
Volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU) von Anpassungen der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm (ARL)

Schlussbericht vom 25. März 2024

In Zusammenarbeit mit:



Konradstrasse 1
8005 Zürich
+41 44 454 30 10

Auftraggeber

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

Autor:innen

Benjamin Buser, Dr. sc. ETH, dipl. Geogr., Executive MBA HSG, econcept AG
Valentin Delb, Dipl. Ing. ETH, econcept AG
Anna Hotz, MA UZH in Wirtschaftswissenschaften, econcept AG
Lorenz Meyer, MA UZH in Wirtschaftswissenschaften, econcept AG
Stephanie Bade, lic. oec. publ., Ökonomin, econcept AG
Ivo Baur, Dr. sc. LMU, lic. phil I UZH, econcept AG
Micha Köpfli, MSc ETH Computational Science, n-Sphere AG
Denise Zubler, Dr. sc. ETH, n-Sphere AG
Christoph Zellmann, Dr. Ing., n-Sphere AG

Begleitung BAFU

Elisabeth Lauper Orth (LäNIS), Urs Walker (LäNIS), Lilith Wernli (Sektion Ökonomie)
Das Projekt wurde durch eine Begleitgruppe betreut, in welcher folgende UVEK-Ämter vertreten waren: ARE, ASTRA, BAFU, BAV und BAZL

Hinweis

Diese Studie/dieser Bericht wurde im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt (BAFU) verfasst. Für den Inhalt ist allein der Auftragnehmer verantwortlich.

Inhalt

Zusammenfassung	6
1 Einleitung	21
1.1 Ausgangslage	21
1.1.1 Stand der Lärmbelastung in der Schweiz	21
1.1.2 Überprüfung der Rechtsgrundlagen	21
1.1.3 Vorarbeiten (VOBU Quick-Check)	23
1.1.4 Änderung des Umweltschutzgesetzes (Motion Flach)	24
1.2 Ziel der Analyse und zentrale Fragestellungen	24
1.3 Vorgehen	27
2 Kurzportrait der Massnahmen	29
2.1 Entwicklung der Massnahmen und Bildung von Massnahmenpaketen	29
2.1.1 Ausgangslage und Vorarbeiten	29
2.1.2 Untersuchte Massnahmenpakete und Einzelmassnahmen	30
2.2 Massnahmen zur Anpassung der Grenzwerte	31
2.2.1 Beschreibung der Massnahmen M1/M1*, M7 und M8	32
2.2.2 Gemeinsames Wirkungsmodell M1/M1*, M2, M3, M7 und M8	33
2.3 Massnahmen für lärmenschutzrechtliche Rahmenbedingungen	36
2.3.1 Massnahmenbeschrieb M2 «Regime vereinfachen»	36
2.3.2 Massnahmenbeschrieb M3 «Lärmenschutz dynamisieren»	38
2.3.3 Massnahmenbeschrieb und Wirkungsmodell M4 «Massnahmen klären»	38
2.3.4 Massnahmenbeschrieb und Wirkungsmodell M5 «Transparenz stärken»	41
2.3.5 Massnahmenbeschrieb und Wirkungsmodell M6 «Verursacherprinzip stärken»	42
2.3.6 Massnahmenbeschrieb M12 «Grenzwertschema»	43
3 Relevanzanalyse	45
4 Lärmarten und heutige Situation	47
4.1 Grenzwertüberschreitungen und volkswirtschaftliche Gesundheits- und Gebäudekosten	47
4.2 Bisherige Lärmenschutzmassnahmen und Erleichterungen	55
5 Auswirkungen und Beurteilung M1/M1*, M7 und M8	66
5.1 Umsetzung von Lärmenschutzmassnahmen	66
5.1.1 Bauliche, technische und physikalische Grenzen	66
5.1.2 Verhältnismässigkeit	66
5.1.3 Simulation der Umsetzung	69
5.1.4 Inhaltsstruktur zur Präsentation der Simulationsergebnisse	74

5.2 Auswirkungen quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen	75
5.2.1 Strassenlärm	75
5.2.2 Exkurs: Ausschöpfung Sanierungspotenzial für Eisenbahn- und Fluglärm	86
5.2.3 Eisenbahnlärm	87
5.2.4 Fluglärm	92
5.2.5 Schiesslärm	96
5.2.6 Industrie- und Gewerbelärm	99
5.3 Auswirkungen Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen	101
5.3.1 Strassenlärm	102
5.3.2 Eisenbahnlärm	108
5.3.3 Fluglärm	115
5.4 Zusammenfassung	119
5.4.1 Wirksamkeit von Lärmreduktion	119
5.4.2 Effektivität	121
5.4.3 Effizienz	129
5.4.4 Verteilungswirkungen	132
6 Auswirkungen und Beurteilung M2	139
6.1 Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm	139
6.2 Industrie- und Gewerbelärm	143
7 Auswirkungen und Beurteilung M3, M4, M5, M6 und M12	145
7.1 Massnahme M3 «Lärmschutz dynamisieren»	145
7.2 Massnahme M4 «Massnahmen klären»	147
7.3 Massnahme M5 «Transparenz stärken»	147
7.4 Massnahme M6 «Verursacherprinzip stärken»	150
7.5 Massnahme M12 «Grenzwertschema»	151
8 Raumplanung	153
8.1 Raumplanung und Lärbekämpfung	153
8.2 Beitrag der Massnahmen zur Stärkung der Stossrichtungen ROR/EKLB	154
8.3 Qualitative Beurteilung der Massnahmen	158
8.4 Fallstudien	162
8.4.1 Flughafenumland und Stadt Kloten	163
8.4.2 Ouest Lausannoise	169
8.5 Zusammenfassung und Fazit	173
9 Synthese	176
9.1 Ziele LSV-Anpassungen und VOBU ARL	176
9.2 Synthese der Beurteilungen	176
9.2.1 Lärmbelastungen und Grenzwertüberschreitungen	178
9.2.2 Effektivität	180

9.2.3 Effizienz	181
9.2.4 Verteilungswirkung	183
9.2.5 Raumplanung	184
9.3 Würdigung der Ergebnisse	185
9.4 Optimierungsbedarf und Empfehlungen	187
9.5 Grenzen der Analyse	189
Literaturverzeichnis	192
Anhang	196
A-1 Grenzwertschemata Massnahme M1 und M1*	196
A-2 Grenzwertschemata Massnahme M7	206
A-3 Grenzwertschemata Massnahme M8	209
A-4 Verhältnismässigkeit	211
A-4.1 Gewichtung nach Nutzung und Lärmbelastung zur wirtschaftlichen Tragbarkeit	211
A-5 Umsetzung Lärmschutzsanierungen Strassenlärm	212
A-5.1 Lärmarme Beläge	212
A-5.2 Lärmschutzwände	213
A-5.3 Temporeduktionen	214
A-6 Umsetzung Lärmschutzsanierungen Eisenbahnlärm	217
A-6.1 Schienenschleifen	217
A-6.2 Scheibenbremsen Güterverkehr Nord-Süd-Transit	217
A-7 Annahmen zu immissionsseitigen Lärmschutzmassnahmen	219
A-7.1 Erleichterungen	219
A-7.2 Schallschutzfenster	220
A-7.3 Entschädigungszahlungen	221
A-8 Annahmen für Einzelmassnahmen	222
A-8.1 Kosten Grundbucheintrag	222
A-9 Annahmen zur Monetarisierung des Nutzens	222
A-10 Fluglärmkarten Flughafen Zürich	224
A-10.1 Lärmbelastung 2019 Flughafen Zürich für ESIII	224
A-10.2 Fluglärmkarte Flughafen Zürich für die Stadt Kloten	225
A-11 Geführte Interviews	226
A-11.1 Raumplanung	226
A-11.2 Immobilienmarkt	226
A-12 Mitglieder der Begleitgruppe und des Projektteams	227

Zusammenfassung

Lärm: schädlich und lästig

Aktivitäten, die den Wohlstand und Wohlfahrt fördern, können auch Lärm verursachen. Dazu zählen der Berufs- und Freizeitverkehr, die Produktion und der Transport von Gütern, sowie die Landesverteidigung. Lärm schadet jedoch der Gesundheit, führt zu Wertverlusten von Immobilien, beeinträchtigt touristische Attraktivität und die Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft (BAFU, 2018a). Seit dem Inkrafttreten des Umweltschutzgesetzes (USG) im Jahr 1985 sind die Inhaber lärm erzeugender Anlagen verpflichtet, Massnahmen zur Einhaltung von Umweltanforderungen zu ergreifen. Immissionsgrenzwerte (IGW), welche die Schwelle hin zu «schädlichem oder lästigem Lärm» festlegen, dürfen nicht überschritten werden. Kommt es dennoch dazu, sind Lärmschutzmassnahmen an der Lärmquelle vorzunehmen. Ist dies nicht ausreichend oder nicht verhältnismässig, so können sogenannte Erleichterungen¹ beantragt werden.

Gesetzeskonforme Grenzwerte und optimierte Rahmenbedingungen

Der vom Bundesrat am 28. Juni 2017 verabschiedete Massnahmenplan zur Verringerung der Lärmbelastung verlangt eine Überprüfung der Rechtsgrundlagen und die Prüfung der Gültigkeit der Grenzwerte. Im Jahr 2021 veröffentlichte die Eidgenössische Kommission zur Lärbekämpfung (EKLB) einen Bericht, der aufzeigt, dass die heute gültigen Grenzwerte der Lärmschutzverordnung (LSV) nicht mehr dem aktuellen Stand des Wissens über die gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm entsprechen und daher den Anforderungen des USG nicht mehr genügen. Die Anzahl der durch lästig und schädlichen Lärm belasteten Personen wird demnach deutlich unterschätzt. Um die Vorgaben des USG (Art. 13 und 15 USG) in Bezug auf die Grenzwerte weiterhin einzuhalten, empfiehlt die EKLB, die Grenzwerte anzupassen. Nachfolgend werden die Empfehlungen der EKLB in Bezug zu den Grenzwerten zusammengefasst:

Übersicht über die Empfehlungen der EKLB

Massnahme M1 und M7:

- *Strassenlärm: Der Immissionsgrenzwert in der Empfindlichkeitsstufe ESII bleibt für den Tag etwa gleich, für die Nacht wird er verschärft (-3 dB)*
- *Eisenbahnlärm: Der Immissionsgrenzwert in der Empfindlichkeitsstufe ESII wird am Tag deutlich (-6 dB) und in der Nacht etwas (-2 dB) strenger*
- *Fluglärm: Der Immissionsgrenzwert in der ESII wird deutlich strenger (-6 dB). Die Nachtzeit wird weiterhin mit Einzelstundengrenzwerten beurteilt, die in der Empfindlichkeitsstufe ESII etwas strenger werden (-1 bis -3 dB).*

Massnahme M8:

¹ Erleichterungen sind Ausnahmebewilligung zwecks Nicht-Einhaltung von lärmschutzrechtlich vorgegebenen Grenzwerten.

Da bei allen in diesem Bericht behandelten Lärmarten empfohlen wird, den Immissionsgrenzwert in der Empfindlichkeitsstufe ESIII auf das Niveau der ESII zu senken, ergibt sich in der ESIII eine grundsätzliche Verschärfung von 5 dB.

Das Bundesamt für Umwelt (BAFU) hat aufgrund der Empfehlungen der EKLB und einer juristischen Analyse der Rechtsgrundlagen im Lärmschutz neun Massnahmen entwickelt, welche gesetzeskonforme Grenzwerte sicherstellen und lärmenschutzrechtliche Rahmenbedingungen wirksamer ausgestalten sollen (Tabelle 1).

Nr.	Bezeichnung	Kurzbeschrieb
M1/M1*	Grenzwerte anpassen und «arithmetisches Mittel»	M1 entspricht der Umsetzung der Empfehlungen der EKLB: zur Anpassung (Verschärfung) der Grenzwerte für Straßen-, Eisenbahn- und Fluglärm M1* entspricht einer Anpassung (Verschärfung) der Grenzwerte für Straßen-, Eisenbahn- und Fluglärm auf den mittleren Wert zwischen gültigen und durch die EKLB empfohlenen Grenzwerten.
M2	Regime vereinfachen	Anforderungen verschiedener Anlagekategorien vereinheitlichen
M3	Lärmschutz dynamisieren	Befristung und periodische Überprüfung von Erleichterungen
M4	Massnahmen klären	Explizitere Priorisierung von Massnahmen an der Quelle
M5	Transparenz stärken	Informationen über gewährte Erleichterungen öffentlich zugänglich machen
M6	Verursacherprinzip stärken	Kostenaufteilung für emissionsbegrenzende Massnahmen zwischen Anlagebetreiber und Gebäudeinhaber
M7	Anpassung Beurteilungszeiten	Empfehlung der EKLB: Verlängerung der Nacht um eine Stunde (6–7)
M8	Gleichsetzung von ESII und ESIII	Empfehlung der EKLB: Anpassen der Grenzwerte der ESIII an die Grenzwerte der ESII
M12	Grenzwertschema	Wirkungsunterschiede sichtbar machen

Tabelle 1 In der VOBU zu prüfende Massnahmen

Die Massnahmen M1/M1*, M7 und M8 stehen im Zusammenhang mit der Anpassung der Grenzwerte und werden deshalb im vorliegenden Bericht als Paket untersucht. M1* entspricht dem arithmetischen Mittel zwischen den heute gültigen Grenzwerten und den Vorschlägen der EKLB. Dieser Wert wird im Sinne einer Sensitivitätsanalyse geprüft.

Daraus ergeben sich **vier Massnahmenpakete P1 bis P4** (siehe Tabelle 2).

Paket	Beschrieb
1	Umsetzung M1 gemäß Empfehlungen EKLB
2	Umsetzung M1 + M7 + M8 gemäß Empfehlungen EKLB
3	Umsetzung M1*
4	Umsetzung M1* + M7 + M8

Tabelle 2 Übersicht Pakete P1 bis P4

Alle vier Massnahmenpakete führen zu Sanierungspflichten bei Anlagen und lösen dadurch umfangreiche Lärmschutzmassnahme an der Quelle aus. Die Massnahme M2 ist komplementär zur Grenzwertanpassung und dient der Sicherstellung, dass langfristig für alle Anlagen Planungswerte einzuhalten sind.

Die **weiteren Massnahmen** aus der Tabelle 1 wirken eigenständig. Sie basieren nicht auf dem Bericht der EKLB zur Grenzwertanpassung, sondern dienen der Vereinfachung und der Erhöhung der Wirkungen von lärmschutzrechtlichen Rahmenbedingungen.

Zeitgleich zur Entwicklung dieser Massnahmen hat der Bundesrat in Beantwortung der Motion Flach 16.3529 eine Teilrevision des USG Art. 22 und Art. 24 angestossen. Damit sollen klare Anforderungen definiert werden, wie und in welchem Falle die Bebauung von Standorten mit Lärmelastungen über IGW künftig möglich sein soll. Diese geplante Gesetzesanpassung ist nachfolgend mitzuberücksichtigen.

Volkswirtschaftliche Beurteilung VOBU

Das BAFU hat econcept AG, gemeinsam mit n-Sphere AG, mit der Durchführung einer volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) der neun Massnahmen beauftragt. In die Erarbeitung der VOBU wurden das Bundesamt für Straßen (ASTRA), das Bundesamt für Verkehr (BAV), das Bundesamt für Zivilluftfahrt (BAZL) sowie das Bundesamt für Raumentwicklung (ARE) miteinbezogen. Die VOBU wurde nach dem VOBU-Leitfaden des BAFU vorgenommen und richtet sich an den folgenden drei übergeordneten Fragen aus:

- Sind die Massnahmen wirksam, um einen Beitrag zur Erreichung der gesetzeskonformen Grenzwerte zu leisten (-> *Effektivität*)?
- Welches sind die zentralen Effizienzeffekte, einerseits auf der Nutzen- und andererseits auf der Kostenseite, welche aus Einführung und Umsetzung gesetzeskonformer Grenzwerte hervorgehen (-> *volkswirtschaftliche Effizienz*)?
- Wie werden die unterschiedlichen Gruppen der Gesellschaft von den Wirkungen durch gesetzeskonforme Grenzwerte betroffen und wie verteilen sich Kosten und Nutzen (*Verteilungswirkungen*)

Die Abschätzung und Beurteilung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen erfolgte für jede Massnahme sowie für die vier Massnahmenpakete bestehend aus den Massnahmen M1/M1*, M7 und M8. Die Lärmarten wurden nach den Vorgaben der LSV gesondert betrachtet, wobei sich der Fokus der Grenzwertanpassung auf Straßen-, Eisenbahn- und Fluglärm richtet. Industrie- und Gewerbelärm sowie Schiesslärm wurden fallweise mitberücksichtigt. In Ergänzung zur volkswirtschaftlichen Beurteilung wurden Abklärungen zu den raumplanerischen Auswirkungen getroffen. Die geplanten Massnahmen können Nutzungs-konflikte auf bestimmten Flächen zusätzlich verschärfen.

Annahmen und Ergebnisse Grenzwertanpassungen (Massnahmenpakete)

Zur Untersuchung wurde angenommen, dass Grenzwertanpassungen mit verschärfenden Wirkungen zusätzliche Lärmsanierungen an den Lärmquellen auslösen. Weiter wurde davon ausgegangen, dass nur Lärmschutzmassnahmen, welche den Vorgaben von ASTRA,

BAV und BAZL betreffend der Verhältnismässigkeit resp. insbesondere der wirtschaftlichen Tragbarkeit entsprechen, umgesetzt würden.

Die durchgeführten Simulationen mit Lärmsanierungen an den Quellen zeigen, dass erhebliche Reduktionen der aktuellen Lärmbelastungen bei Strassen- und Eisenbahn-möglich sind. Für Fluglärm wird mittels Pauschalannahmen gezeigt, dass die Wirkun-gen der Lärmreduktion erheblich sind, wenn als verhältnismässig geltende Massnah-men sich einführen liessen.

Allein die bei IGW-Überschreitung als verhältnismässig beurteilten Sanierungen für Stras-sen und Eisenbahnen erlauben es, für rund 650'000 Personen die Lärmelastung langfristig unter die angepassten IGW zu bringen. Für Fluglärm lassen sich insbesondere für die bei-den Regionen rund um die internationalen Flughäfen Zürich und Genf substanziale Sen-kungen der Lärmelastung beobachten, wenn per Annahme der Fluglärm zwischen -2dB und -4dB reduziert wird. Als besonders wirksam zur Reduktion der Lärmelastungen über IGW erweisen sich aus volkswirtschaftlicher Perspektive

- bauliche und technische Anpassungen an Fahrbahnen wie lärmarme Beläge und das Schienenschleifen,
- bauliche Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg von Strassenlärm bei Strassen aus-serorts,
- technische Anpassungen an Fluggeräten mit geringeren Lärmemissionen

Unter Berücksichtigung von lokalen und situationsspezifischen Gegebenheiten können sich auch Geschwindigkeitsreduktionen auf der Strasse als zweckmässig erweisen.

Tabelle 3 zeigt die erwarteten Reduktionen der Lärmelastung in Dezibelwerten für Per-so-nen und Wohnungen als Reaktion auf die Verschärfung der Grenzwerte und dadurch er-griffenen Lärmschutzmassnahmen an den Quellen. Die Auswirkungen werden bis zu den Schwellenwerten berücksichtigt, unter denen weder für die Gesundheit noch für Gebäude zusätzliche Vorteile entstehen.

Lärmart	Gesundheitskosten relevante Personendezibel	Gebäudekosten relevante Wohnungsdezibel
Strassenlärm	11'853'231	5'043'122
Eisenbahnlärm	698'679	144'368
Fluglärm (Annahme -2 dB)	988'992	320'168
Total	13'540'902	5'507'658

Tabelle 3 Reduktion der Lärmelastung gemessen in Personen- und Wohnungsdezibel von volkswirt-schaftlicher Bedeutung durch quellenseitige Massnahmen unterschieden nach Lärmarten.

Die umfangreiche Reduktion der Lärmelastungen für Wohnungen und Personen ist gleichzusetzen mit einem jährlichen Nutzen im Wert von rund 500 Mio. CHF. Hiervon entfallen 47 % auf nicht anfallende Gesundheitskosten und 53 % auf den gestiegenen Wert von Immobilien.

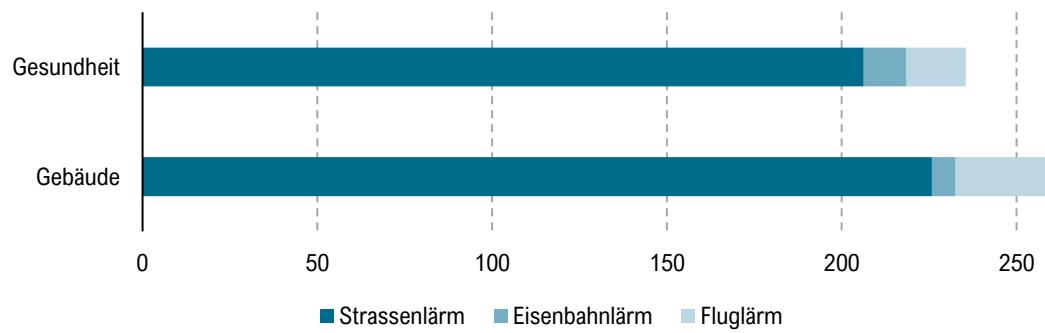


Abbildung 1 Jährliche Gesundheits- und Gebäudenutzen durch quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Für Fluglärm werden die minimalen Wirkungen von -2 dB angenommen.

Die Schaffung dieser Nutzen geht mit zusätzlichen Kosten einher, darunter Infrastrukturinvestitionen, Lärm- resp Ruheboni im Eisenbahnverkehr, Anschaffungen neuer Fluggeräte sowie volkswirtschaftliche Kosten für Haushalte und Unternehmen aufgrund von Zeitverlusten durch Geschwindigkeitsbegrenzungen auf Strassen. **Die Kosten allein für den Strassenlärm werden auf jährlich 157 Millionen CHF geschätzt; die Kosten für den Fluglärm dürften noch erheblich höher sein.**

Die Simulationen und Wirkungsschätzungen zeigen, dass die als wirtschaftlich tragbar bewerteten Lärmschutzmassnahmen an der Quelle nicht ausreichen, um die Lärmbelastungen in dem Masse zu reduzieren, dass die von der EKLB empfohlenen Grenzwerte (Massnahmen M1, M7 und M8) vollständig eingehalten werden können. **So würde es auch künftig zu umfangreichen IGW-Überschreitungen kommen. Die volkswirtschaftlichen Gesundheits- und Gebäudekosten in der Folge von störendem Lärm können nicht vollständig eliminiert werden.** Tabelle 4 enthält die geschätzte Anzahl von Gebäuden, für welche auch künftig IGW-Überschreitungen erwartet werden.

Lärmart	Basis	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
		M1	M1 + M7 + M8	M1*	M1* + M7 + M8
Strassenlärm ¹	209'627	110'540	214'705	110'540	214'705
Eisenbahnlärm	4'168	6'023	14'238	2'982	8'113
Fluglärm ²	7'476	15'602	24'050	9'762	16'937
Total	221'271	132'165	252'993	123'284	239'754

Tabelle 4 Anzahl Gebäude mit IGW-Überschreitungen resp. Erleichterungen für Basis (heutiger Zustand vor quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen) und die Pakete 1 bis 4 nach Durchführung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen, unterschieden nach Lärmarten. ¹Die IGW-Überschreitungen für Strassenlärm für Pakete 2 und 4 basieren auf O3/O3* (M1/M1* + M8) gemäss Kapitel 5.3.1. ²Beim Fluglärm kann die quellenseitige Massnahme (2dB Reduktion) in der Berechnung der Anzahl Erleichterungen nicht berücksichtigt werden.

Für jedes Gebäude, das die Immissionsgrenzwerte (IGW) überschreitet, muss eine Erleichterung beantragt werden. Wenn die sogenannten Alarmwerte (AW) überschritten werden, besteht die rechtliche Verpflichtung, bauliche Ersatzmassnahmen am Gebäude durchzuführen, insbesondere den Einbau von Schallschutzfenstern (SSF). Fallweise werden gebäudeseitige Ersatzmassnahmen auch schon vor AW-Überschreitungen verfügt (bspw. bei Fluglärm) oder freiwillig durchgeführt. Die hiermit verbundenen jährlichen Kosten sind erheblich.

Massnahmenoptionen	01	02	03	04	
Massnahmen	M1	M1 + M7	M1 + M8	M1 + M7 + M8	
in Mio. CHF/a					
Erleichterungen	Bund	0.1	0.2	0.5	0.5
	Kantone	0.1	1.1	1.9	3.0
	Gemeinde	0.0	0.2	0.4	0.6
	Eisenbahnunternehmen	0.0		0.1	
	Flughäfen	0.1	0.1	0.1	0.1
SSF	Bund	0.4	1.4	0.8	1.8
	Kantone	2.5	10.4	5.3	13.2
	Gemeinde	1.4	5.7	2.9	7.3
	Eisenbahnunternehmen	1.2		3.6	
	Flughäfen	17.3	22.1	29.7	35.2
	Private Haushalte	1.1	2.1	8.2	6.9
Zusammenfassung	Bund	0.5	1.6	1.3	2.3
	Kantone	2.6	11.5	7.2	16.2
	Gemeinde	1.4	5.9	3.3	7.9
	Eisenbahnunternehmen	1.2	0.0	3.8	0.0
	Flughäfen	17.3	22.2	29.8	35.3
	Private Haushalte	1.1	2.1	8.2	6.9
	Total	24.2	43.5	53.5	68.6

Tabelle 5 Aggregierter annualisierter Aufwand für Erleichterungen und SSF nach Kostenträger:innen durch Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm (Annahme -2 dB). Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Wie die Zusammenstellung zeigt, **fallen auch mit Erleichterungen beträchtliche Jahreskosten an, ohne dass hierdurch eine nach LSV anrechenbare Lärmreduktion erzeugt wird.**

Insgesamt bestehen Hinweise, dass die zu erwartenden jährlichen Gesundheits- und Gebäudenutzen durch quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen die zu erwartenden jährlichen Kosten für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen, gebäudefeitigen Ersatzmassnahmen und Erleichterungen übersteigen. Für Strassen- und Eisenbahnlärm sind die Belege eindeutig, für Fluglärm liegen keine Kostenschätzungen für die quellenseitigen Massnahmen vor.

Ergebnisse Einzelmaßnahmen M2

Die Wirkung der Maßnahme M2 (Regime vereinfachen) entfaltet sich kontinuierlich und über einen langen Zeitraum. Denn es wird Jahrzehnte dauern, bis alle Anlagen, die vor der Geltung der neuen Grenzwerte bewilligt wurden, wesentlich geändert werden und dadurch

die neu festgelegten Planungswerte (PW) einhalten müssen. Theoretisch würden die IGW-Überschreitungen nach der Sanierung aller Anlagen vollständig vermieden und die betroffenen Anwohner:innen wären keiner schädlichen und lästigen Lärmbelastung mehr ausgesetzt. Auch der Gebäudepark wäre nahezu vollständig von negativen Lärmkosten befreit, es würden nur noch minimale Differenz zwischen den Schwellenwerten von 40 dB für Gebäudekosten und den darüber liegenden Planungswerten existieren. Die jährlichen Nutzen für Gesundheit und Gebäude bei Einhaltung von Planungswerte durch Massnahme M2 würden gegenüber M1 rund 1.4 Mrd. CHF betragen.

Die Beurteilung des theoretischen Potenzials der Wirksamkeit und der Effektivität quellen-seitiger Lärmschutzmassnahmen aufgrund M2 sind positiv. Sämtlich Massnahmen welche hierzu jedoch erforderlich sind, sind aus heutiger Einschätzung nicht verhältnismässig und/oder nicht wirtschaftlich tragbar. Die Effizienz von M2 wird daher als ungenügend beurteilt. Die Verteilungswirkungen werden gleich beurteilt, wie bei der Massnahmenpakete mit M1/M1*, M7 und M8.

Ergebnisse Einzelmassnahmen M3, M4, M5, M6 und M12

Die Massnahmen zur Verbesserung der lärmschutzrechtlichen Rahmenbedingungen wurden einzeln bewertet. In Tabelle 5 ist die Gesamtbeurteilung der Einzelmassnahmen dargestellt. Beurteilt wurden die Effektivität (potenzieller volkswirtschaftlicher Nutzen), die Effizienz (Verhältnis der Kosten zum Nutzen) und die Verteilung (wo die Kosten und der Nutzen anfallen).

		Effekt.	Effiz.	Verteil.	Kommentar
M3	Lärmschutz dynamisieren	+	+	+	Die Massnahmen setzt Anreize für quellenseitige Massnahmen, wobei M3 selbst als kostenneutral und verursachergerecht beurteilt wird.
M4	Massnahmen klären	+	+	+	Die Massnahme sichert die Anwendung von effektiven Lärmschutzmassnahmen. Die Verankerung in der LSV ist einfach und effizient und richtet sich am Verursacher aus.
M5	Transparenz stärken	-	-	-	Es wird keine relevante Wirkung erwartet, da kein kausales Verhalten zur Informationsverfügbarkeit nachgewiesen werden kann. Dadurch führt die Massnahmen primär zu Kosten, welche überdies durch Gebäudeeigentümer:innen und nicht durch Anlagebetreiber als Lärmquellen zu tragen sind.
M6	Verursacher-prinzip stärken	+	+	+	Es wird eine positive Wirkung erwartet, indem bei potenziellen Rückerstattungspflichten in Zukunft Anlagebesitzer über wirtschaftliche Anreize zu frühzeitigen quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen erhalten. Wo dies nicht der Fall ist, werden finanzielle Risiken und Belastungen für Gebäudeeigentümer:innen reduziert, sodass diese zusätzliche gebäudeseitige Massnahmen treffen. Beides bewirkt eine Reduktion der Lärmbelastung. Die Umsetzung ist einfach und effizient und die Kosten werden durch die Verursacher:innen übernommen.
M12	Grenzwert-schema	0	0	0	Die Massnahme wirkt nicht direkt auf die Lärmreduktion, unterstützt jedoch die Effizienz im Vollzug der LSV ohne weitergehende Kosten.

Tabelle 6 Zusammenfassung der Beurteilung der Einzelmaßnahmen.

Die Massnahmen M3, M4 und M6 werden als geeignet beurteilt, während Massnahme M5 aus volkswirtschaftlicher Perspektive negativ beurteilt wird. Die Massnahme 12 wird als neutral angesehen.

Auswirkungen der Massnahmen auf die Raumplanung

Die Interessen des Lärmschutzes müssen raumplanerischen Interessen, insbesondere der gewünschten Innenverdichtung gegenübergestellt werden. Wie die Massnahmen insbesondere die Grenzwertanpassungen die Innenverdichtung beeinflussen, wurde deshalb in dieser VOBU vertieft. Dazu wurden Interviews mit Raumplaner:innen geführt und zwei Fallstudien «Flughafenumland und Stadt Kloten» und «Ouest Lausannoise» ausgeführt.

Die Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte unterstützt grundsätzlich das Bestreben nach hoher Qualität im Außenraum gemäß raumplanerischen Zielsetzungen. Lärmschutzmaßnahmen wie leise Straßenbeläge und Geschwindigkeitsbegrenzungen können flächendeckend umgesetzt werden, ohne planerische Handlungsspielräume einzuschränken. Durch gesetzeskonforme Grenzwerte, welche eine Verschärfung mit sich bringen, sieht sich die Raumplanung zusätzlichen Erschwernissen gegenüber, indem erhöhte Anforderungen an die Innenentwicklung gestellt werden. Die mit der USG-Revision von Art. 22 und Art. 24 geplante Regelung will planerischen Handlungsspielraum und Planungssicherheit für

entsprechende Interessensabwägungen schaffen. Inwiefern entsprechende Planungssicherheit erreicht wird, ist abhängig von der Umsetzung von den angepassten Art. 22 und Art. 24. Zwar liegen Zielsetzungen und Grundidee hierzu vor, die konkrete Umsetzung mit zugehörigen Erfahrungen muss zuerst entwickelt werden und dürfte künftig auch zu rechtlichen Beurteilungen im Sinne von Leiturteilen führen.

Die beiden Fallstudienräume «Flughafenumland und Stadt Kloten» sowie «Ouest Lausannoise» verfügen über Gebiete, welche für grossflächige Entwicklungen mit hoher Dichte und Mischnutzungen vorgesehen sind.

Die Verschärfung der Grenzwerte für Fluglärm hätte weitreichende Konsequenzen für das Flughafenumland und die Stadt Kloten. Die Siedlungsentwicklung in einem grösseren Perimeter (inkl. Teilgebiete der Stadt Zürich) und in Kloten wäre im Rahmen der bestehenden Lärmschutzgesetzgebung zwar weiterhin möglich, würde aber mehr Ausnahmebewilligungen bedingen. Die Erschwernisse treffen auch zentrale Entwicklungsgebiete, in welchen grossräumige Arealentwicklungen geplant oder bereits in Umsetzung sind.

Durch die Verschärfung von Grenzwerten, u. a. durch die Gleichsetzung von ES II und ES III, würden auch für Ouest Lausannoise hohe Anteile zentraler Entwicklungsparzellen in Gebieten mit IGW-Überschreitungen liegen. Diese Parzellen stellen planerische und bauliche Kernelement für den gesamten interkommunalen Masterplan dar und gefährden dessen Zielerreichung.

In beiden Räumen müssten voraussichtlich zur Entwicklung von Parzellen mit hoher Bedeutung für die Siedlungsentwicklung im Rahmen der bestehenden Lärmschutzgesetzgebung Ausnahmebewilligungen beantragt werden. **Die USG Revision Art. 22 für Baubewilligungen und Art. 24 für Bauzonen bietet jedoch entsprechende Wege an, um Wohnraum ohne Ausnahmebewilligungen zu entwickeln. Um-/Aufzonungen bei überschrittenen Grenzwerten würden Freiräume zur Erholung bedingen, die im Rahmen der Masterplanung gesichert und den Anforderungen entsprechend gestaltet werden können.**

Synthese volkswirtschaftliche Beurteilung

Abschliessend führt die VOBU zur nachfolgenden Gesamtbeurteilung. Die Erläuterungen zu Effektivität, Effizienz sowie Verteilungswirkungen werden anschliessend in einer synoptischen Darstellung zusammengefasst.

a) Effektivität

Sind die Massnahmen wirksam, um einen Beitrag zur Erreichung der gesetzeskonformen Grenzwerte zu leisten?

Fazit: Die beurteilten Massnahmen M1, M7 und M8 folgen den EKLB-Empfehlungen für gesetzeskonforme Grenzwerte, welche schädliche und lästige Lärmbelastungen vermeiden sollen (Einhaltung der IGW). Die Massnahmenpakete können deutliche Reduktionen der heutigen Lärmbelastungen bei betroffenen Personen und Wohnungen erzeugen (Beurteilung links: +). Dies gilt auch für M1* als abgemilderte Verschärfung der Grenzwerte. Es gelingt indes nicht, die verschärften Grenzwerte M1/M1* einzuhalten, wobei für Paket 1 und

Paket 3 die IGW-Überschreitung jedoch gegenüber heute um rund 40 % abnehmen (Beurteilung rechts: +) Weitere Grenzwertverschärfungen durch M7 und M8 führen sogar zu einer deutlichen Zunahme von Grenzwertüberschreitungen. Die Wirksamkeit hinsichtlich Grenzwertüberschreitungen wird deshalb als ungenügend beurteilt (Beurteilung rechts: -). M1 und M1* zeigen dabei nur geringe Unterschiede. Dies röhrt insbesondere daher, dass für die dominante Lärmart des Strassenlärms M1 und M1* faktisch identisch Grenzwerte aufweisen und die wirtschaftlich tragbaren quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen für M1 und M1* nahezu identisch ausfallen. Abweichungen ergeben sich primär in der Anzahl der künftigen Grenzwertüberschreitungen, welche bei M1* geringer ausfallen.

Als langfristige Massnahme strebt M2 die Einhaltung von PW aller Anlagen an. Damit würden theoretisch auch die IGW-Überschreitungen nach der Sanierung aller Anlagen vollständig vermieden und die betroffenen Anwohner:innen wären keiner schädlichen und lästigen Lärmbelastung mehr ausgesetzt. Die Beurteilung der Reduktion von schädlicher und lästiger Lärmbelastung (Beurteilung links) und Vermeidung von IGW-Überschreitungen ist positiv (Beurteilung links: +; Beurteilung rechts: +).

Die Einzelmassnahmen werden, mit Ausnahme M5 «Transparenz stärken», als effektiv zur Optimierung der lärmschutzrechtlichen Rahmenbindungen beurteilt.

b) Effizienz

Welches sind die zentralen Effizienzeffekte, einerseits auf der Nutzen- und anderseits auf der Kostenseite aus Einführung und Umsetzung gesetzeskonformer Grenzwerte?

Die Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen von Lärmsanierungen bei gesetzeskonformen Grenzwerten zeigt, dass der volkswirtschaftliche Nutzen per Saldo insgesamt positiv ist. Die aktuellen durch lärmbedingten Gesundheits- und Gebäudekosten von etwa 2.8 Mrd. CHF pro Jahr lassen sich substantielle reduzieren bei jährlichen Kosten, welche niedriger Ausfallen als die jährlichen Nutzen daraus (Beurteilung: +). Die hierfür erforderlichen quellenseitigen Massnahmen sind in den Lärmarten mit variierenden Kosten verbunden und losgelöst von den festgelegten Grenzwerten. Einzelne dieser quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen sind für sich betrachtet ineffizient, ohne das hierdurch die Gesamtbetrachtung in ein ungünstiges Kosten-Nutzen-Verhältnis von niedriger als eins fällt. Allerdings ist ein vollständiger Abbau mittelfristig nicht möglich und erfordert langfristige Massnahmen wie M2 «Regime vereinfach».

Wird die langfristige Zielsetzung zur Einhaltung der Planungswerte (Massnahme M2) jedoch hinsichtlich Kosten und Nutzen beurteilt, lässt sich dies nach aktuellem Wissensstand und den theoretischen Nutzenpotenziale nur bei Kosten deutlich über den Nutzen erreichen (Beurteilung: -).

Die beurteilten Einzelmassnahmen zur Anpassung von lärmschutzrechtlichen Rahmenbedingungen werden, mit Ausnahme von M5 «Transparenz stärken» (Beurteilung: -), als effizient in ihren Kosten und den Nutzen zur Lärbekämpfung beurteilt (Beurteilung: 0 bis +).

Fazit: Die Lärmsanierungen, die im Zusammenhang mit der Einführung gesetzeskonformer Grenzwerte stehen und gemäss den Massnahmen M1, M7 und M8 durchgeführt werden,

werden als volkswirtschaftlich effizient bewertet. Weitergehende Lärmschutzmassnahmen aufgrund der Massnahme M2 «Regime vereinfach» sind nach aktuellen Beurteilungsmassstäben nicht verhältnismässig und/oder wirtschaftliche tragbar, obschon hiermit hohe Nutzenpotenziale verbunden sind. Die Einzelmassnahmen werden, mit Ausnahme M5 «Transparenz stärken», als effizient zur Optimierung der lärmschutzrechtlichen Rahmenbindungen beurteilt.

c) Verteilungswirkung

Wie werden die unterschiedlichen Gruppen der Gesellschaft von den Wirkungen durch gesetzeskonformer Grenzwerte betroffen und wie verteilen sich Kosten und Nutzen aus diesen?

Die für Lärmsanierungen eingesetzten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen weisen insgesamt eine angemessene Verteilung von Kosten und Nutzen aus. Die Kosten für Lärmsanierungen werden mehrheitlich nach dem Verursacherprinzip den Anlagebetreiber angelastet, diese können die Nutzer:innen der Anlagen daran beteiligen. Im Falle einer Geschwindigkeitsreduktion tragen die Nutzer:innen entsprechender Strassenabschnitte mittels steigenden Reisezeitkosten direkt die Kosten der Massnahmen. Mit der indirekten und direkten Kostenbeteiligung der Nutzer:innen erfolgt eine aus ordnungspolitischer Sicht erwünschte Internalisierung der volkswirtschaftlichen Gesundheits- und Gebäudekosten über mehrere Schritte hinweg zu den letztendlichen Verursacher:innen.

Auch in der Verteilung der Nutzen zwischen Haushalten und Gebäudeeigentümer:innen, wobei diese auch in vielen Fällen zusammenfallen, wird keine Fehlverteilung erkannt. Die im Verhältnis höheren Nutzen für die Gebäudeeigentümer:innen entfalten eine zusätzliche positive Wirkung. Indem hohe gebäudeseitige Nutzen den Kostenrahmen für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen erweitern, profitieren auch lärmbedrohte Personen von zusätzlichen quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Es findet faktisch eine Quersubvention vom Gebäudepark hin zur Gesundheit statt.

Für die Einzelmassnahmen kommt die Beurteilung der Verteilungswirkung zum Schluss, dass die Massnahmen fallweise (M3, M4 und M6 mit Beurteilung: +) dazu dienen, das Verursacherprinzip zu stärken. Eine Ausnahme stellt M5 «Transparenz stärken» dar, welche Kosten für Grundeigentümer:innen erzeugt ohne relevante Nutzen (Beurteilung: -).

Fazit: Die Wirkungen aus den Massnahmen mit Grenzwertanpassungen zeigen eine adäquate und zu grossen Teilen dem Verursacherprinzip des USG entsprechende Verteilung von Kosten und Nutzen (Beurteilung: 0). Die Wirkungen der Einzelmassnahmen auf die Verteilung von Kosten und Nutzen sind positiv (Beurteilung: +), für zwei Massnahmen neutral oder gar negativ (Beurteilung 0/-).

d) Synoptische Zusammenfassung

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4	Einzelmaßnahmen						
	M1	M1, M7, M8	M1*	M1*, M7, M8	M2	M3	M4	M5	M6	M12	
Strassenlärm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-						
Eisenbahnlärm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-						
Fluglärm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-						
Wirksamkeit	+ / +	+ / -	+ / +	+ / -	+ / +						
Beurteilung Links	Reduktion von schädlicher und lästiger Lärmbelastung			Beurteilung rechts: Vermeidung von IGW-Überschreitungen + = IGW-Überschreitungen nehmen ab 0 = IGW-Überschreitung in vergleichbarem Umfang - = negative Beurteilung, IGW-Überschreitungen nehmen zu							
+ = Reduktion Lärmbelastung											
0 = unveränderte Lärmbelastung											
- = Zunahme Lärmbelastung											
Hinweis: Beurteilung M2 basiert auf theoretischen Potenzialen											

Tabelle 7 Synthese zur Wirksamkeit

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4	Einzelmaßnahmen						
	M1	M1, M7, M8	M1*	M1*, M7, M8	M2	M3	M4	M5	M6	M12	
Strassenlärm	+	+	+	+	+						
Eisenbahnlärm	+	+	+	+	+						
Fluglärm	+	+	+	+	+						
Effektivität	+	+	+	+	+	+	+	+	0	+	0
+ = positive Beurteilung				Hinweis: Beurteilung M2 basiert auf theoretischen Potenzialen							
0 = neutrale Beurteilung											
- = negative Beurteilung											

Tabelle 8 Synthese zur Effektivität, quellenseitige Lärmschutzmaßnahmen

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4	Einzelmaßnahmen						
	M1	M1, M7, M8	M1*	M1*, M7, M8	M2	M3	M4	M5	M6	M12	
Strassenlärm					-						
Eisenbahnlärm					-						
Fluglärm					-						
Effizienz	+	+	+	+	-	+	+	-	+	0	
+ = positive Beurteilung				Hinweis 1: Ausgewählten Lärmschutzmaßnahmen erweisen sich als ineffizient, im Gesamtergebnis wird die Maßnahmen als effizient beurteilt							
0 = neutrale Beurteilung				Hinweis 2: Beurteilung M2 basiert auf theoretischen Potenzialen							
- = negative Beurteilung											

Tabelle 9 Synthese zur Effizienz, quellenseitige Lärmschutzmaßnahmen

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4	Einzelmaßnahmen					
	M1	M1, M7, M8	M1*	M1*, M7, M8	M2	M3	M4	M5	M6	M12
Strassenlärm	-	-	-	-	-					
Eisenbahnlärm	+	+	+	+	+	<i>Es wurden keine Beurteilung nach Lärmarten vorgenommen</i>				
Fluglärm	-	-	-	-	-					
Verteilungs-wirkung	0	0	0	0	0	+	+	-	+	0

+ = positive Beurteilung
0 = neutrale Beurteilung
- = negative Beurteilung

Hinweis: Beurteilung M2 basiert auf theoretischen Potenzialen

Tabelle 10 Synthese zur Verteilungswirkung, quellenseitige Lärmschutzmaßnahmen

Die Beurteilungen mit «+» (positive Beurteilung), «0» (neutrale Beurteilung) und «-»(negative Beurteilungen) orientieren sich an den übergeordneten Leitfragen der VOBU (siehe Kapitel 1.2). Als Beurteilung zeigen diese auf, inwiefern die Massnahmenpakete resp. die Einzelmaßnahmen die erwarteten Beiträge an Wirksamkeit und Effektivität resp. mit Blick auf Effizienz und Verteilungswirkung leisten. In der Beurteilung – im Unterschied zu einer Bewertung – werden keine weitergehende oder stetige Abstufung entlang von nummerischen Werten vorgenommen. Die Gesamtbeurteilung über die drei Lärmarten hinweg berücksichtigt die unterschiedliche Bedeutung der drei Lärmarten.

Zur quantitativen Unterscheidung sind die entsprechenden Werte zur Reduktion von Lärmbelastungen, IGW-Überschreitungen, Nutzen für Gesundheit und Gebäudepark sowie Umsetzungskosten beizuziehen. Allerdings weisen die Pakete 1 und 3 sowie 2 und 4 quantitative Differenzen auf, welche in einem überblickbaren Umfang liegen. Dies erklärt sich, wie weiter oben erläutert, über die geringen Differenzen zwischen M1 und M1* aufgrund identischer Grenzwerte für Strassenlärm und der Limitierung durch wirtschaftlich tragbare Lärmschutzmaßnahmen an den Quellen.

Empfehlungen

Mit Blick auf die Optimierung der beurteilten Maßnahmen werden nachfolgende Empfehlungen gegeben.

a) Verhältnismässigkeit klären und wirtschaftliche Tragbarkeit weiterentwickeln

Gemäß LSV sind grundsätzlich Lärmschutzmaßnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg zu treffen (Art. 2, Abs. 3 LSV). Es gilt das Prinzip der Verhältnismässigkeit, welche auch die wirtschaftliche Tragbarkeit beinhaltet. Ermittlungsverfahren und Schwellenwerte zur wirtschaftlichen Tragbarkeit für quellenseitige Maßnahmen gegen Strassen- und Eisenbahnlärm als auch die verwendeten Reisezeitkosten sind bereits älter. Es wird empfohlen, hierfür eine Aktualisierung vorzunehmen, ggf. noch stärker differenziert nach Lärmart und unter tendenzieller Anhebung von zulässigen Jahreskosten resp. Gesamtkosten je Personendezibel. Lärmelastungsniveaus, Raumqualität und Verkehrssicherheit

sollen adäquat berücksichtigt werden können sowie aktuelle Reisezeitkosten verwendet werden.

b) Zusammensetzung der Bündel nach zusätzlichen Wirkungen

Die Bildung von Massnahmenpaketen zur Bündelung der Massnahmen mit Verschärfung von Grenzwerten nach EKLB-Empfehlungen wird als zweckmäßig angesehen. Die rechtlichen Grundlagen zum Lärmschutz gehen hiermit passgenau auf die jeweiligen Situationen der Lärmbelastungen ein. Die Paketbildung soll jedoch stärker nach einer Prioritätenliste nach erwarteten resp. erwünschten Zusatzwirkungen erfolgen. Relevant hierfür sind bei zusätzlichen Grenzwertverschärfungen die abnehmenden Grenznutzen bei gleichzeitig zunehmenden Kosten. Damit reduzieren sich die Kosten-Nutzen-Verhältnisse, weshalb in Ergänzung zu M1 die Massnahme M7 gegenüber M8 vorzuziehen ist.

c) Massnahme M5 «Transparenz stärken» in beurteilter Form nicht umsetzen

Für Massnahme M5 zur Eintragung von Erleichterungen in das Grundbuch und/oder in das jeweilige Lärmbelastungskataster werden keine Wirkung zur Lärmreduktion oder anderweitige Nutzen angenommen. Sollte keine andere Ausgestaltung möglich sein, wird ein Verzicht der Umsetzung von M5 empfohlen.

d) Abstimmung mit raumplanerischen Interessenabwägungen weiter konkretisieren

Die geplante USG-Revision von Art. 22 und Art. 24 sieht vor, die Interessenabwägung für Ausnahmen für Baubewilligungen und für Einzonungen bei Grenzwertüberschreitung im Gesetz zu regeln. Die entsprechenden Verfahren sind mit anderen raumplanerischen Verfahren bestmöglich abzustimmen, sodass sowohl parzellenbezogene als auch gesamttraumbegogene Kriterien zur Raumqualität mitberücksichtigt werden.

e) Gleichbehandlung der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen

Derzeit gelten bei IGW-Überschreitungen je nach Lärm erzeugender Anlage unterschiedliche Pflichten, ob bereits ab IGW oder erst ab AW gebäudeseitige Ersatzmassnahmen zu treffen und durch den Anlagerbetreiber zu finanzieren sind. Aus grundrechtlicher und volkswirtschaftlicher Sicht sind entsprechend Ungleichbehandlungen nicht zu begründen und sollten überprüft werden.

f) Massnahme M4 «Massnahmen klären» kriterienbasiert ausführen

Die Massnahme M4 wird insgesamt positiv bewertet. Um die bestmögliche Wirkung zu erzielen, wird empfohlen, die spezifischen Lärmschutzmassnahmen einheitlich anhand von Kriterien zur Wirksamkeit, Effizienz und Verteilungsgerechtigkeit festzulegen.

1 Einleitung

1.1 Ausgangslage

1.1.1 Stand der Lärmbelastung in der Schweiz

Durch für den Wohlstand essenzielle Aktivitäten wie der Produktion von Gütern und der täglichen Fortbewegung im Verkehr entsteht Lärm. Lärm schadet der Gesundheit, führt zu Wertverlusten von Immobilien, beeinträchtigt touristische Attraktivität und die Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft (BAFU, 2018a). Der Lärmschutz konnte in den vergangenen Jahrzehnten die Lärmbelastung in einigen Bereichen vermindern, hat aber beispielsweise beim Strassenverkehrslärm das angestrebte Ziel deutlich nicht erreicht. So sind weiterhin über eine Million Personen übermässiger Lärmbelastung ausgesetzt und ein Drittel der Bevölkerung fühlt sich durch Verkehrslärm gestört². Die heutigen Massnahmen setzen in einzelnen Bereichen zu wenig an der Quelle an. Zudem erschweren das Mobilitätswachstum (steigende Emissionen) und die Zunahme der Bevölkerung insbesondere in verdichten Siedlungsräumen (Zunahme Anzahl betroffener Personen) die Zielerreichung. Der Handlungsbedarf aus Sicht Gesundheitsschutz bleibt weiterhin gross.

1.1.2 Überprüfung der Rechtsgrundlagen

Seit dem Inkrafttreten des Umweltschutzgesetzes (USG) im Jahr 1985 sind die Inhaber lärm erzeugender Anlagen verpflichtet, Massnahmen zur Einhaltung von Umweltanforderungen zu ergreifen. Die Lärmschutzverordnung LSV regelt hierfür die Grenzwerte im Lärmschutz, gegliedert nach Immissionsgrenzwerte, Planungswerte und Alarmwerte:

- Immissionsgrenzwerte (IGW): IGW dienen der Beurteilung, ab welcher Belastung Lärm als schädlich oder lästig gilt. Sie werden vom Bundesrat nach dem Stand der Wissenschaft oder der Erfahrung so festgelegt, dass Lärm unterhalb dieser Werte die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht erheblich stört (Art. 13 und 15 USG).
- Planungswerte (PW): Planungswerte dienen der Planung neuer Bauzonen und dem Schutz vor neuen lärmigen ortsfesten Anlagen. Sie liegen unter den IGW. Immissionen unterhalb der Planungswerte verursachen nach den Entscheiden des Bundesgerichts eine höchstens geringfügige Störung des Wohlbefindens der Bevölkerung (Art. 23 USG).
- Alarmwerte (AW): Alarmwerte dienen der Beurteilung, wie dringlich eine Sanierung ist. Sie liegen über den IGW (Art. 19 USG).

Ebenfalls seit 1985 gilt, dass Ausnahmen bewilligt werden können, wenn überwiegende andere Interessen dem Lärmschutz entgegenstehen (z. B. Ortsbild, Gesamtverteidigung, Verkehrssicherheit) oder die zur Einhaltung der Grenzwerte nötigen Massnahmen

² Lärm und Erschütterungen: Das Wichtigste in Kürze (admin.ch) (Zugriff vom 22.8.2023)

unverhältnismässig sind, wie es etwa grössere Einschränkungen des Flugbetriebs des Flughafens Zürich wären.

Verwendung des Begriffs «schädlicher oder lästiger Lärm»

Im vorliegenden Bericht werden Überschreitungen der Immissionsgrenzwerte (IGW) auch als «schädlicher oder lästiger Lärm» bezeichnet. Die Planungswerte (PW) und Alarmwerte (AW) werden von den IGW abgeleitet und werden im Bericht auch als solche bezeichnet.

Die Rechtsgrundlagen für den Schutz vor Lärm, einschliesslich der Grenzwerte für Strassen- und Eisenbahnlärm, sind rund 35 Jahre alt. Die Grenzwerte für Fluglärm wurden 2001 festgelegt. Der Bundesrat hat in Erfüllung des Postulats 15.3840 am 28. Juni 2017 einen «Nationalen Massnahmenplan zur Verringerung der Lärmbelastung» verabschiedet. Der Massnahmenplan verlangt unter anderem die Überarbeitung des Regelungskonzepts der Lärmekämpfung und die Ergänzung der wissenschaftlichen Grundlagen zur Beurteilung der Auswirkungen von Lärm. Das UVEK ist beauftragt, dem Bundesrat bis Ende 2025 Bericht über die Umsetzung der Massnahmen zu erstatten (BRB vom 28. Juni 2017; Ziffer 7).

Der Prozess für die Vorarbeiten ist in Abbildung 2 dargestellt. Zur Umsetzung des Massnahmenplans hat das BAFU das heutige Regelungskonzept von einem Juristenteam analysieren lassen (siehe Projekt 1 in Abbildung 2).



Abbildung 2: Umsetzung des Massnahmenplans: Vorgehen der Projekte 1, 2 und 3

Die wissenschaftlichen Grundlagen der Grenzwerte wurden gemäss Massnahmenplan durch die EKLB untersucht (siehe Projekt 2 in Abbildung 2). Gemäss ihrer Einsetzungsverfügung ist es der Auftrag der EKLB, eine unabhängige wissenschaftliche Sicht der Lärmekämpfung zu gewährleisten und die Wissenschaft in den für die Lärmekämpfung relevanten Dimensionen zu verfolgen, namentlich in Bezug auf die Wirkungen von Lärm auf den Menschen. Sie soll dazu Berichte und Empfehlungen und Anträge erarbeiten. Der im Dezember 2021 veröffentlichte Bericht der EKLB analysiert den Stand der Forschung zu den gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit. Er zeigt auf, dass die heute gültigen Grenzwerte der LSV nicht mehr den übergeordneten umweltrechtlichen Vorgaben nach gesetzeskonformen Grenzwerten entsprechen. Die Anzahl der durch Verkehrs lärm belasteten Personen wird heute deutlich unterschätzt. Um die Vorgaben des USG (Art. 13 und 15 USG) für die Festlegung von Grenzwerten weiterhin einzuhalten, empfiehlt die EKLB, die Grenzwerte anzupassen.

Für die Umsetzung der Vorschläge der EKLB müsste der Bundesrat die LSV ändern. Verzichtet der Bundesrat auf Anpassungen der Grenzwerte, so würden die heutigen Grenzwerte fortbestehen. Da sie aber gemäss Bericht der EKLB nicht mehr den Vorgaben des USG entsprechen, besteht das Risiko, dass die Gerichte die heutigen Grenzwerte im Einzelfall als nicht mehr anwendbar erklären und diese im gesetzlichen Rahmen für den Einzelfall neu festlegen³.

1.1.3 Vorarbeiten (VOBU Quick-Check)

Aus den Erkenntnissen aus Projekt 1 und Projekt 2 hat eine interne Arbeitsgruppe des Bundesamts für Umwelt (BAFU) im Projekt 3 in einem ersten Schritt 12 Massnahmen für Anpassungen auf Stufe LSV erarbeitet. Das BAFU hat unter Einbezug der betroffenen UVEK-Ämter (Begleitgruppe BAFU, ASTRA, BAV, BAZL und ARE) die Auswirkungen von konkreten Anpassungsvorschlägen grob beurteilt (VOBU Quick-Check) und erste Quantifizierungen bezüglich Wirkung und Kosten vornehmen lassen (Ecoplan, 2022a und 2022b).

Nach den Vorarbeiten sind die folgenden neun Massnahmen verblieben, welche weiter zu prüfen sind (Tabelle 11). Eine detaillierte Beschreibung der Massnahmen sowie die Erläuterung zu den daraus gebildeten Massnahmenpaketen folgt in Kapitel 2.

Nr.	Bezeichnung	Kurzbeschrieb	Herkunft
M1	Grenzwerte anpassen	Empfehlung der EKLB: Verschärfung der Grenzwerte von Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm	Bericht EKLB (2021)
M2	Regime vereinfachen	Anforderungen verschiedener Anlagekategorien vereinheitlichen	Bericht Kanzlei Konstruktiv (2021)
M3	Lärmschutz dynamisieren	Befristung und periodische Überprüfung von Erleichterungen	Bericht Kanzlei Konstruktiv (2021)
M4	Massnahmen klären	Explizitere Priorisierung von Massnahmen an der Quelle	Bericht Kanzlei Konstruktiv (2021)
M5	Transparenz stärken	Informationen über gewährte Erleichterungen öffentlich zugänglich machen	Bericht Kanzlei Konstruktiv (2021)
M6	Verursacherprinzip stärken	Kostenaufteilung für emissionsbegrenzende Massnahmen zwischen Anlagebetreiber und Gebäudeinhaber	Bericht Kanzlei Konstruktiv (2021)
M7	Anpassung Beurteilungszeiten	Empfehlung der EKLB: Verlängerung der Nacht um eine Stunde (6–7)	Bericht EKLB (2021)
M8	Gleichsetzung von ESII und ESIII	Empfehlung der EKLB: Anpassen der Grenzwerte der ESIII an die Grenzwerte der ESII	Bericht EKLB (2021)
M12	Grenzwertschema	Wirkungsunterschiede sichtbar machen	Begleitgruppe

Tabelle 11 In der VOBU zu prüfende Massnahmen

³ Einen entsprechenden Entscheid hatte das Bundesgericht am 8. Dezember 2000 (BGE 126 II 522; Flughafen Zürich) gefällt. Da die vom Bundesrat im Jahr 2000 festgelegten Grenzwerte für den Lärm der Landesflughäfen nicht die eigentliche störende Belastung ausreichend wiedergeben, hat das Bundesgericht diese als nicht anwendbar erklärt. An deren Stelle hat es die Empfehlungen der EKLB für anwendbar erklärt.

1.1.4 Änderung des Umweltschutzgesetzes (Motion Flach)

Der Bundesrat hat am 16. Dezember 2022 eine Botschaft zur Änderung des Umweltschutzgesetzes unter anderem im Bereich Lärm veröffentlicht. Die vorgeschlagenen Änderungen stimmen mit dem vom Bundesrat gutgeheissenen «Nationalen Massnahmenplan zur Verringerung der Lärmbelastung» im Bereich Raumplanung überein und setzen die Motion Flach 16.3529 um.

Mit der Gesetzesänderung sollen raumplanerische Zielsetzungen mit dem Schutz der Bevölkerung vor Lärm besser abgestimmt werden. Die lärmenschutzrechtlichen Kriterien für Baubewilligungen und Einzonungen sollen klarer formuliert und die Rechts- und Planungssicherheit erhöht werden. Bei der Planung von zusätzlichem Wohnraum in lärmbelasteten Gebieten sollen auch ein Angebot an Freiräumen für die Erholung und die Massnahmen für eine akustisch angemessene Wohnqualität realisiert werden.

Die vorliegende volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU) wird auf Basis dieses neu vorgeschlagenen Regelwerks vorgenommen.

Die Vorlage fokussiert auf Baubewilligungen, Einzonungen sowie Auf- und Umzonungen. Auf die Sanierungspflicht von Anlagen gemäss Artikel 13ff. LSV haben die Änderungen keinen direkten Einfluss. Bei Überschreitungen des Immissionsgrenzwerts bleibt die Sanierungspflicht von Anlagen unverändert bestehen. Mit der Gesetzesänderung soll das Ziel der Lärmreduktion an der Quelle nicht gemindert, sondern die im Massnahmenplan Lärm verabschiedete Stossrichtung unterstützt werden. Die vorgesehene Gesetzesänderung wird im konkreten Fall jeweils für einzelne Gebäude oder Überbauungen umgesetzt. Entlang einer gesamten Strasse verändert sich die Betroffenheit nicht. Das bedeutet, dass eine Strasse auch mit der neuen Regelung nur dann sanierungspflichtig bleibt, wenn sie es auch bisher war (Bundesrat, 2022).

1.2 Ziel der Analyse und zentrale Fragestellungen

Übergeordnetes Ziel und Grundsätze der VOBU

Das übergeordnete Ziel der Anpassungen der LSV ist die Festlegung von gesetzeskonformen Grenzwerten. Wichtiges Element in der weiteren Vertiefung der Massnahmen ist die volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU). Die VOBU ist eine umweltspezifische Umsetzung der Regulierungsfolgenabschätzung. Das Ziel einer VOBU ist die Bereitstellung von faktenbasierten Entscheidungsgrundlagen. Diese dienen dazu, Vor- und Nachteile, namentlich Nutzen und Kosten von allfälligen Rechtsänderungen beurteilen zu können. Basierend auf der VOBU kann der Bundesrat die volkswirtschaftlichen Auswirkungen abwägen und entscheiden, welche Rechtsänderungen er allenfalls vornehmen will. Eine VOBU ist gemäss Weisung der BAFU Direktion vom Mai 2015 grundsätzlich obligatorisch beim Erlass von neuem Recht oder bei erheblichen Änderungen.

Vorgehen der vorliegenden VOBU

Das Vorgehen richtet sich aus am Leitfaden «VOBU – Volkswirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen» (BAFU, 2020) wobei Quick-Check und Relevanzanalyse sowie erste Quantifizierungen mit den Berichten «VOBU Quick-Checks und Ergebnisse der Quantifizierungen» und «Bisherige Erkenntnisse und Vorschläge für weitere Quantifizierungen in der VOBU» im Rahmen der Vorarbeiten zur VOBU durch Ecoplan abgeschlossen wurden (2022a und 2022b).

Die vertiefende VOBU richtet sich im Hinblick auf die zu beurteilenden Anpassungen der LSV an den folgenden drei übergeordneten Fragen gemäss VOBU-Leitfaden aus:

- Sind die Massnahmen wirksam, um einen Beitrag zur Erreichung der gesetzeskonformen Grenzwerte zu leisten (-> *Effektivität*)?
- Welches sind die zentralen Effizienzeffekte, einerseits auf der Nutzen- und andererseits auf der Kostenseite, welche aus Einführung und Umsetzung gesetzeskonformer Grenzwerte hervorgehen (-> *volkswirtschaftliche Effizienz*)?
 - Stehen Kosten und Nutzen zur Umsetzung gesetzeskonformer Grenzwerte in einem guten Verhältnis?
 - Sind die Umsetzungskosten verursachergerecht verteilt?
 - Sind die gesetzeskonformen Grenzwerte einfach im Vollzug?
- Wie werden die unterschiedlichen Gruppen der Gesellschaft von den Wirkungen durch gesetzeskonforme Grenzwerte betroffen und wie verteilen sich Kosten und Nutzen (*Verteilungswirkungen*)

Verwendung des Begriffs «Massnahmen»

Im vorliegenden Bericht werden die zu prüfenden LSV-Änderungen als «Massnahmen» bezeichnet (siehe Tabelle 11). Für die lärmreduzierenden Mittel wird der Begriff «Lärmschutzmassnahmen» an der Quelle (z. B. lärmärmer Belag, Temporeduktion) oder auf dem Ausbreitungsweg (z. B. Lärmschutzwände) verwendet. Lärmreduzierende Mittel am Gebäude sind Ersatzmassnahmen oder Schallschutzmassnahmen.

Schwerpunkte der vorliegenden VOBU

Die Schwerpunkte der vorliegenden VOBU wurden im Rahmen der Vorarbeiten (u. a. Relevanzanalyse) im Austausch mit der Begleitgruppe festgelegt (siehe Kapitel 3). Diese sind nachfolgend aufgeführt. Die VOBU liefert Fakten zur Beurteilung der vorgeschlagenen Massnahmen (Annahmen, Analyse, Ergebnisse und Beurteilung, siehe Kapitel 5, 6 und 8) und bildet eine solide Entscheidungsgrundlage für das UVEK und den Bundesrat.

Auswirkungen auf die Raumplanung: Werden strengere Grenzwerte eingeführt, nehmen die Flächen mit Grenzwertüberschreitungen zu. Innerhalb dieser Flächen gelten lärmbedingte Einschränkungen für Einzonungen und Anforderungen bei Baubewilligungen. Entsprechende Einschränkungen können ggf. auch zu einer räumlichen Verlagerung von Bauprojekten und Verkehrsströme führen, sodass Lärmbelastungen insgesamt entgegen den Absichten auch zunehmen können.

Mit der ans Parlament überwiesenen Anpassung des Umweltschutzgesetzes⁴ werden lärmrechtliche Einschränkungen zu einem erheblichen Teil dort fallen gelassen, wo das Interesse an der Siedlungsentwicklung das Lärmschutzinteresse überwiegt. Sofern neue Grenzwerte zu zusätzlichen Lärmbegrenzungsmassnahmen und weniger Lärm führen, steigen die Spielräume in der Raumplanung. In der VOBU sind die Auswirkungen der vorgeschlagenen Massnahmen auf die Raumplanung entsprechend als eigener Schwerpunkt vorgesehen.

Aufwand im Vollzug (Verwaltungsaufwand UVEK-Ämter und Kantone). Eine Änderung der LSV führt zu zusätzlichem Verwaltungsaufwand, weil auch bei bestehenden Anlagen, bei denen die heutigen Grenzwerte eingehalten sind, erneut Sanierungen geprüft werden müssen. Um den Aufwand für diese Aufgaben zu bewältigen, sind angemessene Übergangsfristen notwendig. In dieser Frist sollen möglichst alle oder wenigstens die dringendsten Verfahren durchgeführt werden. In der VOBU wird eine Übergangsfrist für die Anwendung der neuen Regelung von 15 Jahren untersucht. Die Kosten des zusätzlichen Verwaltungsaufwands wird in der VOBU ausgewiesen.

Kosten für die Infrastrukturinhaber: Die Kosten für die Prüfung und allfällige Umsetzung von baulichen und betrieblichen Lärmschutzmassnahmen (z. B. Lärmschutzwände, lärmarme Straßenbeläge, Temporeduktionen, Schallschutzfenster, betriebliche Einschränkungen, Schienenschleifen usw.) sollen unter Berücksichtigung der nach wie vor vorhandenen Möglichkeiten für Ausnahmebewilligungen (Erleichterungen) berechnet werden.

Volkswirtschaftliche Effekte: Verkehrslärm verursachte 2020 nach Schätzung des Bundesamts für Raumentwicklung (ARE) externe Lärmkosten von rund 2.5 Mia. Franken pro Jahr⁵. Diese Kosten umfassen Gesundheitskosten und lärmbedingte Werteinbussen bei Liegenschaften. Diese Kosten hängen von der tatsächlichen Lärmbelastung ab. Der Bericht der EKLB zeigt auf, dass die geltenden Grenzwerte der LSV den gesundheitlichen Auswirkungen des Lärms nicht gerecht werden. Die schädigende und störende Wirkung des Lärms wurde in Vergangenheit unterschätzt. Aktuelle Forschungsergebnisse zeigen, dass negative Auswirkungen des Lärms auf die Gesundheit bereits ab Lärmelastungen eintreten, welche unter den heutig gültigen Grenzwerten liegen. Gleichzeitig können je nach Situation etwa Tempobeschränkungen längere Reisezeiten und externe Kosten verursachen. Die Auswirkung der vorgeschlagenen Massnahmen auf die externen Lärmkosten soll ebenfalls in der VOBU untersucht werden.

Fehlende Lärmschutzmassnahmen: Im Lärmschutz wurden in den vergangenen Jahren viele Lärmschutzmassnahmen entwickelt und umgesetzt. Es besteht die Befürchtung, dass keine neuen Lärmschutzmassnahmen verfügbar sein werden oder weitere Massnahmen zu kostenintensiv sind. Kosten und Nutzen von heute bekannten Lärmschutzmassnahmen sollen in der VOBU untersucht werden.

⁴ Botschaft vom 16. Dezember 2022 zur Änderung des Umweltschutzgesetzes unter anderem betreffend die bessere Abstimmung von Lärmschutz und Siedlungsentwicklung

⁵ Bundesamt für Raumentwicklung (2023), Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2020.

Geringer Nutzen: Die bisherige Umsetzung des Lärmschutzes hat bei den Verkehrsanlagen viele Ausnahmen von der Einhaltung der Grenzwerte erfordert. Würden nun in noch mehr Fällen Ausnahmebewilligungen zum Überschreiten der Grenzwerte erteilt, z. B. aufgrund der mangelnden Verhältnismässigkeit von möglichen Lärmschutzmassnahmen, führen strengere Grenzwerte nicht zu einer Senkung von Lärmpegeln, sondern zu einem höheren Mass an Ausnahmen. Das Ausmass der bestehenden und künftig zu erwartenden Ausnahmebewilligungen soll in der VOBU abgeschätzt werden.

1.3 Vorgehen

Beurteilung von Lärmwirkungen sowie Kosten und Nutzen

Das Vorgehen zur vertiefenden VOBU folgt im Grundsatz dem VOBU-Leitfaden (BAFU, 2020) unter Verwendung von spezifischen Methoden zur Modellierung von Lärmausbreitung und Schätzung von volkswirtschaftlichen Kosten-Nutzen. Das Vorgehen wurde hierzu in drei Phasen gegliedert:

Phase	Arbeitsschritte	Aktivitäten
1	Grundlagenlagen und Konzeption	Die Einzelmassnahmen und Massnahmenpakete wurden detailliert und mit Wirkungsketten beschrieben und mit quantitativen Grössen versehen.
2	Quantifizierung und Beurteilung	Die Massnahmen wurden einzeln sowie in Verbindung von Massnahmen betreffend Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung untersucht unter Verwendung von quantitativen und qualitativen Methoden.
3	Synthese und Berichtserstattung	Die Massnahmen resp. Massnahmenpakete wurden einer Gesamtbeurteilung unterzogen, welche in vorliegendem Schlussbericht inkl. Empfehlungen zusammengefasst wurde.

Tabelle 12 Übersicht zum Vorgehen nach Phasen

Zur Quantifizierung und Simulation von Wirkungen sowie Kosten und Nutzen wurden verschiedene Modelle, Methoden und Kennwerte verwendet. Vorgehen, Informationsquellen, Datenherkunft und Eckwerte sind in den Anhängen beschrieben, an den jeweils entsprechenden Stellen im Bericht wird darauf verwiesen.

Die zur Beurteilung der Massnahmen durchgeföhrten Schallausbreitungssimulationen basieren auf der GIS-Lösung D-noise von n-Sphere AG. Die hierfür verwendeten Ausbreitungsmodelle folgen den Empfehlungen des BAFU, welches gemeinsam mit den beteiligten UVEK-Ämtern die EMPA mit der Modellentwicklung beauftragt hat.

Zur Schätzung der volkswirtschaftlichen Kosten und des Nutzens wurden Schätzmodelle sowie Kosten- und Nutzansätze aus thematischen Studien unter Überprüfung und allfälliger Aktualisierung verwendet sowie eigene Schätzungen basierend auf empirischen Analysen und Recherchen vorgenommen. Zentrale Grundlage bildete u. a. die Vorstudie von Ecoplan (2022a).

Beurteilung Auswirkungen auf die Raumplanung

Die beauftragte Zusatzabklärung zur Wirkung auf die Raumplanung wurde mittels leitfaden-gestützten Interviews mit Fachexpert:innen aus Verwaltung und Planungsbüros sowie mittels zweier Fallstudien vorgenommen. Die Auswahl der Fallstudien sowie das analytische Vorgehen werden in Kapitel 8 erläutert.

Einbezug von Begleitung durch UVEK-Ämter

Die Begleitgruppe wurde zu Beginn, bei Zwischenergebnissen und am Schluss über die Arbeiten einbezogen und in die Planung des weiteren Verlaufs informiert:

- 1. Mai 2023: Festlegung des Detailkonzepts
- 26. Juni 2023: Validierung der Wirkungsmodelle und getroffenen Annahmen
- 19. September 2023: Besprechung Schlussberichtsentwurf

Externe Stakeholder wurden punktuell im Rahmen von Daten- und Informationsbeschaffung beigezogen. Hierzu zählen armasuisse, SBB, Flughafen Zürich, kantonale Raumplanungsämter und GIS-Fachstellen, EspaceSuisse, Bureau Stratégie et développement de l'Ouest lausannois sowie verschiedene Immobilien-, Planungs- und Ingenieursbüros.

2 Kurzportrait der Massnahmen

2.1 Entwicklung der Massnahmen und Bildung von Massnahmenpaketen

2.1.1 Ausgangslage und Vorarbeiten

Ausgangspunkt für die beurteilten Massnahmen ist der Bericht der EKLB «Grenzwerte für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Empfehlungen der Eidgenössischen Kommission für Lärmbekämpfung EKLB» (2021). Dieser empfiehlt strengere Grenzwerte festzulegen, um die Vorgaben des USG betreffend die Vorsorge gegen Lärm, durch Anforderungen zum Lärmschutz bei neuen Anlagen, der Sanierung von bestehenden Anlagen sowie Anforderungen an Bauzonen und Gebäude mit lärmempfindlichen Räumen in lärmbelasteten Gebieten zu respektieren (EKLB, 2021). Die Empfehlungen bestehen aus einem Bündel von Massnahmen, welche im Zusammenspiel zu den erwünschten Verschärfungen und zusätzlichen Aktivitäten zur Lärminderung führen sollen.

Unter der Führung des BAFU wurden die empfohlenen Massnahmen instrumentell weiterentwickelt. Parallel zu den Arbeiten der EKLB wurde eine juristische Auslegeordnung betreffend heutiges und mögliches künftiges Regelungskonzept vorgenommen (Kanzlei Konstruktiv, 2021). Der Bericht der Kanzlei Konstruktiv unterbreitet zusätzliche Optimierungsvorschläge, wie auf die Kritik der Praxis an der geltenden Regelung reagiert und wie der Schutz der Bevölkerung gestärkt werden könnte. Das BAFU hat intern einen VOBU-Quick-Check durchgeführt, mit dem Ziel, Bedarf und zentrale Aspekte für eine vertiefenden VOBU zu klären. Insgesamt wurden zwölf Massnahmen (Anpassungsvorschläge) auf Stufe Lärmschutzverordnung (LSV) erarbeitet, welche durch Ecoplan im Rahmen von Schritt 1 gemäss VOBU-Leitfaden vertiefend beurteilt wurden (2022a und 2022b).

Basierend auf den Erkenntnissen der Vorarbeiten hat das BAFU gemeinsam mit den weiter beteiligten UVEK-Ämtern (ASTRA, BAV, BAZL, ARE) entschieden, die Massnahmen 9, 10 und 11 nicht weiterzuverfolgen resp. keine Auswirkungen zu untersuchen (Tabelle 13).

Nr.	Bezeichnung	Begründung
M9	Geltungsbereich der Grenzwerte	Das Anliegen der Massnahme, den Geltungsbereich der Grenzwerte nur auf die Wohnnutzung zu beschränken, müsste auf Stufe USG gelöst werden. Zudem wird das Anliegen in der vorgeschlagenen Gesetzesänderung aufgrund der Motion Flach ⁶ bereits bearbeitet.
M10	Ermittlungsart der Grenzwerte	Für die Umsetzung der Massnahme soll eine Präzisierung in den Erlasstext übernommen werden. Die Präzisierung entspricht der heutigen Praxis und hat keine zu untersuchenden Auswirkungen.
M11	Belastungsmass	Die Massnahme sieht eine Änderung des Belastungsmasses vor. Erste Abklärungen des BAFU haben gezeigt, dass diese Massnahme viel Aufwand verursacht, aber wenig Nutzen verspricht.

⁶ Motion Flach 16.3529 «Siedlungsentwicklung nach innen nicht durch unflexible Lärmessmethoden behindern»

Tabelle 13 Verworfene Massnahmen inkl. Begründung

Auf Vorschlag der Begleitgruppe werden auch Auswirkungen mit Grenzwerten (Planungswert, Immissionsgrenzwert und Alarmwert) untersucht, welche unter den aktuell gültigen Grenzwerten liegen, jedoch nicht den verschärften Grenzwerten gemäss EKLB-Empfehlungen entsprechen. Hierzu wurde eine Massnahme M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel» eingeführt, die aus Grenzwerten besteht, welche aus dem arithmetischen Mittel aus heute gültigen Grenzwerten gemäss LSV und den auf wissenschaftlichen Empfehlungen basierenden Grenzwerten für M1 gebildet werden. Ökonomische Überlegungen sollen nach dem Willen des Gesetzgebers bei der Festlegung der Immissionsgrenzwerte, die den Menschen vor schädlichen oder lästigen Einwirkungen schützen sollen, keine Rolle spielen und dürfen auf jeden Fall nicht ausschlaggebend sein⁷. Daher fällt der Massnahme M1* die Funktion einer Sensitivitätsbetrachtung zur Schärfung des Verständnisses für Wirkungsweise und Wirkungsumfang zu.

2.1.2 Untersuchte Massnahmenpakete und Einzelmassnahmen

Empfehlungen der EKLB

Die Empfehlungen der EKLB basieren auf einer Kombination von komplementär zueinanderstehenden Massnahmen. Die empfohlenen Massnahmen wirken direkt auf die Grenzwerte gemäss LSV. Dazu sind Anpassungen in LSV und zugehörigen Anhängen vorzunehmen. Als «Kernmassnahme» zur Anpassung der Grenzwerte gilt M1. Daher sollen die Auswirkungen der Kernmassnahme M1 allein und in Kombination mit den Massnahmen M7 und M8 untersucht, dargestellt und beurteilt werden (Pakete 1 und 2, siehe Tabelle 14).

Paket	M1	M7	M8
	Grenzwerte anpassen	Anpassung der Beurteilungszeit	Gleichsetzung von ESII und ESIII
P1	X		
P2	X	X	X

Tabelle 14: Untersuchte Massnahmenpakete: Kernmassnahme M1 allein und in Kombination mit den Massnahmen M7 und M8.

Im Sinne einer Sensitivitätsbetrachtung werden dieselben Paketbildungen mit den alternativen Grenzwerten M1* dargestellt (Pakete 3 und 4, siehe Tabelle 15).

Paket	M1*	M7	M8
	Grenzwerte anpassen, arithmetische Mittel aktuell/M1	Anpassung der Beurteilungszeit	Gleichsetzung von ESII und ESIII
P3	X		
P4	X	X	X

Tabelle 15: Untersuchte Sensitivitätsbetrachtungen: Kernmassnahme M1* allein und in Kombination mit den Massnahmen M7 und M8.

⁷ BGE_126_II_522, Seite 583

Um Wirkungen sowie Kosten und Nutzen der jeweiligen Massnahme im Gesamtpaket beurteilen zu können, wurden auf Anforderung des BAFU für die VOBU die Pakete entlang sog. Optionen untersucht. Diese erlauben die isolierte Auswertung, welche zusätzlichen Wirkungen, Kosten und Nutzen eine Massnahme innerhalb des jeweiligen Pakets auslöst. Die Optionen wurden wie folgt festgelegt.

Option	M1 resp. M1*	M7	M8	Hinweise zu den Massnahmenpaketen
	Grenzwerte anpassen resp. arithmetische Mittel	Anpassung der Beurteilungszeit	Gleichsetzung von ESII und ESIII	
01	X			entspricht P1 resp. P3
02	X	X		
03	X		X	
04	X	X	X	entspricht P2 resp. P4

Tabelle 16: Optionen zur Simulation und Isolation von Wirkungen, Kosten und Nutzen mit Hinweisen zu den Massnahmenpaketen

Die Massnahmenpakete und Optionen zu M1, M7 und M8 werden in Kapitel 5 untersucht, dargestellt und beurteilt.

Anpassung von Rahmenbedingungen

Die Massnahmen zur Anpassung von Rahmenbedingungen in M2, M3, M4, M5, M6 und M12 sind nicht Teil der Massnahmenpakete und werden in Kapitel 6 (Massnahme M2) sowie Kapitel 7 (M3, M4, M5, M6 und M12) einzeln beschrieben.

Nachfolgende Unterkapitel beschreiben die Massnahmen, welche auf die Lärmquellen und den Ausbreitungsweg wirken (Kapitel 2.2) sowie weitere lärmenschutzrechtliche Rahmenbedingungen beeinflussen (Kapitel 2.3).

2.2 Massnahmen zur Anpassung der Grenzwerte

Nachfolgend werden die Massnahmen M1 «Grenzwerte anpassen», M7 «Anpassung der Beurteilungszeit» und M8 «Gleichsetzung ESII und ESIII» eingehend erläutert. Die Massnahmen zielen auf eine Verschärfung der Grenzwerte ab, in deren Folge konkrete Aktivitäten zur Lärmbekämpfung ergriffen werden sollten. Die Massnahme M1* wird im Sinne einer Sensitivitätsbetrachtung anstelle von M1 untersucht.

Zur Erläuterung werden die Massnahmen mit dem geplanten Vollzug beschrieben, im Anschluss daran wird die Wirkungsweise hin zur emissionsseitigen Lärmbekämpfung an der Quelle und entlang des Ausbreitungsweges sowie in immissionsseitiger Ergänzung durch gebäudebezogene Lärmschutzmassnahmen gezeigt.

Die zu den Massnahmen zugehörigen Grenzwertschemata, welche zu den Simulationen von Wirkungen, Kosten und Nutzen verwendet wurden, finden sich in den Anhängen A-1 bis A-3.

2.2.1 Beschreibung der Massnahmen M1/M1*, M7 und M8

Die Massnahmen sind in den nachfolgenden Tabellen beschrieben. Die letzte Spalte zeigt den Beitrag der Massnahme innerhalb der Pakete auf.

M1 «Grenzwerte anpassen»

Beschreibung	Beitrag zu Pakt 1 und 2 resp. 3 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Sicherstellung, dass die Bevölkerung vor «erheblichen» Störungen des Wohlbefindens (bzw. vor schädlichen oder lästigen Lärm) geschützt wird, und die Grenzwerte in der LSV den Anforderungen des USG genügen (gesetzeskonforme Grenzwerte, Artikel 13 und 15 USG).	
<p>Anpassung der LSV: Anpassung der Grenzwerte gemäss Empfehlung EKLB für Strassenlärm-, Eisenbahn- und Fluglärm.</p> <ul style="list-style-type: none"> — <u>Strassenverkehr</u>: Verschärfung um rund 3 dB in der Nacht — <u>Eisenbahn</u>: Verschärfung um rund 6 dB am Tag und 2 dB in der Nacht — <u>Militärischer Flugplätze</u>: Verschärfung um 11 dB am Tag (IGW ESII). Für die Planungs- und Alarmwerte bzw. ESI, III und IV sind die Verschärfungen kleiner. — <u>Kleinluftfahrzeuge</u>: Verschärfung um 6 dB am Tag (IGW und AW). Für die Planungswerte betragen die Verschärfungen 4 dB. — <u>zivile Flugplätze</u>: <ul style="list-style-type: none"> a) Verschärfung um 6 dB am Tag (Immissionsgrenz- und Planungswerte, ESII für die Alarmwerte ESII und ESIV). Für die anderen Grenzwerte sind die Verschärfungen kleiner (Ausnahme Planungswerte, ESI). b) Verschärfung um 3 dB in der ersten Nachtstunde (22 – 23 Uhr) (Immissionsgrenze, ESII). Für die anderen Empfindlichkeitsstufen werden die IGW höher. c) Verschärfung um 1 dB in der zweiten und dritten Nachtstunde (23 – 24 Uhr, 5 – 6 Uhr) (Immissionsgrenze, ESII). Die Planungswerte für ESI/II werden strenger bzw. für ESIII/IV lockerer. — <u>Helikopterflugplätze</u>: Separater Belastungsgrenzwert mittlere Lmax wird aufgehoben (die Beurteilung wird schwächer, da nicht mehr der Maximalwert gilt) <p>Übergangsbestimmungen: Innen 15 Jahren sollen für Straßen, Flugplätze und Eisenbahnen, welche die angepassten Belastungsgrenzwerte nicht einhalten, die erforderlichen Emissionsbegrenzungen und Schallschutzmassnahmen angeordnet werden. Dies bedeutet, dass sämtliche Verkehrsanlagen zu überprüfen sind.</p> <p>Hinweis: Mit Massnahme M1 fallen die Pegelkorrekturen K1 bei Strassenlärm- und Eisenbahnlärm weg bzw. bei der Beurteilung von Kleinluftfahrzeugen die Pegelkorrektur.</p>	<p>Hauptsächliche Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> – flächendeckende Wirkung – für Errichtung von Anlagen gültig ab Inkrafttreten – für bestehende Anlagen gültig nach Übergangsfrist

Tabelle 17 Beschrieb Massnahme M1 «Grenzwerte anpassen»

Die Massnahme M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel» basiert auf Grenzwerten, welche in der Mitte zwischen den aktuell gültigen Grenzwerten und den EKLB-Empfehlungen liegen. M1* kann auch als Sensitivitätsbetrachtung verstanden werden, welche aufzeigt, wie sich die Wirkungen ausgehend von Grenzwertanpassungen nicht zwingend in

einem fixen Verhältnis zu den Grenzwerten entwickeln. Die Prüfung der Rechtmässigkeit von M1* im Kontext von BGE 126 II 522; Flughafen Zürich vom 8. Dezember 2000 ist nicht Aufgabe der VOBU. Die zugehörigen Grenzwertschemata finden sich im Anhang A-1.

M7 «Anpassung Beurteilungszeiten»

Beschreibung	Beitrag zu Paket 2 und 4
<p>Ziel der Anpassung der LSV: Die Grenzwerte entsprechen den Schlafgewohnheiten der Bevölkerung und schützen dadurch den Schlaf der Bevölkerung besser. Die Massnahme hat grundsätzlich die Intensivierung des Lärmschutzes und Immissionsminderungen zum Ziel.</p>	
<p>Anpassung der LSV: Verlängerung der Nachtperiode von bisher 22 bis 6 Uhr um eine Stunde auf 22 bis 7 Uhr verlängert. Die Tagesperiode wird um eine Stunde verkürzt.</p> <ul style="list-style-type: none"> — <u>Strassenverkehr:</u> Tag von 7 bis 22 Uhr, Nacht von 22 bis 7 Uhr. Die Verlängerung der Nachtperiode führt zu einer Verschärfung um wenige dB — <u>Eisenbahn:</u> Tag von 7 bis 22 Uhr, Nacht von 22 bis 7 Uhr. Die Verlängerung der Nachtperiode führt zu einer Verschärfung um wenige dB — <u>Flugverkehr:</u> <ul style="list-style-type: none"> a) Tag von 7 bis 22 Uhr: keine Veränderung b) Erste (22–23 Uhr), zweite (23–24 Uhr) und dritte (5–6 Uhr) Nachtstunde: keine Veränderung c) Neu: vierte Nachtstunde von 6 bis 7 Uhr (Grenzwerte wie erste Nachtstunde). Verschärfung um 5 dB (IGW ESII) bzw. 10 dB (ESI, ESIII und ESIV sowie bei den Planungs- und Alarmwerten) d) Flugverbot von Mitternacht bis 5 Uhr, keine Veränderung 	<p>Hauptsächliche Wirkung: — Ergänzende Wirkung bei Straßen- und Eisenbahnlärm — Deutliche Wirkung bei Fluglärm</p>

Tabelle 18 Beschrieb Massnahme M7 «Anpassung Beurteilungszeiten»

Die zugehörigen Grenzwertschemata finden sich im Anhang A-2.

M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII»

Beschreibung	Beitrag zu Paket 2 und 4
<p>Ziel der Anpassung der LSV: Die Bevölkerung soll beim Wohnen einheitlich vor Lärm geschützt werden. Die Bevölkerung in der ESIII und ESII soll gleich vor Lärm geschützt werden.</p>	
<p>Anpassung der LSV: Gleichsetzung von ESII und ESIII für die Planungs- und Immissionsgrenzwerte bei allen Anlagen bzw. Lärmarten. Die Gleichsetzung führt zu einer Verschärfung von jeweils 5 dB für Gebäude und Parzellen in der ESII.</p>	<p>Hauptsächliche Wirkung: — Deutliche flächendeckende Wirkung bei allen Lärmarten</p>

Tabelle 19 Beschrieb Massnahme M7 «Anpassung Beurteilungszeiten»

Die zugehörigen Grenzwertschemata finden sich im Anhang A-3.

2.2.2 Gemeinsames Wirkungsmodell M1/M1*, M2, M3, M7 und M8

Abbildung 3 zeigt das Wirkungsmodell der Massnahmen M1/M1*, M2, M3, M7 und M8 für alle Verkehrslärmarten gegliedert nach den Dimensionen Input, Output, Outcome und Impact. Mit den Verschärfungen der Grenzwerte (Massnahmen M1/M1*, M7 und M8), der Verpflichtung, dass bestehende Anlagen bei einer wesentlichen Änderung die

Anforderungen von Neuanlagen einhalten müssen (Massnahmen M2) sowie der Befristung der Erleichterungen (Massnahme M3), sind zusätzliche Anstrengungen zur Belastungsreduktion vorzunehmen. Erweisen sich die quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen als unverhältnismässig, sind zusätzliche Erleichterungen mit möglichen Pflichten zu gebäudeseitigen Massnahmen zum Schutz von Innenräumen vor Lärmmissionen zu beantragen.

Der Fokus der VOBU liegt auf dem Output der Massnahmenpakete resp. Einzelmaßnahmen. Die Beschreibung des Outcomes zeigt auf, ob die jeweiligen Wirkungen über eine tatsächliche Anpassung der Lärmmissionen zustande kommen oder ob die Wirkungen auf Erleichterungen ohne Veränderung der Lärmmissionen basieren. Daraus kann abgeleitet werden, wie Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft sowie öffentliche Hand hiervor langfristig betroffen sind (Impact).

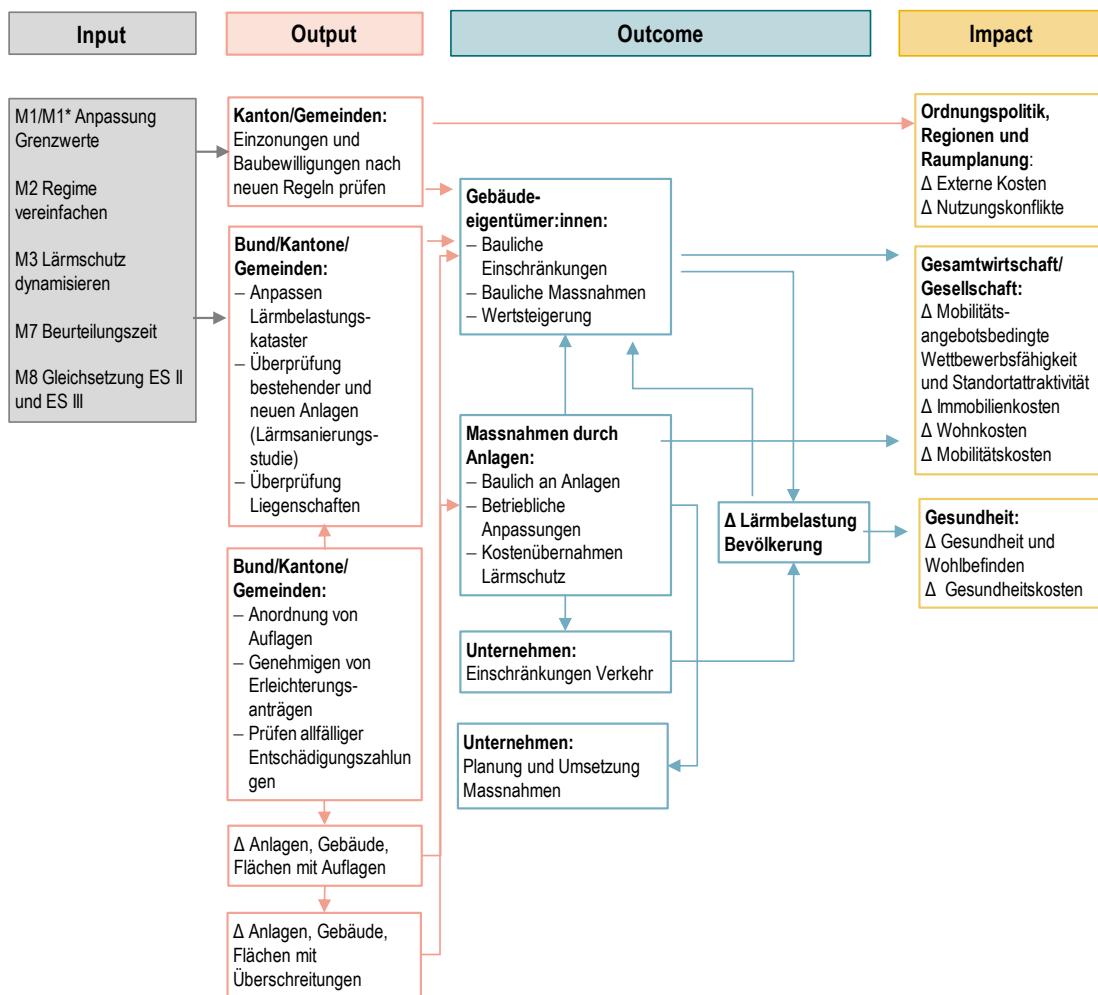


Abbildung 3: Wirkungsmodell für die Massnahmen M1 / M1* sowie Einwirkung der Massnahmen M2, M3, M7 und M8

Die Wirkungen von M1/M1* auf der Input-, Output-, Outcome- und Impact-Ebene werden in Tabelle 20 erläutert, wobei jeweils die Unterschiede zwischen den verschiedenen Verkehrs lärmarten (Strassenlärm, Eisenbahnlärm und Fluglärm) hervorgehoben werden. Die ergänzenden Wirkungen der weiteren Massnahmen M2, M3, M7 und M8 werden punktuell hinzugefügt.

Input	<p>Kernmassnahme M1/ M1*: Grenzwerte anpassen</p> <p>M2: Regime vereinfachen M3: Lärmschutz dynamisieren M7: Anpassung der Beurteilungszeit M8: Gleichsetzung von ESII und ESIII</p>
Output	<p>M1/ M1*: Gebiete mit Lärmbelastung neu über IGW Höherer Vollzugsaufwand:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Anpassen Lärmbelastungskataster – Erarbeitung Lärmsanierungsstudie – Öffentliche Auflagen und Verfahren – Überprüfen bestehender Anlagen und Liegenschaften – Anordnen lärmreduzierender Massnahmen – Genehmigen von Erleichterungsanträgen – Prüfen allfälliger Entschädigungszahlungen <p>Aufwand je nach Zuständigkeit: Anlageinhaber, Eigentümerschaft, Vollzugsbehörde (Bund, Kanton, Gemeinde)</p> <p>M2, M3, M7, M8: Verstärkung der Wirkung gemäss M1/M1*</p>
Outcome	<p>Wirkungen abhängig von den effektiv realisierten Massnahmen zur Lärmreduktion bzw. vom Anteil der gewährten Erleichterungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Treffen von lärmreduzierenden baulichen, technischen und/oder betrieblichen Massnahmen an Anlagen (Anlagebetreiber) – Dulden von Nutzungsbeschränkungen und/oder baulichen/technischen Massnahmen an den bestehenden Gebäuden oder Erleichterungen (Eigentümer:in, Kosten Anlagebetreiber) – Neubauten mit höheren Anforderungen an die Einhaltung der Grenzwerte. Bauen im lärmbelasteten Gebieten führt zu Nutzungsbeschränkungen und/oder bauliche/technischen Massnahmen am Gebäude, Eigentümer:in, Kosten Eigentümer:in) – Profitieren von verminderter Lärmbelastung (Eigentümer:in, direkte Anwohner:innen, falls flächendeckend: breite Wohnbevölkerung). – Gewährung von Erleichterungen (Vollzugsbehörde, Kosten für Anlagebetreiber) – Industrie- und Gewerbelärm nicht betroffen, d. h. keine direkten Effekte durch Produktions-einbussen auf Unternehmen. Falls betriebliche Anpassungen im Strassen- und Bahnverkehr ggf. höhere Kosten im Güterverkehr oder Verlagerung des Güterverkehrs von der Schiene auf die Strasse oder umgekehrt (Unternehmen, Kosten Unternehmen). – Planungs- und Bauunternehmen planen und setzen Massnahmen um. <p>M2, M3: Verstärkung der Wirkung gemäss M1/M1*</p> <p>M7: Verstärkung der Wirkung gemäss M1/M1*; Tendenz nach Anlagetyp:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Strassenlärm: Ggf. zusätzliche Geschwindigkeitsreduktionen in der Nacht – Eisenbahnlärm: Aus betrieblichen Gründen voraussichtlich keine Massnahmen = Erleichterungen – Fluglärm: Aus betrieblichen Gründen voraussichtlich keine Massnahmen = Erleichterungen, Ersatzzahlungen <p>M8: Verstärkung der Wirkung gemäss M1/M1*; Tendenz nach Anlagetyp:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Strassen- und Eisenbahnlärm: Tendenziell mehr Massnahmen sowie Betriebseinschränkungen oder Kosten durch Schallschutzmassnahmen – Industrie und Gewerbelärm: Abwanderung, lärmindernden Massnahmen – Schiesslärm: Betriebliche Anpassungen, bauliche Massnahmen und ggf. Stilllegungen
Impact	<p>M1/M1*: Wirkungen abhängig von den effektiv realisierten Massnahmen zur Lärmreduktion bzw. vom Anteil der gewährten Erleichterungen.</p> <ul style="list-style-type: none"> – geringere Gesundheitskosten, höheres Wohlbefinden der Gesellschaft – Reduktion Gebäudekosten durch Wertsteigerung und höhere Mieten – Betriebliche Massnahmen haben negativen Einfluss auf Wettbewerb (insb. beim Flugverkehr auf internationalen Öffnungsgrad) und Standortattraktivität für Unternehmen. – Anstieg in der Standortattraktivität für Wohn- und Tourismusregionen – Einfluss auf die zukünftige Raumentwicklung. Nutzungskonflikte zwischen Raum- und Siedlungsentwicklung und dem Schutz vor Lärm akzentuieren sich.

	M2, M3: Verstärkung der Wirkung gemäss M1/M1* M7: Verstärkung der Wirkung gemäss M1/M1*, zusätzlicher Zielkonflikt mit gleichmässiger Auslastung der Verkehrswege M8: Verstärkung der Wirkung gemäss M1/M1*, zusätzlich Aufwertung Siedlungen in ESIII, zusätzliche betriebliche Massnahmen mit negativem Einfluss auf Standortattraktivität für Industrie und Gewerbe
--	--

Tabelle 20: Beschreibung von Output, Outcome und Impact mit den Massnahmen M1 / M1* sowie Einwirkung der Massnahmen M2, M3, M7 und M8 gegenüber der heutigen Situation.

2.3 Massnahmen für lärmenschutzrechtliche Rahmenbedingungen

Die Massnahmen M2 «Regime vereinfachen», M3 «Lärmschutz dynamisieren», M4 «Massnahmen klären», M5 «Transparenz stärken», M6 «Verursacherprinzip stärken» und M12 «Anpassung Grenzwertschema» bestehen aus der Anpassung von lärmenschutzrechtlichen Rahmenbedingungen.

2.3.1 Massnahmenbeschrieb M2 «Regime vereinfachen»

Beschreibung	Beitrag zu Paket 2 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Alle Anlagen sollen die gleichen Anforderungen einhalten. Anlagen können nicht mehr unbeschränkt dem Sanierungsrecht unterstehen. Die Unterstellung bestehender Anlagen unter das Neuanlagenrecht soll einfacher werden.	
Anpassung der LSV: Unterstellung bestehender Anlagen unter das Neuanlagenrecht: Bestehende Anlagen müssen bei einer wesentlichen Änderung die Anforderungen von Neuanlagen einhalten. Langfristig müssen alle Anlagen die gleichen Anforderungen einhalten (Einhaltung der Planungswerte).	Ergänzende Wirkung –tritt erst bei einer wesentlichen Änderung der bestehenden Anlage ein (keine Frist)

Tabelle 21 Beschrieb Massnahme M2 «Regime vereinfachen»

Anlagen, die neu errichtet werden (Errichtung), nach 1985 bewilligt wurden (Sanierung) oder wesentlich geändert werden (Änderung), haben den heute gültigen Planungswert einzuhalten und bei Nichteinhaltung sind ab Immissionsgrenzwert Ersatzmassnahmen (Schallschutzfenster) vorzusehen (siehe Tabelle 22). Anlagen hingegen, die vor 1985 bewilligt wurden, sind lediglich bis zum Immissionsgrenzwert zu sanieren bzw. haben Ersatzmassnahmen ab Alarmwert vorzusehen. Wesentliche Änderungen führen bei vor 1985 bewilligt Anlagen zur Pflicht der Einhaltung von Immissionsgrenzwert mit Ersatzmassnahmen ab Immissionsgrenzwert.

Der Grundgedanke des USG ist hingegen, dass alle Anlagen die gleichen Anforderungen einhalten sollen. Auch sogenannte altrechtliche Anlagen (Anlagen vor 1985 bewilligt) sollen sich an die (neuen) Vorschriften anpassen und saniert werden. Diese Sanierung ist innert einer Frist und/oder bei grösseren Änderungen zu vollziehen. Heute ist es jedoch so, dass die Mehrheit der bestehenden Anlagen vor 1985 bewilligt wurden und bislang nicht den Anforderungen für Neuanlagen entsprechen müssen. Der Entwurf der LSV sieht vor, dass alle Anlagen, die wesentlich geändert werden, zur Sanierung bis Planungswert mit Ersatzmassnahmen ab Immissionsgrenzwert verpflichtet werden sollen (siehe Tabelle 22).

Zur Bestimmung der wesentlichen Änderungen schlägt das BAFU folgende Ergänzung der LSV vorgesehen (Entwurf LSV, Art. 2, Absatz 2bis):

Als wesentliche Änderungen ortsfester Anlagen gelten Umbauten, Erweiterungen und vom Inhaber der Anlage verursachte Änderungen des Betriebs, wenn:

- a. zu erwarten ist, dass die Anlage selbst oder die Mehrbeanspruchung bestehender Verkehrsanlagen wahrnehmbar stärkere Lärmimmissionen erzeugen;*
- b. die Lebensdauer der Anlage erheblich verlängert wird;*
- c. mehr als die Hälfte der Kosten aufgewendet wird, die eine neue Anlage verursachen würde.*

Das Bundesgericht hat sich in Vergangenheit verschiedentlich damit befasst, ab wann eine aus lärmenschutzrechtlicher Sicht wesentliche Änderung vorliegt (bspw. Bger 1C_751/2013, Bger 1C_2/2007). Mit der vorgesehenen Ergänzung der LSV soll die Rechtsprechung aufgegriffen und weiter konkretisiert werden.

Zustand	Beschreibung	Massgebender Grenzwert	Ersatzmassnahme
Errichtung	Von Grund auf neu errichtete Anlagen, nach 1985 bewilligt	PW	SSF ab IGW
Sanierung	Anlagen nach 1985 <u>und vor Inkrafttreten der geänderten LSV</u> bewilligt	PW	SSF ab IGW
	Anlagen vor 1985 bewilligt	IGW	SSF ab AW
Änderung	Alle Anlagen, falls <u>wesentliche geändert</u> , vollständige Zweckänderung, neubauähnliche Umgestaltung, Übergewichtig erweitert, freiwilliger Wiederaufbau.	PW	SSF ab IGW
	<u>Anlagen nach 1985 bewilligt, falls wesentliche Änderung</u>	PW	SSF ab IGW
	<u>Anlagen vor 1985 bewilligt, falls wesentliche Änderung</u>	IGW	SSF ab IGW

Tabelle 22 Regelung Entwurf LSV, Vereinfachung Regime (Änderungen gegenüber aktuellen Regelung in rot)

In Zusammenhang mit einer Änderung der LSV entsteht ein neuer «Stichtag», denn es wird Anlagen geben, die

- vor 1985 bewilligt wurden,
- nach 1985 aber vor der LSV Änderung bewilligt wurden, und
- nach der LSV-Änderung bewilligt wurden.

Mit der Massnahme soll auch eine Vereinfachung erzielt werden. Die Grenzwertanpassung in Massnahme M1 wird zum Anlass genommen, die Anforderungen für verschiedene Anlagenkategorien anzugeleichen.

Aufgrund der aktuellen Rechtsprechung (BGE 141 II 483 – Grünau) ist davon auszugehen, dass jede Anlage früher oder später einmal wesentlich geändert wird (im rechtlichen Sinne), weil auch die umfassende Instandstellung als wesentliche Änderung einer Anlage aufgefasst wird. Die umfassende bauliche Erneuerung einer Anlage wird heute aber rechtlich nicht als Neuanlage betrachtet, wodurch die schärferen PW zur Anwendung kommen würden, sodass bestehende Anlagen noch für lange Zeit von den mildernden (Sanierungs-) Vorschriften für alte bzw. bestehende Anlagen profitieren können. Je länger die Einführung des USG zurückliegt, umso mehr verlieren solche Privilegien ihre Berechtigung.

Die Massnahme M2 führt zu keiner Anpassung in den Grenzwertschemata, sondern soll zu einer kontinuierlichen Erweiterung der Anzahl Anlagen, welche die Planungswerte einzuhalten haben. Der Prozess wird Jahrzehnte dauern, bis alle Streckenabschnitte auf das Regime der Neuanlagen umgestellt sind.

2.3.2 Massnahmenbeschrieb M3 «Lärmschutz dynamisieren»

Beschreibung	Beitrag zu Paket 2 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Verbesserung des Schutzes der Bevölkerung vor Lärm nach dem Stand der Technik, langfristig keine Grenzwertüberschreitungen mehr.	
Anpassung der LSV: Die Erleichterungen sollen befristet und regelmässig überprüft werden. Einmal erleichterte Anlagen werden dadurch nicht für immer aus der Pflicht entlassen. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, verhältnismässige Massnahmen anzuordnen oder die zulässige Überschreitung zu vermindern. Die Vollzugsbehörde berücksichtigt die Unterhaltszyklen der betroffenen Anlage und den Horizont der Lärmprognoze. Die Frist beträgt längstens 15 Jahre.	Ergänzende Wirkung

Tabelle 23 Beschrieb Massnahme M3 «Lärmschutz dynamisieren»

Die Massnahme M3 führt zu keiner Anpassung in den Grenzwertschemata, sondern soll zu einer regelmässigen Überprüfung der Erleichterungen führen.

2.3.3 Massnahmenbeschrieb und Wirkungsmodell M4 «Massnahmen klären»

Die Massnahme wird in Tabelle 24 beschrieben. Die letzte Spalte zeigt die Relevanz auf, welche die Massnahme für die grenzwertbasierten Massnahmenpakete 1 bis 4 (siehe Kapitel 2.2) hat.

Beschreibung	Relevanz für Pakete 1 und 2 resp. 3 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Die Lärmbekämpfung soll primär an der Quelle erfolgen und nur subsidiär auf dem Ausbreitungsweg oder am Immissionsort. Dieses Prinzip ist zentral für den Lärmschutz und entspricht dem Vorsorgeprinzip im USG.	
Anpassung der LSV: Der Schutz vor Lärm soll verbessert werden, indem bestimmte Massnahmen an der Quelle für Straßenlärm und Eisenbahn lärm in der LSV konkretisiert werden.	Hauptsächliche Wirkung: –Vorgaben und Priorisierung zu technischen und betrieblichen Lärmschutzmassnahmen an den lärmverursachenden Anlagen zwecks Einhaltung der Grenzwerte

Tabelle 24 Beschrieb Massnahme M4 «Massnahmen klären»

Die LSV soll wie folgt konkretisiert werden:

Art. 2a Massnahmen an der Quelle

Die Vollzugsbehörde ordnet in erster Linie Massnahmen an, welche die Erzeugung von Lärm vermindern. In zweiter Linie ordnet sie Massnahmen an, welche die Ausbreitung des Lärms vermindern.

Art. 8a Emissionsbegrenzungen bei Strassen

Bei der Errichtung von Strassen und beim Ersatz von Strassenbelägen im Siedlungsbereich ist ein lärmärmer Belag einzubauen, soweit damit eine lärmindernde Wirkung erzielt werden kann. Das Bundesamt für Umwelt empfiehlt geeignete Beläge.

2 Werden die massgebenden Belastungsgrenzwerte durch Straßenlärm überschritten, so sind zusätzlich folgende Emissionsbegrenzungen zu prüfen:

- a. Herabsetzung der Höchstgeschwindigkeit;*
- b. weitere betriebliche Massnahmen;*
- c. bauliche Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg.*

Art. 8b Emissionsbegrenzungen bei Eisenbahnen

1 Werden die massgebenden Belastungsgrenzwerte durch Eisenbahn lärm überschritten, so sind zusätzlich Massnahmen an der Fahrbahn und auf dem Ausbreitungsweg des Schalls anzuordnen.

2 Werden in dicht besiedelten Gebieten die massgebenden Belastungsgrenzwerte überschritten, so muss der Infrastrukturbetreiber die mittlere Schienenrauheit nach Anhang 10 gewährleisten.

Der Vollzug und die erwartete Wirkung der Massnahme M4 basiert auf dem nachfolgenden Wirkungsmodell.

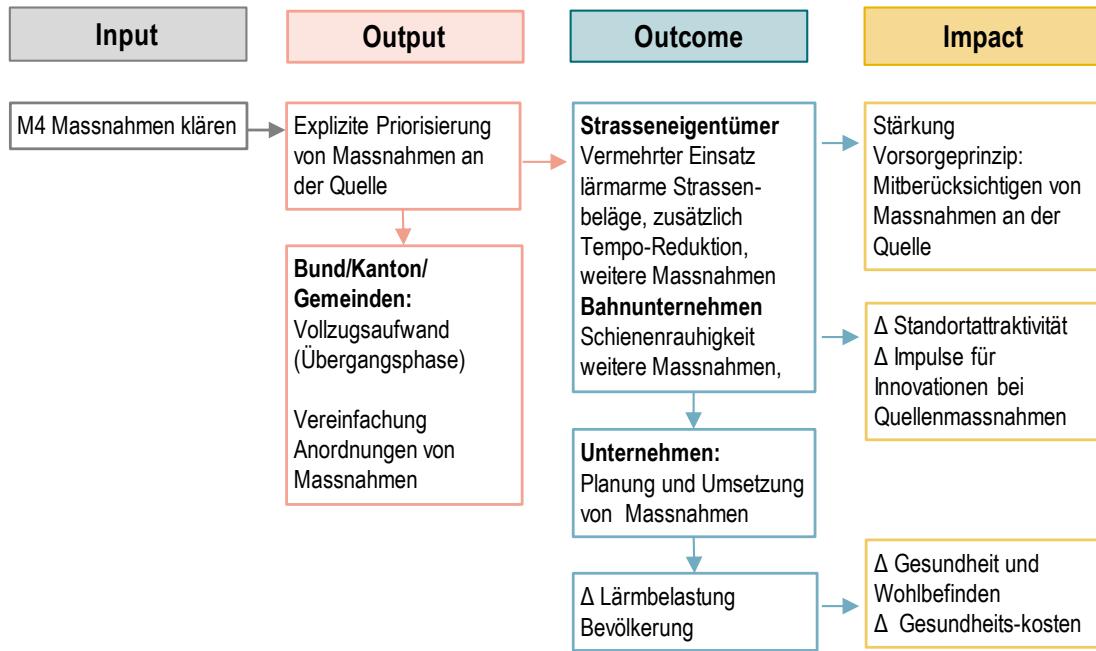


Abbildung 4: Wirkungsmodell für die Massnahmen M4 mit Output, Outcome und Impact

Neben den prioritären Vorgaben von Lärmsanierungsmassnahmen in der LSV werden weiterhin wirtschaftlichen Kriterien und Vollzugshilfen zur Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Massnahmen an der Quelle angewendet.

Die konkreten baulichen, technischen und betrieblichen Massnahmen und deren Anwendung zur Lärmbekämpfung werden mit den Auswirkungsmodellen zu Strassen-, Bahn- und Fluglärm sowie in der Beschreibung der angenommenen Bekämpfung von Schiesslärm im Detail erläutert (siehe Kapitel 5.2).

Input	M4: Massnahmen klären
Output	<ul style="list-style-type: none"> -Anordnen lärmreduzierender Massnahmen an der Quelle -Vollzugsaufwand zur Konkretisierung mit Hilfsmitteln, Wirtschaftlichkeitsberechnungen etc.
Outcome	<ul style="list-style-type: none"> -Vermehrter Einsatz von Massnahmen an der Quelle (Anlagebetreiber) <ul style="list-style-type: none"> - Strasse: vermehrter Einsatz von lärmarmen Belägen, vermehrte Temporeduktionen, ggf. weitere betriebliche Massnahmen - Eisenbahn: vermehrter Einsatz von Massnahmen an der Fahrbahn (u. a. Schienenschleifen) -Zusätzliche Aufgaben für Planungs- und Bauunternehmen -Profitieren von verminderter Lärmbelastung (Eigentümer:in, direkte Anwohner:innen, falls flächendeckend: breite Wohnbevölkerung).
Impact	<ul style="list-style-type: none"> Wirkungen abhängig von den effektiv realisierten Massnahmen zur Lärmreduktion bzw. vom Anteil der gewährten Erleichterungen. -geringere Gesundheitskosten, höheres Wohlbefinden der Gesellschaft -Erhöhung der Wohnkosten -Anstieg in der Standortattraktivität für Wohn- und Tourismusregionen -Neue Impulse für Innovationen bei Massnahmen an der Quelle

Tabelle 25: Beschreibung von Output, Outcome und Impact mit den Massnahmen M4 gegenüber der heutigen Situation.

2.3.4 Massnahmenbeschrieb und Wirkungsmodell M5 «Transparenz stärken»

Die Massnahme wird in Tabelle 26 beschrieben. Die letzte Spalte zeigt die Relevanz auf, welche die Massnahme für die grenzwertbasierten Massnahmenpakete 1 bis 4 hat.

Beschreibung	Relevanz für Pakete 1 und 2 resp. 3 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Erleichterungen sind öffentlich zugänglich. Beim Kauf von Grundstücken / Immobilien kann man sich über gewährte Erleichterungen informieren.	
Anpassung der LSV: Eintragung von Ausnahmewilligungen (Erleichterungen) in Lärmelastungskataster und/oder im Grundbuch. Damit sind Erleichterungen öffentlich zugänglich, d. h. beim Kauf von Grundstücken / Immobilien kann man sich über gewährte Erleichterungen informieren.	Hauptsächliche Wirkung: – Kosten für Erleichterungen steigen für die Anlagenbetreiber an ⁱ

Tabelle 26 Beschrieb Massnahme M5 «Transparenz stärken»

Der Vollzug und die erwartete Wirkung der Massnahme M5 basiert auf dem nachfolgenden Wirkungsmodell.

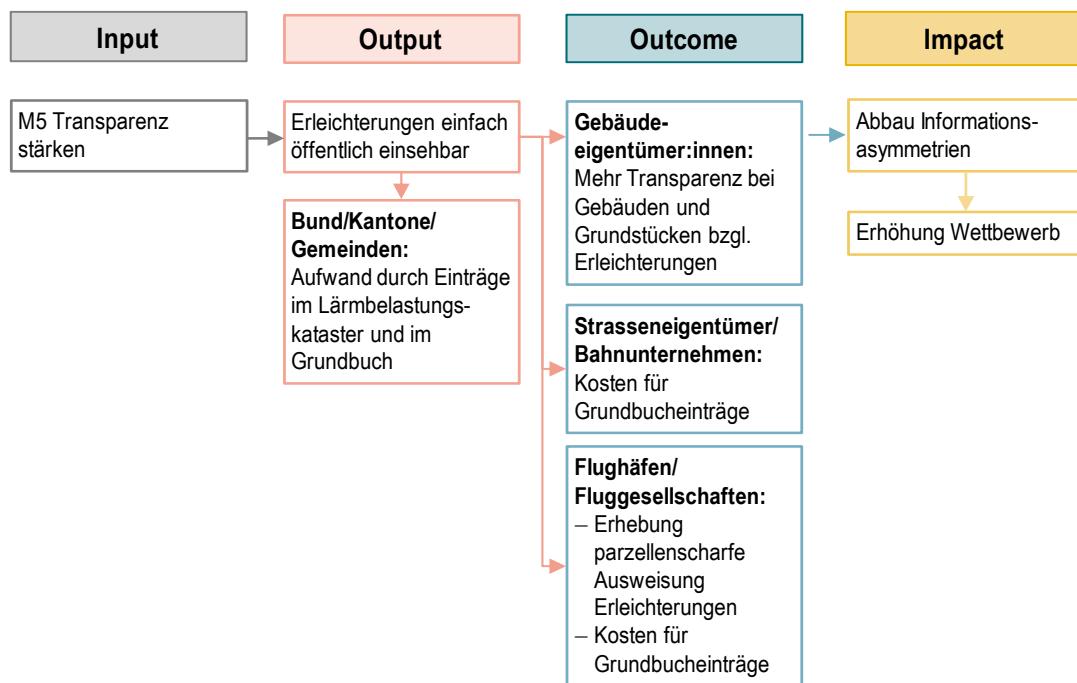


Abbildung 5: Wirkungsmodell für die Massnahmen M5 mit Output, Outcome und Impact

IGW- und AW-Überschreitungen, welche nach Umsetzung der Massnahmenpakete mit vollzogenen, verhältnismässigen Lärmsanierungen Bestand haben resp. aufgrund Grenzwertverschärfungen zusätzlich resultieren, erfordern eine Erleichterung mit anschliessendem, kostenpflichtigem Eintrag in das jeweilige kantonale Grundbuch.

Input	M5: Transparenz stärken
Output	<ul style="list-style-type: none"> – Höherer Vollzugsaufwand durch zusätzlichen Eintrag im kantonalen Grundbuch, einzeln je erleichtertes Gebäude. – Aufwand je nach Zuständigkeit der Vollzugsbehörde (Bund, Kanton, Gemeinde) und für die Gemeinde (Grundbuchamt)
Outcome	<ul style="list-style-type: none"> – Erhöhte Transparenz für Gebäudeeigentümer:innen und Immobilienkäufer – Zusätzliche Kosten für Anlagebesitzer für Einträge ins Grundbuch – Kaum zusätzliche Lärmschutzmassnahmen
Impact	<ul style="list-style-type: none"> – Abbau der Informationsasymmetrien – Berücksichtigung auf den Immobilienmärkten – Höhere Ausschreibungs- und Verkaufskosten für Gebäudeeigentümer:innen und Immobilienkäufer – Kaum geringere Gesundheits- oder Gebäudekosten

Tabelle 27: Beschreibung von Output, Outcome und Impact mit den Massnahmen M5 gegenüber der heutigen Situation.

2.3.5 Massnahmenbeschrieb und Wirkungsmodell M6 «Verursacherprinzip stärken»

Die Massnahme wird in Tabelle 28 beschrieben. Die letzte Spalte zeigt die Relevanz auf, welche die Massnahme für die grenzwertbasierten Massnahmenpakete 1 bis 4 hat.

Beschreibung	Relevanz für Pakete 1 und 2 resp. 3 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Anpassung der LSV an die heutige Praxis. Kosten für Massnahmen, die Grund- oder Gebäudeeigentümer:innen bereits getroffen haben, sind vom Inhaber der Anlage zurückzuerstatten, falls diese im Rahmen einer Lärmsanierung ohnehin gemacht würde.	
Anpassung der LSV: Vorleistungen im Lärmschutz, welche Gebäudeeigentümer geleistet haben, sollen vom Anlagebetreiber zurückerstattet werden, wenn die Anlage saniert wird.	<p>Hauptsächliche Wirkung:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Kosten für Erleichterungen und Ersatzmassnahmen steigen für die Anlagenbetreiber an

Tabelle 28 Beschrieb Massnahme M6 «Verursacherprinzip stärken»

Die LSV soll wie folgt konkretisiert werden:

Art. 11 Kosten

^{4bis} Kosten für Massnahmen, die Grund- oder Gebäudeeigentümer getroffen haben, sind vom Inhaber der Anlage im Umfang ihrer Berücksichtigung im Rahmen der Artikel 7, 8 oder 10 zurückzuerstatten, soweit sie durch die Grund- oder Gebäudeeigentümer getragen wurden.

In der Praxis zeigt sich, dass die genannten lärmindernden Massnahmen in der Regel Schallschutzmassnahmen an Fassaden und Fenster sind (Ersatzmassnahmen statt Lärmschutzmassnahmen im Ausbreitungsweg).

Der Vollzug und die erwartete Wirkung der Massnahme M6 basiert auf dem nachfolgenden Wirkungsmodell.

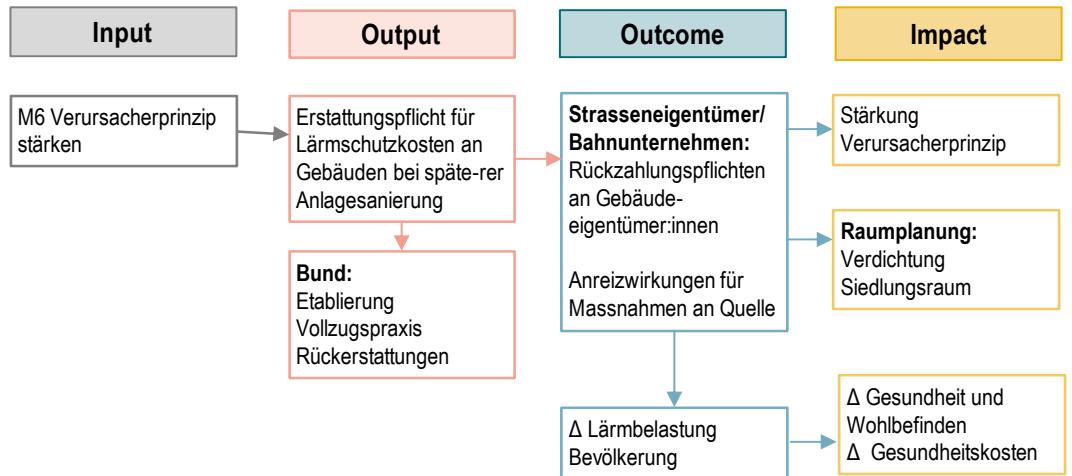


Abbildung 6: Wirkungsmodell für die Massnahmen M6 mit Output, Outcome und Impact

Input	M6: Verursacherprinzip stärken
Output	– Höherer Vollzugsaufwand für Einführung und Umsetzung Erstattungspflicht
Outcome	– Beteiligung der Anlagebesitzer an den Kosten der Gebäudeeigentümer:innen für gebäudeseitige Lärmschutzmassnahmen – Ggf. zusätzliche Lärmschutzmassnahmen an der Quelle – Profitieren von verminderter Lärmelastung (Gebäudeeigentümer:in, direkte Anwohner:innen)
Impact	Wirkungen abhängig von den effektiv realisierten Massnahmen zur Lärmreduktion bzw. vom Anteil der gewährten Erleichterungen. – geringere Gesundheitskosten, höheres Wohlbefinden der Gesellschaft – Erhöhung der Wohnkosten – Anstieg in der Standortattraktivität für Wohn- und Tourismusregionen – Ggf. Verdichtung Siedlungsraum

Tabelle 29: Beschreibung von Output, Outcome und Impact mit den Massnahmen M6 gegenüber der heutigen Situation.

2.3.6 Massnahmenbeschrieb M12 «Grenzwertschema»

Die Massnahme wird in Tabelle 30 beschrieben. Die letzte Spalte zeigt die Relevanz auf, welche die Massnahme für die grenzwertbasierten Massnahmenpakete 1 bis 4 hat.

Beschreibung	Relevanz für Pakete 1 und 2 resp. 3 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Das Grenzwertschema soll abbilden, dass sich die Verkehrslärmarten in ihrer Störwirkung unterscheiden. Diesbezüglich soll eine erhöhte Sensibilisierung erreicht werden.	
Anpassung der LSV: Die unterschiedlichen Störwirkungen der Lärmarten soll im Grenzwertschema abgebildet werden. Das heisst, die Normierungskorrekturen fallen weg. Die Massnahme hat keine Auswirkungen auf die Höhe der Grenzwerte	Die Massnahme hat keine Auswirkungen auf die Höhe der Grenzwerte

Tabelle 30 Beschrieb Massnahme M12 «Grenzwertschema»

Der Vollzug und die erwartete Wirkung der Massnahme M12 basiert auf dem nachfolgenden Wirkungsmodell.

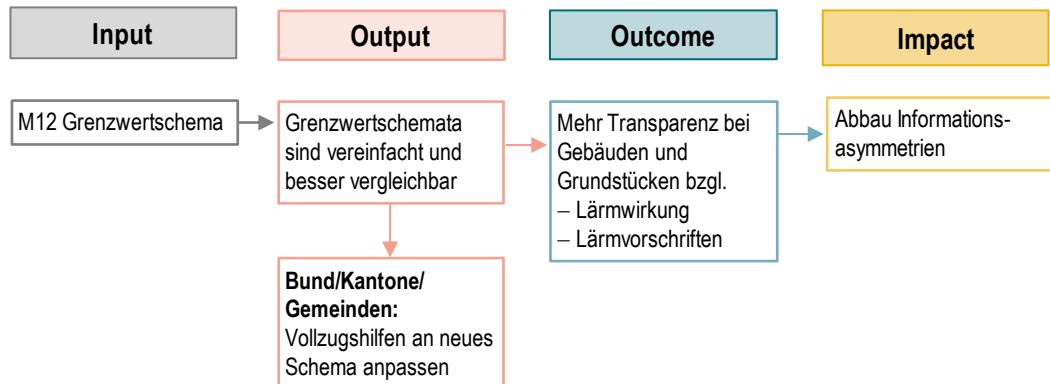


Abbildung 7: Wirkungsmodell für die Massnahmen M12 mit Output, Outcome und Impact

Input	M12: Grenzwertschema
Output	– Anpassung von Vollzugshilfen (kein zusätzlicher Aufwand, da im Rahmen von M1 umgesetzt)
Outcome	– Erhöhte Transparenz für Gebäudeeigentümer:innen und Immobilienkäufer – Keine zusätzlichen Lärmschutzmassnahmen
Impact	– Abbau der Informationsasymmetrien – Keine geringeren Gesundheitskosten bzw. höheres Wohlbefinden der Gesellschaft

Tabelle 31: Beschreibung von Output, Outcome und Impact mit den Massnahmen M12 gegenüber der heutigen Situation.

3 Relevanzanalyse

Die VOBU hat sich an vorgegebenen Beurteilungskriterien auszurichten, welche vor Beurteilung einer Relevanzanalyse unterzogen werden sollen (BAFU, 2020). Die Vorarbeiten zur VOBU (Ecoplan, 2022a und 2022b) enthalten eine ausführliche Relevanzanalyse, diese wurde u. a. gemeinsam mit der Begleitgruppe validiert. Die Paketbildung wurde nach Abschluss von Vorarbeiten und Relevanzanalyse vorgenommen.

Tabelle 32 fasst die Ergebnisse der Relevanzanalyse für die Massnahmen zusammen, wobei nur Beurteilungskriterien ausgewählt wurden, welche mindestens für eine Massnahme eine mittlere oder hohe Relevanz aufweisen (d. h. gering Relevanz resp. Irrelevanz wird nicht unterschieden). Die Validierung der Relevanzanalyse mittels den Wirkungsketten zu den prüfenden Massnahmen (siehe Kapitel 2.2 und Kapitel 2.3) bestätigt die Beurteilungskriterien, welche für mehrere Massnahmen eine hohe Relevanz anzeigen. Der Fokus der VOBU wird auf die rot umrandeten Beurteilungskriterien gelegt.

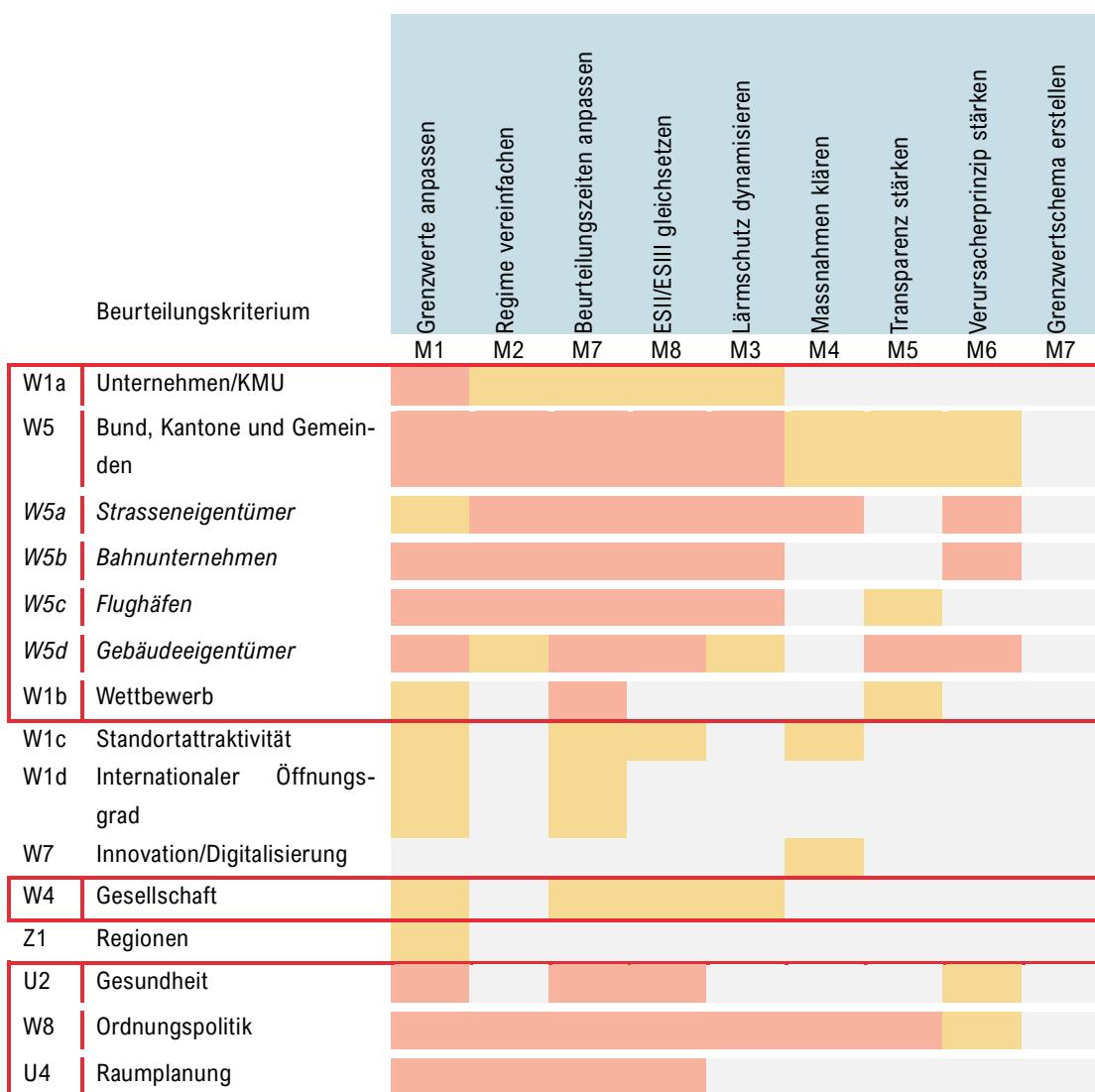


Tabelle 32 Zusammenfassung Relevanzmatrizen aus der Grobbeurteilung, fokussiert auf **hohe** und **mittlere** Relevanz auf Basis Ecoplan, 2022b

Nachfolgend werden die Abweichungen gegenüber der Relevanzanalyse aus den Vorarbeiten begründet.

	Beurteilungs-kriterium	Überprüfung	Begründung
W4	Gesellschaft	beurteilen	Der Gesellschaft wird eine hohe Relevanz beigemessen bei in der Unterscheidung von Gesundheit und Wohlbefinden zu. Während Gesundheit U2 sich auf einen physischen und psychischen Zustand von Individuen bezieht, entspricht Wohlbefinden auch einer qualitativ zu beschreibenden Empfindung eines Kollektivs mit Situationen, Lebensumständen, Erholungsmöglichkeiten, Handlungsalternativen (bspw. betreffend Mobilität) etc. W4 soll zur Vertiefung beigezogen werden.
W1c	Standortattraktivität	nicht beurteilen	Es werden keine Wirkungen erwartet, welche eine relevante Eigenschaft von Standorten resp. Standorttypen dahin gehend verändern, dass dies mit hoher Kausalität beschrieben werden könnte. Die Standortattraktivität wird als ein Teil der Wettbewerbsfähigkeit in W1b betrachtet (inkl. spezifischer Aussagen betreffend die Flughäfen)
W1d	Internationaler Öffnungsgrad	nicht beurteilen	Die Relevanzanalyse bezeichnet den Grad der internationalen Öffnung aufgrund möglicher Einschränkungen für die Flughäfen resp. den Flugverkehr als mittel relevant. Dieser Aspekt wird im Kriterium W1b Wettbewerb abgebildet.
W7	Innovation/Digitalisierung	nicht beurteilen	Die Relevanzanalyse sieht eine mögliche Anregung von Forschung für lärmarme Beläge und Quellmassnahmen an Fahrzeugen/Schienen als ggf. möglich an (Massnahme M4 «Massnahmen klären»). Die Wirkungskette ist zu hypothetisch, um als relevant zur VOBU-Vertiefung zu gelten.
Z1	Regionen	nicht beurteilen	Die Massnahmen zeigen identische Wirkungsketten, welche regionsunabhängig sind. Einzelne Wirkungen können ggf. ein räumlich differenziertes Bild zeigen, in Abhängigkeit von Bevölkerungs- und Bebauungsdichten sowie Dichte an lärmverursachender Verkehrsinfrastruktur.

Tabelle 33 Abweichende Beurteilungen Relevanzanalyse

Die angepasste Relevanzanalyse wurde mit der Begleitgruppe vor der Anwendung im Rahmen des Detailkonzepts validiert.

4 Lärmarten und heutige Situation

4.1 Grenzwertüberschreitungen und volkswirtschaftliche Gesundheits- und Gebäudekosten

Lärmbelastungen sind nach LSV in Bezug auf eine spezifische Lärmquelle zu betrachten. Grenzwertüberschreitungen müssen gesondert nach Lärmarten ermittelt, beurteilt und vermieden resp. vermindert werden. Es werden die für die VOBU relevanten Lärmarten Straßenlärm (alle Strassentypen), Eisenbahnlärm (Güter-, Personen- und Rangierverkehr), Lärm ziviler Flugplätze, Lärm militärischer Flugplätze, Lärm ziviler und militärischer Schiessanlagen sowie Industrie- und Gewerbelärm unterschieden. Alle Lärmarten führen aktuell zu Grenzwertüberschreitungen, wenn auch in unterschiedlichem Ausmass in Anzahl und dB-Ausmass. M1 «Grenzwerte anpassen» sieht neue Grenzwerte für die Hauptlärmarten Straßen-, Bahn- und Fluglärm vor. Für die Hauptlärmarten wurden umfangreiche Simulationen durchgeführt.

Die Simulationen zu Straßenlärm wurden auf Basis der sonBASE 2015⁸ ausgeführt, ebenso die Fluglärmberechnungen für die Flughäfen Zürich und Genf. sonBASE 2015 für die Flughäfen basiert auf EMPA 2015. Für den Euroairport Basel-Mulhouse wurde eigens eine Berechnung mit dem Lärmausbreitungsmodell von n-Sphere für das Betriebsjahr 2019 vorgenommen. Die Lärmberechnungen für die Eisenbahn entsprechen den bislang nicht publizierten Berechnungen mit sonBASE 2021 mit den Betriebsdaten für dieses Jahr. Alle Auswertungen erfolgten über die Wohnungen, wobei beim Fluglärm alle Wohnungen eines Gebäudes die gleichen Pegel zugewiesen erhielten. Zur Bestimmung der Empfindlichkeitsstufe (ES) wurden die Bauzonen des ARE für das Jahr 2012 verwendet. Die ES wurde anhand des Bauzonentyps wie folgt zugewiesen:

Zonentyp	ES
Arbeitszonen	ESIV
eingeschränkte Bauzonen	ESII
Mischzonen	ESIII
Tourismus- und Freizeitzonen	ESII
Verkehrszenen innerhalb der Bauzonen	ESIII
weitere Bauzonen	ESIII
Wohnzonen	ESII
Zentrumszonen	ESIII
Zonen für öffentliche Nutzungen	ESII

Tabelle 34 Zuordnung von Empfindlichkeitsstufen nach standardisierten Bauzonentypen des ARE

⁸ Die Jahrzahlen zu den Berechnungsmodellen beziehen sich auf die Referenzjahre für die Verkehrsinformationen, Statistikdaten und übrige verwendete Daten.

Die Auswertungen zum Eisenbahnlärm wurden auf Basis der sonBASE-Berechnung für das Jahr 2021 ausgeführt (sonBASE 2021, unveröffentlicht). Die Lärmempfindlichkeitsstufen wurden für diese Berechnung aus dem Datensatz «Lärmempfindlichkeitsstufen (in Nutzungszenen)» von geodienste.ch (Zugriff vom 31.7.2023) bezogen und Lücken in den Kantonen BE, SO, SZ, FR, JU, BL, GE, NE gemäss Zuordnung oberhalb aus den Bauzonen 2022 gefüllt.

Während es bei den Berechnungen 2015 keine Gebiete mit ESI gab, enthält der Datensatz für das Jahr 2021 insgesamt 49 Wohnungen mit 74 Bewohner:innen, die jedoch keiner relevanten Belastung durch Eisenbahnlärm ausgesetzt sind. Daher werden im Folgenden keine Zahlen zu belasteten Personen und Gebäuden mit ESI ausgewiesen. Zu Beurteilungen von Gebäuden ohne Angaben zur ES wurden die Grenzwerte der ESIII verwendet.

Strassenlärm

Die Tabelle 35 belegt unterschieden nach Empfindlichkeitsstufe der Nutzungszenen und Art der Grenzwertüberschreitung, dass trotz umfangreichen Sanierungen ein beachtlicher Teil der Bevölkerung der Schweiz anhaltend durch schädlichen und lästigen Strassenlärmbeeinträchtigt wird (Überschreitung der IGW). Die ausgewiesenen Zahlen basieren auf Simulationen mit sonBASE 2015.

Indikator		ESII	ESIII	ESIV	ES nd	Total
Über PW	Personen	1'330'595	823'082	13'141	59'944	2'226'762
	Wohnungen	685'591	462'312	7'438	30'981	1'186'322
Über IGW	Personen	619'055	363'216	3'068	23'245	1'008'584
	Wohnungen	325'737	205'335	1'778	12'181	545'031
Über AW	Personen	15'811	37'552	174	3'138	56'675
	Wohnungen	9'097	21'479	91	1'690	32'357

Tabelle 35 Aktuelle Grenzwertüberschreitungen am Tag oder in der Nacht (Referenz) durch Strassenlärm, nach Empfindlichkeitsstufen (Lärmbelastungen in Lr Tag/Nacht). Quelle: Berechnungen n-Sphere auf Basis sonBASE 2015, 2023

Die Tabelle 35 belegt die enorme Flächenwirkung mit einer hohen Anzahl an betroffenen Personen und Gebäuden durch Strassenlärm. Vor allem betroffen sind Städte und der Agglomerationen, weil über 90 % der betroffenen Personen in und um grössere Zentren leben⁹.

Zu den wichtigsten negativen Wirkungen durch übermässige Lärmbelastungen zählen Kosten für die Gesundheit sowie Wertminderung für Gebäude aufgrund reduzierter Zahlungsbereitschaft bei lärmbedingten Einbussen des Wohlbefindens in Wohnräumen. Entgangene Mieterräge und Reduktionen in den Wiederverkaufswerten von Gebäuden können im Sinne einer Opportunitätskostenbetrachtung als Gebäudekosten bezeichnet werden. Beide, Gesundheits- und Gebäudekosten, machen sich ab dem Überschreiten von Lärmbelastungswerten bemerkbar.

⁹ Stand der Lärmbelastung in der Schweiz (admin.ch) (Zugriff am 28.8.2023)

Für Strassenlärm wurden die entsprechenden Schwellenwerte (48 dB (L_{den}) für Gesundheitskosten und 40 dB(A) (Nachtlärm) für Gebäudekosten) mittels Studien für die Schweiz ermittelt (ZKB, 2011 und Ecoplan, 2022a), inklusive den jährlichen Kosten je Dezibel über Schwellenwert. Die Gebäudekosten wurden hierbei mittels hedonischem Preismodell ermittelt, sodass die Lärmkosten isolierte ausgewiesen werden. Hierdurch liegen auch keine Verzerrung vor, wenn Liegenschaften gleichzeitig von hoher Lagequalität direkt an Verkehrs wegen profitieren, sich hieraus aber negative Lärmwirkungen ergeben.

	Mio. CHF/a
Gesundheitskosten	1'006.3
Gebäudekosten	823.2

Tabelle 36 Gesundheits- und Gebäudekosten durch Strassenlärm (alle Strassen) pro Jahr. Quelle: Eigene Berechnung

Das ARE berechnet die Lärmkosten im Rahmen der externen Kosten und Nutzen des Verkehrs (2023). Für die VOBU konnten die ARE-Ergebnisse nicht direkt verwendet werden, da das ARE keine jährlich aktualisierten Kostensätze je Personendezibel (Pers-dB) resp. Wohnungsdezibel (Whg-dB) berechnet¹⁰. Die Kostensätze wurden im Zuge der VOBU-Voruntersuchung (Ecoplan, 2022a) und in der VOBU gemäss Methodenbeschrieb des ARE (Ecoplan und Infras, 2014 sowie Infras und Ecoplan, 2019) mit aktualisierten vereinfachten Annahmen für 2022 geschätzt (auf der Grundlage der Inflation) und für Simulationen auf Basis von neusten Lärmmodellierungen verwendet. Das ARE wird seine Berechnungen auf der Grundlage eines neuen Lärmmodells aktualisieren und bis 2025 Ergebnisse für die Jahre 2021 und 2022 vorlegen.

Eisenbahnlärm

Mit Abschluss des umfangreichen Lärmsanierungsprogramms für Eisenbahnlärm konnten nicht alle Personen resp. Wohnungen unter IGW gebracht werden (siehe Tabelle 37).

¹⁰ Der Kostensatz je Pers-dB beinhaltet die volkswirtschaftlichen Kosten, die bei einer Überschreitung des Schwellenwertes für lästige und schädliche Lärmbelastung je Dezibel und betroffene Person anfallen. Der Kostensatz je Whg-dB beinhaltet die volkswirtschaftlichen Kosten, die bei einer Überschreitung des Schwellenwertes für lästige und schädliche Lärmbelastung je Dezibel und betroffene Wohnung anfallen. Die Schwellenwerte hierzu liegen unterhalb der aktuellen Grenzwerte von PW und IGW.

Indikator		ESII	ESIII	ESIV	ES nd	Total
Über PW	Personen	41'487	31'900	464	1'009	74'860
	Wohnungen	21'578	18'516	262	586	40'942
Über IGW	Personen	11'466	7'799	43	435	19'743
	Wohnungen	6'013	4'570	28	226	10'837
Über AW ¹¹	Personen	1	11	0	0	12
	Wohnungen	1	15	0	0	16

Tabelle 37 Aktuelle Grenzwertüberschreitungen am Tag oder in der Nacht (Referenzjahr 2021) durch Eisenbahnlärm, nach Empfindlichkeitsstufen (Lärmbelastungen in Lr Tag/Nacht). Quelle: Berechnungen n-Sphere auf Basis auf dem Emissionskataster 2021 des BAV und sonBASE 2021 (2023, nicht veröffentlicht).

Die Anzahl der Grenzwertüberschreitung bei Berechnung mit neusten Statistiken und Verkehrsdaten für das Jahr 2021 (sonBASE 2021, noch unveröffentlicht) fallen jedoch in einem deutlich tieferen Umfang aus, als dies für Straßenlärm der Fall ist. Gründe hierfür sind u. a.

- die geringere Netzlänge der Eisenbahn gegenüber Straßen
- andere räumliche Bedingungen von Bahnanlagen im Siedlungsraum
- höhere Grenzwerte aufgrund des «Schienenbonus» durch die Pegelkorrektur K1 nach Anhang 4 der LSV
- Durchführung eines Lärmsanierungsprogramms, mit welchem von 2000 bis 2022 nicht nur auf dem gesamten Bahnnetz Lärmsanierungen, sondern auch Sanierungen von Güterwagen für rund 1.77 Mrd. CHF (BAV, 2023 resp. siehe auch Kapitel 4.2) durchgeführt wurden
- Einfluss der Verwendung der aktualisierten ES-Daten für das Jahr 2021.

Für die mit Eisenbahnlärm verbundenen Gesundheitskosten gelten die gleichen Schwellenwerte und Kostensätze wie für Straßenlärm. Betreffend Gebäudekosten wirkt sich Bahn lärm abweichend zum Straßenlärm aus, die Schwellenwerte und Kostensätze entsprechend denjenigen des ZKB-Lärmmass¹² und werden in Anhang A-9 im Detail dargelegt (ZKB, 2011). Die Tabelle 38 zeigt die ermittelten jährlichen Gesundheits- und Gebäudekosten im Zusammenhang mit Eisenbahnlärm.

	Mio. CHF/a
Gesundheitskosten	89.0
Gebäudekosten	42.5

Tabelle 38 Gesundheits- und Gebäudekosten durch Eisenbahnlärm pro Jahr. Quelle: Eigene Berechnung

Lärm Landesflughäfen

Die Landesflughäfen Zürich, Genf und Basel-Mulhouse sind aufgrund des Flugbetriebes Verursacher von erheblichen Lärmbelastungen. Besonders belastet von Fluglärm sind

¹¹ Die tiefen Werte zur AW-Überschreitung wurden durch eine zweite Rechenart mittels manuelle Kontrolle bestätigt.

¹² 40 dB(A) für Nachtlärm bzw. über 50 dB(A) Taglärm, falls Nachtlärm unter 40 dB(A).

Personen in ESII, welche erheblich an ihrem Wohnort von schädlichem und lästigem Lärm betroffen sind (Überschreitung der IGW, Tabelle 39).

Indikator		ESII	ESIII	ESIV	ES nd	Total
Über PW	Personen	161'889	69'757	1'247	4'999	237'892
	Wohnungen	72'664	32'719	548	2'605	108'536
Über IGW	Personen	60'135	23'868	907	908	85'818
	Wohnungen	26'444	10'966	392	550	38'352
Über AW	Personen	5'299	1'252		28	6'579
	Wohnungen	2'362	537		17	2'916

Tabelle 39: Aktuelle Grenzwertüberschreitungen (Referenz) Fluglärm für Flughäfen Zürich, Genf und Basel-Mulhouse, nach Empfindlichkeitsstufen (Lärmbelastungen in L_r Tag/Nacht). Quelle: Berechnungen EMPA auf Basis sonBASE2015 und n-Sphere mit sonAIR für Flughafen Basel-Mulhouse.

Wie beim Strassen- und Eisenbahnlärm können die durch den Fluglärm verursachten Gesundheits- und Gebäudekosten anhand geeigneter Schwellenwerte (48 dB (Lden) für Gesundheitskosten und 50 dB (Taglärm) für Gebäudekosten) und Kostensätze quantifiziert werden. Wie in Anhang A-9 ersichtlich, sind die durch Fluglärm verursachten Gebäudekosten pro dB bedeutend höher als beim Strassen- und Eisenbahnlärm, während sich der Kostenansatz für die Gesundheitskosten nicht unterscheidet. Dadurch entstehen durch den Fluglärm der Landesflughäfen zwar geringere Gesundheitskosten als durch den Eisenbahnlärm, aber höhere Gebäudekosten.

	Mio. CHF/a
Gesundheitskosten	48.2
Gebäudekosten	85.1

Tabelle 40: Gesundheits- und Gebäudekosten durch Fluglärm der Landesflughäfen pro Jahr. Quelle: Eigene Berechnung

Lärm regionale Flugplätze

Tabelle 41 zeigt die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen nach Empfindlichkeitsstufe durch die Lärmbelastung regionaler Flugplätze und Flugfelder. Im Vergleich zur Lärmbelastung durch die Landesflughäfen sind bedeutend weniger Personen durch Grenzwertüberschreitungen durch regionale Flugplätze und Flugfelder betroffen. In der Summe sind nur 318 Personen und 147 Wohnungen durch IGW-Überschreitungen betroffen.

Gemäss LSV können für konzessionierte Anlagen Erleichterungen erteilt werden. Alle regionalen Flugplätze mit Ausnahme von Altenrhein sind konzessioniert, weshalb IGW-Überschreitungen möglich sind.

Indikator		ESII	ESIII	ESIV	Total
Über PW	Personen	6'350	18	0	6'367
	Wohnungen	2'761	8	0	2'768
Über IGW	Personen	286	27	0	313
	Wohnungen	124	12	0	136
Über AW	Personen	5	0	0	5
	Wohnungen	2	0	0	2

Tabelle 41: Kumulierte Lärmbelastung durch die regionalen Flughäfen der Schweiz. Quelle: Eigene Zusammenstellung aufgrund Lärmkataster BAZL

Eine exakte Quantifizierung der durch den Fluglärm regionaler Flugplätze verursachten Gesundheits- und Gebäudekosten ist aufgrund fehlender Daten zur genauen Lärmbelastung der Personen und Wohnungen nicht möglich. Allerdings ist eine grobe Abschätzung anhand der Gesundheits- und Gebäudekosten durch die Landesflughäfen und dem Verhältnis der IGW-Überschreitungen durch die Landesflughäfen und den IGW-Überschreitungen durch regionale Flugplätze möglich. Wie in Tabelle 42 ersichtlich, sind die durch regionale Flugplätze verursachten Gesundheits- und Gebäudekosten vernachlässigbar, verglichen mit den durch die Landesflughäfen verursachten externen Kosten.

	Mio. CHF/a
Gesundheitskosten	0.18
Gebäudekosten	0.30

Tabelle 42: Gesundheits- und Gebäudekosten durch Fluglärm regionaler Flugplätze pro Jahr. Quelle: Eigene Berechnung

Lärm Flugfelder

Die Auswirkungen des Fluglärms sind fast vollständig auf Landesflughäfen zurückzuführen. Weniger als 0.5 % der von Wertüberschreitungen betroffene Personen und Gebäude sind auf regionale Flughäfen zurückzuführen (siehe Tabelle 39 resp. Tabelle 41). Zur Lärmbelastung durch Flugfelder in der Schweiz liegen keine genauen Daten vor. Die theoretisch grösstmögliche Lärmbelastung führt für zehn der 32 betrachteten Flugfelder in der Schweiz zu PW-Überschreitungen (Quelle: Auswertung Lärmbelastungskataster BAZL). Wobei Neuenburg das einzige Flugfeld der Schweiz ist, welches für IGW-Überschreitungen verantwortlich ist.

Militärischer Fluglärm

Über die aktuellen Lärmbelastungen durch militärischen Fluglärm liegen keine Daten vor. Das Lärmbelastungskataster für Fluglärm, welches das BAZL führt, integriert keinen militärischen Fluglärm in seinen öffentlich zugänglichen Informationen (siehe map.geo.admin.ch, Zugriff vom 17.8.2023).

Ziviler Schiesslärm

In der Schweiz bestehen, gemäss Angaben der Kantone im Jahr 2022 gegenüber dem BAFU, derzeit 1'618 zivile Schiessanlagen, wovon nur eine niedrige Anzahl Indooranlagen

oder lärmarme Anlagen für Armbrust und Kleinkaliberwaffen sind (BAFU, 2023b). Schweizweite Daten zur Belastung der Bevölkerung durch zivilen Schiesslärm liegen keine vor. Ver einzelten Kantone führen ein kantonales Lärmelastungskataster für zivilen Schiesslärm, bspw. die Kantone Genf, Basel-Landschaft und Graubünden. Auf Basis der beiden Kantone GE und BL mit urbaner und ländlicher Siedlungsstruktur wurde eine grobe Hochrechnung für die gesamte Schweiz vorgenommen. Tabelle 43 zeigt, welche Belastungen von den 1618 bestehenden zivilen Schiessanlagen ausgehen könnten.

Indikator		ESII	ESII	ESIV	ES nd	Total
Über PW	Personen	34'500	9'800	200	200	44'700
	Wohnungen	15'700	4'500	100	100	20'400
Über IGW	Personen	14'100	5'100	10	0	19'210
	Wohnungen	6'400	2'300	>10	0	8'710
Über AW	Personen	2'100	2'400	0	0	4'500
	Wohnungen	1'000	1'100	0	0	2'100

Tabelle 43: Aktuelle Grenzwertüberschreitungen (Referenz) durch zivilen Schiesslärm, nach Empfindlichkeitsstufen (Lärmelastungen in Lr Tag/Nacht). Quelle: Berechnungen n-Sphere mit sonARMS für Basel-Landschaft (50 Anlagen) und Genf (8 Anlagen). Hochrechnung für 1618 zivile Schiessanlagen der Schweiz durch econcept.

Die Stichprobe der beiden Kantone mit städtischem und ländlichem Charakter zeigt, dass die Anlagen zu IGW-Überschreitungen führen. Tendenziell dürften die tatsächlichen Zahlen niedriger liegen, da die beiden Kantone GE und BL zu der Gruppe von Kantonen zählen, in welchen die Sanierungspflicht innerhalb der gesetzlichen Frist nicht vollständig umgesetzt wurde. Insbesondere im Kanton BL wartet eine höhere Anzahl an Schiessanlagen auf die Sanierung (BAFU, 2023b).

Die Schiessanlagen stehen meist in ausreichendem Abstand zu Siedlungsräumen, da dies bereits bei Errichtung als besonders lärmverursachend und mit besonderen Gefahren versehen beurteilt wurden. Zudem lässt sich die Lärmelastung über die jährliche Schusszahl und hiermit verbundene Auflagen gezielt steuern.

Aufgrund der ungenauen Daten wird auf eine Berechnung von Gesundheits- und Gebäudekosten verzichtet.

Militärischer Schiesslärm

Zu militärischen Zwecken existieren 146 Schiessplätze, welche im Einklang mit der strukturellen Umgestaltung der Armee mit ihren Ausbildungskonzepten auf 119 reduziert werden sollen (VBS, 2023). Schwere Waffen (schwere Infanterie, Artillerie, Panzertruppen, Flieger- und Fliegerabwehrtruppen) werden auf 51 Schiessplätzen eingesetzt, die übrigen Schiessplätze sind ausschliesslich für leichte Waffen zugelassen. Der Sachplan Militär (SPM) befindet sich derzeit in Überarbeitung, mit Anpassungen an den Objektblättern der Schiessplätze (www.vbs.admin.ch, Zugriff vom 28.7.2023).

Für rund 40 der künftig zu betreibenden Anlagen werden Grenzwertüberschreitungen vermutet und derzeit einer Detailanalyse unterzogen (VBS, undatiert). Die Detailanalyse erfolgt

im Rahmen eines Sanierungsprogramms für militärische Schiessanlagen (siehe Kapitel 4.2).

Industrie- und Gewerbelärm

Industrie- und Gewerbelärm entsteht beispielsweise durch Maschinenlärm, Prozessluftanlagen, Güterumschlag, Kraftwerksbetrieb (Turbinen- und Generatorenenschwingung, Wasserrücklauf, Windenergieanlagen), Förderband- und Seilbahnbetrieb etc. Ebenso fallen jegliche industrielle und gewerbliche Tätigkeiten als auch Gastronomie- und Landwirtschaftsbetriebe darunter. Daneben werden auch mit dem Gebäudebetrieb verbundene Lärmquellen wie Wärmepumpen, Lüftungs- und Klimaanlagen, Poolpumpen als auch Verkehrslärm von Parkplätzen dazugezählt.

Der aus industriellen und gewerblichen Tätigkeiten entstehende Lärm wird nicht in einem systematischen Lärmbelastungskataster erfasst. Vielmehr wird die Einhaltung von Planungs- und Immissionsgrenzwerten im Rahmen von Bau- und Anlagebewilligungsverfahren sichergestellt resp. es wird im Rahmen der Raumplanung nach dem Vorsorgeprinzip auf ausreichende Abstände geachtet. Es liegen keine Daten vor, welche die spezifische Situation regionale oder kantonal darstellen oder Hochrechnung zur aktuellen Grenzwertüberschreitung in der Schweiz durch Industrielärm zulassen. Ein hoher Anteil der Anlagen dürfte im Zeitraum seit 1985 neu erstellt oder wesentlich verändert worden sein und daher aktuelle Planungswerte einhalten.

Im Rahmen von leitfadengestützten Interviews mit Raumplaner:innen (siehe Anhang A-10) wurde einheitlich darauf hingewiesen, dass Industrie- und Gewerbelärm keine systematischen Belastungen hervorruft, sondern meist als anlagebezogene Einzelfälle auftritt. Die entsprechenden Einzelfälle sind selten, da die Raumplanung bezüglich lärmiger Gewerbe- und Industrieanlagen die Grundsätze einer Nutzungstrennung befolgt, topografische Lärmbarrieren gezielt nutzt oder mit sog. Siedlungstrenngürteln und ausreichenden Abständen zu lärmempfindlichen Nutzungen arbeitet. Bei Lärmklagen im Umfeld von Gewerbe- und Industrieanlagen erweist sich in vielen Fällen der durch die Anlage erzeugte Verkehr als Ursache. Dieser strassen- und bahnseitige Lärm ist gemäss LSV als eigene Lärmart zu betrachten, während dessen der während des Umschlags entstehender Lärm (bspw. Motoren im Standgas, Stapler- und Rollenlärm bei Ladungsvorgängen) als Industrie- und Gewerbelärm gilt.

In Mischzonen ergeben sich fallweise Konflikte zwischen gewerblicher Nutzung und Wohnnutzung, beispielsweise durch Lärmbelastung im Warenumschlag zu Tagesrandzeiten sowie durch Gastronomie auf Außenflächen. Die Raumplanung verfüge hierzu, gemäss Aussagen der befragten Raumplaner:innen, über den Auftrag (gemäss Art. 3 «Interessenabwägung» RPG) und reiche Erfahrungen in Interessenabwägungen hin zu tragfähigen Lösungen. Cercle Bruit bietet hierbei durch die Bereitstellung von gemeinsamen Hilfsmitteln und Vollzugshilfen wichtige Grundlagen (www.cerclebruit.ch, Zugriff vom 15.8.2023).

4.2 Bisherige Lärmschutzmassnahmen und Erleichterungen

Mit Inkrafttreten der LSV am 1. April 1987 wurden umfangreiche Aktivitäten zur Lärmsanierung aufgenommen und für verschiedene Lärmarten Sanierungspflichten inkl. Fristen festgelegt (bspw. für Strassen bis 2002 resp. nach Verlängerung bis 2018). Über Sanierungsprogramme durch Bund und Kantone wurden umfangreiche finanzielle Unterstützung gewährt. In Erfüllung des Postulats Barazzone 15.3840 führt der Bund die Bekämpfung der Lärmelastung seit 2017 mittels eines nationalen Massnahmenplans weiter (Bundesrat, 2017).

Nachfolgend wird eine Übersicht zum Stand der Sanierungen nach Lärmarten gegeben.

Strassenlärm

Der aktuelle Gesamtaufwand zur Lärmsanierung der Strassen in der Schweiz wird auf rund 6 Mrd. CHF geschätzt (BAFU, 2019), wovon bislang 4.3 Mrd. CHF investiert wurden oder unmittelbar zu Investition vorgesehen sind. Abbildung 8 zeigt, wie sich der Mitteleinsatz, unterteilt nach National- und Hauptstrassen sowie den übrigen Strassen, aufgliedert.

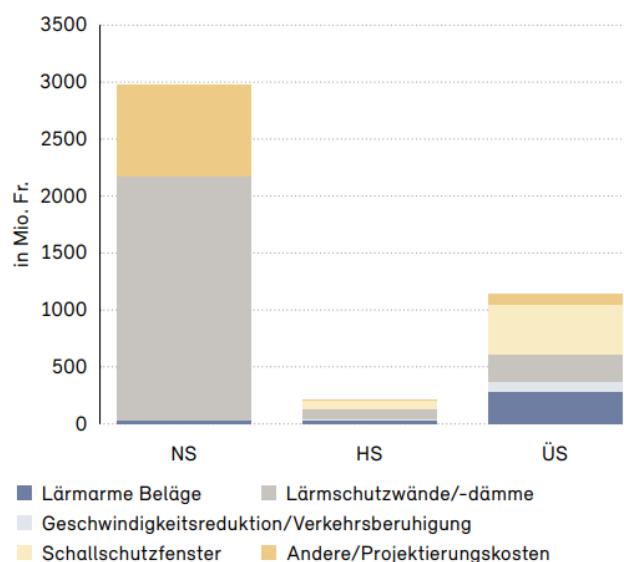


Abbildung 8 Bisher aufgewendete Mittel für die Lärmsanierung der Schweizer Strassen nach Typ der Sanierungsmassnahme, Stand 2018. Strassentypen: NS = Nationalstrassen, HS = Hauptstrassen, ÜS = übrige Strassen. Betreffend Schallschutzfenster entlang von Nationalstrassen liegen keine Daten vor. Quelle: BAFU, 2019

Die meisten Kosten verursachte bislang die Verhinderung der Schallausbreitung durch Lärmschutzwände und -dämme entlang von Nationalstrassen. Die Lärmbekämpfung an der Quelle durch lärmarme Beläge und Geschwindigkeitsreduktionen wurden innerorts erst seit ca. 2013 vermehrt eingesetzt (BAFU, 2019). Nach Ermittlungen des BAFU haben die getroffenen quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen bislang zu einer Senkung von schädlichen und lästigen Lärmelastungen bei fast 270'000 Personen geführt. Weitere 170'000 Personen haben entlang von Hauptstrassen und übrigen Strassen eine wahrnehmbare Lärmreduktion erfahren (BAFU, 2019).

Insbesondere die Massnahme LAB erweist sich als effizient, bei niedrigen Kosten. Die Kosten der Reduktion für ein Pers-dB sind gering. Auf Nationalstrassen wurden bislang auf

mehr als 15.6 Mio. m² lärmarme Beläge der Kategorie I (81 %) und der Kategorie III (19 %) verlegt wurden (ASTRA, 2023)¹³. Bei Annahme einer mehrheitlich 2-spurigen Nationalstrasse mit durchschnittlicher Breite von 25 m entspricht diese einer Streckenlänge von leicht über 500 km.

Trotz der durchgeföhrten Lärmsanierungen sind weiterhin eine hohe Anzahl von Personen resp. Wohnungen schädlicher und lästiger Lärmelastung durch Strassenverkehr ausgesetzt (über IGW, siehe Tabelle 35). Die anhaltende Grenzwertüberschreitung auch nach Durchführung einer Lärmsanierung erfordern Erleichterung nach Art. 14 LSV. Der Umfang der bestehenden Erleichterungen liegt in den in Tabelle 44 geschätzten Bandbreiten.

	Minimum	Realistisch	theoretisches Maximum
Anzahl Erleichterungen	Nationalstrassen: 16'100 HLS der Kantone: 6'900 übrige Strassen: 44'000 Total: ≈ 67'000	Nationalstrassen: 16'100 HLS der Kantone: 9'200 übrige Strassen: 88'000 Total: ≈ 113'300	222'100
Quelle / Herleitung	Nationalstrassen –Tabelle 7, Zwischenbilanz, Teilprogramm Lärmschutz (ASTRA, 2023), Angabe zu den IGW-Überschreitungen –Tendenz abnehmend auf 10'250 HLS/übrige Strassen: –realisierte/geplante Ausgaben SSF (BAFU, 2019) –Mittelwerte SSF-Sanierung je Whg 6'641 CHF –Durchschnittl. Anzahl Whg/Gebäude 2.60	Nationalstrassen –Tabelle 7, Zwischenbilanz, Teilprogramm Lärmschutz (ASTRA, 2023), Angaben zu den IGW-Überschreitungen –Tendenz abnehmend auf 10'250 HLS/übrige Strassen: –Auswertung Verhältnisse Erleichterung/SSF für Kanton TG –HLS: Faktor 1.33 –Übrige Strassen: Faktor 2.0	–IGW-Überschreitungen bei 577'388 Whg –Durchschnittl. Anzahl Whg/Gebäude 2.60

Tabelle 44 Schätzung bestehenden Erleichterungen für Betreiber von Strassenanlagen, gerundete Werte

Eisenbahnlärm

Zur Sanierung von Eisenbahnlärm wurde in den Jahren 2000 bis 2015 ein erstes umfassendes Sanierungsprogramm (sog. Etappe 1) durchgeführt. Zum Zeitpunkt des Starts wurden rund 260'000 Anwohner:innen mit Lärmelastungen über dem Immissionsgrenzwert gezählt (BAV, 2016). 2013 beschlossen die Eidgenössischen Räte ein Nachfolgeprogramm. Beide Programme zusammengenommen, erhielten vom Parlament einen Finanzrahmen von rund 1.77 Mrd. CHF (Stand 2016). Grundlage zur Lärmsanierung bei der Eisenbahn bietet das Bundesgesetz über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (BGLE) vom 24. März 2000.

Die Zahl der Personen, die mit schädlichem und lästigem Lärm belastet ist, konnte trotz einer markanten Verkehrszunahme auf aktuell rund 26'000 Personen über IGW (siehe

¹³ Betreffend Kategorien siehe Norm VSS SNR 640 425, wonach Kategorie I (bspw. SDA 8 bis 12) am Ende der akustischen Gebrauchsduer den Lärm um -1 dB(A) mindert. Kategorie III (semidichte Beläge SDA4) erreichen am Ende der akustischen Gebrauchsduer Lärminderungen um -3 dB(A)

Kapitel 4.1, Tabelle 37) reduziert werden. Es wurde nach einer Priorisierung vorgegangen, welche in erster Instanz den Lärm an der Quelle reduziert, in zweiter Instanz die Lärmausbreitung bekämpft und erst in dritter Instanz die Lärmschutzmassnahmen an Gebäuden mittels Schallschutzfenster vorgibt (siehe Abbildung 9). Nach Sanierung sollen demnach zwei Drittel, der bislang von Grenzwertüberschreitungen betroffenen Personen eine Lärmreduktion unter IGW erreichen.

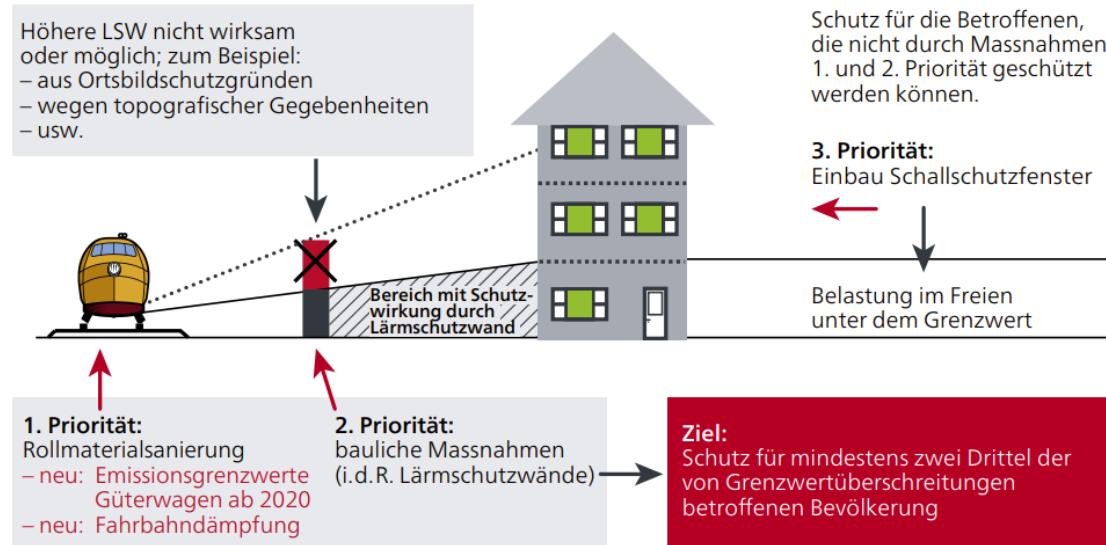


Abbildung 9 Massnahmenkonzept Lärmsanierung. Quelle: BAV, 2023

Bis Ende 2022 wurden für Sanierungen rund 1.67 Mrd. CHF aufgewendet sowie rund 106 Mio. CHF für Innovation und personelle Abwicklung (inkl. Erteilung Erleichterungen) durch den Bund.

Verpflichtungskredit Aufteilung auf Teilprojekte	Aktueller Kredit	Verpflichtungen Bund (max.)	Auszahlungen des Bundes kumuliert	Auszahlungen im Berichtsjahr
Rollmaterialsanierung	309.9	309.9	309.8	-
Lärmschutzbauten, erste Etappe	1'103.0	1'084.1	1'063.5	6.7
Schallschutzfenster, erste Etappe	118.9	108.2	104	-
Massnahmen Oberbau und Ergänzungen LSW	95.0	1.2	1.2	-
Brückensanierung	14.0	1.0	-	-
Schienenschleifen	26.0	-	-	-
Innovation (Ressortforschung und Investitionshilfen)	50.0	30.4	23.7	3
Personal und Projektaufsicht	56.4	51.8	42.4	1.3
Total Lärmsanierung	1'773.2	1'586.6	1'544.6	11.0

Tabelle 45 Verpflichtungskreditkontrolle Lärmsanierung, in Mio. CHF zum effektiven Preisstand. Quelle: BAV, 2023

Die grössten Ausgaben hat bislang die Erstellung von Lärmschutzbauten verursacht. Für rund 1.1 Mrd. CHF wurden in 247 Projekten auf rund 300 Kilometer Lärmschutzbauten realisiert (BAV, 2016).

Beim Rollmaterial wurden nahezu 10'000 Güterwagons mit genügender Restlebensdauer saniert. 2020 wurden zudem in der Schweiz Grenzwerte für alte Güterwagen eingeführt, die faktisch den Betrieb von Fahrzeugen mit Grauguss-Bremsklötzen verbieten. Damit konnte eine weitere markante Reduktion der Lärmemissionen erreicht werden. Umfangreiche Stichproben belegen, dass heute über 99 Prozent der Güterwagons mit leiseren Bremssystemen unterwegs sind. (BAV, 2023).

Als Massnahmen dritter und letzter Instanz wurden in 442 Gemeinden an 18'000 Wohnungen Schallschutzfenster (SSF) verbaut. Verbleibende IGW-Überschreitungen sowie der Einbau von SSF zeigen, dass trotz umfangreichen Massnahmen an Quelle und Ausbreitungsort, für eine grössere Anzahl Gebäude Erleichterungen durch die Anlagebetreiber beantragt werden mussten. Im Programm wurden auch freiwillige Sanierungen an Gebäuden, welche Lärmbelastungen zwischen IGW- und AG-Überschreitungen aufweisen, mit 50 % finanziell unterstützt. Die entsprechenden freiwilligen Möglichkeiten wurden im Rahmen der ersten Etappe von 75 % der Gebäudeeigentümer:innen genutzt (BAV, 2016)

Die Abbildung 10 enthält eine Übersicht über Stand der baulichen Lärmschutzmassnahmen, zusammengefasst in den jeweiligen Gemeinden.

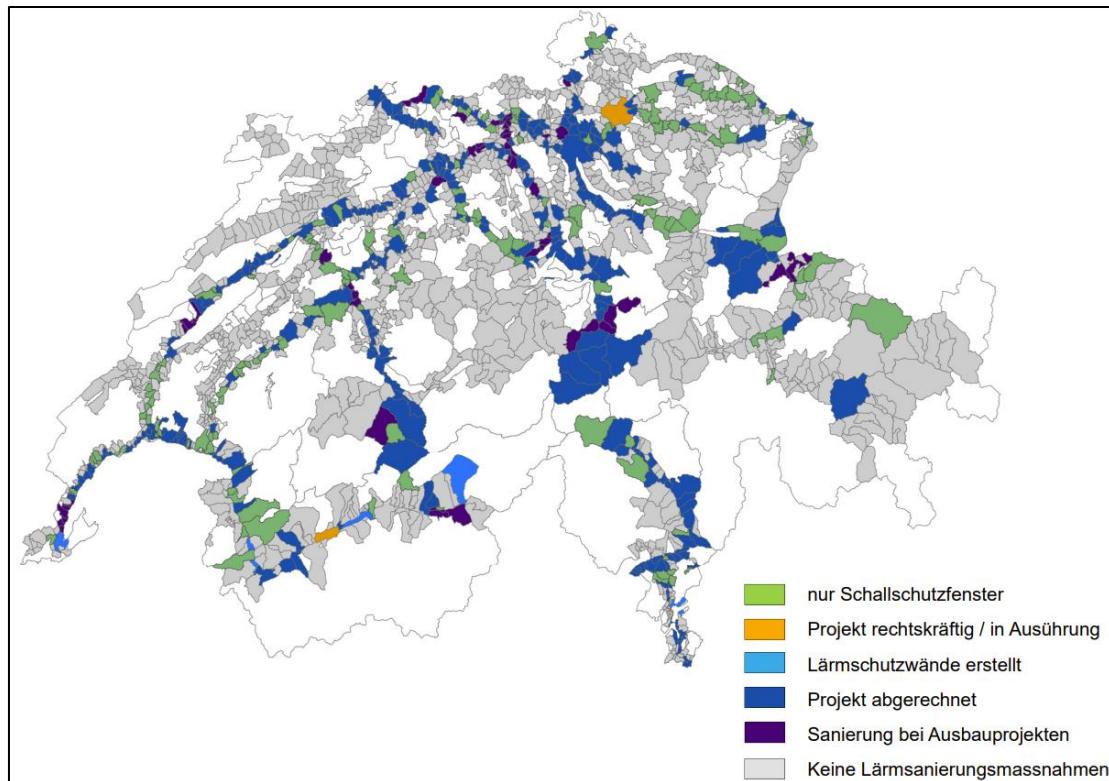


Abbildung 10 Projektstand bauliche Lärmsanierung Eisenbahnlärm per Ende 2019. Quelle: www.bav.admin.ch, Zugriff vom 2.8.2023

In der Zusammenfassung zum Lärmsanierungsprogramm der 1. Etappe, weist das BAV darauf hin, dass bei etwas mehr als 40 % der durchgeföhrten Sanierungsprojekte, aufgrund der wirtschaftlichen Verhältnismässigkeit oder der Abwägung anderer schutzwürdiger Interessen, Erleichterungen gewährt werden mussten (BAV, 2015). Tabelle 46 enthält Schätzung zum aktuellen Umfang der Erleichterungen, basierend auf der aktuellen Berichterstattung des BAV (2023).

	Minimum	Realistisch	theoretisches Maximum
Anzahl Erleichterungen	12'200	≈13'000	14'200
Quelle / Herleitung	BAV, 2016 und 2023 –bislang mit SSF ausgerüstete Gebäude/Wohnungen –Betroffene Grundeigentümer:innen –GE und TI als letzte Kantone im Abschluss mit weiteren rund 700 Gebäuden	BAV, 2023 –Korrektur um Anteil ohne SSF aufgrund freiwilliger Beteiligungsquote für SSF zwischen IGW und AW	–IGW-Überschreitungen bei 36'900 Whg –Durchschnittl. Anzahl Whg/Gebäude 2.60

Tabelle 46 Schätzung zu den bestehenden Erleichterungen für Betreiber von Bahnanlagen

Ziviler Fluglärm

Die Bekämpfung von Fluglärm sollte aufgrund seiner grossflächigen Ausbreitung primär an der Quelle erfolgen, insbesondere da eine Bekämpfung am Ausbreitungsweg nicht möglich ist. Zu den heute bereits umgesetzten wichtigsten Massnahmen an der Quelle beim Fluglärm gehören betriebliche Einschränkungen wie ein Nachtflugverbot, planerische Massnahmen wie die Festlegung von Flugrouten und Mindestflughöhen und technische Massnahmen wie die Flottenerneuerung zu leiseren Flugzeugen. Die Umsetzung letzterer Massnahme wird aktuell bereits durch geeignete Anreizsysteme wie lärmabhängige Landetaxen und Emissionsgrenzwerte für Flugzeuge beschleunigt.

Trotz der quellenseitigen Massnahmen ist die Einhaltung der Grenzwerte bei den Landesflughäfen häufig nicht möglich. In diesen Fällen werden den Flughafenbetreibern Erleichterungen gewährt und die Lärmbekämpfung erfolgt durch gebäudeseitige Lärmschutzmassnahmen. Anders als beim Strassen- und Eisenbahnlärm müssen die Flughafenbetreiber von Genf und Zürich die vollen Kosten für die gebäudeseitigen Massnahmen bereits bei IGW-Überschreitungen und nicht erst bei AW-Überschreitungen tragen. Nachfolgend werden genauere Daten zu den ergriffenen immissionsseitigen Massnahmen durch die Flughäfen Zürich und Genf gezeigt sowie eine Schätzung für die Anzahl Erleichterungen beim Lärm durch die Landesflughäfen hergeleitet.

Flughafen Zürich

Der Schallschutzperimeter des Flughafens Zürich, welcher durch IGW-Überschreitungen festgelegt wird, umfasst rund 71'368 Personen. Für das Jahr 2019 wurden bei rund 80.6 ha Wohnzone der IGW für die zweite Nachtstunde und bei 15.6 ha für die erste Nachtstunde überschritten.

Der Flughafen Zürich unterhält ein Schallschutzprogramm, um die Bevölkerung vor dem Fluglärm zu schützen: Bis zum Jahr 2019 erfasste das Programm die 71'368 Personen und 6'400 Gebäude. Bis Ende 2022 wurden an rund 5'600 Liegenschaften Schallschutzmassnahmen umgesetzt. Die budgetierten Kosten des Programms belaufen sich auf rund 340 Mio. CHF, wovon zum Ende des Jahres 2022 rund 285 Mio. CHF umgesetzt wurden (Quelle: Informationen direkt abgegeben durch die Flughafen Zürich AG, 2023).

	ESII	ESIII	Total
Schallschutzperimeter (SSP) des Flughafens Zürich belastete Personen über IGW (Angaben des Flughafens Zürich)	48'066	23'302	71'368
Belastete Personen über IGW (Leq) (Lärmbelastung 2019)	40'845	17'120	57'965
Wohnungen belastet über IGW. (SSP 40'853 Wohnungen, 11'311 LS, Stand 16.01.2023) > 3.7 Wohnungen pro LS	2'490	1'207	32'832
Gebäude belastet über IGW	5'419	981	6'400

Tabelle 47: Lärmelastung und Eckdaten für das Schallschutzprogramm des Flughafens Zürich. Quelle: Informationen direkt abgegeben durch die Flughafen Zürich AG

Das Programm umfasst sowohl Rückerstattungen für vorgängig ausgeführte Massnahmen der Gebäudeeigentümer:innen als auch Rückvergütungen für Massnahmen, welche der Flughafenbetreiber im Rahmen des Schallschutzprogramms umsetzt. Gemäss dem Schallschutzprogramm der Flughafen Zürich AG müssen folgende vier Kriterien kumulativ erfüllt sein, damit eine Anspruchsberechtigung besteht (Persönliche Kommunikation und www.schallschutzprogramm.ch, Zugriff vom 21.8.2023)

- Die Liegenschaft befindet sich im seit dem 11. Mai 2018 rechtsgültig festgelegten Schallschutzperimeter.
- Die Liegenschaft weist lärmempfindliche Räume auf.
- Mit der Bau- oder Umbaubewilligung der Liegenschaft wurden keine Schallschutzmassnahmen gegen Fluglärm verfügt. Die Liegenschaft war zum Zeitpunkt des Baugesuchs weder von IGW-Überschreitungen betroffen, noch lag sie in einem Gebiet, in welchem mit öffentlich aufgelegtem Projekt des Flughafens zu rechnen war.
- Dem Eigentümer sind seitens der öffentlichen Hand unter keinem Titel bereits Leistungen erbracht worden (Realisierung von Schallschutzmassnahmen). Auch hat er keine Zahlungen für bereits freiwillig getätigte Investitionen in passive Schallschutzmassnahmen erhalten.

Die mit Abstand wichtigste Massnahme des Schallschutzprogramms ist der Einbau von Schallschutzfenstern (SSF), für welche per Ende des Jahres 2022 281 Mio. CHF aufgewendet wurden (Flughafen Zürich AG, 2023). Insgesamt wurden bei 5'576 Liegenschaften Schallschutzmassnahmen umgesetzt. Anhand der aus Tabelle 48 abgeleiteten durchschnittlichen Anzahl Wohnungen pro Gebäude mit IGW-Überschreitung von 5.13 und der Annahme eines Gebäudes pro Liegenschaft ergeben sich durchschnittliche Kosten von rund 9'800 CHF pro sanierte Wohnung mittels SSF.

Weitere Massnahmen zur gebäudeseitigen Lärmbekämpfung sind der Einbau von Schalldämmlüftern und Fensterschliessmechanismen in Schlafräumen bei Liegenschaften, welche von übermäßigem Nachtlärm betroffen sind. Zusätzlich dazu kann mittels Sanierung von Gebäudehüllen die Schalldämmung verbessert werden. Tabelle 48 zeigt die Anzahl betroffener Liegenschaften, für welche die Flughafen Zürich AG auf Antrag der Hauseigentümer bis Ende 2022 Beiträge ausbezahlt hat, sowie die Kosten und die erwartete Reduktion in der Lärmbelastung durch die Lärmschutzmassnahmen des Schallschutzprogramms des Flughafens Zürichs. Wie in Tabelle 48 ersichtlich, sind die Kosten für die weiteren Lärmschutzmassnahmen verglichen mit jenen der SSF vernachlässigbar.

	Anzahl Liegenschaften	Baukosten pro Liegenschaft	Honorare pro Liegenschaft	Kosten Total (Mio. CHF)	Schalldämmung
Schallschutzfenster	5'576	40'352	10'047	281.0	35 bis 41 dB
Schalldämmlüfter (SDL) und Fensterschliessmechanismen (FSM)	139	9'353	11'511	1.6	50+ dB
Sanierung Gebäudehülle (seit 2020)	24	2'491 (20 oder 50 CHF/m ²)	216	0.065	36 bis 50+ dB
Lärmentschädigungen (formelle Enteignungen bis 2022)	14'871	-	-	86.6	

Tabelle 48: Kosten Schallschutzprogramm (1999–2022) Flughafen Zürich und Kosten durch Entschädigungen

Durch den Fluglärm können Liegenschaften an Wert verlieren. Entschädigungszahlungen können aufgrund von sog. «Immissionsenteignung» und direktem Überflug beantragt werden. Die Voraussetzungen für den Anspruch auf eine Entschädigungszahlung werden im Anhang A-7.3 erläutert.

Insgesamt wurden beim Kanton Zürich rund 20'100 Entschädigungsbegehren eingereicht, wovon Stand 2022 14'871 erledigt und 86.6 Mio. CHF an Lärmentschädigung ausbezahlt wurden (Flughafen Zürich AG, 2023). Ausserdem weist die Bilanz weitere Rückstellungen, formelle Enteignungen sowie Lärm- und Anwohnerschutz per 31. Dezember von 318.7 Mio. CHF aus (Flughafen Zürich AG, 2023).

Flughafen Genf

Der Schallschutzperimeter des Flughafens Genfs beträgt rund 30 km². Durch das abgeschlossene Lärmschutzprogramm zwischen 2004 und 2019 wurden gemäss Genève Aéroport (2019) insgesamt 3'983 Wohnungen für 55 Mio. CHF saniert. Somit wurden rund 13'800 CHF pro sanierte Wohnung für SSF ausgegeben. Gemäss dem Schallschutzprogramm des Flughafens Genf aus dem Jahr 2018 sollen innert der nächsten 10 Jahre über 3'000 weitere Wohnungen in der Nähe des Flughafens durch immissionsseitige Lärmschutzmassnahmen geschützt werden (www.gva.ch, Zugriff vom 31.7.2023). Gemäss Angaben BAZL hat der Flughafen Genf bereits angekündigt, dass er das anvisierte Ziel nicht bis 2028 zu erreichen vermag.

Erleichterungen

Es liegen keine Daten zur Anzahl bisheriger Erleichterungen für Lärm durch zivile Flugplätze vor. Da die Flughafenbetreiber bei IGW-Überschreitungen für den Lärmschutz und die Kostenübernahme verantwortlich sind, ist davon auszugehen, dass für jedes Gebäude mit einer IGW-Überschreitung durch Lärm der Landesflughäfen eine Erleichterung vorliegt. Wie in Tabelle 39 ersichtlich, sind aktuell 38'352 Wohnungen von IGW-Überschreitungen durch Lärm der Landesflughäfen betroffen. Anhand der durchschnittlichen Anzahl Wohnungen pro Gebäude mit IGW-Überschreitungen von 5.13 für den Perimeter des Flughafens Zürichs, ergibt dies eine Anzahl von rund 7'476 Gebäuden, welche durch IGW-

Überschreitungen betroffen sind. Diese Anzahl entspricht einer realistischen Schätzung der Anzahl Erleichterungen beim Lärm ziviler Flugplätze.

	Hochrechnung
Anzahl Erleichterungen	7'476
Quelle / Herleitung	–Angaben Flughäfen zu IGW-Überschreitungen sowie Umrechnung von Wohnungen auf Gebäude

Tabelle 49 Schätzung zu den bestehenden Erleichterungen für Betreiber von Flughäfen

Militärischer Fluglärm

Für die Lärmsanierung der militärischen Flugplätze galt eine Pflicht zur Lärmsanierung bis 31. Juli 2020 (Bundesrat, 2010). Aufgrund des nicht vorhandenen Lärmbelastungskataster kann der aktuelle Sanierungsstand mit der möglichen Anzahl Erleichterungen nicht ermittelt werden. Es liegt hierzu auch keine Informationen aus Objektblättern zu Sachplänen oder militärischen Plangenehmigungsverfahren vor.

Ziviler Schiesslärm

Zur Lärmsanierung von Schiessanlagen ist nach zivilen und militärischen Anlagen zu unterscheiden. Zivile Schiessanlagen mussten bis Ende 2016 eine Sanierungspflicht erfüllen. Der Bund hat sich, unter gewissen Voraussetzungen einer militärischen Mitnutzung, an den Sanierungen durch die Anlagebetreiber finanziell mitbeteiligt.

Eine Datenerhebung des BAFU (2023) bei den Kantonen ergibt, dass die Sanierungen erst in 13 Kantonen als abgeschlossen gelten. Gemäss den Angaben der Kanton gegenüber dem BAFU wurden bislang insgesamt 52 % der Schiessanlagen lärmsaniert sowie ausgewählte Anlagen wurden stillgelegt. Acht Kantone gaben an, in der ersten Sanierungsphase zu sein, während dessen fünf Kantone bereits die 2. Sanierungsgrund durchführen. Bei rund 11 % der Schiessanlagen war im Jahr 2022 die Überprüfung und allfällige Sanierung nicht abgeschlossen.

Als Massnahmen zur Sanierung wurden folgende Massnahmen eingesetzt:

- Zusammenlegung oder Stilllegung von kommunalen Schiessanlagen
- zeitliche Begrenzung der Schiessaktivitäten
- Schalldämmungen des Schiessstandes durch Lagerblenden und Schiesstunnel
- Erdwälle oder Lärmschutzwände entlang der gesamten Flugbahn des Geschosses

Die Befragung der Kantone liefert Hinweise auf den Umfang der bestehenden Erleichterungen für zivile Schiessanlagen (Tabelle 50).

	Minimum	Realistisch	theoretisches Maximum
Anzahl Erleichterungen	313	960	Keine Ermittlung möglich
Quelle / Herleitung	<ul style="list-style-type: none"> – Anzahl Anlagen mit Erleichterungen (jeweils Minimum 1) gemäss Angaben der Kantone – Detailangaben Kanton GE zu Anzahl Gebäuden mit Erleichterungen 	<ul style="list-style-type: none"> – Hochrechnung Anzahl bekannte Erleichterungen mit Verhältnis Wohnungen resp. Gebäude 	

Tabelle 50 Schätzung zu den bestehenden Erleichterungen für Betreiber von zivilen Schiessanlagen

Militärischer Schiesslärm

Das Eidgenössische Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (VBS) führt unter Leitung von Armasuisse derzeit für rund 40 Anlagen Lärmsanierungsprojekte durch. Hierzu werden mittels sonARMS Überschreitungen ermittelt und bauliche, technische und betriebliche Sanierungsmassnahmen geplant. Die Sanierungsmassnahmen werden teilweise anlageübergreifend geplant, sei es zwecks räumlicher Verlagerungen von Schussabgaben oder funktionalen und räumlichen Zusammenhängen. Die Sanierungsfrist läuft bis 31. Juli 2025.

Sollten diese Lärmsanierungsmassnahmen nicht ausreichen und/oder den Ausbildungsbetrieb unverhältnismässig einschränken, werden Erleichterungen beantragt. Im Falle von Erleichterungen werden gebäudefeste Massnahmen geplant und finanziert. Das VBS muss periodisch überprüfen, ob die Voraussetzungen für eine Erleichterung noch erfüllt werden. Ebenso entsteht aus wesentlichen Änderungen im Schiessbetrieb die Pflicht zur Überprüfung.

Die Lärmsanierungsprojekte werden im Rahmen eines militärischen Plangenehmigungsverfahrens geprüft und genehmigt. Parallel dazu läuft die Anpassung der SMP-Objektblätter, gesprochene Erleichterungen werden darin festgehalten. Im Zuge der Lärmsanierung baut Armasuisse ein Lärmelastungskataster zu den sanierten militärischen Schiessplätzen auf. Das entsprechende LBK ist derzeit noch in Datenkonzeption und -erfassung und lässt gemäss Auskunft Armasuisse noch keine aussagekräftigen Auswertungen zu.

Industrie- und Gewerbelärm

Sowohl Raumplanung als auch LSV haben Instrumente zum Umgang mit spezifischen Anforderungen und Auswirkungen von Industrie und Gewerbe entwickelt und wenden diese gezielt an.

Raumplanerische Massnahmen werden dahin gehend umgesetzt, dass eigene Industrie- und Gewerbezonen geführt werden. Reine Industrie- und Gewerbezonen befinden sich häufig an Siedlungsranden mit entsprechenden Abständen und sog. Siedlungstrenngürteln zu Zonen mit lärmempfindlichen Nutzungen. Die Areale werden häufig auch hinsichtlich ihrer verkehrstechnischen Anbindung beurteilt, sodass unnötiger Transit- und Ortsverkehr in Zentren vermieden oder gar eine direkte Bahnanschluss mit Industriegleis ermöglicht wird.

Es finden keine gezielten Programme zur Reduktion von Industrie- und Gewerbelärm statt. Massnahmen erfolgen anlagen spezifisch, bspw. durch Lärmnormen zur Zulassung von Geräten und Maschinen und im Rahmen von Plangenehmigungs- und Baubewilligungsverfahren, welche bauliche, technische und betriebliche Auflagen festlegen können. Bei bestehenden Anlagen zeigt sich zudem, dass durch Einhausung und technische Lösungen Lärm häufig effektiv reduziert werden kann. Eine Abschätzung für bestehenden Erleichterungen aufgrund der Ortsgebundenheit von Anlagen kann nicht vorgenommen werden.

5 Auswirkungen und Beurteilung M1/M1*, M7 und M8

Die in Kapitel 2.2 beschriebenen Massnahmen M1 «Grenzwerte anpassen», M7 «Anpassung der Beurteilungszeit» und M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII» sowie als Sensitivitätsbetrachtung M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel» folgen der EKLB-Empfehlung zu gesetzeskonformen Grenzwerten und führen insgesamt zu einer Verschärfung von Grenzwerten.

Anlagen, welche die Grenzwerte nicht einhalten oder Anlage, welche wesentlich geändert werden, sind zu sanieren (siehe dazu die Erläuterungen in Kapitel 2.3.1 bei Massnahme M2). Das zugehörige Wirkungsmodell (siehe Abbildung 3) zeigt auf, wie die Verschärfung der Grenzwerte zu zusätzlichen, quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen führen kann.

5.1 Umsetzung von Lärmschutzmassnahmen

Bei Sanierungsbedarf resp. -pflicht einer Anlage ist ein Lärmsanierungsprojekt auszuarbeiten. Die LSV folgt den Grundsätzen des USG, womit die Priorität zur Vermeidung von Lärm bei Massnahmen an der Quelle liegt. In diesem Rahmen sollen bauliche, technische und betriebliche Massnahmen getroffen werden. Der Einsatz von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen wird jedoch durch folgende zwei Aspekte begrenzt:

- bauliche, technische und physikalische Grenzen
- Verhältnismässigkeit

5.1.1 Bauliche, technische und physikalische Grenzen

Die Grenzen der Sanierungspotenziale ergeben sich aus den gestalterischen und physikalischen Eigenschaften der angewandten Lärmschutzmassnahmen. Die maximalen schallreduzierende Wirkungen sind in Normen oder Vollzugshilfen vorgegeben (bspw. für lärmarme Beläge). Falls nicht, wurden sie für die vorliegenden Berechnungen aus Studien abgeleitet, und als Annahmen mit der Begleitgruppe validiert. Die entsprechenden Wirkungen wurden in die Emissionsmodelle integriert. Zur Abschätzung des Nutzens von Lärmschutzwänden beim Strassenlärm wurde der Einfachheit halber ebenfalls eine emissionsseitige Korrektur verwendet. Entsprechende Details werden in den Anhängen A-5.1 bis A-5.3 beschrieben.

5.1.2 Verhältnismässigkeit

Obwohl baulich, technisch und betrieblich möglich, müssen Lärmschutzmassnahmen nicht in jedem Fall vollständig durchgeführt werden, wenn die sog. «Verhältnismässigkeit» nicht gegeben ist. Die Verhältnismässigkeit einer Lärmschutzmaßnahme basiert auf einer Interessenabwägung, welche wirtschaftliche und anderweitige relevante Wirkungen und Kosten einander gegenüberstellen. Eine Interessenabwägungen ist auch nach Art. 7 und 8 der

LSV vorgesehen, indem Lärmemissionen bei Anlagen so weit zu begrenzen sind, als dies technisch und betrieblich möglich sowie wirtschaftlich tragbar ist.

Folgende Interessenabwägungen werden in der vorliegenden VOBU berücksichtigt.

Wirtschaftliche Tragbarkeit

Die wirtschaftliche Tragbarkeit basiert auf einer Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen einer Lärmschutzmassnahme. Die Gegenüberstellung ist als eine volkswirtschaftliche Be- trachtung vorzunehmen, da Lärmbelastungen klassische externe Effekte darstellen. Zur Be- stimmung von Grenzen der wirtschaftlichen Tragbarkeit werden verschiedene Leitgrössen beigezogen.

Eine wichtige Orientierung bietet der Kosten-Nutzen-Faktor KNF für Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm (ASTRA und BAFU, 2007). Der KNF normiert die Ermittlung der wirtschaftlichen Tragbarkeit und setzt eine Tragbarkeitsgrenze betreffend finanziellen Auf- wand je reduziertes Dezibel über Grenzwert pro Person ein – das sogenannte Personen- dezibel (Pers-dB). Unter Berücksichtigung von technischen Lebensdauern und Erneue- rungszyklen der *baulichen* Lärmschutzanlagen liegt der Grenzwert derzeit bei 166.67 CHF pro Pers-dB. Dies entspricht 5'000 CHF pro Pers-dB über eine angenommene Massnahmenlebensdauer von 30 Jahren. Die ermittelten Werte basieren auf Untersuchun- gen zu lärmbedingten Kosten für Gesundheit, Gebäudepark, Siedlungsqualität etc. (Bichsel und Muff, 2006).

Ein KNF wird auch für Lärmschutzmassnahmen gegen Eisenbahnlärm angewendet. Die maximalen Kosten pro Pers-dB werden hierbei jedoch maximal bei aktuell rund 4'000 CHF¹⁴ angesetzt (SR 742.144.1 VLE, Anhang 1).

Für die vorliegenden VOBU wurde der KNF mit zugehörigem Grenzwert beim Strassenlärm für alle geprüften Lärmschutzmassnahmen, wie lärmarme Beläge, Lärmschutzwände und Geschwindigkeitsreduktion, sowohl innerorts als auch ausserorts, verwendet.

Um den unterschiedlichen räumlichen Situationen mehr Bedeutung beizumessen zu können, wurde der KNF in der vorliegenden VOBU mittels Gewichtungen zum Wirkungsindex (WI_{Str}) erweitert (ASTRA und BAFU, 2007). Die Lärmbelastung wird je nach Nutzung und aktuel- lem Umfang der IGW-Überschreitung unterschiedlich stark gewichtet, wobei Wohnnutzung höheres Gewicht erhält als die gewerbliche Nutzung (siehe Anhang A-4.1). Für die VOBU wurden gewerbliche Nutzungen nicht berücksichtigt, stattdessen wurde allen Liegenschaf- ten die Sensitivität einer Wohnnutzung zugewiesen.

Integrale Massnahmenbeurteilung

Für Strassen- und Fluglärm werden auch Prüfschemata zur Verhältnismässigkeit verwen- det, welche über die wirtschaftliche Tragbarkeit hinaus erweitert wurden.

Das BAFU empfiehlt bspw. zur Prüfung von Herabsetzungen von Höchstgeschwindigkeiten auf Haupt- und übrigen Strassen die Anwendung eines eigens hierfür entwickelten

¹⁴ Die gesetzliche Vorgabe setzt einen Richtwert von 3'000 CHF zum Preisstand Oktober 1998. Aktuell wird von einem entsprechenden Wert von 4'000 CHF ausgegangen.

Prüfschemas (BAFU, 2021). Dieses zeigt einen Ablauf in drei Schritten: Ist die Massnahme zweckmässig? Ist eine andere Massnahme vorzuziehen? Ist die Massnahme zumutbar (d. h. verhältnismässig im engeren Sinne)? Es ist also eine Auslegeordnung zu positiven und negativen Wirkungen aus der bevorzugten Massnahme zu beurteilen. Als positive und negative Aspekte werden Lärmbelastungen vorher/nachher, Wirkungen auf die Raumqualität, erwartete Veränderungen für die Verkehrssicherheit und für die Verkehrsqualität sowie die direkten Kosten beurteilt. Zu jedem dieser Unterpunkte stellt das BAFU ergänzende Hilfsmittel bereit, diese enthalten ein standardisiertes Punktesystem zur Beurteilung (Infras, 2020).

Die Wichtigkeit der integralen Beurteilung von Raumplanung und Lärmschutz unterstreichen auch der Rat für Raumordnung gemeinsam mit der EKLB (ROR und EKLB, 2015). Dennoch können in konkreten Situationen Lärmschutzmassnahmen aus raumplanerischer und städtebaulicher Perspektive unerwünscht sein, wenn sie bspw. wie Lärmschutzwände zu einer starken Trennwirkung führen oder zu einer problematischen Nutzungsentmischung und sozial-räumlicher Segregation.

Der Aufbau und die Herangehensweise des BAFU-Prüfschemas basiert auf einer Beurteilung von konkreten Situationen, zu welchen eine Vielzahl von Informationen vorliegen. Die Beurteilung nimmt jedoch keine volkswirtschaftliche Perspektive ein, da in die Beurteilung der Wirksamkeit ausschliesslich Lärmreduktion und in die Betrachtung der Kosten ausschliesslich direkte Kosten integriert werden. Das Prüfschema kann aufgrund dieser unterschiedlichen Ausrichtung und dem hohen Informationsbedarf nicht direkt für die vorliegende VOBU zur Beurteilung des gesamten Netzes an Hauptstrassen und übrigen Strassen in der Schweiz eingesetzt werden.

Zur Beurteilung von Massnahmen gegen Fluglärm existiert der Balanced Approach to Aircraft Noise Management (ICAO, 2010). Damit will die International Civil Aviation Organization (ICAO) einen internationalen Standard setzen. In die Betrachtung des sog. Lärmmanagements von Flughäfen sollen die betrieblichen Lärmschutzmassnahmen, Lärmwirkungen, betriebliche Einschränkungen und Raumplanung berücksichtigt werden.

Strategische Vorgaben

Fallweise fließen in die Beurteilung der Verhältnismässigkeit auch übergeordnete strategische Vorgaben ein. Diese basieren beispielsweise auf Interessenabwägungen, welche vorab durch die Politik vorgenommen wurden. Beispielsweise legt im Bericht 2016 über die Luftfahrtpolitik der Schweiz (Lupo 2016) der Bundesrat seine luftfahrtpolitischen Leitlinien fest (Bundesrat, 2016). Im Kapitel 4.5.1 «Lärm» umreissst der Bericht die Herausforderungen und Leitlinien in der Bekämpfung von Fluglärm unter Wahrung der Wettbewerbsfähigkeit und Funktion zur internationalen Integration der Schweiz durch die Luftfahrt. Er setzt eine Leitlinie, inwiefern betriebliche Einschränkungen aufgrund des Lärmmanagements verhältnismässig sind und wie bei Gefährdung von internationaler Erreichbarkeit entsprechende Eingriffe zu unterlassen sind.

Rechtsprechung

Im Rahmen von geplanten Lärmschutzsanierungen werden regelmässig auch Gerichte angerufen, welche eine Beurteilung der Verhältnismässigkeit vorzunehmen haben. Dies führt zu verschiedenen Leiturteilen, welche für die in der vorliegenden VOBU untersuchten Lärmschutzmassnahmen in Erwägung gezogen werden. Ein aktuelles Urteil des Bundesgerichts (BGE C27/2022, C33/2022) begründet beispielsweise, dass eine Geschwindigkeitsreduktion auf 80 km/h auf Autobahnen während den Nachtstunden und für kurze Strecken in dichtem Besiedlungsgebiet sowohl gesellschaftlich zumutbar als auch wirtschaftlich verhältnismässig ist. Wenn eine Geschwindigkeitsreduktion die einzige «geeignete Massnahme» beurteilt wird und substanziell zu Minderung von IGW-Überschreitungen führt, sei diese als «erforderliche Massnahmen» anzusehen. Obschon jede Geschwindigkeitsreduktion zu Reisezeitverlusten führe, seien diese in einem gewissen Ausmass gesellschaftlich zumutbar.

Das Bundesgericht begründet dies damit, dass Reisezeitverluste zu Freizeitzwecken keine wesentlichen Produktivitätsverluste darstellen und die angewendeten Normen dies bei einem Anteil des Freizeitverkehrs von 40 % nicht adäquat berücksichtigen. Allerdings entspricht diese Begründung einem reinen «Produktionsansatz», während dessen die entsprechenden Normen wohlfahrtsökonomisch aufgebaut sind und aufgrund von stated preferences-Befragungen jeder Reisezeit einen entsprechenden Wert zugewiesen werden kann.

5.1.3 Simulation der Umsetzung

Damit die Wirkungen der Massnahmen M1/M1*, M7 sowie M8 einzeln als auch im Paket auf Basis von quantitativen Daten beurteilt werden konnten, wurden für die drei Lärmarten Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm aufwendige Simulationsrechnungen durchgeführt. Für den Schiess- und Industrie-/Gewerbelärm konnten aufgrund fehlender Daten zur heutigen Lärmbelastung keine konkreten Lärmschutzmassnahmen mit Senkung der Lärmelastungen simuliert werden. Die beiden Lärmarten werden daher qualitativ beurteilt. Für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm wurde ein möglichst konkretes Set an Lärmschutzmassnahmen angenommen und anschliessend simuliert. Das Set an Lärmschutzmassnahmen und die Annahmen zur Simulation (Massnahmenpriorität, Modellierungsansatz zur Schallausbreitung, Potenzial dB-Reduktion) wurden mit der Begleitgruppe validiert. Nachfolgend wird erläutert, wie die Simulationen durchgeführt wurden, wobei die Simulationen betreffend Strassenlärm am umfangreichsten ausgefallen sind und die höchste Komplexität aufweisen.

Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm

Die Simulationen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm wurden in vier Schritte durchgeführt (Tabelle 51).

Schritt	Beschreibung
Schritt 1: Mögliche Lärmschutzmassnahmen und Reduktionspotenziale	<ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung der möglichen Lärmschutzmassnahmen (gemeinsam mit Begleitgruppe) – Festlegen der Annahmen zur Anwendung und potenzieller dB-Reduktion – Festlegen einer Prioritätsordnung zum Einsatz der Lärmschutzmassnahmen – Lärmschutzmassnahmen und Potenziale werden in Kapitel 5.2.1 beschrieben
Schritt 2: Bestimmung IGW-Überschreitungen	<ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung der Strassenabschnitte, welche zu IGW-Überschreitungen führen, woraus eine Sanierungspflicht abgeleitet wurde – Unterscheidung nach National- und Hochleistungsstrassen sowie nach übrigen Strassen – Unterscheidung nach innerorts/ausserorts – Aufgrund fehlender Informationen keine Unterscheidung nach rechtlichem Status der Strasse (vor/nach 1985 bewilligt)
Schritt 3: Simulation in Massnahmenkaskade	<ul style="list-style-type: none"> – Anwendung von Lärmschutzmassnahmen mit Priorität 1 auf alle Strassenabschnitten, sofern $WI_{Str} > 166.66 \text{ CHF/Pers-dB/a}$ <ul style="list-style-type: none"> ➔ <i>Sofern die Massnahme mit Priorität 1 nicht verhältnismässig ist oder trotz Anwendung der Massnahme immer noch IGW-Überschreitung vorhanden sind, wird die Massnahme mit Priorität 2 einbezogen</i> – Anwendung von Massnahme mit Priorität 2 auf alle Strassenabschnitte, welche weiter mit IGW-Überschreitung, sofern $WI_{Str} > 166.66 \text{ CHF/Pers-dB/a}$ <ul style="list-style-type: none"> ➔ <i>Sofern die Massnahme mit Priorität 2 nicht verhältnismässig ist oder trotz Anwendung der Massnahme immer noch IGW-Überschreitung vorhanden sind, wird die Massnahme mit Priorität 3 einbezogen</i> – Anwendung von Massnahme mit Priorität 3 auf alle Strassenabschnitte, welche weiter mit IGW-Überschreitung, sofern $WI_{Str} > 166.66 \text{ CHF/Pers-dB/a}$ <ul style="list-style-type: none"> ➔ <i>Sofern die Massnahme mit Priorität 3 nicht verhältnismässig ist oder trotz Anwendung der Massnahme immer noch IGW-Überschreitung vorhanden sind, werden die IGW-Überschreitung ausgewiesen, mit Antrag um Erleichterung</i>
Schritt 4: Iteration mit M7 und M8	<ul style="list-style-type: none"> – Einführen verschärzte Grenzwerte mit M7 und erneute Durchführung der Berechnung ab Schritt 2 – Einführen verschärzte Grenzwerte mit M8 und erneute Durchführung der Berechnung ab Schritt 2

Tabelle 51 Simulationsschritte für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm

Strassenabschnitte gelten als innerorts, wenn sie weniger als 50 m von Bauzonen entfernt sind. Die minimale Abschnittslänge zur Bestimmung der Zugehörigkeit beträgt 50 m. Als Bauzonen verwendet sonBASE 2015 die harmonisierten Bauzonen 2012 für die gesamte Schweiz, wie diese vom ARE als GIS-Daten zur Verfügung gestellt werden. Somit können gewisse Abweichungen gegenüber heute bestehen, da bei Ausweitung der Siedlungsgrenzen die Strassenabschnitte innerorts tendenziell zunehmen.

Die Simulationen für den Strassenlärm erfolgen entlang einer Kaskade, in welcher eine erste, prioritäre Lärmschutzmassnahme bei IGW-Überschreitungen eingesetzt wird und im Falle, dass die wirtschaftliche Tragbarkeit (siehe Vorgehen und Annahmen in Kapitel 5.1.2) gegeben ist, umgesetzt wird. Sofern dies nicht genügt, um die Grenzwertüberschreitungen zu vermeiden, wird entlang der gesetzten Prioritätenliste die nächste Lärmschutzmassnahme in gleicher Weise simuliert. Alle Lärmschutzmassnahmen werden nur so lange umgesetzt, als dass die wirtschaftliche Tragbarkeit gegeben ist. Die durchgeföhrten Simulationen zeigen auch Überschreitungen der Planungswerte auf. Da diese aber nicht relevant sind für die Berechnung der wirtschaftlichen Tragbarkeit (ASTRA und BAFU, 2007), werden

diese für die Bestimmung der durchgeführten Lärmschutzmassnahmen nicht weiter berücksichtigt.

Die nachfolgenden Abbildungen zeigen je eine Prinzipskizze für dieses kaskadierte Vorgehen an Hochleistungsstrassen und übrige Strassen dar.

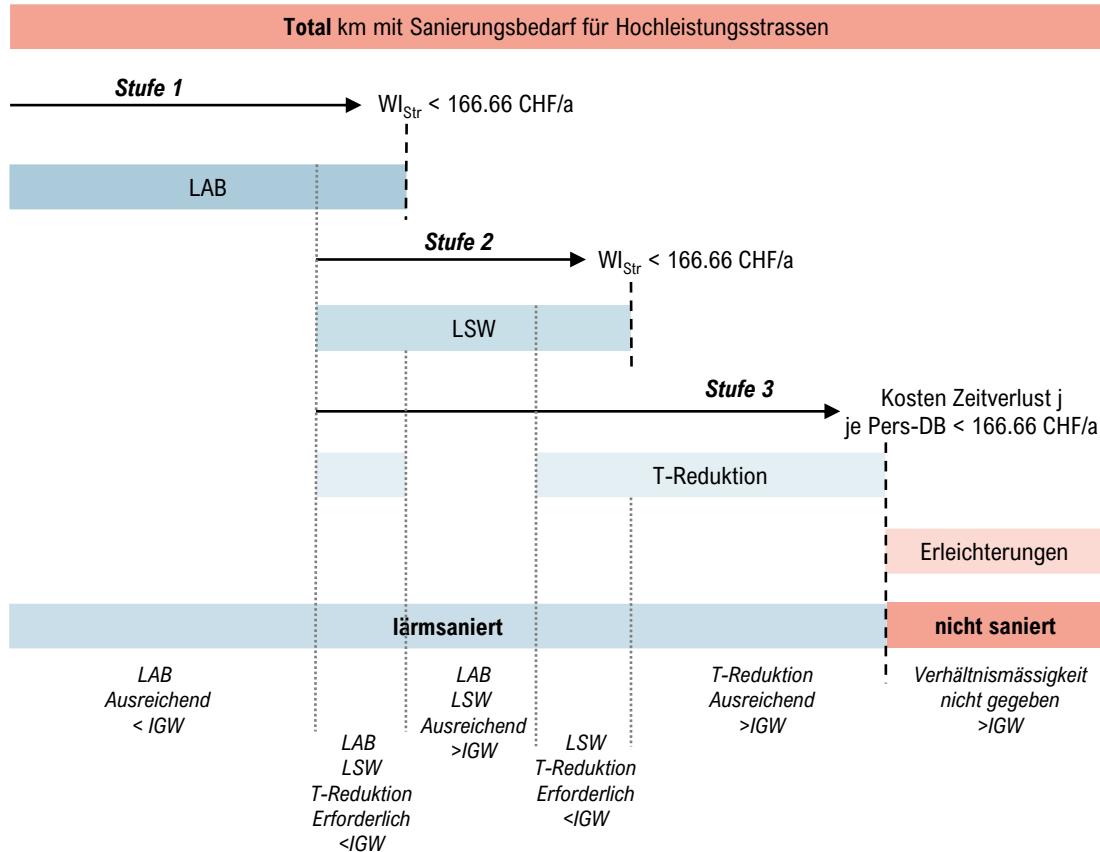


Abbildung 11 Prinzipskizze kaskadierte Massnahmenplanung zur Lärmsanierung entlang der wirtschaftlichen Tragbarkeit nach WI_{Str} resp. analogen Kosten für Reisezeitverluste unter Anwendung von LAB, LSW und T-Reduktion am Beispiel von Hochleistungsstrassen.

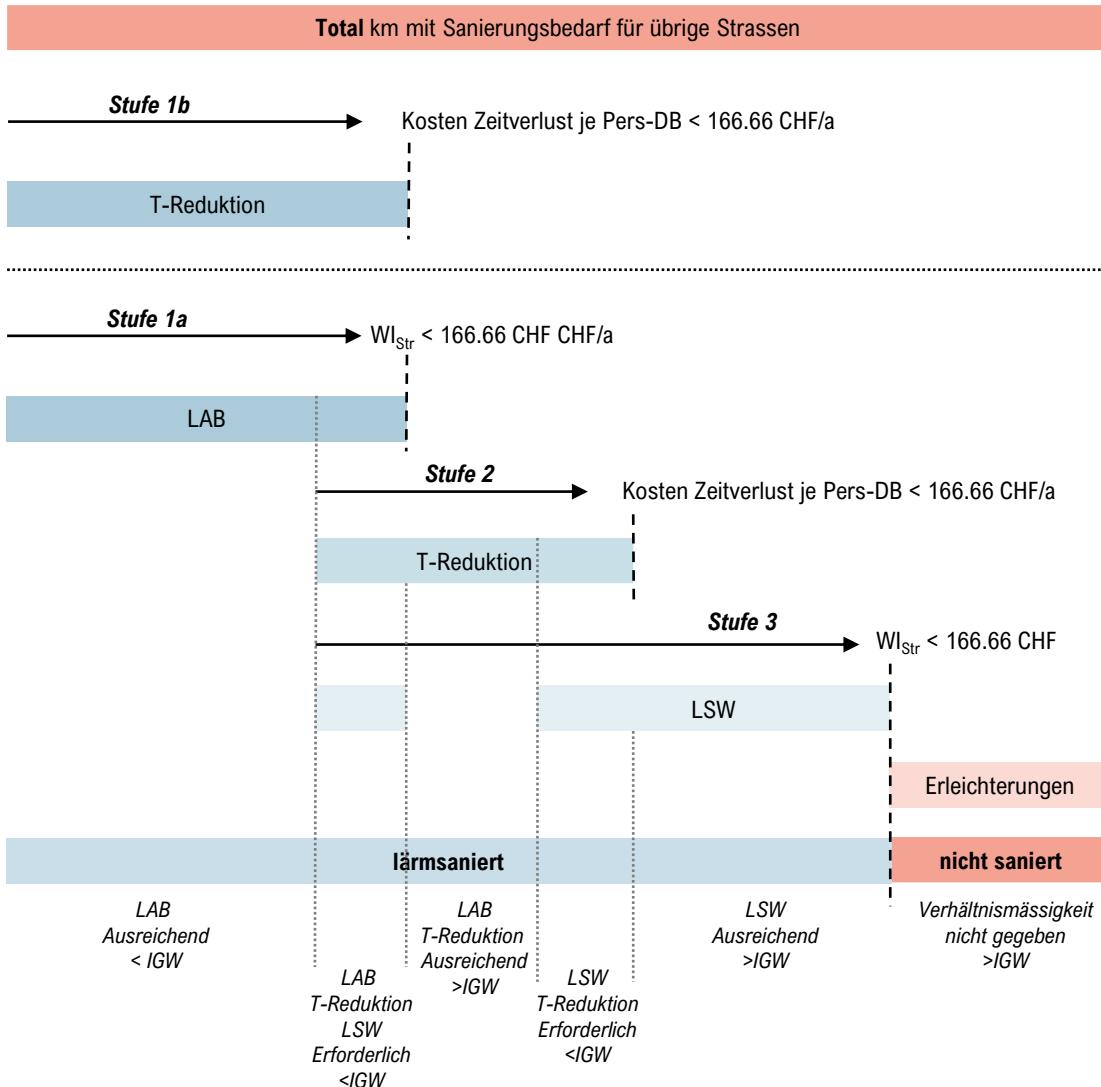


Abbildung 12 Prinzipskizze kaskadierte Massnahmenplanung zur Lärmsanierung entlang der wirtschaftliche Tragbarkeit nach WI_{Str} resp. analogen Kosten für Reisezeitverluste unter Anwendung von LAB, LSW und T-Reduktion am Beispiel der übrigen Straßen.

Bleiben mit Einsatz aller verhältnismässigen Lärmschutzmassnahmen an Quelle und Ausbreitungsweg IGW-Überschreitungen bestehen, werden diese als Anträge zur Erleichterung unterschieden nach IGW- oder AW-Überschreitung ausgewiesen.

Tatsächlich zeigt sich, dass der Bau von Lärmschutzwänden (LSW) innerorts kaum erfolgt, da LSW in der Interessenabwägung mit weitergehenden Aspekten (u. a. städtebaulich) meist als unverhältnismässig beurteilt werden. Die berechneten Streckenabschnitte mit LSW innerorts werden ausschliesslich als baulich-technische Potenziale zur Senkung der Lärmbelastung ausgewiesen, aber aufgrund des seltenen Einsatzes in Realität nicht in die volkswirtschaftliche Beurteilung einbezogen.

Zur Simulation der Geschwindigkeitsreduktion wurde eine Sensitivitätsvariante mit halbierten Kostensätzen für Reisezeitkosten der Verkehrsteilnehmer:innen berechnet. Die Sensitivitätsvariante dient der Prüfung, inwiefern ein linearer oder anderweitiger Zusammenhang zwischen Kostensätzen und geschwindigkeitsreduzierter Strecke vorliegt. Eine

«Abschwächung» der Kosten lässt per Saldo die volkswirtschaftlichen Nutzen von Geschwindigkeitsreduktionen ansteigen, womit sich die Wirkungen zeigen lässt, wenn mögliche Nutzen aufgrund positiven Wirkungen auf Raumplanung, Umwelt und Verkehrssicherheit auch teilweise mitberücksichtigt würden.

Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Eisenbahnlärm

Die Simulationen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Eisenbahnlärm wurden in vier Schritte durchgeführt (Tabelle 52):

Schritt	Beschreibung
Schritt 1: Mögliche Lärmschutzmassnahmen und Reduktionspotenziale	<ul style="list-style-type: none"> – Bestimmung der möglichen Lärmschutzmassnahmen (gemeinsam mit Begleitgruppe) – Festlegen der Annahmen zur Anwendung und potenzieller dB-Reduktion – Festlegung, dass Massnahmen mit gleicher Priorität eingesetzt werden, wobei differenziert wird, ob Einsatz für das ganze Bahnnetz oder nur auf den Nord-Süd-Transitstrecken. Die angenommenen Annahmen gelten alle als verhältnismässig – Lärmschutzmassnahmen und Potenziale werden in Kapitel 5.2.2 beschrieben
Schritt 2: IGW-unabhängige Implementierung	<ul style="list-style-type: none"> – Die als verhältnismässig angenommenen Massnahmen werden nicht nach Abschnitten mit IGW-Überschreitungen unterschieden, da <ul style="list-style-type: none"> – Anpassungen im regulären Schienenunterhalt für das gesamte Netz – Anpassungen an Fahrzeugen, welche über die gesamten Nord-Süd-Transitstrecken rollen
Schritt 3: Simulation Lärmschutzmassnahmen	<ul style="list-style-type: none"> – Anwendung von Massnahme 1 mittels pauschalierter dB-Reduktion auf dem gesamten Bahnnetz – Anwendung von Massnahme 2 mittels pauschalierter dB-Reduktion auf den Nord-Süd-Transitstrecken <ul style="list-style-type: none"> ➔ <i>Sofern mit Massnahmen immer noch IGW-Überschreitungen vorhanden sind, werden die IGW-Überschreitung ausgewiesen, mit Antrag um Erleichterung</i>
Schritt 4: Iteration mit M7 und M8	<ul style="list-style-type: none"> – Es werden keine zusätzlichen Simulationen für M7 und M8 durchgeführt, da Einsatz der Massnahme unabhängig von IGW-Überschreitungen erfolgt. – Berechnung zusätzliche IGW-Überschreitungen bei verschärftem Grenzwert mit M7 – Berechnung zusätzliche IGW-Überschreitungen bei verschärftem Grenzwert mit M8

Tabelle 52 Simulationsschritte für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Eisenbahnlärm

Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Fluglärm

Die Simulationen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Fluglärm wurden in vier Schritte durchgeführt (Tabelle 53).

Schritt	Beschreibung
Schritt 1: Mögliche Reduktionspotenziale	<ul style="list-style-type: none"> – Gemeinsame Annahme mit Begleitgruppe von möglichen Potenzialen zur pauschalierten dB-Reduktion für Fluglärm der Flughäfen Zürich, Genf und Basel – Lärmschutzmassnahmen und Potenziale werden in Kapitel 5.2.4 beschrieben
Schritt 1: IGW-unabhängige Implementierung	<ul style="list-style-type: none"> – Die angenommenen dB-Reduktionen werden unabhängig von IGW-Überschreitungen pauschalisiert und in die Lärmausbreitung implementiert
Schritt 1: Simulation Lärmschutzmassnahme	<ul style="list-style-type: none"> – Anwendung mittels pauschalierter dB-Reduktion auf der gesamten lärmbelasteten Fläche ➔ <i>Sofern mit Massnahmen immer noch IGW-Überschreitungen vorhanden sind, werden die IGW-Überschreitung ausgewiesen, mit Antrag um Erleichterung</i>
Schritt 1: Iteration mit M7 und M8	<ul style="list-style-type: none"> – Es werden keine zusätzlichen Simulationen für M7 und M8 durchgeführt, da Einsatz der Massnahme unabhängig von IGW-Überschreitungen erfolgt. – Berechnung zusätzlicher IGW-Überschreitungen bei verschärftem Grenzwert mit M7 – Berechnung zusätzliche IGW-Überschreitungen bei verschärftem Grenzwert mit M8

Tabelle 53 Simulationsschritte für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Fluglärm

In Kapitel 5.2.4 werden Massnahmen zur Realisierung der angenommenen dB-Reduktionen aufgelistet. Eine Priorisierung kann nicht vorgenommen werden, ebenso lassen sich keine Massnahmenkosten schätzen.

5.1.4 Inhaltsstruktur zur Präsentation der Simulationsergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse aus Simulationen und weitergehenden Abklärungen wie folgt erläutert:

Kapitel 5.2 dokumentiert die Simulationsergebnisse für quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen bei Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Ergänzende Ergebnisse aus anderweitigen Analysen für Schiesslärm sowie Industrie- und Gewerbelärm werden ebenfalls aufgeführt.

Die Simulationen zu Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm weisen aus, in welchem Umfang künftig anhaltende IGW-Überschreitungen erwartet werden. In **Kapitel 5.3** werden diese ausgewiesen sowie dargelegt, unter welchen Voraussetzungen bei IGW-Überschreitungen gebäudeseitige Ersatzmassnahme getroffen werden müssen und welche Kosten und möglichen Nutzen hiermit verbunden sind.

Kapitel 5.4 enthält eine Zusammenfassung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen sowie der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen und beurteilt diese hinsichtlich Wirksamkeit, Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkungen.

5.2 Auswirkungen quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen

5.2.1 Straßenlärm

Die Entstehung und Ausbreitung von Straßenlärm lässt sich mit verschiedenen Lärmschutzmassnahmen bekämpfen. Tabelle 54 führt die untersuchten Massnahmen auf.

Lärmschutzmassnahmen	Abkürzung	Prio.	Beschrieb	Erläuterungen
Lärmarme Beläge	LAB	1	<ul style="list-style-type: none"> – Einbau Belagstyp von SDA4 und SDA8 – Emissionsreduktion von 3 dB resp. 1 dB (siehe ASTRA und BAFU, 2022) – Lärmberechnung mittels sonROAD04, gemäss Entscheid BAFU im Rahmen Ecoplan, 2022a 	Anhang A-5.1
Lärmschutzwände	LSW	2	<ul style="list-style-type: none"> – Errichtung von LSW mit Höhen von 2.5 m resp. 5.0 m – Emissionsreduktion von 5 dB resp. 8 dB, gemäss gemeinsamer Festlegung mit der Begleitgruppe (siehe auch Anhang A-5.2) und Plausibilisierung mittels D-noise 	Anhang A-5.2
Geschwindigkeitsreduktion	T-Reduktion	3	<ul style="list-style-type: none"> – Reduktion um 20 km/h bei signalisierter Geschwindigkeit von 50 km/h oder höher – Reduktion von 40 km/h auf 30 km/h bei signalisierter Geschwindigkeit von 40 km/h – Emissionsreduktion von ca. 1.6 bis 4 dB pro 20 km/h, abhängig von der Ausgangsgeschwindigkeit vor Reduktion, Steigung, Belag und dem Verkehrsmix (siehe BAFU Potentialstudie, 2023a) – Berechnung Lärmberechnung mittels sonROAD04 	Anhang A-5.3

Tabelle 54 Übersicht quellenseitige Massnahmen zur Reduktion von Straßenlärm

In Absprache mit der Begleitgruppe wurden Lärmschutzmassnahmen an den Fahrzeugen nicht untersucht (u. a. lärmarme Bereifung, Schalldämpfung bzw. Verbot gewisser Auspuffanlagen sowie eine Veränderung des Flottenmix mit steigendem Anteil von Elektromotoren).

Tabelle 55 enthält die simulierten Lärmreduktionen, unterschieden nach Personendezibel (Pers-dB) und Wohnungsdezibel (Whg-dB). Ein Pers-dB bedeutet, dass jeweils eine Person eine Lärmreduktion um ein dB erfährt. Die Gesamtsumme an Pers-dB ergibt sich aus der Multiplikation der Anzahl Personen mit dB-Reduktion mit den realisierten dB-Reduktionen¹⁵. Bei Whg-dB wird dieser Ansatz anstatt auf Personen auf Wohnungen angewendet. Ausgewiesen werden in Tabelle 55 die entsprechenden Belastungen in Pers-dB über 48 dB L_{den} und Whg-dB über 40 dB nach ZKB-Lärmass¹⁶.

¹⁵ Beispiel: -1'000 Pers-dB können zustande kommen durch eine dB-Reduktion von -1 dB für 1'000 Personen oder auch durch -2 dB für 500 Personen. Ein hohe Anzahl entlasteter Personen bei substanziellem dB-Reduktion führt rasch zu Zahlen welche im siebenstelligen Bereich liegen (siehe Tabelle 55)

¹⁶ Das ZKB-Lärmass ist definiert als Anzahl Dezibel über dem Schwellenwert von 40 dB(A) Nachtlärm bzw. Anzahl Dezibel über dem Schwellenwert von 50 dB(A) Taglärm, falls Nachtlärm unter 40 dB(A).

Unterhalb von 48 dB resp. 40 dB zeigen Studien (Infras und Ecoplan, 2019, ZKB, 2011), dass keine relevanten Wirkungen mehr für Gesundheitskosten resp. Gebäudekosten festzustellen sind. Die Simulation berücksichtigt die unterschiedlichen Massnahmenkaskaden für Hochleistungsstrassen und übrige Strassen. Für die übrigen Strassen wurde zudem geprüft, wie die ausschliesslichen Wirkungen von Belägen (1a) und Geschwindigkeitsreduktion (1b) sind.

Kaskade der Lärmschutzmassnahmen in Stufen	Stufe 1a	Stufe 1b	Stufe 2	
Lärmschutzmassnahmen				
Hochleistungsstrassen, inkl. Autobahn	–LAB	–LAB	–LAB –LSW	
Übrige Strassen	–LAB	–T-Reduktion 20 km/h	–LAB –T-Reduktion 20 km/h	
Lärmsituation, beide Strassentypen aggregiert				
Personendezibel über 48 dB L _{den}	Reduktion in Pers-dB	11'724'970	414'241	11'853'231
	Reduktion in %	19 %	0.7 %	19 %
Wohnungsdezibel über 40 dB (ZKB-Lärmmass)	Reduktion in Whg-dB	4'979'034	209'830	5'043'122
	Reduktion in %	27 %	1.1 %	27 %

Tabelle 55 Quellenseitige Reduktion der Lärmbelastung bei IGW-Überschreitung. Abkürzungen: LAB = lärmarter Belag, LSW = Lärmschutzwand, T-Reduktion = Geschwindigkeitsreduktion

Die simulierten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen zeigen, dass unter Berücksichtigung von baulichen und technischen Grenzen sowie der wirtschaftlichen Tragbarkeit die relevanten personenbezogenen Lärmbelastungen (in Pers-dB) bei IGW-Überschreitung um maximal 19 % und die wohnungsbezogenen Lärmbelastungen maximal um 27 % reduziert werden können. Die Ergebnisse zeigen das akustische Potenzial wirtschaftlich verhältnismässiger Lärmschutzmassnahmen. Hierzu wurden Strassen berücksichtigt, die IGW-Überschreitungen bei verschärften Grenzwerten (M1/M1*) inkl. Anpassung der Beurteilungszeiten (M7) und inkl. Gleichsetzung von ESII und ESIII (M8) verursachen und die Lärmsanierungsmassnahmen einen WI_{Str} von <166.66 CHF/Pers-dB pro Jahr aufweisen. Dies bedeutet, dass für die angenommenen Massnahmen die jährlichen Kosten zur Reduktion um -1 Pers-dB den Schwellenwert von 166.66 CHF nicht überschreiten.

Die nachfolgenden Tabellen zeigen in Optionen O1 bis O4, welche Beiträge die Massnahme M1/M1*, M7 und M8 innerhalb der Massnahmenpakete an die potenziellen Lärmsanierungen der Anlagen leisten. Die Optionen folgen der Festlegung gemäss Tabelle 16 und ermöglichen, dass die Wirkungen der einzelnen Massnahmen innerhalb des Massnahmenpaketes adäquat beurteilt werden können. Die Grenzwerte von M1 und M1* entsprechen sich hierbei, wie dies in Anhang A-1 unter Berücksichtigung des künftigen Wegfalls der Pegelkorrektur K1 hergeleitet wird.

Die Anzahl Streckenabschnitte, welche potenziell mittels LAB, LSW und Geschwindigkeitsreduktionen lärmsaniert werden, steigt in Abhängigkeit von der Verschärfung der

Grenzwerte und der Höhe der IGW-Überschreitung. Die Tabelle 56 zeigt das Potenzial lärmärmer Beläge (LAB) nach Anlagehalter und Strassentyp unter Berücksichtigung der IGW-Überschreitungen und der wirtschaftlichen Tragbarkeit. Mit den aktuellen Grenzwerten der LSV erfüllen rund 4'900 km Strasse die Anforderungen an eine Lärmsanierung mittels LAB in der Stufe 1a. Werden die Grenzwerte mit M1 resp. M1* verschärft, nimmt die Sanierungsstrecke um rund 700 km zu (Option O1). Mit den Verschärfungen durch M7 (Option O2) und M8 (Option O3) kommen weitere Abschnitte hinzu. Der Wegfall der Pegelkorrektur K1 führt bei Hochleistungsstrassen indirekt zu einer Lockerung, da dieser bei der Festsetzung der neuen Grenzwerte global berücksichtigt wurde, jedoch bei Nationalstrassen aufgrund des Verkehrsaufkommens für gewöhnlich Null ist. Deshalb fällt O1 geringer aus als die Basissituation.

Strecken-Kilometer	Basis LSV aktuell	Anteil	Option 01 M1/M1*	Anteil	Option 02 M1/M1* + M7	Anteil	Option 03 M1/M1* +M8	Anteil	Option 04 M1/M1* +M7 +M8	Anteil
Bund										
Innerorts	437	100 %	404	92 %	458	105 %	458	105 %	507	116 %
Ausserorts	323	100 %	259	80 %	361	112 %	399	124 %	479	148 %
Total	760	100 %	663 ¹	87 %	819	108 %	857	113 %	985	130 %
Kantone										
Innerorts	2'778	100 %	3'024	109 %	3'483	125 %	3'941	142 %	4'174	150 %
Ausserorts	304	100 %	325	107 %	390	128 %	458	151 %	482	159 %
Total	3'082	100 %	3'349	109 %	3'873	126 %	4'399	143 %	4'656	151 %
Gemeinden										
Innerorts	988	100 %	1'438	146 %	1'816	184 %	2'116	214 %	2'490	252 %
Ausserorts	56	100 %	101	182 %	137	247 %	251	452 %	269	485 %
Total	1'043	100 %	1'540	148 %	1'954	187 %	2'367	227 %	2'760	264 %
Anlagehalter unbekannt²										
Innerorts	30	100 %	44	146 %	52	172 %	64	213 %	70	236 %
Ausserorts	0	100 %	1	600 %	1	865 %	5	3136 %	5	3477 %
Total	30	100 %	45	148 %	53	176 %	68	228 %	76	252 %
Zusammenfassung										
Ausserorts	682	100 %	686	101 %	890	130 %	1'113	163 %	1'236	181 %
Innerorts	4'233	100 %	4'910	116 %	5'809	137 %	6'578	155 %	7'242	171 %
Total	4'916	100 %	5'596	114 %	6'699	136 %	7'692	156 %	8'477	172 %

Tabelle 56 Potenzial der quellenseitigen Lärmschutzmassnahme «Lärmärmer Belag» nach Anlagehalter und Strassentyp unter Berücksichtigung IGW-Überschreitungen und wirtschaftlicher Tragbarkeit gemäss KNF (max. 166.67 CHF pro Pers-dB pro Jahr). Streckenkilometer mit Grenzwertüberschreitungen nach Optionen 01 bis 04.

¹ Der Wegfall der Pegelkorrektur K1 führt für Hochleistungstrasse zu einer Lockerung, weshalb 01 geringer ausfällt als die Basissituation)

² Die entsprechende Information fehlt im vorliegenden GIS-Datensatz

Die Tabelle 56 zeigt, wie die Streckenabschnitte mit erfüllten Sanierungsanforderungen entlang der Grenzwertverschärfung zunehmen. Die durchgeföhrten Simulationen ergaben, dass mit Einföhrung von M1/M1* die Strassenlänge mit Sanierungspflicht um 14 % zunehmen würde. Mit der Anpassung der Nachperiode (M7) steigt die Anzahl Kilometer mit Lärmsanierungspflicht gegenüber heute um 36 %. Mit der Massnahme M8 und der hiermit verbundenen Gleichsetzungen ESII/ESIII steigt die Kilometeranzahl um 56 %. Für das volle Massnahmenpaket weisen die Simulationen einen sanierungspflichtigen Streckenumfang von 8'477 km auf.

Tabelle 57 enthält die Kosten und Nutzen, welche mit diesen Sanierungspotenzialen in Verbindung stehen. Zur Ermittlung der Kosten wurde die Gesamtstrecke, unterschieden nach Strassentypen, mit den mittleren Straßenbreiten und einem Normkostenansatz für mittlere Jahreskosten aus Investition, Betrieb und Unterhalt für LAB gemäss getroffenen Annahmen multipliziert (siehe Anhang A-5.1). Für die Nutzen wurden die geschätzten Pers-dB und Whg-dB mit den jeweiligen Kostensätzen für Gesundheits- und Gebäudekosten, unter Berücksichtigung des Verhältnisses Wohnungen zu Gebäude, multipliziert (siehe Anhang A-9).

Option	Kosten		Nutzen	
	in Mio. CHF	Zunahme gegenüber aktueller LSV in Prozent	in Mio. CHF	Zunahme gegenüber aktueller LSV in Prozent
Basis LSV aktuell	64		314	
Option 01: M1/M1*	73	13 %	328	5 %
Option 02: M1/M1* + M7	86	33 %	354	13 %
Option 03: M1/M1* + M8	98	52 %	379	21 %
Option 04: M1/M1*+M7+M8	106	65 %	390	24 %

Tabelle 57 Potenzial der quellenseitigen Lärmschutzmassnahme «Lärmärmer Belag»: Kosten und Nutzen jährlich in Mio. CHF sowie deren Zunahme nach Optionen.

Tabelle 57 verdeutlicht einerseits die hohe Effizienz von LAB. Die hiermit erzeugten Nutzen durch eine Reduktion von Gesundheits- und Gebäudekosten übertreffen die jährlichen Kosten mehrfach. Anderseits lässt sich auch der Verlauf von sogenannten abnehmenden Grenznutzen erkennen. Charakteristisch für bauliche Massnahmen zur Lärmsanierung ist, dass die Kosten proportional zur sanierten Streckenlänge ansteigen. Den Kosten stehen Nutzen gegenüber, welche sich nicht proportional entwickeln und stark abnehmende Grenznutzen zeigen. Dies bedeutet, dass mit den letzten Streckenabschnitten, welche aufgrund verschärfter Grenzwerte saniert würden, nicht mehr der gleiche Nutzen erzielt wird, wie bei den ersten Sanierungen bei hohen Grenzwerten. Dies erklärt sich damit, dass unter einer gewissen Lärmbelastung keine Gesundheits- und Gebäudekosten mehr anfallen und trotz Lärmreduktionen unter diese Schwellenwerte keinen Nutzen mehr erzeugen¹⁷. Daher steigen mit Option O4 die Kosten um 65 % an, während dessen die hiermit verbundenen Nutzen nur um 24 % ansteigen.

Trotz der hohen Wirksamkeit und Effizienz der LAB können nicht alle Personen vor IGW-Überschreitungen geschützt werden, sodass auf vielen Streckenabschnitten zusätzliche Lärmschutzmassnahmen entlang der Massnahmenkaskade getroffen werden müssen. In einem nächsten Schritt wurde für Stufe 2 (siehe Tabelle 55) der Einsatz von Lärmschutzwänden (LSW) für National- und Hochleistungsstrassen simuliert. Unter Berücksichtigung der finanziellen Tragbarkeit könnten auf einer Streckenlänge von rund maximal 9.4 km mit

¹⁷ Unterhalb von 48 dB resp. 40 dB zeigen Studien (Infras und Ecoplan, 2019, ZKB, 2011), dass keine relevanten Wirkungen mehr für Gesundheitskosten resp. Gebäudekosten festzustellen sind.

IGW-Überschreitungen, welche bereits LAB haben, ergänzend LSW eingesetzt werden. Die Annahme zu den Streckenabschnitten mit IGW-Überschreitungen basiert auf der Abschnittsanalyse für die LAB. Im Zuge der Prüfung nach finanzieller Tragbarkeit wurde nicht berücksichtigt, ob LSW für das Ortsbild oder bautechnisch verhältnismässig sind.

Anlagehalter	Lage	Basis LSV aktuell	Option 01 M1/M1*	Option 02 M1/M1* + M7	Option 03 M1/M1* + M8	Option 04 M1/M1* + M7+M8
Streckenkilometer Nationalstrassen in km	Innerorts	7.5	6.9	7.8	7.8	8.7
	Ausserorts	0.5	0.4	0.5	0.6	0.7
	Gesamt	8.0	7.3	8.4	8.4	9.4

Tabelle 58 Wirksamkeit der quellenseitigen Lärmschutzmassnahme «Lärmschutzwand» für Nationalstrassen und Hochleistungsstrassen von Bund. Streckenkilometer mit IGW-Überschreitungen nach Optionen 01 bis 04. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

LSW werden geprüft, wenn die Wirkung von LAB nicht ausreichend ist. Aufgrund der verschärften Grenzwerte gegenüber den aktuellen Grenzwerten, verändert sich auch die Tragbarkeit der LAB, es werden längere Strecken entsprechend lärmsaniert, bevor LSW zum Einsatz gelangen. Mit den weiter verschärften Grenzwerten von O1 zu O4 steigt aber auch das wirtschaftliche Potenzial von LSW an, sodass zusätzlich zur höheren Anzahl Strassenkilometer mit LAB auch zusätzliche Strassenkilometer mittels LSW lärmsaniert werden könnten.

Die Potenziale durch LSW entlang von Autobahnen wurden in der Vergangenheit grösstenteils realisiert. LSW wurden früher weit häufiger als prioritäre Lärmschutzmassnahme definiert, erst seit etwa 2013 haben anderweitige Massnahmen an Bedeutung gewonnen (BAFU, 2019). Im Gegenzug hierzu wurden LSW im Siedlungsraum aufgrund ihrer Trennwirkung und städtebaulichen Bedeutung meist als nicht verhältnismässig beurteilt. Nicht wirtschaftliche Faktoren, wie diese bspw. im Prüfschema für Geschwindigkeitsreduktionen (BAFU, 2021) innerorts beurteilt werden, fällt eine hohe Bedeutung zu. Es wurden daher kaum LSW für Strassen innerorts errichtet und entsprechend theoretisches akustisches Potenzial, können kaum realistisch umgesetzt werden. Die jährlichen Nutzen für LSW ausserorts liegen bei rund 0.2 Mio. CHF. Die Annahme von abnehmenden Grenznutzen lässt sich auch für LSW bestätigen.

Auf Strassen, die weitergehende quellenseitige Lärmschutzmassnahmen erfordern, können in einem nächsten Schritt auch Geschwindigkeitsreduktionen durchgeführt werden. Mit Stufe 1b wurden die Wirkungen simuliert, wenn Geschwindigkeitsreduktionen als prioritäre Lärmschutzmassnahme für übrige Strassen eingesetzt werden (siehe Tabelle 55). Unter der aktuell verwendeten Grenze der Wirtschaftlichkeit von 166.66 CHF pro dB werden rund 158 Strassenkilometer geschwindigkeitsreduziert (Tabelle 59).

Anlagehalter	Lage	Strassenkilometer Temporeduktion in km	Nutzen in Pers-dB
Bund	Innerorts	-	-
	Ausserorts	-	-
Kanton	Innerorts	6	26'245
	Ausserorts	2	525
Gemeinde	Innerorts	53	74'505
	Ausserorts	80	7'454
Übrige	Innerorts	12	2'795
	Ausserorts	6	400
Total	Innerorts	70	103'545
	Ausserorts	88	8'379
	Gesamt	158	111'924

Tabelle 59 Wirkungsweise der Lärmschutzmaßnahme «Geschwindigkeitsreduktion» nach Anlagehalter und Strassentyp.

Die Sanierungspotenziale durch Geschwindigkeitsreduktion fallen auf rund 70 Kilometer Strasse innerorts und 88 Kilometer ausserorts an. Rund 84 % der Strassen, bei denen das signalisierte Tempo um 20 km/h reduziert wird, sind übrige Strassen im Eigentum der Gemeinden (Tabelle 59). 64 Strassenkilometer würden von Tempo 50 auf Tempo 30 reduziert, 93 Kilometer von Tempo 80 auf Tempo 60. Die quellenseitige Lärmschutzmaßnahme «Geschwindigkeitsreduktion» wird auf Nationalstrassen nicht berücksichtigt, da sie gemäss den Simulationen nur auf einem Abschnitt von rund 100 Metern als wirtschaftlich tragbar eingestuft wird.

Signalisierte Geschwindigkeit vor Sanierung	Strassenkilometer mit Temporeduktion -20 km/h
50 km/h	64 km
80 km/h	93 km
übrige	1 km
120 km/h	-

Tabelle 60 Umsetzung der Lärmschutzmaßnahme «Geschwindigkeitsreduktion» nach aktueller signalisierter Geschwindigkeit.

Wie sich zeigt, erschwert das Kriterium der wirtschaftlichen Tragbarkeit eine breite Implementierung der Lärmschutzmaßnahme. Die volkswirtschaftliche Beurteilung im Rahmen einer VOBU erfordert, dass sowohl externalisierte Nutzen als auch Kosten mitberücksichtigt werden. Im Gegenzug hierzu legt das Prüfschema des BAFU den Fokus nur auf direkte Kosten zur Anpassung von Signalisation u. ä. (BAFU, 2021). Als relevante externe Kosten gelten Reisezeitverluste, welche sich wohlfahrtsökonomische monetarisieren lassen. Die für die VOBU verwendeten Zeitkostenansätzen entsprechen denjenigen, welche für Strasseninfrastrukturprojekte gemäss SN 641 820 «Kosten-Nutzen-Analyse im Strassenverkehr: Grundnorm» verwendet werden. Bei einem Schwellenwert von 166.66 CHF bedeutet dies,

dass pro reduziertem Pers-dB auf Hochleistungsstrassen ein jährlicher Reisezeitverlust von 3.75 h auf Hochleistungsstrassen und von knapp 4 h auf übrigen Strassen als verhältnismässig gilt. Diesen Reisezeitverlusten steht bspw. einem gesundheitsbezogenen Nutzen von 16 CHF pro Jahr gegenüber. Dies bedeutet, dass die zulässigen Kosten zehnmal höher ausfallen dürften als die erwarteten Nutzen daraus. Der Nutzen je reduziertem Whg-dB liegt bei 45 CHF. Bei einer angenommenen Wohnungsbelegung von zwei Personen würden die Reduktion von -1dB einen Gesamtnutzen von 77 CHF¹⁸ erzeugen, bei akzeptierten Kosten hierfür von 166.66 CHF. Zwecks Sensitivitätsanalyse wurde eine zweite Simulation mit halbierten Zeitkostenansätzen durchgeführt, d. h. die Reisezeitverluste dürfen 7.5 h resp. 8 h pro Pers-dB betragen.

In Tabelle 61 werden die Ergebnisse aus der Simulation und der Sensitivitätsprüfung gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass bei Annahme einem halbierten Kostenansatz nach SN 641 820 die Streckenkilometer mit einem Lärmsanierungspotenzial durch Geschwindigkeitsreduktionen von 158 km auf rund 509 km überproportional ansteigen.

Anlage	Streckenkilometer bei Basiskostenansatz	Anteil	Streckenkilometer bei halbiertem Kostenansatz	Anteil
Innerorts	71	100 %	282	397 %
Ausserorts	88	100 %	228	259 %
Total	159	100 %	509	320 %

Tabelle 61 Sensitivitätsanalyse zur Geschwindigkeitsreduktion bei halben Kostensätzen für Reisezeitverluste

Die Halbierung der Kosten führt zu einer Sanierungszunahme von 159 auch 509 Streckenkilometer. Die Strecken bei welchen Geschwindigkeitsreduktionen wirtschaftlich tragbar sind, nehmen um 220 % zu. Die hiermit akzeptierten Reisezeitverluste in der Sensitivitätsvariante steigen um maximal 440 % an¹⁹. Es zeigt sich, dass die Lärmschutzmassnahme deutlich auf die angenommenen Kostensätze reagiert, wobei sich ähnlich wie für bauliche Lärmschutzmassnahmen abnehmende Grenznutzen zeigen. Die Ergebnisse werden zudem stark von der in Abstimmung mit der Begleitgruppe festgelegten Annahme geprägt, dass die signalisierten Geschwindigkeiten und nicht die effektiv gefahrenen Geschwindigkeiten für die Simulation verwendet werden. Insbesondere in innerstädtischen Lagen mit hohen Lärmbelastungen durch ein hohes Verkehrsaufkommen werden die signalisierten Maximalgeschwindigkeiten im Mittel nicht erreicht, womit auch die Ausgangspegel der Lärmbelastung niedriger liegen. Der tatsächliche Reisezeitverlust würde dadurch deutlich geringer ausfallen und die volkswirtschaftlichen Kosten für Geschwindigkeitsreduktionen sich verringern. Ebenso werden aber auch die tatsächlich realisierten Reduktionen der Lärmbelastung niedriger ausfallen. Tendenziell von geringeren Reisezeitverlusten geht auch das Bundesgericht in seinen Urteilen C27/2022 resp. C33/2022 aus, da für Reisezeitverluste zu

¹⁸ Zwei Personen à 16 CHF Nutzen aus Gesundheitskosten = 32 CHF sowie 1 Wohnung à 45 CHF Gebäudekosten, ergibt addiert 77 CHF

¹⁹ Streckenzunahme von 220 % multipliziert mit 2 für die akzeptierte Verdopplung der Reisezeiten ergibt 440 %

Freizeitzwecken bei Nacht geringer Kostenansätze anzunehmen seien²⁰. Wie eine Auswertung auf den ermittelten Streckenabschnitten zeigt, entfallen 7 % aller Fahrten auf die Nacht (Fahrzweck unbekannt). Die Überschätzung aufgrund fehlender Differenzierung der Reisezeitverluste bei Tag und Nacht für Freizeitfahrten dürfte hiermit das Ergebnis kaum substantiell verändern.

Reziprok zu den reduzierten volkswirtschaftlichen Kosten steigt der Saldo der volkswirtschaftliche Nutzen von Geschwindigkeitsreduktionen an. Damit wären bspw. die angestrebten positiven Wirkungen auf Raumplanung, Umwelt und Verkehrssicherheit auch teilweise erreicht.

Rechtlich verbindliche Entscheide zur Geschwindigkeitsreduktion müssen nach Urteilen des Bundesgerichts (BG C27/2022 resp. C33/2022) auf ihre Verhältnismässigkeit mittels BAFU-Prüfschema (BAFU, 2021) getroffen werden. Diese multikriterielle Beurteilung beinhaltet einen Teil, der sich mit den direkten Kosten und sowie nicht-monetären Nutzen befasst. In der vorliegenden VOBU mit Perspektive auf das gesamte Strassennetz, werden die volkswirtschaftlichen Kosten sowie monetäre Nutzen für Gesundheit (inkl. entsprechende Nutzen aus erhöhter Verkehrssicherheit und reduziertem Schadstoffausstoss) und für den schweizweiten Gebäudepark mitberücksichtigt. Die übrigen Kriterien gemäss BAFU-Prüfschema sind von den lokalen Gegebenheiten abhängig und lassen sich deshalb nicht schweizweit modellieren. Die Ergebnisse der VOBU sind von übergeordneter Art und nicht dazu geeignet, konkrete Streckenabschnitte betreffend Geschwindigkeitsreduktion abschliessend zu beurteilen.

Werden abschliessend die reduzierten Lärmbelastungen für Personen und Wohnungen in monetären Nutzen umgerechnet, so ergeben sich bei Umsetzung aller Lärmschutzmassnahmen der Kaskadenstufe 2 (d. h. ohne LSW innerorts) jährliche Nutzen von rund 432 Mio. CHF (Tabelle 62). Neben den Reduktionen der Gesundheitskosten und der Gebäudekosten dürften aufgrund von Geschwindigkeitsreduktionen punktuell Luftschadstoffbelastungen und Unfallwirkungen zurückgehen, wodurch Gesundheitswirkungen im Wert von rund 1.1 Mio. CHF erwartet werden.

Kaskade der Lärmschutzmassnahmen		Stufe 1a	Stufe 1b	Stufe 1b (Sensitivitätsanalyse)	Stufe 2
Reduktion der Gesundheitskosten in Mio. CHF/a	Reduktion der Lärmelastung	203.0	7.2	16.1	205.2
	Reduktion der Luftschaudstoffbelastung bei T-Reduktion	-	-		0.0
	Reduktion der Unfälle bei T-Reduktion	-	1.1	2.4	1.1
Reduktion der Gebäudekosten in Mio. CHF/a	Reduktion der Lärmelastung	222.9	9.4	21.0	225.7
Total in Mio. CHF/a		425.9	17.6	39.5	432.0

Tabelle 62 Nutzen in Mio. CHF/a aus quellenseitigen Massnahmen gegen Strassenlärm auf Strassenabschnitte, die als wirtschaftlich tragbar gelten (unabhängig von Grenzwert-Überschreitungen=). Sensitivitätsanalyse: Annahmen siehe Tabelle 61. Nutzen bedeutet reduzierte Gesundheits- und Gebäudekosten. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Am Beispiel der LAB als prioritäre Massnahme lässt sich exemplarisch zeigen, wie aufgrund zusätzlicher Pflichten zur Lärmsanierung unter verschärften Grenzwerten der Nutzen ansteigt (Tabelle 63). Die Option 4 unter Berücksichtigung von M1, M7 und M8 führt zu 24 % höheren Nutzen verglichen mit dem Nutzen aus den Lärmsanierungen von Strassen, welche aktuell IGW-Überschreitungen ausweisen.

Beispiel LAB	Basis LSV aktuell	Option 01 M1/M1*	Option 02 M1/M1* + M7	Option 03 M1/M1* + M8	Option 04 M1/M1* + M7+M8
Reduktion der Gesundheitskosten in Mio. CHF/a	149.6	156.6	168.5	180.4	186.0
Reduktion der Gebäudekosten in Mio. CHF/a	164.3	171.9	185.0	198.1	204.2
Total in Mio. CHF/a	313.9	328.4	353.6	378.5	390.1
Veränderung in %		+5 %	+13 %	+21 %	+24 %

Tabelle 63 Nutzen aus quellenseitigen Massnahmen mit Lärmschutzmassnahme 1a (LAB) differenziert nach Massnahmenoptionen. Nutzen bedeutet reduzierte Gesundheits- und Gebäudekosten. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Die Gegenüberstellung der mit den Lärmschutzmassnahmen verbundenen Kosten und Nutzen zeigt relevante Unterschiede in der Effizienz der Lärmschutzmassnahmen. Tabelle 64 enthält die entsprechenden Kostenschätzungen und weist diese einem Kostenträger zu. Demnach wäre das Erreichen der maximalen Reduktion der Lärmelastung durch Stufe 2 mit Kosten von rund 158 Mio. CHF verbunden.

Kaskade der Lärmschutzmassnahmen in Stufen			Stufe 1a	Stufe 1b	Stufe 1b (Sensitivität)	Stufe 2
Kostenart	Strassentyp	Kostenträger:innen	Kosten in Mio. CHF/a			
Lärmarme Be-läge (LAB)	Nationalstrassen	Bund	2.1	2.1	2.1	2.1
	Kantonsstrassen	Kantone	79.0			79.0
	Gemeindestras-sen	Gemeinden	52.5			52.5
	weitere Strassen	Übrige	1.7			1.7
Lärmschutzwände (LSW)	Nationalstrassen	Bund				12.3
Zeitkosten in-folge Tempo-reduktion	Gemeinde-, Kan-tons und übrige Strassen	Private Haushalte		7.8	71.9	7.6
		Unternehmen		3.0	28.0	2.9
Zusammenfas-sung	Bund		2.1	2.1	2.1	14.4
	Kantone		79.0			79.0
	Gemeinden		52.5			52.5
	Private Haushalte			7.6	71.9	7.6
	Unternehmen			2.9	28.0	2.9
	Übrige		1.7			1.7
	Alle		135.2	12.9	102.0	158.0

Tabelle 64 Grenzwertunabhängige Kosten in Mio. CHF/a für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen, inkl. Kostenträger. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Wichtige Kosten verursachen insbesondere Kantonsstrassen, für welche hohe Zusatzinvestitionen für LAB und LSW ausgewiesen werden. Bauinvestitionen können umgehend um 10 % höher oder niedriger ausfallen, als dies die Kostenschätzungen aufweist, welche auf durchschnittlichen Kostensätzen von Baukostenplänen basiert

Deutlich höheren Nutzen als Kosten wird für den konsequenten Einbau von LAB auf allen Strassen mit Grenzwertüberschreitungen erwartet (Stufe 1a). Die Zusatzkosten (135 Mio. CHF) betragen knapp 32 % des Nutzens für Gesundheit und Gebäudepark (426 Mio. CHF).

Aufgrund der Kostenschätzungen erweisen sich die Kantone als mutmassliche Hauptkostenträger für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen. Die Kantone sind im Besitz von rund 60 % der Strassen in der Schweiz, die aktuell zu Grenzwertüberschreitungen führen. Sie müssten mit 79 Mio. CHF die Hälfte der Kosten tragen. Zudem haben die Kantone die LärmSANIERUNGEN bis ungefähr 2008 stark vernachlässigt und erst einen geringen Anteil ihrer Sanierungspflicht erfüllt (BAFU, 2019).

Die privaten Haushalte und Unternehmen als Nutzer:innen der Strassen beteiligen sich über ihre Opportunitätskosten für Geschwindigkeitsreduktionen an den berechneten

Lärmsanierungskosten. Mittels Mineralölsteuern, Verkehrsabgaben, leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgaben (LSVA) sowie allgemeine Steuern müssen sie zudem die Mittel bereitstellen, welche Bund, Kantone und Gemeinden resp. Städte für Strassenbau, -betrieb und -unterhalt und hiermit verbundene Lärmschutzmassnahmen benötigen. Sowohl Bund als auch Kantone arbeiten hierzu häufig mit Spezialfinanzierungen.

Tabelle 67 bricht den geschätzten Mitteleinsatz für Lärmschutzmassnahme Stufe 1a (LAB) herunter auf den Nutzen durch reduzierte Gesundheitskosten und Gebäudekosten pro investierten Franken. Lärmschutzmassnahmen mit Nutzen-Kosten-Verhältnissen kleiner als 1 sind ineffizient, da sie zu höheren Kosten als Nutzen führen. Demnach lassen sich die simulierten Lärmschutzmassnahmen aufgrund verschärfter Grenzwerte von M1/M1* (Option 1) über M7 (Option 2) zu M8 (Option 4) als effizient bezeichnen, wobei sich der Nutzen pro investiertem Franken von 4.9 CHF für Option „Basis LSV“ auf 3.1 CHF in Option 4 reduziert.

Massnahmenoptionen	Basis LSV aktuell	Option 01 M1/M1*	Option 02 M1/M1* + M7	Option 03 M1/M1* + M8	Option 04 M1/M1* + M7+M8	Ohne Be- rücksich- tigung IGW
Nutzen pro investierten Franken bei Lärmschutzmassnahme Stufe 1a (LAB)	CHF 4.9	CHF 4.5	CHF 4.1	CHF 3.9	CHF 3.7	CHF 3.1
Einschätzung Wirtschaftlichkeit	+	+	+	+	+	+

Tabelle 65 Nutzen aus quellenseitigen Massnahmen für Strassenlärm mit Lärmschutzmassnahme Stufe 1a (LAB) differenziert nach Massnahmenoptionen, Basis mit bisherigen Grenzwerten und ohne Berücksichtigung der Grenzwerte. (+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Auch mit den ausgewerteten Massnahmen werden jedoch weiterhin IGW- und AW-Überschreitungen erwartet, welche gebäudeseitige Ersatzmassnahmen erfordern (siehe Kapitel 5.3).

5.2.2 Exkurs: Ausschöpfung Sanierungspotenzial für Eisenbahn- und Fluglärm

Mögliche künftige quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Eisenbahn- und Fluglärm unterscheiden sich grundsätzlich von den Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm. Der Unterschied liegt darin, dass die Lärmschutzmassnahmen in einem Gesamtsystem ergriffen werden und sämtliche bislang lärmbelastete Personen und Wohnungen hiervon profitieren. Die Massnahmen wirken mittels pauschalisierten Lärmreduktionen. Werden die entsprechenden Massnahmen im Zuge einer Grenzwertverschärfung durch M1/M1* ergriffen, sind diese implementiert und eine weitergehende Grenzwertverschärfung durch M7 und M8 kann Umfang oder Intensität der eingeführten Massnahme nicht weiter beeinflussen. Dies führt für Eisenbahn- und Fluglärm zu nachfolgenden übergeordneten Ergebnissen für die Beurteilung der Massnahmenpakete 1, 2, 3 und 4.

5.2.3 Eisenbahnlärm

Vorbemerkung: Beurteilung von Massnahme M7 «Anpassung Beurteilungszeit»

Die Massnahme M7 sieht eine Verlängerung der Nachtperiode vor. So soll neu der Tag von 7 bis 22 Uhr und die Nacht von 22 bis 7 Uhr dauern. Die Stunden von 6 bis 7 wird hiermit zur Nachtstunde mit entsprechenden schärferen Grenzwerten gezählt. Vor Implementierung der Massnahme in die Simulation wurde durch das BAV eine Auswertung anhand der bestehenden sechs Lärmessstationen Wichtach, Gland, Itingen, Steinen, Walenstadt und Lindau vorgenommen (Interne Auswertung BAV, 2023). Die Ergebnisse sind wie folgt:

- Der gemessene Eisenbahnlärm (Leq dB(A) ohne Pegelkorrektur), welcher zwischen 6 und 7 Uhr entsteht, hat einen geringen Anteil an der Gesamtemission am Tag. Durch die «Umlagerung» der Stunde 6 bis 7 Uhr auf die Nacht sind kaum Wirkungen auf die verbleibenden Tageszeiten von 7 bis 22 Uhr festzustellen
- Die Nachtwirkungen der «Umlagerung» zeigen sich in primär auf Strecken, welche zwischen der bisherigen Tagesstunde 6 bis 7 Uhr der Personenverkehr einsetzt. Die hierbei festgestellten Zunahmen Leq dB(A) liegen bei 0.1 bis 0.3 dB, für eine Messstation werden 0.7 dB ermittelt. Schätzungen mit sonRAIL gehen von pauschal maximal 0.3 dB für die ganze Schweiz aus.

Der störende, teilweise unregelmässige und/oder in langen Zeitintervallen passierende Güterverkehr stellt für die Stunden von 6 bis 7 Uhr keine relevante Belastung dar. Die Massnahmen M7 wurde in Absprache mit der Begleitgruppe als wenig zweckmässig für Eisenbahnlärm eingeschätzt und wird daher keiner Beurteilung unterzogen.

Für das gesamte Streckennetz der Eisenbahn in der Schweiz wurde in Vergangenheit bereits eine umfassende Lärmsanierung durchgeführt (siehe Kapitel 4.2). Gemeinsam mit der Begleitgruppe wurden zwei Lärmschutzmassnahmen identifiziert, welche als Lärmschutzmassnahmen an der Quelle zu Lärmreduktionen im Eisenbahnverkehr führen. Die angenommenen Lärmreduktionen wurden auf Basis bestehender Studien gemeinsam mit der Begleitgruppe festgelegt.

Massnahme	Abkürzung	Variante	Beschrieb	Erläuterungen
Schienenrauheit	SS	1	–Regelmässiges Schienenschleifen Pauschal -1 dB auf dem gesamten Eisenbahnnetz (siehe BFH, 2022)	Anhang A-6.1
Scheibengebremste Güterwagen	SGG	2	–Einsatz von scheibengebremsten Güterwagen im Nord-Süd-Transit –Pauschal -1 dB auf den Nord-Süd-Tran-sitachsen (siehe BAFU, 2022a)	Anhang A-6.2

Tabelle 66 Übersicht quellenseitige Massnahmen zur Reduktion von Eisenbahnlärm

Bereits heute werden die Schienen regelmässig geschliffen, da hiermit neben akustischen Effekten insbesondere auch die Schienen vor Verschleiss und Brüchen geschützt und die Lebensdauer erhöht werden kann (mündliche Auskünfte SBB, 2023). Verschiedene Erfahrungen als auch Auflagen hätten dazu geführt, dass seit 2016, zumindest bei den SBB, deutlich häufiger Schienen geschliffen werden. Studien im Auftrag des BAU zeigen, dass die akustischen Wirkungen des Schienenschleifens einer gewissen Anzahl

Achsüberfahrten stark abnehmen. Auf viel befahrenen Strecken werden diese Achsüberfahrten innerhalb von wenigen Wochen erreicht (Prose, 2015). Für eine anhaltende akustische Wirkung sind Zeitintervalle zwischen dem Schleifen zu verkürzen resp. sicherzustellen, dass auf dem gesamten Netz regelmässig geschliffen wird. Die angenommenen Lärmreduktionen bei regelmässigem Schleifen liegen bei -1 dB bis maximal -1.5 dB für das gesamte Netz (BFH, 2022). Auf Strecken ausschliesslich mit Personenverkehr können Reduktion von bis -3 dB erreicht werden.

Die Wirkung der Scheibenbremsen an Güterwagons entsteht sowohl im Bremsvorgang als auch in der ungebremsten Fahrt durch Veränderung von Roll- und Luftwiderstandslärm. Der konsequente Einsatz von Scheibenbremsen übertrifft die Auflagen, welche Normen der Europäischen Union für den Eisenbahngüterverkehr vorgeben. Dies gilt auch für das bereits bestehende generelle Verbot von Grauguss-Bremssohlen (GG-Sohlen)²¹.

Eine besondere Bedeutung in der Lärmbelastung und im Lärmschutz fällt der Gotthardlinie mit ihrer hohen Verkehrsbelastung zu (BAV, 2015). Nationale Auflagen in Abweichung zu den benachbarten Ländern können sich als hinderlich in einem gesamteuropäischen, alpenquerenden Güterverkehr erweisen und den Verlagerungszielen im Güterverkehr widersprechen. Die Lärmschutzmassnahmen soll daher einen Anreiz für den freiwilligen Einsatz von scheibengebremsten Wagons setzen, wozu ein Lärmbonus in den Preisen zur Trassen Nutzung zur Anwendung kommen soll, wie dieser bereits heute nach Art. 19b der Eisenbahn-Netzzugangsverordnung (NZV) besteht. Der Lärmbonus ist gemäss Verordnung durch die Trassenbetreiber:innen zu gewähren, diese hat den entsprechenden Rabatt durch höhere Einnahmen bei lärmigeren Fahrzeugen zu finanzieren.

Betriebliche Lärmschutzmassnahmen (insbesondere Geschwindigkeitsreduktionen) wurden durch die Begleitgruppe ausgeschlossen. Die hohe Verkehrsdichte im Eisenbahnnetz der Schweiz mit durchgehender Taktung im Personenverkehr könnten demnach bei betrieblichen Eingriffen kaum noch aufrechterhalten werden. Die bereits knappen Kapazitäten würden hierdurch weiter reduziert.

Ebenfalls in Absprache mit der Begleitgruppe wurden Massnahmen an der Fahrbahn, bspw. durch den Einbau von hochdämpfenden Zwischenlagen in den Oberbau von der Simulation ausgeschlossen. Entsprechende Produkte wurden entwickelt, sind aber erst wenig erprobt und noch zu wenig etabliert. In der Schweiz liegen derzeit weder Erfahrungen noch Projektierungen vor.

Mit den gewählten Massnahmen lassen sich Lärmelastungen für Anwohner:innen und deren Wohnungen im untenstehenden Umfang erreichen (Tabelle 67).

²¹ Ab Dezember 2024 gilt in der Europäischen Union, dass GG-Sohlen auf Strecken mit mehr als zwölf Güterzügen in der Nachperiode verboten sind. In Deutschland gilt ein ähnliches Verbot wie in der Schweiz seit Dezember 2020 (BAV, 2023)

Kaskade der Lärmschutzmassnahmen in Stufen		Stufe 1		Stufe 2
Lärmschutzmassnahmen				
Gesamtes Eisenbahnnetz	Schienenschleifen			
Nord-Süd-Transit auf Simplon- und Gotthardachse			Scheibengebremste Güterwagen Nord-Süd-Transit	
Lärm situation				
Personendezibel über 48 dB L _{den}	Reduktion in Pers-dB	698'679		88'565
	Reduktion in %	13 %		2 %
Wohnungsdezibel über 40 dB (ZKB-Lärmass)	Reduktion in Whg-dB	144'368		23'414
	Reduktion in %	16 %		3 %

Tabelle 67 Quellenseitige Reduktion der Lärmbelastung durch M1/M1* für Eisenbahnlärm.

Die zu erwartenden Reduktionen vermögen die zukünftigen Grenzwertüberschreitungen nur in beschränktem Umfang zu reduzieren. Durch die netzweite Sicherstellung des Schienenschleifens zur Verringerung der Schienenrauheit können die von Eisenbahnlärm betroffenen Pers-dB um etwa 13 % und die vom Schienenlärm betroffenen Whg-dB um etwa 16 % reduziert werden. Die Lärmreduktion findet erfolgt unterhalb des IGW resp. relevante Anteile an der Lärmreduktion entfall sogar auf die Lärmbereiche unterhalb der Planungswerte bis zu den Schwellenwerten von 48 dB für Gesundheitsnutzen und 40 dB für Gebäudenutzen.

Deutlich geringer sind die Effekte durch Anreize für technische Massnahmen an den Bremsystemen. Die Wirkungen entlang der beiden Transitachsen durch Gotthard sowie durch Lötschberg/Simplon betreffen zwar viele Personen und Wohnungen, jedoch nur mit einer geringen Reduktion der Lärmelastung. So werden die aufgrund des Eisenbahnlärms betroffenen Pers-dB und Whg-dB durch scheibengebremste Güterwagen auf der Nord-Süd-Transitachse nur um rund 2 % resp. 3 % reduziert.

Die mit den geschätzten Lärmreduktionen verbundenen Nutzen für Gesundheit und Gebäudepark werden in der Tabelle 68 aufgeführt. Ergänzend wird der positive Nutzen, welcher das regelmässige Schienenschleifen auf die Lebensdauer der Bahninfrastruktur hat, ebenfalls als Nutzen ausgewiesen.

Kaskade der Lärmschutzmassnahmen in Stufen		Stufe 1 Schienenschleifen	Stufe 2 Scheibengebremste Güterwagen Nord-Süd-Transit
Gesundheitskosten in Mio. CHF/a	Reduktion der Lärmbelastung	12.1	1.5
Gebäudekosten in Mio. CHF/a	Reduktion der Lärmbelastung	6.8	1.1
Bahninfrastruktur in Mio. CHF/a	Nutzen Schienenschleifen	0.7	-
Total in Mio. CHF/a		19.6	2.6

Tabelle 68 Nutzen aus quellenseitigen Massnahmen durch M1/M1* für Eisenbahnlärm. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Die Unterschiede der Reduktion der Pers-dB und Whg-dB spiegeln sich auch im Nutzen der Massnahmen an der Quelle des Eisenbahnlärms wider. So beläuft sich der Gesamtnutzen des Schienenschleifens (Stufe 1) auf rund 19.6 Mio. CHF pro Jahr, wovon 12.1 Mio. CHF auf die Reduktion der Gesundheitskosten, 6.8 Mio. CHF auf die Reduktion der lärmbedingten Beeinträchtigung des Wohlbefindens und 0.7 Mio. CHF auf die Verlängerung der Lebensdauer der Gleisanlagen zurückzuführen sind. Demgegenüber ergibt sich für scheibengebremste Güterwagen auf der Nord-Süd-Transitachse (Stufe 2) nur ein jährlicher Nutzen von insgesamt 2.6 Mio. CHF, wovon 1.5 Mio. CHF auf die Reduktion der Gesundheitskosten und 1.1 Mio. CHF auf die Reduktion der lärmbedingten Beeinträchtigung des Wohlbefindens entfallen. Nicht berücksichtigt sind allfällige weitere Nutzen, welche sich durch scheibengebremste Wagons ergeben, jedoch keinen direkten Bezug zur Lärmbehandlung haben. So könnte bspw. die Betriebssicherheit dank modernen Wagons eine Erhöhung erfahren.

*Methodischer Exkurs: Vergleichbare Ergebnisse M1 und M1**

Die durchgeföhrten Simulationen zeigen, dass Eisenbahnlärm primär zu IGW-Überschreitungen in den Nachtstunden führt. Zur Bestimmung der mittleren Pegelkorrektur K1 für Gebäude mit IGW-Überschreitungen beim Eisenbahnlärm in der Nacht wurden alle Gebäude aus der sonBASE 2015 mit einem Leq von mindestens 50 dB(A) in der Nacht berücksichtigt. Die nach Anzahl Bewohnern gemittelte Pegelkorrektur K1 beträgt bei diesen Gebäuden rund 8.2 dB, wobei dieser Wert auch für die Berechnungen des Jahrs 2021 zutrifft.

Die verschärften Grenzwerte gemäss M1* betragen 57 dB (ESII) bzw. 62 dB (ESIII) (siehe Anhang A-1) und wurden unter der gemeinsam mit dem BAFU getroffenen Annahme gebildet, dass die Verwendung des Leq anstelle des Lr im Mittel eine Verschärfung der Grenzwerte um 8.2 dB in den Nachtstunden bewirkt.

Wenn mit M1* die Grenzwerte 57 dB resp. 62 dB anstelle der 50 dB verwendet werden, beträgt die mittlere Pegelkorrektur K1 gewichtet nach Bewohnern für Gebäude in ESII 7.5 dB und für Gebäude in ESIII 6.6 dB. Diese Differenzen von 0.7 dB bei ESII bzw. 1.6 dB bei der ESIII gegenüber der ursprünglichen Annahme (8.2 dB) führen dazu, dass die Grenzwerte um 0.7 dB bzw. 1.6 dB niedriger sind als angenommen und M1* beim Bahnlärm

vergleichbar ist mit dem aktuellen Zustand gemäss LSV. Während die Anzahl Grenzwertüberschreitungen durch M1* bei der ESII leicht steigen, zeigt die Simulation, dass die Anzahl von IGW-Überschreitungen in ESIII um fast den identischen Umfang niedriger liegt.

Der verhältnismässig hohe Nutzen des Schienenschleifens beinhaltet eine hohe Anzahl von Personen und Gebäude, welche unter IGW oder gar PW liegen und lärmenschutzrechtlich als unproblematisch gelten. Im Rahmen von Lärmsanierungen sind die Anlagebetreiber nicht dazu verpflichtet, Lärmbelastungen unter PW zu reduzieren. Wenn diese jedoch als Ergebnis der Lärmsanierung mit Ziel Vermeidung IGW-Überschreitung als Nebeneffekt zustande kommen, so sind diese positiv zu werten, da sie aus volkswirtschaftlicher Sicht Effektivität und Effizienz der Lärmsanierung erhöhen. Es sollen daraus aber keine weitergehenden Pflichten für die Anlagebetreiber abgeleitet werden, die entsprechenden Wirkungen unterhalb der Grenzwerte sollen für die Anlagebetreiber kostenneutral sein.

Die Kosten zur Umsetzung der beiden quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen zeigen das gegensätzliche Bild zu dem Nutzen. Die Anreizsetzung für scheibengebremste Wagons verursacht erhebliche Kosten (in Form von Mindereinnahmen bei dem Trassenbetreiber), währenddessen die Reduktion der Schienenrauheit mittels Schleifen keine Zusatzaufwände zur ordentlichen Schienenpflege verursacht (Tabelle 69).

Kaskade der Lärmschutzmassnahmen in Stufen			Stufe 1 Schienenschleifen	Stufe 2 Scheibengebremste Güterwagen N-S-Transit
Kostenart	Netzabschnitt	Kostenträger:innen	[Mio. CHF/a]	
Schienenschleifen	Gesamtes Netz	Bahnunternehmen	-	-
Lärmbonus für Scheibenbremser	Simplonachse	Private Haushalte	-	4.7
	Gotthardachse	Private Haushalte	-	8.5
Zusammenfassung	Bund		-	13.2
	Bahnunternehmen		-	-
	Alle		-	13.2

Tabelle 69 Kosten für quellenseitige Massnahmen durch M1/M1* für Eisenbahnlärm, inkl. Kostenträger.

Das Schienenschleifen ist Bestandteil des jährlichen Unterhalts der Schienenanlagen und wird gemäss Annahme gemeinsam mit dem übrigen Unterhalt durchgeführt. Seit 2016 haben bspw. die SBB die Häufigkeit des Schienenschleifens im Unterhalt stark erhöht (mündliche Angaben SBB, 2023). Hauptziel des Schleifens ist die Pflege und der Erhalt der Fahrbahn, die akustischen Wirkungen entsprechen einem erwünschten Nebeneffekt. In diesem Sinne entsteht daraus kein Zusatzaufwand im Sinne des Schienenschleifens als Lärmschutzmassnahmen an der Quelle, da nach Annahmen der SBB die Reduktion vom -dB mittlerweile durch das Schleifen erreicht wird (mündliche Angaben SBB, 2023). Somit ist

es wichtig, das Schleifen im Unterhalt beizubehalten und eine höchstmögliche Regelmäsigkeit darin zu erlangen.

Die Kostenschätzung für Anreize, die den Einsatz von scheibengebremsten Wagen fördern sollen, basieren auf einer Schätzung der Preissensitivität von Zugsbetreiber:innen durch das BAFU (2022) sowie Annahmen zu aktuellen Trassenpreisen, Anzahl Züge im Transitverkehr und deren Zuglängen und Fahrzeugeinsatz (siehe www.sbb.ch²², Zugriff vom 31. Juli 2023). Gemäss Vorschlag des BAFU sollen die Lärm- resp. Ruheboni künftig direkt zu den Wagonhalter:innen gelangen und die Anreize zum Einsatz lärmärmer Wagons erhöhen.

Die geprüften Massnahmen zur Lärmreduktion an der Lärmquelle durch Eisenbahnlärm weisen entsprechend unterschiedliche Effizienz bezogen auf den geschätzten Mitteleinsatz auf. Demnach lässt sich zur konkreten Umsetzung von M1 und M1* derzeit nur das Schienenschleifen als effizient beurteilen. Bei der Massnahme Lärmbonus für scheibengebremste Güterwagons auf der Nord-Süd-Transitachse beträgt der Nutzen pro investierten Franken lediglich 20 Rappen.

Lärmschutzmassnahme	Schienenschleifen	Scheibengebremste Güterwagen Nord-Süd-Transit
Nutzen pro investiertem Franken	Undefiniert, da keine Kosten	CHF 0.2
Einschätzung Wirtschaftlichkeit	+	-

Tabelle 70 Nutzen aus quellenseitigen Massnahmen durch M1/M1* für Eisenbahnlärm. (+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Mit den ausgewerteten Massnahmen werden weiterhin IGW- und AW-Überschreitungen erwartet. Diese führen zu Erleichterungen und erfordern gebäudeseitige Lärmschutzmassnahmen (siehe Kapitel 5.3), solange nicht weitere, effiziente Massnahmen zur zusätzlichen Lärmreduktion um Bahnverkehr entwickelt werden können.

5.2.4 Fluglärm

Ziviler Fluglärm

Die Bekämpfung von Fluglärm ist durch unterschiedliche quellenseitige Lärmschutzmassnahmen möglich. Betriebliche Massnahmen wären Betriebseinschränkungen, wie ein Nachtflugverbot oder ein im Betriebsreglement der Flughäfen festgelegtes Verbot lärmiger Flugzeuge zu bestimmten Zeiten sowie das Festlegen von Flugrouten und Mindestflughöhen. Zu technischen Massnahmen gehören Flottenerneuerung mit leiseren Flugzeugen. Letzteres kann durch eine passende Ausgestaltung von lärmabhängigen Landetaxen und Emissionswerte für Flugzeuge gefördert werden.

Anders als beim Strassen- und Eisenbahnlärm konnten im Rahmen dieses Projektes beim Fluglärm keine konkreten quellenseitigen Massnahmen und Veränderungen in den

²² <https://company.sbb.ch/de/sbb-als-geschaeftspartner/leistungen-evu/onestopshop/onestopshop-leistungen-preise/trassenpreise.html>

Lärmbelastungen in einem Schallausbreitungsmodell simuliert werden. Es sollen dennoch Abschätzungen durchgeführt werden, welche im Sinne einer Sensitivitätsanalyse aufzeigen, wie die Zusammenhänge zwischen Lärmreduktion, volkswirtschaftlichen Nutzen sowie Grenzwertverschärfungen mit ihren Wirkungen auf erforderliche Erleichterungen und gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen anzunehmen sind. Simuliert wurden pauschale Reduktionen von -2 dB bis -4 dB, ohne hierfür eine konkrete Massnahme zur Lärmreduktion an der Quelle auszuwählen. Vorgenommene Abklärungen weisen darauf hin, dass die Wirkungen von möglichen Massnahmen in diesen Größenordnungen liegen.

So zeigen EASA-Listen zur Lärmzertifizierung, dass in Anwendung auf eine Fallstudie für den Flughafen Zürich (Basis Betriebsjahr 2017), eine Flottenerneuerung relevante Lärmwirkungen von -3 dB bis -4 dB erzeugen könnte. Zur Berechnung wurde für verbreitete Flugzeugtypen der «alten» und «neuen» Generation für Kurz- und Mittelstreckeneinsatz hinsichtlich Start- und Landepegeln verglichen. Da die Fluglärmimmissionen aus der son-BASE2015 stammen und zu jener Zeit wenige Flugzeugtypen der «neuen» Generation in Betrieb waren, erscheinen Reduktionen um -3 bis -4dB plausibel. Nicht in die Betrachtung eingeflossen ist jedoch, dass aufgrund knapper Anzahl Slots nicht eine 1:1-Ersatz stattfindet, sondern dass mit dem Wechsel von «alter» und «neuer» Generation auch tendenziell Flugzeuggrösse und damit verbunden die Schallemission zunimmt.²³

Für die Abschätzungen im Rahmen dieses Projektes wurden der Einfachheit halber einheitliche Reduktionen für alle Flugzeugtypen und Flugrouten angenommen, welche die Lärmemissionen und -immissionen in gleichem Mass reduzieren. Tabelle 71 zeigt die Reduktion in den für die Berechnung der Gesundheits- und Gebäudekosten relevanten Anzahl Pers-dB und Whg-dB durch die pauschale Reduktion des Fluglärms ziviler Flugplätze um zwei respektive vier dB (Varianten 1 und 2).

Variante		2 dB Reduktion	4 dB Reduktion
Personendezibel über 48 dB L _{den}	Reduktion in Pers-dB	988'992	1'684'796
	Reduktion in %	34 %	57 %
Wohnungsdezibel über 50 dB (Taglärm)	Reduktion in Whg-dB	320'168	537'753
	Reduktion in %	37 %	62 %

Tabelle 71 Quellenseitige Reduktion der Lärmbelastung ohne Berücksichtigung der Grenzwerte für Fluglärm.

Die pauschale Reduktion des Fluglärms um zwei dB für alle betroffenen Personen und Wohnungen (Variante 1) führt zu einer Reduktion in den für die Berechnung der externen Effekte relevanten Pers-dB und Whg-dB von 34 %, respektive 37 %, verglichen mit der heutigen Lärmbelastung. Die pauschale Reduktion des Fluglärms um vier dB für alle betroffenen Personen und Wohnungen (Variante 2) führt zu einer Reduktion in den für die Berechnung der externen Effekte relevanten Pers-dB und Whg-dB von 57 %, respektive 62 %,

²³ Beispiel: Ein Airbus A320 der alten Generation wird demnach durch einen grösseren Airbus A321neo anstelle des Airbus A320neo von gleicher Grösse ersetzt.

verglichen mit der heutigen Lärmbelastung. Die Effektivität einer zusätzlichen Reduktion um zwei dB nimmt ab.

Tabelle 72 zeigt den Nutzen, welcher durch die pauschale Reduktion des Fluglärms ziviler Flugplätze entsteht. Auch für die Nutzen zeigt sich, dass durch die erste pauschale Reduktion des Fluglärms um zwei dB (Variante 1) ein höherer Nutzen (48.8 Mio. CHF) erzielt wird als der zusätzliche Nutzen (33.5 Mio. CHF) durch eine weitere Reduktion des Fluglärms um zwei dB erzielt würde. Dies liegt an den für die Berechnung der Gesundheits- und Gebäudekosten relevanten Grenzwerten von 48 dB, respektive 50 dB, welche zu abnehmenden Grenznutzen einer pauschalen Lärmreduktion führen. Die Effektivität quellenseitiger Massnahmen zur Bekämpfung von Fluglärm ist bei hohen Lärmelastungen dadurch höher als bei tieferen Lärmelastungen.

Varianten	2 dB Reduktion	4 dB Reduktion
Gesundheitskosten in Mio. CHF/a	17.1	29.2
Gebäudekosten in Mio. CHF/a	31.6	53.1
Total	48.8	82.3

Tabelle 72 Grenzwertunabhängiger Nutzen aus quellenseitigen Massnahmen für Fluglärm. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Durch welche quellenseitigen Massnahmen die Reduktion im Fluglärm erreicht wird, ist für die Berechnung des dadurch erzielten Nutzens nicht relevant. Eine denkbare Massnahme zur Reduktion des Fluglärms sind Betriebsänderungen mit gewissen positiven Auswirkungen auf die Lärmelastung, wie sie bereits unternommen werden. Dies wären zum Beispiel Verfahren zum optimierten Anflug. Allerdings zeigen entsprechenden Abklärungen durch das BAZL, dass hiervon die Gebiete mit IGW-Überschreitungen wenig profitieren, die erwarteten Wirkungen fallen in einem weiteren Flughafenumland mit grösserer Entfernung zu den Flughäfen an (mündliche Auskunft BAZL). Weitere Einschränkungen des Betriebs bei den Landesflughäfen hätten hingegen erhebliche Auswirkungen auf den internationalen Wettbewerb und den internationalen Öffnungsgrad der Schweiz und werden aufgrund der Systemanforderungen, wie sie im luftfahrtspolitischen Bericht des Bundesrates 2016 formuliert sind, ausgeschlossen (Bundesrat, 2016).

Eine weitere denkbare Massnahme zur Reduktion des Fluglärms ist eine Flottenerneuerung mit lärmarmen Flugzeugen, wie sie bereits heute bei vielen Airlines im Gange ist. Vorgenommene Schätzungen geben Hinweise, dass mit einer kompletten Flottenerneuerung Lärmreduktionen um -3 dB möglich sind. Die Kosten für die Flottenerneuerung fallen bei den Airlines an, welche durch höhere Ticketpreise möglichst an die Konsument:innen überwälzt werden sollen. Die Kosten sind hierbei hoch. So hat bspw. die Lufthansa Group (Besitzerin der Swiss International Airlines) im Rahmen einer Flottenerneuerung für die Beschaffung von 24 Airbus A320 und drei Airbus A321neo im Jahr 2018 einen Bestellumfang nach Listenpreis von knapp 3 Mrd. US\$ kommuniziert (www.lufthansagroup.com/de/themen/flottenerweiterung.html, Zugriff vom 18. Oktober 2023). Flugzeuge für den Langstreckeneinsatz wie die zweistrahlig Boeing 777 weisen sogar Listenpreise von über

300 Mio. US\$ je Exemplar aus (fliegerweb.com/de/news/Airliner/Aktuelle+Listenpreise+bei+Boeing-21475, Zugriff vom 18. Oktober 2023).

Das Ausmass der Kostenüberwälzung hängt massgeblich von der Preiselastizität der Flugticketpreise ab, welche für eine Quantifizierung der Verteilungswirkungen analysiert werden müsste. Zwar verursacht eine Flottenerneuerung durch die Investitionskosten bei der Neuanschaffung lärmärmer Flugzeuge höhere Kosten bei den Airlines, allerdings sind auch Einsparungen durch geringere Betriebskosten denkbar. So verbrauchen Flugzeuge der neusten Generation deutlich weniger Kerosin [BAZL, undatiert]. Die geringeren CO₂-Emissionen sind neben der Reduktion der Lärmbelastung ein weiterer positiver externer Effekt einer Flottenerneuerung.

Eine Beschleunigung der Flottenerneuerung der Airlines kann durch ein geeignetes Anreizsystem erreicht werden. Eine direkte Subventionierung der Neuanschaffungen lärmärmer Flugzeuge wird aus ordnungspolitischen Gründen mutmasslich kaum akzeptiert, insbesondere, falls diese nur bei schweizerischen Airlines erfolgen würde. Es müssten anderweitig Anreize gefunden werden. Diese könnten zum Beispiel durch eine Verschärfung der lärmabhängigen Start- und Landegebühren, wie sie bereits heute bestehen, gesetzt werden. Eine weitere Möglichkeit, Anreize für eine beschleunigte Flottenerneuerung zu schaffen, wäre über eine tarifäre Unterstützung. Flugzeuge der neuesten Generation würden keine Lärmgebühren bezahlen, sondern stattdessen Unterstützung erhalten. Eine allfällige Finanzierung einer solchen Unterstützung könnte über die Einrichtung eines Fonds erfolgen, ähnlich wie dies bereits bei der Bahn und den Nationalstrassen der Fall ist. Der Fonds könnte aus verschiedenen Quellen finanziert werden. Insbesondere die bereits erhobenen Lärmgebühren und MWST-Beiträge wären mögliche Finanzierungsquellen, um das Verursacherprinzip zumindest teilweise zu berücksichtigen. Eine solche Lösung wäre nach ordnungspolitischen Grundsätzen und in Bezug auf die Vereinbarkeit mit dem Luftverkehrsabkommen mit der EU zu überprüfen.

Bei der Ausgestaltung der tarifären Unterstützung müsste zusätzlich beachtet werden, dass diese keine Auswirkungen auf den Wettbewerb zwischen den Airlines hätte. Eine Frage, die es diesbezüglich zu klären gilt, ist, wie eine mögliche Benachteiligung von sogenannten «Homecarrier»-Airlines verhindert werden könnte. Während andere Airlines den Flughafen nur noch mit Flugzeugen der neusten Generation aus ihrem Flottenmix anfliegen könnten, haben die «Homecarrier»-Airlines diesen Spielraum nicht.

Militärischer Fluglärm

Aufgrund fehlender Informationen und Daten konnten keine Simulationen und Quantifizierungen zur Entwicklung des militärischen Fluglärms mit Umsetzung der Massnahmenpakete vorgenommen werden. Qualitativ überprüft wurde die Zusammenfassung der Anhänge 5 und 8 der LSV.

Exkurs: Konsequenzen der Zusammenfassung der Anhänge 5 und 8 der LSV

Mit der VOBU wurde auch geprüft, welche Wirkungen eine Zusammenlegung der neuen Belastungsgrenzwerte sowohl für zivile wie militärische Flugplätze haben könnte. Bislang wurden Militärflugplätze in einem eigenen Anhang geregelt, wobei die Grenzwerte für

militärische Flugplätze nur in ESII von denjenigen für zivile Flugplätze abwichen (+ 5 dB bei Militärflugplätzen). Die Anhänge regeln auch die Verfahren zur Ermittlung der relevanten Lärmbelastungen. Die Veränderung in den Belastungsgrenzwerten für militärische Flugplätze durch die Revision der LSV werden in Anhang A-1 gezeigt. Die Belastungsgrenzwerte am Tag für den Lärm des Verkehrs militärischer Flugplätze werden mit der Massnahme M1 am Tag um elf dB bzw. mit der Massnahme M1* um acht dB strenger als heute (Immissionsgrenzwerte, ESII). Für die Planungs- und Alarmwerte bzw. ESI, ESIII und ESIV sind die Verschärfungen geringer. Eine zur Verschärfung der Belastungsgrenzwerte unter M1/M1*zusätzliche Gleichsetzung von ESIII mit ESII (Massnahme M8) führt zu einer weiteren Verschärfung der Belastungsgrenzwerte, da die Anpassungen bei ESII unter beiden Massnahmen (M1 und M1*) strenger sind als bei ESIII.

In der Schweiz gibt es sechs militärische Flugplätze (Alpnach, Buochs, Dübendorf, Emmen, Meiringen, Payerne), welche durch die Revision der Belastungsgrenzwerte für militärische Flugplätze betroffen wären. In einer Grobanalyse zeigt das BAZL, wie sich die Revision des Anhang 5 der LSV auf Regionalflugplätze, Flugfelder und Heliports auswirkt (BAZL, 2022). Die Grobanalyse zeigt auf, dass durch die Anpassung in den Berechnungsmethoden und der Grenzwerte die Zunahmen in den Pegeln für Regionalflugplätze und Flugfelder moderat sind und dadurch nur zwei von 32 Flugfeldern zusätzliche IGW-Überschreitungen vorweisen. Wird zusätzlich ESIII mit ESII gleichgesetzt, nehmen die Pegel erheblich zu und neun von 32 Flugfeldern weisen zusätzliche IGW-Überschreitungen auf. Dies kann als Ausgangslage für eine erste Einschätzung der Auswirkungen der Anpassungen der Belastungsgrenzwerte für militärischen Fluglärm dienen. Für eine genaue Quantifizierung der Wirkungen sind allerdings Daten zum Betrieb der militärischen Flugplätze notwendig. Aufgrund der geplanten Ausmusterung bestehenden Fluggeräts der FA-18 und der Beschaffung eines neuen Kampfjets F35 sind künftige Verfahren und Häufigkeiten des militärischen Flugbetriebs bislang nicht bekannt.

Eine weitere Anpassung durch die Revision der LSV beim Fluglärm ist der Wegfall der separaten Belastungsgrenzwerte für den Lärm des Verkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen ausschliesslich Helikopter verkehren. Die Grobanalyse des BAZL liefert eine erste Einschätzung der Auswirkungen auf Heliports. Bei den militärischen Flugplätzen wäre durch den Wegfall der separaten Belastungsgrenzwerte insbesondere der Flugplatz Dübendorf betroffen, welcher gemäss Stationierungskonzept²⁴ mittelfristig nur noch eine Helikopterbasis betreiben soll. Zusätzlich dient dieser für Helikopterflüge der Rega und der Kantonspolizei Zürich.

5.2.5 Schiesslärm

Ziviler Schiesslärm

Aufgrund des Fehlens von schweizweit konsolidierten Daten lassen sich für zivilen Schiesslärm keine Auswertungen wie für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm vornehmen. Mögliche Effekte eines emissionsseitigen Lärmschutzes bei zivilen Schiessanlagen können anhand

²⁴ Sachplan Militär - Objektblätter Militärflugplätze (admin.ch)

der vorgenommenen Hochrechnung und Informationen aus den Kantonen Genf und Basel-Landschaft vorgenommen werden.

Für den Schiesslärm soll in der VOBU geprüft werden, was die Auswirkungen sind, wenn nach Empfehlung der EKLB die Grenzwerte zu ESIII denjenigen von ESII gleichgesetzt werden (Massnahme M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII»). Tabelle 73 zeigt eine Schätzung, wie sich unter Annahme der Gleichsetzung ohne Lärmsanierungen die hochgerechneten Grenzwertüberschreitungen verschieben.

Indikator		ESII	ESIII	ESIV	ES nd	Total	Veränderung
Anpassung		keine	Verschärfung	keine	keine		
Über PW	Personen	34'474	18'797	167	334	53'773	20 %
	Wohnungen	15'670	8'544	76	152	24'442	20 %
Über IGW	Personen	14'071	9'805	8	-	23'884	25 %
	Wohnungen	6'396	4'457	4	-	10'857	25 %
Über AW	Personen	2'116	2'442	-	-	4'558	0 %
	Wohnungen	962	1'110	-	-	2'072	0 %

Tabelle 73: Künftige Grenzwertüberschreitungen (Referenz) durch zivilen Schiesslärm, nach Empfindlichkeitsstufen bei Gleichsetzung von ESII und ESIII. Quelle: Berechnungen n-Sphere mit sonARMS für Basel-Landschaft (50 Anlagen) und Genf (8 Anlagen). Hochrechnung für 1618 zivile Schiessanlagen der Schweiz durch econcept.

Die Tabelle 73 zeigt, dass ohne Massnahmen an der Quelle die PW-Überschreitungen um 20 % und die IGW-Überschreitungen um 25 % zunehmen würden. Eine Zunahme der AW-Überschreitung, welche aufgrund der Hochrechnung nicht stattfindet, dürfte auch in Realität gering ausfallen.

Gemäss zuletzt erhobenem Stand bei den Kantonen, wurden bislang 48 % der Schiessanlagen keiner Lärmsanierung unterzogen (BAFU, 2023). Die Kantone geben an, dass darunter auch Schliessanlagen mit Sanierungsbedarf sind. Mit der Zunahme von IGW-Überschreitungen um geschätzt 25 % werden mit der Massnahme M8 zusätzliche Lärmsanierungen notwendig. Die rechtliche Pflicht zur Sanierung könnte hierbei mit anhaltenden Tendenzen zur überregionalen Zusammenarbeit und in Einzelfällen auch Gemeindefusionen zusammenfallen. Für die Gemeinden als Eigentümer:innen der meisten Anlagen ergeben sich hierdurch zusätzliche Möglichkeiten zur Stilllegung von Anlagen. Mit der Stilllegung entfallen Kosten zur Lärmsanierung, dafür müssen teilweise kostenintensive Altlastensanierungen durchgeführt werden. Die Liegenschaften können anschliessend für anderweitige Zwecke selbst genutzt oder vermietet resp. veräussert werden. Die künftigen Nutzungen müssen jedoch einer nach Zonenplan zulässigen Nutzung entsprechen.

Militärischer Schiesslärm

Der Bund plant und realisiert derzeit Lärmsanierungsprojekte für rund 40 Waffen- und Schiessplätze, für welche Grenzwertüberschreitungen angenommen werden (VBS, 2021). Ziel ist es, mit den Sanierungen die gesetzliche Frist bis zum 31. Juli 2025 einzuhalten,

andernfalls fallen die nicht lärmsanierten Schiessplätze in einen rechtswidrigen Zustand, sofern keine neuen Übergangsbestimmungen eintreten.

Parallel dazu wird der Sachplan Militär (SPM) an die weiterentwickelte Stationierungs- und Ausbildungskonzeption der Schweizer Armee angepasst (www.vbs.admin.ch, Zugriff vom 31. Juli 2023). Im Zuge dieser Überprüfung werden zahlreiche Objektblätter zu Schiess- und Waffenplätzen überprüft, angepasst und etappenweise mittels Bundesratsbeschluss in Kraft gesetzt. Die Objektblätter legen nach den Berechnungsvorgaben von Anhang 9 LSV die Gebiete mit Lärmauswirkungen fest und verweisen auf Sanierungsprojekte und Erleichterungen. Objektblätter und genehmigte Sanierungsprojekte basieren auf der gültigen LSV. Mit Massnahme M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII» sollen Grenzwerte für ESIII künftig verschärft werden. Die entsprechenden Wirkungen werden am Fallbeispiel des lärmsanierten Waffen- und Schiessplatz Frauenfeld überprüft.

Der Waffen- und Schiessplatz Frauenfeld verfügt über eine umfassende Infrastruktur für Schiessübungen mit leichten Waffen, schwere Waffen der Infanterie sowie schwere Waffen der Artillerie. Die Genehmigungsbehörde hat hierzu die Zahl der Schussabgabe auf jährlich rund 1.5 Mio. Gewehr- und Pistolenschüsse, 8'500 Schussabgaben aus panzermontierten Maschinengewehren, rund 800 Schussabgaben durch Minenwerfer, 1'000 Übungshandgranaten sowie 610 Artilleriegeschütze durch Panzerhaubitzen eingeschränkt (VBS, 2023). Die Schiessübungen finden nahe der Stadt Frauenfeld mit ihrer hohen baulichen Dicht statt. Ausgedehnte Wohnquartiere werden vom Schiessplatz räumliche «getrennt» durch die Autobahn A3 sowie Industrie- und Gewerbezone (u. a. Zeughaus Frauenfeld). Weitere Siedlungsräume liegen weiter entfernt und/oder sind aufgrund der topografischen Gegebenheit weniger von Schiesslärm betroffen.

Der rechtsgültige Entscheid zur Plangenehmigung der Lärmsanierung verweist darauf,

- dass von bislang sechs Erleichterungen zwei Erleichterungen aufgrund der Sanierungsmaßnahmen aufgehoben werden
- für vier Gebäude weitergehende, quellenseitige Lärmschutzmassnahmen nicht verhältnismässig wären und Erleichterungen auf die maximalen Messwerte (L_r dB(A) gemäss Tabelle 74 genehmigt werden
- alle übrigen Liegenschaften Belastungen unter Planungswert erreichen
- die Pflicht zu gebäudefestigen Massnahmen bei Immissionsgrenzwerten bestehen

Tabelle 74 enthält die entsprechende Ausgangslage zu den erleichterten vier Liegenschaften sowie eine Einschätzung zu den Wirkungen von Massnahme M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII».

Liegenschaft	ES	Genehmigt Lr dB(A) max	aktuell		geplant			M8	Beurteilung
			IGW _{akt}	AW _{akt}	PW _{rev}	IGW _{rev}	AW _{rev}		
1	II	61	60	70	55	60	70	0	-IGW wird knapp überschritten
2	III	68	65	70	55	60	70	-	-IGW wird deutlich überschritten -AW wird knapp unterschritten
3	III	69	65	70	55	60	70	-	-IGW wird deutlich überschritten -AW wird knapp unterschritten
4	II od. III	67	65	70	55	60	70	-	-IGW wird deutlich überschritten -deutlicher Abstand zu AW

Tabelle 74 Heutige und geplante lärmrechtliche Beurteilung der erleichterten Liegenschaften Waffen- und Schiessplatz Frauenfeld. Hinweis: Für jede Liegenschaft liegen bis drei Messpunkte mit verschiedener Ausrichtung und Stockwerkhöhen vor. Es wird jeweils der maximale ausgewiesene Lr verwendet. (+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Die Einführung der Massnahme M8 führt dazu, dass die Anzahl Erleichterungen deutlich steigt, verglichen zu den heute genehmigten Erleichterungen. Der Lärm des Artilleriefeuers trägt massgeblich zur Lärmbelastung bei. Da jedoch nur während zweimal zwei Wochen pro Jahr mit der Artillerie geschossen wird, kann diese nicht mit angemessenem Aufwand abgeschirmt werden (VBS, 2023). Es würden als Lärmschutzmassnahmen an der Quelle einzig betriebliche Anpassungen durch entsprechende Anpassungen bspw. in zulässigen Waffensystemen, örtlicher Umorganisation des Schiessplatzes und weiterem Aufbau von Simulatortrainings zur Schussvermeidung verbleiben.

Die Auswertung der zuletzt genehmigten SPM-Objektblätter (Bundesrat, 2023) für acht Schiessplätze (darunter Frauenfeld und Herisau-Gossau mit ihren Waffenplätzen mit jährlichen Rekruten, Unteroffiziers- und Offiziersschulen) zeigt, dass für insgesamt 23 Liegenschaften nach Sanierung mit gültiger LSV Erleichterungen wegen IGW-Überschreitungen erforderliche sind.

Die obigen Überlegungen basieren auf der Annahme, dass eine Erleichterung bei allen IGW- und AW-Überschreitungen rechtliche erforderlich ist.

5.2.6 Industrie- und Gewerbelärm

Mit Massnahmen M1/M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel» sind keine direkten Grenzwertanpassungen für Industrie- und Gewerbelärm vorgesehen. Die EKLB macht hierzu keine Empfehlung.

Auch die Massnahmen M7 «Anpassung Beurteilungszeiten» hat für Industrie- und Gewerbelärm keine Relevanz, da nach LSV für Industrie- und Gewerbelärm bereits aktuell Tagesperiode von 7 bis 19 Uhr und die Nachtperiode von 19 bis 7 Uhr gilt (LSV Anhang 6).

Einer relevanten Verschärfung für Industrie- und Gewerbelärm gleichkommen könnte hingegen Massnahmen M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII». Eine quantitative Simulation hierzu liegt nicht vor.

Hinweise auf die Bedeutsamkeit von M7 und M8 geben zahlreiche Urteile, welche Verwaltungsgerichte und das Bundesgericht in Vergangenheit bezüglich Industrielärm gesprochen haben (siehe www.laerm.ch/datenbank-rechtssprechung, Zugriff vom 31.7.2023 sowie www.bger.ch, Zugriff vom 31.7.2023). Häufige Klagegründe sind

- Öffnungs- und Betriebszeiten, um insb. Lärmemissionen in den Nachtstunden und während Sonn- und Feiertagen zu bekämpfen (bspw. BGE 1C-10/2011, Vger ZH VB.2004.00483)
- Abstände und lärm schutztechnische Qualifikationen von Industrie- und Gewerbeanlagen bezüglich raumplanerischer Vorgaben und Wohnnutzung (bspw. BGE 1C_386/2012, BGE 1C_346/2011, BGE 1A.194/2006, 1P.572/2006, 1P.576/2006 und 1P.578/2006).

Die befragten Fachexpert:innen aus der Raumplanung (siehe Anhang A-11.1), gehen davon aus, dass die untersuchten Massnahmen ihre Wirkungen entfalten und künftige Urteile beeinflussen werden. Es werden aber keine systematischen Konflikte oder Klagewellen erwartet in ausschliesslichen Industrie- und Gewerbezonen. Die Raumplanung habe gemäss Vorsorgeprinzip einen ausreichenden Spielraum geschaffen, indem lärmige Industrie- und Gewerbeaktivitäten nicht beliebig mit anderen Flächennutzungen gemischt werden dürfen, Industrie- und Gewerbezonen meist an Siedlungs ränder gelegt wurden und hierbei auf ausreichende Abstände und Trengürtel resp. topografische Schallhindernisse geachtet wurde. Die befragten Fachexpert:innen aus der Raumplanung gehen davon aus, dass auch bei Grenzwertverschärfungen ein ausreichender Schutz von insbesondere Wohnnutzung im Umfeld von Gewerbe- und Industrieanlagen gesichert sei. Andernfalls bestehen häufig bauliche, technische und betriebliche Massnahmen zur Lärmreduktion an der Quelle.

Massnahme	Beurteilung Effektivität, Effizienz und Verteilungen
M1 «Grenzwerte anpassen»	–Keine Relevanz, da keine Anpassung des Grenzwertschemas für Industrie- und Gewerbelärm vorgesehen ist.
M7 «Anpassung Beurteilungszeiten»	–Die Massnahme ist irrelevant, es gilt für Industrie- und Gewerbelärm bereits eine Nachtperiode von 19 bis 7 Uhr.
M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII»	–Die Massnahme wird als Widerspruch wahrgenommen zum Vorgehen der Raumplanung, welche reine Wohnzonen und Mischzonen mit Wohn- und Gewerbezonen mit erhöhter Lärm-, Geruchs- und Verkehrsbelastungen akzeptiert. Diese gemischten Zonen entstehen aus einer Interessenabwägung zum geeigneten Nutzungsmix, womit Nutzungskonflikte bis zu einem gewissen Ausmass akzeptiert werden. Die Gleichsetzung von ESII und ESIII mit der Übernahme von Lärmgrenzwerten für Wohnen auch für Gewerbenutzung widerspricht teilweise der Interessenabwägung, welche für bestehende Mischzonen bislang vorgenommen wurden.

Tabelle 75 Beurteilung Industrie- und Gewerbelärm

5.3 Auswirkungen Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen

Nachfolgend wird aufgezeigt, in welchem Umfang die Massnahmenpakete 1 bis 4 zu IGW- und AW-Überschreitungen führen, für welche nach gültiger LSV Erleichterungen genehmigt werden müssen. Die Überschreitungen akzentuieren sich mit zusätzlichen Grenzwertverschärfungen, welche sich aus den Massnahmen M1 «Grenzwerte anpassen», M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel», M7 «Anpassung Beurteilungszeiten» und M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII» ergeben.

Die Vollzugsbehörden können Erleichterungen gewähren, wenn Lärmschutzmassnahmen zur Reduktion der Lärmelastung bis unter die massgebenden Belastungsgrenzwerte unverhältnismässig sind (Art. 7, 8 und 14 LSV). Anlagen wie Industrie- und Gewerbeanlagen als auch bspw. Flugfelder erfüllen diese Auflagen zur Erteilung der Erleichterungen häufig nicht und müssen daher die Belastungsgrenzwerte in jedem Fall einhalten.

Werden Grenzwerte überschritten und Erleichterungen notwendig, löst dies einen Vollzug aus, welcher Kosten verursacht. Die Erleichterungen sind bei öffentlichen oder konzessionierten ortsfesten Anlagen Grundlage für eine Pflicht zu gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen (Schallschutzmassnahmen, Art. 10 LSV) unter finanzieller Beteiligung des Anlagebetreibers (Kosten, Art. 11 LSV). Je nach Lärmart und Anlagetyp (Alt-/Neuanlage) tritt die Pflicht bereits bei IGW-Überschreitung ein, bei AW-Überschreitung besteht diese Pflicht immer.

Ersatzmassnahmen sind keine Lärmschutzmassnahmen im rechtlichen Sinne. Sozio-akustische Belästigungsbefragungen zeigen, dass die Belästigung durch Lärm am Wohnort nicht primär durch die Situation im Gebäudeinneren bestimmt wird, sondern dass auch die Lärmelastung des unmittelbaren Außenbereichs in das Belästigungsurteil einfließt (EKLB, 2021). Darauf gestützt definiert die LSV Lärmschutzmassnahmen als Emissionsbegrenzungen, die geeignet sind, die Erzeugung oder Ausbreitung des Außenlärms zu verhindern oder zu verringern.

Im Wissen, dass die Lärmbelastung bei offenen Fenstern oder auf dem Balkon/im Garten dieselbe bleibt, geht man bei der vorliegenden VOBU davon aus, dass die Lärmbelastung bei geschlossenen Fenstern mit Schallschutzfenstern (SSF) reduziert wird. Wie in Ecoplan (2022a) wird davon ausgegangen, dass auch durch die Lärmreduktion in Innenräumen Gesundheitskosten reduziert werden können. Würde angenommen, dass SSF keinerlei Nutzen bringen, so wären SSF als Ersatzmassnahmen volkswirtschaftlich ineffizient und infrage zu stellen. Daher wird wie durch Ecoplan (2022a) ein Nutzen durch SSF angenommen, dieser ist hingegen deutlich geringer als jener von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen.

Die Belästigung durch den Lärm, welche durch die Veränderung in den Wohnungspreisen gemessen wird, können hingegen nur teilweise reduziert werden. Der lärmbedingte Mietabschlag wird von der ZKB (2011) anhand eines hedonischen Modells mit Inseratedaten geschätzt, welche sowohl Altbauwohnungen ohne SSF als auch Neubauwohnungen mit SSF enthalten. Der Einfluss von Lärm auf die Wohnqualität und die Belästigung hängt von der Ausrichtung, dem Grundriss, der Bausubstanz sowie der Fensterqualität der Wohnung ab. Es kann davon ausgegangen werden, dass eine Wohnung mit SSF einen geringeren Mietabschlag durch die Lärmbelästigung hat als eine Wohnung ohne SSF. Da eine Quantifizierung des Effektes von SSF auf den lärmbedingten Mietabschlag allerdings nicht vorhanden ist, wird dieser im Folgenden vernachlässigt.

Um eine Überschätzung des Nutzens durch Ersatzmassnahmen zu vermeiden, werden bei der Berechnung des Nutzens nur die Gesundheitskosten berücksichtigt.

Mit vorhandenen Daten und Simulationen ist es möglich, die Anzahl IGW- und AW-Überschreitungen für Personen und Wohnungen vor Umsetzung der Lärmschutzmassnahmen an der Quelle zu simulieren. Für die Massnahmenoptionen O1, O1*, O3 und O3* ist die Simulation der Anzahl IGW- und AW-Überschreitungen zusätzlich nach Umsetzung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen auswertbar. Würde man nur die Simulationen vor Umsetzung der Lärmsanierung berücksichtigen, würden die Wirkung von Ersatzmassnahmen stark überschätzt.

Aber auch die Simulationen der Ersatzmassnahmen nach Lärmsanierung an den Lärmquellen weisen Einschränkungen auf: Aufgrund fehlender Histogramme der Lärmelastung von Personen in der Schweiz nach Durchführung der Sanierungen muss die Reduktion der Personendezibel durch Ersatzmassnahmen mit der Verteilung der Lärmelastung vor der Sanierung simuliert werden. Während die Berechnungen der Kosten der Ersatzmassnahmen ohne Einschränkungen möglich ist, ist die Abschätzung des Nutzens in seiner Genauigkeit eingeschränkt. Die Größenordnung decken sich jedoch mit den hierzu getroffenen Erwartungen.

5.3.1 Strassenlärm

Die LSV sieht vor, dass zusätzlich zu quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm unter gewissen Bedingungen Erleichterungen gewährt werden können. Die Pflicht daraus für gebäudefeitige Ersatzmassnahmen, insbesondere durch Schallschutzfenster

SSF, besteht bei Altanlagen (bewilligt vor 1985) bei AW-Überschreitungen. Fallweise leisten Bund, Kantone und grössere Städte auch freiwillige Beiträge, wenn Gebäudeeigentümer:innen im Belastungsbereich zwischen IGW- und AW-Massnahmen gegen Lärm an ihren Liegenschaften ausführen.

Die Tabelle 76 enthält eine Zusammenstellung, in welchem Umfang bei verschärften Grenzwerten kein ausreichender quellenseitiger Lärmschutz von Personen und Wohnungen vor Umsetzung der Lärmschutzmassnahmen sichergestellt werden kann. M1 und M1* entsprechen den gleichen Grenzwertschemata, wie diese unter Berücksichtigung des Wegfalls der Pegelkorrektur K1 in Anhang A-1 hergeleitet werden.

Massnahmenoptionen		01/01*		02/02*		03/03*		04/04*	
Massnahmen		M1/M1*		M1/M1* + M7		M1/M1* + M8		M1/M1* + M7 + M8	
Lärmsituation									
		Absolut	in %	Absolut	in %	Absolut	in %	Absolut	in %
Über IGW	Personen	1'045'340	+4 %	1'391'104	+38 %	1'625'604'	+61 %	1'986'882	+97 %
	Wohnungen	566'617	+4 %	747'558	+37 %	888'883'	+63 %	1'076'350	+97 %
Über AW	Personen	82'001	+45 %	151'44	+167 %	82'001	+45 %	151'443	+167 %
	Wohnungen	46'551	+44 %	85'470	+164 %	46'551	+44 %	85'470	+164 %
Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen									
Total		8'302		77'895		132'251		204'353	
Bund	8 %		631		5'916		10'044		15'519
Kantone	60 %		4'948		46'428		78'825		121'801
Gemeinden	33 %		2'723		25'552		43'382		67'034

Tabelle 76 Entwicklung Grenzwertüberschreitungen und potenzielle Erleichterungen für simulierte Optionen und Pakete für Strassenlärm vor Durchführung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen.

Die Einführung verschärfter Grenzwerte unter O1 und O1* (entspricht direkt M1 und M1*) würde bei der heutigen Lärmbelastung ohne quellenseitige Lärmschutzmassnahmen die Anzahl Personen mit IGW-Überschreitungen um 4 % und die Anzahl Personen mit AW-Überschreitungen sogar um 45 % erhöhen. Mit zusätzlichen Grenzwertverschärfungen durch M7 und M8 steigen die IGW-Überschreitungen ebenfalls stark an und liegen sowohl für Personen als auch für Wohnungen um bis zu 97 % höher als aktuell. Entsprechend führen die verschärften Grenzwerte auch zu einem Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen für die neu über den IGW belasteten Gebäude. Für O4 und O4* sind dies 204'353 Erleichterungen, wovon rund 15'500 Gebäude durch Nationalstrassen, 60 % durch Strassen inner- und ausserorts im Besitz der Kantone und 33 % durch Gemeindestrassen belastet werden.

Die Analyse des Zustandekommens der IGW-Überschreitungen zeigt, dass die Anpassung der Beurteilungszeit in M7 im Verhältnis stärker auf die AW-Überschreitungen wirkt als auf die IGW-Überschreitungen. Die Gleichsetzung von ESII mit ESIII führt zur umgekehrten Akzentuierung mit stärkerer Wirkung auf IGW-Überschreitungen. Alle Massnahmen zusammen genommen zu den Paketen 2 und 4 dürften die IGW-Überschreitungen um 97 % und

die AW-Überschreitung um nahezu 170 % erhöhen und hierdurch einen Druck zur Durchführung von Lärmsanierungsprojekten erzeugen.

Werden zur Eindämmung der IGW-Überschreitungen quellenseitige Lärmschutzmassnahmen wie in Kapitel 5.2.1 erläutert durchgeführt, fallen die angenommenen IGW-Überschreitungen bei Grenzwertverschärfungen geringer aus als ohne quellenseitige Massnahmen. Tabelle 77 zeigt, wie sich durch quellenseitige Lärmschutzmassnahmen die IGW-Überschreitungen reduzieren lassen. Hierfür wird die Stufe 2²⁵ berücksichtigt.

Massnahmenoptionen		01/01*	01/01*	03/03*	03/03*
Quellenseitige Massnahmen		HLS: LAB / LSW Übrige: LAB / T-Red	Keine Sanierungen	HLS: LAB / LSW Übrige: LAB / T-Red	Keine Sanierungen
Lärmsituation					
Über IGW	Personen	521'332	1'045'349	1'001'544	1'625'604
	Wohnungen	287'403	566'617	558'232	888'883
Über AW	Personen	17'357	82'001	17'357	82'001
	Wohnungen	9'963	46'551	9'963	46'551
Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen					
	Total	0	8'302	96'863	132'251
Bund	8 %	0	631	7'356	10'044
Kantone	60 %	0	4'948	57'733	78'825
Gemeinden	33 %	0	2'723	31'774	43'382

Tabelle 77 Entwicklung Grenzwertüberschreitungen und potenzielle Erleichterungen für simulierte Optionen für Strassenlärmb nach Umsetzung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen.

Nach der Durchführung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen resultiert für M1 und M1* eine reduzierte Anzahl an Wohnungen und Personen über dem IGW. Folglich liegt kein Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen aufgrund M1 und M1* vor. Die Verschärfung der Grenzwerte führen jedoch weiterhin zu einer Zunahme der AW-Überschreitungen, welche durch Schallschutzfenster geschützt werden müssen. Die Gleichsetzung von ESIII mit ESII (M8) resultiert auch nach Umsetzung der quellenseitigen Massnahmen in einem höheren Bedarf nach Gewährung von Erleichterungen. Die quellenseitigen Massnahmen führen jedoch zu einer wesentlichen Reduktion des Bedarfs nach zusätzlichen Erleichterungen aufgrund der Grenzwertverschärfungen. Mit zusätzlicher Berücksichtigung von M7 (Option O4/O4*) fällt die Anzahl erforderlichen Erleichterungen vor Sanierung nochmals höher aus (siehe Tabelle 76). Wie in Kapitel 5.2.1 ausführlich dargelegt, gehen aber auch die quellenseitigen Lärmsanierungsmassnahmen in O4/O4* in relevanten Umfang über O3/O3*

²⁵ Die quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen der Stufe 2 im Strassenlärmb entspricht:
 - Hochleistungsstrassen: (1) Lärmarme Beläge, (2) Lärmschutzwände
 - Übrige Strassen: (1) Lärmarme Beläge, (2) Geschwindigkeitsreduktion -20 km/h

hinaus, womit nach Sanierung die Zahl der verbleibenden IGW-Überschreitung in ähnlicher Größenordnung liegen dürfte.

Tabelle 78 zeigt, welche finanziellen Aufwendungen mit gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen verbunden sind. Dazu werden die Vollzugaufwände im einmaligen Erleichterungsverfahren sowie die Kosten für den Einbau von SSF berücksichtigt. Zur Aufwandsschätzung wird angenommen, dass im Mittel vier SSF für jede Wohnung mit AW-Überschreitungen eingebaut und durch den Anlagehalter finanziert werden. Zusätzlich wird angenommen, dass 10 % der Wohnungen, welche zwischen dem IGW und dem AW liegen, ebenfalls mit vier Schallschutzfenstern saniert werden. Diese freiwillige Massnahme wird je zur Hälfte durch den Anlagehalter und den privaten Haushalt finanziert. Weitere Annahmen und Details zu den Berechnungen werden in Anhang A-7.1 und in Anhang A-7.2 erläutert.

Die Entwicklung der Kosten widerspiegelt das Bild der ermittelten Grenzwertüberschreitungen. Werden keine quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen umgesetzt, liegen die Kosten für gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen für die Pakete 2 und 4 bei rund 32.9 Mio. CHF pro Jahr (Tabelle 78). Rund 10 % der Kosten fallen aufgrund des Vollzugaufwands für Erleichterungen an und 90 % der Kosten stammen vom SSF-Einbau. Werden die Grenzwerte durch M1/M1* (Option O1) verschärft, liegen die Kosten mit rund 4.4 Mio. CHF deutlich niedriger. Zudem zeigen die Simulationen, dass zusätzlich die Verlängerung der Nachtstunde (Option O2) zu höheren Kosten durch gebäudeseitige Ersatzmassnahmen führt als zusätzlich die Gleichsetzung ESIII mit ESII (Option O3).

In Tabelle 78 sind die jährlichen Kosten durch gebäudeseitige Lärmschutzmassnahmen für die Optionen O1 und O4 nach der Durchführung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen ersichtlich. Für die Optionen O1 und O3 ist in der Tabelle 79 zudem die Differenz zu den Kosten, falls die Sanierungen nicht umgesetzt werden, ersichtlich. Bei einer Verschärfung der Grenzwerte mit M1/M1* reduzieren die quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen die jährlichen Kosten für gebäudeseitige Ersatzmassnahmen aufgrund Strassenlärm um rund 3.5 Mio. CHF auf knapp 1.0 Mio. CHF. Wird zudem die Empfindlichkeitsstufe ESIII mit ESII gleichgesetzt, so führt die Umsetzung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen zu einer Reduktion der jährlichen Kosten des gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen um rund 60 % auf 10.1 Mio. CHF.

Massnahmenoptionen		01	02	03	04
Massnahmen		M1/M1*	M1/M1* + M7	M1/M1* + M8	M1/M1* + M7 + M8
Kosten in Mio. CHF/a					
Erleichterungen	Bund	0.0	0.1	0.2	0.3
	Kantone	0.1	1.1	1.9	3.0
	Gemeinde	0.0	0.2	0.4	0.6
SSF	Bund	0.3	1.3	0.7	1.7
	Kantone	2.5	10.4	5.3	13.2
	Gemeinde	1.4	5.7	2.9	7.3
	Private Haushalte	0.1	2.1	4.7	6.9
Zusammenfassung	Bund	0.3	1.4	0.9	2.0
	Kantone	2.6	11.5	7.2	16.2
	Gemeinde	1.4	5.9	3.3	7.9
	Private Haushalte	0.1	2.1	4.7	6.9
	Total	4.4	21.0	16.1	32.9

Tabelle 78 Kosten pro Jahr aufgrund gebäudeseitiger Massnahmen gegen Strassenlärm vor Umsetzung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Massnahmenoptionen		01 nach Sanierung	Differenz zu 01 vor Sanierung	03 nach Sanierung	Differenz zu 03 vor Sanierung
Massnahmen		M1/M1*	M1/M1*	M1/M1* + M8	M1/M1* + M8
Kosten in Mio. CHF/a					
Erleichterungen	Bund	0.0	0.0	0.1	-0.1
	Kantone	0.0	-0.1	1.4	-0.5
	Gemeinde	0.0	0.0	0.3	-0.1
SSF	Bund	0.1	-0.2	0.4	-0.3
	Kantone	0.7	-1.8	2.8	-2.5
	Gemeinde	0.4	-1.0	1.5	-1.4
	Private Haushalte	0.0	-0.1	3.6	-1.2
Zusammenfassung	Bund	0.1	-0.3	0.5	-0.4
	Kantone	0.5	-2.1	4.2	-3.0
	Gemeinde	0.3	-1.1	1.8	-1.5
	Private Haushalte	0.0	-0.1	3.6	-1.2
	Total	1.0	-3.5	10.1	-6.0

Tabelle 79 Kosten pro Jahr aufgrund gebäudeseitiger Massnahmen gegen Strassenlärm nach Umsetzung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Für den Einbau von SSF bestehen Auflagen, wonach diese mindestens eine Schallreduktion um 30 dB bewirken müssen. Verglichen mit herkömmlichen Fenstern, welche eine Reduktion von rund 25 dB in der Lärmbelastung bewirken, geben Fachleute des BAFU für die Berechnung der Gesundheitskosten eine relevante Differenz von 5 dB an. Durch diese Differenz ergeben sich positive Nutzen durch tieferen Gesundheitskosten, unter dem Vorbehalt, dass Ersatzmassnahmen keine Lärmschutzmassnahmen im rechtlichen Sinne sind. Für die Quantifizierung des Nutzens durch Ersatzmassnahmen wird von einer effektiven Umsetzung des Einbaus der SSF ausgegangen. D. h. Personen, welche am stärksten belastet sind, werden jeweils zuerst geschützt. Dies führt tendenziell zu einer Überschätzung des Nutzens durch den SSF-Einbau, was es bei der Interpretation zu berücksichtigen gilt.

Werden die gleichen Kostensätze pro reduziertes Pers-dB wie bei quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen angenommen und keine quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen umgesetzt, fallen Nutzen bis knapp 16 Mio. CHF an (Tabelle 80).

Massnahmenoptionen	01	02	03	04
Massnahmen	M1/M1*	M1/M1* + M7	M1/M1* + M8	M1/M1* + M7 + M8
Paket	1 und 3			2 und 4
Gesundheitskosten in Mio. CHF/a	Vor Sanierung	2.3	10.7	7.2
	Nach Sanierung (Stufe 2)	0.6	Keine Schätzung	4.3
	Reduktion infolge Sanierung	-1.7	Keine Schätzung	-2.9

Tabelle 80 Effektivität der Ersatzmassnahmen für Strassenlärm vor und nach Umsetzung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen.

Wie einleitend in das Kapitel 5.3 erläutert, werden den gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen keine Wirkungen auf die Gebäudekosten gegenübergestellt. Da die Ersatzmassnahmen keine Wirkung im für die Preisbildung relevanten Außenraum erzeugen, wird von keiner relevanten Preiswirkung für den Gebäudepark aufgrund von Ersatzmassnahmen ausgegangen.

In Tabelle 81 ist die Effizienz von Ersatzmassnahmen gegen Strassenlärm vor Umsetzung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen dargestellt. Option 1 und Option 2 weisen mit Nutzen von wenig über 0.5 CHF pro investierten Franken die höchste Effizienz auf. Die Verlängerung der Nachtstunde und die Gleichsetzung von ESIII mit ESII führen zu einer Reduktion der Effizienz auf rund 0.48 CHF resp. 0.45 CHF Nutzen pro investierten Franken. In sämtlichen Optionen liegen mit einem Wert unter 1.0 die erwarteten Nutzen unter den hiermit verbundenen Kosten.

Massnahmenoptionen	01	02	03	04
Nutzen pro investierten Franken	0.52	0.51	0.45	0.48
Einschätzung Wirtschaftlichkeit	-	-	-	-

Tabelle 81 Effizienz des gebäudeseitigen Lärmschutzes für Strassenlärm vor Durchführung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. (+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Der Vergleich zu den deutlich über 1.0 liegenden Nutzen pro investierten Franken für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen (siehe Tabelle 65) verdeutlicht, dass gebäudeseitige Lärmschutzmassnahmen lediglich Ersatzmassnahmen darstellen können. Die untersuchten quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm sind demnach insgesamt zu bevorzugen.

Dabei dürften die volkswirtschaftlichen Kosten sogar noch höher liegen als berechnet, da die Kosten einer Abwicklung durch die Gebäudeeigentümer:innen nicht gleichermaßen berücksichtigt werden. Im Gegensatz zu quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen mit einer zentralen Abwicklung, sind gebäudeseitige Ersatzmassnahmen durch die Gebäudeeigentümer:innen vorzunehmen. Die finanzielle Unterstützung umfasst die direkten Einbaukosten, ggf. mit einer planerischen Begleitung. Die Eigenkosten der Gebäudeeigentümer:innen im Sinne von Opportunitätskosten werden nicht abgegolten und sind selbst zu tragen. Eine Berücksichtigung entsprechender Kosten dürfte die Effizienz weiter verschlechtern.

Eine weitere Ineffizienz dürfte teilweise in der ausbleibenden Ausführung durch die Gebäudeeigentümer:innen liegen. Das Gesetz sieht vor, dass diese die Schutzvorkehrungen treffen müssen, um anschliessend Rückerstattungen auf ihre finanziellen Aufwände zu erhalten. Während bspw. das ASTRA systematisch die Umsetzung und die Einhaltung der Vorgaben (ASTRA, 2011) überprüft, muss davon ausgegangen werden, dass Kantone, Städte und Gemeinden die Kontrolle unterschiedlich systematisch durchführen. Auswertungen auf der Geoinformationsplattform des Kantons Thurgau (ThurGIS) zeigen, dass bspw. zwischen der Anzahl Erleichterung und dem Einbau von Schallschutzfenster erhebliche Diskrepanzen von bis zu einem Faktor 2.5 bestehen (www.map.geo.tg.ch -> SLBK-Erleichterungen (Lärmbelastung), Zugriff vom 4.8.2023).

Auf eine Berechnung der Effizienz von Ersatzmassnahmen nach Umsetzung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen wird verzichtet, da dies aufgrund der Datenverfügbarkeit zu einer systematischen Überschätzung des Nutzens führen würde.

5.3.2 Eisenbahnlärm

Der dichte Eisenbahnverkehr in der Schweiz wird auch künftig nicht sämtliche IGW-Überschreitungen durch verhältnismässige Lärmschutzmassnahmen verhindern können. Zur Reduktion der Lärmbelastung durch Eisenbahnverkehr sehen Massnahme M1 und M1* Anpassungen an der Schienenrauheit durch Schienenschleifen sowie den vermehrten Einsatz von Scheibenbremsen an Güterwagons im Nord-Süd-Transit vor. Weitere

Lärmschutzmassnahmen wurden als nicht verhältnismässig oder reif zur Umsetzung ausgeschlossen. Nachfolgend wird für Bahnlärm der Zusammenhang zwischen den quellen- und gebäudeseitigen Massnahmen im Falle von IGW-Überschreitungen erläutert.

Tabelle 82 enthält die IGW- und AW-Überschreitungen, welche sich bei heutiger Lärmbe lastung und aktuellem Streckennetz durch Grenzwertverschärfungen in den vier Massnahmenoptionen ergeben. Die Massnahme M7 wird, wie in der Einleitung zum Kapitel 5.2.3 oben erläutert, für den Eisenbahnlärm nicht berücksichtigt.

Massnahmen optionen	01		01*		03		03*		
Massnahmen	M1		M1*		M1 + M8		M1* + M8		
Lärmsituation									
	Absolut	in %	Absolut	in %	Absolut	in %	Absolut	in %	
Über IGW	Personen	41'045	+108 %	20'706	+5 %	86'391	+338 %	50'481	+156 %
	Wohnungen	21'858	+102 %	11'066	+2 %	47'421	+338 %	28'095	+159 %
Über AW	Personen	1'219	+10'058 %	475	+3'858 %	1'219	+10'058 %	475	+3'858 %
	Wohnungen	748	+4'575 %	252	+1'475 %	748	+4'575 %	252	+1'475 %
Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen									
Eisenbahnunternehmen	4'239		88		14'071		6'638		

Tabelle 82 Entwicklung Grenzwertüberschreitungen und potenzielle Erleichterungen für simulierte Optionen und Pakete für Eisenbahnlärm vor Durchführung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen.

Die entsprechenden Simulationen berücksichtigen nicht, dass derzeit auch noch Ausbauten am Zugnetz inkl. neuen Streckenkilometer am Laufen sind. Die genaue Wirkung dieser Ausbauten wurden nicht abgeschätzt. Aufgrund der Planungsprozessen mit frühzeitiger raumplanerischen Trassensicherung und Plangenehmigung inkl. Lärmeinhaltung ist anzunehmen, dass die IGW-Überschreitungen möglichst geringgehalten werden. Zudem fehlen allenfalls Strecken im aktuellen Emissionskataster des BAV, die aus lärmtechnischer Sicht aktuell nicht relevant sind, aber bei deutlich reduzierten Grenzwerten zu neuen Grenzwertüberschreitungen führen könnten. Neue relevante Strecken könnten auch dazu führen, dass Anlageeigentümer, die bis anhin keinen Lärmbelastungskataster erstellen mussten, neu verpflichtet würden, einen solchen zu erstellen.

Die simulierten IGW-Überschreitungen steigen unter M1* kaum an, wobei sich diese unter M1 fast verdoppeln. Zur Bestimmung der gemittelten Grenzwerte M1* wurde der mittlere Einfluss von K1 eingerechnet. Da die Sanierung bei der Bahn jedoch bereits recht fortgeschritten ist, führen primär noch Bahnstrecken mit sehr hohem Verkehrsaufkommen und entsprechend tiefen K1-Werten zu Grenzwertüberschreitungen. Diese Verschiebung führt dazu, dass bei der Festsetzung der Grenzwerte M1* der Einfluss von K1 überschätzt wurde und die Anzahl der Grenzwertüberschreitungen unter Berücksichtigung von M1* nur leicht oberhalb der Anzahl gemäss den aktuellen Grenzwerten nach LSV liegt.

Durch die mit der Massnahme M8 angenommene Gleichsetzung von ESII und ESIII steigen die IGW-Überschreitungen stark an. Verglichen mit den heutigen Grenzwertschemen führt dies zu mehr als einer Verdreifachung der IGW-Überschreitungen. Durch die Überschreitungen steigt auch die Anzahl der notwendigen Erleichterungsverfahren an und es müssen Ersatzmassnahmen ergriffen werden. So sind bei O3* 6'638 und bei O3 sogar 14'071 zusätzliche Erleichterungen für neu über dem IGW belastete Gebäude notwendig.

Die hohen prozentualen Zunahmen der IGW-Überschreitungen für Personen und Wohnungen lassen sich durch den bereits weit vorangeschrittenen Lärmschutz für Eisenbahnen und einer geringen Basis erklären: Eine künftige IGW-Überschreitung von rund 41'000 Personen führt zu über einer Verdoppelung. Mit der Massnahme M8 kommt es sogar zu einer Verdreifachung (338 %). Dies akzentuiert sich in den prozentualen Veränderungen der AW-Überschreitungen. Dies liegt an den tiefen Basiswerten von 12 Personen und 16 Wohnungen mit dem heutigen Grenzwertschema. So führen bereits die geringe Anzahl von 12 weiteren Personen resp. 16 weiteren Wohnung zu einer Zunahme von 100 %.

Wie sich aus Histogrammen zur Simulation ablesen lässt, führen Grenzwertverschärfungen zwar zu vielen IGW-Überschreitungen, die aber nur wenige dB über dem neuen Grenzwert liegen. Damit sind die Voraussetzungen gegeben, dass auch bezüglich Schallreduktion wenig ausgeprägte Massnahmen wie Schienenschleifen und scheibengebremste Wagons mit Schallreduktionen von einem dB Wirkungen entfalten können, welche jedoch primär relevant sind hinsichtlich der Unterschreitung von Grenzwerten, nicht jedoch im gleichen Maße bezüglich Reduktion der Lärmbelastung der Bevölkerung. Tabelle 83 zeigt, wie sich durch das Schienenschleifen als quellenseitige Massnahme die IGW- und AW-Überschreitungen senken und hiermit auch potenzielle gebäudefeitige Lärmschutzmassnahmen verhindern lassen.

Massnahmenoptionen		01	01	03	03
Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen		Schienenschleifen	Keine Sanierungen	Schienenschleifen	Keine Sanierungen
Lärmsituation					
Über IGW	Personen	29'423	41'045	66'947	86'391
	Wohnungen	15'661	21'858	37'020	47'421
Über AW	Personen	626	1'219	626	1'219
	Wohnungen	348	748	348	748
Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen					
Eisenbahnunternehmen		2'987	4'239	11'202	14'071

Tabelle 83 Entwicklung Grenzwertüberschreitungen und potenzielle Erleichterungen unter Berücksichtigung des Schienenschleifens. * gerundet auf ganze Zahlen.

Aufgrund des Schienenschleifens verringert sich die Anzahl Personen mit IGW-Überschreitungen um nahezu 12'000 Personen resp. rund 7'000 Wohnungen. Obschon mit dem Schienenschleifen für die Grenzwerte inklusive Gleichsetzung von ESII und ESIII eine höhere

Anzahl Personen resp. Wohnungen entlastet wird, werden auch nach Umsetzung des Schienenschleifens eine höhere Anzahl Erleichterungen beantragt werden müssen.

Als weniger wirksam als das Schienenschleifen erweist sich der Einsatz von scheibengebremsten Güterwagons (Tabelle 84). Im Vergleich zum Schienenschleifen mit flächendeckendem Einsatz fokussiert sich der Einsatz von Scheibenbremsen auf den Nord-Süd-Transit der Gotthard- und der Simplonachse.

Massnahmenoptionen	01	01	03	03
Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen	Scheibengebremste Güterwagen (N-S-Transit)	Keine Sanierungen	Scheibengebremste Güterwagen (N-S-Transit)	Keine Sanierungen
Lärmsituation				
Über IGW Personen	40'028	41'045	84'898	86'391
Wohnungen	21'260	21'858	46'586	47'421
Über AW Personen	965	1'219	965	1'219
Wohnungen	601	748	601	748
Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen				
Eisenbahnunternehmen	4'238	4'239	13'978	14'071

Tabelle 84 Entwicklung Grenzwertüberschreitungen und potenzielle Erleichterungen unter Berücksichtigung von scheibengebremsten Güterwagons im Nord-Süd-Transit.

Als quellenseitige Lärmschutzmassnahmen wird mit den technischen Massnahmen an den Wagen nur knapp 8 % (bei O1) bis knapp 7 % (bei O3) der Wirksamkeit des Schienenschleifens zur Reduktion von IGW-Überschreitungen erreicht (vergleiche mit Tabelle 83). Beide quellenseitige Lärmschutzmassnahmen weisen abnehmende Grenznutzen auf. Je niedriger die Grenzwerte gesetzt sind, desto weniger wirksam sind diese Lärmschutzmassnahmen. Dies führt dazu, dass unter Verwendung der tieferen Grenzwerte von M1* als Sensitivitätsanalyse die Wirkungen unbedeutend werden.

Antrag und Genehmigung von Erleichterungen sowie der allfällige Einbau von SSF führen zu annualisierten Kosten. Diese sind hauptsächlich durch den Anlagebetreiber zu tragen, betreffen aber auch den Bund als Plangenehmigungsbehörde sowie Gebäudeeigentümer:innen mit freiwilligen Massnahmen, sofern Kosten nicht doch auf die Anlagebetreiber abgewälzt werden können. Tabelle 85 zeigt, welche Kosten sich diesbezüglich aufgrund der Grenzwertverschärfungen ergeben würden.

Massnahmenoptionen		01	01*	03	03*
Massnahmen		M1	M1*	M1 + M8	M1* + M8
Kosten in Mio. CHF/a					
Erleichterungen	Bund	0.0	0.0	0.1	0.1
	Eisenbahnunternehmen	0.0	0.0	0.1	0.1
SSF	Private Haushalte	1.0	0.0	3.4	1.6
	Eisenbahnunternehmen	1.2	0.1	3.6	1.7
Zusammenfassung	Bund	0.0	0.0	0.1	0.1
	Eisenbahnunternehmen	1.2	0.1	3.8	1.8
	Private Haushalte	1.0	0.0	3.4	1.6
	Total	2.3	0.1	7.3	3.5

Tabelle 85 Kosten pro Jahr aufgrund gebäudeseitiger Massnahmen gegen Eisenbahnlärm vor Umsetzung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Durch die Anwendung des Schienenschleifens als quellenseitige Lärmschutzmaßnahme lassen sich die IGW-Überschreitungen so weit reduzieren, dass mit Massnahme M1 die Jahreskosten um 0.7 Mio. CHF reduziert werden können. Diese gehen von 2.3 Mio. CHF auf 1.6 Mio. CHF zurück (Tabelle 86).

Massnahmenoptionen		01 nach Sanierung	Differenz zu 01 vor Sanierung	03 nach Sanierung	Differenz zu 03 vor Sanierung
Massnahmen		M1	M1	M1 + M8	M1 + M8
Kosten in Mio. CHF/a					
Erleichterungen	Bund	0.0	0.0	0.1	0.0
	Eisenbahnunternehmen	0.0	0.0	0.1	0.0
SSF	Private Haushalte	0.7	-0.3	2.8	-0.7
	Eisenbahnunternehmen	0.8	-0.4	2.9	-0.8
Zusammenfassung	Bund	0.0	0.0	0.1	0.0
	Eisenbahnunternehmen	0.8	-0.4	3.0	-0.8
	Private Haushalte	0.7	-0.3	2.8	-0.7
	Total	1.6	-0.7	5.8	-1.5

Tabelle 86 Kosten pro Jahr aufgrund gebäudeseitiger Massnahmen gegen Eisenbahnlärm nach Umsetzung Schienenschleifen. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Mit der zusätzlichen Massnahme M8 (Gleichsetzung von ESII und ESIII) können die Kosten sogar um 1.5 Mio. CHF reduziert werden (Option O3), liegen aber immer noch um 4.2 Mio. CHF höher als in Option O1. Im Vergleich hierzu würden mit M1* die Kosten für Option O1* weniger als 0.1 Mio. CHF betragen. Für Option O3* werden aufgrund der Massnahme M8 diese auch mit 3.0 Mio. CHF geschätzt. Das Reduktionspotenzial durch quellenseitige Lärmschutzmassnahmen kann in diesem Fall die Kosten von 3.5 Mio. CHF auf die ausgewiesenen 2.6 Mio. CHF senken.

Tabelle 87 belegt, dass zwar auch die quellenseitige Lärmschutzmassnahme für scheibengebremste Güterwagons im Nord-Süd-Transit gebäudeseitige Kosten durch IGW-Überschreitungen zu senken vermag, allerdings trifft dies nur für die Massnahme M8 (Option O3) und auch hierbei lediglich in einem Umfang von 0.1 Mio. CHF zu.

Massnahmenoptionen		01 nach Sanierung	Differenz zu 01 vor Sanierung	03 nach Sanierung	Differenz zu 03 vor Sanierung
Massnahmen		M1	M1	M1 + M8	M1 + M8
Kosten in Mio. CHF/a					
Erleichterungen	Bund	0.0	0.0	0.1	0.0
	Eisenbahnunternehmen	0.0	0.0	0.1	0.0
SSF	Private Haushalte	1.0	0.0	3.4	0.0
	Eisenbahnunternehmen	1.2	0.0	3.6	-0.1
Zusammenfassung	Bund	0.0	0.0	0.1	0.0
	Eisenbahnunternehmen	1.2	0.0	3.7	-0.1
	Private Haushalte	1.0	0.0	3.4	0.0
	Total	2.2	0.0	7.3	-0.1

Tabelle 87 Kosten pro Jahr aufgrund gebäudeseitiger Massnahmen gegen Eisenbahnlärm nach Umsetzung von Scheibenbremsen im Nord-Süd-Güterverkehr. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Die Effizienz zur Senkung von Kosten für Ersatzmassnahmen bleibt auf ausgewiesen tiefen Niveau, auch wenn mit M1* Grenzwerte weniger stark verschärft werden.

Für den Einbau von Schallschutzfenster bestehen Auflagen, wonach diese mindestens eine Schallreduktion um 30 dB bewirken müssen. Auswertungen zu den bisherigen Sanierungsprogrammen gegen Eisenbahnlärm zeigen, dass in Vergangenheit häufig Fenster mit höchsten Wirkungsgraden eingebaut wurden, welche über die 30 dB hinausreichen können (BAV, 2015). Zur Schätzung der Gesundheitsnutzen aufgrund von SSF wird jedoch von den

erforderlichen 30 dB ausgegangen, welche im Vergleich zum Schallschutz durch herkömmliche Fenster von rund 25 dB zu einer Schallreduktion von 5 dB führen (Angaben BAFU).

Unter dem Vorbehalt, dass Ersatzmassnahmen keine Lärmschutzmassnahmen im rechtlichen Sinne sind, liegen die Gesundheitsnutzen der Schallschutzfenster in Abhängigkeit der Anzahl in einer Bandbreite von 0.1 Mio. CHF und 7.1 Mio. CHF (Tabelle 88).

Massnahmenoptionen	01	01*	03	03*
Massnahmen	M1	M1*	M1 + M8	M1* + M8
Paket	1	3	2	4
Gesundheitskosten in Mio. CHF/a	1.3	0.1	3.9	1.8
Reduktion Gesundheitskosten in Mio. CHF/a durch Schienenschleifen	-0.4	-0.1	-0.8	-0.4
Reduktion Gesundheitskosten in Mio. CHF/a durch scheibenbremste Güterwage im N-S-Transit	-0.0	-0.0	-0.0	-0.0

Tabelle 88 Effektivität der Ersatzmassnahmen für Eisenbahnlärm vor und nach Umsetzung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahme Schienenschleifen.

Das Schienenschleifen reduziert den jährlichen Nutzen durch Ersatzmassnahmen bei Grenzwertverschärfungen M1 von 1.3 Mio. CHF auf rund 0.9 Mio. CHF. Wird zudem die Empfindlichkeitsstufe ESIII mit ESII gleichgesetzt, so führt die Umsetzung der Lärmschutzmassnahmen an der Lärmquelle zu einer Reduktion des jährlichen Nutzens durch gebäu-deseitige Massnahmen von rund 3.9 Mio. CHF auf 3.1 Mio. CHF. Für den quellenseitige Lärmschutz durch den Einsatz von Scheibenbremsen fallen keine wesentlichen Reduktionswirkungen der Gesundheitskosten an. Auf die kaum vorhandene Wirkung dieser Massnahme wurde in Kapitel 5.2.3 ausführlich eingegangen.

In Tabelle 89 ist die Effizienz von gebäu-deseitigen Massnahmen gegen Eisenbahnlärm vor Umsetzung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen dargestellt. Option 1* weist mit knapp 1 CHF Nutzen pro investiertem Franken die höchste Effizienz auf. Die Ersatzmassnahmen sind dabei gerade noch kostendeckend. Die Verlängerung der Nachtstunde und die Gleichsetzung ESIII mit ESII führen zu einer Reduktion der Effizienz auf rund 0.52 CHF resp. 0.53 CHF Nutzen pro investiertem Franken, sodass gebäu-deseitige Ersatzmassnahmen ineffizient werden.

Massnahmenoptionen	01	01*	03	03*
Nutzen pro investiertem Franken	0.56	0.99	0.53	0.52
Einschätzung Wirtschaftlichkeit	-	0	-	-

Tabelle 89 Effizienz der Ersatzmassnahmen für Eisenbahnlärm vor Durchführung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. (+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Die Tabelle 89 verdeutlicht, dass auch gegen Eisenbahnlärm quellenseitige Massnahmen aus wirtschaftlichen Überlegungen gebäu-deseitigen Ersatzmassnahmen vorzuziehen sind. Auf eine Berechnung der Effizienz der Ersatzmassnahmen nach Umsetzung der

quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen wird verzichtet, da dies aufgrund der Datenverfügbarkeit für Eisenbahnlärm zu einer systematischen Überschätzung des Nutzens führen würde.

5.3.3 Fluglärm

In der Nähe der internationalen Flughäfen Genf und Zürich kommt es heute als auch künftig selbst mit quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen zu IGW-Überschreitungen. Auch die revidierte LSV sieht vor, dass in solchen Fällen Erleichterungen gewährt werden müssen. Bei diesen Gebäuden werden Ersatzmassnahmen getroffen, für welche der Flughafenbetreiber die Kosten zu tragen hat. Beim Fluglärm durch die Flughäfen Genf und Zürich betrifft dies alle Gebäude mit IGW-Überschreitungen.

Da unklar ist, inwiefern welche quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen beim Fluglärm getroffen werden, wurde die Schätzung zu den potenziell zusätzlichen Erleichterungen und den Kosten und Nutzen durch Ersatzmassnahmen anhand der heutigen Lärmsituation vorgenommen. In derselben Weise wie bereits beim Strassen- und Eisenbahnlärm werden in Tabelle 90 für die Massnahmen M1/M1*, M7 und M8 die Anzahl zusätzlicher IGW- und AW-Überschreitungen von Personen und Wohnungen sowie die sich daraus notwendigen potenziellen Erleichterungen aufgrund von Fluglärm zusammengefasst. Für die Ableitung der potenziellen Erleichterungen wurde die zusätzliche Anzahl Wohnungen mit IGW-Überschreitungen durch die durchschnittliche Anzahl Wohnungen pro Gebäude nach dem Verhältnis angenommen, wie dieses für den Schallschutzperimeter des Flughafens Zürich ermittelt wurde.

Bereits mit der Massnahme M1 verdoppelt sich die Anzahl IGW-Überschreitungen verglichen mit den heutigen Grenzwerten (Tabelle 90). Mit der weniger strengen Massnahme M1* reduziert sich die Zunahme an IGW-Überschreitungen auf immer noch rund 30 %.

Massnahmenoptionen	01	01*	02	02*	03	03*	04	04*	
Paket	1	3					2	4	
Massnahmen									
M1									
M1*									
M7									
M8									
Lärmsituation									
Über IGW	Personen	176'882	111'581	201'369	142'936	240'120	148'301	267'715	189'233
	Zunahme in %	106 %	30 %	135 %	67 %	180 %	73 %	212 %	121 %
	Wohnungen	80'037	50'080	91'825	64'683	110'089	67'344	123'374	86'887
	Zunahme in %	109 %	31 %	139 %	69 %	187 %	76 %	222 %	127 %
Über AW	Personen	14'884	7'204	18'489	12'373	14'884	7'204	18'489	12'373
	Zunahme in %	126 %	9 %	181 %	88 %	126 %	9 %	181 %	88 %
	Wohnungen	6'693	3'155	8'196	5'565	6'693	3'155	8'196	5'565
	Zunahme in %	130 %	8 %	181 %	91 %	130 %	8 %	181 %	91 %
Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen		8'126	2'286	10'424	5'133	13'984	5'651	16'573	9'461

Tabelle 90 Entwicklung Grenzwertüberschreitungen und Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen für simulierte Optionen und Pakete für Fluglärm vor Durchführung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen.

Wird zusätzlich zu M1/M1* der Beurteilungszeitraum mit M7 angepasst, erhöht sich die Zunahme der IGW-Überschreitungen beim Fluglärm um rund 35 Prozentpunkte. Verglichen dazu führt die Gleichsetzung von ESII mit ESIII mit M8 zusätzlich zu M1/M1* zu einer stärkeren Zunahme in der Anzahl IGW-Überschreitungen als die Anpassung des Beurteilungszeitraums mit M7 (Spalten O3 und O3* verglichen mit Spalten O2 und O2*). Die stärkste Zunahme in den IGW-Überschreitungen entsteht durch die Kombination aller drei Massnahmen (M1/M1*, M7 und M8). Mit den strengereren Grenzwerten unter M1 führt dies zu mehr als einer Verdreifachung der IGW-Überschreitungen durch Fluglärm. Aber auch mit den Grenzwerten unter M1* nimmt die Anzahl IGW-Überschreitungen um mehr als 120 % zu. Durch die Überschreitungen steigt auch die Anzahl der notwendigen Erleichterungsverfahren an. So sind bei O1 8'126 und bei O4 sogar 16'573 zusätzliche Erleichterungen für neu über dem IGW belastete Gebäude notwendig. Mit den Grenzwerten unter M1* reduziert sich die Anzahl zusätzlicher Erleichterungen deutlich auf 2'286 unter O1* und 9'461 unter O4*.

Bei allen erleichterten Gebäuden mit IGW-Überschreitungen müssen potenziell Ersatzmassnahmen getroffen werden. Tabelle 91 zeigt die finanziellen Aufwendungen zu Ersatzmassnahmen. Dazu werden die Vollzugaufwände im einmaligen Erleichterungsverfahren für alle

Gebäude mit IGW-Überschreitungen sowie die Kosten für den Einbau von Schallschutzfenster berücksichtigt.

Massnahmenoptionen			01	01*	02	02*	03	03*	04	04*
Erleichterungen	Antrag	Flughafen	0.1	0.0	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
	Genehmigung	Bund	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
SSF	Einbaukosten	Flughafen	17.3	4.9	22.1	10.9	29.7	12.0	35.2	20.1
Zusammenfassung	Bund		0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1
	Flughafen		17.3	4.9	22.2	10.9	29.8	12.1	35.3	20.2
	Total		17.4	4.9	22.3	11.0	30.0	12.1	35.5	20.3

Tabelle 91 Annualisierte Kosten in Mio. CHF pro Jahr aufgrund Ersatzmassnahmen gegen Fluglärm und Erleichterungen mit Gültigkeit 15 Jahre. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Zur Aufwandsschätzung wird angenommen, dass im Mittel sechs Schallschutzfenster für jede Wohnung mit IGW-Überschreitungen eingebaut und durch den Flughafenbetreiber finanziert werden. Weitere Annahmen und Details zu den Berechnungen werden in Anhang A-7.1 und in Anhang A-7.2 erläutert. Durch die Kostensätze und die Anzahl SSF pro sanierte Wohnung ergeben sich totale Kosten pro sanierte Wohnung von rund 9'600 CHF, welche vergleichbar sind mit den bisherigen durchschnittlichen Kosten durch SSF pro sanierte Wohnung des Flughafens Zürich (9'800 CHF) und des Flughafens Genf (13'800 CHF). Da die weiteren gebäudefeitigen Ersatzmassnahmen durch das Schallschutzprogramm (bspw. schallabweisende Fassadenelement) des Flughafens Zürich verglichen mit den SSF bei nur wenigen Gebäuden durchgeführt wurden, werden diese in der Kostenschätzung vernachlässigt.

Die Entwicklung der Kosten widerspiegelt das Bild der ermittelten Grenzwertüberschreitungen. Werden keine quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen ergriffen, liegen die Kosten für gebäudefeitige Ersatzmassnahmen für Paket 1 bei 17.4 Mio. CHF pro Jahr. Durch weniger strikte Grenzwerte (Paket 3) liegen die Kosten für die gebäudefeitige Lärmbekämpfung deutlich tiefer bei 4.9 Mio. CHF pro Jahr. Durch die zusätzliche Anpassung des Beurteilungszeitraums (M7) und die Gleichsetzung von ESIII mit ESII (M8) verdoppeln sich die Kosten für gebäudefeitigen Lärmschutz mit den Grenzwerten unter M1 zu 35.5 Mio. CHF. Mit den Grenzwerten unter M1* vervierfachen sich die gebäudefeitigen Lärmschutzkosten durch M7 und M8 und betragen insgesamt 20.3 Mio. CHF.

Die Kosten der gebäudefeitigen Massnahmen fallen grösstenteils durch den Einbau von SSF und nicht durch administrative Aufwände für Erleichterungen an. Deswegen wird auch der überwiegende Teil der Kosten durch die Flughafenbetreiber getragen und nur ein geringer Teil betrifft den Bund, sofern nicht sämtliche Kosten über Gebühren den Flughafenbetreibern angelastet werden können.

Wie auch beim Strassen- und Eisenbahnlärm wird für die Quantifizierung des Nutzens durch den Einbau von SSF eine Reduktion in der Lärmbelastung von 5 dB bei den betroffenen Personen angenommen. Es gelten ebenso dieselben Kostensätze für die

Gesundheitskosten pro reduziertes Personen-dB wie bei Lärmschutzmassnahmen an der Quelle. Tabelle 92 zeigt die durch gebäudeseitige Massnahmen gegen Fluglärm resultierenden Nutzen. Bei Paket 1 ergibt sich ein Gesamtnutzen von 7.9 Mio. CHF. Durch weniger strikte Grenzwerte (Paket 3) ergibt sich ein Nutzen von 2.2 Mio. CHF.

Massnahmen-optionen	01	01*	02	02*	03	03*	04	04*
Paket	1	3					2	4
Gesundheits-kosten in Mio. CHF/a	7.9	2.2	10.0	4.9	13.4	5.4	15.7	9.0

Tabelle 92 Nutzen in Mio. CHF pro Jahr aufgrund gebäudeseitiger Massnahmen gegen Fluglärm.

Tabelle 93 zeigt die niedrige Effizienz der gebäudeseitigen Massnahmen gegen Fluglärm. Aufgrund des zuvor bereits beschriebenen abnehmenden Grenznutzens von gebäudeseitigen Massnahmen und der Linearität der Kosten weisen jene Optionen mit den am wenigsten strengen Grenzwerten und den geringsten IGW-Überschreitungen die höchste Effizienz auf. Die Nutzen liegen auch hier unter den erforderlichen jährlichen Investitionen. Dies gilt sodann für sämtlichen Pakete resp. Optionen.

Massnahmen-kaskade	01	01*	02	02*	03	03*	04	04*
Nutzen pro investiertem Franken	0.45	0.46	0.45	0.45	0.45	0.45	0.44	0.44
Einschätzung Wirtschaftlichkeit	-	-	-	-	-	-	-	-

Tabelle 93: Effizienz des gebäudeseitigen Lärmschutzes für Fluglärm. (+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

In den Schätzungen zu den Kosten und Nutzen von gebäudeseitige Ersatzmassnahmen beim Fluglärm sind zudem keine Entschädigungszahlungen für Gebäudeeigentümer:innen aufgrund der Wertverluste durch Fluglärm enthalten. Diese entsprechen keinen zusätzlichen volkswirtschaftlichen Nutzen oder Kosten, sondern führen anhand von Transferzahlungen zu einer Umverteilung der externen Effekte durch Fluglärm. Eine genaue Quantifizierung, in welchem Ausmass sich der Transfer der Entschädigungszahlungen aufgrund der Massnahmen verändern könnte, ist nicht möglich. Hingegen kann eine grobe Abschätzung getroffen werden.

In Anhang A-7.3 sind die Voraussetzungen für den Anspruch auf eine Entschädigungszahlung nach gängiger Gerichtspraxis erläutert. Für den Anspruch auf Entschädigungszahlungen aufgrund von «Immissionsenteignung» müssen kumulativ drei Kriterien erfüllt sein:

- Unvorhersehbarkeit
- Spezialität
- Schwere des Schadens

Die Änderungen der Grenzwerte führt zu einer Veränderung in der Beurteilung des Kriteriums «Spezialität», welches festlegt, dass nur Liegenschaften mit IGW-Überschreitungen anspruchsberechtigt sind. Eine Grenzwertanpassung führt zu einer maximalen Anzahl von zusätzlichen Wohnungen resp. Gebäuden, die eine IGW-Überschreitung aufgrund von Fluglärm durch Landesflughäfen vorweisen: 85'000 Wohnungen resp. 17'000 Gebäude. Allerdings gilt es zu berücksichtigen, dass auch unverbaute Parzellen mit IGW-Überschreitungen Anspruch auf Entschädigungszahlungen haben.

Für einen gerechtfertigten Anspruch müssen jedoch alle drei zuvor erwähnten Kriterien kumulativ erfüllt sein. Die tatsächliche Anzahl Liegenschaften, welche durch die Massnahmen neu Anspruch auf eine Entschädigungszahlung hätten, liegt daher viel tiefer als die Anzahl zusätzlicher Liegenschaften, die IGW-Überschreitungen vorweisen. Insbesondere aufgrund des Kriteriums «Unvorhersehbarkeit», welches für einen Anspruch voraussetzt, dass eine Liegenschaft vor Ende des Jahres 1960 erworben wurde. Daher wird angenommen, dass sich ein rechtlich durchsetzbarer Entschädigungsanspruch nur noch für eine geringe Anzahl zusätzlich durch IGW überschrittene Gebäude ergibt. Die Einschätzung wird durch die Flughafen Zürich AG geteilt (mündliche Auskunft vom 27.7.2023).

5.4 Zusammenfassung

In den nachfolgenden Ausführungen werden die nach Lärmarten aufgeteilten Analysen zu Veränderung der Lärmbelastungen und den damit verbundenen Kosten und Nutzen zu einer Gesamtbetrachtung der Pakete 1 bis 4 zusammengeführt. Mit den Paketen wurden die Grenzwertanpassungen durch Massnahmen M1 und M1* sowie M7 und M8 quantifiziert. M1* dient der Sensitivitätsanalyse.

5.4.1 Wirksamkeit von Lärmreduktion

Mit der VOBU wurde untersucht, wie sich quellenseitige Lärmschutzmassnahmen zur Einhaltung der verschärften Grenzwerte der Massnahmen M1/M1* sowie M7 und M8 auswirken und welche Kosten und Nutzen hiermit verbunden sind. Die Lärmschutzmassnahmen wurden unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Tragbarkeit angenommen. Tabelle 94 zeigt die Reduktion in Personen- bzw. Wohnungsdezibel durch die quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen, unterschieden nach Lärmarten. Wie in den vorherigen Ausführungen erläutert, unterscheidet sich die Wirkung der Pakete primär bezüglich der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen und kaum bezüglich der quellenseitigen Massnahmen. Die in Tabelle 94 ausgewiesenen Reduktionen in den Personen- bzw. Wohnungsdezibel können als Untergrenze für die erreichte Wirkung bezüglich der Lärmreduktion interpretiert werden.

Lärmart	Gesundheitskosten relevante Personendezibel	Gebäudekosten relevante Wohnungsdezibel
Strassenlärm (Stufe 2)	11'853'231	5'043'122
Eisenbahnlärm (Schienenrauheiten)	698'679	144'368
Fluglärm (2 dB)	988'992	320'168
Total	13'540'902	5'507'658

Tabelle 94 Reduktion der Lärmbelastung durch quellenseitige Massnahmen unterschieden nach Lärmarten.

Wie die Simulationen und Wirkungsschätzungen aufzeigen, reichen die als verhältnismäßig beurteilten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen nicht dazu aus, die Lärmbelastungen in einem Umfang zu senken, sodass die von der EKLB empfohlenen Grenzwerte in den je zwei Massnahmenpaketen mit den Massnahmen M1, M7 und M8 sowie mit M1*, M7 und M8 vollständig eingehalten werden können. So würde es auch künftig zu umfangreichen IGW-Überschreitungen an Gebäuden kommen (Tabelle 95).

Lärmart	Basis unsanier	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
		M1	M1 + M7 + M8	M1*	M1* + M7 + M8
Strassenlärm ¹	209'627	110'540	214'705	110'540	214'705
Eisenbahnlärm	4'168	6'023	14'238	2'982	8'113
Fluglärm ²	7'476	15'602	24'050	9'762	16'937
Total	221'271	132'165	252'993	123'284	239'754

Tabelle 95 Anzahl Gebäude mit IGW-Überschreitungen resp. Erleichterungen für Basis (heutiger Zustand vor Lärmschutzmassnahmen) und die Pakete 1 bis 4 nach Durchführung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen, unterschieden nach Lärmarten. ¹Die IGW-Überschreitungen für Strassenlärm für Paket 2 und 4 basieren auf O3/O3* (M1/M1* + M8) gemäss Kapitel 5.3.1. ²Beim Fluglärm kann die quellenseitige Massnahme (2dB Reduktion) in der Berechnung der Anzahl Erleichterungen nicht berücksichtigt werden.

Nach Abschluss der Lärmsanierungen bleiben bei verschärften Grenzwerten geschätzt mindestens rund 252'993 IGW-Überschreitungen (Paket 2) an Gebäuden bestehen, wobei sich die Anzahl IGW-Überschreitungen mit verschärften Grenzwerten substanzial erhöht haben. Die Wirksamkeit der Pakete 1 bis 4 wird in zwei Aspekten beurteilt. Einerseits sind es die tatsächlichen Reduktionen von schädlichen und lästigen Lärmbelastungen über IGW, welche mit quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen erreicht werden können (Beurteilung links). Anderseits sind auch die künftigen IGW-Überschreitungen an Gebäuden zu beurteilen. Diese sind getrennt zu beurteilen, da verschärzte Grenzwerte zu IGW-Überschreitungen führen, obschon tatsächliche Reduktionen in der Lärmbelastung erzielt werden könnten. Die IGW-Überschreitungen sind davon abhängig, wie die Grenzwerte verschärft werden. In Tabelle 96 wird die Wirksamkeit der vier Pakete für die Lärmarten getrennt und über alle Lärmarten wie folgt beurteilt.

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
Strassenlärm	+/-	+/-	+/-	+/-
Eisenbahnlärm	+/-	+/-	+/-	+/-
Fluglärm	+/-	+/-	+/-	+/-
Wirksamkeit	+ / +	+ / -	+ / +	+ / -

Tabelle 96 Beurteilung der Wirksamkeit der Pakete 1 bis 4
 Beurteilung links: Reduktion von schädlicher und lästiger Lärmbelastung
 Beurteilung rechts: Vermeidung von künftiger IGW-Überschreitungen
 (+ = positive Beurteilung, IGW-Überschreitungen nehmen ab, 0 = neutrale Beurteilung, IGW-Überschreitung in vergleichbarem Umfang, - = negative Beurteilung, IGW-Überschreitungen nehmen zu)

Aufgrund der Analyse wird das Fazit gezogen, dass die Massnahmenpakete deutliche Reduktionen der heutigen Lärmbelastungen bei betroffenen Personen und Wohnungen erzeugen können (Beurteilung links: +). Es gelingt indes nicht, die verschärften Grenzwerte durch M1/M1* in den Paketen 1 und 3 über alle Lärmarten einzuhalten. Da jedoch der Strassenlärm als bedeutendste Lärmart substanzelle Verbesserungen zeigt, nimmt insgesamt die Anzahl IGW-Überschreitungen in den Paketen 1 und 3 unter heutiges Niveau ab und wird somit positiv beurteilt (Beurteilung rechts: +). Weitere Grenzwertverschärfungen durch M7 und M8 führen hingegen zu zusätzlichen Grenzwertüberschreitungen gegenüber heute, die zu einer Erhöhung der IGW-Überschreitungen in Paket 2 und 4 über das heutige Mass führen (Beurteilung rechts: -).

Im Vergleich von M1 und M1* führen beide Massnahmen zu Reduktionen der Lärmbelastungen in vergleichbarem Umfang. Dies erklärt sich einerseits darüber, dass für die dominante Lärmart des Strassenlärms M1 und M1* identische Grenzwerte aufweisen (siehe Grenzwertschemata in Anhang A-1) und für Eisenbahnlärm Verschiebungen zwischen ESII und ESIII, unter Berücksichtigung von Pegelkorrekturen K1, auch zu nahezu identischen Wirkungen führen. Andererseits fallen die als wirtschaftlich tragbar geltenden Massnahmen in einem Umfang aus, welcher nicht einmal zur Einhaltung der Grenzwerte M1* ausreichen. Mit M1 können kaum noch weitere Massnahmen gegenüber M1* realisiert werden. Dies bedeutet, dass die Grenzwertverschärfung von M1 gegenüber M1* primär zu zusätzlichen IGW-Überschreitungen führt. Ausgehend von der aktuellen Basis unterscheiden sich die IGW-Überschreitungen künftig zwischen M1 und M1* um lediglich 4 Prozentpunkte, was unter Berücksichtigung von Annahmen und Unsicherheiten in den Modellierungen als vergleichbar angesehen wird hinsichtlich Beitrag zu Erreichen von gesetzeskonforme Grenzwerten (siehe VOBU-Fragestellungen in Kapitel 1.2).

5.4.2 Effektivität

Effektivität von quellenseitigen Massnahmen

Direkt mit der Wirksamkeit verbunden ist die Effektivität als monetäres Mass, zur Beurteilung von durchgeführten Lärmschutzmassnahmen und Reduktion der Lärmbelastung. In der Effektivität werden sämtliche Kosten und Nutzen berücksichtigt. Die hauptsächlichen

Nutzen ergeben sich aus einer Reduktion lärmbedingter Gesundheitskosten und dem Wegfall von Wertminderungen für den Gebäudepark der Schweiz. Die Schwellenwerte für positive Nutzen durch Lärmbekämpfung liegen hierbei teilweise substanzell unter IGW und betreffen eine deutlich höhere Anzahl von Personen und Wohnungen, welche sowohl heute als auch bei verschärften Grenzwerten unter IGW liegen.

Strassenlärm

Abbildung 13 zeigt den ermittelten Nutzen und Kosten der als verhältnismässig und realisierbar erachteten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. In Absprache mit der Begleitgruppe wurden Lärmschutzmassnahmen an den Fahrzeugen nicht untersucht (u. a. lärmarme Bereifung, Schalldämpfung bzw. Verbot gewisser Auspuffanlagen sowie eine Veränderung des Flottenmix mit steigendem Anteil von Elektromotoren). Demnach führen die angenommenen Lärmschutzmassnahmen in ihrem Umfang zu erheblichen Nutzeneffekten. Sie sind effektiv zum Abbau von lärmbedingten Gesundheits- und Gebäudekosten und stiften einen volkswirtschaftlichen Nutzen. Dieser wird in einem jährlichen Umfang von rund 432 Mio. CHF angenommen. Dies entspricht rund 0.25 % des BIP der Schweiz (www.bfs.admin.ch, Zugriff vom 4.8.2023).

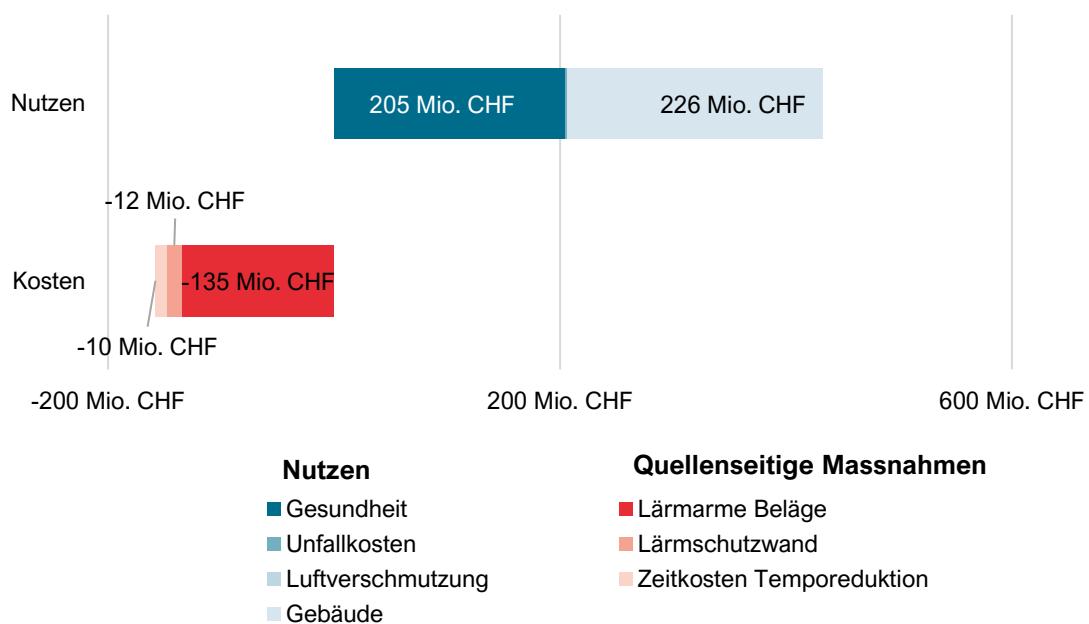


Abbildung 13 Gegenüberstellung Kosten und Nutzen der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Straßenlärm. Hinweis: Die Nutzen aus reduzierten Unfallkosten und Luftverschmutzung im Umfang von 1.1 Mio. CHF sind zu gering für eine sichtbare Darstellung.

Eisenbahnlärm

Die von der Eisenbahn ausgehenden schädigenden und lästigen Lärmelastungen sind in einem deutlich niedrigeren Umfang als die Beeinträchtigungen aus Straßenlärm. Mit den beurteilten Massnahmen wird wirksam gegen diesen Eisenbahnlärm vorgegangen, woraus volkswirtschaftliche Nutzen von geschätzt rund 22 Mio. CHF entstehen.

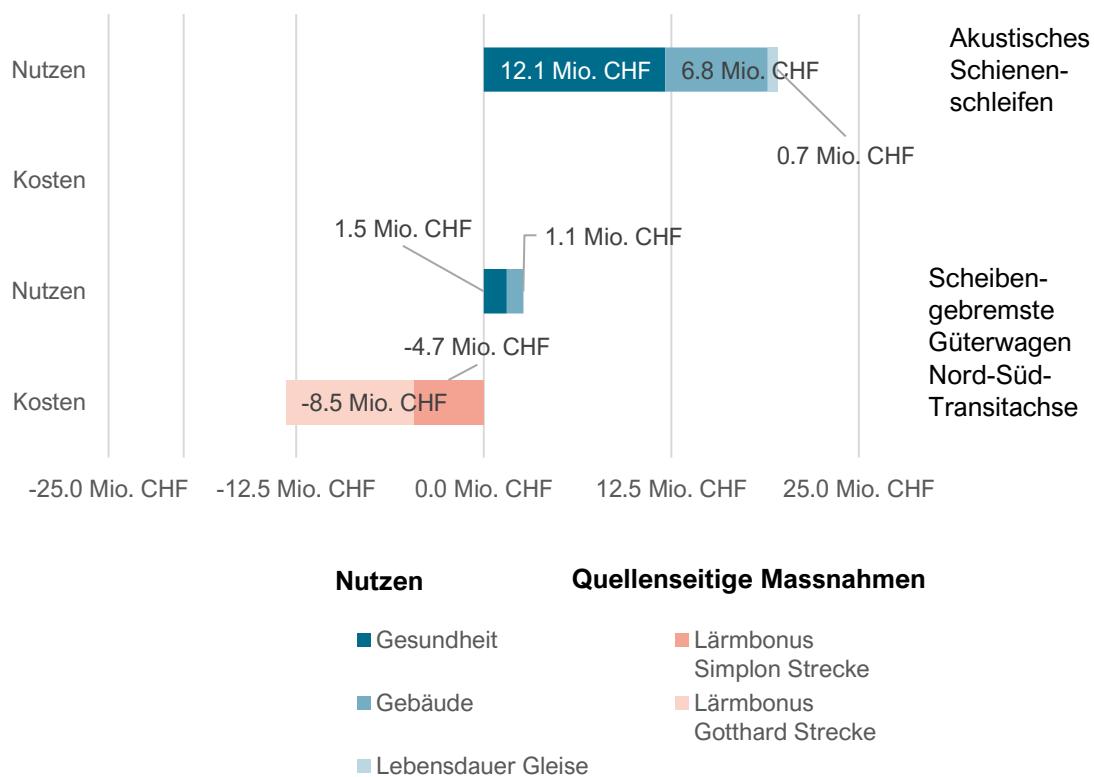


Abbildung 14 Kosten und Nutzen der quellenseitigen Massnahmen gegen Eisenbahnlärm.

Obwohl das Schienenschleifen mit niedriger Wirksamkeit von 1 dB angenommen wird, wird es als eine äusserst effektive Lärmschutzmassnahmen angesehen. Hierfür verantwortlich sind die verhältnismässig einfache Anwendung auf das gesamte Schienennetz und die in externen Studien (Züst Engineering AG, 2011) ermittelte Möglichkeit einer kostenneutralen Ausgestaltung durch Umstellungen im Unterhaltsbetrieb. Als wenig effektiv und teuer erweist sich die Anreizsetzung für den konsequenten Einsatz von scheibengebremsten Güterwagons im Nord-Süd-Transit. Die entsprechende Analyse gibt klare Hinweise auf schnell abnehmenden Grenznutzen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen mit geringer Lärmreduktion auf bereits umfangreich lärmsanierten Strecken.

Fluglärm

Als quellenseitige Lärmschutzmassnahme gegen Fluglärm wurden die Nutzen ermittelt, welche sich ergeben, wenn die Airlines ihre Flotten erneuern und insbesondere die internationalen Flughäfen in der Schweiz mit modernen Flugzeugen mit markant niedrigeren Lärmemissionen anfliegen. Abbildung 15 zeigt die Nutzeffekte für Gesundheit und Gebäudepark für pauschale Lärmreduktionen von zwei und vier dB.



Abbildung 15 Nutzen der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Fluglärm

Technische Massnahmen, welche am Flugzeug zu Lärmreduktionen führen, wirken effektiv, da der Nutzen flächendeckend für eine Vielzahl von lärm betroffenen Personen und Wohnungen anfallen. Gleichzeitig ergeben sich keine operativen Einschränkungen für den Flughafen und seine Funktionsfähigkeit (bspw. die Hubfunktion über mehrere Wellen pro Tag) resp. Attraktivität. Die technischen Massnahmen müssen jedoch möglichst die gesamte in einem Flughafen verkehrende Flotte betreffen. Gegebenenfalls müssen hierzu gezielte Vorgaben und Anreize gesetzt werden.

Industrie- / Gewerbelärm und Schiesslärm

Für Industrie- und Gewerbelärm sowie für den zivilen und militärischen Schiesslärm wurden keine Quantifizierungen durchgeführt, ausgenommen die Wirkung der Stilllegung der lärmintensivsten Anlagen. Die vorgenommenen Einschätzungen geben Hinweise darauf, dass auch für diese Lärmarten effektive quellenseitige Lärmschutzmassnahmen durch bauliche, technische und betriebliche Anpassungen möglich sind.

Übersicht Effektivität

Tabelle 97 gibt eine Übersicht über den Nutzen und die Kosten sowie eine Beurteilung der Effektivität der quellenseitigen Massnahmen unterschieden nach Lärmarten.

Lärmart	Quellenseitige Massnahme	Nutzen Gesundheit in Mio. CHF	Nutzen Gebäude in Mio. CHF	Kosten in Mio. CHF	Beurteilung
Strassenlärm	– HLS: (1) LAB, (2) LSW – Übrige: (1) LAB (2) T-Red	205	226	158	+
Eisenbahnlärm	– Schienenschleifen	12	7	0	+
Fluglärm	– 2 dB Pauschalreduktion	17	32	k.A.	k.A.
Total		234	264	> 158	+

Tabelle 97 Effektivität quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen unterschieden nach Lärmarten.

Die quellenseitigen Massnahmen zwischen den Paketen unterscheiden sich nur für Strassenlärm, für Eisenbahn- und Fluglärm werden keine Unterschiede erwartet. Die Unterschiede für Strassenlärm liegen bei rund 25 %, d. h. die zusätzlichen Nutzen aus zusätzlichen Massnahmen infolge einer Grenzwertverschärfung über M1 resp. M1* hinaus liegen um rund ein Viertel höher. Die in jedem Fall als positiv beurteilte Effektivität nimmt entlang der Reihenfolgen P3 < P1 und P4 < P2 zu.

Die Tabelle 98 zeigt die lärmartspezifischen Beurteilungen sowie die Gesamtbeurteilung der Effektivität von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen der vier Pakete (Tabelle 98).

Lärmart	Quellenseitige Massnahme	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
Strassenlärm	– HLS: (1) LAB, (2) LSW – Übrige: (1) LAB (2) T-Red	+	+	+	+
Eisenbahnlärm	– Schienenschleifen			+	
Fluglärm	– 2 dB Pauschalreduktion			+	
Beurteilung Effektivität		+	+	+	+

Tabelle 98 Beurteilung der Effektivität quellenseitige Lärmschutzmassnahmen der Pakete 1 bis 4, (+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Gesamthaft werden die durch die Pakete möglichen induzierten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen als volkswirtschaftlich effektiv beurteilt. Zwar hat sich gezeigt, dass innerhalb der Lärmarten die untersuchten Lärmschutzmassnahmen unterschiedlich effektiv sind, es besteht jedoch für alle Lärmarten Lärmschutzmassnahmen, welche eine hohe Effektivität aufweisen und zur Bekämpfung von Lärmelastungen geeignet sind.

Die Grenznutzen, welche sich durch quellenseitige Lärmschutzmassnahmen ergeben, sind jedoch abnehmend. Je weitere die Lärmbekämpfung fortgeschritten ist, desto niedriger fällt die dB-Reduktion aufgrund von zusätzlichen Lärmschutzmassnahmen aus.

Effektivität von gebäudefestigen Ersatzmassnahmen

Spezifische IGW-Überschreitungen sowie jegliche AW-Überschreitungen führen dazu, dass gebäudefestige Ersatzmassnahmen zu treffen sind. Die lärmempfindlichen Räume sollen

unter dem Vorbehalt, dass Ersatzmassnahmen keine Lärmschutzmassnahmen im rechtlichen Sinne sind, so geschützt werden, hauptsächlich durch den Einsatz von SSF.

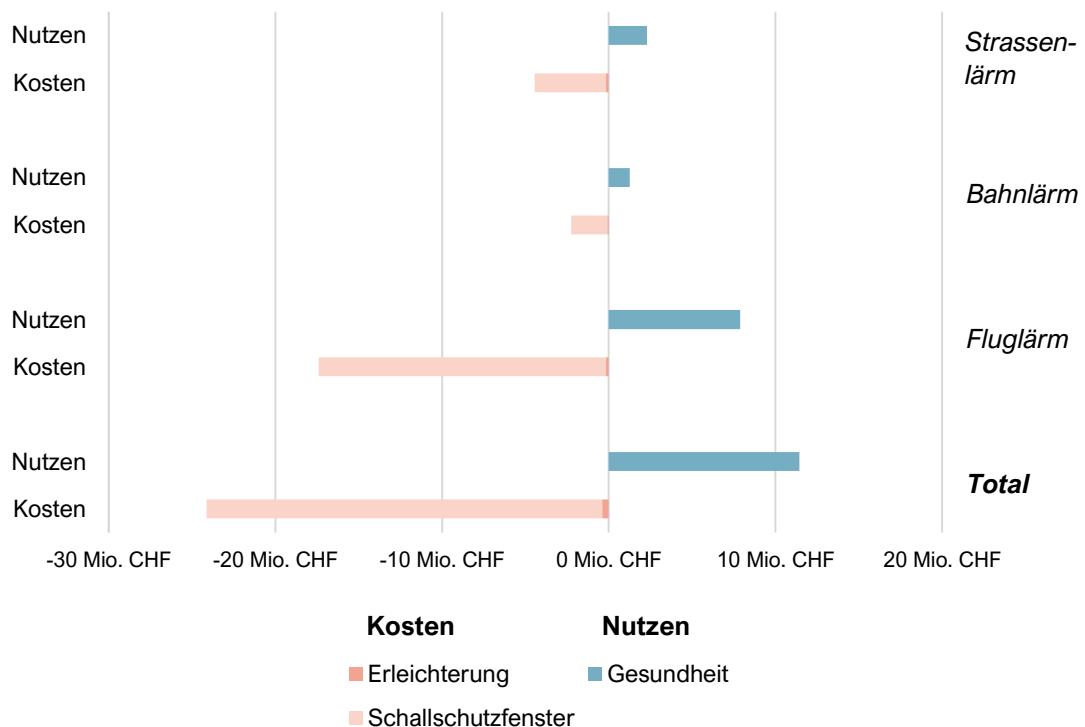


Abbildung 16 zeigt, welche IGW- und AW-Überschreitungen auch bei Durchführung von quellenseitigen Lärmsanierungen künftig angenommen werden. Liegen IGW-Überschreitungen vor, so ergeben sich daraus Pflichten für gebäudeseitige Schallschutzmassnahmen.

Die nachfolgenden Abbildungen enthalten Gegenüberstellungen von Kosten und Nutzen für die gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen ab IGW-Überschreitung. Paket 1 und Paket 3 (entspricht M1 und M1*) zeigen, wie bei den beurteilten künftigen Grenzwerten gebäudeseitige Ersatzmassnahmen zu treffen sind. Die Vergleiche zwischen Paket 1 und 2 resp. zwischen Paket 3 und 4 verdeutlichen, wie die Zunahme von Erleichterungen bei verschärften Grenzwerten die Aktivitäten und Kosten zu gebäudeseitige Ersatzmassnahmen weiter erhöht (Hinweis: unterschiedliche Achsenwerte beachten). In der Folge ergibt sich eine auf Innenräume ausgelegte Lärmbekämpfung. Deren Nutzen beschränkt sich auf eine angenommene Gesundheitswirkung, welche jedoch limitiert ist. Gebäudeseitige Nutzen werden als irrelevant angesehen, da die Lärmqualität von Außenräumen der relevante Faktor für die Zahlungsbereitschaft ist. Insgesamt zeigt sich, dass die gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen mit hohen Kosten für verhältnismässig geringe Nutzen verbunden sind (Abbildung 16 bis Abbildung 19).

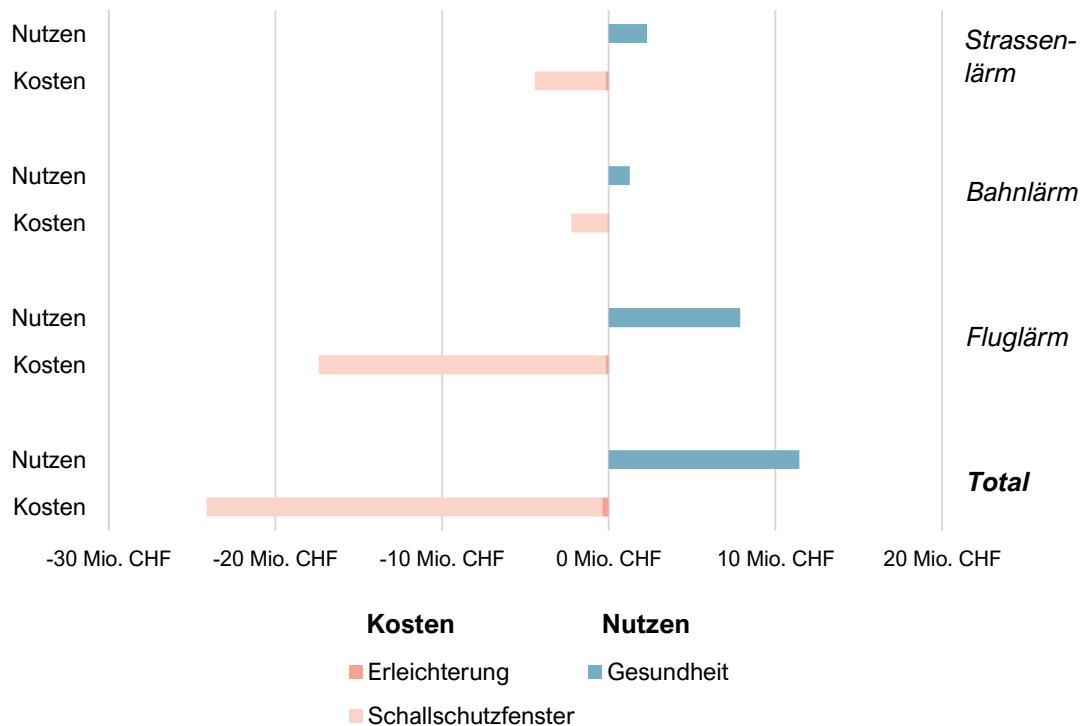


Abbildung 16 Kosten und Nutzen der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen in Paket 1

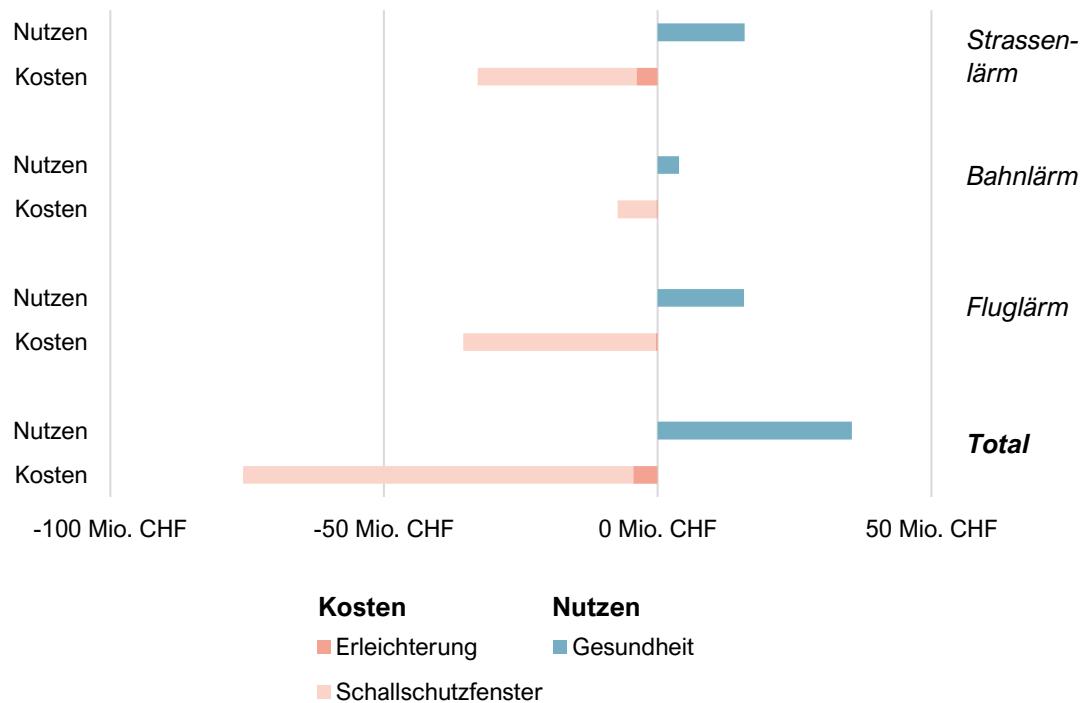


Abbildung 17 Kosten und Nutzen der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen in Paket 2

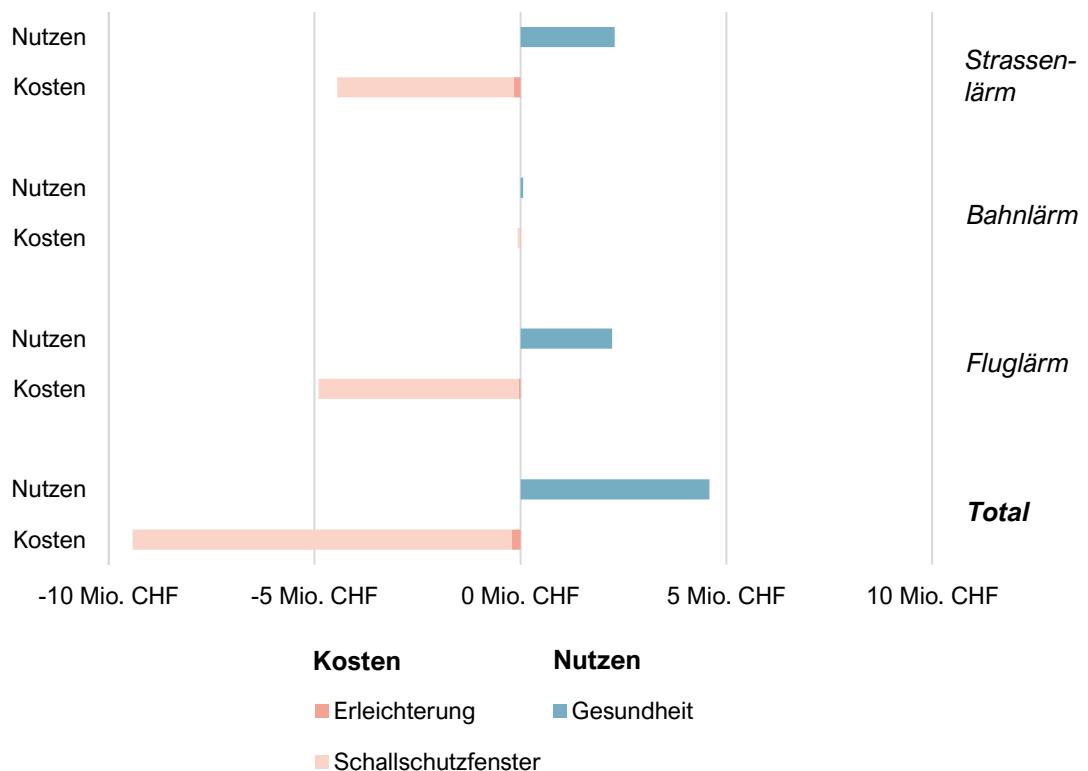


Abbildung 18 Kosten und Nutzen der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen in Paket 3

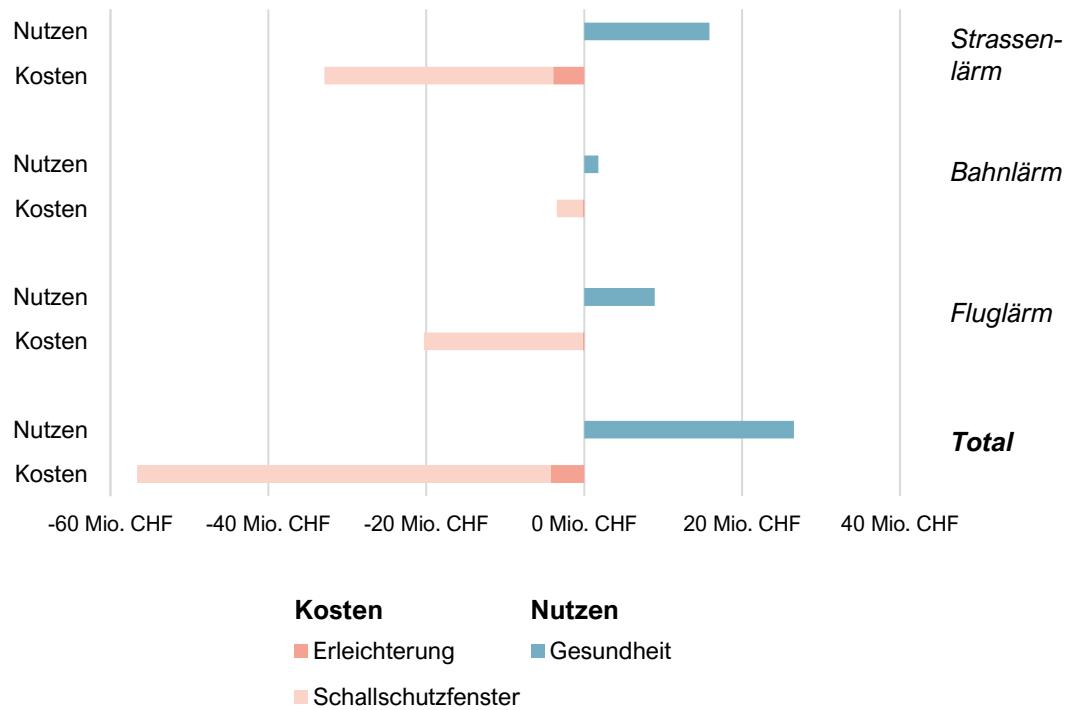


Abbildung 19 Kosten und Nutzen der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen in Paket 4

Gebäudeseitige Ersatzmassnahmen erweisen sich als ineffektiv, da die mit SSF zu erreichenden Schallreduktionen die relevanten Gesundheitskosten nur in beschränktem Umfang senken können. Auf die Gebäudekosten werden aufgrund der SSF keinerlei Wirkungen angenommen.

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
Strassenlärm	-	-	-	-
Eisenbahnlärm	-	0	-	-
Fluglärm	-	-	-	-
Effektivität	-	-	-	-

Tabelle 99 Beurteilung der Effektivität gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen der Pakete 1 bis 4
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

5.4.3 Effizienz

Effizienz von quellenseitigen Massnahmen

Für die VOBU wurde jede quellen- und gebäudeseitige Massnahme, sofern entsprechende Daten und Modelle verfügbar waren, hinsichtlich Kosten-Nutzen-Verhältnis untersucht. Auf Jahresbasis wurden der Nutzen je investierten resp. aufgewendeten Franken ermittelt und untereinander verglichen. Lärmschutzmassnahmen, welche höhere Investitionen und/oder laufende Aufwände erfordern als Nutzen erzielt werden kann, gelten als ineffizient. Lärmschutzmassnahmen, welche Nutzen erzeugen ohne zusätzliche Investitionen und/oder laufende Aufwände, gelten als hochgradig effizient, können aber aus mathematisch-formalen Gründen (Division durch null) nicht als Wertverhältnis ausgewiesen werden.

Abbildung 20 stellt die quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm (blaue Säulen) und Eisenbahnlärm (rote Säulen) einander gegenüber. Das Schienenschleifen wird aufgeführt, lässt aufgrund seiner Kostenneutralität aber keine Berechnung zu.

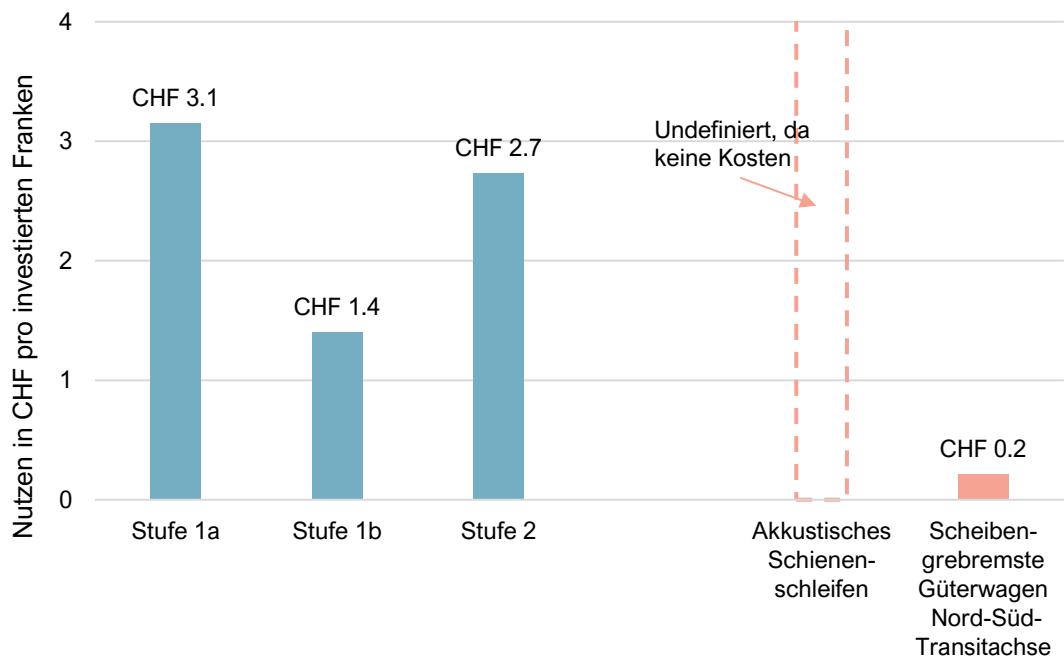


Abbildung 20 Effizienz der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen für Strassen- und Eisenbahnlärm.

Strassenlärm

Die Effizienzvergleiche für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm basieren auf den geprüften Stufen entlang einer Massnahmenkaskade zwecks Einhaltung der wirtschaftlichen Tragbarkeit (siehe Kapitel 5.2.1 und Tabelle 55).

Stufe 1a entspricht einem ausschliesslichen Einsatz von LAB bei einem Kosten-Nutzen-Verhältnis von 3.1. Die Wirksamkeit und Effektivität ist in einem vernachlässigbaren Umfang geringer, als wenn zusätzliche quellenseitige Lärmschutzmassnahmen mit LAB kombiniert werden (11.7 Mio. Pers-dB gegenüber 11.8 Mio. Pers-dB). Der simulierte Massnahmenmix führt nicht per se zu besseren Ergebnissen. So werden in Stufe 1b LAB für Hochleistungsstrassen (inkl. Nationalstrassen) verwendet, während dessen alle übrigen Strassen mit IGW-Überschreitungen Geschwindigkeitsreduktion um 20 km/h zur beschilderten Geschwindigkeit erhalten. Der Verzicht auf LAB auf den übrigen Strassen erweist sich als ineffektiv und ineffizient. Mit den in Kapitel 5.1.2 beschriebenen Annahmen für die Kosten-Nutzen-Betrachtung erzeugt die ausschliessliche Geschwindigkeitsreduktion auf den übrigen Strassen zu wenig Wirkung gemessen an den hohen volkswirtschaftlichen Kosten aus Reisezeitverlusten. Die vom BAFU empfohlene Prüfung von Herabsetzungen von Höchstgeschwindigkeiten auf Haupt- und übrigen Strassen (BAFU, 2021) konnte in der vorliegenden VOBU nicht angewandt werden, weil das Prüfschema den Fokus nur auf direkte Kosten zur Anpassung von Signalisation und anderen nicht wirtschaftlichen Faktoren legt und sich hauptsächlich für eine Einzelfallbetrachtung eignet.

In Stufe 2 wurden für alle Strassentypen LAB als prioritäre Lärmschutzmassnahme angenommen, welche mit LSW für Hochleistungsstrassen und Geschwindigkeitsreduktionen auf den übrigen Strassen ergänzt wurden. Die Kombination erweist sich als volkswirtschaftlich effektive und effiziente quellenseitige Lärmbekämpfung.

Eisenbahnlärm

Als volkswirtschaftlich ineffiziente Massnahme wird die Anreizsetzung für scheibengebremste Güterwagons im Nord-Süd-Transit beurteilt. Geringe Wirksamkeit und Effektivität bei gleichzeitig beträchtlichen Kosten führen zu diesem schlechten Ergebnis als ineffiziente Massnahme.

Fluglärm

Für die quellenseitige Fluglärbekämpfung können aufgrund fehlender Kostenschätzungen keine Effizienzberechnungen durchgeführt werden. Die Effizienz der Massnahme ergibt sich über die jeweiligen Instrumente, wie bspw. eine umfangreiche Flottenerneuerung mit leisen Fluggeräten. Gerade die Flottenerneuerung führt jedoch zu substanzialen Kosten, haben Grossraumflugzeuge für Interkontinentalverkehr doch Listenpreise von 300 Mio. \$ und mehr und mittelgrosse Flugzeuge für Kontinentalverkehr von 100 Mio. \$ und mehr.

Industrie- / Gewerbelärm und Schiesslärm

Für Industrie- und Gewerbelärm sowie für den zivilen und militärischen Schiesslärm wurden keine Quantifizierungen durchgeführt, ausgenommen die Wirkung der Stilllegung der lärmintensivsten Anlagen. Für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Industrie- und Gewerbelärm sind grösstenteils wirtschaftliche geführte Unternehmen zuständig. Der Einsatz von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen erfolgt nach betrieblichen Effizienzkriterien, sofern rechtliche und behördliche Auflagen keine Vorgaben zu quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen machen.

Übersicht Effizienz

Die Effizienz von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen der vier Pakete wird wie folgt beurteilt (Tabelle 100). Es ist davon auszugehen, dass für jede Lärmart eine beschränkte Anzahl quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen besteht, welche effizient angewendet werden kann.

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
Effizienz	+	+	+	+

Tabelle 100 Beurteilung der Effizienz quellenseitige Lärmschutzmassnahmen der Pakete 1 bis 4, (+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Die Effizienz korreliert nicht vollständig mit Wirksamkeit resp. Effektivität, sodass die Kombination verschiedener Massnahmen sorgfältig zu prüfen ist. Als ineffizient haben sich die beurteilte fahrzeugbezogene Massnahme im Eisenbahngüterverkehr sowie ausgewählte Lärmschutzmassnahmen für spezifische Strassentypen erwiesen. Der gleichzeitige Einsatz dieser Lärmschutzmassnahmen senkt potenziell die Gesamteffizienz.

Für die nicht quantifizierten Lärmarten ist in den jeweiligen Sanierungsprojekten der Effizienz eine besondere Beachtung zu schenken.

Effizienz von gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen

Die Effizienz der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen wurde als ungenügend ermittelt und beurteilt (Tabelle 101). Für die Grenzwerte von M1/M1* erreichen gebäudeseitige Ersatzmassnahmen bei Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm ein Kosten-Nutzen-Verhältnis von unter eins. Für den Fluglärm, dem eine hohe Bedeutung für gebäudeseitige Ersatzmassnahmen beigemessen wird, liegt das Ergebnis sogar deutlich darunter. Die Gesamtbeurteilung fällt daher negativ aus.

Bei weiterer Grenzwertverschärfungen werden keine ausreichenden Kosten-Nutzen-Verhältnisse von mehr als 1.0 erreicht.

Lärmart	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
Nutzen in CHF pro investierten Franken				
Strassenlärm	0.52	0.51	0.45	0.48
	-	-	-	-
Eisenbahnlärm	0.56	0.99	0.53	0.52
	-	0	-	-
Fluglärm	0.45	0.44	0.46	0.44
	-	-	-	-
Effizienz	-	-	-	-

Tabelle 101 Effizienz von gebäudeseitigen Massnahmen gegen Strassen-, Bahn- und Fluglärm für die Massnahmenpakete 1 bis 4 ohne Durchführung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen in Nutzen in CHF pro investierten Franken.

(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

5.4.4 Verteilungswirkungen

Mit der Umsetzung der Lärmschutzmassnahmen in den Paketen 1 bis 4 fallen eine Vielzahl von Verteilungswirkungen an. Nachfolgend werden die Verteilungswirkungen für die wichtigsten Akteure analysiert.

Verteilungswirkungen von quellenseitigen Massnahmen

Strassenlärm

Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm führen zu erheblichem volkswirtschaftlichem Nutzen. Als wichtigster und für die VOBU quantifizierter Nutzen gelten reduzierte Gesundheitskosten und potenzielle Wertsteigerungen für den Gebäudepark. Die beiden Nutzenarten verteilen sich in einem nahezu konstanten Verhältnis von 45 % Gesundheitsnutzen und 55 % Gebäudenutzen (Abbildung 21).

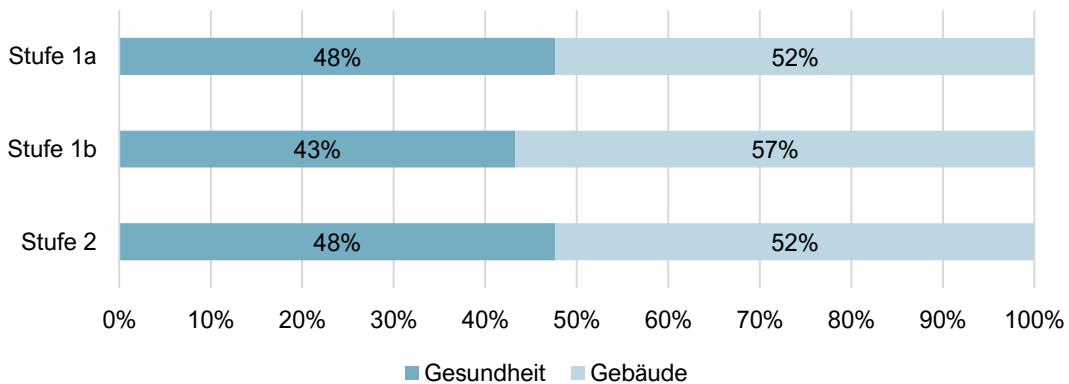


Abbildung 21 Nutzenverteilung zwischen Gesundheit und Gebäude bei Reduktion von Strassenlärm

Die Gebäudeutzen fallen bei den privaten, öffentlichen und institutionellen Gebäudeeigen tümer:innen an. Diese erhöhen hierdurch ihren eigenen Nutzen und/oder Renditen aus Vermietung und Verkauf. Die detaillierte Eigentumsstruktur konnte im Rahmen der Untersuchung nicht berücksichtigt werden. Schweizweit werden 36.3 % der Wohnungen durch Eigentümer:innen bewohnt (BFS, 2021). In den urbanen Kantonen des Mittellands mit höchsten Lärmbelastungen liegen entsprechende Wohneigentumsquoten tiefer. Private, institutionelle und öffentliche Eigentümer besitzen in diesen Räumen grosse Immobilienportfolios, welche sie nach Lagequalität unter Berücksichtigung von Lärmbelastungen klassieren, vermarkten und Renditen für ihre Eigentümer und bspw. angeschlossene Pensionskassen erzielen.

An den Gesundheitsnutzen dürften die privaten Haushalte die höchsten Anteile halten. Die Gesundheitsnutzen fallen grösstenteils direkt bei den privaten Haushalten an, durch

- reduzierte direkte Gesundheitskosten,
- erhöhtes Wohlbefinden mit gestärkter psychischer und physischer Gesundheit und Resilienz, welche produktiv eingesetzt werden kann,
- Verhinderung von krankheitsbedingtem Erwerbsausfall, und
- Rückgang (oder zumindest Beitrag zu Stabilisierung) von Krankenkassenprämien resp. Steueranteilen an Prämienvergünstigungen.

Die Unternehmen und öffentliche Haushalte tragen Nutzen aus der verbesserten Gesundheit ihrer Arbeitnehmer:innen. Die hierdurch erhöhte Produktivität wird mittels höherer Löhne und Steuern an die privaten und öffentlichen Haushalte zu hohen Anteilen weitergegeben.

Die Strassen befinden sich fast ausschliesslich im Eigentum der öffentlichen Hand, welche diese auch betreiben. Somit haben Bund, Kantone und Gemeinden die direkten Lärmsanierungskosten zu tragen. Diese geben sie weiter an die Steuerzahler:innen in Form von Verkehrssteuern und leistungsabhängiger Schwerverkehrsabgabe. Für Nationalstrassen wird mit der jährlichen Vignette eine Zusatzabgabe erhoben. Ferner fliessen Anteile der Mineralölabgaben in den Strassenverkehr. Bei den infrastrukturbbezogenen Massnahmen

(LAB und LSW) tragen die öffentlichen Haushalte direkt die finanzielle Last, welche sie nach ordnungspolitischen Grundsätzen möglichst verursachergerecht an die lärmverursachenden Strassennutzer:innen weitergeben (Abbildung 22).

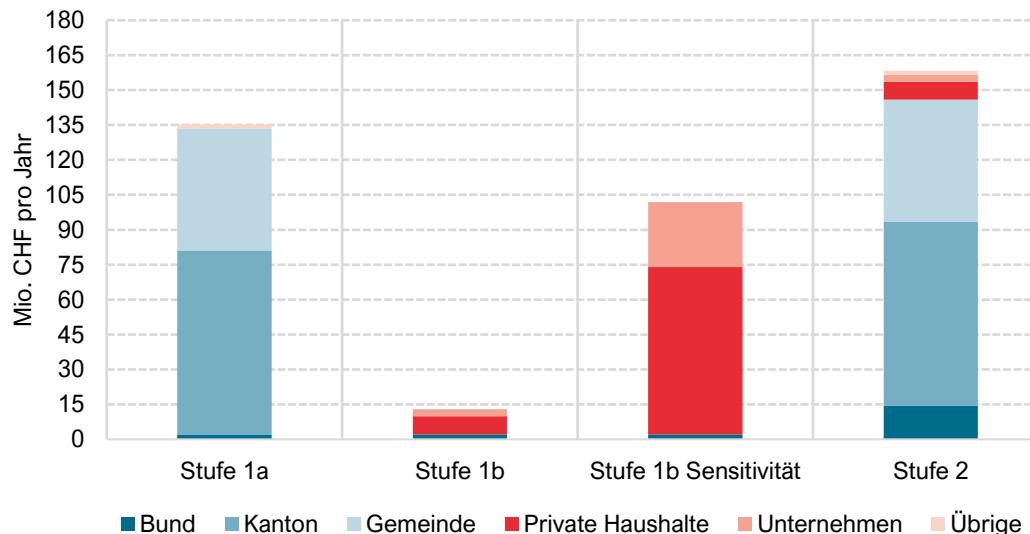


Abbildung 22 Kostenverteilung quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm

Bei Geschwindigkeitsreduktionen ergeben sich für den jeweiligen Anlagebetreiber einmalige, verhältnismässig niedrige Anpassungskosten. Mit den in Kapitel 5.1.2 beschriebenen Annahmen sind bei Geschwindigkeitsreduktionen die volkswirtschaftlichen Kosten aus Reisezeitverlusten viel bedeutsamer. Die volkswirtschaftlichen Kosten werden hauptsächlich durch die privaten Haushalte getragen, welche mit dem Freizeit- und Pendelverkehr die höchste Verkehrsleistung haben und hierdurch über verschiedene Wirkungsketten Wohlfahrtsverluste erleiden. Die vom BAFU empfohlene Prüfung von Herabsetzungen von Höchstgeschwindigkeiten auf Haupt- und übrigen Strassen (BAFU, 2021) konnte in der vorliegenden VOBU nicht angewandt werden (Begründung siehe oben).

Doch auch für Unternehmen und übrige sind diese Kosten von nicht zu vernachlässigbarem Umfang. Die Verkehrsteilnehmer:innen tragen die Kosten zur Verhinderung schädigender und lästiger Lärmbelastungen, welche durch ihre Strassennutzung entstehen.

Eisenbahnlärm

Die Nutzenverteilung aus der Reduktion von Eisenbahnlärm erfolgt ungefähr in einem Verhältnis von 60 % zu 40 % auf Gesundheit und Gebäude (Abbildung 23). Die Verteilung bildet gegenüber Strassenlärm eine abweichende räumliche und bauliche Situation bei gleichzeitig flächendeckender Lärmreduktion ab.

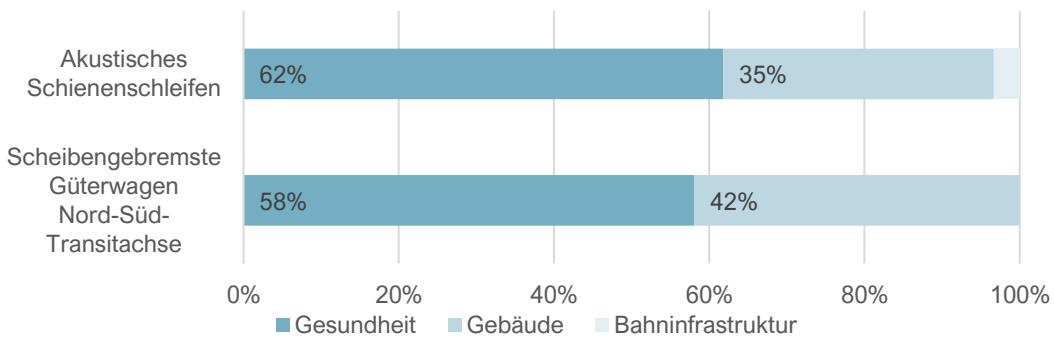


Abbildung 23 Kostenverteilung quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Eisenbahnlärm

Die Verteilung der Kosten wird nicht dargestellt. Das Schienenschleifen wird als kostenneutral beurteilt, sofern dies regelmässig als integrierter Teil der Gleispflege und nicht ausschliesslich mit akustischen Zielsetzungen vorgenommen wird.

Zum Einsatz von scheibengebremsten Güterwagons im Nord-Süd-Transit soll ein Lärmbonus auf die Trassenpreise beitragen. Nach Vorschlag des BAFU soll der Lärmbonus künftig direkt an die Wagenhalter ausbezahlt werden (bislang an Trassenbetreiber zur Weitergabe an Wagenhalter). Die Finanzierung erfolgt über die Einnahmen der Trassenbetreiber (NZV Art. 19b). Das gewählte Vorgehen steht im Einklang mit einheitlichen europäischen Normen zur Wagonausrüstung, die keine Pflicht für Scheibenbremsen enthalten.

Der Lärmbonus, welcher über die Trassenpreise durch lärmiges Rollmaterial finanziert wird, soll im Sinne einer Lenkungsabgabe wirken. Die Ausgestaltung hierbei wird jedoch implizit vorgeschlagen und ist weniger explizit als tatsächliche Lenkungsabgaben wie die CO₂-Abgabe und die Leistungsabhängige Schwerverkehrsabgabe (LSVA). Durch den Einsatz eines Lärmbonus werden faktisch Zugbetreiber:innen finanziell dafür abgegolten, dass diese auf die Verursachung einer Lärmbelastung verzichten. Für die übrigen Trassennutzer:innen mit lärmigen Wagens wird jedoch nicht direkt ersichtlich, welche «Lärmabgabe» auf jeden eingesetzten Wagon fällig wird und in welcher Form der Rückfluss dieser Lenkungsabgabe erfolgt. Im Grundsatz werden die Verteilungsgerechtigkeit eingehalten, da Lärmboni und Kosten zwischen den Wagenhalter:innen mit und ohne lärmigen Wagens via Trassenbetreiber fliessen. Die geschätzten jährlichen Kosten von 13.2 Mio. CHF werden gemessen an den Nutzen jedoch als ineffizient beurteilt.

Fluglärm

Die Nutzen aus einer Reduktion der Belastung mit Fluglärm fallen zu knapp zwei Fünftel als Gesundheitsnutzen mit hoher Bedeutung für die Haushalte an (Abbildung 24). Drei Fünftel der Nutzen gehen an die Gebäudeeigentümer:innen.

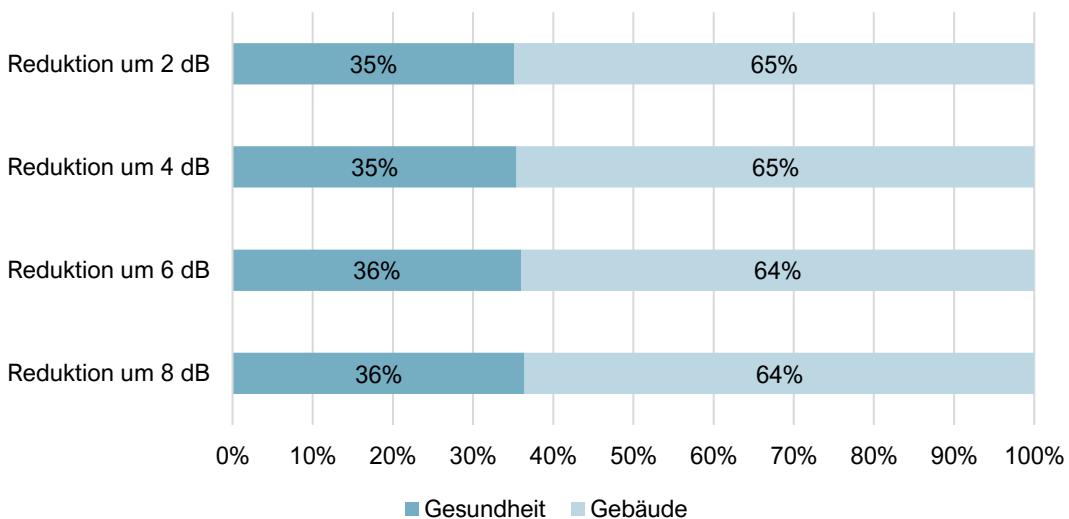


Abbildung 24 Nutzenverteilung zwischen Gesundheit und Gebäude bei Reduktion von Fluglärm

Die simulierten Lärmreduktionen könnten bspw. durch eine Flottenerneuerung erreicht werden, welche jedoch in ihren Kosten nicht ermittelt wurde. In Kapitel 5.2.4 wird erläutert, wie Airlines Kosten für ihre Fluggeräte an die Konsument:innen weiterreichen nach wirtschaftlichen Überlegungen. Die Flugpreise wirken sich direkt auf die Wettbewerbsfähigkeit von Airlines und Flughäfen mit ihrer internationalen Öffnungsfunktion aus. Denkbar sind Instrumente, womit die öffentliche Hand gezielte Anreize zur Flottenerneuerung setzen könnte. Dazu können unterschiedliche Finanzierungsmodelle verwendet werden, welche jedoch nach ordnungspolitischen Grundsätzen und betreffend das Verursacherprinzip zu prüfen sind. Die Zuständigkeit für die Luftfahrt liegt beim Bund.

Übersicht Verteilungswirkungen

Die Verteilungswirkungen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen der vier Pakete wird mehrheitlich als angemessen beurteilt (Tabelle 102). Die quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Eisenbahnlärm werden vollständig Nutzer:innenfinanziert. Bei den Lärmschutzmassnahmen gegen Straßenlärm wird einerseits eine direkte Mitfinanzierung durch die Nutzer:innen in Form von Reiszeitverlusten beobachtet. Andererseits wenden die Anlagebetreiber finanzielle Mittel auf welche aus gezielten Abgaben hierfür (Autobahnvigette, LSVA) und Steuermittel stammen, welche hierfür eingesetzt werden dürfen.

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
Strassenlärm (Stufe 2)	0	0	0	0
Eisenbahnlärm (Schienenrauheiten)			+	
Fluglärm			-	
Verteilungswirkung	0	0	0	0

Tabelle 102 Beurteilung der Verteilungswirkungen quellenseitige Lärmschutzmassnahmen der Pakete 1 bis 4
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Der allfällige Einsatz von Bundesmitteln je nach Instrument zur Unterstützung der Flotterneuerung gegen Fluglärm wird als nicht verursachergerecht beurteilt. Aufgrund der potenziell hohen Kosten hierbei beeinflusst dies die Gesamtbeurteilung in einem relevanten Ausmass.

Verteilungswirkungen von gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen

Gebäudeseitige Ersatzmassnahmen werden auch mit Umsetzung der beurteilten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen von hoher Bedeutung sein. Die Gesundheitsnutzen fallen vollständig bei den privaten Haushalten an.

Die direkten, erfassbaren Kosten der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen sind durch die Anlagebetreiber zu tragen, sofern diese eine gesetzliche Pflicht bei AW- oder IGW-Überschreitung haben. Die Anlagebetreiber führen zudem freiwillige Sanierungsprogramme mit finanziellen Beteiligungen durch. Abbildung 25 zeigt, wie für die Pakete 1 bis 4 die Kosten für gebäudeseitige Lärmsanierungen aufgeteilt werden.

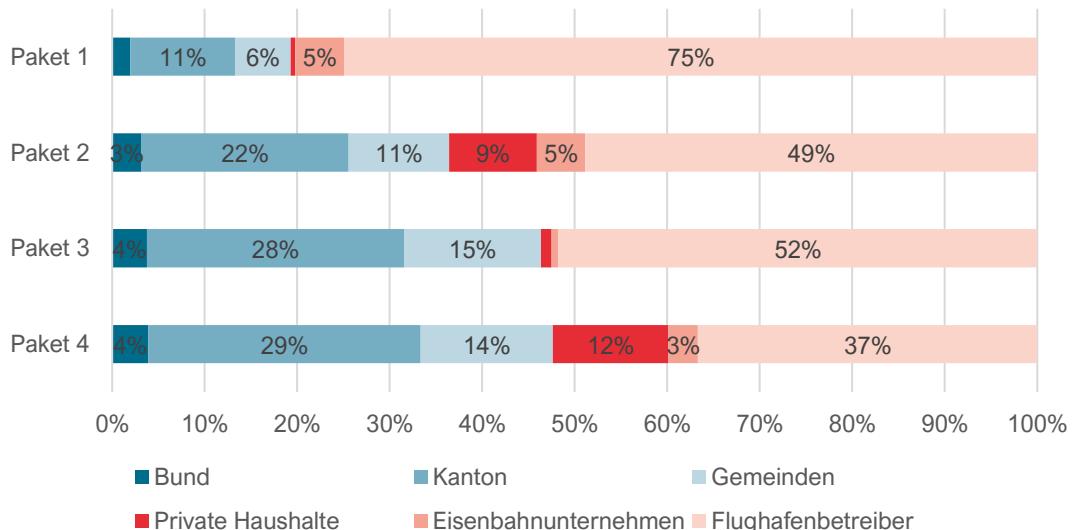


Abbildung 25 Verteilung der Kosten aus gebäudeseitigen Lärmschutzmassnahmen

Die Grenzwertschemata von Paket 1 resp. in der Sensitivitätsanalyse mit Paket 3 enthalten insbesondere für Fluglärm die höchsten Verschärfungen bei den IGW für die Tagperiode. In der Folge steigen die Erleichterungen und die Gebäudebezogenen Sanierungspflichten stark an. Mit den Massnahmen M7 «Anpassung Beurteilungszeiten» und M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII» werden auch die Grenzwerte für Strassen- und Eisenbahnlärm im Umfang wie für Fluglärm verschärft. Die Erleichterungen mit Sanierungspflichten und freiwillige Sanierungen steigen an, wodurch die Kosten für alle Anlagebetreiber ansteigen und sich Anteile verschieben. Die Kostenanteile verteilen sich entlang den verursachten Belastungen, die nicht quellenseitig reduziert werden können.

Die in Abbildung 25 enthaltenen Kosten für die privaten Gebäudeeigentümer:innen entsprechen deren finanziellen Beteiligungen an freiwilligen Lärmsanierungen zwischen IGW und AW, sofern keine Sanierungspflicht ab IGW besteht. Die privaten Gebäudeeigentümer:innen tragen hierbei meist rund 50 % der Sanierungskosten. Bezüglich

Verteilungswirkung gilt, dass private Gebäudeeigentümer:innen bis 9 % (resp. 12 % in Verbindung zur Sensitivitätsmassnahme M1*) der Kosten für nicht selbstverursachte Lärmbelastungen tragen müssen. Mit der Verschärfung der Grenzwerte wird sich die Anzahl Wohnungen zwischen IGW und AW erhöhen, womit möglicherweise freiwillige Lärmsanierungen bspw. durch Mieter:innen eingefordert werden (siehe hierzu auch Kapitel 7.3 zur M5 «Transparenz stärken»).

Die Verteilungswirkung von gebäudeseitigen Lärmschutzmassnahmen der vier Pakete wird wie folgt beurteilt (Tabelle 103).

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
Verteilungswirkungen	+	+ / 0	+	+ / 0

Tabelle 103 Beurteilung der Verteilungswirkung gebäudeseitiger Ersatzmassnahmen der Pakete 1 bis 4

Beurteilung links: Verteilung der Kosten

Beurteilung rechts Kostenbeteiligung

(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Die Verteilung der Kosten bildet grösstenteils die Lärmverursachung ab (Beurteilung links). Kritische Aspekte ergeben sich um die Kostenbeteiligung im Umfang bis 9 % resp. 12 % durch die privaten Gebäudeeigentümer:innen. Da es sich aber um freiwillige Kostenübernahme durch die über IGW belasteten Gebäudeeigentümer:innen handelt, wird die Gesamtbewertung als angemessen beurteilt (Beurteilung rechts).

6 Auswirkungen und Beurteilung M2

Die Massnahme M2 «Regime vereinfachen» (siehe Beschreibung der Massnahme M2 in Kapitel 2.3.1) soll ergänzend zur Grenzwertanpassung gemäss Massnahme M1 umgesetzt werden.

Die Wirkung der Massnahme M2 entfaltet sich kontinuierlich und über einen langen Zeitraum. Denn es wird Jahrzehnte dauern, bis alle Anlagen, die vor der Geltung der neuen Grenzwerte bewilligt wurden, wesentlich geändert werden und die neu festgelegten Planungswerte (PW) einzuhalten haben.

Da alle Anlagen, die wesentlich geändert werden, zur Sanierung bis zu den PW verpflichtet werden sollen (mit Möglichkeit zur Gewährung von Erleichterungen ab PW und Ersatzmassnahmen ab IGW), verstärkt die Massnahme M2 die Wirkung der Massnahme M1, M7 und M8 in den Wirkungsdimensionen Output, Outcome und Impact (siehe Wirkungen im Wirkungsmodell in Tabelle 20).

Einfluss der Änderung des Umweltschutzgesetzes (Motion Flach) auf die Massnahme M2:
Mit der Gesetzesänderung werden Neubauten und wesentliche Änderungen von Gebäuden mit lärmempfindlichen Nutzungen bei denen die IGW überschritten werden einfacher zugelassen. Für lärmintensive Anlagen wird es notwendig werden, entsprechende Lärmschutzmassnahmen an der Lärmquelle zu prüfen, um die PW am betroffenen Gebäude einzuhalten. Bei der Innenentwicklung im lärmbelasteten Siedlungsräumen kann der Druck auf die Lärm erzeugende Anlage zur Prüfung von Sanierungsmassnahmen steigen

Nachfolgend wird die Massnahme M2 beurteilt nach Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung, jeweils nach den Lärmarten.

6.1 Straßen-, Eisenbahn- und Fluglärm

Wirksamkeit

Als langfristige Massnahme strebt M2 die Einhaltung von PW aller Anlagen an. Damit würden theoretisch auch die IGW-Überschreitungen nach der Sanierung aller Anlagen vollständig vermieden und die betroffenen Anwohner:innen wären keiner schädlichen und lästigen Lärmbelastung mehr ausgesetzt. In Tabelle 104 wird das theoretische Potenzial von M2 unter Berücksichtigung der Umsetzung der Massnahme M1/M1*, M7 und M8 und nach Durchführung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen im Straßen- und Eisenbahn lärm am Beispiel von vermiedenen IGW-Überschreitungen bei Gebäuden dargestellt (Erläuterungen zu den Berechnungen siehe Kapitel 5).

Lärmart	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
	M1	M1 + M7 + M8	M1*	M1* + M7 + M8
Strassenlärm ¹	110'540	214'705	110'540	214'705
Eisenbahnlärm ²⁶	6'023	14'238	2'982	8'113
Fluglärm ²	15'602	24'050	9'762	16'937
Total	132'165	252'993	123'284	239'754

Tabelle 104 Theoretisches Potenzial der Anzahl Gebäude mit langfristig vermiedenen IGW-Überschreitungen durch Massnahme M2 nach Umsetzung der Massnahmen M1/M1*, M7 und M8 für die Pakete 1 bis 4, unterschieden nach Lärmarten. ¹Die IGW-Überschreitungen für Strassenlärm basieren primär auf O3 (M1/M1* + M8) gemäss Kapitel 5.3.1. ²Beim Fluglärm kann die quellenseitige Massnahme (2dB Reduktion) in der Berechnung der Anzahl Erleichterungen nicht berücksichtigt werden.

Die geringen Unterschiede zwischen Paket 1 und 3 resp. Paket 2 und 4 ergeben sich aus den geringen Unterschieden welche in Wirkung und IGW-Überschreitungen aus M1 und M1* resultieren. Verantwortlich hierfür sind identische Grenzwerte für Strassenlärm, nahezu identische Ergebnisse in Folge Verschiebungen im Eisenbahnlärm und die Limitierung durch wirtschaftlich tragbare Massnahmen.

Die Beurteilung des theoretischen Potenzials der Wirksamkeit (langfristig) der Massnahmen M2 ist in Tabelle 105 dargestellt. Die Beurteilung besteht aus den Teilespekten «Reduktion von schädlicher und lästiger Lärmbelastung» (Beurteilung links) und «Vermeidung von IGW-Überschreitungen» (Beurteilung rechts).

Massnahme M2	
Strassenlärm	+/+
Eisenbahnlärm	+/+
Fluglärm	+/+
Wirksamkeit (langfristig)	+/+

Tabelle 105 Beurteilung des theoretischen Potenzials der Wirksamkeit (langfristig) der Massnahmen M2
Beurteilung links: Reduktion von schädlicher und lästiger Lärmbelastung
Beurteilung rechts: Vermeidung von IGW-Überschreitungen
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Effektivität

Für die Massnahme M2 wurden ausschliesslich die Nutzen im Sinne eines theoretischen Potenzials zur Vermeidung von Lärm über PW ermittelt. Die Nutzen wurden als Annuitäten ermittelt. Tabelle 106 stellt das jährliche theoretische Nutzenpotenzial bei der Vermeidung von Verkehrslärm über PW durch die Massnahme M2 dar. Zur Berechnung wurde der PW für ESII/ESIII angenommen, wobei keine Nutzen angerechnet werden, welche unter den jeweiligen Schwellenwerten für Gesundheits- und Gebäudekosten liegen (siehe

²⁶ Eine allfällige Ausdehnung des Netzes bei Grenzwertsenkungen ist nicht berücksichtigt.

Kapitel 4.1). Mit der Einhaltung von M2 sollen Gesundheits- und Gebäudekosten langfristig um die untenstehenden jährlichen Beträge gesenkt werden (Tabelle 106).

	Gesundheitskosten in Mio. CHF/a	Gebäudekosten in Mio. CHF/a
Strassenlärm	1'006	274
Eisenbahnlärm	58	3
Fluglärm	48	53
Total	1'112	330

Tabelle 106 Theoretisches Einsparpotenzial von Gesundheits- und Gebäudekosten durch Strassen-, Bahn- und Fluglärm pro Jahr durch Massnahme M2, inkl. Gleichsetzung ESII und ESIII. Quelle: Eigene Berechnung econcept

Strassenlärm

Unter Einhaltung der PW würden sich die jährlichen Gesundheitskosten um rund 1 Mrd. CHF pro Jahr und die Gebäudekosten um rund 270 Mio. CHF pro Jahr reduzieren.

Eisenbahnlärm

Das langfristige theoretische Nutzenpotenzial durch die Massnahme M2 liegt für Eisenbahnlärm bei insgesamt rund 61 Mio. CHF pro Jahr (hauptsächlich Gesundheitsnutzen).

Fluglärm

Überschreitungen der PW werden primär durch die beiden internationalen Flughäfen Zürich und Genf verursacht, in kleinerem Ausmass auch etwa durch die Flugplätze Belp, Sion und Altenrhein. Eine Pflicht zur Einhaltung der PW für alle Anlagen würde zusätzlichen theoretischen Nutzen von etwas über 100 Mio. CHF pro Jahr mit sich bringen.

Die Tabelle 107 zeigt die lärmartspezifischen Beurteilungen sowie die Gesamtbeurteilung der Effektivität (langfristig) wenn langfristig mit Massnahme M2 Planungswerte eingehalten werden.

	Massnahme M2
Strassenlärm	+
Eisenbahnlärm ²⁷	+
Fluglärm	+
Effektivität (langfristig)	+

Tabelle 107 Beurteilung der Effektivität (langfristig) quellenseitige Lärmschutzmassnahmen der Massnahme M2,
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Bei den quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen könnten, unter gewissen Bedingungen, Erleichterungen gewährt werden, falls die PW nicht eingehalten werden können. Neu sind

²⁷ Eine allfällige Ausdehnung des Netzes bei Grenzwertsenkungen ist nicht berücksichtigt.

mit M2 alle Anlagen, die wesentlich geändert werden (auch Altanlagen, bewilligt vor 1985) verpflichtet, Ersatzmassnahmen ab IGW zu treffen. Für die vorliegende Studie konnten die langfristig potenziell verbleibenden PW-Überschreitungen und Ersatzmassnahmen über IGW nicht quantifiziert werden, deshalb wird die Effektivität von Ersatzmassnahmen bei M2 in Analogie zu M1 beurteilt (siehe Kapitel 5.4.2): Die Zunahme von Erleichterungen bei verschärften Grenzwerten erhöht die Aktivitäten und Kosten für die Prüfung und den Einbau gebäudeseitiger Ersatzmassnahmen weiter. Dort, wo Ersatzmassnahmen getroffen werden, ergibt sich eine auf Innenräume ausgelegte Lärmbekämpfung. Deren Nutzen beschränkt sich auf eine limitierte, nicht anrechenbare Gesundheitswirkung. Die Nutzen im Hinblick auf den Wert der Liegenschaften werden als irrelevant angesehen, da die Lärmqualität von Außenräumen der relevante Faktor für die Zahlungsbereitschaft ist.

	Massnahme M2
Strassenlärm	-
Eisenbahnlärm	-
Fluglärm	-
Effektivität (langfristig)	-

Tabelle 108 Beurteilung der Effektivität (langfristig) gebäudeseitige Ersatzmassnahmen der Massnahme M2,
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Wie Tabelle 108 verdeutlicht, gilt auch für M2, dass gebäudeseitige Ersatzmassnahmen ineffektiv sind, da mittels SSF lediglich ein geringer Anteil der bestehenden Gesundheitskosten reduziert werden kann.

Effizienz

Die Effizienz der Massnahme M2 wird von der Effizienzbetrachtung der Massnahmen M1/M1*, M7 und M8 gemäss Kapitel 5.4.3 hergeleitet.

Die Beurteilung der Effizienz von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen geht davon aus, dass zur langfristigen Einhaltung der PW weitergehende Lärmschutzmassnahmen an den Lärmquellen zu treffen sind, die höhere Investitionen und/oder laufende Aufwände erfordern, als im Gegenzug Nutzen erzielt werden können. Sie wird ungenügend eingeschätzt (siehe Tabelle 109).

Die Effizienz der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen wurde als ungenügend beurteilt (Tabelle 109). Bei weiteren Grenzwertverschärfungen werden keine ausreichenden Kosten-Nutzen-Verhältnisse erreicht.

	Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen	gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen
Strassenlärm	-	-
Eisenbahnlärm	-	-
Fluglärm	-	-
Effizienz (langfristig)	-	-

Tabelle 109 Beurteilung der Effizienz von quellenseitige Lärmschutzmassnahmen (links) und gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen (rechts)
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Verteilungswirkungen

Die Verteilungswirkungen der quellenseitige Lärmschutzmassnahmen und gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen der Massnahme M2 werden gleich beurteilt, wie bei der Massnahmen M1/M1*, M7 und M8 gemäss Kapitel 5.4.4. Für gebäudeseitige Ersatzmassnahmen wird nicht nach den Lärmarten unterschieden.

	Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen	gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen Beurteilung links: Verteilung der Kosten Beurteilung rechts: Kostenbeteiligung
Strassenlärm	-	
Eisenbahnlärm	+	Nicht nach lärmarten beurteilt
Fluglärm	-	
Effizienz	-	+ / 0

Tabelle 110 Beurteilung der Verteilungswirkung von quellenseitige Lärmschutzmassnahmen (links) und gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen (rechts)
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

6.2 Industrie- und Gewerbelärm

Industrie- und Gewerbeanlagen, die vor 1985 gebaut wurden, müssen bei Sanierungen bisher die IGW einhalten. Wenn sie nur wesentlich geändert (ausgebaut) werden, gilt nach wie vor der IGW. Wenn ihr Zweck vollständig geändert wird, müssen sie die PW einhalten.

Die Unternehmen durchlaufen eine andauernde technologische Entwicklung und nehmen zwecks Erhalts von Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum regelmässige Investitionen vor. Viele Anlagen mit Bewilligungsdatum vor 1985 wurden stillgelegt oder ihr Zweck wurde vollständig geändert, womit die Einhaltung von PW bereits zur Pflicht wurde.

Die Massnahme M2 wird als effizient beurteilt. Industrie- und Gewerbebetriebe befinden sich in regelmässigen Investitionszyklen mit betrieblichen Anpassungen. Die Synchronisation von Massnahmen gegen Lärm mit diesen Zyklen führt zu Kosteneinsparungen und effizienten baulichen und technischen Umsetzungen. Entsprechend dürften bereits in

Vergangenheit viele Anlagen mit wesentlichen Anpassungen zur Einhaltung der Grenzwerte verpflichtet worden sein. Das Verursacherprinzip wird vollständig umgesetzt.

7 Auswirkungen und Beurteilung M3, M4, M5, M6 und M12

Nachfolgend werden die Einzelmaßnahmen beurteilt nach Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung. Da die Einzelmaßnahmen nicht auf eine direkte Reduktion der Lärmbelastungen ausgerichtet sind, wird die Wirksamkeit nicht beurteilt.

7.1 Massnahme M3 «Lärmschutz dynamisieren»

Massnahme M3 «Lärmschutz dynamisieren» sieht vor, dass Erleichterungen nur befristet gewährt werden. Damit müssen die Erleichterungen regelmäßig überprüft werden. Als möglicher Zeitabstand hierfür nimmt die Begleitgruppe 15 Jahre an. Die Zeitspanne lehnt sich an Investitionszyklen für Verkehrsinfrastruktur an, um potenzielle Lärmsanierungen mit regelmäßigen Erneuerungsinvestitionen zu verbinden.

Durch die regelmäßige Überprüfung ist es möglich, dass zuvor gesprochene Erleichterungen nicht bestätigt werden und Anlagen zu sanieren sind. Dies insbesondere, wenn in der Zwischenzeit verhältnismäßige bauliche, technische oder betriebliche Möglichkeiten zur Lärmsanierung entstanden sind. So können durch verschiedene Auslöser Nutzen von Lärmschutzmaßnahmen erhöht und Kosten gesenkt werden, was sich positiv auf die wirtschaftliche Tragbarkeit von quellenseitigen Lärmschutzmaßnahmen auswirkt. Tabelle 111 listet entsprechende Effekte auf.

Steigende Nutzen durch	Abnehmende Kosten durch
<ul style="list-style-type: none"> – Verbesserte Wirkungen von technischen und baulichen Maßnahmen – Siedlungswachstum mit steigender Anzahl lärm-betroffener Personen/Wohnungen – Neue Möglichkeiten für betriebliche Maßnahmen 	<ul style="list-style-type: none"> – Technischen Fortschritt, Produktivitätsgewinne, Automatisierung etc. zur Umsetzung technischer und baulicher Maßnahmen – Effizienzgewinne und Synergieeffekte mit nicht lärm-bezogenen Sanierungsmassnahmen

Tabelle 111 Auslöser für steigende Nutzen und/oder abnehmende Kosten mit Einfluss auf die wirtschaftliche Tragbarkeit.

Wie Tabelle 111 zeigt, lassen sich verschiedene Faktoren erkennen, welche im Zeitraum von 15 Jahren Einfluss auf die Verhältnismäßigkeit von Lärmsanierungen haben. Im Sinne des Verursacherprinzips ist es effizient und verteilungsgerecht, die entsprechenden Möglichkeiten für quellenseitige Lärmschutzsanierungen regelmäßig zu prüfen. Führt die Überprüfung zur Reduktion von Erleichterungen und zusätzlichen Lärmsanierungen, so kann dies als kostenneutral und als Effizienzgewinn angesehen werden. Die Kostenneutralität ergibt sich hierdurch, dass die von den Haushalten und Gebäudeeigentümer:innen bislang zu tragenden Lärmkosten in Form von Kosten zur Lärmsanierung zu den Anlagebetreibern verschoben werden. Die Effizienz des Mitteleinsatzes wird hierbei als höher angenommen, da mit zentralen Lärmschutzmaßnahmen an der Quelle höhere Nutzen ausfallen als durch gebäudeseitige Ersatzmaßnahmen.

Kostenwirksam für M3 sind die administrativen Kosten, aufgrund der hohen Anzahl von Erleichterungen, welche gemäß den vorgenommenen Simulationen zu überprüfen sind.

Zur Abschätzung dieses Vollzugsaufwands wird davon ausgegangen, dass in einem standardisierten Verfahren aktualisierte Erleichterungsdossiers einzureichen sind. Der Aufwand für eine standardisierte Überprüfung je erleichtertes Gebäude wird dem Initialaufwand zur Erleichterung gleichgesetzt. Dieser besteht aus Antragskosten durch den Anlagebetreiber und Prüfungs- und Genehmigungskosten durch die zuständige Behörde. Diese stellt die Aufwände gemäss Gebührenordnung an die Anlagebetreiber in Rechnung. Die Annahmen zu Antrags- und Genehmigungskosten finden sich in Anhang A-7.1. Je Überprüfung wird mit mittleren Vollkosten von 286 CHF je Gebäude gerechnet, was umgelegt zu jährlichen Kosten von knapp über 19 CHF führt²⁸. Bei einer Befristung von Erleichterungen entstehen über 15 Jahre betrachtet jährliche Gesamtkosten von 38 CHF aus Erteilung und Überprüfung der Erleichterung. Die geschätzte maximale Anzahl an Erleichterungen findet sich in Tabelle 95. Tabelle 112 enthält die geschätzten Jahreskosten, sofern Erleichterungen bei IGW-Überschreitungen im Strassen-, Bahn- und Fluglärm nur befristet für 15 Jahre erteilt und anschliessend überprüft werden müssen.

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
	M1	M1 + M7 + M8	M1*	M1* + M7 + M8
Administrativkosten in Mio. CHF/a				
Strassenlärm	2.1	4.1	2.1	4.1
Eisenbahnlärm	0.1	0.3	0.1	0.2
Fluglärm	0.3	0.5	0.2	0.3
Total	2.5	4.8	2.3	4.6

Tabelle 112 Jährliche Administrativkosten (gerundete Werte) zur jährlichen Überprüfung von Erleichterungen für Strassen-, Bahn- und Fluglärm. Das Total kann aufgrund von Rundungsdifferenzen von der Summe der Einzelwerte abweichen.

Die Massnahme wird insgesamt wie folgt beurteilt (Tabelle 113).

Kriterium	Beurteilung	Begründung
Effektivität	+	–Es wird eine Wirkung durch zusätzliche quellenseitige Lärmreduktion erwartet aufgrund Verschiebungen in den Kriterien zur Verhältnismässigkeit, welche laufenden Anpassungen und Entwicklungen unterworfen sind.
Effizienz	+	–Die Massnahme weist ein gutes Kosten-Nutzen-Verhältnis auf, wobei die zusätzlichen Lärmsanierungen als kostenneutral angenommen werden.
Verteilungswirkung	+	–Die Kosten werden langfristig durch die Verursacher:innen getragen

Tabelle 113 Beurteilung der Massnahme M3 «Lärmschutz dynamisieren» nach Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung.
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

²⁸ Der mittlere Aufwand gemäss Recherchen bei entsprechenden Planungsbüros basiert erfahrungsgemäss auf einer hohen Anzahl Liegenschaften, welche mit einfach nachvollziehbarer Lärm situation standardisiert überprüft werden können und einer geringen Anzahl von Liegenschaften, welche vertiefte, liegenschaftsspezifische Abklärungen erfordern.

7.2 Massnahme M4 «Massnahmen klären»

Mit der Massnahme M4 sollen in der LSV künftig konkrete quellenseitige Lärmschutzmassnahmen in der LSV festgeschrieben werden. Die Massnahme leistet einen Beitrag zur Erhöhung von Effektivität und Effizienz in der Lärmbekämpfung.

In Kapitel 5.4 wird ausführlich dargelegt, welche Massnahmen hierzu geeignet sind resp. nach welchen Kriterien entsprechende Lärmschutzmassnahmen festzulegen sind. Zu den Kriterien zählt auch die Verhältnismässigkeit. Die Kombination von Lärmschutzmassnahmen ist explizit zuzulassen.

Zwecks anhaltend hoher Wirkung müsse die festgeschriebenen Lärmschutzmassnahmen regelmässig überprüft und angepasst werden.

Für die Massnahme M4 ergibt sich nachfolgende Gesamtbeurteilung (Tabelle 114).

Kriterium	Beurteilung	Begründung
Effektivität	+	– Die Massnahme sichert die Anwendung von effektiven Lärmschutzmassnahmen
Effizienz	+	– Die Massnahme sichert die Anwendung von effizienten Lärmschutzmassnahmen – Die Festsetzung in der LSV sichert eine effiziente Verbreitung, wobei regelmässige Überprüfungen und Anpassung als notwendig angesehen werden
Verteilungswirkung	+	– Die Massnahme sichert die Anwendung von Lärmschutzmassnahmen mit verursachergerechten Verteilungswirkungen

Tabelle 114 Beurteilung der Massnahme M4 «Massnahmen klären» nach Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung.
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

Sollte sich zeigen, dass sämtliche festzuschreibenden Massnahmen bereits regelmässig und flächendeckend wie als effizient und effektiv ermittelt eingesetzt werden, entfaltet sie keine zusätzliche Wirkung. Ihre Wirkung würde dann einsetzen, wenn bspw. eine Transformation hin zu noch effizienteren und effektiveren Massnahmen forciert werden sollte.

7.3 Massnahme M5 «Transparenz stärken»

Massnahme M5 «Transparenz stärken» sieht vor, dass die dem Anlagebetreiber gewährten Erleichterungen im Zuge von Lärmsanierungsprojekten einen Eintrag in einen Lärmbelastungskataster und/oder in das kantonale Grundbuch bewirken.

Lärmbelastungskataster werden durch die zuständigen Bundesämter und Departemente geführt und sind öffentlich zugänglich. Die Lärmelastungskataster sind georeferenzierte Modellrechnungen für die theoretisch grösstmögliche Lärmelastung (BAFU, 2017). Noch sind nicht alle Lärmelastungskataster gemäss Vorgaben aufgebaut, so befindet sich dasjenige für militärische Anlagen erst in Entwicklung (mündliche Angaben Armasuisse). Verschiedene Kantone führen zudem eigene Lärmelastungskataster, bspw. der Kanton Graubünden für den Schiesslärm ziviler Schiessanlagen.

Ausgewählte Kantone zeigen die bestehenden Lärmbelastungskataster und Erleichterungen in ihren webbasierten Geoinformationsplattformen an. Die gesetzliche Vorgabe des Bundes an die Kantone sieht weder Lärmelastungskataster noch Erleichterungen als verbindliche Inhalte für die ÖREB durch die Kantone an (SR 510.622.4 ÖREBKV, Katalog der Geobasisdaten des Bundesrechts). Eine Pflicht zur Eintragung wäre daher mit weitgehenden Anpassungen an Datenmodellen, Vereinheitlichungen und zusätzlichen Vorgaben an die Kantone verbunden. Die Eintragung wird daher als ineffektiv angesehen.

Demgegenüber wird die Eintragung in das kantonale Grundbuch als einfacher machbar erachtet. Ein Eintrag könnte auf Parzellenebene im Anhang des Grundbuchs Erleichterungen unter Angabe von Datum, Begründung, IGW- und/oder AW-Überschreitung für massgebliche Lärmelastungen festhalten.

Das Grundbuch untersteht den Kantonen, welche hierzu Organisation, Führung und Gebühren mittels Gesetze und Verordnungen regeln. Für die Beurteilung wird angenommen, dass die mittlere Gebühr einer Eintragung bei einmalig 65 CHF ohne wiederkehrende Kosten liegt (Herleitung siehe Anhang A-8.1). Zur Schätzung der Jahreskosten wird von einer Gültigkeit der Erleichterung von 15 Jahren ausgegangen, die nicht diskontierten Jahreskosten werden mit 4.35 CHF angenommen. Es wird angenommen, dass seitens der Antragsstellung pro Erleichterung im Mittel 1 h Aufwand anfällt, die nicht diskontierten Jahreskosten werden hierzu mit 4.47 CHF angenommen (siehe Anhang A-7.1).

Die geschätzte maximale Anzahl an Erleichterungen findet sich in Tabelle 95. Tabelle 115 enthält die geschätzten Jahreskosten für die Grundbucheintragung von Erleichterungen bei IGW-Überschreitungen im Strassen-, Bahn-, Flug- und Schiesslärm.

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
	M1	M1 + M2 + M7 + M8	M1*	M1* + M2 + M7 + M8
Gesamtkosten Grundbucheintragung in CHF/a				
Strassenlärm	1'053'800	2'046'900	1'053'800	2'046'900
Eisenbahnlärm	57'400	135'700	28'400	77'300
Fluglärm	148'700	229'300	93'100	161'500
Total	1'259'900	2'411'900	1'175'300	2'285'700

Tabelle 115 Jährliche Gesamtkosten (gerundete Werte) zur Grundbucheintragung von Erleichterungen für Strassen-, Bahn- und Fluglärm

Die Anlagebetreiber setzen diese Kosten den Kosten eines zusätzlichen Lärmschutzes gegenüber, welche die Grenzwertehaltung begünstigen und die Kosten einer Grundbucheintragung vermeiden würden. Zusätzliche quellenseitige Lärmschutzmassnahmen würden einem rein ökonomischen Rational folgend erst ergriffen, wenn die Jahreskosten der Eintragung höher liegen als Kosten der Lärmschutzmaßnahme. Diese sind aktuell bspw. bei 166 CHF/Pers-dB als verhältnismässig limitiert, womit eine Grundbucheintragung bei Erleichterungen deutlich kostengünstiger ist. Demnach führt die Eintragung nicht zu einer relevanten Verschiebung, wonach quellenseitige Sanierungen über die gesetzten

Grenzwerte zur finanziellen Verhältnismässigkeit attraktiv werden. Dies gilt insbesondere für Anlagen, für welche in der Bandbreite von IGW- und AW-Überschreitungen keine gebäudeseitigen Massnahmen finanziell getragen werden müssen.

Es wird keine relevante Wirkung der Massnahme zur Lärmreduktion resp. zur Unterstützung anderer Massnahmen erwartet. Es ist daher zu klären, ob und wie die Eintragungen eine Wirkung auf den Immobilienmärkten haben. Diese können nicht quantifiziert werden. Zu den Wirkungen interviewte Immobilienfachleute (siehe Anhang A-11.2) kommen zu unterschiedlichen Einschätzungen. Die Einschätzung reichen von erheblichem Preisdruck, welcher durch die Eintragung ausgelöst wird, bis zu einer Einschätzung, wonach die Eintragung kaum Wirkung zeigen dürfte.

Bei Annahme einer relevanten oder zumindest feststellbaren Preiswirkung stützen sich die Immobilienfachleute auf empirische Ergebnisse aus dem In- und Ausland ab. So haben etwa Untersuchungen für Deutschland gezeigt, dass die Eintragung von Altlasten im Grundbuch zu erheblichen Wertminderungen führen kann, während dessen vergleichbare Einträge in öffentlich-rechtlichen Kataster kaum Beachtung in Preisbildung und Zahlungsbereitschaft finden. Die Haftung betreffend Altlasten ist jedoch klar geregelt und betrifft den/die Verkäufer:in.

Für die Schweiz liegen sog. hedonische Preismodelle vor, welche zur Erklärung zur Preisbildung von Immobilien beitragen und ausweisen, welche Eigenschaften von Objekt, Umfeld, Lage, Regulierung etc. welchen Anteil an der Preisbildung erklären können. Die Wirkung eines Erleichterungseintrags wird als vergleichbar angesehen mit Eigenschaften, welche in den aktuellen Modellen abgebildet werden. Demnach würde ein Preiseffekt von maximal 5 % erwartet, was jedoch im statistischen Fehlerbereich der entsprechenden Modelle liege.

Die Argumentation für keine relevante Preiswirkung baut ebenso auf der «Unwesentlichkeit» eines entsprechenden Merkmals auf. Demnach werden nach den gemachten Erfahrungen privatrechtliche Bestimmungen in den Anhängen des Grundbuchs (bspw. Näherbauchrechte und Dienstbarkeiten) kaum berücksichtigt. Zahlungsbereitschaft und Kaufentscheide hängen von Faktoren ab, welche direkt erkenn- und wahrnehmbar seien. Somit ist die wahrnehmbare Lärmbelastung preisbestimmend und nicht ein Eintrag, welche die Lärmbelastung «legitimiert».

Nach Einschätzung der Fachleute können sich auch ohne direkten Preiseffekt zusätzliche Kosten einstellen. So sei denkbar, dass die Eintragung die Anzahl der potenziellen Nachfrage reduziert und ein Verkaufsgeschäft eine längere Dauer umfasst. Daraus ergeben sich direkt höhere Ausschreibungs- und Verkaufskosten sowie allfällige finanzielle Doppelbelastungen bei bereits erfolgtem Umzug und Leerständen sowie Opportunitätskosten aufgrund anhaltend gebundenem Eigenkapital und allfälligen Hypothekarlasten. Diese Kosten sind durch die Gebäudeeigentümer:innen zu tragen und werden nicht durch die Betreiber:in einer lärmverursachenden Anlage übernommen.

Kriterium	Beurteilung	Begründung
Effektivität	0	– Es wird keine Wirkung zur Lärmreduktion erwartet
Effizienz	-	– Die Massnahme führt zu Zusatzkosten ohne direkte Wirkung auf Lärm und/oder anderweitige eindeutige Nutzen
Verteilungswirkung	-	– Kosten aus Preiswirkungen und längerer Dauer Verkaufsprozess fallen bei Gebäudeeigentümer:innen an und werden nicht durch den/die Anlagebetreiber als Verursacher getragen

Tabelle 116 Beurteilung der Massnahme M5 «Transparenz stärken» nach Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung.
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

7.4 Massnahme M6 «Verursacherprinzip stärken»

Die Massnahme M6 zielt darauf ab, das Verursacherprinzip zu stärken, indem sich die Anlageinhaber rückwirkend an den bereits freiwillig getätigten Kosten der Gebäudeeigentümer für lärmindernde Massnahmen auf ihren Grundstücken und an ihren Gebäuden (in der Regel SSF) beteiligen, sofern eine Anlage lärmsaniert wird. Es handelt sich weitgehende um eine Anpassung der LSV an die heutige Praxis.

Die geltenden Bestimmungen, wonach auch bei Erleichterungen aufgrund von IGW-Überschreitungen nicht immer gebäudeseitige Ersatzmassnahmen getroffen resp. finanziert werden müssen, stellt eine Abweichung von den Grundsätzen des USG dar. Dieses misst dem Verursacherprinzip eine hohe Bedeutung zu. Diese Abweichung wurde auch in Rahmen von zwei Bundesgerichtsentscheiden (BGE 138 II 379 «Alpnach», BGE 132 II 371 «Sissach») thematisiert. Beide Entscheide fordern zur besseren Durchsetzung des Verursacherprinzips auf.

Verschiedene Anlagebetreiber leisten schon heute Beiträge an Schallschutzmassnahmen bei Lärmbelastungen, welche nicht zu einer solchen Pflicht führen würden. Im Programm zur Lärmsanierung der Eisenbahnen (1. Etappe) haben bspw. 2/3 der Gebäudeeigentümer:innen mit Lärmelastungen zwischen IGW und AW die freiwilligen Beiträge genutzt (BAV, 2015). Diese Massnahmen, primär SSF, wurden mit bis zu 50 % der Kosten unterstützt. Der Flughafen Zürich weist seinerseits aus, dass in Vergangenheit an über 1'000 Gebäudeeigentümer:innen freiwillige Beiträge geleistet wurden (Flughafen Zürich AG, 2023). Betreffend Strassenlärm ist bekannt, dass verschiedene Kantone (bspw. Zürich, Luzern, Aargau) und grössere Städte (bspw. Zürich) ebenfalls freiwillige Beiträge leisten. Mit seinem Detailprogramm Schallschutzfenster (DP SSF) regelt zudem das ASTRA, unter welchen Bedingungen und mit welchen Annahmen Rückerstattungen für den freiwilligen Einbau von SSF geleistet werden, sofern der Einbau ab dem 1.1.1985 und vor einer Planfeststellung mit erleichterter IGW-Überschreitung vorgenommen wurde (ASTRA, 2015). Die verschiedenen Programme mit teilweise hohen ausgewiesenen Beteiligungsquoten zeigen, dass ein hoher Anteil von Gebäudeeigentümer:innen freiwillig gegen schädliche und lästige Lärmelastungen vorgeht und gebäudeseitige Massnahmen ergreift.

Die obigen Ausführungen zeigen, dass einerseits viele Gebäudeeigentümer:innen reagieren auf störende Lärmbelastungen und freiwillige Massnahmen ergreifen. Andererseits leisten Anlagebetreiber schon heute Beiträge an gebäudeseitige Massnahmen an Liegenschaften, welche zwischen IGW und AW Massnahmen ergreifen, für welche eigentlich keine entsprechende Pflicht besteht.

Eine Quantifizierung des künftigen Umfangs entsprechender Rückerstattung konnte jedoch nicht vorgenommen werden. Es sind weder belastbare Hinweise auf die Anzahl bereits vorgenommene und künftig erwartbaren freiwilligen Massnahmen vorhanden, noch lässt sich eine Schätzung zu den künftigen quellenseitigen Lärmsanierungen von Anlagen vornehmen. Aufgrund der Wirkungsweise lässt sich eine qualitative Beurteilung vornehmen. Diese zeigt, dass die Massnahmen M6 «Verursacherprinzip stärken» insgesamt als geeignet dafür angesehen wird, die gesetzten Ziele zu erreichen.

Kriterium	Beurteilung	Begründung
Effektivität	+	–Es wird eine positive Wirkung erwartet, indem bei potenziellen Rückerstattungspflichten in Zukunft Anlagebesitzer über wirtschaftliche Anreize zu frühzeitigen quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen erhalten. Wo dies nicht der Fall ist, werden finanzielle Risiken und Belastungen für Gebäudeeigentümer:innen reduziert, sodass diese zusätzliche gebäudeseitige Massnahmen treffen. Beides bewirkt eine Reduktion der Lärmbelastung.
Effizienz	+	–Die Massnahme ist einfach in der Umsetzung und führt effizient zu Anreizen für zusätzliche quellenseitige Lärmschutzmassnahmen.
Verteilungswirkung	+	–Die Massnahmen stärkt das Verursacherprinzip, indem Kosten werden durch die Verursacher:innen getragen, während dessen die Nutzen bei den mit Lärm über IGW belasteten Personen und Gebäudeeigentümer:innen anfallen

Tabelle 117 Beurteilung der Massnahme M6 «Verursacherprinzip stärken» nach Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung.
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

7.5 Massnahme M12 «Grenzwertschema»

Die Massnahme sieht vor, dass unterschiedliche Störwirkung der Lärmarten vollständig in den Grenzwertschemata der LSV abgebildet werden und auf Normierungskorrekturen verzichtet wird. Die Anwendung der LSV soll hierdurch vereinfacht und vereinheitlicht werden. Die Massnahme hat keine Auswirkungen auf die Höhe der Grenzwerte. Die Massnahme unterstützt formal den einheitlichen Vollzug der geprüften Massnahmen M1/M1*, M7 und M8, zeigt aber keine direkte Wirkung. Die Beurteilung erfolgt ausschliesslich qualitativ.

Kriterium	Beurteilung	Begründung
Effektivität	0	–Die Massnahme wird nicht direkt auf die Lärmreduktion
Effizienz	0	–Die Massnahme führt nicht direkt zu Nutzen, unterstützt jedoch die Effizienz im Vollzug der LSV aufgrund Vereinheitlichung.
Verteilungswirkung	0	–Die Massnahme wird als kostenneutral angenommen

Tabelle 118 Beurteilung der Massnahme M12 «Grenzwertschema» nach Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung.
(+ = positive Beurteilung, 0 = neutrale Beurteilung, - = negative Beurteilung)

8 Raumplanung

8.1 Raumplanung und Lärmbekämpfung

Raumplanung und Lärmbekämpfung haben eine Vielzahl von Berührungs punkten und gemeinsame Interessen. Dennoch kommt es zu einem häufigen Grundkonflikt, welcher fallweise schwierig zu lösen ist (ROR und EKLB, 2015). Wenn die IGW überschritten sind und der Lärm nicht durch entsprechende quellenseitige Massnahmen reduziert werden kann sind die baulichen und letztlich raumplanerischen Möglichkeiten für Wohnnutzungen eingeschränkt. Ruhe und die Absenz von schädigendem oder lästigem Lärm ist eine zentrale Komponente der Wohn- und Siedlungsqualität. Über die Empfindlichkeitsstufen (ES) werden die Belastungsgrenzwerte mit der Raumplanung und bestimmten Nutzungszonen verknüpft. Reine Wohnzonen (ESII) weisen tiefere Grenzwerte auf als Mischzonen für Wohnen und Gewerbe (ESIII). Somit erlaubt die aktuelle Regelung unterschiedliche Lärm belastungen, abhängig davon, in welcher Zone Wohnungen liegen.

Mit den Beschlüssen zum revidierten Raumplanungsgesetz 1. Etappe (RPG1) wurde der Entwicklungsfokus auf die Innenentwicklung gelenkt. Die Akzeptanz einer baulichen Verdichtung mit intensiver Flächennutzung hängt u. a. von Lärm belastungen und der Qualität von Außenräumen ab (Kanton Zürich, 2014). Die Attraktivität dieser Innenentwicklung ist besonders hoch in Zentren mit höchster Erreichbarkeit und Nutzungsvielfalt, welches wiederum Standorte mit erhöhten Lärm belastungen sind. Die LSV bietet aktuell hierfür die Möglichkeit der ESIII bei durchmischter Nutzung von Wohnen und gewerblichen Aktivitäten. PW und IGW werden in der gültigen LSV höher angesetzt als PW und IGW für reine Wohnnutzung unter ESII. Das Gewerbe und Industrie selbst gezielt an lärm belasteten Standorten mit hoher Erreichbarkeit angesiedelt wurden, entspricht dabei einem planerischen Konzept.

In Master-, Quartier- und Arealplanungen entlang von lärm belasteten Strassen und Bahnlinien wird ESIII häufig dahin gehend genutzt, dass mit einer grossvolumigen, gewerblichen und durchmischten Liegenschaft mit Ausrichtung zur Lärmquelle die Lärmausbreitung zu dahinterliegende Gebäude mit höherem Anteil an Wohnnutzung verhindert wird. Befragte Raumplaner:innen (siehe Anhang A-10) bezeichnen dies als eine Praxis, welche sich mit der vermehrten Innenentwicklung, insbesondere in Zentren von Agglomerationsgemeinden und in der Umstrukturierung ehemaliger Industrieareale an Hauptverkehrsachsen, entwickelt hat. Die Mischnutzung entsprechender Liegenschaften mit Barrierefunktion stellt teilweise eine Notwendigkeit dar, da an entsprechenden Lagen die Nachfrage für eine ausschliesslich gewerbliche Nutzung zu gering ist. Verschiedene Arealentwicklungen mit hohen, vorgeschriebenen Anteilen an gewerblicher Nutzung belegen dies mit anhaltenden Leerständen der Gewerbe flächen.

ROR und EKLB sehen es als eine Notwendigkeit an, Raumplanung und Lärmschutz stärker integral durchzuführen, um Grundkonflikte abzubauen und mögliche Synergien besser zu nutzen. Hierfür sollen die folgenden drei Stossrichtungen in Lärmschutz und Raumplanung gleichermassen verfolgt werden:

- Stossrichtung 1: Lärm soll gar nicht erst entstehen.
- Stossrichtung 2: Es sind (neue) Wege zu suchen, um die Mobilitäts- und die Freizeitbedürfnisse einerseits und die Ruhebedürfnisse andererseits zu befriedigen.
- Stossrichtung 3: Lärmbekämpfung und Raumplanung arbeiten zusammen und kommunizieren gemeinsam.

Jede Stossrichtung ist weiter unterteilt in Massnahmenbündel mit konkreten Massnahmen (ROR und EKLB, 2015). Mit der in Kapitel 1.1.4 erläuterten geplanten Anpassungen von Art. 22 und Art. 24 im USG wird die Stossrichtung 2 bereits aufgegriffen. Nachfolgend wird in Kapitel 8.2 eine qualitative Einschätzung vorgenommen, inwiefern die in der VOBU geprüften Massnahmen einen Beitrag im Sinne der Stossrichtungen leisten.

In Kapitel 8.3 werden die Massnahmen hinsichtlich spezifischer Aspekte aus Perspektive der instrumentellen Raumplanung beurteilt, um diese in Kapitel 8.4 mittels zweier Fallstudien zu überprüfen. Es folgt ein abschliessendes Fazit.

8.2 Beitrag der Massnahmen zur Stärkung der Stossrichtungen ROR/EKLB

Die Massnahmen, welche EKLB und ROR zur Stärkung von Lärmbekämpfung im Zusammenspiel mit der Raumplanung empfehlen, sind umfangreich und umfassen sieben Massnahmenbündel. Nachfolgend wird, basierend auf geführten Experten:innen-Gesprächen, den durchgeföhrten Abklärungen und Simulationen zu den Massnahmen und Dokumentenanalyse, eine Einschätzung vorgenommen, inwiefern die in der VOBU beurteilten Massnahmen einen Beitrag zur Umsetzung der ROR/EKLB-Massnahmen in Richtung der Zielsetzung der ROR/EKLB-Massnahmenbündel leisten. Beurteilt wird, wie effektiv und effizient die zu beurteilenden Massnahmen die Stossrichtungen des Positionspapiers unterstützen und ob hiervon relevante Verteilungseffekte positiver oder negativer Art erwartet werden. Die Beurteilung erfolgt nach einem Zifferschema wie folgt.

↳Ziffer 1: Effektivität

↳Ziffer 2: Effizienz, sofern Effektivität > 0

↳Ziffer 3: Verteilungswirkung, sofern Effektivität > 0

Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkungen werden nach Kategorien auf Basis einer qualitativen Einschätzung beurteilt (Tabelle 119)

Stelle	Bereich	Kategorien
1	Effektivität	<p>1 = wenig Wirkung zur Zielerreichung 1 = niedrige oder indirekte Wirkung zur Zielerreichung 2 = direkte und bedeutsame Wirkung zur Zielerreichung</p> <p>→ wird die Effektivität mit 0 eingeschätzt, erfolgt keine weitere Beurteilung der Kriterien Effizienz und Verteilungswirkung</p>
2	Effizienz	<p>0 = Zusatzkosten und Investitionen werden als unverhältnismässig angenommen 1 = Zusatzkosten und Investitionen zur Umsetzung werden als verhältnismässig angenommen 2 = Zusatzkosten und Investitionen zur Umsetzung werden als gering angenommen</p>
3	Verteilungswirkung	<p>2 = unvorteilhafte Verteilungseffekte können nicht ausgeschlossen werden 1 = es werden keine unerwünschten Verteilungseffekte erwartet</p>

Tabelle 119 Beurteilungsraster der Beiträge an die EKLB/ROR-Zielsetzungen zur Abstimmung von Lärmschutz und Raumplanung

Lesebeispiel

Beurteilung: 2/1/1

↪Ziffer 1: 2; die Massnahme wirkt direkt und bedeutsam

↪Ziffer 2: die Zusatzkosten/Investitionen der Massnahme sind verhältnismässig

↪Ziffer 3: es entstehen keine unerwünschten Verteilungswirkungen

Massnahmen mit wenig Wirkung auf die Zielerreichung führen zu 0/-/-

Tabelle 119 zeigt die Beurteilung der Beiträge der Massnahmen im Hinblick auf die gemeinsamen Stossrichtungen von ROR und EKLB zur Abstimmung und Verbesserung von Raumplanung und Lärmschutz.

		M1	M2	M7	M8	M3	M4	M5	N6	M12
		Grenzwerte anpassen	Regime vereinfachen	Anpassung Beurteilungszeiten	Gleichsetzung von ESII / ESIII	Lärmschutz dynamisieren	Massnahmen klären	Transparenz stärken	Verursacherprinzip stärken	Grenzwertschema
Beitrag										

Stossrichtung 1: Es ist darauf hinzuwirken, dass Lärm gar nicht erst entsteht.

«Reduktion des Verkehrs-lärms»	Technische Möglichkeiten ausschöpfen	2/1/1	½/1	½/1	1/1/1	0/-	2/1/1	0/-	0/-	0/-
	Geschwindigkeitsreduktionen einführen	2/1/1	0/-	1/1/1	1/1/1	0/-	2/1/1	0/-	0/-	0/-
	Attraktive Fuss- und Radweg-netze gestalten	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-
	Die Lärm-Ausgleichsnorm (LAN) unterstützen	<i>Keine Beurteilung, da Massnahmen nicht weiterverfolgt wird</i>								
«Frühzeitige Interessenabwä-gung, Entwicklungschancen»	Lärmschutz stufengerecht in Sach-/Richtplanung berück-sichtigen	0/-	0/-	0/-	1/1/1	1/1/1	0/-	0/-	0/-	1/1/1
	Akustik bei Entwicklungs-schwerpunkten und Verdich-tungsgebieten berücksichti-gen	0/-	0/-	1/1/1	2/1/1	0/-	1/1/1	0/-	0/-	0/-
	Städtebauliche Begleitpla-nung für Verkehrsinfrastruk-turbauten	0/-	0/-	1/1/1	1/1/1	0/-	1/1/1	0/-	0/-	0/-
«Steuerung des Alltags- und Freizeit-lärms»	Zonen mit hoher, zulässiger Lärmbelastung (ESIV) für nicht industrielle Nutzung prüfen	2/1/1	0/-	1/1/1	0/-	0/-	1/1/1	0/-	0/-	0/-
	Baubewilligungsverfahren einzelfallgerecht durchführen	2/1/1	2/1/1	2/1/1	2/1/1	2/1/1	1/1/1	2/1/1	0/-	2/1/1
	Informelle Lösungsansätze weiterentwickeln	1/1/1	0/-	1/1/1	1/1/1	2/1/1	0/-	0/-	0/-	1/1/1
	Gesprächs- und Verhand-lungslösungen suchen	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	1/1/1
	Erfahrungsaustausch fördern	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-	0/-

Stossrichtung 2: Es sind (neue) Wege zu suchen, um die Mobilitäts- und Freizeitbedürfnisse einerseits und die Ruhebedürfnisse andererseits zu befriedigen.

«Über-prü-fung	Vorschrift GW-Einhaltung in der Mitte des offenen Fens-ters prüfen	0/-	0/-	0/-	1/1/1	0/-	0/-	0/-	0/-	1/1/1
----------------	--	-----	-----	-----	-------	-----	-----	-----	-----	-------

		M1	M2	M7	M8	M3	M4	M5	N6	M12
		Grenzwerte anpassen	Regime vereinfachen	Anpassung Beurteilungszeiten	Gleichsetzung von ESII / ESIII	Lärmschutz dynamisieren	Massnahmen klären	Transparenz stärken	Verursacherprinzip stärken	Grenzwertschema
Beitrag										
	Differenziertes Schutzkonzept in Verdichtungsgebieten prüfen	0/-/-	0/-/-	0/-/-	1/1/1	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	1/1/1
«Förderung der akustischen Qualität in Außenräumen	Akustische Qualität der Außenräume verbessern	1/1/1	1/1/1	0/1/1	1/1/1	1/1/1	0/-/-	0/-/-	0/-/-	1/1/1
	Ruheorte-/gebiete erhalten, erweitern und neu schaffen	1/1/1	1/1/1	0/-/-	0/-/-	1/1/1	0/-/-	0/-/-	0/-/-	1/1/1
	Relevante Akteure schulen	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	1/1/1

Stossrichtung 3: Lärmbekämpfung und Raumplanung arbeiten zusammen und kommunizieren gemeinsam ihre Anliegen

«Zusammenarbeit Lärmbe...»	Neue Lösungen für den Lärmschutz suchen	0/-/-	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	1/1/1	2/1/1	2/1/1	0/-/-
	Fachleute weiterbilden	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-
«Kommunikation und Sensibilisierung»	Publikation «Raumplanung und Lärmschutz» überarbeiten	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	1/1/1
	Beispiel-Sammlung zum Bauen in lärmbelasteten Gebieten erstellen	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-	0/-/-

Tabelle 120 Beiträge der geprüften VOBU-Massnahmen zur Zielerreichung der EKL/ROR-Empfehlungen Stossrichtungen 1 bis 3 zur Abstimmung von Raumplanung und Lärmschutz

Wie die Beurteilung zeigt, werden insbesondere Beiträge an die Stossrichtung 1 «Lärm soll gar nicht erst entstehen» erwartet. Zahlreiche Beiträge können für die Stossrichtung 2 für neue Konzepte in Planung und Lärmschutz zur Verbindung von Mobilitäts- und Freizeitbedürfnisse angenommen werden. Jedoch bei geringerer Wirksamkeit, da diese zumeist indirekt erwartet werden. Stossrichtung 2 wird durch die geplanten Anpassungen von Art. 22 und Art. 24 USG unterstützt. Durch die zu beurteilenden Massnahmen wird zusätzlich die Wirkung einer Vereinfachung angenommen.

Für die Weiterbildungs- und Kommunikationsziele von Stossrichtung 3 werden keine massgeblichen Beiträge erwartet.

Sämtliche beurteilten Massnahmen leisten an eine oder mehrere Zielsetzungen des ROR und der EKLB einen Beitrag. In der übergeordneten Beurteilung wird die Effizienz grösstenteils als verhältnismässig beurteilt. Unerwünschte Verteilungswirkungen können auf übergeordneter Stufe nicht erkannt werden, diese entstehen gegebenenfalls in der konkreten weiteren Operationalisierung und Umsetzung von Massnahmen.

8.3 Qualitative Beurteilung der Massnahmen

Die künftige Umsetzung der beurteilten Massnahmen zur Lärmbekämpfung führen im Vollzug zu direkten Wirkungen auf die instrumentelle Raumplanung und die mit ihr abgestimmte Verkehrsplanung. In einer übergeordneten Beurteilung haben die befragten Raumplaner:innen Massnahmen als positiv beurteilt, welche

- die planerischen Handlungsspielräume sowie die Möglichkeiten zu Interessenabwägungen erhalten oder stärken,
- im Rahmen der Verkehrsplanung Legitimation und Akzeptanz für flächendeckende Lärmschutzmassnahmen an der Quelle (insb. Geschwindigkeitsreduktionen, lärmarme Beläge, Betriebskonzept für Strassen) erhöhen, und
- positive Wirkung auf die Aussenraumqualität in Siedlungsnähe zeigen.

Vorbehalte wurden gegenüber Massnahmen geäussert, welche

- Lärmschutzmassnahmen bewirken, die zu einer starken räumlichen Trennwirkung und städtebaulichen Setzungen und Situationen von minderer Qualität führen (bspw. LSW),
- zu einseitigen Nutzungsvorgaben führen, welche nicht standortgerecht sind resp. nicht der Flächennachfrage entsprechen, und
- weitreichende Möglichkeiten für Einsprachen durch nicht materiell betroffene Gebäudeeigentümer:innen in Planungsverfahren bieten, wodurch ein «Missbrauchspotenzial» zur zeit- und kostenintensive Blockierung von Verfahren entsteht.

Im Detail haben die befragten Raumplaner:innen die erwartete Wirkung wie folgt beschrieben und beurteilt (Tabelle 121).

Nr.	Bezeichnung	Erwartete Wirkungen	Beurteilung
M1	Grenzwerte anpassen	<ul style="list-style-type: none"> – Zusätzliche Flächen, welche aus lärmrechtlichen Gründen Erschwernisse in der planerisch und baulich Entwicklung erfahren, insbesondere in den dichten, urbanen Räumen – Erhöhung der Akzeptanz für flächendeckende Massnahmen im Straßenverkehr, insb. T-Reduktion, LAB. Aufgrund Lärmschutzmassnahmen im Straßenraum kann planerischer Handlungsspielraum erhalten resp. erhöht werden – Anhaltende Vorbehalte gegenüber Einsatz von LSW aufgrund starker Trennwirkung und städtebaulichen Beeinträchtigungen 	<ul style="list-style-type: none"> – Massnahmen trägt insbesondere bei zur Umsetzung flächendeckender Lärmschutzmassnahmen, womit raumplanerischer Handlungsspielräume erhalten werden – Massnahmen wird als wirksam, effizient beurteilt – Es werden keine negativen Verteilungswirkungen erwartet

Nr.	Bezeichnung	Erwartete Wirkungen	Beurteilung
		<ul style="list-style-type: none"> –Begrüssung von Vereinfachungen durch Abschaffung Pegelkorrektur 	
M2	Regime vereinfachen	<ul style="list-style-type: none"> –Vereinfachungen und einheitliche Handhabung von Anlagen. Raumplanung erhält mehr Planungssicherheit, welche Grenzwerte langfristig eingehalten werden müssen –Unterstützung zur Verwendung Best Practice, Leiturteile für Anlagen erforderlich 	<ul style="list-style-type: none"> –Massnahmen trägt zu Vereinfachung und korrekten Anwendung bei –Massnahmen wird als langfristig wirksam beurteilt, wobei ggf. mit hohen Kosten und unklarer Effizienz –Es werden keine negativen Verteilungswirkungen erwartet
M3	Lärmschutz dynamisieren	<ul style="list-style-type: none"> –Angleichung von Planungs- und Überprüfungsperiode Raumplanung/Lärmschutz –Angemessene Reaktion auf Anpassung von Nutzungen und Rahmenbedingungen, für die Richt- und Sachplanung sind regelmässige Überprüfungen etabliert –Stärkung des Vorsorgeprinzips 	<ul style="list-style-type: none"> –Massnahmen unterstützt Abstimmung Raumplanung/Lärmschutz mit regulären Lösungen und möglichst wenig Erleichterungen gemäss LSV. Gleichzeitig können Erleichterungen in der Interessenabwägung einfließen, ohne langfristig Zustände zu zementieren –Massnahmen wird als wirksam, effizient beurteilt –Die regelmässige Überprüfung wird als gesellschaftlich korrekt und positiv im Sinne der Verteilungswirkung beurteilt
M4	Massnahmen klären	<ul style="list-style-type: none"> –Vereinfachungen und einheitliche Handhabung von Anlagen gleichen Typs –Erhöhung der Akzeptanz für flächendeckende Massnahmen im Straßenverkehr, insb. T-Reduktion, LAB im Rahmen der Verkehrsplanung 	<ul style="list-style-type: none"> –Massnahmen trägt zur Vereinfachung und korrekten Anwendung bei und wirkt insbesondere positiv auf flächendeckende Lärmschutzmassnahmen –Massnahmen wird als wirksam, effizient beurteilt –Es werden keine negativen Verteilungswirkungen erwartet
M5	Transparenz stärken	<ul style="list-style-type: none"> –Raum-/flächenrelevante Informationen sind in Raumplanung und baulicher Entwicklung von zentraler Bedeutung. Einfache Informationszugänge sind wichtig. –ÖREB ist das Instrument für Planung, enthält planungsrelevante, öffentlich-rechtliche Informationen in konsolidierter Form. Eine Information zu den Erleichterungen gemäss LSV müsste im ÖREB konsolidiert werden, eine Aufteilung resp. die Eintragung ins Grundbuch wird aus Planungssicht nicht als zweckmäßig angesehen –Private HH als Flächen-/Gebäudeeigentümer:innen nehmen Informationen eher über Grundbuch 	<ul style="list-style-type: none"> –Massnahme wird für Planungsprozesse als wirkungsneutral, jedoch ineffizient beurteilt. –Für nicht professionelle Gebäudeeigentümer:innen wird eine erhöhte Transparenz zu Markt- und planungsrelevanten Aspekten effizient herbeigeführt –Verteilungswirkung wird als positiv beurteilt, indem die Informationspflicht für Lärmverursacher:innen zugunsten belastete Gebäudeeigentümer:innen erhöht wird.
M6	Verursacherprinzip stärken	<ul style="list-style-type: none"> –Erhöhung der Akzeptanz für freiwillige und ggf. verfügte Massnahmen bspw. für Arealentwicklungen mit Sondernutzungs-, Master- und Quartierpläne sowie im Rahmen städtebaulicher Verträge 	<ul style="list-style-type: none"> –Massnahmen unterstützt Lärmschutz positiv –Massnahmen wird als wirksam und effizient beurteilt –Die nachträgliche Kostenbeteiligung wird als gesellschaftlich korrekt und positiv im Sinne der Verteilungswirkung beurteilt
M7	Anpassung Beurteilungszeiten	<ul style="list-style-type: none"> –Es werden wenige Wirkungen erwartet 	<ul style="list-style-type: none"> –Die Massnahme wird als wirkungs- und kostenneutral angenommen

Nr.	Bezeichnung	Erwartete Wirkungen	Beurteilung
			<ul style="list-style-type: none"> –Es werden keine negativen Verteilungswirkungen erwartet
M8	Gleichsetzung von ESII und ESIII	<ul style="list-style-type: none"> –Führt zu deutlich höherer Anzahl Personen über IGW und erhöhten Anforderungen für Planung und Bau in lärmbelasteten Gebieten, insbesondere auch zur Innenentwicklung. Für die Innenentwicklung stellen die angepassten Art. 22 und 24 USG Wege zur Verfügung, um entsprechende Vorhaben mit Auflagen dennoch umsetzen zu können. –Heute stehen jedoch wenig planerische Massnahmen zur Verfügung resp. Erfahrungen über die Anwendung von Art. 22 und Art. 24 gemäss revidiertem USG fehlen. Möglichkeit zum Lärmschutz durch Bebauung wird beschnitten und kann Entwicklung hemmen, sofern Revision Art. 22 und 24 USG nicht angenommen wird. –Zusätzliche Lärmschutzmassnahmen wie Schallhindernisse und vollständig geschlossene Fassaden können zur Minderung von städtebaulicher und architektonischer Qualität führen –Erhöhte Klagerisiko mit Verlängerung von Verfahren 	<ul style="list-style-type: none"> –Massnahmen unterstützt die Interessen bezüglich des Lärmschutzes effektiv, ist jedoch aus Sicht der instrumentellen Raumplanung mit substantiellen Implikationen verbunden, welche als unerwünscht angesehen werden. –Die Massnahme wird daher als effizient beurteilt, sofern die geplante USG Änderung Art. 22 und 24 angenommen und eine zweckmässige Praktik hierfür gefunden wird. Sollten entsprechenden Absichten nicht oder zu wenig zur Anwendung gelangen, wird M8 als tendenziell ineffizient beurteilt –Es werden keine negativen Verteilungswirkungen erwartet –Insgesamt als starke Einschränkung im Rahmen von Richt-, Zonen- und Nutzungsplanung eingeschätzt
M12	Grenzwertschema	<ul style="list-style-type: none"> –Es wird eine Vereinfachung erwartet, indem eindeutige Grenzwerte ohne Normkorrekturen vorgegeben werden 	<ul style="list-style-type: none"> –Massnahmen trägt zu Vereinfachung und korrekten Anwendung bei –Massnahmen wird als wirksam, effizient angenommen –Es werden keine negativen Verteilungswirkungen erwartet

Tabelle 121 Einschätzungen der befragten Raumplaner:innen zu Wirkungen und Beurteilungen durch die instrumentelle Raumplanung

Von besonderer Bedeutung aus raumplanerischer Perspektive erweist sich M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII». Die Gleichsetzung wird durch die interviewten Raumplanungsexpert:innen derzeit kritisch beurteilt, die Zweckmässigkeit wird angesichts der Auswirkungen auf die instrumentelle Raumplanung und den Städtebau infrage gestellt. ESIII mit der Möglichkeit von Wohnnutzung bei höheren Grenzwerten hat sich in Vergangenheit als bedeutsam für grossvolumige und zusammenhängende Bebauungen mit hoher Dichte an zentralen Lagen mit Mischnutzung und/oder entlang von Verkehrswegen mit hohem Transitanteil sowie bei etappierter Umstrukturierung ehemaliger Industrie- und Gewerbebezonen erwiesen. Die hiermit verbundene Einbusse an Wohnraumqualität wurden in den jeweiligen Interessenabwägungen zur Nutzungsplanung berücksichtigt.

Aus raumplanerischer Sicht lassen sich hinsichtlich Lärmbelastung von Innen- und Außenräumen verhältnismässige Plangrundlagen und Bebauungsstrukturen herleiten. Diese basieren auf folgenden Praktiken:

- Früher Einbezug von akustischer Fachexpertise in Planungsverfahren inkl. entsprechenden Vorgaben im Rahmen Wettbewerbsverfahren.
- Verwendung von grossvolumigen Bauten mit kompakten Fassaden und Abschlüssen zugewandt zur Lärmquelle als Ausbreitungsschutz für dahinterliegende Flächen
- Gebäudeseitige Massnahmen für exponierte Gebäude resp. lärmempfindliche Räume, sofern diese nicht lärmabgewandt platziert werden können (entsprechende Vorgaben werden in Wettbewerbsverfahren gemacht)
- Integration von zusätzlichen flächendeckenden Lärmschutzmassnahmen, welche im Rahmen von städtebaulichen Verträgen im Zusammenhang mit Mehrwertabschöpfung und Arealbonus mit Gebäudeeigentümer abgeschlossen werden können. So kann bspw. eine finanzielle Beteiligung am Einbau von LAB mit flächendeckender Wirkung festgelegt werden

Nach Auskunft der befragten Raumplaner:innen wird durch die Gleichsetzung von ESII und ESIII befürchtet, dass aufgrund verschärfter Grenzwerte planerische, bauliche und weitere flankierende Massnahmen nicht ausreichen, um die Vorgaben zu erfüllen. Als «Problemräume» werden aus Sicht der befragten Raumplaner:innen nicht die urbanen Kernzonen, sondern angrenzende Siedlungsschwerpunkte sowie Lagen an Zentrumsdurchfahrten in Agglomerationsräumen angenommen. Aktuelle Erfahrungen zeigten, dass die Anforderungen in ESII bereits bei mässigen Verkehrsbelastungen mit geringem Transitanteil schwierig einzuhalten sind. Die vorgeschlagenen Anpassungen mit Art. 22 und Art. 24 USG könnten positiv auf die Planungssicherheit wirken, wenn die Anforderungen für die Erteilung einer Baubewilligung trotz Grenzwertüberschreitungen bekannt sind. Es fehle derzeit aber noch an entsprechenden Erfahrungen als auch rechtlichen Beurteilungen, als dass die erwartete positive Wirkung mit hoher Sicherheit vorausgesagt werden können. Gemäss Botschaft zur Revision Art. 22 und Art. 24 USG ist als eine Anforderung für Bauzonen geplant, dass von einem Standort mit Grenzwertüberschreitungen hochwertige Freiräume erreichbar sein sollen. Kriterien zu Erreichbarkeit und Qualität der Freiräume sollen auf Verordnungsstufe festgelegt werden (Bundesrat, 2022).

Neuere Umfragen weisen darauf hin, dass Erholungsgebiete vorzugsweise zu Fuss oder mit dem Velo erreicht werden und Ruhe zu den bevorzugten Merkmalen eines Naherholungsgebiets zählt (Ketterer Bonnelame und Siegrist 2018b). Geeignete Räume hierfür sind Wald und Naturschutzgebiete, Gebiete nahe an Gewässern als auch städtische Parks (Ketterer Bonnelame und Siegrist 2018a). Hochwertige Aussenräume sind ein relevanter Faktor für die Akzeptanz einer hohen Bebauungsdichte (ARE ZH, 2014). Die Aussenräume können sowohl direkt mit einer Liegenschaft in Verbindung stehen als auch öffentliche Flächen mit hoher Erreichbarkeit sein. Grünanlagen haben zudem den Vorteil, dass diese dazu beitragen, dass Strassen- und Eisenbahnlärm weniger belästigend wahrgenommen werden. Generell gilt auch, dass die Qualität von Erholungsräumen steigt, wenn diese miteinander vernetzt sind und eine attraktive Durchwegung aufweisen (Bundesrat, 2022).

Sollte eine Verschärfung von ESIII dazu führen, dass Projekte zur Innenentwicklung erheblich erschwert werden und hierdurch ausbleiben, werden negative Wirkungen sowohl auf Makroebene als auf der Mikroebene erwartet. Auf der Makroebene wird die Zielerreichung

der raumplanerischen Oberziele der Innenentwicklung zur Reduktion des Drucks auf den heutigen Nicht-Siedlungsraum erschwert. Dies widerspricht den zentralen Anliegen von RPG1 zur Ausrichtung der Raumplanung auf die Innenentwicklung. Auf Mikroebene führen ausbleibende Entwicklungen, welche Lärmschutzmassnahmen enthalten würden, zur Aufrechterhaltung bestehender Nutzungen bei schädigender oder lästiger Lärmbelastung. Im Grundsatz soll die Anpassung von Art. 22 und Art. 24 USG die negativen Wirkungen auf Makro- und Mikroebene dämpfen, die genaue Gesetzesanwendung hierzu ist jedoch noch unbekannt.

Als wenig problematisch wird die Gleichsetzung von ESII und ESIII für bestehende Mischzonen mit hoher Bebauungsdichte in Kernzonen angesehen. Die Gleichsetzung würde die bestehende Herausforderung lösen, wonach für die befragten Raumplaner:innen die Kriterien zur Festsetzung von ESII oder ESIII nicht immer vollständig nachvollziehbar sind. Im Gegenzug wird betont, dass gewissen Aktivitäten wie industrielle und gewerbliche Produktion, Anlagen des Automobilgewerbe, urbane Logistik, Werkhöfe der Bauwirtschaft etc. häufig gezielt in Lagen mit hoher Lärmelastung durch den Verkehr gelegt wurden. Das galt auch für Mischnutzungen wie bspw. Werkhöfe welche auch Wohngelegenheiten anbieten. Einerseits wird an diesen Lagen die hohe Erreichbarkeit genutzt und andererseits stossen Emissionen welche man selbst verursacht auf höhere Akzeptanz. Befragte Raumplaner:innen hinterfragen sodann die Absichten, an entsprechenden Lagen nachträglich den Lärmschutz erheblich zu verschärfen.

Die Grenzwertverschärfung wird generell als unterstützend für die Raumplanung wahrgenommen, insbesondere wenn es um die flächendeckenden verkehrsplanerischen Massnahmen wie LAB, Geschwindigkeitsreduktionen und geänderte Verkehrsführungen/-regime geht. Punktuelle Konfliktsituationen zwischen gewerblicher Nutzung und Wohnnutzung können im Rahmen von raumplanerischen Interessenabwägungen und Auflagemöglichkeiten fallspezifisch meist gelöst werden (bspw. durch beschränkte Umschlagzeiten, Auflagen und Öffnungszeiten von Gastronomiebetrieben in Aussenräumen, technische Lärmschutzmassnahmen etc.).

8.4 Fallstudien

Im Zuge der Beurteilung der Wirkungen auf die Raumplanung wurden zwei Fallstudien inkl. Quantifizierungen durchgeführt. Ausgewählt wurden hierzu zwei Räume, welche durch mehrere Lärmquellen gleichzeitig hohe Belastungen ausweisen bei einer dynamischen Bevölkerungs-, Wirtschafts- und Raumentwicklung. Ausgewählt wurden in Absprache mit der Begleitgruppe die Flughafenregion und Stadt Kloten sowie die beiden Gemeinden Renens und Chavannes-pré-Renens, welche im Zentrum der interkommunalen Masterplanung Ouest Lausannoise stehen. Tabelle 122 listet zentrale Merkmale zur Auswahl der beiden Fallstudie auf.

Stadt Kloten (ZH)	Renens und Chavannes-prés-Renens / Ouest Lausannoise (VD)
<ul style="list-style-type: none"> – Verlärzung durch Flughafen, National-, Kantons- und Gemeinestrassen – Vision Steinacker zur Umstrukturierung und Durchmischung Industriezone (ESIII) – Modellvorhaben nachhaltige Raumentwicklung Hohrainli zur Qualitätssteigerung und Verdichtung 	<ul style="list-style-type: none"> – Interkommunale Masterplanung, genehmigt durch Staatsrat – Fokus auf Renens und Chavannes-prés-Renens – Verlärzung durch National-, Kantons- und Gemeinestrassen sowie fallweise Industrie/Gewerbe – Dynamische Entwicklung, insb. Wohnungsbau – Diverse Lärmsanierungen durchgeführt

Tabelle 122 Eigenschaften der Fallstudienräume

Für die Auswertungen wurden die Bauzonentypen «Wohnzonen», «Arbeitszonen», «Mischzonen», «Zentrumszonen» und «Zonen für öffentliche Nutzungen» untersucht. «Eingeschränkte Bauzonen» wurden nicht berücksichtigt. Nicht bei allen Parzellen waren Empfindlichkeitsstufen hinterlegt. Deshalb konnten bei der Stadt Kloten circa 10 Prozent der Parzellen und in Ouest Lausannoise circa 75 Prozent der Parzellen nicht für die Analyse berücksichtigt werden.

8.4.1 Flughafenumland und Stadt Kloten

Die Raumentwicklung der Stadt Kloten wird stark durch den Flughafen Zürich und mit diesem verbundene lärmenschutzrechtliche Auflagen geprägt. Gleichzeitig führen eine Nationalstrasse, eine stark befahrene Kantonsstrasse sowie die nationale bedeutsame Bahnlinie St.Gallen-Zürich-Genf durch das Stadtgebiet als auch umliegende Gemeinden des Glattals und des Zürcher Unterlands. Mit der Glatttalbahn werden Teilgebiete der Stadt Kloten sowie weiteren Gemeinden regional besser erschlossen und in ihrer Attraktivität im Zuge der hohen Entwicklungsdynamik in der gesamten Flughafenregion gehoben. Als wichtige Entwicklungsprojekte rund um den Flughafen und in der Stadt Kloten gelten

- die Gebietsentwicklung Steinacker, wo aufgrund eines partizipativen Visionsprozess eine Umstrukturierung und stärkere Durchmischung mit Wohnen erfolgen soll. Das Gebiet wird künftig durch die Glatttalbahn miterschlossen
- das Quartier Hohrainli, für welches ein Investitionsstau aufgelöst und eine Aufwertung erfolgen soll. Zur Hebung der Aussenraumqualität bei gleichzeitiger Verdichtung wurde hier ein Modellvorhaben nachhaltige Raumentwicklung des ARE durchgeführt
- die Gebietsentwicklung Schwamendinger-Dreieck, wo die Baugenossenschaft Glattal in einem laufenden Prozess seit 2012 die zwischen 1947 und 1956 erstellte Wohnsiedlung in mehreren Etappen erneuert und hierbei einem räumlichen Masterplan folgt (www.stadt-zuerich.ch, Zugriff vom 19. Oktober 2023)
- das Gebiet Altwiesen-/Dübendorferstrasse, welches über einen privaten Gestaltungspunkt verfügt und seit 2017 mittels einer gemeinsamen Gesellschaft aller Grundeigentümer:innen eine etappierte Erneuerung inkl. privaten Landumlegungen plant, mit dem Ziel einer höchstmöglichen Dichte (www.stadt-zuerich.ch, Zugriff vom 19. Oktober 2023).

- das Entwicklungsgebiet Bahnhof-Nord in Regensdorf, welches mit 21 Hektaren derzeit eines der grössten Entwicklungsgebiete im Kanton Zürich ist. Seit 2015 existiert ein Entwicklungsvertrag, welcher Infrastrukturrentwicklung und bauliche Entwicklung in den Teilgebieten regelt. Erste Ersatzneubauten wurden erstellt und es laufen Baubewilligungsverfahren für zwei markante Hochhäuser auf dem Teilgebiet «Zwhatt» (www.rzu.ch, Zugriff vom 19. Oktober 2023)

Wie Lärmsimulationen des Flughafens Zürich, basierend auf den tatsächlichen Flugbewegungen des Jahres 2019 (Stand vor Covid-19-Pandemie), zeigen, weitet sich der Raum mit IGW-Überschreitungen aus. In Abbildung 26 zeigt sich diese Ausweitung durch die Fläche zwischen des schwarzen und des roten Perimeters.

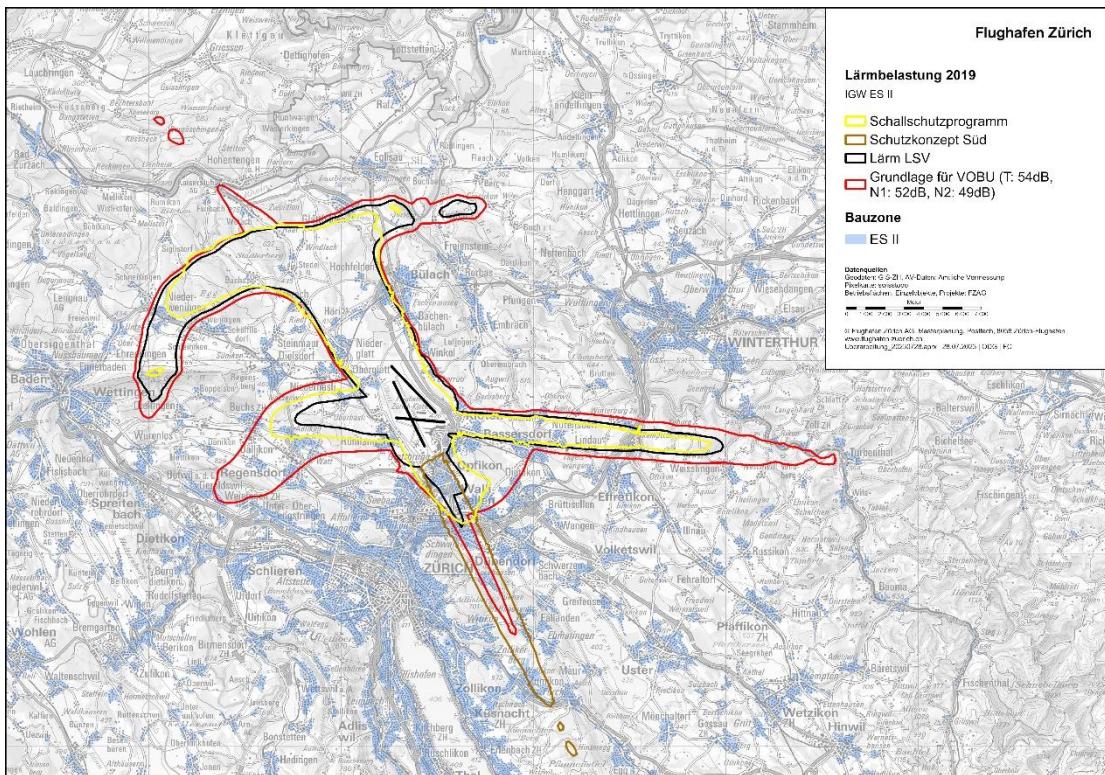


Abbildung 26 Tatsächliche Lärmbelastung 2019 über IGW für Siedlungsräume ESII für Empfehlungen EKLB (=M1). Quelle: Flughafen Zürich AG, 2023.

Innerhalb des rot gezeichneten Perimeters mit IGW-Überschreitungen liegen auch zahlreiche Mischzonen und Gewerbegebiete mit ESIII (siehe Anhang A-10.1). Eine räumliche Auswertung zeigt, dass diese Mischzonen und Gewerbegebiete mit ESIII bei Verschärfung der Grenzwerte gemäss Massnahme M1 fast vollständig IGW überschreiten. Werden ESII und ESIII gleichgesetzt, so wird innerhalb des rot gezeichneten Perimeters für den gesamten Siedlungsraum (mit Ausnahme des Flughafens selbst und militärisch genutzten Flächen) der IGW überschritten. Die Anzahl Personen mit IGW-Überschreitungen erfährt mehr als eine Verdopplung, für Flächen mit ESII steigen die Personen mit IGW-Überschreitung nahezu um 160 % an (siehe Tabelle 123).

Lärmart	Referenz (LSV)		Anpassung (M1)	
	Anzahl Personen mit IGW-Überschreitung			
	ESII	ESIII	ESII	ESIII
Nach LSV	40'845	17'120	104'618	18'940
	Zunahme		+156 %	+11 %

Tabelle 123 Veränderung Personen mit IGW-Überschreitung in ESII und ESIII bei tatsächlicher Lärmbelastung für das Jahr 2019 nach LSV und bei verschärften Grenzwerten nach M1 im Rot gekennzeichneten Gebiet auf der Abbildung 26. Quelle: Flughafen Zürich AG, 2023

Die Flughafenregion würde faktisch in ihrer baulichen Entwicklung blockiert. Davon betroffen sind auch die Entwicklungsgebiete Bahnhof-Nord Regensdorf, Schwamendinger-Dreieck und Altwiesen-/Dübendorferstrasse und mit Teilflächen auch das Entwicklungsgebiet Steinacker. Alle Entwicklungsgebiete liegen mit geltenden Grenzwerten ausserhalb des Perimeters mit IGW-Überschreitungen und würden künftig bei Verschärfung innerhalb des Perimeters liegen. Die Veränderung der betroffenen Personen in Tabelle 123 basiert auf der heutigen Bebauung, die hohen Verdichtungspotenziale in Verbindung mit diesen Entwicklungsgebieten sind darin bislang nicht berücksichtigt.

Die instrumentelle Raumplanung in der Kompetenz der Gemeinden erweist sich bei dieser Ausgangslage als unwirksam, da ausschliesslich griffige Massnahmen an der Lärmquelle wirksam wären, diese jedoch nicht im Kompetenz- und Einflussbereich der Gemeinden liegen. Die Wirksamkeit eines angepassten Art. 24 USG für Bauzonen ist auf eine Freiraumplanung angewiesen, welche die geforderten Freiräume, die der Erholung dienen, realisiert. Diese sind gemäss Botschaft zur USG Revision einfach erreichbar und so gestaltet, dass die Bevölkerung sie gerne nutzt. Baubewilligungen wären mit einem angepassten Art. 22 auf Grund der vorgesehenen Ausnahmemöglichkeiten für Fluglärm ebenfalls möglich, allerdings fehlen hierzu vorerst Erfahrungen zur Anwendung sowie allfällige gerichtliche Beurteilungen.

Die Stadt Kloten müssten für ihre zentralen Entwicklungsvorhaben Steinacker und Hohrainli und den hiermit verbundenen raumplanerischen Zielsetzungen Gebrauch der angepassten Art. 22 für Baubewilligungen und Art. 24 machen. Damit sind diese Entwicklung nicht vollständig blockiert, es werden jedoch zusätzliche Planungs- und Genehmigungsschritte bei erhöhter Planungsunsicherheit erforderlich.

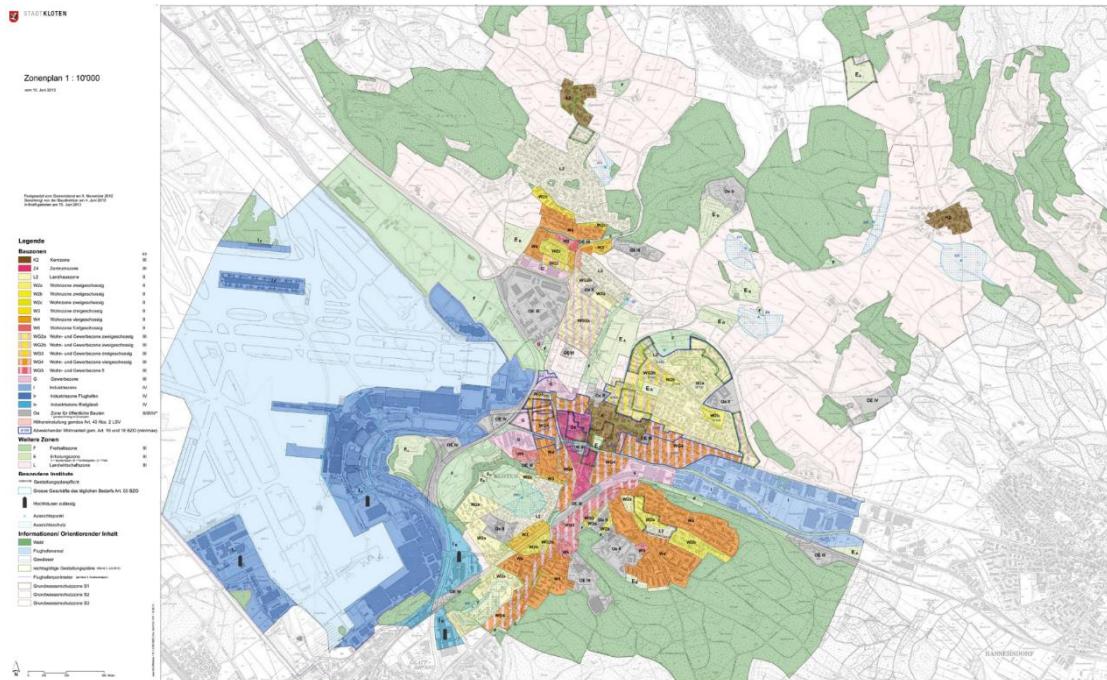


Abbildung 27 Zonenplan der Stadt Kloten. Quelle: www.kloten.ch, Zugriff vom 31.7.2023

Das Siedlungsgebiet der Gemeinde Kloten wird mehrheitlich ESII und ESIII zugeteilt. Landwirtschaftliche Flächen mit landwirtschaftlichen Bauten werden ebenfalls ESIII zugeteilt. Die Abbildung 28 und Abbildung 29 visualisieren die Parzellen in ESII und ESIII, auf welchen derzeit IGW-Überschreitungen durch Bahn- und Strassenlärm auftreten. Es wurde beispielhaft die Lärmbelastung während der Nachtperiode von 22 bis 6 Uhr ausgewertet.

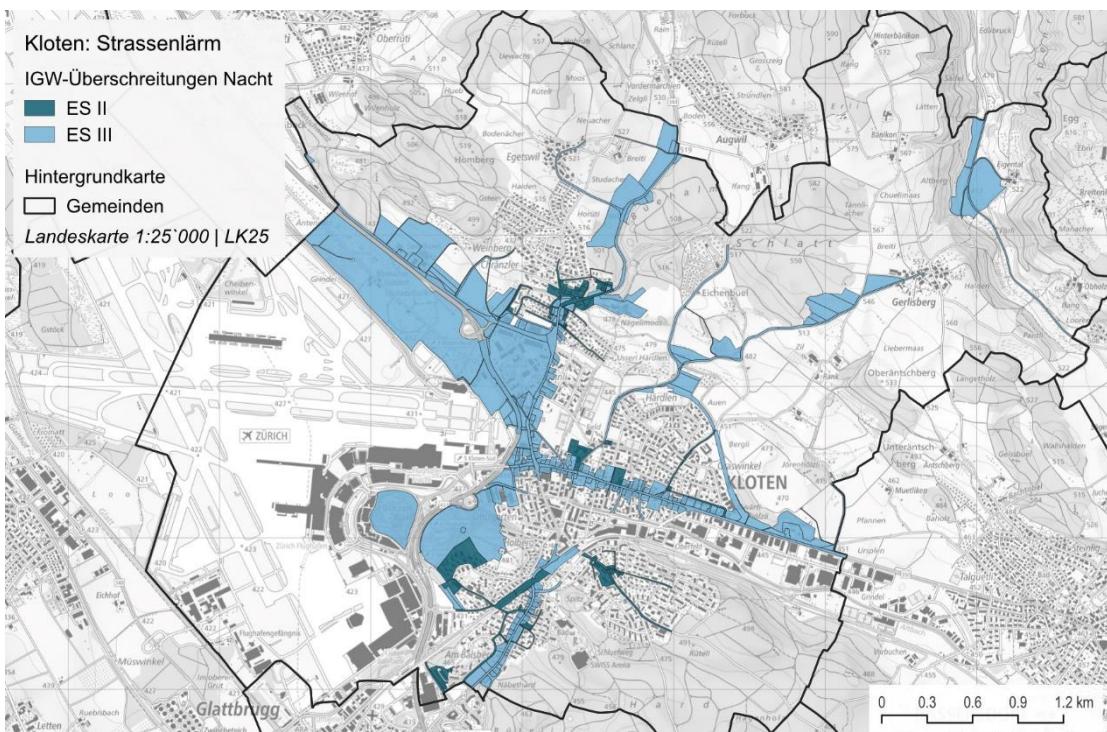


Abbildung 28 IGW-Überschreitungen durch Strassenlärm in der Nacht für ESII und ESIII im Referenzszenario für die Stadt Kloten

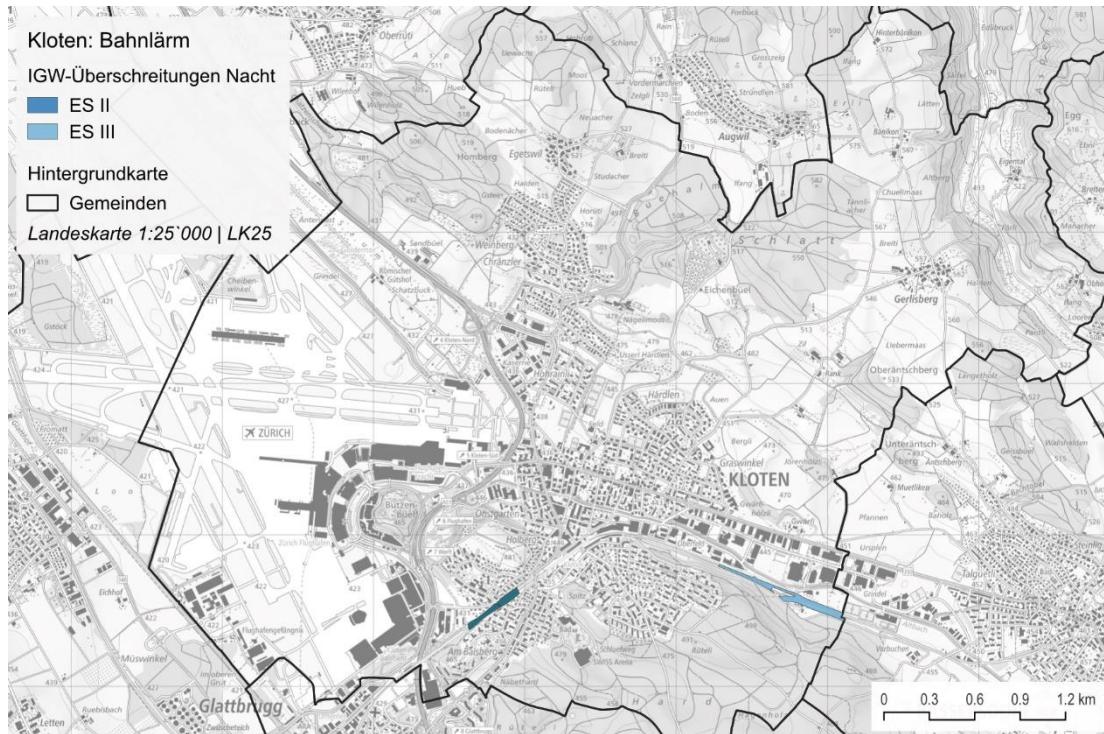


Abbildung 29 IGW-Überschreitungen durch Eisenbahnlärm in der Nacht für ESII und ESIII im Referenzszenario für die Stadt Kloten

Wie die Abbildungen verdeutlichen, treten für eine hohe Anzahl von Parzellen IGW-Überschreitung sowohl in ESII als auch ESIII auf. Die Parzellen erfahren hierdurch lärmrechtliche Einschränkungen und können ohne Lärmschutzmassnahmen nicht beliebig bebaut werden.

Für Abbildung 30 und Abbildung 31 wurden die künftigen Lärmbelastungen nach Umsetzung der Massnahmen M1 «Grenzwerte anpassen», M7 «Anpassung der Beurteilungszeit» und M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII» mit quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen für Strassen- und Eisenbahnlärm durchgeführt. Wie die Abbildungen zeigen, steigt insbesondere für Strassenlärm die Anzahl der Parzellen mit IGW-Überschreitungen sowie innerhalb des Siedlungsraums als auch ausserhalb stark an (siehe Tabelle 124).

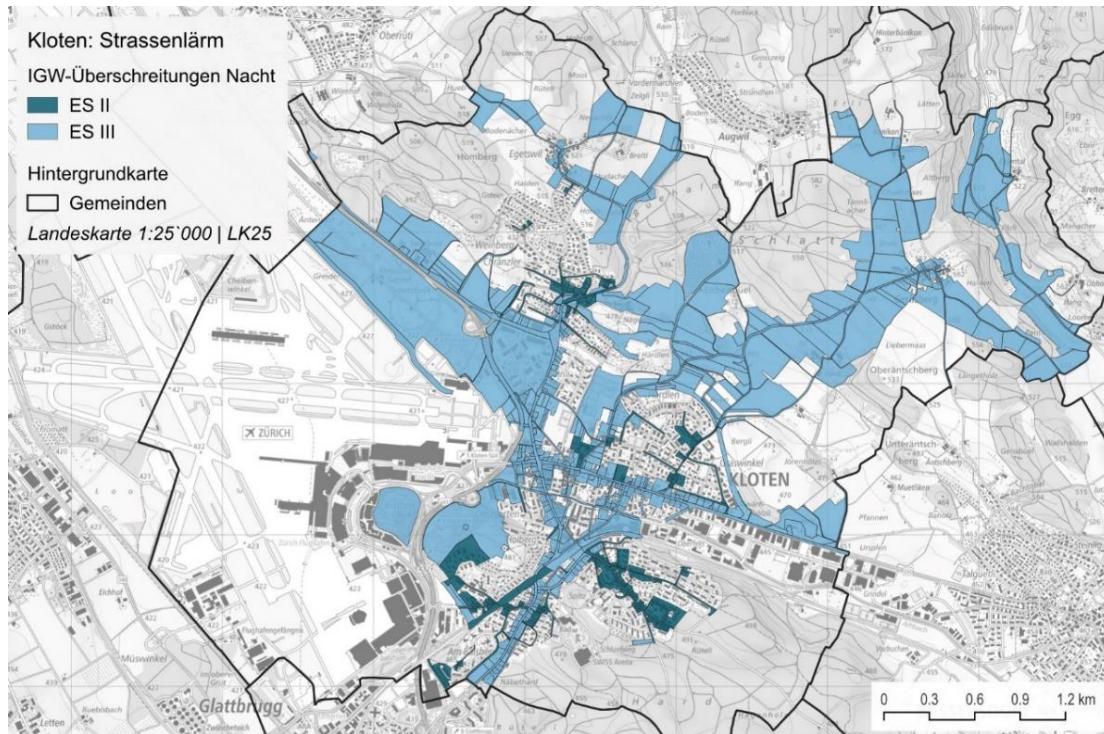


Abbildung 30 IGW-Überschreitungen durch Strassenlärm in der Nacht für ESII und ESIII nach Lärmsanierung und Gleichsetzung von ESII und ESIII für die Stadt Kloten

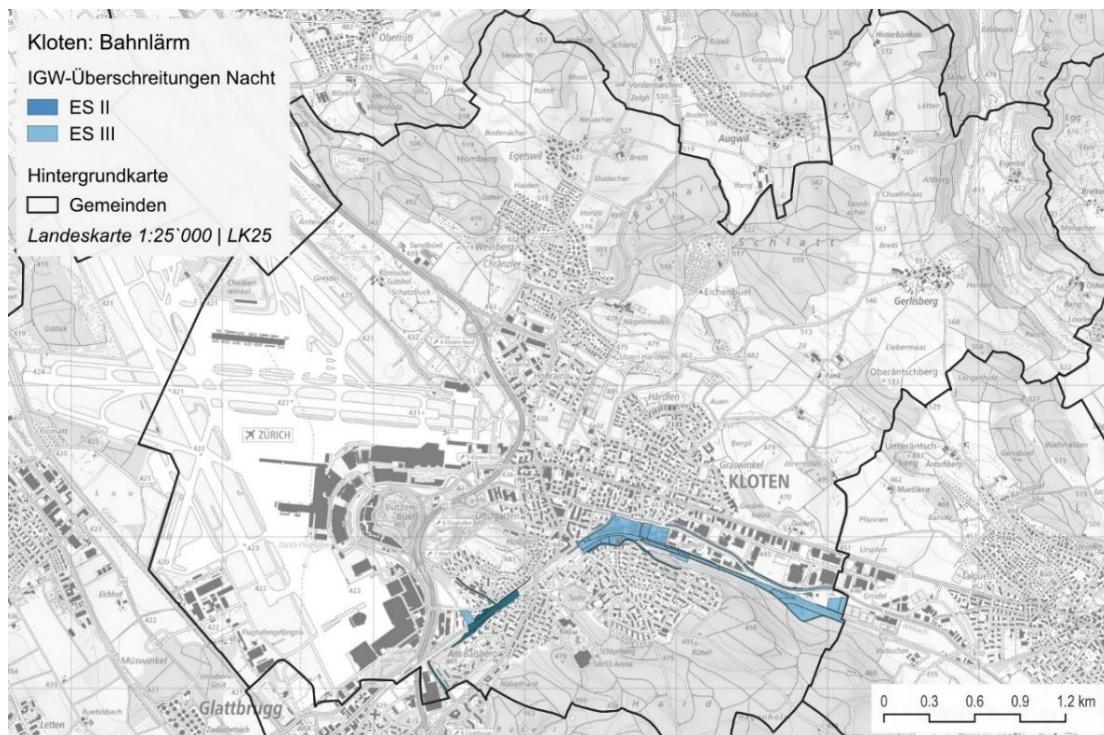


Abbildung 31 IGW-Überschreitungen durch Eisenbahnlärm in der Nacht für ESII und ESIII nach Lärmsanierung auf und Gleichsetzung von ESII und ESIII für die Stadt Kloten

Der Eisenbahnlärm führt nur zu einer geringen Zunahme der Parzellen mit IGW-Überschreitungen, allerdings betrifft dies die zentrale Parzelle in Bahnhofsnähe. Die Einschränkungen ergeben sich zu rund zwei Dritteln durch die Zusammenlegung von ESII und ESIII, die

Grenzwertverschärfung für die bestehenden ESII-Parzellen verantwortet rund ein Drittel der Zunahme der IGW-Überschreitungen.

Lärmart	Referenz		Anpassung	
	Anzahl Parzellen mit IGW-Überschreitung			
	ESII	ESIII	ESII	ESIII
Strassenlärm Nacht	77	298	162	604
Eisenbahnlärm Nacht	2	1	15	33

Tabelle 124 Veränderung Parzellen mit IGW-Überschreitung in ESII und ESIII für die Stadt Kloten.

Mit den beurteilten Massnahmen zur Anpassung der LSV würde die bauliche Entwicklung und Verdichtung der Stadt Kloten sowohl in Zentrumsnähe als auch an den Siedlungsrändern limitiert. Davon wären Gebiete betroffen, welche bislang als wichtig für die Entwicklung galten, da diese geringere Fluglärmelastungen als andere Gebiete ausweisen. Zur Weiterentwicklung müssten mit der heutigen Lärmschutzgesetzgebung jeweils Ausnahmen beantragt werden. Die Weiterentwicklung der Gebiete wäre ohne Revision Art. 22 und Art. 24 USG schwierig. Art. 22 und Art. 24 USG schaffen hingegen weiterhin Möglichkeiten für eine Entwicklung, wozu jedoch entsprechende Verfahren und Planung mit hiermit verbundenen Mehraufwänden und Unsicherheiten durchgeführt werden müssen. Die Definition von qualitativen Freiräumen mit guter Erreichbarkeit dürfte hierbei anspruchsvoll sein, da südlich des Siedlungsraums Strassen und Eisenbahnlinie eine starke Trennwirkung haben und westlich der Siedlungsraum an das Flughafenareal anstösst. Die nahen Freiräume angrenzend südlich und nördlich des Siedlungsraums liegen innerhalb der IGW-Isophone des Flughafens Zürich (siehe Fluglärmkarte Anhang A-10), wobei qualitative Freiräume nicht per se lärmarm sein müssen, sondern primär eine hohe Aufenthaltsqualität als relevant erachtet wird.

Die Umstrukturierung Steinacker lässt sich, zumindest aufgrund von Lärmbelastungen durch Strasse und Eisenbahn, auch künftig wie geplant realisieren. Wie sich Gewerbe- und Industrielärm in Mischzonen mit Wohnen bei Gleichsetzung von ESII und ESIII verhält, lässt sich im aktuellen Planungsstand kaum einschätzen. Hierzu sind konkrete Projekte mit anlagenspezifischen Informationen notwendig.

Schwierigkeiten mit Strassen- und Eisenbahnlärm dürften sich hingegen an den Randzonen am Übergang zur übrigen Siedlung ergeben. Diese Bereiche sind zentral, um ein Gebiet mit neuer Charakteristik, Bebauungsstruktur und Nutzungen mit dem Zentrum der Stadt Kloten zu verbinden. Auch die Entwicklung dieser Gebiete wäre im Rahmen der Revision Art. 22 und 24 USG möglich.

8.4.2 Ouest Lausannoise

Mit Ouest Lausannoise verfolgt der Kanton Waadt einen neuartigen Planungsansatz, um diesen Raum mit seiner hohen Entwicklungsdynamik möglichst koordiniert und nachhaltig zu entwickeln. Die beteiligten Gemeinden haben hierzu einen für die Gemeinden

verbindlichen interkommunalen Masterplan entwickelt, welcher durch den Regierungsrat genehmigt wurde. Abbildung 32 zeigt den Masterplan, Teil Siedlungsentwicklung und Landschaft.

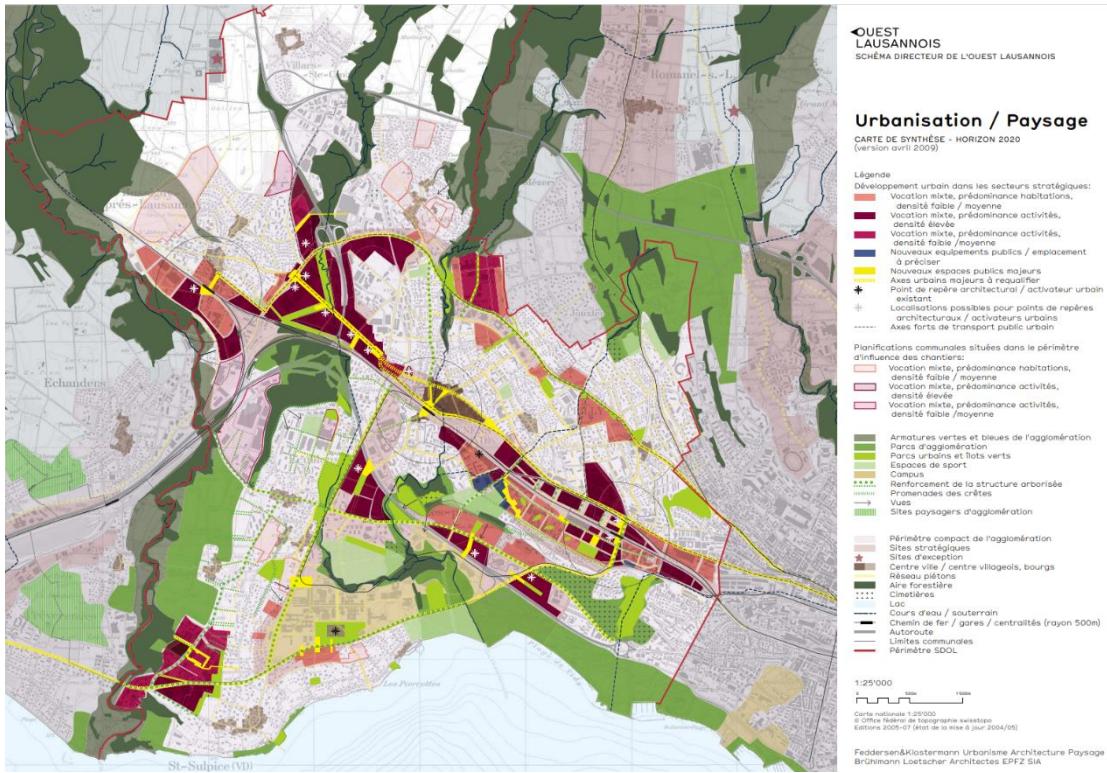


Abbildung 32 Interkommunaler Masterplan Ouest Lausannoise mit Fokus auf die Gemeinden Renens und Chavannes-prés-Renens

Wie sich erkennen lässt, wird der Untersuchungsraum durch Nationalstrasse, vielbefahrene Kantonsstrassen sowie einer wichtigen Bahnlinie inklusive Rangierbahnhof durchschnitten. Es wurden in Vergangenheit bereits mehrfach Lärmsanierungen durchgeführt, so an Nationalstrasse, Kantonsstrassen, übrigen Strassen als auch an der Bahnlinie. Die Empfindlichkeitsstufen entsprechen grösstenteils II und III, der Masterplan geht explizit auf den Lärmenschutz und seine Anforderungen ein. Abbildung 33 und Abbildung 34 zur Visualisierung von Parzellen in ESII und ESIII mit IGW-Überschreitungen zeigen, dass es derzeit zu wenig planerischen resp. baulichen Limitierungen kommt.

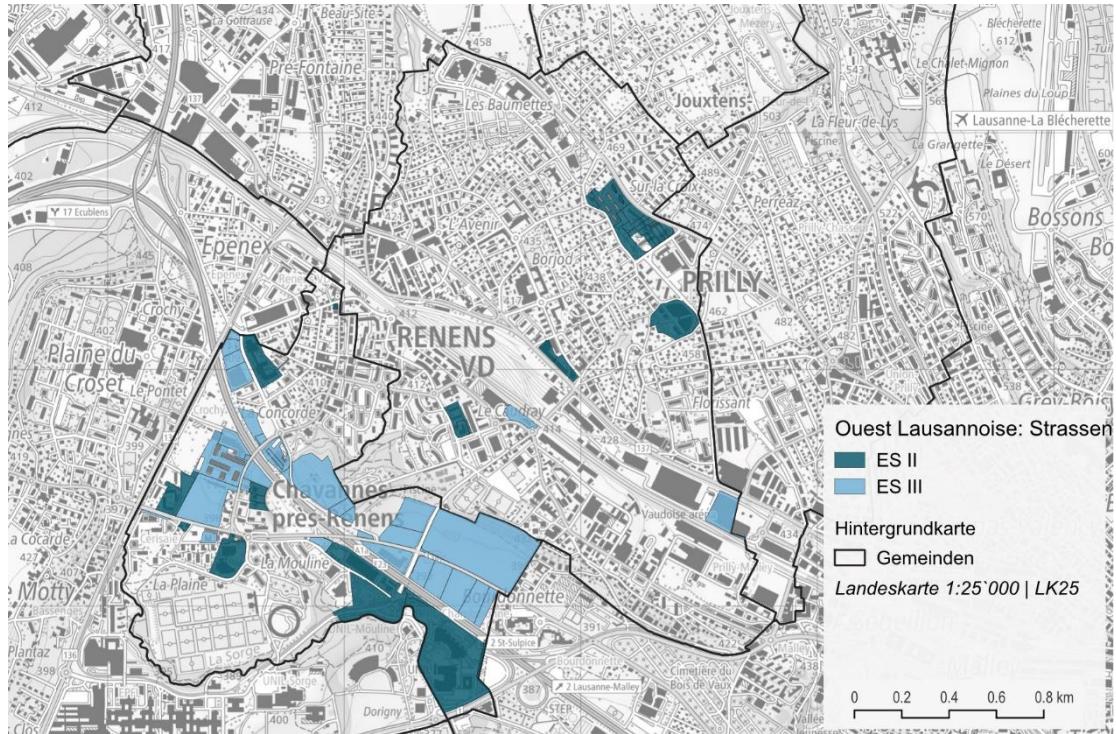


Abbildung 33 IGW-Überschreitungen durch Straßenlärm in der Nacht für ESII und ESIII im Referenzszenario für die Gemeinden Renens und Chavannes-prés-Renens

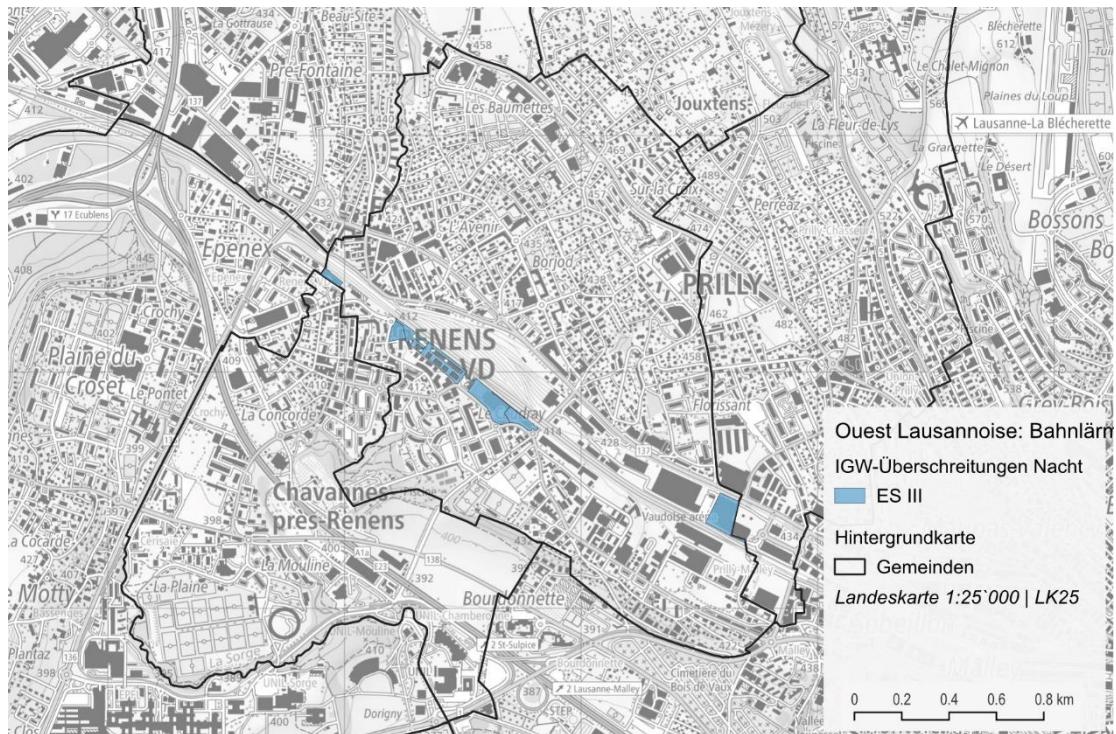


Abbildung 34 IGW-Überschreitungen durch Eisenbahnlärm in der Nacht für ESII (keine Überschreitungen) und ESIII im Referenzszenario für die Gemeinden Renens und Chavannes-prés-Renens

Mit der Umsetzung der beurteilten Massnahmen nimmt die Zahl der Parzellen mit IGW-Überschreitungen zu. Es wurden hierfür die Belastungen in den Gebieten mit ESII und ESIII für die Nachtstunden ausgewertet. Problematischer Straßenlärm entsteht fast ausschliesslich entlang der Nationalstrasse. Hiervon betroffen sind jedoch grossflächige Parzellen,

welche unbebaut oder mit hohen Verdichtungspotenzialen sind und als zentrale Flächen für eine Innenentwicklung für Wohnen- und Mischnutzung sind (Tabelle 125).

Lärmart	Referenz		Anpassung	
	Anzahl Parzellen mit IGW-Überschreitung			
	ESII	ESIII	ESII	ESIII
Strassenlärm Nacht	34	35	59	113
Eisenbahnlärm Nacht	0	8	0	16

Tabelle 125 Veränderung Parzellen mit IGW-Überschreitung in ESII und ESIII für die Renens und Chavannes-prés-Renens.

Wie Tabelle 131 resp. Abbildung 36 verdeutlicht, zeigen sich IGW-Überschreitungen zu Nachtzeiten, insbesondere für Strassenlärm. Es handelt sich um zahlreiche grosse Parzellen, welche hohe Anteile am Siedlungsraum haben. Unter diese Flächen fällt nahezu vollständig die Fläche, für welche der Masterplan eine dynamische bauliche Dichte mit mittlerer und hoher Dichte vorsieht.

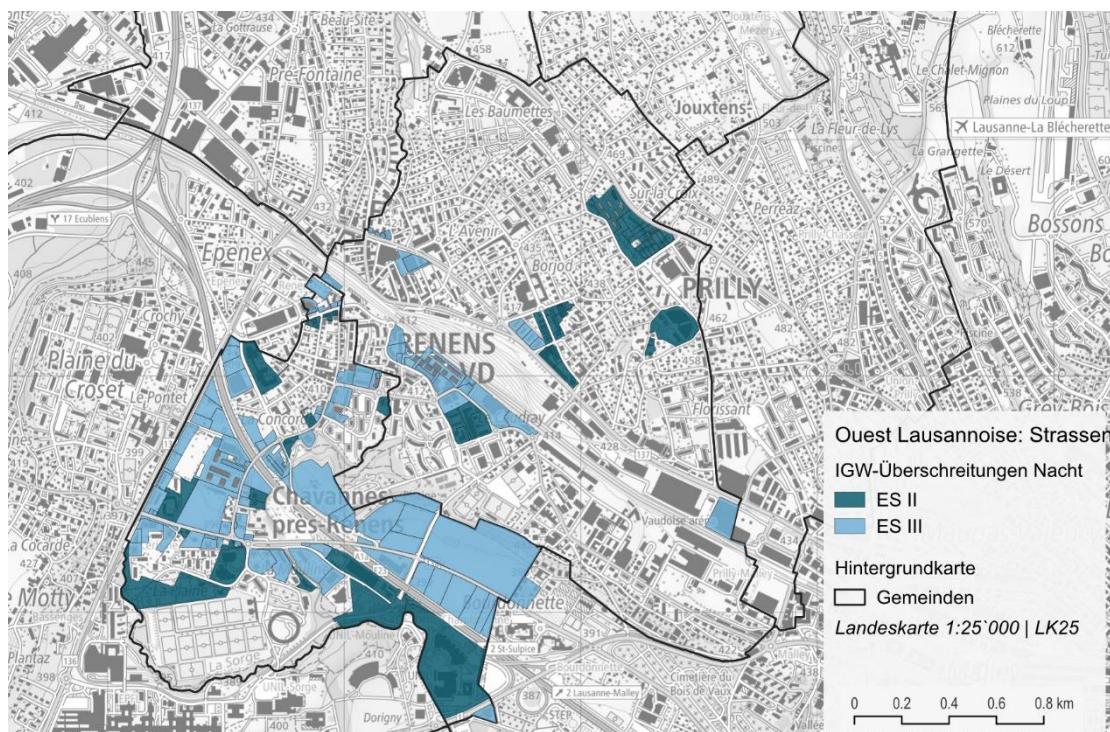


Abbildung 35 IGW-Überschreitungen durch Strassenlärm in der Nacht für ESII und ESIII nach Lärmsanierung und Gleichsetzung von ESII und ESIII für die Gemeinden Renens und Chavannes-prés-Renens

Die Bebauung dieser grossen Flächen dürfte mit den beurteilten VOBU-Massnahmen erschwert werden und unter der bestehenden Lärmschutzgesetzgebung Ausnahmebewilligungen hervorrufen. Die interkommunale Masterplanung (Abbildung 32) zeigt, dass auch nahe gelegene Grünräume von Lärmbelastungen betroffen sind. Zur Entwicklung des Masterplangebiets wären der angepasste Art. 22 USG für Baubewilligungen erforderlich. Durch den angepassten Art. 24 USG wird auch die systematische Sicherung von Grünräumen im

Rahmen von Masterplänen unter dem Aspekt der akustischen Qualität von Siedlungs- und Grünräumen gestützt.

Problematischer Eisenbahnlärm tritt hingegen primär im Bahnhofsgebiet von Renens auf, wobei hier ein Zentrum zu Innenentwicklung liegt. Die Implikationen aufgrund von Eisenbahnlärm dürften jedoch gering sein.

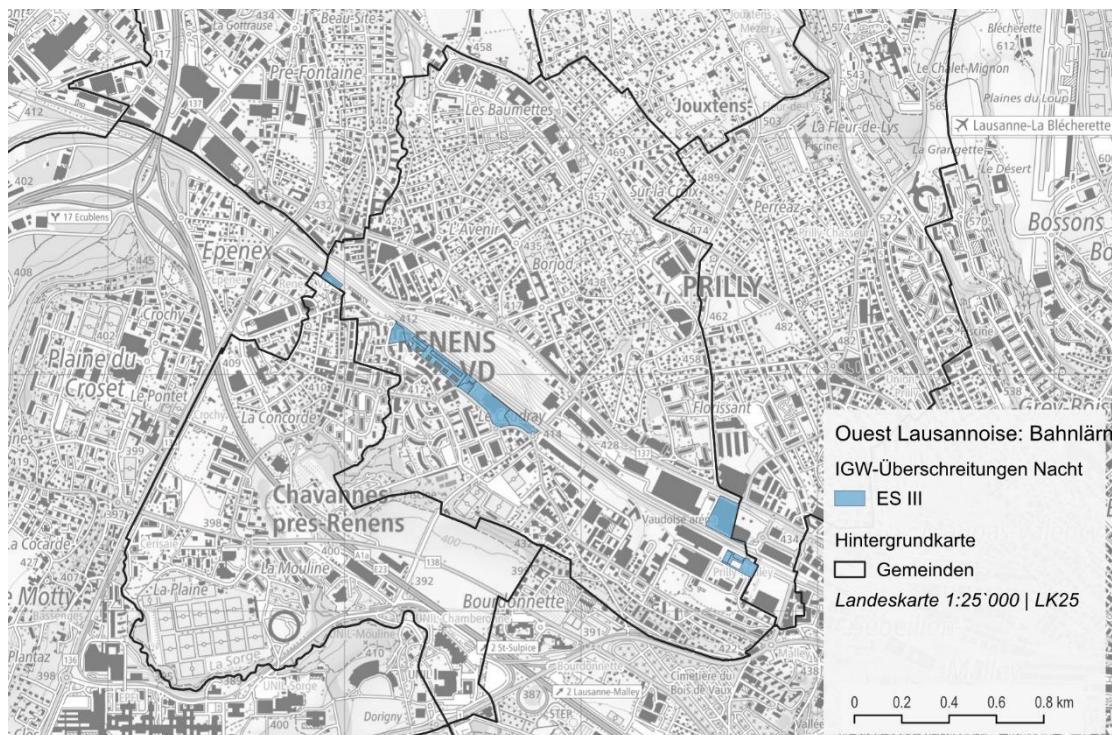


Abbildung 36 IGW-Überschreitungen durch Eisenbahnlärm in der Nacht für ESII (keine Überschreitungen) und ESIII nach Lärmsanierung und Gleichsetzung von ESII und ESIII für die Gemeinden Renens und Chavannes-prés-Renens

8.5 Zusammenfassung und Fazit

Die Massnahmenbeurteilung aus übergeordneter raumplanerischer Perspektive lässt sich wie folgt zusammenfassen:

- *Abstimmung Raumplanung und Lärmbekämpfung unterstützen:* Die beurteilten Massnahmen stehen im Einklang mit den strategischen Stossrichtungen von EKLB und ROR zur besseren Abstimmung und Synergienutzung zwischen Raumplanung und Lärmbekämpfung. Massgebliche Beiträge werden insbesondere für Stossrichtung 1 zur Lärmvermeidung erwartet. Die beurteilten Massnahmen zur Grenzwertverschärfung und für angepasste Rahmenbedingungen unterstützen die Stossrichtung mittels konkreter Schritte. Mittels den von der EKLB empfohlenen Grenzwerten und Vereinfachungen bilden die beurteilten Massnahmen ebenso eine Grundlage für Stossrichtung 2 hin zu neuen Wegen zur Vereinbarkeit von Mobilitäts- und Ruhebedürfnissen.
- *Vereinfachung zur praktischen Anwendung vornehmen:* Die Vereinfachung und Vereinheitlichung der LSV entspricht einem raumplanerischen Bedürfnis. Die Komplexität ist

zur korrekten Anwendung zu reduzieren. Vereinheitlichte Grenzwertschemas ohne Pegekorrekturen werden durch die Raumplanung unterstützt.

- *Handlungsspielräume erhalten:* Für die instrumentelle Raumplanung sind Handlungsspielräume im Zuge von Interessenabwägung zentral. Diese sollen durch die LSV künftig nicht zusätzlich eingeschränkt werden. Auch bei Vereinheitlichung müssen situative Interessenabwägungen erfolgen können. Hierzu zählen auch Grenzwerte und Festlegung von Empfindlichkeitsstufen im Rahmen von Richt-, Zonen- und Nutzungsplänen, wenn diese insbesondere die Verdichtung in Zentren und Entwicklungsgebieten mit Mischnutzung vorsehen. Zwar bietet die geplante USG Anpassung von Art. 22 und Art. 24 zusätzliche Möglichkeiten an, doch bedeutet dies einen zusätzlichen instrumentellen Aufwand und vorerst fehlende Planungssicherheit aufgrund fehlenden Erfahrungen und Leiturteilen.
- Eine rigide Auslegung der LSV darf gemäss der befragten Raumplaner:innen zudem nicht zu einer erhöhten Verfahrensblockade durch Einwände und Klagen durch nicht materiell betroffene Einwender:innen führen.
- *Planerische und städtebauliche Qualität sichern:* Die Einhaltung der LSV soll nicht zu unverhältnismässigen Einbussen in planerischer und städtebaulicher Qualität führen.

Aus der Auswirkungsanalyse für die beiden Fallstudienräume Kloten und Ouest Lausannoise können nachfolgende Schlussfolgerung gezogen werden.

- *Zentrale Entwicklungsvorhaben blockiert:* Beide Fallstudienräume verfügen über Gebiete, welche für grossflächige Entwicklungen mit hoher Dichte und Mischnutzungen vorgesehen sind.

Die Verschärfung der Grenzwerte für Fluglärm hätte weitreichende Konsequenzen für das Flughafenumland und die Stadt Kloten. Die Siedlungsentwicklung in einem grösseren Perimeter (inkl. Teilgebiete der Stadt Zürich) und in Kloten wäre im Rahmen der bestehenden Lärmschutzgesetzgebung zwar weiterhin möglich, würde aber gegenüber den heute geltenden Grenzwerten mehr Ausnahmebewilligungen bedingen. Die Erschwernisse treffen auch zentrale Entwicklungsgebiete, in welchen grossräumige Arealentwicklungen geplant oder bereits in Umsetzung sind.

Durch die Verschärfung von Grenzwerten, u. a. durch die Gleichsetzung von ESII und ESIII, liegen auch für Ouest Lausannoise hohe Anteile zentraler Entwicklungsparzellen in Gebieten mit IGW-Überschreitungen. Diese Parzellen stellen planerische und bauliche Kernelement für den gesamten interkommunalen Masterplan dar und gefährden dessen Zielerreichung.

In beiden Räumen müsste zur Entwicklung von Parzellen mit hoher Bedeutung für die Siedlungsentwicklung voraussichtlich Ausnahmebewilligungen im Rahmen der bestehenden Lärmschutzgesetzgebung beantragt werden. Die USG Revision Art. 22 für Baubewilligungen und Art. 24 für Bauzonen bietet entsprechende Wege an, um Wohnraum ohne Ausnahmebewilligungen zu entwickeln, wobei es hierzu noch an Erfahrungen zur Umsetzung und Rechtsprechung in Konfliktfällen fehlt. Um- und Aufzonungen bei überschrittenen Grenzwerten würden gut erreichbare, qualitative Freiräume zur Erholung

bedingen, die im Rahmen der Masterplanung gesichert und den Anforderungen entsprechend gestaltet werden können.

- *Limitierte Innenentwicklung durch Strassen- und Eisenbahnlärm absehbar:* Durch die Verschärfung von Grenzwerten für Strassen- und Eisenbahnlärm erhöhte sich der Anteil Parzellen mit Grenzwertüberschreitung mit relevanten Innenentwicklungs potenzialen massgeblich. Strassenlärm wirkt hierbei deutlich stärker als Eisenbahnlärm.

9 Synthese

9.1 Ziele LSV-Anpassungen und VOBU ARL

Das Ziel der vorgeschlagenen Anpassungen der LSV besteht im Erreichen von gesetzeskonformen Grenzwerten, wie diese durch die EKLB empfohlen werden. Hierzu sollen Grenzwerte sowie ausgewählte Rahmenbedingungen aus der LSV angepasst werden.

Mit der vorliegenden VOBU als umweltökonomische Regulierungsfolgeabschätzung wurden die durch Grenzwertanpassung und veränderte Rahmenbedingungen erwarteten Wirkungen untersucht und beurteilt. Die Beurteilung erfolgte bezüglich volkswirtschaftlicher Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkungen der vorgeschlagenen Massnahmen. Konkret lauten die Fragen zur Beurteilung wie folgt:

- Sind die Massnahmen wirksam, um einen Beitrag zur Erreichung der gesetzeskonformen Grenzwerte zu leisten (-> *Effektivität*)?
- Welches sind die zentralen Effizienzeffekte, einerseits auf der Nutzen- und andererseits auf der Kostenseite aus Einführung und Umsetzung gesetzeskonformer Grenzwerte (-> *volkswirtschaftliche Effizienz*)?
 - Stehen Nutzen und Kosten zur Umsetzung gesetzeskonformer Grenzwerte in einem guten Verhältnis?
 - Sind die Umsetzungskosten verursachergerecht verteilt?
 - Sind die gesetzeskonformen Grenzwerte einfach im Vollzug?
- Wie sind die unterschiedlichen Gruppen der Gesellschaft von den Wirkungen durch gesetzeskonforme Grenzwerte betroffen und wie verteilen sich Kosten und Nutzen (*Verteilungswirkungen*)?

9.2 Synthese der Beurteilungen

Die VOBU wurde durchgeführt unter der Annahme, dass Grenzwertverschärfungen hin zu gesetzeskonformen Grenzwerten die Pflicht zu Lärmsanierungen durch Anlagebetreiber erhöht. Es wurde in Abhängigkeit von sich verschärfenden Grenzwerten simuliert, wie und in welchem Umfang Lärmsanierungen erwartet werden. In Ergänzung zu Grenzwertverschärfungen wurden sechs Einzelmassnahmen beurteilt, welche Anpassungen von lärmrechtlichen Rahmenbedingungen vorsehen. Im Fokus der VOBU stehen insbesondere die Beurteilungen zu Wirksamkeit, Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung der Massnahmen. Die Massnahmen M1, M7 und M8 werden hierzu integral in den Paketen 1 bis 4 beurteilt. Für die Einzelmassnahmen (mit Ausnahme von M2), welche nicht direkt auf eine Reduktion der Lärmbelastungen ausgerichtet sind, wird die Wirksamkeit nicht beurteilt. Die nachfolgenden Tabellen enthalten eine synoptische Darstellung aller Beurteilungen.

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4	Einzelmaßnahmen					
	M1	M1, M7, M8	M1*	M1*, M7, M8	M2	M3	M4	M5	M6	M12
Strassenlärm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-					
Eisenbahnlärm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-					
Fluglärm	+/-	+/-	+/-	+/-	+/-					
Wirksamkeit	+ / +	+ / -	+ / +	+ / -	+ / +					
Beurteilung Links	Reduktion von schädlicher und lästiger Lärmbelastung				Beurteilung rechts: Vermeidung von IGW-Überschreitungen					
+ = Reduktion Lärmbelastung					+ = IGW-Überschreitungen nehmen ab					
0 = unveränderte Lärmbelastung					0 = IGW-Überschreitung in vergleichbarem Umfang					
- = Zunahme Lärmbelastung					- = negative Beurteilung, IGW-Überschreitungen nehmen zu					
Hinweis: Beurteilung M2 basiert auf theoretischen Potenzialen										

Tabelle 126 Synthese zur Wirksamkeit

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4	Einzelmaßnahmen						
	M1	M1, M7, M8	M1*	M1*, M7, M8	M2	M3	M4	M5	M6	M12	
Strassenlärm	+	+	+	+	+						
Eisenbahnlärm	+	+	+	+	+						
Fluglärm	+	+	+	+	+						
Effektivität	+ + + + + + + + 0 + 0										
+ = positive Beurteilung	Hinweis: Beurteilung M2 basiert auf theoretischen Potenzialen										
0 = neutrale Beurteilung											
- = negative Beurteilung											

Tabelle 127 Synthese zur Effektivität, quellenseitige Lärmschutzmaßnahmen

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4	Einzelmaßnahmen						
	M1	M1, M7, M8	M1*	M1*, M7, M8	M2	M3	M4	M5	M6	M12	
Strassenlärm					-						
Eisenbahnlärm	Es wurden keine vollständige, quantitative Beurteilung nach Lärmarten vorgenommen aufgrund fallweise fehlenden Kosten				-	Es wurden keine Beurteilung nach Lärmarten vorgenommen					
Fluglärm					-						
Effizienz	+ + + + - + + + - + 0										
+ = positive Beurteilung	Bedeutung () = ausgewählten Lärmschutzmaßnahmen erweisen sich als ineffizient, im Gesamtergebnis wird die Massnahmen als effizient beurteilt										
0 = neutrale Beurteilung											
- = negative Beurteilung	Hinweis: Beurteilung M2 basiert auf theoretischen Potenzialen										

Tabelle 128 Synthese zur Effizienz, quellenseitige Lärmschutzmaßnahmen

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4	Einzelmaßnahmen					
	M1	M1, M7, M8	M1*	M1*, M7, M8	M2	M3	M4	M5	M6	M12
Strassenlärm	-	-	-	-	-					
Eisenbahnlärm	+	+	+	+	+	<i>Es wurden keine Beurteilung nach Lärmarten vorgenommen</i>				
Fluglärm	-	-	-	-	-					
Verteilungs-wirkung	0	0	0	0	0	+	+	-	+	0

+ = positive Beurteilung
0 = neutrale Beurteilung
- = negative Beurteilung

Hinweis: Beurteilung M2 basiert auf theoretischen Potenzialen

Tabelle 129 Synthese zur Verteilungswirkung, quellenseitige Lärmschutzmaßnahmen

Die Beurteilungen mit «+» (positive Beurteilung), «0» (neutrale Beurteilung) und «-»(negative Beurteilungen) orientieren sich an den übergeordneten Leitfragen der VOBÜ (siehe Kapitel 1.2). Als Beurteilung zeigen diese auf, inwiefern die Massnahmenpakete resp. die Einzelmaßnahmen die erwarteten Beiträge an Wirksamkeit und Effektivität resp. mit Blick auf Effizienz und Verteilungswirkung leisten. In der Beurteilung – im Unterschied zu einer Bewertung – werden keine weitergehende oder stetige Abstufung entlang von nummerischen Werten vorgenommen.

Zur quantitativen Unterscheidung sind die entsprechenden Werte zur Reduktion von Lärmbelastungen, IGW-Überschreitungen, Nutzen für Gesundheit und Gebäudepark sowie Umsetzungskosten beizuziehen. Allerdings weisen die Pakete quantitative Differenzen auf, welche in einem überblickbaren Umfang liegen. Im Vergleich von M1 und M1* führen beide Massnahmen zu Reduktionen der Lärmelastungen in vergleichbarem Umfang. Dies erklärt sich einerseits darüber, dass für die dominante Lärmart des Strassenslärms M1 und M1* faktisch identische Grenzwerte aufweisen (siehe Grenzwertschemata in Anhang A-1) und für Eisenbahnlärm Verschiebungen zwischen ESII und ESIII, unter Berücksichtigung von Pegelkorrekturen K1, auch zu nahezu identischen Wirkungen führen. Andererseits sind die als wirtschaftlich tragbar geltenden Massnahmen in einem Umfang, welcher nicht einmal zur Einhaltung der Grenzwerte M1* ausreichen. Mit M1 können kaum noch weitere Massnahmen gegenüber M1* realisiert werden. Dies bedeutet, dass die Grenzwertverschärfung von M1 gegenüber M1* primär zu zusätzlichen IGW-Überschreitungen führt. Ausgehend von der aktuellen Basis unterscheiden sich die IGW-Überschreitungen künftig zwischen M1 und M1* um lediglich 4 Prozentpunkte, was unter Berücksichtigung von Annahmen und Unsicherheiten in den Modellierungen als vergleichbar angesehen wird hinsichtlich Beitrag zu Erreichen von gesetzeskonforme Grenzwerten (siehe VOBÜ-Fragestellungen in Kapitel 1.2).

9.2.1 Lärmelastungen und Grenzwertüberschreitungen

Die simulierten Lärmsanierungen mittels quellenseitigen Lärmschutzmaßnahmen zur Einhaltung verschärfter Grenzwerte zeigen auf, dass erhebliche Reduktionen der aktuellen

Lärmbelastungen insbesondere aus Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm möglich sind. Allein die bei IGW-Überschreitung als verhältnismässig beurteilten Sanierungen für Strassen und Eisenbahnlinie erlauben es, für rund 650'000 Personen die Lärmelastung langfristig unter Berücksichtigung der Grenzwertverschärfung unter IGW zu bringen. Für Fluglärm lassen sich insbesondere für die beiden Regionen rund um die internationalen Flughäfen Zürich und Genf substanzelle Senkungen der Lärmelastung beobachten, wenn per Annahme der Fluglärm zwischen -2dB und -4dB reduziert wird. Als besonders wirksam zur Reduktion der Lärmelastungen über IGW erweisen sich aus volkswirtschaftlicher Perspektive

- bauliche und technische Anpassungen an Fahrbahnen wie lärmarme Beläge und das Schienenschleifen,
- bauliche Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg von Strassenlärm bei Strassen ausserorts,
- technische Anpassungen an Fluggeräten mit geringeren Lärmemissionen, und
- anlagespezifische bauliche, technische, betrieblich und raumplanerische Anpassung gegen Schiesslärm und gegen Industrie- und Gewerbelärm.

Unter Berücksichtigung von lokalen und situationsspezifischen Gegebenheiten können sich auch weitere Lärmschutzmassnahmen wie Geschwindigkeitsreduktionen auf der Strasse als zweckmässig erweisen.

Die Wirkungen der beurteilten Lärmschutzmassnahmen unterliegen einem abnehmenden Grenzertrag, d. h. die Wirkungen von Lärmschutzmassnahmen zeigen geringere Wirkungen zur Reduktion von IGW-Überschreitungen und zur Schaffung positiver Effekte für Gesundheit und Gebäudepark bei geringen IGW-Überschreitungen. Die Wirkungen auf Personen und Wohnungen mit hohen IGW-Überschreitungen fallen bedeutsamer aus.

Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen weisen zudem auch bauliche, technische, betriebliche, wirtschaftliche sowie politisch und gerichtlich gesetzte Grenzen aus. Daher reichen die mutmasslich künftig umgesetzten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen nach heutigen Erkenntnissen nicht dazu aus, aktuelle Grenzwertüberschreitungen vollständig zu verhindern. Folglich können mit den heute bekannten Lärmschutzmassnahmen die Grenzwertverschärfung der Massnahme M1 nicht eingehalten werden. Die Grenzwertverschärfung führt zu einer IGW-Zunahme, welche den Umfang der IGW-Reduktionen in Folge Lärmsanierungen übersteigt. So wird erwartet, dass auch künftig die Zahl der IGW-Überschreitung bei über 130'000 Gebäude mit schädlichem oder lästigem Strassen-, Eisenbahn- oder Fluglärm liegt (siehe Tabelle 95). Dies entspricht rund 507'700 Wohnungen, in welchen rund 940'000 Personen leben. Die vermuteten Belastungen durch Schiesslärm und Industrie- und Gewerbelärm sind im Verhältnis hierzu wenig bedeutsam.

Als eine Herausforderung zur künftigen Einhaltung von Grenzwerten erweist sich die beurteilte Massnahme M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII». Diese führt flächendeckend zu einer markanten Zunahme von IGW-Überschreitungen.

Die Anpassung von Beurteilungszeiten für Tag- und Nachtperiode unter Massnahme M7 wirkt hingegen insbesondere in Räumen mit hohen Fluglärmbelastungen.

Als langfristige Massnahme strebt M2 die Einhaltung von PW aller Anlagen an. Potenziell werden die IGW-Überschreitungen nach der Sanierung aller Anlagen vollständig vermieden und die betroffenen Personen und Wohnungen sind keiner schädlichen und lästigen Lärmbelastung mehr ausgesetzt.

9.2.2 Effektivität

Sind die Massnahmen wirksam, um einen Beitrag zur Erreichung der gesetzeskonformen Grenzwerte zu leisten (-> *Effektivität*)?

Mit der VOBU als eine umweltökonomische Regulierungsfolgeabschätzung lässt sich nicht der Beitrag der Massnahmen hin zu gesetzeskonformen Grenzwerten per se abschätzen. Beurteilt wurde jedoch die Effektivität, welche für die Umsetzung der LSV mit USG-konformen Grenzwerten erwartet wird.

Als Folge der beurteilten Massnahmen sollen mittelfristig jegliche IGW-Überschreitungen (Massnahmen M1, M7 und M8) und langfristige durch die Einhaltung von Planungswerten volkswirtschaftliche Gesundheits- und Gebäudekosten aufgrund von Lärmbelastungen vermieden werden (Massnahme M2). Diese Kosten werden aufgrund von Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm auf rund 1.4 Mrd. CHF pro Jahr geschätzt.

Die erwarteten Reduktionen der Lärmbelastungen aufgrund Lärmsanierungspflichten bei verschärften Grenzwerten führen zu volkswirtschaftlich bedeutsamen Effekten für Gesundheit und Gesellschaft. Wurden in Vergangenheit bereits viele quellenseitige Lärmsanierungen durchgeführt (wie betreffend Eisenbahnlärm), sind die Nutzenpotenziale zu beachtlichen Teilen ausgeschöpft und die Grenznutzen weiter abnehmend. Die Anzahl reduzierter Grenzwertüberschreitung fällt überproportional zu den realisierten Nutzen aus.

Reduzierte Lärmelastungen ermöglichen eine Zunahme von physischer und psychischer Gesundheit der Wohnbevölkerung der Schweiz, welche einem jährlichen Wert von 236 Mio. CHF entspricht (Abbildung 37). Durch höheres Wohlbefinden und hiermit verbundener Kauf-, Miet- und Zahlungsbereitschaft bei Wohnsituation mit lärmtechnisch hoher Innen- und Außenraumqualität wird der Gebäudepark der Schweiz durch quellenseitige Lärmsanierungen einen Nutzenzuwachs von jährlich geschätzt 264 Mio. CHF erfahren.

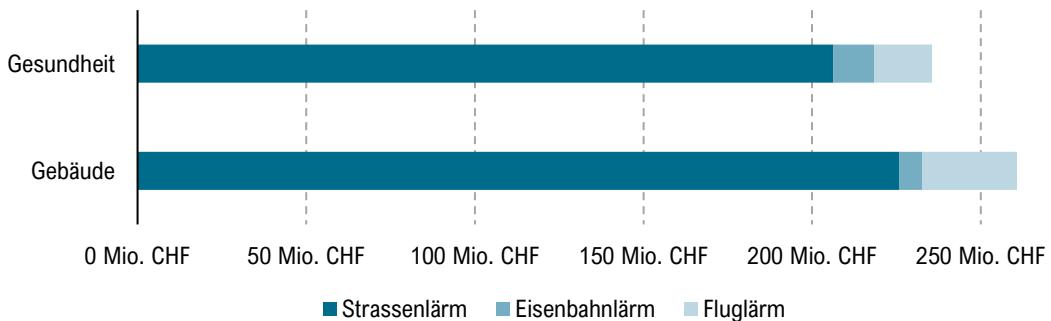


Abbildung 37 Jährliche Gesundheits- und Gebäudenutzen aus quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen bei M1, M7 und M8 für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Für Fluglärm werden die minimalen Wirkungen von -2 dB angenommen.

Zusammen entsprechen die erwarteten Nutzen 0.06 % des BIP der Schweiz (BFS, 2023). Für die geplante fünfzehnjährige Übergangsfrist zu Umsetzung entspricht dies kumuliert einem potenziellen volkswirtschaftlichen Nutzen von 7.5 Mrd. CHF. Die Realisierung dieses potenziellen Nutzens hängen davon ab, wie rasch quellenseitige Lärmsanierungen nach Einführung gesetzeskonformer Grenzwerte durchgeführt werden.

Die geprüften Massnahmen tragen, mit wenigen Ausnahmen, einzeln sowie in Massnahmenpaketen gebündelt effektiv dazu bei, die Volkswirtschaft der Schweiz langfristig von lärmbedingten Kosten zu entlasten. Damit einhergehende positive Wirkungen auf die Produktivität sowie zur Attraktivität für Investitionen erhöhen die internationale Wettbewerbsfähigkeit. Eine vollständige Entlastung hin zu volkswirtschaftlichen Lärmkosten von null lässt sich mit den simulierten Lärmsanierungen zur Einhaltung von gesetzeskonformen Grenzwerten mittelfristig bislang nicht erreichen. Es wird jedoch ein effektiver Beitrag an das entsprechende Langfristziel geleistet.

Fazit: Die beurteilten Massnahmen M1, M7 und M8 folgen der EKLB-Empfehlungen für gesetzeskonforme Grenzwerte, welche schädliche und lästige Lärmbelastungen vermeiden sollen (Einhaltung der IGW). Die Massnahme M2 strebt die Einhaltung von PW an.

Die Ausrichtung von künftigen Lärmsanierungen an entsprechenden Grenzwerten zeigt, dass sich mittelfristig Gesundheitskosten als auch volkswirtschaftliche Gebäudekosten effektiv reduzieren lassen. Mittelfristig treten noch IGW-Überschreitungen auf, welche mit Umsetzung von M2 langfristig durch Einhaltung von Planungswerte eliminiert werden. Ein vollständiger Abbau der volkswirtschaftlichen Kosten aus der Lärmbelastung lässt sich jedoch nicht erreichen, da zumindest für Gebäude lärmbedingte Kosten auch unterhalb der an Gesundheitskriterien ausgerichteten Planungswerte auftreten.

9.2.3 Effizienz

Welches sind die zentralen Effizienzeffekte, einerseits auf der Nutzen- und anderseits auf der Kostenseite aus Einführung und Umsetzung gesetzeskonformer Grenzwerte (-> *volkswirtschaftliche Effizienz*)?

- Stehen Nutzen und Kosten zur Umsetzung gesetzeskonformer Grenzwerte in einem guten Verhältnis?
- Sind die Umsetzungskosten verursachergerecht verteilt?
- Sind die gesetzeskonformen Grenzwerte einfach im Vollzug?

Die VOBU erläutert und schätzt die erwarteten Wirkungen von gesetzeskonformen Grenzwerten gemäss Massnahmen M1, M7 und M8 mittels Simulationen ab. In diesem Rahmen können insbesondere die drei präzisierenden Fragen zur Effizienz der Massnahmen beurteilt werden.

Die Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen von Lärmsanierungen bei gesetzeskonformen Grenzwerten zeigt, dass der volkswirtschaftliche Nutzen per Saldo positiv ist. Die Kosten der Lärmsanierungen liegen deutlich unter den hierdurch erzeugten Nutzen. Die mit den Massnahmen in Zusammenhang stehenden Lärmsanierungen werden insgesamt als effizient beurteilt in den erzeugten Wirkungen und Nutzen. Die konkreten zur Verfügung stehenden quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen weisen markante Unterschiede auf. So reicht das Spektrum von Lärmschutzmassnahmen, welche als wirksam und kostenneutral angenommen werden, bis zu Massnahmen, welche bei erheblichen Kosten nur geringe Reduktionen von Lärmelastungen auslösen. Mit Kosten-Nutzen-Verhältnissen zwischen rund 0.2 und bis zu 4.5 sind zur Umsetzung wichtige Handlungsspielräume zur Auswahl der einzusetzenden quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegeben.

Für die als effizient beurteilten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen lässt sich auch eine effiziente Verteilung von Kosten und Nutzen nachweisen. Demnach fallen die höchsten Nutzen bei Personen und Wohnungen mit den höchsten IGW-Überschreitungen an. Die sog. Grenznutzen nehmen mit Abnahme der IGW-Überschreitungen ab, fallen jedoch auch bei knappen IGW-Überschreitungen immer noch in einem volkswirtschaftlich relevanten Umfang an.

Mit Massnahme M2 sind weitergehende Lärmschutzmassnahmen zu treffen, um die Planungswerte (PW) einhalten zu können. Aktuell sind jedoch keine quellenseitige Lärmschutzmassnahmen vorhanden, welche verhältnismässig und/oder wirtschaftlich tragbar sind, um dies zu erreichen.

Die beurteilten Massnahmen zielen auf einen vereinfachten Vollzug, wobei dieser hinsichtlich administrativer Kosten als vernachlässigbar beurteilt wird. Die daraus folgenden Lärmsanierungsprojekte stellen hohe Anforderungen an Planung und Mittelbereitstellung, welche jedoch effektiv und effizient die erwarteten Nutzen herbeiführen.

Fazit: Die in Verbindung zur Einführung von gesetzeskonformen Grenzwerten stehenden Lärmsanierungen gemäss Massnahmen M1, M7 und M8 werden als volkswirtschaftlich und hinsichtlich Verteilung von Kosten und Nutzen effizient beurteilt. Weitergehende Lärmschutzmassnahmen aufgrund der Massnahme M2 fallen voraussichtlich unter ein Kosten-Nutzen-Verhältnis. Der Vollzug stellt hohe Anforderungen an Anlagebetreiber und Vollzugsbehörden, wobei die Nutzen die hiermit verbundenen Kosten deutlich übertreffen.

9.2.4 Verteilungswirkung

Wie werden die unterschiedlichen Gruppen der Gesellschaft von den Wirkungen durch gesetzeskonforme Grenzwerte betroffen und wie verteilen sich Kosten und Nutzen aus diesen (Verteilungswirkungen)?

Gesetzeskonforme Grenzwerte gemäss Massnahmen M1, M7 und M8 betreffen unmittelbar die Anlagebetreiber. Werden Grenzwertüberschreitungen festgestellt, entstehen daraus Pflichten zur Lärmsanierung. Diese betreffend die unterschiedlichsten Akteure durch das Entstehen von Kosten und Nutzen.

Die für Lärmsanierungen eingesetzten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen weisen insgesamt eine angemessene Verteilung von Kosten und Nutzen aus. Die Kosten für Lärmsanierungen werden mehrheitlich nach dem Verursacherprinzip den Anlagebetreiber angelastet, diese können die Nutzer:innen der Anlagen daran beteiligen. Diese wiederum bilden die entsprechenden Kosten in ihren Preisen ab und versuchen, diese Mehrkosten weitestgehend auf die Endnutzer:innen abzuwälzen. Damit erfolgt eine aus ordnungspolitischer Sicht erwünschte Internalisierung der volkswirtschaftlichen Gesundheits- und Gebäudekosten über mehrere Schritte hinweg zu den letztendlichen Verursacher:innen.

Als wichtigster Kostenträger erweisen sich Kantone, diese sind im Besitz von 60 % der Strassenabschnitte, welche aktuelle zu IGW-Überschreitungen führen. Auch mit hohen Anteilen müssen sich die Gemeinden an den Lärmsanierungen aufgrund ihres umfangreichen Strassennetzes beteiligen. Geringe Anteile entfallen auf den Bund, welcher jedoch in Vergangenheit hohe Kosten für Lärmsanierungsprogramme getragen hat.

Die Kosten für Lärmsanierungen auf dem Eisenbahnnetz werden primär direkt durch die Anlagebetreiber getragen, wobei die als effizient beurteilte Lärmschutzmassnahme des Schienenschleifens als kostenneutral angesehen wird. Betreiber von Rollmaterial sind nur ausnahmsweise unmittelbar betroffen. Sie erhalten, im Rahmen von internationalen Vorgaben üblicherweise einen freien Netzzugang für ihr Rollmaterial. Keine Klarheit besteht zu den Kosten zur Reduktion von Fluglärm, da hierfür unterschiedliche Massnahmen mit jeweils eigenen Finanzierungsmodellen möglich sind. Ferner sind finanzielle Anreize zur freiwilligen Lärmreduktion an der Quelle, wie im Falle von möglichen Lärm- resp. Ruheboni für den Einsatz von Güterwagons und Fluggerät, aus Sicht Verursacherprinzip und Verteilung kritisch zu beurteilen. Entsprechende Instrumente sind hinsichtlich Finanzierungsquellen, begünstigte Akteure und Wirkungen auf den Wettbewerb in jedem Fall ordnungspolitisch sorgsam zu prüfen.

Die Anlagebetreiber beteiligen sich als Kostenträger an gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen, welche mit verschärften Grenzwerten vermehrt zur Pflicht werden. In der Umsetzung sind Abweichungen vom Verursacherprinzip festzustellen, wenn Gebäudeeigentümer:innen finanziell für gebäudeseitigen Lärmschutzmassnahmen im Rahmen von IGW-Überschreitungen aufkommen müssen.

Die Verteilung der Nutzen für Gesundheit der Bevölkerung und Gebäudepark wird als angemessen und den tatsächlichen bisherigen Lärmbelastungen entsprechend angesehen.

Durch flächendeckende Wirkungen treten Nutzen auch bei Personen und Liegenschaften auf, welche keine IGW-Überschreitungen aufweisen. Da die wissenschaftlich angenommene Schwellenwerte für Gesundheits- und Gebäudekosten unter IGW liegen, wird diese Wirkung als erwünscht betrachtet. Diese Nutzen sind jedoch nicht in einem Umfang, dass Planungswerte gemäss Massnahme M2 eingehalten und jegliche Gesundheits- und Gebäudekosten vermieden werden. Somit werden mittelfristig immer noch hohe Lärmkosten externalisiert und sind durch die Haushalte und Gebäudeeigentümer:innen zu tragen.

Die Verteilung der Nutzen zwischen Haushalten und Gebäudeeigentümer:innen, wobei diese auch in vielen Fällen zusammenfallen, wird keine Fehlverteilung erkannt. Die im Verhältnis höheren Nutzen für die Gebäudeeigentümer:innen entfalten eine zusätzliche positive Wirkung. Indem hohe gebäudeseitige Nutzen den Kostenrahmen für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen erweitern, profitieren auch lärmbedroffene Personen von zusätzlichen quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Es findet faktisch eine Quersubvention vom Gebäudepark hin zur Gesundheit statt.

Die für die Umsetzung der Massnahmen M2 erforderlichen weitergehenden Lärmschutzmassnahmen weisen eine ähnliche wie oben beschriebene Verteilungswirkung aus.

Fazit: Die Wirkungen aus den Massnahmen mit Grenzwertanpassungen zeigen eine adäquate und zu grossen Teilen dem Verursacherprinzip des USG entsprechende Verteilung von Kosten und Nutzen. Die Wirkungen der Einzelmassnahmen auf die Verteilung von Kosten und Nutzen sind positiv, für zwei Massnahmen neutral oder gar negativ.

9.2.5 Raumplanung

Die gesetzeskonformen Grenzwerte müssen nach allfälliger Einführung auch in der Raumplanung berücksichtigt werden. Wie die Beurteilung zur Raumplanung ausführt, werden hiermit gemeinsame Interessen von Raumplanung und Lärmschutz für hohe Außenraumqualität gestärkt. Hohe Außenraumqualität wird als einen zentralen Faktor für die Akzeptanz von Innenentwicklung mit hoher baulicher Dichte dargestellt. Die Innenentwicklung stellt ein zentrales Anliegen der Raumplanung dar. Auf instrumenteller Ebene wird zudem die vorgeschlagene Vereinfachung der LSV als positiv beurteilt.

Mit der Verschärfung von Grenzwerten werden aber auch zusätzliche Konflikte zwischen raumplanerischen und lärmschutzrechtlichen Interessen erwartet. Insbesondere mit der Gleichsetzung von ESII/ESIII wird vielerorts planerische Einschränkungen und hohe Herausforderungen für städtebauliche Qualität gesehen. Wie sich anhand der durchgeführten Fallstudien zeigen lässt, können entsprechende Erschwernisse bedeutende Flächenanteile an zentralen Entwicklungslagen in Siedlungsräumen einnehmen. Die Raumplanung zeigt sich hierbei als angewiesen auf Ausnahmebewilligungen bei übergeordneten Interessen. Mit der bereits angestossenen USG-Revision von Art. 22 und Art. 24 sollen die lärmschutzrechtlichen Voraussetzungen für Ausnahmebewilligungen geklärt werden. Die entsprechende Festlegung würde die Verfahren zur Interessenabwägung stärker vereinheitlichen und hierdurch die Planungssicherheit erhöhen. Wie sich jedoch anhand der Fallstudie

zeigen lässt, ist das Kriterium betreffend erreichbaren Freiraum von hoher Raumqualität stark abhängig von der gesamträumlichen Situation.

Fazit: Gesetzeskonforme Grenzwerte unterstützen grundsätzlich das raumplanerische Interesse an hoher Außenraumqualität. Flächendeckende Lärmschutzmassnahmen wie lärmarme Beläge und Geschwindigkeitsreduktion können durchgeführt werden, ohne planerische Handlungsspielräume einzuschränken. Durch gesetzeskonforme Grenzwerte sieht sich die Raumplanung jedoch auch zusätzlichen Erschwernissen gegenüber, welche erschwerend auf die Innenentwicklung als zentrales Anliegen der Raumplanung einwirken. Entsprechende Situationen erfordern eine Interessenabwägung zwischen Lärbekämpfung und raumplanerischen resp. anderweitigen Interessen.

Die mit USG-Revision von Art. 22 und Art. 24 geplante Regelung für Ausnahmebewilligung will planerischen Handlungsspielraum und Planungssicherheit für entsprechende Interessenabwägungen schaffen. Ob entsprechende Planungssicherheit tatsächlich erreicht wird, ist derzeit unklar, da

- die Umsetzung der beiden Artikel von gesamträumlichen Situationen abhängt und keine ausschliesslichen Parzellenbezug aufweist, wofür derzeit weder Erfahrungen noch konkrete Wegleitung vorliegen,
- die Gleichsetzung von ESII mit ESIII eine flächendeckende Wirkung entfalten könnte, für welche unklar ist, ob Art. 22 und Art. 24 diese abfedern können, ohne dass die Ausnahmebewilligung zum Regelfall wird, und
- erst eine ausführliche Praxis der Rechtsprechung die Anwendung von Art. 22 und Art. 24 USG abschliessend klären dürfte.

9.3 Würdigung der Ergebnisse

Die durchgeführte volkswirtschaftliche Beurteilung verdeutlicht, dass schädliche oder lästige Lärmbelastungen ein volkswirtschaftlich und gesellschaftlich relevantes Problem sind. Dieses dürfte sich bei anhaltendem Bevölkerungs- und Verkehrswachstum zusätzlich verschärfen. Da es sich bei Lärmkosten für Gesundheit und Gebäudepark jedoch um externe Kosten handelt, werden ohne staatliche Intervention für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen und zur Internalisierung dieser Kosten nur wenige freiwillige Lärmsanierungen quellenseitig durch die Anlagebetreiber durchgeführt. Mittels gesetzeskonformer Grenzwerte sollen Anlagebetreiber in die Pflicht genommen werden, Massnahmen zur Lärmsanierung zu treffen. Die aktuell geltenden Grenzwerte sind nach Einschätzung der EKLB nicht USG-konform (EKLB, 2021). Aktuelle Lärmelastungen und in Vergangenheit durchgeführte Sanierungsprogramme belegen, dass selbst bei Sanierungspflicht mit heute gültigen Grenzwerten und grosszügiger finanzieller Unterstützungen viele Lärmsanierungen bislang nichtstattgefunden haben.

Die beurteilten Massnahmen hin zu gesetzeskonformen Grenzwerten (M1, M7 und M8) und zu verbesserten lärmschutzrechtlichen Rahmenbedingungen (M3, M4, M5, M6 und M12) erweisen sich grösstenteils als geeignet, Rahmenbedingungen so zu verändern, dass

zusätzliche Lärmsanierungen durchgeführt und externe Lärmkosten verstärkt internalisiert werden. Die Massnahme M1* zeigt ähnliche Auswirkungen wie M1, deren Umfang fällt jedoch geringer aus und zur Begründung der Gesetzeskonformität wird auf BGE 126 II 522 betreffend Flughafen Zürich verwiesen. Die induzierten Lärmsanierungsmassnahmen reichen aber keinesfalls dazu aus, das langfristige Ziel zur Einhaltung der Planungswerte gemäss Massnahmen M2 zu erreichen.

Die Ursache hierfür liegt in aktuellen Grenzen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Physikalische Grenzen werden hierbei als gegeben akzeptiert. Innovation und technischer Fortschritt zeigen, dass weiterhin verbesserte und neue bauliche und technische quellenseitige Lärmschutzmassnahmen entstehen. Es lassen sich jedoch häufig abnehmende Grenznutzen feststellen, wonach trotz Innovation die zusätzlichen Wirkungen für den Lärmschutz tendenziell geringer ausfallen. Hohe Kosten und/oder ungeklärten Sicherheitsfragen können entsprechende Innovationen zusätzlich hemmen. Grundsätzlich kann die Entwicklung entsprechender Lärmschutzmassnahmen durch Forschungs- und Innovationsförderung und Ressortförderung durch die involvierten UVEK-Ämter aktiv unterstützt werden.

Als zentral für die Reduktion von Lärmelastungen haben sich Kriterien zur wirtschaftlichen Tragbarkeit der Lärmschutzmassnahmen erwiesen. Dazu zählen einerseits die direkt anfallenden Kosten durch Investitionen und laufende Kosten wie Betrieb und Unterhalt, welche als finanziell tragbar gelten. Die angenommene wirtschaftliche Tragbarkeit liegt derzeit unter den erzeugten Nutzen. Grösstenteils ausgeschlossen werden anderseits auch Lärmschutzmassnahmen, welche betriebliche Einschränkungen bei komplexen und hoch ausgelasteten Verkehrssystemen wie der Eisenbahn und der Infrastruktur der Luftfahrt bedeuten. Aufgrund der Gefährdung von Funktionsfähigkeit, Angebotskapazität und -qualität, gesellschaftlichen Erwartungen an die Verkehrsträger und hohe volkswirtschaftlichen Kosten bei Einbussen von Wettbewerbsfähigkeit und Integration in globale Netzwerke sind entsprechende quellenseitige Lärmschutzmassnahmen nur begrenzt möglich. Entsprechende Nutzen, welche zu hohen Anteilen auch als externe Effekte anfallen, werden derzeit höher gewichtet als die Lärmkosten. Von entsprechenden Nutzen profitieren auch Personen und Gebäudeeigentümer:innen, welche externe Lärmkosten zu tragen haben. Inwiefern entsprechende Nutzen die Lärmkosten übersteigen, ist individuell unterschiedlich, weshalb keine abschliessende Beurteilung entsprechender Verteilungswirkungen möglich ist.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die beurteilten Massnahmen einen effektiven und effizienten Beitrag zur Bewältigung einer substantiellen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und umweltbezogenen Herausforderung leisten. Sie leisten einen Beitrag an die Sustainable Development Goals (SDG) mit Schwerpunktsetzung auf Ziel 3 von Gesundheit und Wohlergehen und partiell auch an Ziel 11 für nachhaltige Städte und Gemeinden. Eine vollständige Problemlösung mit langfristig wirksamem Beitrag an die SDGs würde Anpassungen in der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Beurteilung der Verhältnismässigkeit von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen erfordern, wie dies durch die beurteilten VOBU-Massnahmen nur in ersten Ansätzen ausgelöst werden kann.

9.4 Optimierungsbedarf und Empfehlungen

Mit Blick auf die Optimierung der beurteilten Massnahmen werden nachfolgende Empfehlungen gegeben.

a) *Verhältnismässigkeit klären und wirtschaftliche Tragbarkeit weiterentwickeln*

Gemäss LSV sind grundsätzlich Lärmschutzmassnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg zu treffen (Art. 2, Abs. 3 LSV). Obwohl baulich, technisch und betrieblich möglich, müssen Lärmschutzmassnahmen nicht in jedem Fall vollständig durchgeführt werden, wenn die sog. «Verhältnismässigkeit» nicht gegeben ist. Dies bedeutet, dass die Realisierung von Lärmschutzmassnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg durch das Verfassungsprinzip der Verhältnismässigkeit limitiert wird.

Die Beurteilung der Verhältnismässigkeit über die Anwendung der heute gültigen Kriterien für die wirtschaftliche Tragbarkeit für Lärmschutzmassnahmen gegen Strassen- und Eisenbahnlärm stellen eine starke Limitierung dar (siehe dazu auch die Ausführungen zu Verhältnismässigkeit in Kapitel 5.1.2). Die aktuell zulässigen Jahreskosten (Schwellenwerte, u. a. im Leitfaden Strassenlärm – Vollzugshilfe für die Sanierung (ASTRA und BAFU, 2007) und Verordnung über die Lärmsanierung der Eisenbahnen (VLE, SR 741.144.1)) festgelegt), welche die Tragbarkeit definieren, liegen unter den zu erzielenden Nutzen. Die als wirtschaftlich verhältnismässig beurteilten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen reichen nicht dazu aus, die Lärmelastungen in einem Umfang zu senken, sodass die von der EKLB empfohlenen Grenzwerte in den Massnahmenpaketen mit den Massnahmen M1, M7 und M8 sowie mit den Massnahmen M1*, M7 und M8 eingehalten werden können (Kapitel 5.2.1).

Eine Verschärfung der Belastungsgrenzwerte (Massnahmen M1, M7 und M8) und die langfristige Einhaltung der Planungswerte (Massnahmen M2) bedingen daher grundsätzliche Klärungen zur Verhältnismässigkeit von Kosten und Nutzen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen sowie zur Internalisierung von Lärmkosten.

Im Rahmen der vorgesehenen Anpassungen der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm wird empfohlen, die Grundsätze zur Verhältnismässigkeit und wirtschaftlichen Tragbarkeit ggf. differenziert nach Lärmart weiterzuentwickeln. Die zulässigen Jahreskosten resp. Gesamtkosten je Personendezibel sollen angehoben werden, wobei die ermittelten Nutzen Hinweise auf die maximale wirtschaftliche Tragbarkeit geben sollen.

Aufgrund von abnehmenden Grenznutzen wird überdies empfohlen, Gewichtungen für Lärmelastungsniveaus und Nutzungen sowie Aspekte wie Raumqualität und Verkehrssicherheit in geeigneter Form in der wirtschaftlichen Tragbarkeit mitzuberücksichtigen oder als zusätzliche Kriterien zu verankern. Die Festlegungen haben sich an den Grundlagen des USG zu orientieren und sollen die etablierte Rechtsprechung mitberücksichtigen.

Dem BAFU wird empfohlen, die entsprechenden Ausführungsvorschriften und Vollzugshilfen in Abstimmung mit den betroffenen Vollzugsstellen anzupassen.

b) Zusammensetzung der Bündel nach zusätzlichen Wirkungen

Die Bildung von Massnahmenpaketen zur Bündelung der Massnahmen mit Verschärfung von Grenzwerten (Massnahmen M1 ergänzt mit M8 und M7) wird als zweckmäßig angesehen. Dies zeigen die Ausführungen Effektivität und Effizienz in Kapitel 5.4.2 und 5.4.3.

Die Wirkungen sind hingegen nicht gleich ausgeprägt. Demnach zeigt Massnahme M8 «Gleichsetzung von ESII und ESIII» in Ergänzung zur M1 deutlich grössere Wirkungen als Massnahme M7 «Anpassung Beurteilungszeiten» in Ergänzung zur M1 (siehe bspw. Tabelle 56). Jedoch steigen hierfür bei abnehmenden Grenznutzen die Kosten gegenüber M1 stärker an als für M7, weshalb aus volkswirtschaftlicher Perspektive M7 mit den höheren Nutzen-Kosten-Verhältnis tendenziell zu bevorzugen ist.

Das übergeordnete Ziel der Anpassungen der LSV ist die Festlegung von gesetzeskonformen Grenzwerten. Falls eine Neubildung der Massnahmenpakete weiterhin als gesetzeskonform betrachtet werden kann, wird empfohlen, einer Prioritätenliste nach erwarteten resp. erwünschten Zusatzwirkungen zu folgen.

Im Rahmen der vorgesehenen Anpassungen der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm wird dem BAFU empfohlen, in Absprache mit der EKLB, eine Priorisierung der Massnahmen zu erstellen. Es ist aus juristischer Sicht zu beurteilen, ob bei Verzicht auf tief priorisierte Massnahmen die Gesetzeskonformität weiterhin gewährleistet ist.

c) Alternative Ausgestaltung Massnahme M5 «Transparenz stärken» prüfen

Für Massnahme M5 zur Eintragung von Erleichterungen in das Grundbuch und/oder in das jeweilige Lärmbelastungskataster werden keine Wirkung zur Lärmreduktion angenommen, wie die Ausführungen in Kapitel 7.3 zeigen. Die Massnahme führt zu Zusatzkosten ohne direkte Wirkung auf Lärm und/oder anderweitige eindeutige Nutzen. Die Massnahme wird in angedachter Form als ineffektiv und ineffizient beurteilt. Sollte keine andere Ausgestaltung möglich sein, wird empfohlen, die Massnahme M5 nicht umzusetzen.

e) Abstimmung mit raumplanerischen Interessenabwägungen weiter konkretisieren

Die Ausweitung des Lärmschutzes entspricht auch einem raumplanerischen Interesse, weil in ruhigeren Gebieten die Handlungsspielräume für Planungen vergrössert werden. Durch die beurteilten Massnahmen, insbesondere die Gleichsetzung von ESII mit ESIII, werden jedoch auch Einschränkungen für die Handlungsspielräume der instrumentellen Raumplanung erwartet (siehe Kapitel 8.3).

Die geplante USG-Revision von Art. 22 und Art. 24 sieht vor, die Interessenabwägung für Ausnahmebewilligungen bei Baubewilligungen und für Einzonungen bei Grenzwertüberschreitung im Gesetz zu regeln und entsprechende Planungssicherheit zu schaffen (siehe Kapitel 1.1.4).

Die entsprechenden Verfahren sind mit anderen raumplanerischen Verfahren bestmöglich abzustimmen, sodass sowohl parzellenbezogene als auch gesamtraumbezogene Kriterien zur Raumqualität mitberücksichtigt werden.

Im Rahmen der vorgesehenen Anpassungen der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm wird dem BAFU empfohlen, in Zusammenarbeit mit dem ARE, in den Ausführungsbestimmungen (LSV) zu den Gesetzesänderungen und in Vollzugshilfen das Vorgehen zur Abstimmung dieser Interessen im Rahmen der bestehenden Verfahren zu konkretisieren. Eine regelmässige Vollzugs- und Wirkungsevaluation wird empfohlen.

d) Gleichbehandlung der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen

Derzeit gelten bei IGW-Überschreitungen je nach Lärm erzeugender Anlage unterschiedliche Pflichten, ob bereits ab IGW oder erst ab AW gebäudeseitige Ersatzmassnahmen zu treffen und durch den Anlagenbetreiber zu finanzieren sind. Wie in Kapitel 0 (Verteilungswirkungen von gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen) dargelegt, führen uneinheitliche Regulierungen zu unerwünschten Verteilungswirkungen, in welchen Grundeigentümer:innen je nach Lärmart bei IGW-Überschreitung mit vollständig finanziert Lärmsanierung, teilweise finanziert Lärmsanierung und vollständig eigenfinanzierten Lärmsanierung auftreten.

Dem BAFU wird empfohlen, hinsichtlich Verteilungswirkung zu klären, inwiefern diese unterschiedliche Behandlung aus grundrechtlicher und volkswirtschaftlicher Sicht gerechtferigt ist und aufrechterhalten werden soll.

f) Massnahme M4 «Massnahmen klären» kriterienbasiert ausführen

Massnahme M4 wird insgesamt als gut beurteilt, weil die Nennung von konkreten quellenseitige Lärmschutzmassnahmen in der LSV einen relevanten Beitrag zur Erhöhung von Effektivität und Effizienz in der Lärbekämpfung leistet (siehe Kapitel 7.2).

Zu einer optimalen Wirkung wird empfohlen, dass die Festlegung der konkreten Lärmschutzmassnahmen nach einheitlichen Kriterien zur Einschätzung von Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung vorgenommen wird. Die entsprechende Konkretisierung und Festlegungen führt nicht dazu, dass im Anwendungsfall keine entsprechenden Abklärungen mehr getroffen werden müssen.

Dem BAFU wird empfohlen, die Auflistung der Lärmschutzmassnahmen in der künftigen LSV mittels einheitlicher Kriterien zu Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung herzuleiten und zu begründen. In einer begleitenden Vollzugshilfe soll die Methodik transparent dargelegt werden, sodass dies auch für die Beurteilung im Einzelfall angewandt werden kann.

9.5 Grenzen der Analyse

Die durchgeführte VOBU basiert auf einer umweltökonomischen Analyse externer Effekte in Verbindung zu Lärmmodellierungen. Damit sind der Analyse mehrfach Grenzen gesetzt.

- *Monetarisierung externer Effekte:* Bei Gesundheits- und Gebäudekosten handelt es sich um externe Kosten, die über verschiedene Wirkungsketten bei einer Vielzahl von Akteuren als direkte als auch indirekte (d. h. nicht Cash-wirksam) Kosten anfallen. Die Ermittlung dieser Kosten erfordert umfangreiche Untersuchungen und statistische

Analysen mit einer Vielzahl von Annahmen. Zur VOBU wurden auf entsprechende Studien und Ergebnisse Dritter abgestützt, diese wurden vorab auf Nachvollziehbarkeit von Methoden, Daten und Ergebnisse geprüft. Grössere Abweichungen von aktuell berechneten Gesundheits- und Gebäudekosten zu publizierten Ergebnissen durch das ARE wurden in Abstimmung mit dem ARE plausibilisiert. Die entsprechenden Ergebnisse (u. a. Modellbasis sonBASE resp. sonRAIL) wurden im VOBU-Bericht dokumentiert.

- Diese wurden vor Verwendung plausibilisiert, wobei entsprechende Ergebnisse auch bei den beteiligten Bundesämtern verwendet werden.
- *Lärm- und Lärmausbreitungsmodellierungen:* Lärm- und Lärmausbreitungsmodellierungen entsprechen komplexen physikalischen Modellen zur Abbildung einer Realität, meist unter idealen und/oder standardisierten Rahmenbedingungen. Abweichungen zur realen Situation sind Modell-inhärenz. Die zur VOBU verwendeten Modelle wurden im Auftrag der beteiligten Ämter durch die EMPA entwickelt. Die Modelle verwenden zertifizierte Algorithmen und sind Teil von Empfehlungen durch die beteiligten Ämter zur Durchführung von Lärm- und Lärmausbreitungsmodellierungen.
- *Daten und Informationen:* Die VOBU entspricht einer umfangreichen Untersuchung, in welcher nicht für jeden relevanten Sachverhalt ausreichend oder in ausreichender Qualität Daten und Informationen vorliegen. Die verwendeten Informations- und Datenquellen werden transparent dargelegt und kommentiert, inkl. die daraus gezogenen Schlüsse, Annahmen und Unsicherheiten. *Annahmen:* Die durchgeführten Modellrechnungen basieren auf einer hohen Anzahl von getroffenen Annahmen, wobei eine starke Abhängigkeit zwischen Ergebnissen und Annahmen besteht. Es ist von zentraler Bedeutung, Herkunft und Verwendung der Annahmen transparent darzulegen und in der Ergebnisinterpretation mitzuberücksichtigen. Die Annahmen wurden vor Verwendung auf ihre Stabilität und Verlässlichkeit geprüft und inhaltlich begründet. Hierzu wurde die Begleitgruppe miteinbezogen.
Fiktive Annahmen, welche dazu verwendet wurden, um Wirkungszusammenhänge mittels quantitativen Simulationen erläutern zu können, wurden entsprechend deklariert. Dies betrifft insbesondere die Annahmen zu pauschalen Reduktionen des zivilen Fluglärm (Kapitel 5.2.4), welche ausschliesslich der Veranschaulichung von möglichen Wirkungsweisen und -stärken dienen.
- *Getrennte Betrachtung nach Lärmquellen:* Die getrennte Betrachtung nach Lärmquellen entspricht einer lärmenschutzrechtlichen Vorgabe. Sie erleichtert die Durchführung von Modellierungen, erschwert aber im Gegenzug das Abbilden von Gesamtwirkungen und enthält die Gefahr von Doppelzählungen.
- *Massnahmen und Massnahmenpakete:* Mit der VOBU wurden neun Massnahmen sowie eine zehnte Sensitivitätsannahme (M1*) beurteilt. Die Beurteilung umfasste zudem die aus verschiedenen Massnahmen gebildeten Massnahmenpakete sowie die Anforderungen, jeweilige Grenznutzen und -kosten einer zusätzlichen Massnahme im Paket isoliert ausweisen zu können. Da die Massnahmen und deren Vollzug nicht vollständig unabhängig voneinander sind, folgt das Hinzufügen zusätzlicher Massnahmen nicht linearen Zusammenhängen. Dies hat zur Folge, dass
 - Modellierungen zusätzliche erschwert werden

- Ergebnisse nicht in jedem Fall direkt miteinander verglichen werden können
- Darstellung und Dokumentation der Ergebnisse von grossem Umfang und hoher Komplexität geprägt sind

Zur Unterstützung wurde immer nach der gleichen Abfolge modelliert und dokumentiert und es wurden einheitliche Terminologien eingeführt.

Für die vorliegende VOBU wurde darauf geachtet, einen angemessenen und nachvollziehbaren Umgang mit den aufgeführten Limitationen zu finden. Der VOBU-Bericht und dessen Ergebnisse wurden in diesem Sinne interpretiert und mit Begleitgruppe kritisch reflektiert.

Literaturverzeichnis

Berner Fachhochschule (2022): Rauheit des SBB-Schienennetzes. Verfeinerung der Modelle anhand neuer Messdaten. Schlussbericht nach der dritten Iteration. Studie im Auftrag BAFU und BAV. Biel.

Bichsel M., Muff W. (2006): Wirtschaftliche Tragbarkeit und Verhältnismässigkeit von Lärm- schutzmassnahmen. Optimierung der Interessenabwägung. Umwelt-Vollzug Nr. 0609. Bundesamt für Umwelt, Bern. 61 S.

Bundesamt für Raumentwicklung (2022): Externe Effekte des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2019. Bern.

Bundesamt für Raumentwicklung (2023): Externe Effekte des Verkehrs in der Schweiz. Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehr 2020. Bern.

Bundesamt für Statistik (2017): Leistungen des privaten Personenverkehrs auf der Strasse. Methodenbericht 2017. Zeitreihe bis 2016. Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (2021): Gebäude- und Wohnungsstatistik (GWS). Neuchâtel.

Bundesamt für Statistik (2023): Güterwagentransportstatistik (GTS). Neuchâtel.

Bundesamt für Strassen (2011): Lärmschutz an Nationalstrassen – Schallschutzmassnahmen an Gebäuden. Ausgabe vom 1.1.2011, V1.00, Bern.

Bundesamt für Strassen (2015): Detailprogramm Schallschutzfenster (DP SSF). Eigentümermerkblatt. Kostenübernahme von Schallschutzmassnahmen. Bern.

Bundesamt für Strassen (2017): Grundlagen zur Beurteilung der Lärmwirkung von Tempo 30. Forschungsprojekt VSS 2012/214 auf Antrag des Schweizerischen Verbands der Strassen- und Verkehrsfachleute (VSS). Bern.

Bundesamt für Strassen (2023): Nationalstrassen Teilprogramm Lärmschutz. Zwischenbilanz Juni 2022. Bern.

Bundesamt für Strassen und Bundesamt für Umwelt (2007): Anhang 4b - Kostengrundlagen für die Anwendung von SRU-301 und UV-0609 bei Lärmsanierungsprojekten. Bern.

Bundesamt für Strassen und Bundesamt für Umwelt (2013): Technisches Merkblatt für akustische Belagsgütemessung an Strassen. Anhang 1c zum Leitfaden Strassenlärm (Stand Dezember 2006, Version 11.12.2013). Bern.

Bundesamt für Strassen und Bundesamt für Umwelt (2022): Anhang 1b – Belagskennwerte – Anwendungshilfe für die Belagsakustik. Leitfaden Strassenlärm (Stand Dezember 2006, Version 10.03.2022). Bern.

Bundesamt für Umwelt (2017): Lärmbelastungskarten – nationale Übersicht. Identifikator 120.1-120.4. Geobasisdaten des Umweltrechts. Modelldokumentation. Bern.

Bundesamt für Umwelt (2021): Prüfschema für die Herabsetzung der Höchstgeschwindigkeit auf Haupt- und übrigen Strassen. Bern.

Bundesamt für Umwelt (2022, unveröffentlicht): Trassenpreissystem – Lärmbonus. Vorschlag für Revision per 1.1.2025. Internes Papier. Bern.

Bundesamt für Umwelt (2023a): sonBASE 2015 – Potential verschiedener Strassenlärmmassnahmen. Neuberechnung 2022 mit sonROAD18. Studie im Auftrag BAFU, Zürich.

Bundesamt für Umwelt (2023b): Stand der Sanierung der zivilen Schiessanlagen 2022. Internes Papier. Bern.

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

Bundesamt für Umwelt [Hrsg.] (2018b): Handbuch Programmvereinbarungen im Umweltbereich 2020–2024. Mitteilung des BAFU als Vollzugsbehörde an Gesuchsteller. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Vollzug Nr. 1817: 294 S.

Bundesamt für Umwelt [Hrsg.] (2019): Sanierung Strassenlärm. Bilanz und Perspektiven. Stand 2018. Bundesamt für Umwelt, Bern. Umwelt-Zustand Nr. 1922: 35 S

Bundesamt für Umwelt, basierend auf Ecoplan (2020): VOBU. Volkswirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen. Leitfaden. Bern.

Bundesamt für Verkehr (2016): Lärmsanierung der Eisenbahnen. Standbericht 2015. Bern.

Bundesamt für Verkehr (2023): Eisenbahnausbauprogramme. Bahninfrastrukturfonds (BIF). Standbericht 2022. Bern.

Bundesamt für Zivilluftfahrt (2023): Bericht Grobanalyse Auswirkungen LSV Entwurf vom 28.07.2022 auf Regionalflugplätze, Flugfelder und Heliports. Internes Papier. Bern.

Bundesamt für Zivilluftfahrt (undatiert): Reduktion des Treibstoffverbrauchs: Flottenerneuerung und operationelle Massnahmen. Bern.

Bundesrat (2010): Lärmgrenzwerte für militärische Anlagen. Medienmitteilung vom 30.6.2010. Bern.

Bundesrat (2016): Bericht 2016 über die Luftfahrtpolitik der Schweiz (Lupo 2016). Bericht vom 24. Februar 2016. Bern.

Bundesrat (2017): Nationaler Massnahmenplan zur Verringerung der Lärmbelastung. Bericht des Bundesrats in Erfüllung des Postulats 15.3840 Barazzone vom 14. September 2015. Bern.

Bundesrat (2022): Botschaft zur Änderung des Umweltschutzgesetzes (Lärm, Altlasten, Lenkungsabgaben, Finanzierung von Aus- und Weiterbildungskursen, Informations- und Dokumentationssysteme, Strafrecht). Bern.

Bundesrat (2023): Bundesrat beschliesst die dritte Objektblattserie des Sachplans Militär. Medienmitteilung vom 28.6.2023. Bern.

Bundesrat (undatiert): Botschaft zur Änderung des Umweltschutzgesetzes (Lärm, Altlasten, Lenkungsabgaben, Finanzierung von Aus- und Weiterbildungskursen, Informations- und Dokumentationssysteme, Strafrecht). Vorabdruck. Bern.

Corridor Rhine-Alpine (2023): Corridor Information Document (CID) RFC Rhine-Alpine. 2024 timetable year.

Ecoplan (2022a): Vorarbeiten zur Volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU) von Anpassungen der Lärmschutzverordnung (LSV). VOBU Quick-Checks und Ergebnisse der Quantifizierung. Im Auftrag BAFU, Bern.

Ecoplan (2022b): Vorarbeiten zur Volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU) von Anpassungen der Lärmschutzverordnung (LSV). Bisherige Erkenntnisse und Vorschläge für weitere Quantifizierungen in der VOBU. Im Auftrag BAFU, Bern.

Ecoplan und Infras (2014): Externe Effekte des Verkehrs 2010. Monetarisierung von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung (ARE). Bern, Zürich und Altdorf.

Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung (2021): Grenzwerte für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Empfehlungen der EKLB. Bern.

Eidgenössisches Departement für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (2021): Alpenquerender Güterverkehr durch die Schweiz. Kennzahlen 1. Halbjahr 2021 und Interpretation der Entwicklung. Bern.

Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (Hrsg.) (2023): Sachplan Militär 2017. Programmteil. Aktualisiert am 28. Juni 2023. Bern.

Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (2021): Lärmsanierung von militärischen Waffen- und Schiessplätzen. Häufig gestellte Fragen (FAQ). Bern.

Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (2023): Militärische Plangenehmigung im ordentlichen Plangenehmigungsverfahren nach Artikel 7-21 MPV vom 13. Februar 2023. Waffenplatz Frauenfeld; Erweiterung Kurzdistanzanlage und Lärmsanierung. Bern.

Eidgenössisches Departement für Verteidigung, Bevölkerungsschutz und Sport (undatiert): Schiesslärm und was wir dagegen tun. Bern.

Flughafen Zürich AG (2023): Integrierter Bericht 2022. Zürich Flughafen.

Genève Aéroport (2019): Rapport de Développement durable. 2016–2018. Genève.

Infras und EBP Schweiz AG (2022): Kosten der Überlastung der Transportinfrastruktur (KÜTI). Im Auftrag des ARE. Zürich.

Infras und Ecoplan (2019): Externe Effekte des Verkehrs 2015: Aktualisierung der Berechnungen von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten des Strassen-, Schienen-, Luft- und Schiffsverkehrs 2010 bis 2015. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung. Zürich/Bern.

Infras und Grolimund + Partner (2020): Beurteilungsmethode für Temporeduktion als Lärm-schutzmassnahme. Hilfe für die Verhältnismässigkeitsprüfung. Schlussbericht. Im Auftrag BAFU, Zürich.

International Civil Aviation Organization (2010): Guidance on the balance approach to aircraft noise management. Montréal.

Kanton Zürich, Amt für Raumentwicklung (2014): Akzeptanz der Dichte. Zürich.

Kanzlei Konstruktiv (2021, unveröffentlicht): Öffentlich-rechtlicher Schutz vor Lärm in der Schweiz. Analyse des heutigen Regelungskonzepts und Verschläge für Optimierungen. Studie im Auftrag des BAFU. Bern/Aarau.

Ketterer Bonnelame L., Siegrist D. (2018a). Naherholungstypen. Leitfaden für die nachfrageorientierte Planung und Gestaltung von naturnahen Naherholungsgebieten. Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Freiraum. HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Nr. 15. Rapperswil.

Ketterer Bonnelame, L., Siegrist, D. (2018b). Erholungstypen – Entwicklung einer Typologie von Erholungssuchenden als Basis für die Gestaltung und Planung von naturnahen Erholungsräumen. Schlussbericht des Forschungsprojekts. Schriftenreihe des Instituts für Landschaft und Freiraum. HSR Hochschule für Technik Rapperswil, Nr. 16. Rapperswil.

Prose AG (2015): Zusammenfassung der akustischen Untersuchung zu verschiedenen Schienenpflegeverfahren. Bericht 04-03-01054 Rev. 0.00. Synthesebericht Schienen-pflege. Studie im Auftrag BAFU. Zürich.

Rat für Raumordnung ROR und Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung EKLB [Hrsg.] (2015): Lärmbekämpfung und Raumplanung. Grundlagen – Positionen – Stossrich-tungen. Bern.

SBB (2022): Begleitbericht zum publizierten Eisenbahnlärm Emissionskataster 2021. Bern.

Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute (2013): SNR 640 425. Lärmmindernde Decken. Grundlagen. Zürich.

Zürcher Kantonalbank (2011): Ruhe bitte! Wie Lage und Umweltqualität die Schweizer Mie-ten bestimmen. Studie in Zusammenarbeit mit dem BAFU. Zürich.

Züst Engineering AG (2010): Potential akustisches Schienenschleifen. Seegräben.

Anhang

A-1 Grenzwertschemata Massnahme M1 und M1*

Empfehlungen EKLB

Lärmart	ES	Tagperiode							Δ	Empfehlung ist im Mittel...
		IGW gemäss LSV			IGW gem. Empfehlung					
		$L_{r,Tag}$	K1	$L_{day,07-22h}^a$	$L_{r,Tag}$	K_{Tag}	$L_{day,07-22h}$			
Strasse	II	60	-0.2 ^b	≈ 60	60	0	60	0	\approx gleich streng	
	III	65	-0.2 ^b	≈ 65	60	0	60	-5	≈ 5 dB strenger	
Eisenbahn	II	60	-5.2 ^c	≈ 65	60	+1	59	-6	≈ 6 dB strenger	
	III	65	-5.2 ^c	≈ 70	60	+1	59	-11	≈ 11 dB strenger	
Flug	II	60	0 ^d	≈ 60	60	+6	54	-6	≈ 6 dB strenger	
	III	65	0 ^d	≈ 65	60	+6	54	-11	≈ 11 dB strenger	

K1 Mittlere Bewegungszahlkorrektur K1 [in dB] nach LSV Anh. 3 Ziff. 35 (Strasse), bzw. LSV Anh. 4 Ziff. 33 (Eisenbahn), bzw. LSV Anh. 5 Ziff. 34 (Flug) bei Personen mit $L_{day,06-22h} \geq 60$ dB, auf 0.1 dB mathematisch gerundet.

Δ Mittlere Differenz zwischen Empfehlung und LSV; negatives Vorzeichen bedeutet, dass die Empfehlung um den entsprechenden Wert strenger ist.

^a Geschätzt anhand der Konversionsterme aus Tabelle A.T.6 und der angenommenen mittleren Bewegungszahlkorrektur K1, dann auf 1 dB mathematisch gerundet.

^b Die Pegelkorrekturen K1 sind gerundete Mittelwerte über alle Bewohner/innen in Gebäuden mit $L_{day,06-22h} \geq 60$ dB(A) in der entsprechenden ES (vgl. Anhang A.3.9). Man beachte: Der Wertebereich von K1 kann gemäss LSV Anh. 3 Ziff. 35 zwischen -5 und 0 dB betragen.

^c Die Pegelkorrekturen K1 sind Mittelwerte über alle Bewohner/innen in Gebäuden mit $L_{day,06-22h} \geq 60$ dB(A) in der entsprechenden ES (vgl. Anhang A.3.9). Man beachte: Der Wertebereich von K1 kann gemäss LSV Anh. 4 Ziff. 33 zwischen -15 und -5 dB betragen.

^d Der Verkehr von Kleinluftfahrzeugen ist hier nicht berücksichtigt, deshalb spielt die Pegelkorrektur K1 keine Rolle.

Tabelle 130: Vergleich der IGW für die Tagperiode in der ESII / ESIII zwischen LSV (Status quo) und der neuen Empfehlung (gemäss Variante 2). Normierungskorrekturen (K1 in der LSV bzw. K_{Tag} gemäss Empfehlung) sind berücksichtigt, nicht aber weitere Pegelkorrekturen. (Quelle: Tabelle 14.1, EKLB)

Nachtpériode									
Lärmart	ES	IGW gemäss LSV			IGW gem. Empfehlung			Δ	Empfehlung ist im Mittel...
		$L_{r,Nacht}$	K1	$L_{night,22-07h}^a$ bzw. $L_{Aeq,1h}$	$L_{r,Nacht}$	K_{Nacht}	$L_{night,22-07h}$ bzw. $L_{Aeq,1h}$		
Strasse	II	50	-2.9 ^b	≈ 55	50	-2	52	-3	≈ 3 dB strenger
	III	55	-2.8 ^b	≈ 60	50	-2	52	-8	≈ 8 dB strenger
Eisenbahn	II	50	-8.2 ^c	≈ 58	50	-6	56	-2	≈ 2 dB strenger
	III	55	-8.1 ^c	≈ 63	50	-6	56	-7	≈ 7 dB strenger
Flug 22-23h	II	55	0 ^d	55	50	-2	52	-3	3 dB strenger
	III	55	0 ^d	55	50	-2	52	-3	3 dB strenger
Flug 23-00h	II	50	0 ^d	50	50	+1	49	-1	1 dB strenger
	III	55	0 ^d	55	50	+1	49	-6	6 dB strenger
Flug 05-06h	II	50	0 ^d	50	50	+1	49	-1	1 dB strenger
	III	55	0 ^d	55	50	+1	49	-6	6 dB strenger
Flug 06-07h	II	-	-	-	50	-2	52	-	-
	III	-	-	-	50	-2	52	-	-

K1 Mittlere Bewegungszahlkorrektur K1 [in dB] nach LSV Anh. 3 Ziff. 35 (Strasse), bzw. LSV Anh. 4 Ziff. 33 (Eisenbahn), bzw. LSV Anh. 5 Ziff. 34 (Flug) bei Personen mit $L_{night,22-06h} \geq 50$ dB, auf 0.1 dB mathematisch gerundet.

Δ Mittlere Differenz zwischen Empfehlung und LSV; negatives Vorzeichen bedeutet, dass die Empfehlung um den entsprechenden Wert strenger ist.

^a Geschätzt anhand der Konversionsterme aus Tabelle A.T.6. und der angenommenen mittleren Bewegungszahlkorrektur K1, dann auf 1 dB mathematisch gerundet.

^b Die Pegelkorrekturen K1 sind Mittelwerte über alle Bewohner/innen in Gebäuden mit $L_{night,22-06h} \geq 50$ dB(A) in der entsprechenden ES (vgl. Anhang A.3.9). Man beachte: Der Wertebereich von K1 kann gemäss LSV Anh. 3 Ziff. 35 zwischen -5 und 0 dB betragen.

^c Die Pegelkorrekturen K1 sind Mittelwerte über alle Bewohner/innen in Gebäuden mit $L_{night,22-06h} \geq 50$ dB(A) in der entsprechenden ES (vgl. Anhang A.3.9). Man beachte: Der Wertebereich von K1 kann gemäss LSV Anh. 4 Ziff. 33 zwischen -15 und -5 dB betragen.

^d Der Verkehr von Kleinluftfahrzeugen ist hier nicht berücksichtigt, deshalb spielt die Pegelkorrektur K1 keine Rolle.

Tabelle 131: Vergleich der IGW für die Nachtpériode in der ESII / ESIII zwischen LSV (Status quo) und der neuen Empfehlung (gemäss Variante 2). Normierungskorrekturen (K1 in der LSV bzw. K_{Nacht} gemäss Empfehlung) sind berücksichtigt, nicht aber weitere Pegelkorrekturen. (Quelle: Tabelle 14.2, EKLB)

Strassenlärm

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06
Aktuelle LSV	I	50	40	55	45	65	60
	II	55	45	60	50	70	65
	III	60	50	65	55	70	65
	IV	65	55	70	60	75	70

Tabelle 132: Bisher geltende Belastungsgrenzwerte in Lr für Strassenlärm gemäss aktueller LSV Anhang 3 (mit Pegelkorrektur K1)

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06
M1	I	50	42	55	47	65	57
	II	55	47	60	52	70	62
	III	60	52	65	57	70	62
	IV	65	57	70	62	75	67
M1*	I	50	42	55	47	65	57
	II	55	47	60	52	70	62
	III	60	52	65	57	70	62
	IV	65	57	70	62	75	67

Tabelle 133: Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für Strassenlärm (ohne Pegelkorrektur K1)

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06
M1	I	0	2	0	2	0	-3
	II	0	2	0	2	0	-3
	III	0	2	0	2	0	-3
	IV	0	2	0	2	0	-3
M1*	I	0	2	0	2	0	-3
	II	0	2	0	2	0	-3
	III	0	2	0	2	0	-3
	IV	0	2	0	2	0	-3

Tabelle 134: Differenz Belastungsgrenzwerte für Strassenlärm M1 und M1* gegenüber aktueller LSV

Der Wertebereich der Belastungsgrenzwerte ist mit den Massnahmen M1 und M1* in der Nacht 2 dB höher als heute. Unter Berücksichtigung des Wegfallens der Pegelkorrektur K1, welche gemäss LSV Anhang 3 Ziff. 35 zwischen -5 und 0 dB betragen kann, ergibt sich eine Verschärfung gegenüber heute um rund 3 dB im Mittel (Erläuterungen siehe Tabelle 131).

Eisenbahnlärm

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06
Aktuelle LSV	I	50	40	55	45	65	60
	II	55	45	60	50	70	65
	III	60	50	65	55	70	65
	IV	65	55	70	60	75	70

Tabelle 135: Bisher geltende Belastungsgrenzwerte in Lr für Eisenbahnlärm gemäss aktueller LSV Anhang 4 (mit Pegelkorrektur K1)

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06
M1	I	49	46	54	51	64	61
	II	54	51	59	56	69	66
	III	59	56	64	61	69	66
	IV	64	61	69	66	74	71
M1*	I	52	47	57	52	67	62
	II	57	52	62	57	72	67
	III	62	57	67	62	72	67
	IV	67	62	72	67	77	72

Tabelle 136: Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für Eisenbahnlärm (ohne Pegelkorrektur K1)

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06	Tag 06–22	Nacht 22–06
M1	I	-1	6	-1	6	-1	1
	II	-1	6	-1	6	-1	1
	III	-1	6	-1	6	-1	1
	IV	-1	6	-1	6	-1	1
M1*	I	2	7	2	7	2	2
	II	2	7	2	7	2	2
	III	2	7	2	7	2	2
	IV	2	7	2	7	2	2

Tabelle 137: Differenz Belastungsgrenzwerte für Eisenbahnlärm M1 und M1* gegenüber aktueller LSV

Der Wertebereich der Belastungsgrenzwerte ist mit der Massnahme M1 am Tag 1 dB tiefer und in der Nacht 6 dB höher als heute bzw. mit der Massnahme M1* am Tag 2 dB höher und in der Nacht 7 dB höher als heute.

Unter Berücksichtigung des Wegfallens der Pegelkorrektur K1, welche gemäss LSV Anhang 4 Ziff. 33 zwischen -15 und -5 dB betragen kann, ergibt sich eine Verschärfung mit Massnahme M1 gegenüber heute um rund 6 dB am Tag und 2 dB in der Nacht bzw. mit Massnahme M1* im Mittel von rund 5 dB am Tag und eine Entlastung um -1 dB in der Nacht im Mittel (Erläuterungen siehe Tabelle 131).

Zivile und militärische Flugplätze

Vorgesehen ist, dass mit der LSV-Anpassung die Belastungsgrenzwerte sowohl für zivile wie militärische Flugplätze gelten. Bislang wurden Militärflugplätze in einem eigenen Anhang geregelt, wobei die Grenzwerte für militärische Flugplätze nur in ESII von denjenigen für zivile Flugplätze abweichen (+ 5 dB bei Militärflugplätzen).

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22		Tag 06–22		Tag 06–22	
Aktuelle LSV	I	50		55		65	
	II	60		65		70	
	III	60		65		70	
	IV	65		70		75	

Tabelle 138: Bisher geltende Belastungsgrenzwerte in Lr für den Lärm des Verkehrs militärischer Flugplätze gemäss aktueller LSV Anhang 8 (Tag)

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22		Tag 06–22		Tag 06–22	
Aktuelle LSV	I	50		55		65	
	II	55		60		70	
	III	60		65		70	
	IV	65		70		75	

Tabelle 139: Bisher geltende Belastungsgrenzwerte in Lr für den Lärm des Verkehrs von Kleinluftfahrzeugen gemäss aktueller LSV Anhang 5 (Tag)

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22		Tag 06–22		Tag 06–22	
Aktuelle LSV	I	53		55		60	
	II	57		60		65	
	III	60		65		70	
	IV	65		70		75	

Tabelle 140: Bisher geltende Belastungsgrenzwerte in Lr für den Lärm des gesamten Verkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen Grossflugzeuge verkehren, gemäss aktueller LSV Anhang 5 (Tag).

	ES	Planungswert Lr in dB(A)			Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)			Alarmwert Lr in dB(A)		
		Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6
Aktuelle LSV	I	53	43	43	55	45	45	60	55	55
	II	57	50	47	60	55	50	65	65	60
	III	60	50	50	65	55	55	70	65	65
	IV	65	55	55	70	60	60	75	70	70

Tabelle 141: Bisher geltende Belastungsgrenzwerte in Lr für den Lärm des gesamten Verkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen Grossflugzeuge verkehren gemäss aktueller LSV Anhang 5.

Zusätzlich zu den Belastungsgrenzwerten in Lr gelten für den Lärm des Verkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen ausschliesslich Helikopter verkehren (Helikopterflugplätze), separate Belastungsgrenzwerte in L max.

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22		Tag 06–22		Tag 06–22	
M1	I	46		49		59	
	II	51		54		64	
	III	56		59		64	
	IV	61		64		69	
M1*	I	49		52		62	
	II	54		57		67	
	III	59		62		67	
	IV	64		67		72	

Tabelle 142: Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für Lärm von militärischen Flugplätzen (Tag).

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22		Tag 06–22		Tag 06–22	
M1	I	46		49		59	
	II	51		54		64	
	III	56		59		64	
	IV	61		64		69	
M1*	I	49		52		62	
	II	54		57		67	
	III	59		62		67	
	IV	64		67		72	

Tabelle 143: Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für Lärm von zivilen Flugplätzen (Tag).

	ES	Planungswert Lr in dB(A)			Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)			Alarmwert Lr in dB(A)		
		Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6
M1	I	46	44	41	49	47	44	59	57	54
	II	51	49	46	54	52	49	64	62	59
	III	56	54	51	59	57	54	64	62	59
	IV	61	59	56	64	62	59	69	67	64
M1*	I	49	45	42	52	48	45	62	58	55
	II	54	50	47	57	53	50	67	63	60
	III	59	55	52	62	58	55	67	63	60
	IV	64	60	57	67	63	60	72	68	65

Tabelle 144: Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für Lärm von zivilen und militärischen Flugplätzen

Hinweis: Separate Belastungsgrenzwerte für den Lärm des Verkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen ausschliesslich Heliokopter verkehren (Heliokopterflugplätze) sind nicht mehr vorgesehen.

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22		Tag 06–22		Tag 06–22	
M1	I	-4		-6		-6	
	II	-9		-11		-6	
	III	-4		-6		-6	
	IV	-4		-6		-6	
M1*	I	-1		-3		-3	
	II	-6		-8		-3	
	III	-1		-3		-3	
	IV	-1		-3		-3	

Tabelle 145: Differenz Belastungsgrenzwerte für den Lärm des Verkehrs militärischer Flugplätze M1 und M1* gegenüber aktueller LSV

Die Belastungsgrenzwerte am Tag für den Lärm des Verkehrs militärischer Flugplätze werden für die Immissionsgrenzwerte, ESII mit der Massnahme M1 am Tag um 11 dB bzw. mit der Massnahme M1* um 8 dB strenger als heute (Immissionsgrenzwerte, ESII). Für die Planungs- und Alarmwerte bzw. ESI, ESIII und ESIV sind die Verschärfungen kleiner.

	Empfindlichkeitsstufe	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 06–22		Tag 06–22		Tag 06–22	
M1	I	-4		-6		-6	
	II	-4		-6		-6	
	III	-4		-6		-6	
	IV	-4		-6		-6	
M1*	I	-1		-3		-3	
	II	-1		-3		-3	
	III	-1		-3		-3	
	IV	-1		-3		-3	

Tabelle 146: Differenz Belastungsgrenzwerte für den Lärm des Verkehrs mit Kleinluftfahrzeugen M1 und M1* gegenüber aktueller LSV

Die Belastungsgrenzwerte am Tag für den Lärm des Verkehrs mit Kleinluftfahrzeugen werden für die Immissionsgrenz- und Alarmwerte mit der Massnahme M1 am Tag um 6 dB bzw. mit der Massnahme M1* um 3 dB strenger als heute. Für die Planungswerte betragen die Verschärfungen 4 bzw. 1 dB.

	ES	Planungswert Lr in dB(A)			Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)			Alarmwert Lr in dB(A)		
		Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6
M1	I	-7	1	-2	-6	2	-1	-1	2	-1
	II	-6	-1	-1	-6	-3	-1	-1	-3	-1
	III	-4	4	1	-6	2	-1	-6	-3	-6
	IV	-4	4	1	-6	2	-1	-6	-3	-6
M1*	I	-4	2	-1	-3	3	0	2	3	0
	II	-3	0	0	-3	-2	0	2	-2	0
	III	-1	5	2	-3	3	0	-3	-2	-5
	IV	-1	5	2	-3	3	0	-3	-2	-5

Tabelle 147: Differenz Belastungsgrenzwerte für den Lärm des Verkehrs des gesamten Verkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen Grossflugzeuge verkehren M1 und M1* gegenüber aktueller LSV

Die Belastungsgrenzwerte für den Lärm des gesamten Verkehrs auf zivilen Flugplätzen werden am Tag für die Immissionsgrenz- und Planungswerte, ESII für die Alarmwerte ESII und ESIIV mit der Massnahme M1 am Tag um 6 dB bzw. mit der Massnahme M1* um 3 dB strenger als heute. Für die anderen Grenzwerte sind die Verschärfungen kleiner (Ausnahme Planungswerte, ESI).

Die Verschärfungen in der ersten Nachtstunde (22 – 23 Uhr) betragen für die Immissionsgrenze, ESII mit der Massnahme M1 3 dB bzw. mit der Massnahme M1* 2 dB. Für die anderen ES-Stufen werden die Immissionsgrenzwerte höher.

In der zweiten und dritten Nachtstunde (23 – 24 Uhr, 5 – 6 Uhr) werden die Immissionsgrenze mit der Massnahme M1 um 1 dB strenger bzw. bleiben gleich mit Massnahme M1*. Die Planungswerte für ESII/III werden strenger bzw. für ESIII/IV lockerer.

Übergangsbestimmungen

Innert 15 Jahren sollen für Straßen, Flugplätze und Eisenbahnen, welche die angepassten Belastungsgrenzwerte nicht einhalten, die erforderlichen Emissionsbegrenzungen und Schallschutzmassnahmen angeordnet werden. Dies bedeutet, dass sämtliche Verkehrslagen zu überprüfen sind.

A-2 Grenzwertschemata Massnahme M7

Empfehlung EKLB

Die EKLB schlägt vor, dass die «Nacht» um eine Stunde verlängert wird (neu bis 7 Uhr). Der Tag dauerte bisher 16 Stunden (6 bis 22 Uhr); neu würde er 15 Stunden dauern (7 bis 22 Uhr). Beim Fluglärm gab es bisher für die Nacht Einzelstundengrenzwerte für 22 bis 23 Uhr, 23 bis 24 Uhr und 5 bis 6 Uhr. Von Mitternacht bis 5 Uhr gilt ein Flugverbot. Neu würde beim Fluglärm ein Einzelstundengrenzwert (6 bis 7 Uhr) eingeführt.

Da die Massnahme M7 nur in Kombination mit der Massnahme M1 bzw. M1* eingeführt wird, gelten neben der Verschiebung der Tages- bzw. Nachtzeiten zusätzlich die verschärfeten Grenzwerte der Massnahmen M1 und M1*. Es ist zu beachten, dass die Pegelkorrektur bei Straßenlärm- und Eisenbahnlärm mit den Massnahmen M1 und M1* wegfallen.

Strassenlärm/lärm

Die Grenzwerte sind in der Nacht um 10 dB tiefer als am Tag. Aufgrund der Mittelung der zusätzlichen Verkehrsmenge von 6 bis 7 Uhr über die ganze Nachtperiode (neu 9 statt 8 Stunden) führt die Verlängerung der Nachtperiode zu einer Verschärfung um wenige dB. Die Grenzwerte für die Nacht (6 bis 22 Uhr) der Massnahmen M1 und M1* (siehe Tabelle 133) gelten neu bis 7 Uhr und führen zu einer zusätzlichen Verschärfung um rund 3 dB im Mittel.

	ES	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag	Nacht	Tag	Nacht	Tag	Nacht
		7-22	22-7	7-22	22-7	7-22	22-7
M7 und M1	I	50	42	55	47	65	57
	II	55	47	60	52	70	62
	III	60	52	65	57	70	62
	IV	65	57	70	62	75	67
M7 und M1*	I	50	42	55	47	65	57
	II	55	47	60	52	70	62
	III	60	52	65	57	70	62
	IV	65	57	70	62	75	67

Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für Straßenlärm

M7: Belastungsgrenzwerte LSV mit «Verlängerung» der Nacht (inkl. Pegelkorrektur K1)

M7 und M1: Angepasste Belastungsgrenzwerte (ohne Pegelkorrektur K1) mit «Verlängerung» der Nacht

M7 und M1*: Angepasste Belastungsgrenzwerte (ohne Pegelkorrektur K1) mit «Verlängerung» der Nacht jeweils ohne M8 (Gleichsetzung von ESII und ESIII)

Eisenbahnlärm

Die Grenzwerte sind in der Nacht um 8 dB tiefer als am Tag. Aufgrund der Mittelung der zusätzlichen Verkehrsmenge von 6 bis 7 Uhr über die ganze Nachtperiode (neu 9 statt 8 Stunden) führt die Verlängerung der Nachtperiode zu einer Verschärfung um wenige dB. Die Grenzwerte für die Nacht (6 bis 22 Uhr) der Massnahmen M1 und M1* (siehe Tabelle

136) gelten neu bis 7 Uhr und führen im Mittel zu einer zusätzlichen Verschärfung um rund 2 dB (M1) bzw. werden erhöht um 1 dB (M1*).

		Tag 7-22	Nacht 22-7	Tag 7-22	Nacht 22-7	Tag 7-22	Nacht 22-7
M7 und M1	I	49	46	54	51	64	61
	II	54	51	59	56	69	66
	III	59	56	64	61	69	66
	IV	64	61	69	66	74	71
M7 und M1*	I	52	47	57	52	67	62
	II	57	52	62	57	72	67
	III	62	57	67	62	72	67
	IV	67	62	72	67	77	72

Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für Eisenbahnlärm

M7: Belastungsgrenzwerte LSV mit «Verlängerung» der Nacht (inkl. Pegelkorrektur K1)

M7 und M1: Angepasste Belastungsgrenzwerte mit «Verlängerung» der Nacht (ohne Pegelkorrektur K1)

M7 und M1*: Angepasste Belastungsgrenzwerte mit «Verlängerung» der Nacht (ohne Pegelkorrektur K1).

jeweils ohne M8 (Gleichsetzung von ESII und ESIII)

Zivile und militärische Flugplätze

Die zusätzliche Nachtstunde von 6 bis 7 Uhr wird wie die erste Nachtstunde von 22 bis 23 Uhr beurteilt. Die Immissionsgrenzwerte ESII sind um 5 dB tiefer als am Tag. Bei ESI, ESIII und ESIV sowie bei den Planungs- und Alarmwerten beträgt die Differenz 10 dB.

Die neuen Grenzwerte für die Nachtstunde von 22 bis 23 Uhr der Massnahmen M1 (siehe Tabelle 143) gelten neu auch für 6 bis 7 Uhr und führen zu einer zusätzlichen Verschärfung. In der ersten Nachtstunde (22 – 23 Uhr) betragen die Verschärfung für die Immissionsgrenze, ESII mit der Massnahme M1 3 dB bzw. mit der Massnahme M1* 2 dB. Für die anderen ES-Stufen werden die Immissionsgrenzwerte höher.

ES	Planungswert Lr in dB(A)			Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)			Alarmwert Lr in dB(A)			
	Tag 7-22	Nacht 22-23 6-7	Nacht 23-24 5-6	Tag 7-22	Nacht 22-23 6-7	Nacht 23-24 5-6	Tag 7-22	Nacht 22-23 6-7	Nacht 23-24 5-6	
M7 und M1	I	46	44	41	49	47	44	59	57	54
	II	51	49	46	54	52	49	64	62	59
	III	56	54	51	59	57	54	64	62	59
	IV	61	59	56	64	62	59	69	67	64
M7 und M1*	I	49	45	42	52	48	45	62	58	55
	II	54	50	47	57	53	50	67	63	60
	III	59	55	52	62	58	55	67	63	60
	IV	64	60	57	67	63	60	72	68	65

Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für den Lärm des gesamten Verkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen Grossraumflugzeuge verkehren (Tag).

M7: Belastungsgrenzwerte LSV mit «Verlängerung» der Nacht

M7 und M1: Angepasste Belastungsgrenzwerte mit «Verlängerung» der Nacht

M7 und M1*: Angepasste Belastungsgrenzwerte mit «Verlängerung» der Nacht

jeweils ohne M8 (Gleichsetzung von ESII und ESIII)

ES	Planungswert Lr in dB(A)			Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)			Alarmwert Lr in dB(A)		
	Tag 7–22	Nacht 22–23 6–7	Nacht 23–24 5–6	Tag 7–22	Nacht 22–23 6–7	Nacht 23–24 5–6	Tag 7–22	Nacht 22–23 6–7	Nacht 23–24 5–6
M7 und M1	I	46		49			59		
	II	51		54			64		
	III	56		59			64		
	IV	61		64			69		
M7 und M1*	I	49		52			62		
	II	54		57			67		
	III	59		62			67		
	IV	64		67			72		

Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für den Lärm des gesamten Verkehrs auf zivilen Flugplätzen, auf denen Grossflugzeuge verkehren (Tag).

M7: Belastungsgrenzwerte LSV mit «Verlängerung» der Nacht

M7 und M1: Angepasste Belastungsgrenzwerte mit «Verlängerung» der Nacht

M7 und M1*: Angepasste Belastungsgrenzwerte mit «Verlängerung» der Nacht

jeweils ohne M8 (Gleichsetzung von ESII und ESIII)

A-3 Grenzwertschemata Massnahme M8

Empfehlung EKLB

Über das System der Empfindlichkeitsstufen (ES) werden die Belastungsgrenzwerte mit der Raumplanung und bestimmten Nutzungszonen verknüpft. Reine Wohnzonen (ESII) weisen tiefere (strengere) Grenzwerte auf als Mischzonen für Wohnen und Gewerbe (ESIII). Somit mutet die aktuelle Regelung der Wohnbevölkerung in einer Mischzone eine höhere Lärmbelastung zu als derjenigen in reinen Wohnzonen. Wie der aktuelle Stand der Wissenschaft zeigt, unterscheidet sich die Lärmempfindlichkeit der Wohnbevölkerung in ESIII nicht von derjenigen in ESII.

Auswertungen von Daten aus der SiRENE-Befragung für Gebiete der ESII und ESIII zeigen, dass die selbst-berichtete Lärmempfindlichkeit bei Strassen- und Eisenbahnlärm nicht und beim Fluglärm höchstens geringfügig davon abhängt, in welcher ES die befragte Person wohnt.

Der Hintergrund der Massnahme ist, dass gemäss dem EKLB-Bericht die Lärmempfindlichkeit der Bevölkerung nicht vom jeweiligen Wohnort abhängt. Die Bevölkerung in der ESIII soll gleich vor Lärm geschützt werden, wie die Bevölkerung in der ESII. Die Bevölkerung soll beim Wohnen einheitlich vor Lärm geschützt werden. Dieses Ziel kann anhand der Anzahl lärmelasteter Personen in ESIII überprüft werden.

Strassenlärm

ES	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
	Tag 6–22	Nacht 22–6	Tag 6–22	Nacht 22–6	Tag 6–22	Nacht 22–6
M1	I	50	42	55	47	65
	II	55	47	60	52	70
	III	55	47	60	52	70
	IV	65	57	70	62	75
M1*	I	50	42	55	47	65
	II	55	47	60	52	70
	III	55	47	60	52	70
	IV	65	57	70	62	75

Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für Strassenlärm (ohne Pegelkorrektur K1, Lr = Leq). Ohne M7 (Anpassung Beurteilungszeit) und M8 (Gleichsetzung von ESII und ESIII)

Eisenbahnlärm

	ES	Planungswert Lr in dB(A)		Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)		Alarmwert Lr in dB(A)	
		Tag 6–22	Nacht 22–6	Tag 6–22	Nacht 22–6	Tag 6–22	Nacht 22–6
M1	I	49	46	54	51	64	61
	II	54	51	59	56	69	66
	III	54	51	59	56	69	66
	IV	64	61	69	66	74	71
M1*	I	52	47	57	52	67	62
	II	57	52	62	57	72	67
	III	57	52	62	57	72	67
	IV	67	62	72	67	77	72

Angepasste Belastungsgrenzwerte in Lr für Eisenbahnlärm (ohne Pegelkorrektur K1, Lr = Leq). Ohne M7 (Anpassung Beurteilungszeit) und M8 (Gleichsetzung von ESII und ESIII)

Ziviler und militärischer Fluglärm

	ES	Planungswert Lr in dB(A)			Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)			Alarmwert Lr in dB(A)		
		Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6
M1	I	46	44	41	49	47	44	59	57	54
	II	51	49	46	54	52	49	64	62	59
	III	51	49	46	54	52	49	64	62	59
	IV	61	59	56	64	62	59	69	67	64
M1*	I	49	45	42	52	48	45	62	58	55
	II	54	50	47	57	53	50	67	63	60
	III	54	50	47	57	53	50	67	63	60
	IV	64	60	57	67	63	60	72	68	65

	ES	Planungswert Lr in dB(A)			Immissionsgrenzwert Lr in dB(A)			Alarmwert Lr in dB(A)		
		Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6	Tag 6–22	Nacht 22–23	Nacht 23–24 5–6
M1	I	46			49			59		
	II	51			54			64		
	III	51			54			64		
	IV	61			64			69		
M1*	I	49			52			62		
	II	54			57			67		
	III	54			57			67		
	IV	64			67			72		

A-4 Verhältnismässigkeit

A-4.1 Gewichtung nach Nutzung und Lärmelastung zur wirtschaftlichen Tragbarkeit

Lärmelastung		Faktoren zur Gewichtung des Nutzens	
Tag	Nacht	Wohnen	Gewerbe
>75	>65	3	3
70–75	60–65	3	2
65–70	55–60	2	1
60–65	50–55	1	0.5
55–60	45–50	0.5	0.2
50–55	40–45	0.2	-

Tabelle 148 Gewichtung in Abhängigkeit der Lärmelastung und Nutzung gemäss benutzer-handbuchfu-
erwt-excel-tooluv-0637.pdf

A-5 Umsetzung Lärmschutzsanierungen Strassenlärm

A-5.1 Lärmarme Beläge

Annahmen zur Emissionsreduktion

Der Belagstyp und die Wirkung der Massnahme wurde in Abhängigkeit des Anlagehalters wie folgt gewählt:

Anlagehalter	Belagstyp	Emissionsreduktion [dB]
Bund	SDA-8	1 dB (Gesamtgeräusch)
Kanton	SDA-4	3 dB (Gesamtgeräusch)
Gemeinde	SDA-4	3 dB (Gesamtgeräusch)
Unbekannt/Übrige Strassen	SDA-4	3 dB (Gesamtgeräusch)

Tabelle 149 Emissionsreduktionen für lärmarme Beläge. Quelle: ASTRA und BAFU (2022)

Annahmen zu Kosten

Die Fläche der Strasse wurde anhand der Strassenlänge und der Strassenbreite gemäss Strassenkategorie im Datensatz swissTLM3D wie folgt bestimmt:

Kategorie	Anzahl Spuren	Spurbreite [m]
0 - TLM_Ausfahrt	1	3
1 - TLM_Einfahrt	1	3
10 - TLM_Dienstzufahrt	2	3
11 - TLM_10m_Strasse	4	3
12 - TLM_6m_Strasse	2	3.5
2 - TLM_4m_Strasse	2	2.5
3 - TLM_3m_Strasse	1	3.5
4 - TLM_Platz	2	3
5 - TLM_Autobahn	2	3.9
6 - TLM_8m_Strasse	3	3
7 - TLM_Autostrasse	2	3.9
8 - TLM_Verbindung	1	3
9 - TLM_Zufahrt	2	3

Tabelle 150 Annahmen für die Berechnung der Belagskosten. Quellen: N-Sphere

Belag	Investitionskosten pro m ² in CHF	Kapitalzins in %	Anteil Betrieb und Unterhalt in %	Lebensdauer in Jahren
Schwarzbelag (Referenzbelag)	30	3	1	15
SDA-4	36	3	1.2	10
SDA-8	31	3	1.2	15

Tabelle 151 Annahmen für die Berechnung der Belagskosten. Quellen: Astra (2007); Mail-Update Astra (2023)

$$\text{Jahreskosten} = \frac{\text{Investitionskosten}}{100} \times \left(\left(\frac{i}{1 - (1 + \frac{i}{100})^{-n}} \right) \right) + \text{Unterhalt}$$

Belag	Gesamtkosten in CHF/m ² /Jahr	Inflationskorrektur 2007–2022	Gesamtkosten 2022 CHF/m ² /Jahr	Mehrkosten bei Sanierung 2022 in CHF/m ² /Jahr
Schwarzbelag (Referenzbelag)	2.81	1.19	3.36	0
SDA-4	4.65	1.19	5.55	2.19
SDA-8	2.97	1.19	3.54	0.19

Tabelle 152 Jahreskosten der Strassenbeläge unter Berücksichtigung der Teuerung. Quelle: BFS

A-5.2 Lärmschutzwände

Annahmen zur Schallausbreitung

Der Einfluss der Lärmschutzwände wurde der Einfachheit halber über eine emissionsseitige Korrektur in Abhängigkeit der Höhe der Lärmschutzwände abgeschätzt. Es wurde je Anlagehalter eine konstante Höhe der Lärmschutzwände angenommen.

Anlagehalter	Höhe LSW [m]	Emissionsreduktion [dB]
Bund	5 m	8 dB (Gesamtgeräusch)
Kanton	2.5 m	5 dB (Gesamtgeräusch)
Gemeinde	2.5 m	5 dB (Gesamtgeräusch)
Unbekannt/Übrige Strassen	2.5 m	5 dB (Gesamtgeräusch)

Tabelle 153 Emissionsreduktion durch Lärmschutzwände

Die Werte wurden gemeinsam mit der Begleitgruppe auf Basis von Eckwerten des BAFU (siehe www.bafu.admin.ch/bafu/de/home/themen/laerm/fachinformationen/massnahmen-gegen-laerm/laerm-schutzwande.html, Zugriff vom 21.8.2023) festgelegt und mittels mit/ohne-Simulationen in D-noise plausibilisiert.

Annahmen zu Kosten

Zur Bestimmung der Kosten wurde die Annahme getroffen, dass in 50 % der Fälle auf beiden Strassenseiten eine Lärmschutzwand notwendig ist und die Länge der Wände der vollen Länge der Strasse entspricht. Somit beträgt die Fläche einer Lärmschutzwand 1.5 x das Produkt aus Länge des Straßenabschnittes und Höhe der Lärmschutzwand. Straßenabschnitte, bei denen bereits mehr als 25 % der Länge durch Lärmschutzwände abgedeckt ist, wurden bei dieser Massnahme nicht berücksichtigt, da in solchen Fällen gemäss Stichproben in den meisten Fällen durch Verlängerung der Lärmschutzwände nur geringfügige Reduktionen der Belastungen erzielt werden könnten.

Lärmschutzwand (Fundament)	Investitionskosten pro m ² in CHF	Kapitalzins in %	Anteil Betrieb und Unterhalt in %	Lebensdauer in Jahren
Streifenfundament	900	3	1	30
Pfahlfundament	1'700	3	1	30

Tabelle 154 Annahmen für die Berechnung der Belagskosten. Quellen: Astra (2007)

Lärmschutzwand (Fundament)	Gesamtkosten in CHF/m ² /Jahr	Inflationskorrektur 2007–2022	Gesamtkosten 2022 CHF/m ² /Jahr
Streifenfundament	54.92	1.19	65.50
Pfahlfundament	1700	1.19	103.73

Tabelle 155 Jahreskosten der Straßenbeläge unter Berücksichtigung der Teuerung. Quelle: BFS (2023)

A-5.3 Temporeduktionen

Annahmen zur Emissionsreduktion

Die signalisierte Geschwindigkeit wurde bei allen Straßenabschnitten mit einer signalisierten Geschwindigkeit ≥ 50 km/h um 20 km/h reduziert. Bei Straßenabschnitten mit einer signalisierten Geschwindigkeit zwischen 30 km/h und 50 km/h wurde die Geschwindigkeit auf 30 km/h gesetzt. Die Emissionen wurden im Anschluss wiederum mit dem Emissionsmodell sonROAD04 anhand der signalisierten Geschwindigkeiten neu berechnet. Gemäss Astra (2017) führt eine Geschwindigkeitsreduktion von 20 km/h von 50 km/h auf 30 km/h zu einer Emissionsreduktion von rund 3 dB. Bei Geschwindigkeitsreduktion von 120 km/h auf 100 km/h schätzt das ASTRA den Effekt der Lärmreduktion bei einer Nationalstrasse mit DTV 100'000 auf weniger als 2 dB ein.

Annahmen zu Kosten

Analog zu den Emissionen wurden auch die Kosten auf der Basis des Zeitverlusts berechnet, welcher entstehen würde, wenn in jedem Fall die signalisierte Geschwindigkeit gefahren werden könnte. Der Zeitverlust wurde unabhängig vom Schwerverkehrsanteil und der signalisierten Geschwindigkeit für 100 % des Verkehrs berechnet, was bei Straßen mit signalisierten Geschwindigkeiten über 80 km/h zu einer leichten Überschätzung der Kosten führt.

Herleitung Zeitkosten Motorrad	Daten
Personenwagen-Besetzungsgrad 2015	1.65
Motorrad-Besetzungsgrad 2015	1.08
Ratio PW/Motorrad 2015	1.53
Personenwagen-Besetzungsgrad 2019	1.64
Motorrad-Besetzungsgrad 2019 (geschätzt mit Ratio PW/Motorrad 2015)	1.07
Ratio Motorrad/PW 2019	0.65
Zeitkosten PW in CHF pro Fahrzeugstunde 2019	42.5
Zeitkosten Motorrad in CHF pro Fahrzeugstunde 2019 (geschätzt mit Ratio Motorrad/PW 2019)	27.8

Tabelle 156 Herleitung Zeitkostenansatz für das Verkehrsmittel Motorrad. Quelle: BFS (2017); Infras (2022)

Fahrzeugart	Zeitkosten pro Fahrzeugstunde 2019 [CHF]	Inflationskorrektur 2019–2022 [CHF]	Zeitkosten pro Fahrzeugstunde 2022 [CHF]
Personenwagen	42.5	1.03	43.67
Schwere Nutzfahrzeuge	68.2	1.03	70.07
Motorrad	27.8	1.03	28.58

Tabelle 157 Zeitkostensätze pro Fahrzeugstunde differenziert nach Fahrzeugart unter Berücksichtigung der Teuerung. Quelle: Infras (2022); Quelle: BFS

Strassenabschnittstyp	Anteil PW	Anteil Schwerverkehr	Anteil Motorrad
Hochleistungsstrassen			
Autostrasse	92 %	5 %	3 %
Autobahn	93 %	5 %	2 %
Übrige Strassen			
3 m Strasse	89 %	2 %	9 %
4 m Strasse	90 %	1 %	9 %
6 m Strasse	90 %	2 %	9 %
8 m Strasse	89 %	2 %	9 %
10 m Strasse	89 %	2 %	9 %

Tabelle 158 Verkehrsmittelverteilung des Tages je Strassenabschnittstyp. Quelle: sonBASE 2015

Strassenabschnittstyp	Anteil PW	Anteil Schwerverkehr	Anteil Motorrad
Hochleistungsstrassen			
Autostrasse	88 %	6 %	6 %
Autobahn	91 %	6 %	3 %
Übrige Strasse			
3 m Strasse	91 %	3 %	6 %
4 m Strasse	90 %	2 %	8 %
6 m Strasse	87 %	3 %	10 %
8 m Strasse	87 %	3 %	10 %
10 m Strasse	86 %	3 %	11 %

Tabelle 159 Verkehrsmittelverteilung während der Nacht je Strassenabschnittstyp. Quelle: entweder son-
BASE 2015 oder Verkehrsmodell Senozon für das Jahr 2015

Strassentyp	Kosten Tag in CHF pro Fahrzeugstunde	Kosten Nacht in CHF pro Fahrzeugstunde	Durchschnittskosten Tag/Nacht in CHF pro Fahrzeugstunde
Hochleistungsstrasse	44.78	44.82	44.80
Übrige Strassen	42.83	43.11	42.97

Tabelle 160 Zeitkostenansatz gewichtet nach Verkehrsmittelverteilung und differenziert nach Strassentyp und Tageszeit. Quelle: eigene Berechnung.

A-6 Umsetzung Lärmschutzzsanierungen Eisenbahnlärm

A-6.1 Schienenschleifen

Annahmen zur Emissionsreduktion

Die Wirkung des Schienenschleifens auf die Schallemissionen hängt stark von der Verkehrszusammensetzung ab. Während die Wirkung bei Güterzügen gering ($\leq 1 \text{ dB(A)}$) ist, führt das Schienenschleifen bei Personenzügen mit aus akustischer Sicht gutem Rollmaterial zu einer deutlichen Reduktion der Schallemissionen von bis über 3 dB(A). Da jedoch die lauten Züge oder Wagons, auch wenn der Anteil gering ist, die Schallemissionen dominieren, wird bei einem Wechsel von Schienen mit durchschnittlicher Rauheit auf glatte Schienen von einer durchschnittlichen Reduktion der Emissionspegel um 1 dB(A) ausgegangen.

Annahmen zu Kosten

Das Schienenschleifen wird im Rahmen des ordentlichen Gleisunterhalts zwecks Vorbeugung von Schienenrissen und zur Verlängerung der Lebensdauer durchgeführt. Die akustischen Wirkungen durch eine reduzierte Schienenrauheit sind nicht primäres Ziel und werden daher durch die Infrastrukturbetreiber:innen als kostenneutral bezeichnet (mündliche Auskunft SBB, 2023).

A-6.2 Scheibenbremsen Güterverkehr Nord-Süd-Transit

Annahmen zur Emissionsreduktion

Bei einer Umrüstung von ca. 40 % der Güterfahrzeuge auf dem Nord-Süd-Transit auf Scheibenbremsen, reduzieren sich die Schallemissionen auf den Transitstrecken um knapp 1 dB(A). Die Umrüstungsrate von 40 % entspricht den Erwartungen durch das BAFU, welches entsprechende Abschätzungen vorgenommen hat.

Strecken	Auslastung in Prozent 2021	Kapazität pro Tag 2021 in Zügen	Anzahl Züge Nord Süd Achse 2021	Ø-Anzahl Wagen pro Güterzug in CH	Ø-Länge in Km	Laufleistung in Kilometer und Güterwagen 2021
Simplon	53.9 %	110	59	18	252.5	98'122'274
Gotthard	52.4 %	192	101	18	270	178'041'422
Total						276'163'696

Tabelle 161 Herleitung der Laufleistung in Kilometer und Güterwagen auf den Nord-Süd-Transitstrecken Simplon und Gotthard für das Jahr 2021. Herleitung der durchschnittlichen Anzahl Wagen pro Güterzug in der Schweiz aus der Division der Fahrleistung der Güterzüge in der Schweiz aus der Gütertransportstatistik (BFS) mit der Fahrleistung der Güterwagen in der Schweiz aus Anhang 6 des Vorschlags für Revision des Trassenpreissystem – Lärmbonus (BAFU). Höhe der Kapazität des alpenquerenden Schienengüterverkehr aus Bericht über den alpenquerenden Güterverkehr in der Schweiz (UVEK). Streckenlänge aus Section IV des Corridor Information Document (CID) RFC Rhine-Alpine 2024. Quellen: BFS (2023), BAFU (2022), UVEK (2021), Corridor Rhine-Alpine (2023)

Strecken	Laufleistung 2021	davon Güterwagen mit Scheibenbremsen	Kosten Lärmbonus 2025	Kosten Lärmbonus 2028
Simplon	98'122'274	10'659'426	CHF 4'690'148	CHF 9'380'295
Gotthard	178'041'422	19'341'372	CHF 8'510'204	CHF 17'020'407
Total	276'163'696	30'000'799	CHF 13'200'351	CHF 26'400'703

Tabelle 162 Schätzung des Lärmbonus für die Jahre 2025 und 2028 für Güterwagen mit Scheibenbremsen. Angenommene Lärmbonushöhe von 11 Rappen pro Achskilometer. Anteil Güterwagen mit Scheibenbremsen 2025 von 11 % basierend auf Anhang 6 des Vorschlags für Revision des Trassenpreissystem-Lärmbonus (BAFU). Schätzung der Kosten des Lärmbonus im Jahr 2028 basierend auf der Annahme, dass sich die Anzahl Güterwagen mit Scheibenbremsen bis im Jahr 2028 verdoppelt. Quellen: BAFU (2022)

A-7 Annahmen zu immissionsseitigen Lärmschutzmassnahmen

A-7.1 Erleichterungen

Führt die Einhaltung der Grenzwerte zu einer übermässigen Belastung der Anlagen bei gleichzeitig überwiegendem öffentlichem Interesse (namentlich raumplanerisches Interesse), kann die Vollzugsbehörde Erleichterungen gewähren. Dies gilt für die Verkehrsinfrastruktur sowie für militärische Geräte, Maschinen und Waffen.

Anträge für Erleichterungen muss der Anlagenbetreiber stellen. Hierfür müssen pro Gebäude Lärmsituation und erfolgte Massnahmen beschrieben, sowie der Verzicht auf weitere quellenseitige Massnahmen begründet. Die Vollzugsbehörde entscheidet über die Anträge, gewährt die Erleichterungen und verpflichtet zugleich die betroffenen Gebäudeeigentümer:innen, lärmempfindliche Räume gegen Schall zu dämmen.

Vorgenommene Abklärungen mittels konkreten Erleichterungsdossiers bei erfahrenen Planungs- und Ingenieurunternehmen haben ergeben, dass pro betroffenes Gebäude ungefähr mit zwei Stunden Personalaufwand beim Anlagenbetreiber (bzw. beim beauftragten Dienstleister) sowie bei der Vollzugsbehörde zu rechnen ist. Der mittlere Aufwand basiert erfahrungsgemäss auf einer hohen Anzahl Liegenschaften, welche mit einfach nachvollziehbarer Lärmsituation standardisiert überprüft werden können und einer geringen Anzahl von Liegenschaften, welche vertiefte, liegenschaftsspezifische Abklärungen erfordern. Relevante Sach- und Investitionskosten fallen nicht an bzw. können als Sowieso-Kosten interpretiert werden, welche auch ohne Antrag und Bearbeitung von Erleichterungen anfallen.

Im Leitfaden zur Regulierungsfolgenabschätzung (RFA) empfiehlt das SECO, anfallende Personalkosten anhand der Arbeitskostenstatistik des BFS zu ermitteln.

Branche	Arbeitskosten 2020 [CHF/h]	Arbeitskosten 2022 [CHF/h]
NOGA 71: Architektur- und Ingenieurbüros; technische, physikalische und chemische Untersuchung	66 CHF/h	67 CHF/h
NOGA 84: Öffentliche Verwaltung, Verteidigung; Sozialversicherung	74 CHF/h	76 CHF/h

Tabelle 163: Arbeitskosten je geleistete Stunde. Quellen: Bundesamt für Statistik (BFS), Arbeitskostenstatistik. Bundesamt für Statistik (BFS), Schweizerischer Lohnindex (Branchenspezifische Nominallohnentwicklung).

Somit ergeben sich pro betroffenes Gebäude Kosten im Jahr 2022 Kosten von $2 \text{ h} \times 67 \text{ CHF/h} + 2 \text{ h} \times 76 \text{ CHF/h} = 286 \text{ CHF}$.

A-7.2 Schallschutzfenster

Annahmen	Daten	Fenster/Türe in m ²
Annahme Wohnungen		
Ø-Wohnungsgrösse	3.5	-
Total Anzahl Fenster pro Wohnung	5	1.5
Total Anzahl Balkon/Terrassen-Tür pro Wohnung	1	2.2
Korrekturfaktor Fenster	1	-
Korrekturfaktor Türe	0.9	-
Notwendige Anzahl Fenster und Türe nach Lärmart		
Strassenlärm: Notwendige SSF	3	1.5
Strassenlärm: Notwendige SST	1	2.2
Fluglärm: Notwendige SSF	5	1.5
Fluglärm: Notwendige SST	1	2.2

Tabelle 164 Herleitung der notwendigen Anzahl Schallschutzfenster und Schallschutztüren für den Strassen- und Fluglärm. Quelle: Ecoplan (2022a)

Art der Schallschutzfenster- und Türen	Kosten in CHF
Kosten Schallschutzfenster pro m ²	
Holz-Kunststoff-Fenster	850
Holz-Metall-Fenster (30 % teurer)	1'105
Ø-Kosten (Kunststoff-Fenster werden in 2/3 der Fälle verbaut)	935
Kosten Schallschutztüre pro m ²	
Holz-Kunststoff-Türe	1'000
Holz-Metall-Türe (30 % teurer)	1'300
Ø-Kosten (Kunststofftüren werden in 2/3 der Fälle verbaut)	1'100

Tabelle 165 Herleitung der Kosten pro m² Schallschutzfenster und Schallschutztüren für den Strassen- und Fluglärm. Quelle: Ecoplan (2022a); eigene Berechnungen

Totale Kosten pro Wohnung ohne Verbundfenster	Kosten in CHF
Strassenlärm	6'386
Fluglärm	9'191

Tabelle 166 Herleitung der totalen Kosten pro Wohnung ohne Berücksichtigung von Verbundfenster für den Strassen- und Fluglärm. Quelle: Ecoplan (2022a); eigene Berechnungen

Totale Kosten pro Wohnung mit Verbundfenster	Kosten in CHF
Strassenlärm	6'641
Fluglärm	9'558

Tabelle 167 Herleitung der totalen Kosten pro Wohnung mit Berücksichtigung von Verbundfenster für den Strassen- und Fluglärm. Quelle: Ecoplan (2022a); eigene Berechnungen

Annahmen für Berechnung Jahreskosten	Daten
Zins in Prozent	3
Lebensdauer in Jahren	40

Tabelle 168 Annahmen zur Berechnung von Jahreskosten. Quelle: Astra (2007)

Jahreskosten pro Wohnung	Kosten in CHF
Strassenlärm	287
Fluglärm	414

Tabelle 169 Herleitung der Jahreskosten von Schallschutzfenster- und Türen pro Wohnung mit Berücksichtigung von Verbundfenster für den Strassen- und Fluglärm. Quelle: Ecoplan (2022a); eigene Berechnungen

A-7.3 Entschädigungszahlungen

Entschädigungszahlungen können aufgrund von Immissionsenteignung und direktem Überflug beantragt werden. Zwingende Voraussetzung für einen Entschädigungsanspruch aufgrund von direktem Überflug ist, dass eine Liegenschaft regelmäßig in geringer Höhe durch einen Landeflug überflogen wird. Folgende Kriterien müssen nach bundesgerichtlicher Rechtsprechung für eine Entschädigungsberechtigung aufgrund von Immissionsent-eignung kumulativ erfüllt sein:

- *Unvorhersehbarkeit*: Die Zunahme des Fluglärmes darf bei Erwerb des Grundstückes nicht vorhersehbar gewesen sein. Für nationale Flughäfen ist dieses Kriterium erfüllt, falls ein Grundstück vor Ende des Jahres 1960 erworben wurde.
- *Spezialität*: Der Fluglärm muss übermäßig sein. Um dieses Kriterium zu erfüllen, müssen die Immissionsgrenzwerte gemäss Anhang 5 dauerhaft überschritten werden.
- *Schwere des Schadens*: Der Minderwert der Liegenschaft muss ein bestimmtes Mass erreicht haben.

A-8 Annahmen für Einzelmassnahmen

A-8.1 Kosten Grundbucheintrag

Die mittlere Gebühr errechnet sich aus dem für die Bevölkerung gewichteten Mittelwert für die Gebühren für den Eintrag einer Anmerkung, wie sie die Kantone Aargau, Bern, Glarus, Luzern, Obwalden, Schwyz, Thurgau und Zürich in ihren jeweiligen kantonalen Gebührenverordnungen festgehalten haben. Im Rahmen von telefonischen Kurzinterviews wurde diese mit zusätzlichen Informationen ergänzt. Es wird angenommen, dass zur Eintragung der jeweilige Behördentarif angewendet wird.

Kanton	Anteil an der Schweizer Bevölkerung in Prozent	Gebühr in CHF
Aargau	8.0	40
Bern	12.0	50
Glarus	0.5	50
Luzern	4.8	15
Obwalden	0.4	80
Schwyz	1.9	80
Thurgau	3.3	50
Zürich	17.9	100 (50–200)
Total	49	65

Tabelle 170 Gebühren für Grundbucheinträge in ausgewählten Kantonen. Der Kanton Obwalden ist der einzige Kanton, bei dem jeder weitere Eintrag mit reduzierten Kostensätzen (10 Franken) behandelt würde.

Die sieben Kantone zählen zusammen rund die Hälfte der ständigen Wohnbevölkerung der Schweiz.

A-9 Annahmen zur Monetarisierung des Nutzens

Für die Monetarisierung der Gesundheits- und Gebäudekosten werden die in Tabelle 171 gezeigten Kostensätze verwendet.

Im Kostenansatz für die Gesundheitskosten sind die medizinischen Behandlungskosten, der Nettoproduktionsausfall, die Wiederbesetzungs- und immateriellen Kosten durch lärmbedingte ischämische Herzkrankheiten, Bluthochdruck bedingte Krankheiten sowie

Schlaganfälle enthalten. Grundlage der Schätzung sind die in der ARE (2019)²⁹ ausgewiesenen totalen Gesundheitskosten durch Lärmbelastung für die Schweiz, welche durch die Anzahl Personendezibel über dem Schwellenwert dividiert wurden.

	Schwellenwert	Lärm- mass	Inflationskor- rektur 2015– 2022	Kostenansatz 2015 (CHF/dB/Per- son/Jahr) (CHF/dB/Woh- nung/Jahr)	Kostenansatz 2022 (CHF/dB/Per- son/Jahr) (CHF/dB/Woh- nung/Jahr)
Gesund- heitskosten	48 dB L _{eq}	L _{den}	1.041 (Basis: LIK)	15.80	16.45
Wohnungs- preise	Strassenverkehr: ZKB-Lärm- mass ³⁰ Schienenverkehr: ZKB-Lärm- mass Luftverkehr: 50 dB Taglärm	L _r	1.064 (Basis: Mietpreisindex)	Strassenver- kehr: 42.07 Schienenver- kehr: 44.44 Luftverkehr: 92.89	Strassenver- kehr: 44.76 Schienenver- kehr: 47.28 Luftverkehr: 98.83

Tabelle 171: Verwendete Lärmkostensätze. Quelle: Ecoplan (2022)

Beim Strassenlärm wurden zusätzlich Gesundheitskosten durch die Reduktion in der Luftverschmutzung und im Unfallrisiko durch die Temporeduktion berücksichtigt. Die dafür verwendeten Kostensätze sind in Tabelle 172 aufgelistet.

Im Kostenansatz für die Gesundheitskosten sind die medizinischen Behandlungskosten, der Nettoproduktionsausfall, die Wiederbesetzungs- und immateriellen Kosten durch verlorene Lebensjahre (Erwachsene, Säuglinge), Atemwegerkrankungen, Herz- / Kreislauferkrankungen, chronische Bronchitis bei Erwachsenen, akute Bronchitis bei Kindern und eingeschränkter Aktivität enthalten. Der Kostenansatz für die Gesundheitskosten wurde anhand der in ARE (2019) ausgewiesenen totalen Gesundheitskosten durch Luftverschmutzung im Strassenverkehr für die Schweiz und der Anzahl Tonnen emittierter Schadstoffe

	Emissionsfaktoren (g PM ₁₀ /km)	Inflationskorrektur 2015–2022	Kostenansatz (CHF/t primäres PM ₁₀ /Jahr)
Gesundheitskosten	[folgt]	1.041 ³¹	836'000

durch den Strassenverkehr berechnet.

Tabelle 172: Gesundheitskosten aufgrund Luftverschmutzung. Quelle: Ecoplan (2020), Emissionsfaktoren durch BAFU erhalten.

²⁹ Aus der Kommunikation mit dem ARE ging hervor, dass die Methode zur Berechnung der lärmbedingten Gesundheitskosten überarbeitet wird und voraussichtlich Ende 2024 neue Kostensätze vorliegen werden. Die Veränderung in den Kostensätzen aufgrund der Methodenänderungen ist schwer einzuschätzen. Während sich der monetäre Teil der Berechnungen nicht drastisch ändern wird, werden einige weitere Gesundheitseffekte einbezogen und das Modell zur Messung von Lärm und zur Identifizierung der Lärmquelle vollständig überarbeitet.

³⁰ Das ZKB-Lärmmass ist definiert als Anzahl Dezibel über dem Schwellenwert von 40 dB(A) Nachtlärm bzw. Anzahl Dezibel über dem Schwellenwert von 50 dB(A) Taglärm, falls Nachtlärm unter 40 dB(A).

³¹ LIK

A-10 Fluglärmkarten Flughafen Zürich

A-10.1 Lärmbelastung 2019 Flughafen Zürich für ESIII

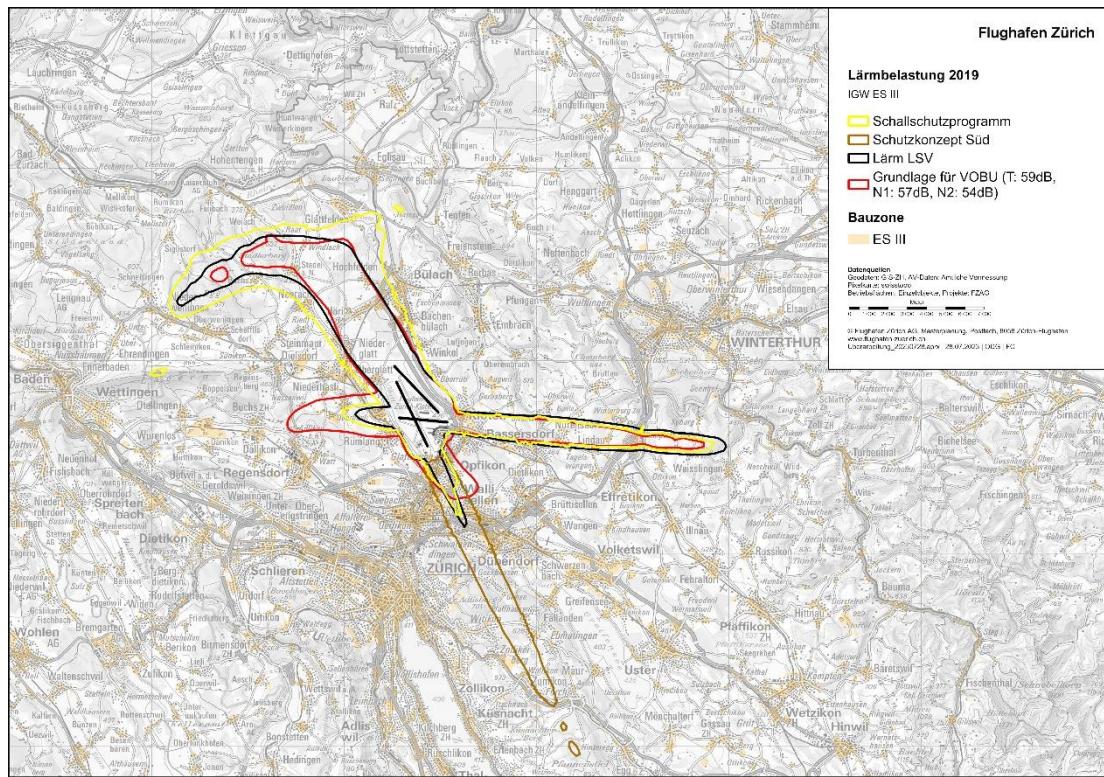


Abbildung 38 Tatsächliche Lärmbelastung 2019 über IGW für Siedlungsräume ESIII für Empfehlungen EKLB (≈M1). Quelle: Flughafen Zürich AG, 2023.

A-10.2 Fluglärmkarte Flughafen Zürich für die Stadt Kloten

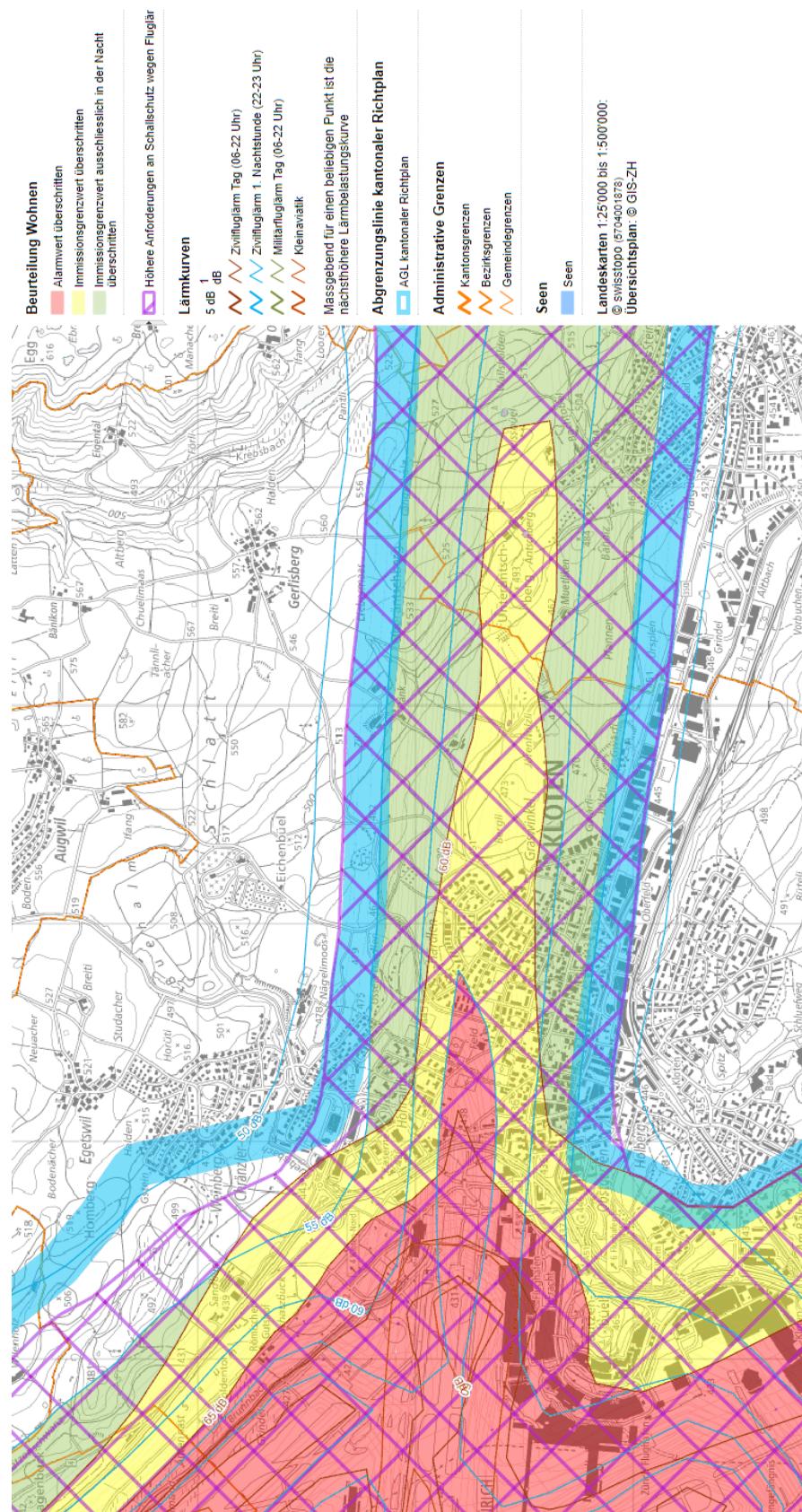


Abbildung 39 Karte der Belastung mit Fluglärm für die Stadt Kloten. Quelle: Auszug GIS-Browser Kanton Zürich, Zugriff vom 21.8.2023

A-11 Geführte Interviews

A-11.1 Raumplanung

Name	Vorname	Organisation	Funktion
Mera	Fiona	Suter von Känel Wild Planer und Architekten AG	Leitende Raumplanerin, Partner
Lais	Adrian	Planpartner AG	Raumplaner
Meyer	Benjamin	Kanton Zürich, Amt für Raumentwicklung	Abteilungsleiter Raumplanung
Wienecke	Julia	Kanton Zürich, Amt für Raumentwicklung	Teamleiterin West, Gebietsbetreuerin
Bieler	Benoît	Bureau SDOL (Stratégie et développement de l'Ouest lausannois)	Directeur
Perregaux	Christa	EspaceSuisse	Vize-Direktorin, Mitglied EKLB

A-11.2 Immobilienmarkt

Name	Vorname	Organisation	Funktion
Dollo	Guido	Immoleague	Immobilienexperte
Oppiger	Patrick	Remax AG	Broker, Mitinhaber
Cursellas	Arno	Fahrländer Partner Raumentwicklung	Partner

A-12 Mitglieder der Begleitgruppe und des Projektteams

Begleitgruppe

Walker Urs, BAFU (Leitung Begleitgruppe)

Ammann Markus, BAV

Bärlocher Maurus, BAFU

Bögli Hans, BAFU

Bosonnet Roger, BAZL

Fischer Alfred, BAFU

Hoehn Sophie, BAFU

Lenhard Martin, ARE

Macheret Martine, ASTRA

Ökonomische Beratung: Wernli Lilith BAFU

Projektteam (BAFU intern):

Lauper Elisabeth (PL)

Catillaz Andreas (Stv. PL)

Brink Mark

Dias Marlène

Köstli Kornel

Kuster Franz

Maag Trond

Mahler Nina

Martin Cyril

Roschi Alexia

Schneuwly Dominique (Stv. Roschi Alexia)
