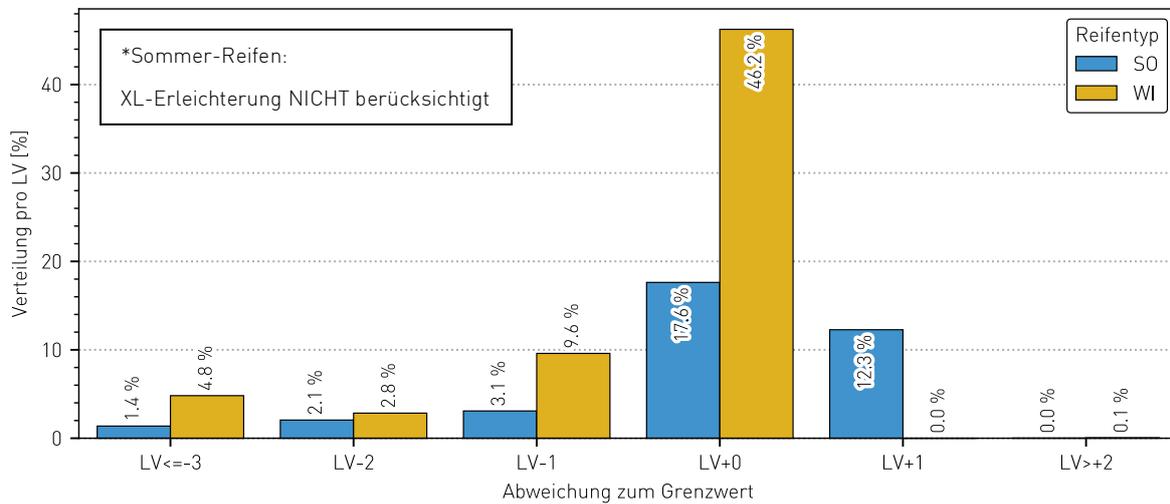


Abbildung 11: Verteilung Sommer vs. Winter-Reifen für C1-Reifen in Abhängigkeit des Grenzwerts gemäss der Tabelle 3 (ohne Gewährung von Ausnahmen für XL-Reifen). Weiter wurde für Winterreifen pauschal ein Bonus von +1 gewährt.

Auffallend ist, dass der Winterreifen-Markt gegeben den vorliegenden Zahlen offenbar dominanter ist: Im Jahr 2021 wurden bei den C1-Reifen zu 63.6% Winterreifen und nur 36.4% Sommerreifen verkauft.

Die folgende Abbildung 12 zeigt die Verteilung der Reifenbreiten in Bezug auf die Abweichungen zum Grenzwert. Dabei zeigt sich, dass die Reifen mit dem Label auf dem Grenzwert bei allen Reifenbreiten dominant sind. Auffallend ist ebenfalls, dass für alle Reifenbreiten auch LV-3 Reifen verkauft werden.

Erstaunlicherweise weisen die Reifen der Reifenbreiten-Klasse E den grössten Anteil bei den LV-3 Reifen aus. Dies hängt vermutlich damit zusammen, dass der Grenzwert bei C1E um 2 dB höher liegt als bei Klasse D (vgl Tabelle 3). Folglich ist es auch «einfacher», bei einer Grenzwertabweichungsbetrachtung besser abzuschneiden.

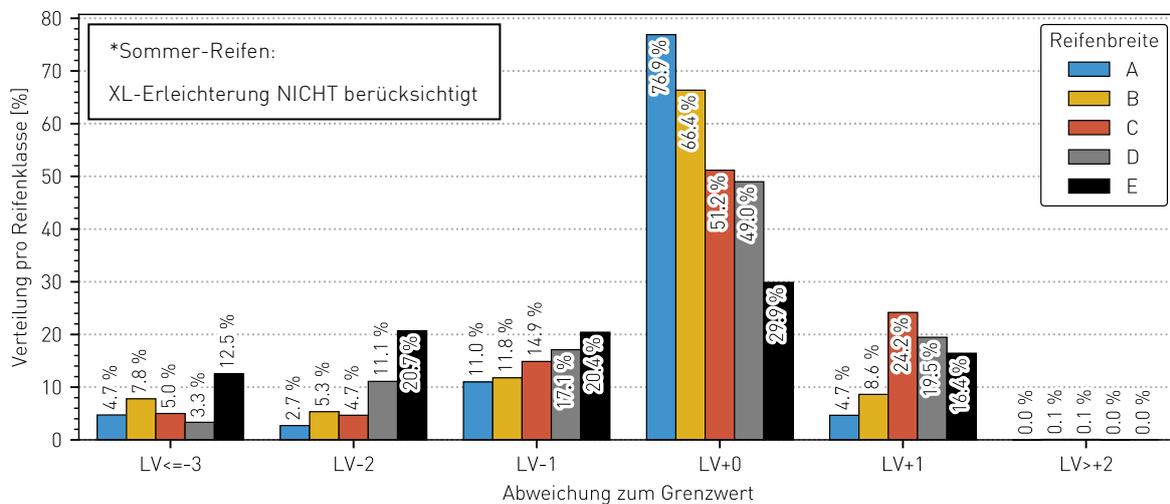


Abbildung 12: Verteilung der Lärmgrenzwerte nach Reifenbreite (C1-Reifen)

Tabelle 6: Verteilung Lärmgrenzwerte nach Reifenbreiten von im Jahr 2021 verkauften Reifen nach Reifenbreiten. Die absoluten Zahlen wurden gemäss Schweizer Zollstatik und Marktanteil gemäss Kapitel 2 auf 1'000'000 Reifen normalisiert.

Reifenbreite	LV<=-3	LV-2	LV-1	LV+0	LV+1	LV>+2	Total	Anteil
A	10'914	6'267	25'367	177'511	10'764	38	230'861	23.1%
B	35'825	24'586	54'166	305'252	39'715	452	459'996	46.0%
C	13'035	12'175	38'779	133'376	63'035	247	260'648	26.1%
D	1'415	4'711	7'259	20'789	8'260	5	42'438	4.2%
E	759	1'255	1'237	1'810	996	-	6'057	0.6%
<b>Total</b>	<b>61'947</b>	<b>48'993</b>	<b>126'809</b>	<b>638'738</b>	<b>122'770</b>	<b>742</b>	<b>1'000'000</b>	<b>100.0%</b>
<b>Anteil</b>	<b>6.2%</b>	<b>4.9%</b>	<b>12.7%</b>	<b>63.9%</b>	<b>12.3%</b>	<b>0.1%</b>		