



18.04.2024

Kurzbericht zur volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) von Anpassungen der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm (ARL)

basierend auf dem Schlussbericht VOBUE ARL von
econcept AG und n-Sphere AG

Aktenzeichen: BAFU-362.2-1279/1/2/13/5/8

Der vorliegende Kurzbericht zur volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) von Anpassungen der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm (ARL) wurde durch das Bundesamt für Umwelt (BAFU) auf der Grundlage des Schlussberichts VOBUE ARL verfasst. Der Schlussbericht VOBUE ARL wurde im Auftrag des BAFU verfasst. Für den Inhalt der VOBUE ARL sind alleine die Auftragnehmerinnen verantwortlich.

Vorwort

Der vorliegende Kurzbericht basiert auf dem Schlussbericht «Volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU) von Anpassungen der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm (ARL)» vom 25. März 2024, der von econcept und n-Sphere erarbeitet wurde (VOBU ARL). Der Kurzbericht wurde vom BAFU im Sinne einer zielgruppengerechten Aufbereitung der VOBUErgebnisse verfasst. Die Struktur des Kurzberichts unterscheidet sich vom Schlussbericht VOBUErgebnisse ARL. Die Unterschiede werden unter Kapitel 1 des Kurzberichts expliziert. Präzisierungen oder Ergänzungen durch das BAFU, die im Schlussbericht nicht enthalten sind, werden entsprechend hervorgehoben. Der Kurzbericht dient dazu, die ausführlichen Analysen der VOBUErgebnisse ARL zu präzisieren und spezifisch für die einzelnen Lärmarten darzustellen.

Eine VOBUErgebnisse ist die volkswirtschaftliche Beurteilung von umweltpolitischen Massnahmen und Zielen und dient als umweltspezifische Umsetzung der Regulierungsfolgenabschätzung (RFA). Dabei erfüllt sie auch die Anforderungen an eine Nachhaltigkeitsbeurteilung (NHB).

Die VOBUErgebnisse ARL bietet eine transparente Entscheidungsgrundlage und soll es gemeinsam mit weiteren Grundlagen ermöglichen, auf Fakten basierte Entscheidungen zu treffen. Die Einschätzung der Folgen von lärmpolitischen Änderungen erfordert eine Beurteilung aus verschiedenen Blickwinkeln. Um eine ganzheitliche Beurteilung sicherzustellen, sind deshalb neben den volkswirtschaftlichen Auswirkungen auch ethische, juristische oder politische Dimensionen von entscheidender Bedeutung. Die VOBUErgebnisse ARL und somit auch der vorliegende Kurzbericht hat jedoch ausschliesslich die volkswirtschaftlichen Auswirkungen der vorgeschlagenen Massnahmen zum Gegenstand.

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	5
1.1	Ausgangslage.....	6
1.2	Rechtsgrundlagen	6
1.3	Projekt «Anpassung der Rechtsgrundlage zum Schutz vor Lärm» (ARL)	7
1.4	Ziel und Fragestellungen der Volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU)	10
2	Beschreibung der untersuchten Massnahmen	10
2.1	M1 «Grenzwerte anpassen» und M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel» .	10
2.2	M2 «Regime vereinfachen»	11
2.3	M3 «Lärmschutz dynamisieren»	12
2.4	M7 «Anpassung Beurteilungszeiten»	12
2.5	M8 «Gleichsetzung von ES II und ES III»	12
2.6	Gemeinsames Wirkungsmodell M1/M1*, M2, M3, M7 und M8	13
2.7	M4 «Massnahmen klären»	14
2.8	M5 «Transparenz stärken»	15
2.9	M6 «Verursacherprinzip stärken»	15
2.10	M12 «Grenzwertschema»	16
3	Vorarbeiten– Relevanzanalyse	17
4	Auswirkungen und Beurteilung der untersuchten Massnahmen	18
4.1	Einführende Betrachtung der Auswirkungen Lärmschutzmassnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg	19
4.2	Einführende Betrachtung der Auswirkungen von Erleichterungen und gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen	19
4.3	Simulationen und Einschränkungen bei der Bewertung von Lärmschutzmassnahmen .	20
4.4	Auswirkungen der EKLБ Empfehlungen im Bereich Strassenlärm	20
4.5	Auswirkungen der EKLБ Empfehlungen im Bereich Eisenbahnlärm	28
4.6	Auswirkungen der EKLБ Empfehlungen im Bereich Fluglärm	36
4.7	Auswirkungen der EKLБ-Empfehlungen im Überblick	41
4.8	Beurteilung der Einzelmassnahmen (Verbesserung der Rahmenbedingungen)	45
4.9	Auswirkungen der Massnahmen auf die Raumplanung	46
4.10	Auswirkungen gemäss VOBU-Beurteilungskriterien	47
5	Optimierungsbedarf und Empfehlungen	48
5.1	Verhältnismässigkeit klären und wirtschaftliche Tragbarkeit weiterentwickeln	48
5.2	Zusammensetzung der Bündel nach zusätzlichen Wirkungen	49
5.3	Alternative Ausgestaltung Massnahme M5 «Transparenz stärken» prüfen	49
5.4	Abstimmung mit raumplanerischen Interessenabwägungen weiter konkretisieren	49
5.5	Gleichbehandlung der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen	49
5.6	Massnahme M4 «Massnahmen klären» Kriterien basiert ausführen	50
6	Grenzen der Analyse und Würdigung der Ergebnisse	50
6.1	Grenzen der Analyse	50
6.2	Würdigung der Ergebnisse	51
	Literaturverzeichnis	53

Zusammenfassung

Die Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung (EKLK) hat am 9. Dezember 2021 einen Bericht zur Aktualisierung der Grenzwerte für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm veröffentlicht. Dieser Bericht zeigt auf, dass heute die Anzahl der durch lästigen und schädlichen Lärm belasteten Personen deutlich unterschätzt wird, die EKLK empfiehlt deshalb Anpassungen der Lärmschutz-Verordnung (LSV). Gleichzeitig liegt ein juristischer Bericht vor, der die heutige Regelung analysiert und Vorschläge für deren Optimierung macht. Er zeigt auf, wie auf die Kritik der Praxis an der geltenden Regelung reagiert und wie der Schutz der Bevölkerung gestärkt werden könnte. Eine durch das BAFU getroffene Auswahl von Vorschlägen aus beiden Berichten wurden UVEK-intern bearbeitet. Die von der UVEK-internen Begleitgruppe (ARE, ASTRA, BAFU, BAV und BAZL) als relevant eingestuften Vorschläge werden seit Frühjahr 2023 einer volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) unterzogen.

Es ist davon auszugehen, dass die untersuchten Vorschläge zu verstärkten Anstrengungen bei der Bekämpfung des Verkehrslärms führen. Gemäss VOBU können die als verhältnismässig angenommenen Lärmschutzmassnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg einen Nutzen von rund 500 Mio. CHF pro Jahr erzeugen. Davon entfallen 47 % auf vermiedene Gesundheitskosten und 53 % auf die Wertsteigerung von Immobilien. Die entsprechenden Kosten werden auf rund 170 Mio. CHF pro Jahr geschätzt. Die überwiegende Mehrheit dieser Nutzen und Kosten lassen sich auf die Bekämpfung von Strassenlärm zurückführen, weil dieser mit über 80 % den grössten Anteil an Personen mit Grenzwertüberschreitungen ausweist.

Die EKLK schlägt Grenzwerte vor, die beim Strassenlärm nur wenig von den aktuellen Grenzwerten abweichen. Beim Eisenbahnlärm ist der Unterschied zwischen den heutigen Grenzwerten und den Empfehlungen deutlicher und beim Fluglärm ist der Unterschied gross. Neben den Unterschieden in Bezug auf die Grenzwertempfehlungen der EKLK bei den drei Lärmarten gibt es auch deutliche Unterschiede bei den zur Verfügung stehenden Lärmschutzmassnahmen. Bei den Strassen stehen geeignete Lärmschutzmassnahmen an der Quelle zur Verfügung (z.B. lärmarme Beläge und Temporeduktionen). Beim Eisenbahnlärm wurden quellenseitige Lärmschutzmassnahmen bereits in grossem Umfang implementiert und es gibt im Moment nur wenige weitere Lärmschutzmassnahmen (z.B. Schienenschleifen, Lärmbonus). Beim Fluglärm gibt es zurzeit kaum verhältnismässige Lärmschutzmassnahmen. Deshalb sind über die heutige Praxis hinausgehende verhältnismässige Lärmschutzmassnahmen bei den Eisenbahnen teilweise und für den Fluglärm erst noch umfassend zu entwickeln. Diese Unterschiede zwischen den Lärmarten gilt es zu berücksichtigen.

Die VOBU zeigt, dass die als verhältnismässig erachteten Lärmschutzmassnahmen nicht ausreichen, um die Lärmbelastung so weit zu reduzieren, dass die von der EKLK empfohlenen Grenzwerte vollständig eingehalten werden können. Daher wird es auch in Zukunft zu Überschreitungen von Immissionsgrenzwerten kommen (v.a. beim Fluglärm). Das geltende Recht erlaubt diese Überschreitungen, indem den Anlageinhabern Ausnahmegewilligungen gewährt werden können und als Ersatz gebäudeseitige Ersatzmassnahmen (i.d.R. Schallschutzfenster) eingebaut werden müssen. Diese Ersatzmassnahmen haben zwar einen Gesundheitsnutzen für die lärmbelastete Bevölkerung, sie sind jedoch volkswirtschaftlich ineffizient im Gegensatz zu quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen.

Insgesamt sind die Empfehlungen der EKLK und die weiteren untersuchten Massnahmen volkswirtschaftlich effektiv und effizient und es sind keine unerwünschten Verteilungswirkungen zu erwarten. Beim Vergleich der verschiedenen untersuchten Vorschläge der EKLK zeigt sich, dass die Einführung neuer Grenzwerte besonders effektiv ist, die Anpassung der Beurteilungszeit und die Gleichsetzung der ES III mit der ES II hingegen nur einen begrenzten Nutzen haben. Die Gleichsetzung der Empfindlichkeitsstufen hat weitreichende Auswirkungen auf die Raumentwicklung und ist daher vor der Umsetzung vertieft zu prüfen. Wie weit diese Auswirkungen durch die laufende USG-Revision im Rahmen der Botschaft vom 16. Dezember 2022 des Bundesrats zur Änderung des Umweltschutzgesetzes

(USG) gemindert werden, ist noch offen. Von den Massnahmen zur Verbesserung der lärmschutzrechtlichen Rahmenbedingungen wurden aus volkswirtschaftlicher Perspektive nur zwei negativ beurteilt: die Massnahme «Vereinfachung des Regimes», die vorsieht, dass bestehende Anlagen bei einer wesentlichen Änderung die Planungswerte einhalten müssen und die Massnahme «Transparenz stärken», die vorsieht, dass neu gewährte Erleichterungen öffentlich zugänglich sind.

1 Einleitung

Der vorliegende Kurzbericht basiert auf dem Schlussbericht «Volkswirtschaftliche Beurteilung (VOBU) von Anpassungen der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm (ARL)» vom 25. März 2024, der von econcept und n-Sphere erarbeitet wurde (Schlussbericht VOBUE ARL). Der Kurzbericht wurde vom BAFU im Sinne einer zielgruppengerechten Aufbereitung der VOBUE-Resultate verfasst, er enthält keine neuen Erkenntnisse im Vergleich zum Schlussbericht VOBUE ARL. Damit sich interessierte Personen rasch einen Überblick über die Ergebnisse machen können, wurde der Kurzbericht anders strukturiert, als der Schlussbericht VOBUE ARL. Die wichtigsten Unterschiede sind folgende:

- Im Kurzbericht wird auf die Ergebnisse der VOBUE fokussiert, deshalb wurden die Ausführungen aus dem Kapitel 4 «Lärmarten und heutige Situation» aus dem Schlussbericht VOBUE ARL nicht in den Kurzbericht übernommen.
- Das Kapitel 5 «Auswirkungen und Beurteilung M1/M1*, M7 und M8» wurde im Schlussbericht VOBUE ARL nach Art der Massnahme (quellenseitige Lärmschutzmassnahmen vs. Erleichterungen, gebäudeseitige Massnahmen) strukturiert. Im Kurzbericht (Kapitel 4) werden die Ergebnisse nach den Lärmarten strukturiert.
- Die wichtigsten Erkenntnisse aus Kapitel 6 «Auswirkungen und Beurteilung M2»; Kapitel 7 «Auswirkungen und Beurteilung von M3, «M4, M5, M5 und M12» und Kapitel 8 «Raumplanung» wurden im Kurzbericht in das Kapitel 4 integriert.
- Im Kurzbericht wurden im Kapitel 4.10 «Auswirkungen gemäss VOBUE-Bewertungskriterien» Aussagen aus verschiedenen Kapiteln des VOBUE ARL Schlussbericht zusammengetragen. Im VOBUE Schlussbericht gibt es kein analoges Kapitel.
- Die Aussagen aus Kapitel 9.2 «Synthese der Beurteilungen» aus dem Schlussbericht VOBUE ARL wurden im Kurzbericht in das Kapitel 4 integriert.
- Im VOBUE Kurzbericht wird der Schwerpunkt auf die Hauptverkehrslärmarten gelegt, deshalb werden die Überlegungen zu Industrie- und Gewerbelärm, Schiesslärm und militärischem Fluglärm aus dem Schlussbericht VOBUE ARL nicht wiedergegeben.

Daraus ergibt sich folgende Struktur für den Kurzbericht: Im Kapitel 1 wird die Ausgangslage, die Rechtsgrundlagen, das Projekt ARL und die Fragestellungen erläutert. Im Kapitel 2 werden die untersuchten Massnahmen beschrieben. Im Kapitel 3 werden die Ergebnisse der Relevanzanalyse berichtet. Das Kapitel 4 widmet sich den Auswirkungen und Beurteilung der untersuchten Massnahmen strukturiert nach Lärmart. Im Kapitel 5 werden die Empfehlungen und Optimierungsvorschläge von econcept AG und n-Sphere AG dargestellt. Die Grenzen der VOBUE ARL werden im Kapitel 6.1 aufgezeigt, eine Würdigung der Ergebnisse der VOBUE ARL erfolgt im Kapitel 6.2.

Der Kurzbericht enthält wenige Präzisierungen oder Ergänzungen durch das BAFU, die im Schlussbericht VOBUE ARL nicht enthalten sind, sie werden im Kurzbericht mit einem grauen Kasten als «ergänzende Anmerkungen seitens Auftraggeber (BAFU)» gekennzeichnet.

Ergänzende Anmerkung seitens Auftraggeber (BAFU):

Exkurs zum Begriff «Verhältnismässigkeit»

Grundsätzlich sind Inhaber von lärm erzeugenden Anlagen gemäss dem Umweltschutzgesetz und der Lärmschutzverordnung dazu verpflichtet, den Lärm unter die geltenden Grenzwerte zu senken. Die dafür notwendigen Massnahmen müssen aber nur so weit getroffen werden, als dies für die Anlageinhaber verhältnismässig ist.

Der Begriff «Verhältnismässigkeit» wird im wirtschaftlichen und im rechtlichen Sinn unterschiedlich verwendet:

- Im Rahmen der VOBÜ müssen Annahmen darüber getroffen werden, in welchem Umfang Lärmbegrenzungsmaßnahmen zusätzlich zu heute auch wirklich ergriffen würden, wenn die Empfehlungen der EKLB umgesetzt würden. Der VOBÜ-Bericht macht deshalb Aussagen dazu, ob die Kosten der vorgeschlagenen Anpassungen in einem angemessenen Verhältnis zu den angestrebten Ergebnissen stehen. Diese Bewertung erfolgt im Wesentlichen aus volkswirtschaftlicher Sicht unter Berücksichtigung von Kosten und Nutzen. Gestützt darauf werden Aussagen gemacht, in welchem Umfang bestimmte Massnahmen als schweizweit verhältnismässig angesehen werden. Wenn in der VOBÜ und in diesem Kurzbericht von verhältnismässigen oder wirtschaftlich tragbaren Massnahmen gesprochen wird, ist diese Sicht gemeint: Eine Massnahme gilt als verhältnismässig oder wirtschaftlich tragbar, wenn die erwarteten Kosten in einem angemessenen Verhältnis zu den erwarteten Vorteilen stehen.
- Ob Massnahmen in der Realität im Einzelfall tatsächlich umgesetzt werden müssen, hängt hingegen davon ab, ob sie im Sinne der Bundesverfassung als verhältnismässig im rechtlichen Sinn gelten. Diese rechtliche Betrachtung enthält Kriterien, die über eine rein wirtschaftliche Prüfung hinausgehen. Der Schutzanspruch der Bevölkerung muss aus rechtlicher Sicht mit allen Massnahmen angestrebt werden, die erstens zur Senkung des Lärms überhaupt zweckmässig (geeignet) sind, zweitens soll bei gleichwertigen Massnahmen immer die günstigere Variante vorgezogen werden (d.h. es gibt keine mildere Massnahme) und drittens müssen die Massnahmen dem Anlageinhaber zumutbar sein, basierend auf einer Abwägung der Interessen (verhältnismässig i.e.S.).

1.1 Ausgangslage

Aktivitäten, die den Wohlstand und Wohlfahrt fördern, können auch Lärm verursachen. Dazu zählen etwa der Berufs- und Freizeitverkehr, die Produktion und der Transport von Gütern sowie die Landesverteidigung. Lärm schadet der Gesundheit, führt zu Wertverlusten von Immobilien, beeinträchtigt touristische Attraktivität und die Wettbewerbsfähigkeit einer Volkswirtschaft (BAFU, 2018). Lärm verursacht durch Strassenverkehr belastet schweizweit am meisten Personen. Nach ihm folgen der Lärm verursacht durch die Eisenbahn und den Flugverkehr. Die externen durch Verkehrslärm verursachten Kosten bewegen sich jährlich im Bereich von 2.5 bis 3 Mrd. Franken. Gut 80 % davon verursacht der Strassenverkehrslärm.

1.2 Rechtsgrundlagen

Seit dem Inkrafttreten des Umweltschutzgesetzes (USG) im Jahr 1985 sind die Inhaber lärm erzeugender Anlagen verpflichtet, Massnahmen zur Einhaltung von Umweltanforderungen zu ergreifen. Im Lärmschutz werden drei Grenzwerte verwendet:

- 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).

Die Belastungsgrenzwerte werden differenziert nach Lärmart (z.B. Strassenlärm, Eisenbahnlärm und Fluglärm), Tageszeit und Empfindlichkeit der zu schützenden Gebiete. Letztere werden entsprechend ihrer raumplanerisch festgelegten Nutzung in vier Empfindlichkeitsstufen (ES) eingeteilt:

- Empfindlichkeitsstufe I: Zonen mit einem erhöhten Lärmschutzbedürfnis (Erholungszonen)
- Empfindlichkeitsstufe II: Zonen, in denen keine störenden Betriebe zugelassen sind (Wohnzonen sowie Zonen für öffentliche Bauten und Anlagen)
- Empfindlichkeitsstufe III: Zonen, in denen mässig störende Betriebe zugelassen sind (Wohn- und Gewerbezone / Mischzone sowie Landwirtschaftszonen)
- Empfindlichkeitsstufe IV: Zonen, in denen stark störende Betriebe zugelassen sind (Industriezone)

Immissionsgrenzwerte, welche die Schwelle hin zu «schädlichem oder lästigem Lärm» festlegen, dürfen nicht überschritten werden. Kommt es dennoch dazu, sind Lärmschutzmassnahmen vorzunehmen. Lärm wird am wirkungsvollsten direkt an der Quelle bekämpft (z.B. durch lärmarme Strassenbeläge, Umrüstung von Rollmaterial, Nachtflugverbot), an zweiter Stelle folgen Lärmschutzmassnahmen auf dem Ausbreitungsweg (z.B. Lärmschutzwände). Gibt es keine technischen oder betrieblichen Lösungen oder sind verfügbare Lärmschutzmassnahmen nicht verhältnismässig, so können die Vollzugsbehörden sogenannte Erleichterungen gewähren. Erleichterungen sind Ausnahmegewilligungen. Sie erlauben es, eine Anlage trotzdem weiter zu betreiben, auch wenn ihr Betrieb zu Grenzwertüberschreitungen führt.

Umweltschutzgesetz und Lärmschutzverordnung unterscheiden zwischen Anlagen die vor und nach dem Inkrafttreten des USG 1985 bewilligt wurden. Anlagen, die nach 1985 bewilligt wurden (sogenannte Neuanlagen) haben im Grundsatz den Planungswert einzuhalten und bei Nichteinhaltung sind ab Immissionsgrenzwert bei den betroffenen Liegenschaften Ersatzmassnahmen (Schallschutzfenster) vorzusehen. Anlagen hingegen, die vor 1985 bewilligt wurden (sogenannte bestehende Anlagen) haben im Grundsatz lediglich den Immissionsgrenzwert einzuhalten und bei Nichteinhaltung sind ab Alarmwert Ersatzmassnahmen vorzusehen. Der Grundgedanke des USG ist es sodann, dass langfristig alle Anlagen die gleichen Anforderungen einhalten sollen. Deshalb müssen bestehende Anlagen saniert werden, wenn sie den IGW überschreiten. Die Sanierung ist innert einer von der Behörde angesetzten Frist oder bei grösseren Änderungen (z.B. bei umfassender baulicher Erneuerung) umzusetzen. Auch nach einer Sanierung profitieren bestehende Anlagen aber von den mildereren Vorschriften (Einhaltung des IGW).

1.3 Projekt «Anpassung der Rechtsgrundlage zum Schutz vor Lärm» (ARL)

Der vom Bundesrat am 28. Juni 2017 verabschiedete Massnahmenplan zur Verringerung der Lärmbelastung verlangt eine Überprüfung der Rechtsgrundlagen und der wissenschaftlichen Grundlagen der

Grenzwerte. Die Rechtsgrundlagen wurden im Auftrag des BAFU durch die Kanzlei konstruktiv AG überprüft. Diese Prüfung zeigt auf, wie die heutige Regelung optimiert werden kann, um auf die Kritik der Praxis an der geltenden Regelung zu reagieren und den Schutz der Bevölkerung zu stärken. Die Aktualität der Grenzwerte wurde durch die Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung (EKLK) überprüft. Im Dezember 2021 veröffentlichte die EKLK 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 lästigen 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 EKLK, die Grenzwerte anzupassen. Nachfolgend werden die Empfehlungen der EKLK in Bezug zu den Grenzwerten zusammengefasst:

Übersicht über die zentralen Empfehlungen der EKLK

- Strassenlärm: Der Immissionsgrenzwert in der Empfindlichkeitsstufe ES II bleibt für den Tag etwa gleich, für die Nacht wird er verschärft (-3 dB)
- Eisenbahnlärm: Der Immissionsgrenzwert in der Empfindlichkeitsstufe ES II wird am Tag deutlich (-6 dB) und in der Nacht etwas (-2 dB) strenger
- Fluglärm: Der Immissionsgrenzwert für den Tag in der ES II wird deutlich strenger (-6 dB). Die Nachtzeit wird weiterhin mit Einzelstundengrenzwerten beurteilt, die in der Empfindlichkeitsstufe ES II etwas strenger werden (-1–3 dB). Für den Morgen wird ein zusätzlicher Einzelstundengrenzwert vorgeschlagen.

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

Das BAFU hat aus den Optimierungsvorschlägen der Kanzlei konstruktiv AG Massnahmen bestimmt, die einen engen Zusammenhang mit den Empfehlungen der EKLK haben. Dabei sind nur Massnahmen weiterverfolgt worden, die sich auf Stufe LSV umsetzen lassen. Diese Auswahl und die Empfehlungen der EKLK wurden UVEK-intern geprüft. Das BAFU hat im Rahmen des Projektes «Anpassung der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm» (ARL) in einem ersten Schritt die Auswirkungen einer Auswahl dieser Anpassungsvorschläge unter Einbezug der betroffenen UVEK-Ämter (Begleitgruppe ARE, ASTRA, BAFU, BAV und BAZL) grob beurteilt (VOBU Quick-Check, siehe Kapitel 3) und erste Quantifizierungen bezüglich Wirkung und Kosten vornehmen lassen (Ecoplan, 2022a und 2022b). Nach den Vorarbeiten sind insgesamt neun Massnahmen ausgewählt worden, welche im Rahmen der VOBÜ geprüft werden sollen. Diese Massnahmen zielen darauf ab, gesetzeskonforme Grenzwerte zu gewährleisten und die lärmschutzrechtlichen Rahmenbedingungen effizienter zu gestalten. Die neun Massnahmen basieren sowohl auf den Empfehlungen der EKLK als auch auf den Ergebnissen der Überprüfung der Rechtsgrundlagen und wurden durch Vorschläge der Begleitgruppe ergänzt (siehe Tabelle 1).

Nr.	Bezeichnung	Kurzbeschreibung	Herkunft
M1	Grenzwerte anpassen	Empfehlung der EKLB: Anpassung der Grenzwerte von Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm	Bericht EKLB (2021)
M1*	Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel	Empfehlung der Begleitgruppe: Anpassung der Grenzwerte für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm auf den mittleren Wert zwischen gültigen und durch die EKLB empfohlenen Grenzwerte	Begleitgruppe
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 ES II und ES III	Empfehlung der EKLB: Anpassen der Grenzwerte der ES III an die Grenzwerte der ES II	Bericht EKLB (2021)
M12	Grenzwertschema	Wirkungsunterschiede sichtbar machen	Begleitgruppe

Tabelle 1 In der VOBu zu prüfende Massnahmen

Die Massnahmen M1/M1*, M7 und M8 bestimmen direkt die Höhe der Grenzwerte in den Anhängen der LSV. Sie werden im vorliegenden Bericht als Pakete untersucht. Die Massnahmen M2, M3, M4, M5, M6 beziehen sich auf einzelne Anpassungen, die unter sich nicht zusammenhängen. Diese Massnahmen werden deshalb einzeln untersucht. M12 betrifft die Darstellung der Grenzwerte in den Anhängen der LSV, diese Massnahme hat keine Auswirkungen auf die Höhe der Grenzwerte, sie wurde in der VOBu nur qualitativ beurteilt und wird in diesem Kurzbericht nicht weiter behandelt.

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

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

Tabelle 2 Übersicht Pakete P1 bis P4

Zeitgleich zur Entwicklung dieser Massnahmen hat der Bundesrat in Beantwortung der Motion Flach 16.3529 am 16. Dezember eine Botschaft 2022 zur Änderung des Umweltschutzgesetzes (USG) verabschiedet und darin eine Revision der Art. 22 und 24 USG vorgeschlagen. Damit sollen klare Anforderungen definiert werden, wie und in welchem Falle die Bebauung von Standorten mit Lärmbelastungen über IGW künftig möglich sein soll. Diese geplante Gesetzesanpassung wurde in der volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) mitberücksichtigt.

1.4 Ziel und Fragestellungen der Volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU)

Das BAFU hat econcept AG, gemeinsam mit n-Sphere AG, im Rahmen eines Einladungsverfahrens mit der Durchführung einer volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) der neun Massnahmen beauftragt. Die betroffenen UVEK-Ämter (ARE, ASTRA, BAFU, BAV und BAZL) wurden wie bereits bei den Vorarbeiten in einer Begleitgruppe in das Projekt einbezogen. Das Vorgehen orientiert sich am Leitfaden «VOBU – Volkswirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen» (BAFU, 2020) und richtet sich an den folgenden drei übergeordneten Fragestellungen aus:

- Sind die Massnahmen wirksam, um einen Beitrag zur Erreichung der gesetzekonformen Grenzwerte zu leisten (→ *Effektivität*)?¹
- Welches sind die zentralen Effizienzeffekte, einerseits auf der Nutzen- und andererseits auf der Kostenseite, welche aus Einführung und Umsetzung gesetzekonformer Grenzwerte hervorgehen (→ *volkswirtschaftliche Effizienz*)?²
- Wie werden die unterschiedlichen Gruppen der Gesellschaft von den Wirkungen durch gesetzekonforme Grenzwerte betroffen und wie verteilen sich Kosten und Nutzen (→ *Verteilungswirkungen*)?³

Die Abschätzung und Beurteilung der volkswirtschaftlichen Auswirkungen erfolgte für sämtliche Massnahmen sowie für die vier Massnahmenpakete bestehend aus den Massnahmen M1/M1*, M7 und M8 und wird im Kapitel 4 berichtet. Die verschiedenen Lärmarten wurden gesondert betrachtet, wobei sich der Fokus der Grenzwertanpassung auf Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm richtet. Für Industrie- und Gewerbelärm sowie Schiesslärm ist nur die Massnahme M8 (Gleichsetzung von ES II und ES III) relevant. Aufgrund fehlender Daten zur heutigen Lärmbelastung konnten für diese Lärmarten keine konkreten verhältnismässigen Lärmschutzmassnahmen mit Senkung der Lärmbelastungen simuliert werden. Diese Lärmarten werden daher qualitativ beurteilt. Entsprechende Ausführungen finden sich im Schlussbericht VOBUE ARL, nicht jedoch im vorliegenden Kurzbericht. In Ergänzung zur volkswirtschaftlichen Beurteilung wurden Abklärungen zu den raumplanerischen Auswirkungen getroffen. Die zentralen Ergebnisse dazu werden im Kapitel 4.9 aufgezeigt.

2 Beschreibung der untersuchten Massnahmen

In diesem Kapitel werden die neun untersuchten Massnahmen und ihre erwarteten Wirkungen beschrieben. Die Massnahmen M1, M1*, M2, M3, M7 und M8 lassen sich in einem gemeinsamen Wirkungsmodell darstellen und werden daher im Folgenden zuerst erläutert.

2.1 M1 «Grenzwerte anpassen» und M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel»

Die Massnahme M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel» basiert auf Grenzwerten, welche in der Mitte zwischen den aktuell gültigen Grenzwerten und den EKLK-Empfehlungen liegen. Die Massnahme M1* wurde im Sinne einer Sensitivitätsbetrachtung auf Empfehlung der Begleitgruppe in der VOBUE ebenfalls untersucht.

¹ In der VOBUE wurde die Effektivität aller Massnahmen untersucht (M1, M1*, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8)

² In der VOBUE wurden die Effizienzeffekte aller Massnahmen untersucht (M1, M1*, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8)

³ In der VOBUE wurden die Verteilungswirkung aller Massnahmen untersucht (M1, M1*, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M8)

Beschreibung M1 «Grenzwerte anpassen»	Relevanz für Pakete 1 und 2 resp. 3 und 4
<p>Ziel der Anpassung der LSV: Sicherstellung, dass die Grenzwerte in der LSV den Anforderungen des USG genügen (gesetzeskonforme Grenzwerte, Artikel 13 und 15 USG). Die Immissionsgrenzwerte müssen dabei so festgelegt werden, dass die Bevölkerung in ihrem Wohlbefinden nicht «erheblich gestört» wird.</p>	
<p>Anpassung der LSV: Anpassung der Grenzwerte gemäss Empfehlung EKL B 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>zivile Flugplätze:</u> Verschärfung um maximal 6 dB am Tag abhängig von der ES und dem betroffenen Grenzwert. <p>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 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><u>Ergänzende Anmerkung seitens BAV:</u> Beim Eisenbahnlärm kann zudem die Pegelkorrektur K1 von -5 dB bis -15 dB auf wenig befahrenen Strecken wegfallen.</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 3 Beschrieb Massnahme M1 «Grenzwerte anpassen»

2.2 M2 «Regime vereinfachen»

Beschreibung	Relevanz für Pakete 1 und 2 resp. 3 und 4
<p>Ziel der Anpassung der LSV: Anlagen, die vor 1985 erstellt wurden, sollen nicht mehr unbeschränkt dem weniger strengen Sanierungsrecht unterstehen. Die Unterstellung bestehender Anlagen unter das Neuanlagenrecht soll einfacher werden.</p>	
<p>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). Damit ist eine mittel- bis langfristige Verschärfung der Lärmgrenzwerte bei bestehenden Anlagen um weitere 5 dB verbunden.</p>	<p>Ergänzende Wirkung tritt erst bei einer wesentlichen Änderung der bestehenden Anlage ein (keine Frist)</p>

Tabelle 4 Beschrieb Massnahme M2 «Regime vereinfachen»

Die Massnahme M2 führt nicht zu einer Anpassung der Grenzwertschemata, sondern zielt darauf ab, die kontinuierliche Erweiterung der Anzahl von Anlagen zu fördern, die die Planungswerte einhalten müssen. Der Prozess wird Jahrzehnte dauern, bis alle Anlagen auf das Regime der Neuanlagen umgestellt sind.

2.3 M3 «Lärmschutz dynamisieren»

Beschreibung	Relevanz für Pakete 1 und 2 resp. 3 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 damit regelmässig überprüft werden. Einmal erleichterte Anlagen werden dadurch nicht für immer aus der Pflicht zur Lärmbegrenzung entlassen. Damit wird die Möglichkeit geschaffen, die jeweils nach dem Stand der Technik verhältnismässigen Massnahmen anzuordnen und die zulässige Überschreitung zu vermindern. Die Vollzugsbehörde berücksichtigt bei der Dauer der Befristung die Unterhaltszyklen der betroffenen Anlage und den Horizont der Lärmprognose. Für die VOB ARL wurde eine maximale Frist von 15 Jahren vorgegeben.	Ergänzende Wirkung

Tabelle 5 Beschrieb Massnahme M3 «Lärmschutz dynamisieren»

2.4 M7 «Anpassung Beurteilungszeiten»

Beschreibung	Relevanz für Paket 2 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Die Abgrenzung von Tag- und Nacht entspricht den Schlafgewohnheiten der Bevölkerung. Die Grenzwerte schützen dadurch den für die Gesundheit besonders wichtigen Schlaf der Bevölkerung besser.	
Anpassung der LSV: Verlängerung der Nachtperiode von bisher 22 bis 6 Uhr um eine Stunde auf 22 bis 7 Uhr. Die Tagesperiode wird um eine Stunde verkürzt. <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). 	Hauptsächliche Wirkung: <ul style="list-style-type: none"> - Ergänzende Wirkung bei Strassen- und Eisenbahnlärm - Deutliche Wirkung bei Fluglärm

Tabelle 6 Beschrieb Massnahme M7 «Anpassung Beurteilungszeiten»

2.5 M8 «Gleichsetzung von ES II und ES III»

Beschreibung	Relevanz für Paket 2 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Die Bevölkerung soll beim Wohnen überall gleich gut geschützt werden, unabhängig davon, ob sich die Wohnung in einer reinen Wohnzone (ES II) oder in einer Mischzone (ES III) befindet.	
Anpassung der LSV: Gleichsetzung der Planungs- und Immissionsgrenzwerte von ES II und ES III bei allen Lärmarten. Die Gleichsetzung führt zu einer Verschärfung von jeweils 5 dB in der ES III.	Hauptsächliche Wirkung: <ul style="list-style-type: none"> - Deutliche flächendeckende Wirkung bei allen Lärmarten

Tabelle 7 Beschrieb Massnahme M7 «Anpassung Beurteilungszeiten»

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

Abbildung 1 stellt das Wirkungsmodell der Massnahmen M1/M1*, M2, M3, M7 und M8 für alle Verkehrslärmarten dar, gegliedert nach den Wirkungsdimensionen Input, Output, Outcome und Impact. Durch die Einführung dieser Massnahmen sind zusätzliche Anstrengungen zur Reduktion der Lärmbelastung vorzunehmen. Erweisen sich die Massnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg als unverhältnismässig, sind zusätzliche Erleichterungen mit möglichen Pflichten zu gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen zum Schutz von Innenräumen vor Lärmimmissionen zu beantragen.

Der Fokus der VOBÜ liegt auf den Ergebnissen der Massnahmenpakete resp. Einzelmassnahmen (Output). Die Beschreibung des Outcomes zeigt auf, ob die jeweiligen Wirkungen über eine tatsächliche Reduktion der Lärmimmissionen zustande kommen oder ob die Wirkungen auf Erleichterungen basieren, ohne dass sich Lärmimmissionen verändern. Daraus kann abgeleitet werden, wie Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft sowie öffentliche Hand hiervor langfristig betroffen sind (Impact). Die Dreiecke in der Grafik stehen für das Delta bzw. beziehen sich auf den Unterschied, welcher sich ergibt. Daraus kann abgeleitet werden, wie Umwelt, Wirtschaft und Gesellschaft sowie öffentliche Hand langfristig betroffen sind (Impact).

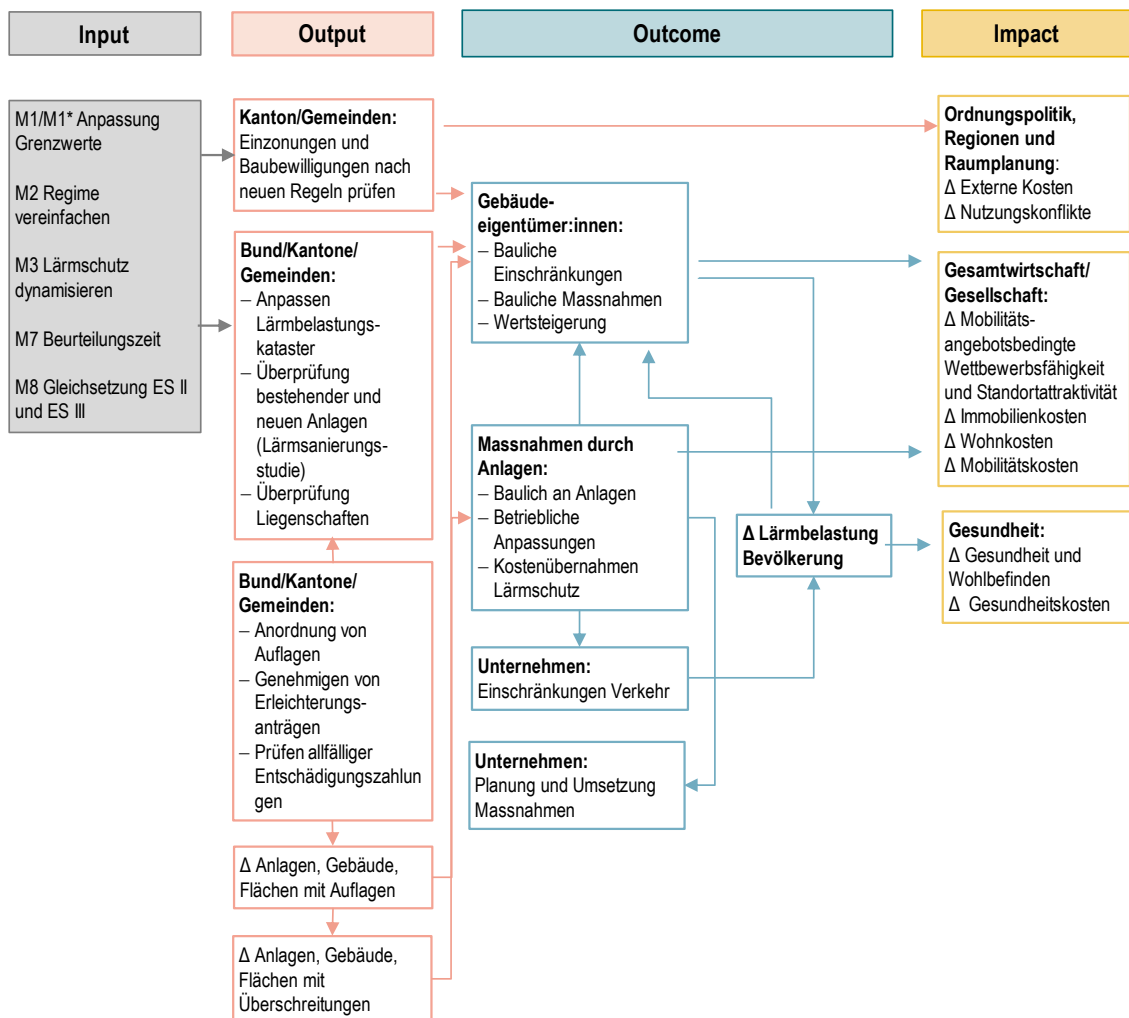


Abbildung 1: Wirkungsmodell für die Massnahmen M1/M1* sowie Einwirkung der Massnahmen M2, M3, M7 und M8

2.7 M4 «Massnahmen klären»

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. Die prioritären Massnahmen an der Quelle sollen genannt werden.	
Anpassung der LSV: Der Schutz vor Lärm soll verbessert werden, indem bestimmte Massnahmen an der Quelle für Strassenlärm und Eisenbahnlärm in der LSV priorisiert werden.	Hauptsächlich Wirkung: Vorgaben und Priorisierung zu technischen und betrieblichen Lärmschutzmassnahmen an den lärmverursachenden Anlagen.

Tabelle 8 Beschrieb Massnahme M4 «Massnahmen klären»

Bei der Umsetzung der prioritären Massnahmen gemäss der oben vorgeschlagenen Anpassung, muss weiterhin im Einzelfall geprüft werden, ob die Massnahme verhältnismässig ist. Dazu werden auch weiterhin Vollzugshilfen zur Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Lärmschutzmassnahmen an der Quelle angewendet. Der Vollzug und die erwartete Wirkung der Massnahme M4 basiert auf dem nachfolgenden Wirkungsmodell.

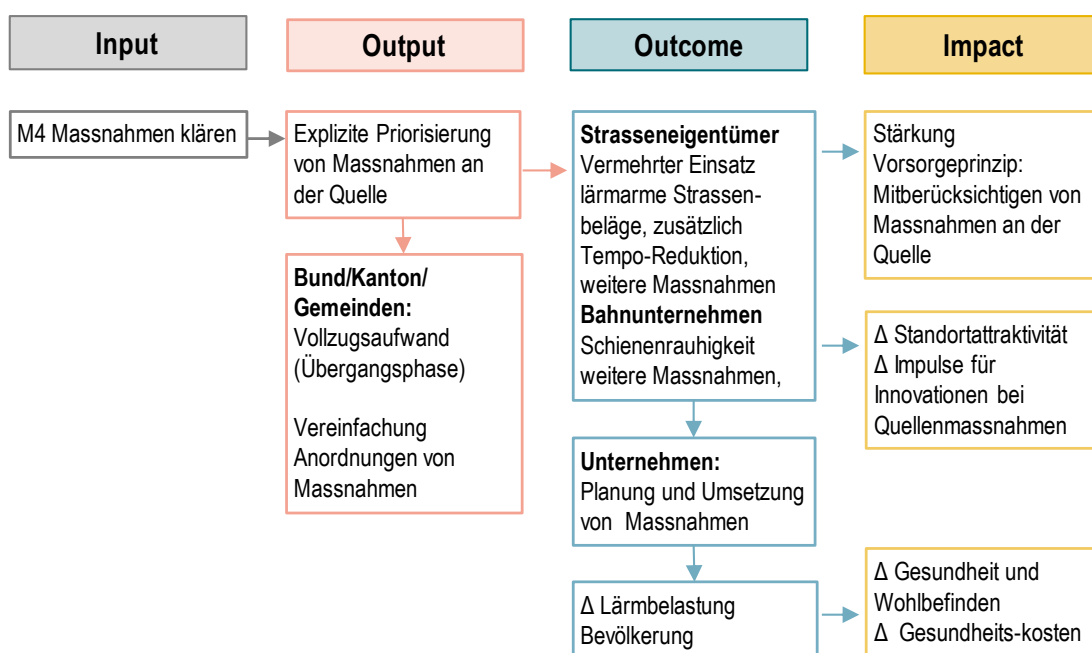


Abbildung 2: Wirkungsmodell für die Massnahmen M4 mit Output, Outcome und Impact

2.8 M5 «Transparenz stärken»

Beschreibung	Relevanz für Pakete 1 und 2 resp. 3 und 4
Ziel der Anpassung der LSV: Gewährte Erleichterungen sind öffentlich zugänglich und im Grundbuch angemerkt. Beim Kauf von Liegenschaften oder der Miete einer Wohnung kann man sich über gewährte Erleichterungen informieren.	
Anpassung der LSV: Eintragung von Ausnahmegewilligungen (Erleichterungen) in Lärmbelastungskataster und/oder im Grundbuch. Damit sind Erleichterungen öffentlich zugänglich, d. h. beim Kauf von Liegenschaften oder der Miete einer Wohnung kann man sich über gewährte Erleichterungen informieren.	Hauptsächliche Wirkung: <ul style="list-style-type: none"> - Transparenz im Markt - Verwaltungskosten für Erleichterungen steigen für die Anlagenbetreiber und Behörden an

Tabelle 9 Beschrieb Massnahme M5 «Transparenz stärken»

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

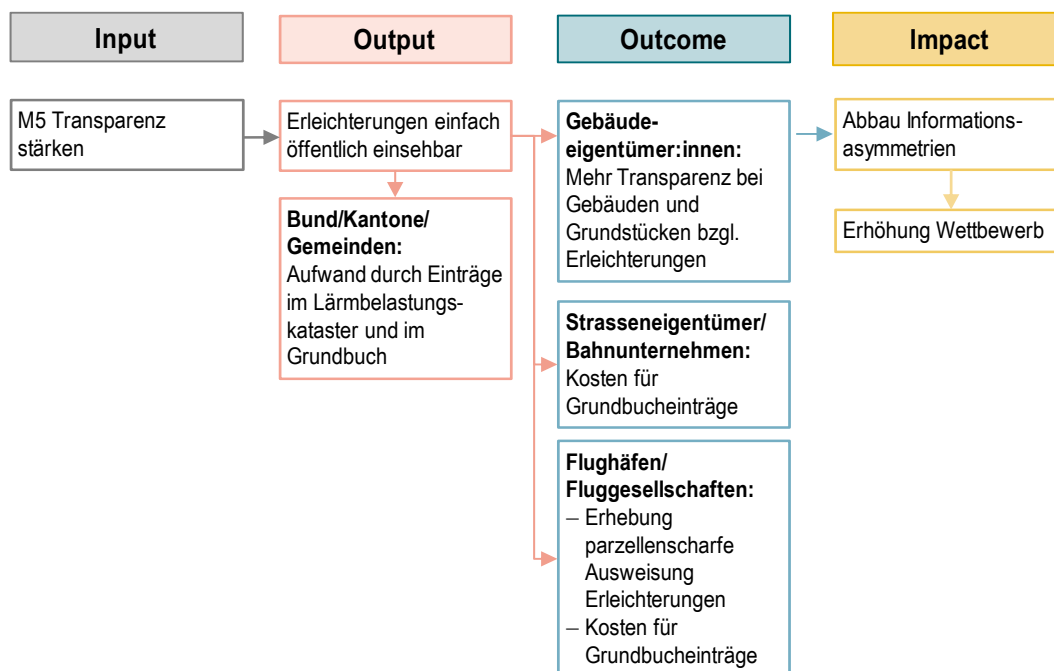


Abbildung 3: Wirkungsmodell für die Massnahmen M5 mit Output, Outcome und Impact

2.9 M6 «Verursacherprinzip stärken»

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 Massnahmen im Rahmen einer Lärmsanierung verhältnismässig wären.	
Anpassung der LSV: Vorleistungen im Lärmschutz, welche Gebäudeeigentümer geleistet haben, sollen vom Anlagenbetreiber zurückerstattet werden, wenn die Anlage saniert wird.	Hauptsächliche Wirkung: <ul style="list-style-type: none"> - Kosten für Erleichterungen und Ersatzmassnahmen steigen für die Anlagenbetreiber an. - Kosten bei den Grund- und Gebäudeeigentümern sinken

Tabelle 10 Beschrieb Massnahme M6 «Verursacherprinzip stärken»

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

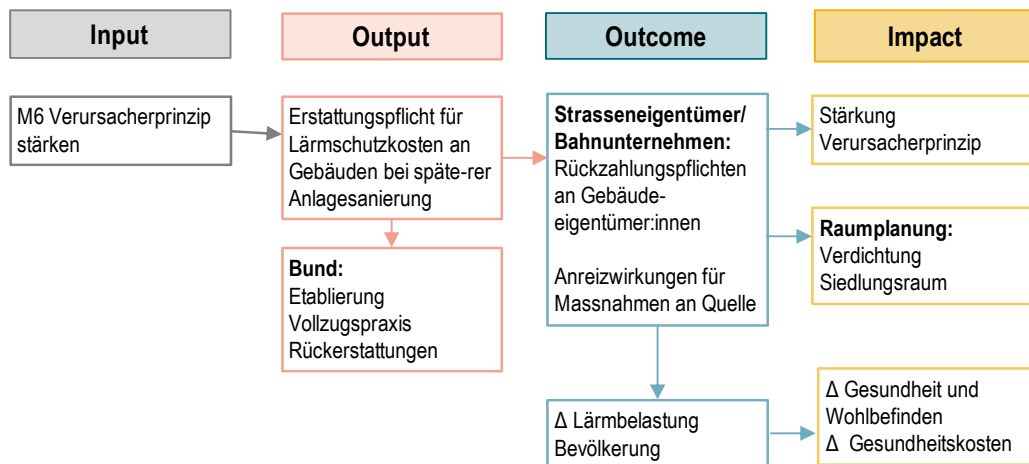


Abbildung 4: Wirkungsmodell für die Massnahmen M6 mit Output, Outcome und Impact

2.10 M12 «Grenzwertschema»

Heute werden die Grenzwerte in den Anhängen der LSV so dargestellt, dass bei jeder Lärmart beim IGW für den Tag in der ES II der gleiche Wert steht. Dies wird durch sogenannte Normierungskorrekturen erreicht. Die unterschiedlichen Störwirkungen der Lärmarten sollen neu im Grenzwertschema abgebildet werden, indem die Normierungskorrekturen weggelassen werden. Die Massnahme hat keine Auswirkungen auf die Höhe der Grenzwerte und wird in der Synthese nicht weiter behandelt.

3 Vorarbeiten– Relevanzanalyse

Gemäss VOB-Leitfaden richtet sich die VOB an vorgegebenen Beurteilungskriterien aus. Diese Beurteilungskriterien wurden in einem ersten Schritt einer Relevanzanalyse unterzogen. Das Ziel der Relevanzanalyse besteht darin, jene Bereiche zu identifizieren, die im Rahmen der VOB vertieft untersucht werden müssen. Gleichzeitig wurde auch eine Grobbeurteilung der möglichen Auswirkungen erstellt. Die Vorarbeiten zur VOB (Ecoplan, 2022a und 2022b) enthalten eine ausführliche Relevanzanalyse, welche mit der UVEK-internen Begleitgruppe validiert wurde. Tabelle 11 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. geringe Relevanz resp. Irrelevanz wird nicht unterschieden). Der Fokus der VOB wurde entsprechend auf die rot umrandeten Beurteilungskriterien gelegt.

Beurteilungskriterium		Grenzwerte anpassen	Regime vereinfachen	Beurteilungszeiten anpassen	ES II/ES III gleichsetzen	Lärmschutz dynamisieren	Massnahmen klären	Transparenz stärken	Verursacherprinzip stärken	Grenzwertschema erstellen
		M1	M2	M7	M8	M3	M4	M5	M6	M12
W1a	Unternehmen/KMU	hohe	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere				
W5	Bund, Kantone und Gemeinden	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	
W5a	Strasseneigentümer/-innen	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere			mittlere	
W5b	Bahnunternehmen	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere			mittlere	
W5c	Flughäfen	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere		mittlere		
W5d	Gebäudeeigentümer/-innen	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere		mittlere	mittlere	
W1b	Wettbewerb	mittlere		mittlere				mittlere		
W1c	Standortattraktivität	mittlere		mittlere	mittlere		mittlere			
W1d	Internationaler Öffnungsgrad	mittlere		mittlere						
W7	Innovation/Digitalisierung						mittlere			
W4	Gesellschaft	mittlere		mittlere	mittlere	mittlere				
Z1	Regionen	mittlere								
U2	Gesundheit	mittlere		mittlere	mittlere				mittlere	
W8	Ordnungspolitik	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	
U4	Raumplanung	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	mittlere	

Tabelle 11 Zusammenfassung Relevanzmatrizen aus der Grobbeurteilung, fokussiert auf **hohe** und **mittlere** Relevanz auf Basis Ecoplan, 2022b

Nachfolgend (Tabelle 12) werden die Schwerpunkte der vorliegenden VOB im Vergleich zur ursprünglichen Relevanzanalyse aus den Vorarbeiten erläutert.

	Beurteilungskriterium	Überprüfung	Begründung
W4	Gesellschaft	beurteilen	Der Gesellschaft wird eine hohe Relevanz beigemessen bei der Unterscheidung von Gesundheit und Wohlbefinden. Während sich Gesundheit in U2 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 VOB-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 12 Abweichende Beurteilungen Relevanzanalyse

Die angepasste Relevanzanalyse wurde mit der UVEK-internen Begleitgruppe validiert.

4 Auswirkungen und Beurteilung der untersuchten Massnahmen

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse der volkswirtschaftlichen Beurteilung der untersuchten Massnahmen für die einzelnen Lärmarten aufgezeigt. Diese Darstellung unterscheidet sich von der Struktur des Schlussberichts VOB ARL, da die Ergebnisse nach Lärmarten gegliedert sind. Im Kapitel 4.7 findet sich eine Gesamtübersicht zu Wirkung, Effektivität, Effizienz und Verteilungswirkung der EKL B Empfehlungen. Hinzu kommen die Ergebnisse zu den Einzelmassnahmen sowie die Ergebnisse im Bereich Raumplanung.

Die Massnahmen M1 «Grenzwerte anpassen», M7 «Anpassung der Beurteilungszeit» und M8 «Gleichsetzung von ES II und ES III» sowie die Sensitivitätsbetrachtung M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel» folgen der EKL B-Empfehlung zu gesetzeskonformen Grenzwerten und führen insgesamt zu einer Verschärfung von Grenzwerten. Das zugehörige Wirkungsmodell (Abbildung 1) zeigt auf, wie die Anpassung der Grenzwerte zu zusätzlichen, quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen führen kann.

4.1 Einführende Betrachtung der Auswirkungen Lärmschutzmassnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg

4.1.1 Grenzen und Verhältnismässigkeit

Bei Sanierungspflicht einer Anlage ist ein Lärmsanierungsprojekt auszuarbeiten. Nach den Grundsätzen des USG haben Massnahmen an der Quelle Priorität vor Massnahmen auf dem Ausbreitungsweg des Schalls. Der Einsatz von Lärmschutzmassnahmen wird durch bauliche, technische, betrieblich und finanzielle Grenzen eingeschränkt. Selbst wenn Massnahmen technisch möglich sind, müssen sie nicht zwingend vollständig umgesetzt werden, wenn sie nicht verhältnismässig sind. Hinzu kommt, dass auch andere Interessen, wie etwa die Verkehrssicherheit, die Landesverteidigung oder der Landschaftsschutz, das Interesse am Lärmschutz überwiegen können, sodass Lärmschutzmassnahmen aufgrund einer Interessenabwägung nicht realisiert werden müssen. Die Berücksichtigung dieser Überlegungen war für die VOBÜ-Analyse zentral.

4.1.2 Analyse der Auswirkungen und wirtschaftliche Tragbarkeit

Um die Auswirkungen der Massnahmen M1/M1*, M7 sowie M8 zu untersuchen, wurde ein konkretes Set an Lärmschutzmassnahmen angenommen und es wurde abgeschätzt, wie weit diese Massnahmen mit neuen Grenzwerten verhältnismässig wären. Für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm wurden aufwendige Simulationsrechnungen durchgeführt. Um insbesondere die volkswirtschaftliche Tragbarkeit zu beurteilen, wurden Kosten und Nutzen abgeschätzt, einschliesslich des Deltas der externen Kosten. Die Kosten und Nutzen wurden auf volkswirtschaftlicher Ebene gegenübergestellt, da Lärmbelastungen als klassische externe Effekte betrachtet werden und die volkswirtschaftliche Tragbarkeit besonders in Betracht gezogen wurde.

4.1.3 Ausschöpfung Sanierungspotenzial für Eisenbahn- und Fluglärm

Mögliche künftige Lärmschutzmassnahmen gegen Eisenbahn- und Fluglärm unterscheiden sich grundsätzlich von den Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm. Während die Lärmschutzmassnahmen beim Strassenlärm in der Regel streckenweise umgesetzt werden, wirken Lärmschutzmassnahmen beim Eisenbahnlärm (z.B. Schienenschleifen) auf dem ganzen Netz und beim Fluglärm (z.B. lärmarme Flugzeuge) grossflächig. Das führt dazu, dass beim Eisenbahnlärm und beim Fluglärm sämtliche bislang lärmbelasteten Personen und Wohnungen von den Lärmschutzmassnahmen profitieren. Wenn entsprechende Lärmschutzmassnahmen im Rahmen einer Grenzwertverschärfung durch M1/M1* bereits in angemessenem Umfang ergriffen werden, ist es daher unwahrscheinlich, dass weitere Verschärfungen durch M7 und M8 zu zusätzlichen Lärmschutzmassnahmen führen, da die Grenznutzen abnehmend sind. Dies wurde insbesondere bei Flug- und Eisenbahnlärm deutlich nachgewiesen.

4.2 Einführende Betrachtung der Auswirkungen von Erleichterungen und gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen

4.2.1 Pflicht zu Ersatzmassnahmen bei Überschreitungen von Grenzwerten und ihre Auswirkungen

Werden Grenzwerte überschritten und sind Lärmschutzmassnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg nicht verhältnismässig im rechtlichen Sinne, können Erleichterungen gewährt werden, woraus sich bei öffentlichen oder konzessionierten Anlagen die Pflicht zu gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen (Schallschutzmassnahmen, Art. 10 oder 15 LSV) ergeben kann. Deren Kosten gehen zulasten der Anlageinhaber (Art. 11 oder 16 LSV). Je nachdem, ob es um eine Neuanlage oder eine bestehende Anlage geht, tritt die Pflicht bereits bei IGW-Überschreitung ein; bei AW-Überschreitung besteht sie immer. Ersatzmassnahmen sind keine Massnahmen zur Einhaltung von Grenzwerten. Sozio-akustische Belästigungsbefragungen haben gezeigt, dass die Belästigung durch Lärm am Wohnort nicht

primär durch die Situation im Gebäudeinneren bestimmt wird, sondern dass auch die Lärmbelastung des unmittelbaren Aussenbereichs in das Belästigungsurteil einfliesst (EKLB, 2021).

4.2.2 Bewertung des Nutzens von Schallschutzfenstern und ihrer Auswirkungen auf Gesundheitskosten und Wohnungspreise

In der vorliegenden VOBU wird davon ausgegangen, dass die Lärmbelastung bei geschlossenen Schallschutzfenstern (SSF) im Vergleich zu offenen Fenstern im Innenraum beträchtlich reduziert wird. Wie im Bericht von Ecoplan (2022a) wird auch davon ausgegangen, dass die Lärmreduktion in Innenräumen zur Senkung der Gesundheitskosten führt. Somit wird ein Nutzen durch SSF erwartet, obwohl er deutlich geringer ist als der Nutzen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Würde angenommen, dass SSF keinerlei Nutzen bringen, wären SSF als Ersatzmassnahmen volkswirtschaftlich ineffizient und infrage zu stellen.

Die Belästigung und die gesundheitlichen Effekte durch den Lärm können mit Ersatzmassnahmen somit nur teilweise reduziert werden. Der Nutzen der Massnahmen gegen Lärm entspricht dem Rückgang der von Lärm verursachten externen Effekte. Um diese zu berechnen, geht man von lärmbedingten Mietabschlägen aus. Diese wurden von der Zürcher Kantonalbank anhand eines hedonischen Modells gestützt auf Inseratedaten abgeschätzt (Zürcher Kantonalbank, 2011). Die Modellierung enthielt sowohl Altbauwohnungen ohne SSF als auch Neubauwohnungen mit SSF. Der Einfluss von Lärm auf die Mietpreise 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, wurden bei der Berechnung des Nutzens von SSF nur die Gesundheitskosten berücksichtigt.

4.3 Simulationen und Einschränkungen bei der Bewertung von Lärmschutzmassnahmen

Mit den vorliegenden Daten ist es möglich, die Anzahl IGW- und AW-Überschreitungen für Personen und Wohnungen bei der Umsetzung der Massnahmenpakete zu simulieren. Die Simulation ist möglich sowohl vor als auch nach Umsetzung der voraussichtlich verhältnismässigen Lärmschutzmassnahmen an der Quelle. So wird die Simulationen von Ersatzmassnahmen plausibel eingeschätzt. Während die Berechnungen der Kosten der Ersatzmassnahmen ohne Einschränkungen möglich ist, ist die Abschätzung des Nutzens in seiner Genauigkeit eingeschränkt.

4.4 Auswirkungen der EKLB Empfehlungen im Bereich Strassenlärm

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Umsetzung der EKLB-Empfehlungen auf den Strassenlärm dargestellt. Untersucht wurden die Massnahmen M1 «Grenzwerte anpassen», M7 «Anpassung der Beurteilungszeit», M8 «Gleichsetzung von ES II und ES III» sowie als Sensitivitätsbetrachtung M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel», wobei sich M1 und M1* beim Strassenlärm nicht unterscheiden. Werden diese Empfehlungen der EKLB umgesetzt, führt dies zu einem Anstieg der Anzahl Personen über den Immissionsgrenzwerten (IGW) und den Alarmwerten (AW). Dies verpflichtet die Anlageinhaber zusätzliche Lärmschutzmassnahmen zu ergreifen, soweit solche verhältnismässig sind. Die Auswirkungen der Lärmschutzmassnahmen an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg werden im Kapitel 4.4.1 beschrieben. Sind die quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen unverhältnismässig, können die Vollzugsbehörden Erleichterungen gewähren (Art. 7, 8 und 14 LSV). Die Anlageinhaber müssen dann unter bestimmten Bedingungen gebäudeseitige Ersatzmassnahmen (i.d.R. Schallschutzfenster) ergreifen – die Auswirkungen der Erleichterungen und der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen werden im Kapitel 4.4.2 beschrieben.

Ergänzende Anmerkung seitens Auftraggeber (BAFU):

Die Lärmschutzmassnahme «Lärmschutzwand» ist keine Massnahme an der Quelle, sondern auf dem Ausbreitungsweg. Im vorliegenden Kurzbericht werden die Lärmschutzwände beim Strassenlärm zu den «quellenseitigen Massnahmen» gezählt (vgl. Art. 2 Abs. 3 LSV), in Abgrenzung zu den «gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen» infolge von Erleichterungen.

4.4.1 Auswirkungen quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen⁴ auf den Strassenlärm

4.4.1.1 Kaskade quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen⁴ für Strassenlärm

Als quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm wurden in der VOBu lärmarme Beläge und Geschwindigkeitsreduktionen untersucht, sowie Lärmschutzwände, die aber auf dem Ausbreitungsweg wirken. Die Simulationen für den Strassenlärm erfolgen entlang einer Kaskade (Tabelle 13).

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

Tabelle 13 Kaskade der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Abkürzungen: LAB = lärmarmen Belag, LSW = Lärmschutzwand, T-Reduktion = Geschwindigkeitsreduktion

Dabei wird bei IGW-Überschreitungen die erste prioritäre Lärmschutzmassnahme ausgewählt und, sofern die Verhältnismässigkeit in Form der wirtschaftlichen Tragbarkeit gewährleistet ist, simuliert. Falls dies nicht ausreicht, um die Grenzwerte einzuhalten, wird entlang der gesetzten Prioritätenliste die nächste Lärmschutzmassnahme in gleicher Weise simuliert. Alle Lärmschutzmassnahmen werden nur umgesetzt, solange die Verhältnismässigkeit gewährleistet ist. 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). Die Lärmschutzmassnahme «Geschwindigkeitsreduktion» wird auf Nationalstrassen nicht berücksichtigt, da sie gemäss der VOBu-Simulationen nur auf einem Abschnitt von rund 100 Metern als wirtschaftlich tragbar eingestuft wird. Die Lärmschutzmassnahmen werden in Tabelle 14 beschrieben.

⁴ Inklusive Lärmschutzwände, die auf dem Ausbreitungsweg wirken

Lärmschutz-massnahmen	Abkürzung	Beschrieb
Lärmarme Beläge	LAB	<ul style="list-style-type: none"> - Einbau Belagstyp von SDA4 und SDA8 - Emissionsreduktion von 3 dB resp. 1 dB gegenüber dem neutralen Referenzbelag (siehe ASTRA und BAFU, 2022) - Lärmberechnung mittels sonROAD04, gemäss Entscheid BAFU im Rahmen Ecoplan, 2022a
Lärmschutz-wände	LSW	<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 und Plausibilisierung mittels D-noise
Geschwindigkeitsreduktion	T-Reduktion	<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, 2023) - Lärmberechnung mittels sonROAD4

Tabelle 14: Übersicht quellenseitige Lärmschutzmassnahmen zur Reduktion von Strassenlärm

Stufe 1a: Lärmarme Beläge

Die Tabelle 15 zeigt die potenziellen Strecken für die Anwendung der Massnahme «lärmarmer Belag» (LAB) gemäss VOB-Annahmen nach Strassentyp unter Berücksichtigung der IGW-Überschreitungen und der wirtschaftlichen Tragbarkeit. Mit den aktuellen Grenzwerten der LSV müssen nach den Berechnungen der VOB ARL bei rund 4'900 km Strasse LAB in der Stufe 1a eingebaut werden. Werden die Grenzwerte mit M1 resp. M1* (Paket 1 & 3, diese sind beim Strassenlärm identisch) verschärft, so nimmt die Strecke um rund 700 km zu (+14 %). Mit den Verschärfungen durch M7 und M8 (Paket 2 & 4) kommen insgesamt rund 3'500 km (+72 %) hinzu.

	Basis LSV aktuell		Pakete 1 und 3 M1/M1*		Pakete 2 und 4 M1/M1* & M7 & M8	
	Strecken-Kilometer	Anteil	Strecken-Kilometer	Anteil	Strecken-Kilometer	Anteil
Ausserorts	682	100 %	686	101 %	1'236	181 %
Innerorts	4'233	100 %	4'910	116 %	7'242	17 %
Total	4'916	100 %	5'596	114 %	8'477	172 %

Tabelle 15: Potenzielle Strecken für die Anwendung der Massnahme «Lärmarmer Belag» gemäss VOB-Annahmen unter Berücksichtigung von IGW-Überschreitungen und wirtschaftlicher Tragbarkeit

Tabelle 16 verdeutlicht die hohe Effizienz von LAB. Die durch diese Lärmschutzmassnahme erzeugten jährlichen Nutzen, durch die Reduktion von Gesundheits- und Gebäudekosten, übersteigen die jährlichen Kosten um ein Vielfaches. Sie zeigt auch, dass die Kosten für lärmarme Beläge proportional zur sanierten Streckenlänge ansteigen, während der Nutzen aus den LAB dies nicht tut. Diese sogenannten abnehmenden Grenznutzen erklären sich dadurch, dass die Gesundheits- und Gebäudekosten mit abnehmendem Lärmpegel vernachlässigbar werden.

Pakete	Kosten		Nutzen	
	in Mio. CHF	Zunahme gegenüber aktueller LSV	in Mio. CHF	Zunahme gegenüber aktueller LSV
Basis LSV aktuell	64		314	
Pakete 1 und 3 (M1/M1*)	73	14 %	328	4 %
Paket 2 und 4 (M1/M1*+M7+M8)	106	65 %	390	24 %

Tabelle 16 Kosten und Nutzen in Mio. CHF pro Jahr der quellenseitigen Lärmschutzmassnahme «lärm-
armer Belag»: sowie deren Zunahme nach Paketen

Trotz der hohen Wirksamkeit und Effizienz der LAB können mit dieser Massnahme alleine nicht alle Personen vor IGW-Überschreitungen geschützt werden, sodass auf vielen Streckenabschnitten zusätzliche Lärmschutzmassnahmen entlang der Massnahmenkaskade getroffen werden müssen.

Stufe 1b: Geschwindigkeitsreduktion auf übrigen Strassen

Um den Schutz weiter erhöhen zu können, können in einem nächsten Schritt auch Geschwindigkeitsreduktionen in Betracht gezogen werden. Mit Stufe 1b wurden die Auswirkungen simuliert, wenn ausschliesslich Geschwindigkeitsreduktionen als Lärmschutzmassnahme für übrige Strassen angewendet werden. Als relevante externe Kosten gelten Reisezeitverluste, welche sich volkswirtschaftlich monetarisieren lassen. Gestützt auf die Betrachtung der Reisezeitverluste⁵ könnte bei rund 159 Strassenkilometern die Geschwindigkeit reduziert werden. Davon befinden sich rund 71 Kilometer Strasse innerorts und 88 Kilometer ausserorts. Rund 84 % der Strassen, bei denen das signalisierte Tempo um 20 km/h reduziert würde, sind Strassen im Eigentum der Gemeinden. 64 Strassenkilometer würden von Tempo 50 auf Tempo 30 reduziert, 93 Kilometer von Tempo 80 auf Tempo 60.

Wie sich zeigt, spricht das in der VOBUE ARL angewendete Kriterium der Reisezeitverluste⁶ gegen eine breite Einführung von Geschwindigkeitsreduktionen. Bei der Prüfung von Entscheiden zur Begrenzung der Höchstgeschwindigkeit geht das Bundesgericht (BGE 1C 27/2022 und 1C 33/2022 vom 20. April 2023) davon aus, dass weitere Kriterien mit in die Entscheidungsfindung einbezogen werden müssen. In seinem Entscheid verweist das Bundesgericht auf das vom BAFU erarbeitete Schema zur Prüfung der Verhältnismässigkeit der Geschwindigkeitsreduktion als Lärmschutzmassnahmen (BAFU, 2021). Dieses Schema verbindet die Begriffe der beiden Rechtsgrundlagen (aus dem Bereich Umwelt und aus dem Bereich Strassenverkehr) und zeichnet die notwendigen Schritte auf (Verhältnismässigkeitsprüfung). Zudem schlägt das Schema eine Bewertungsmethoden vor. Deren Kriterien sind von den lokalen Gegebenheiten abhängig und lassen sich nicht schweizweit modellieren. Die Ergebnisse der VOBUE sind von übergeordneter Art und nicht dazu geeignet, konkrete Streckenabschnitte oder Zonen (Tempo 30) betreffend Geschwindigkeitsreduktion abschliessend zu beurteilen.

Stufe 2: Lärmschutzwände auf National- und Hochleistungsstrassen, LAB und Temporeduktion für übrige Strassen

In der Stufe 2 werden für die übrigen Strassen lärmarme Beläge und Geschwindigkeitsreduktionen kombiniert. Auf National- und Hochleistungsstrassen werden LSW geprüft, wenn die Wirkung von LAB nicht ausreichend ist. Die Potenziale durch LSW entlang von Autobahnen wurden in der Vergangenheit

⁵ Während das BAFU hier von Reisezeitverlusten spricht, wird im VOBUE-Schlussbericht an dieser Stelle das Kriterium der wirtschaftlichen Tragbarkeit genannt.

⁶ Während das BAFU hier von Reisezeitverlusten spricht, wird im VOBUE-Schlussbericht an dieser Stelle das Kriterium der wirtschaftlichen Tragbarkeit genannt.

grösstenteils realisiert. Früher wurden LSW weit häufiger als prioritäre Lärmschutzmassnahme betrachtet, erst seit etwa 2013 haben andere Lärmschutzmassnahmen an Bedeutung gewonnen (BAFU, 2019). In der VOBU werden für Nationalstrassen und Hochleistungsstrassen maximal 9.4 Streckenkilometer identifiziert, bei welchen LSW nach erfolgtem Einsatz von LAB finanziell tragbar wären. Dabei wurde nicht berücksichtigt, ob die LSW entweder wegen anderer überwiegender Interessen (Ortsbild) oder wegen spezieller bautechnischer Situationen nicht gebaut würden. Die Annahme von abnehmenden Grenznutzen lässt sich auch für LSW bestätigen.

4.4.1.2 Effektivität quellenseitige Lärmschutzmassnahmen⁷ im Strassenlärm

Abbildung 5 zeigt den ermittelten Nutzen und die Kosten der in der VOBU als verhältnismässig und realisierbar erachteten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen beim Strassenlärm.

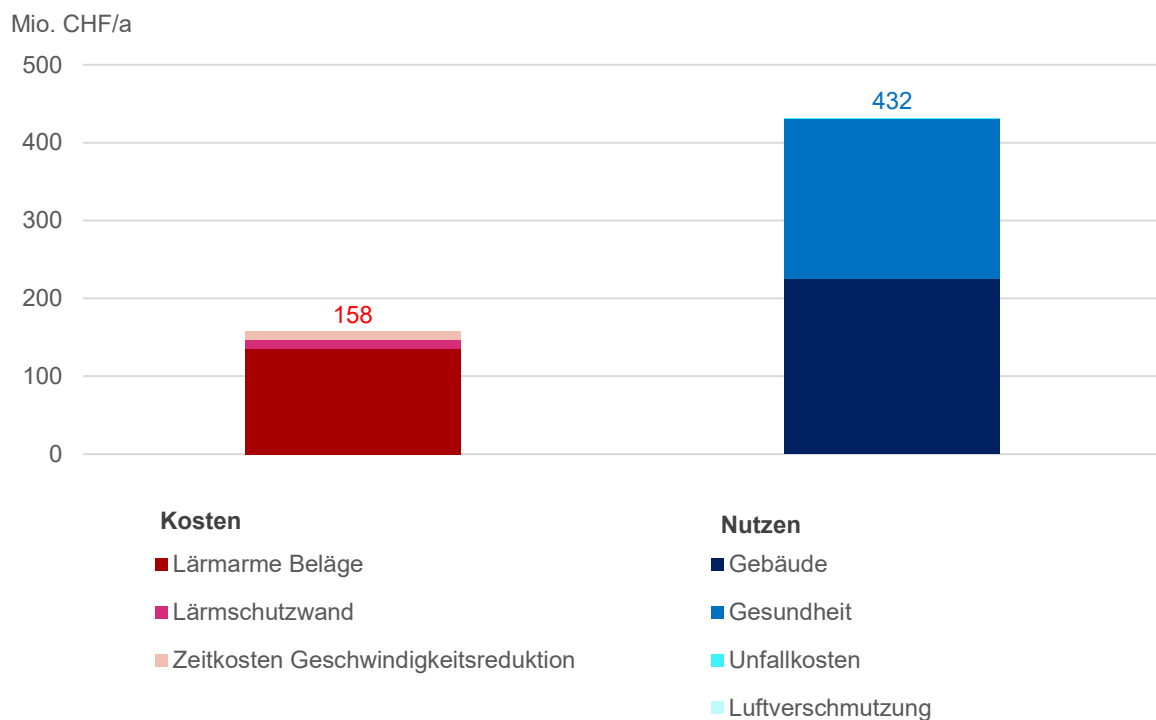


Abbildung 5: Gegenüberstellung Kosten und Nutzen der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm. Hinweis: Die Nutzen aus reduzierten Unfallkosten und Luftverschmutzung sind zu gering für eine sichtbare Darstellung.

In Bezug auf die Geschwindigkeitsreduktion ist die Verhältnismässigkeit nicht vollständig gegeben, da bisher lediglich die Zeitkosten berücksichtigt wurden (siehe Erklärung Stufe 1b Übrige Strasse Temporeduktion). Die angenommenen Massnahmen zeigen erhebliche positive Auswirkungen, indem sie die lärmbedingten Gesundheits- und Gebäudekosten effektiv reduzieren und damit einen volkswirtschaftlichen Nutzen stiften. Dieser wird auf rund 432 Mio. CHF pro Jahr geschätzt.

4.4.1.3 Effizienz quellenseitige Lärmschutzmassnahmen⁷ im Strassenlärm

Die Effizienzvergleiche der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm zeigen, dass alle geprüften Stufen effizient sind (Tabelle 17). Die beste Effizienz weist die Stufe 1a (ausschliesslicher Einsatz von LAB auf allen Strassen) bei einem Nutzen von CHF 3.1 pro investiertem Franken aus. In Stufe 1b werden LAB nur auf Hochleistungsstrassen (inkl. Nationalstrassen) vorgesehen, während bei allen übrigen Strassen mit IGW-Überschreitungen eine Geschwindigkeitsreduktion um 20 km/h angenommen wird. Die ausschliessliche Geschwindigkeitsreduktion auf den übrigen Strassen führt zu

⁷ Inklusive Lärmschutzwände, die auf dem Ausbreitungsweg wirken

einem Nutzen pro investiertem Franken von 1.4. 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. Diese Kombination erweist sich als volkswirtschaftlich effektiv und effizient durch quellenseitige Lärmbekämpfung.

Stufe	Stufe 1a	Stufe 1b	Stufe 2
Nutzen in CHF pro investiertem Franken	3.1	1.4	2.7

Tabelle 17: Effizienz der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen für Strassenlärm

4.4.1.4 Verteilungswirkung quellenseitige Lärmschutzmassnahmen⁸ Strassenlärm

Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm führen zu erheblichem volkswirtschaftlichem Nutzen. Dieser ergibt sich aus reduzierten Gesundheitskosten und Wertsteigerungen für den Gebäudepark. Die beiden Nutzenarten verteilen sich auf ungefähr 45 % Gesundheitsnutzen und 55 % Gebäudenutzen. Die Gebäudenutzen fallen bei den privaten, öffentlichen und institutionellen Gebäudeeigentümern und -eigentümerinnen an. An den Gesundheitsnutzen dürften die privaten Haushalte die höchsten Anteile halten. Der Grossteil der Gesundheitsnutzen entfällt direkt auf die privaten Haushalte, 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 öffentlichen Haushalte ziehen 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.

Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen gegen Strassenlärm führen zu erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten. 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 allgemeinen Steuern, Fahrzeugsteuern, Mineralölsteuern und leistungsabhängiger Schwerverkehrsabgabe. Für Nationalstrassen wird mit der jährlichen Vignette eine Zusatzabgabe erhoben. Im Falle einer Geschwindigkeitsreduktion tragen die Nutzer/-innen entsprechender Strassenabschnitte mittels steigenden Reisezeitkosten direkt die Kosten der Massnahmen. Zusammenfassend wird die Verteilungswirkung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen beim Strassenlärm als neutral beurteilt.

4.4.2 Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen beim Strassenlärm

Die LSV sieht vor, dass zusätzlich zu quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen unter gewissen Bedingungen Erleichterungen (Ausnahmebewilligungen) gewährt werden können. Die Erleichterung geht dabei unter bestimmten Bedingungen mit der Pflicht zu gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen (in der Regel Schallschutzfenster, SSF) einher. Bei der Sanierung von bestehenden Anlagen (bewilligt vor 1985) besteht bei AW-Überschreitungen die Pflicht zu gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen. Bei der wesentlichen Änderung von bestehenden Anlagen oder bei neuen Anlagen (bewilligt nach 1985) besteht bereits bei IGW-Überschreitungen die Pflicht zur gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen. Fallweise leisten

⁸ Inklusive Lärmschutzwände, die auf dem Ausbreitungsweg wirken

Kantone und grössere Städte auch freiwillige Beiträge, wenn Gebäudeeigentümer/-innen im Belästigungsbereich zwischen IGW- und AW-Massnahmen gegen Lärm an ihren Liegenschaften ausführen.

Die Einführung verschärfter Grenzwerte (Paket 1 und 3) würde bei der heutigen Lärmbelastung ohne quellenseitige Lärmschutzmassnahmen die Anzahl Personen mit IGW-Überschreitungen in die Höhe treiben. Entsprechend führen die verschärften Grenzwerte auch zu einem Bedarf an zusätzlichen Erleichterungen für die neu über den IGW bzw. AW belasteten Gebäude. Werden zur Eindämmung der IGW-Überschreitungen quellenseitige Lärmschutzmassnahmen durchgeführt, sinkt nicht nur die Anzahl neuer Erleichterungen durch die Anpassung der Grenzwerte, sondern es sinkt auch die Anzahl der bereits heute bestehenden IGW-Überschreitungen (siehe Tabelle 18). Deshalb führen Pakete 1 und 3 zu einer insgesamt geringeren Anzahl an Erleichterungen im Vergleich zur «Basis unsaniert» (aktueller Stand).

Lärmart	Basis unsaniert	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
		M1	M1 + M8	M1*	M1* + M8
Strassenlärm	209'627	110'540	214'705	110'540	214'705

Tabelle 18 Anzahl Gebäude mit IGW-Überschreitungen resp. Erleichterungen für Basis unsaniert (heutiger Zustand vor Lärmschutzmassnahmen) und für Pakete 1 bis 4 nach Durchführung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen. M7 wurde aus Kapazitätsgründen für diese Analysen in Paketen 2 und 4 nicht berücksichtigt.

4.4.2.1 Effektivität Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen beim Strassenlärm

Spezifische IGW-Überschreitungen sowie jegliche AW-Überschreitungen führen dazu, dass Erleichterungen erteilt werden und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen zu treffen sind. 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 verbunden sind, während die erzielten Nutzen verhältnismässig gering ausfallen (insbesondere für die Pakete 2 und 4).

Werden keine quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen umgesetzt, liegen die Kosten für gebäudeseitige Ersatzmassnahmen für die Pakete 2 und 4 bei knapp 33 Mio. CHF pro Jahr (siehe Abbildung 6). Rund 10 % der Kosten fallen aufgrund des Vollzugsaufwands für Erleichterungen an und 90 % der Kosten stammen vom Einbau von Schallschutzfenstern. Werden nur die Grenzwerte angepasst (Pakete 1 & 3) liegen die Kosten mit rund 4.4 Mio. CHF deutlich niedriger. Zudem zeigten die Simulationen, dass zusätzlich die Verlängerung der Nachtstunde (M7) zu höheren Kosten durch gebäudeseitige Ersatzmassnahmen führt als zusätzlich die Gleichsetzung ES III mit ES II (M8).

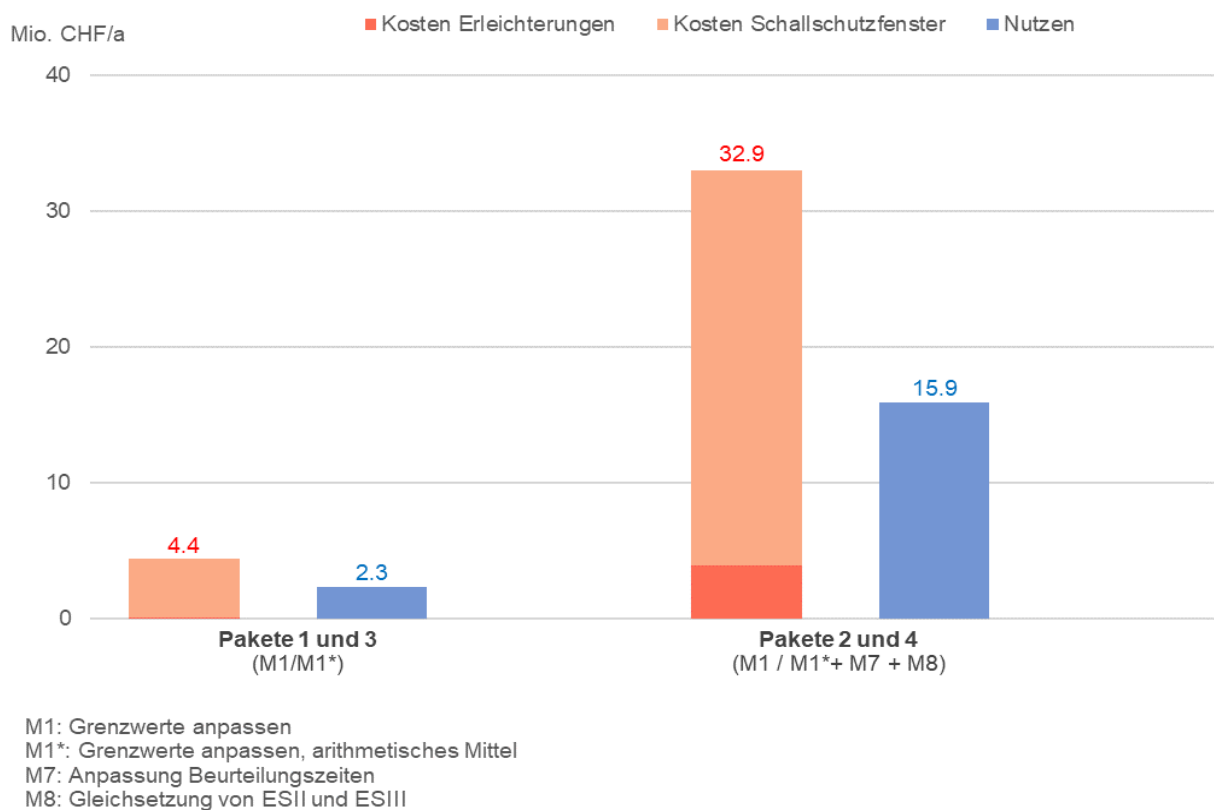


Abbildung 6: Kosten und Nutzen gebäudeseitiger Ersatzmassnahmen gegen Strassenlärm ohne Umsetzung von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen. Die Ergebnisse für Pakete 1 und 3 sowie Pakete 2 und 4 sind jeweils identisch.

4.4.2.2 Effizienz Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen Strassenlärm

Die Effizienz der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen wurde als ungenügend ermittelt (Tabelle 19). In allen Paketen liegt der Nutzen pro investiertem Franken unter 1.

	Pakete 1 und 3	Pakete 2 und 4
Nutzen in CHF pro investierten Franken	0.52	0.48

Tabelle 19 Effizienz von gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen gegen Strassenlärm für die Massnahmenpakete 1 bis 4 vor Durchführung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen in Nutzen in CHF pro investiertem Franken.

4.4.3 Zusammenfassung Strassenlärm

4.4.3.1 Untersuchungsrahmen und Massnahmen

Mit der VOBUE wurde in einem ersten Schritt untersucht, wie sich quellenseitige Lärmschutzmassnahmen infolge der Umsetzung der EKLBEmpfehlungen auswirken und welche Kosten und Nutzen hiermit verbunden sind. Folgende Massnahmen wurden berücksichtigt: M1 «Grenzwerte anpassen» und M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel» (M1 und M1* sind beim Strassenlärm identisch), M7 «Anpassung der Beurteilungszeit» und M8 «Gleichsetzung von ES II und ES III». Die Lärmschutzmassnahmen wurden unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Tragbarkeit angenommen.

4.4.3.2 Vergleich von M1 und M1*

Beide Massnahmen führen zu vergleichbaren Reduktionen der Lärmbelastungen, da M1 und M1* für den Strassenlärm identische Grenzwerte aufweisen.

4.4.3.3 Lärmarme Beläge als effektive und effiziente quellenseitige Lärmschutzmassnahme

Lärmarme Beläge sind eine effektive und effiziente quellenseitige Lärmschutzmassnahme sowohl für Nationalstrassen als auch für übrige Strassen. Bei Streckenabschnitten, wo nach dem Einsatz lärmarmen Beläge immer noch Grenzwertüberschreitungen bestehen, sind bei Nationalstrassen auf wenigen Kilometern Lärmschutzwände verhältnismässig und bei übrigen Strassen Geschwindigkeitsreduktionen auf 159 Strassenkilometern.

4.4.3.4 Herausforderungen bei der Implementierung von Geschwindigkeitsreduktionen

Wie sich zeigt, erschwert das in der VOBU angewendete Kriterium der wirtschaftlichen Tragbarkeit (Reisezeitverluste) eine breite Implementierung der Lärmschutzmassnahme «Geschwindigkeitsreduktion». Die Ergebnisse der VOBU sind jedoch Modellierungen und nicht dazu geeignet, konkrete Streckenabschnitte betreffend Geschwindigkeitsreduktion abschliessend zu beurteilen. Dazu ist eine Verhältnismässigkeitsprüfung im rechtlichen Sinne nötig. Für die dabei zu prüfenden Schritte wird vorzugsweise das Schema des BAFU zur Prüfung der Verhältnismässigkeit von Geschwindigkeitsreduktionen herangezogen.

4.4.3.5 Effektivität und Kosten-Nutzen-Verhältnis der Massnahmen beim Strassenlärm

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse in Bezug auf die Effektivität und das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Massnahmen zusammengefasst:

- Die angenommenen Massnahmen zeigen erhebliche positive Auswirkungen, indem sie effektiv die lärmbedingten Gesundheits- und Gebäudekosten reduzieren und damit einen volkswirtschaftlichen Nutzen stiften. Dieser wird auf rund 432 Mio. CHF pro Jahr geschätzt, bei Kosten von 158 Mio. CHF pro Jahr.
- Die als verhältnismässig beurteilten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen reichen nicht aus, um die Lärmbelastungen in einem Masse zu senken, dass die von der EKLB empfohlenen Grenzwerte vollständig eingehalten werden können.
- Schätzungen zeigen, dass auch nach Abschluss der Lärmsanierungen bei verschärften Grenzwerten weiterhin erhebliche IGW-Überschreitungen an Gebäuden bestehen bleiben.
- Spezifische IGW-Überschreitungen und AW-Überschreitungen erfordern Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen.
- Insgesamt weisen die Ersatzmassnahmen durch Anpassung der Grenzwerte (M1/M1*) ein niedriges Kosten-Nutzen-Verhältnis auf und zeigen daher eine ungenügende Effizienz.
- Die Umsetzung der Massnahmen M7 (Anpassung der Beurteilungszeit) und M8 (Gleichsetzung von ES II und ES III) führt zu noch mehr Erleichterungen und einem ungünstigeren Kosten-Nutzen-Verhältnis.

4.5 Auswirkungen der EKLB Empfehlungen im Bereich Eisenbahnlärm

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Umsetzung der EKLB-Empfehlungen auf den Eisenbahnlärm dargestellt. Untersucht werden die Massnahmen M1 «Grenzwerte anpassen» und M8 «Gleichsetzung von ES II und ES III» sowie als Sensitivitätsbetrachtung M1* «Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel». Werden diese Empfehlungen der EKLB umgesetzt, führt dies zu einem Anstieg der Anzahl Personen über den Immissionsgrenzwerten (IGW) und den Alarmwerten (AW). Dies verpflichtet die Anlageinhaber zusätzliche Massnahmen zu ergreifen, soweit solche verhältnismässig sind. Als erster Schritt müssen quellenseitige Lärmschutzmassnahmen ergriffen werden (z.B. Schienenschleifen, Anreize für schiebengebremste Güterwagen). Die Auswirkungen der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen werden im Kapitel 4.5.2 beschrieben. Sind die quellen-

seitigen Lärmschutzmassnahmen unverhältnismässig, können die Vollzugsbehörden Erleichterungen gewähren (Art. 7, 8 und 14 LSV). Die Anlageinhaber müssen dann gebäudeseitige Ersatzmassnahmen (i.d.R. Schallschutzfenster) ergreifen – die Auswirkungen der Erleichterungen als auch der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen werden im Kapitel 4.5.3 beschrieben.

4.5.1 Beurteilung von Massnahme M7 «Anpassung Beurteilungszeit» im Bereich Eisenbahnlärm

Die Massnahme M7 sieht eine Verlängerung der Nachtperiode vor. So soll neu der Tag von 7 bis 22 Uhr dauern, während die Nacht von 22 bis 7 Uhr festgesetzt wird. Die Stunde von 6 bis 7 wird hiermit zur Nachtstunde und unterliegt entsprechenden schärferen Grenzwerten. Vor der Implementierung der Massnahme in die Simulation wurde durch das BAV eine Auswertung anhand der bestehenden sechs Lärmmessstationen Wichtrach, Gland, Itingen, Steinen, Walenstadt und Lindau durchgeführt (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 Auswirkungen der Verlagerung auf die Nachtstunden sind vor allem auf Strecken erkennbar, auf denen der Personenverkehr bisher zwischen 6 bis 7 Uhr am Morgen einsetzt. Die hierbei festgestellten Zunahmen Leq dB(A) liegen bei 0.1 bis 0.3 dB, für eine Messstation wurden 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 Massnahme M7 wurde in Absprache mit der Begleitgruppe als wenig zweckmässig zur Reduktion von Eisenbahnlärm eingeschätzt und wurde daher keiner Beurteilung unterzogen.

4.5.2 Auswirkungen quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen im Bereich Eisenbahnlärm

Für das gesamte Streckennetz der Eisenbahn in der Schweiz wurde in Vergangenheit bereits eine umfassende Lärmsanierung durchgeführt. Gemeinsam mit der Begleitgruppe wurden zwei Lärmschutzmassnahmen identifiziert, welche als Lärmschutzmassnahmen an der Quelle zu Lärmreduktionen im Eisenbahnverkehr führen: Schienenschleifen und scheibengebremsste Güterwagen auf den Nord-Süd-Transitachsen (Tabelle 20). Die Kaskade der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen im Bereich Eisenbahnlärm wird in der Tabelle 21 dargestellt.

Massnahme	Abkürzung	Beschrieb
Schienenschleifen	SS	– Regelmässiges Schienenschleifen Pauschal -1 dB auf dem gesamten Eisenbahnnetz (siehe BFH, 2022)
Scheibengebremsste Güterwagen	SGG	<ul style="list-style-type: none"> – Einsatz von scheibengebremssten Güterwaggons im Nord-Süd-Transit – Pauschal -1 dB auf den Nord-Süd-Transitachsen (siehe BAFU, 2022)

Tabelle 20 Übersicht quellenseitige Lärmschutzmassnahmen zur Reduktion von Eisenbahnlärm

Die Begleitgruppe hat betriebliche Lärmschutzmassnahmen, insbesondere Geschwindigkeitsreduktionen, ausgeschlossen. Dies liegt daran, dass die hohe Verkehrsdichte im Eisenbahnnetz der Schweiz, die einen durchgehenden Takt im Personenverkehr erfordert, durch solche betrieblichen Eingriffe kaum aufrechterhalten werden könnte. Solche Massnahmen würden die bereits knappen Kapazitäten weiter

reduzieren. In Abstimmung mit der Begleitgruppe wurden auch Lärmschutzmassnahmen an der Fahrbahn, wie z.B. der Einbau von hochdämpfenden Zwischenlagen in den Oberbau, aus der Simulation ausgeschlossen. Obwohl entsprechende Produkte entwickelt wurden, sind sie bisher nur wenig erprobt und noch nicht ausreichend etabliert. In der Schweiz liegen derzeit weder Erfahrungen noch Projektierungen zu solchen Massnahmen vor.

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

Tabelle 21: Kaskade der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen beim Eisenbahnlärm

a.) Schienenschleifen

Das Schienenschleifen ist Bestandteil des jährlichen Unterhalts der Schienenanlagen und wird gemäss Annahme in der VOBU gemeinsam mit dem übrigen Unterhalt durchgeführt. Hauptziel des Schleifens ist die Pflege und der Erhalt der Fahrbahn, die akustischen Wirkungen entsprechen einem erwünschten Nebeneffekt. Studien im Auftrag des BAFU zeigen, dass die akustischen Wirkungen des Schienenschleifens ab einer gewissen Anzahl Achsüberfahrten stark abnehmen. Auf viel befahrenen Strecken werden diese Achsüberfahrten innerhalb von wenigen Wochen erreicht (Prose AG, 2015). Für eine anhaltende akustische Wirkung ist 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.

b.) Scheibengebremste Güterwagen

Die Wirkung der Scheibenbremsen an Güterwagons entsteht massgeblich durch die Verringerung des Fahrlärms während der ungebremsten Fahrt. 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)⁹.

Eine besondere Bedeutung fällt der Gotthardlinie mit ihrer hohen Verkehrsbelastung zu (BAV, 2016). Nationale Auflagen in Abweichung zu den benachbarten Ländern können sich als hinderlich in einem gesamteuropäischen, alpenquerenden Güterverkehr erweisen und den Verlagerungszielen im Güterverkehr widersprechen. Daher sollen Anreize für den freiwilligen Einsatz von scheibengebremsten Wagons gesetzt werden. Eine Möglichkeit dazu ist eine Integration eines Lärmbonus in die Preise zur Trassennutzung, wie dieser bereits gemäss Art. 19b der Eisenbahn-Netzzugangsverordnung (NZV) vorhanden ist. Gemäss dieser Verordnung sind die Trassenbetreiber verpflichtet, einen Lärmbonus zu gewähren, wobei sie den entsprechenden Rabatt durch höhere Einnahmen bei den nicht bonusberechtigten Fahrzeugen finanzieren müssen (lautere Güterwagen, Personenwagen). Die Kostenschätzung für Anreize, die den Einsatz von scheibengebremsten Wagen fördern sollen, basieren auf einer Schätzung der Preissensitivität von Zugsbetreibern durch das BAFU (2022) sowie Annahmen zu aktuellen Trassenpreisen, Anzahl Züge im Transitverkehr und deren Zuglängen und Fahrzeugeinsatz (siehe

⁹ Ab Dezember 2024 gilt in der Europäischen Union, dass GG-Sohlen auf Strecken mit mehr als zwölf Güterzügen in der Nachtperiode verboten sind. In Deutschland gilt ein ähnliches Verbot wie in der Schweiz seit Dezember (BAV, 2023)

www.sbb.ch¹⁰, Zugriff vom 31. Juli 2023). Gemäss Vorschlag des BAFU sollen die Lärm- resp. Ruheboni künftig direkt zu den Waggonhaltern gelangen und die Anreize zum Einsatz lärmarmen Waggon erhöhen.

4.5.2.1 Effektivität quellenseitige Lärmschutzmassnahmen beim Eisenbahnlärm

Mit den beurteilten Massnahmen wird wirksam gegen Eisenbahnlärm vorgegangen, woraus volkswirtschaftliche Nutzen von geschätzt rund 22 Mio. CHF entstehen (siehe Abbildung 7). Obwohl das Schienenschleifen mit einer angenommenen niedrigen Wirksamkeit von lediglich 1 dB einhergeht, wird es als eine äusserst effektive Lärmschutzmassnahmen betrachtet. Dies ist auf seine vergleichsweise einfache Anwendbarkeit auf das gesamte Schienennetz zurückzuführen sowie auf die Möglichkeit einer kostenneutralen Umsetzung durch entsprechende Anpassungen im Unterhalt, wie in externen Studien (Züst Engineering AG, 2010) ermittelt wurde. Im Gegensatz dazu erweist sich die Förderung eines konsequenten Einsatzes von scheibengebremsten Güterwagons im Nord-Süd-Transit als wenig effektiv und kostspielig. Die entsprechende Analyse deutet darauf hin, dass quellenseitige Lärmschutzmassnahmen mit geringer Lärmreduktion auf bereits umfangreich lärmsanierten Strecken schnell an Grenznutzen verlieren.

Die zu erwartenden Lärmreduktionen vermögen jedoch die zukünftigen Grenzwertüberschreitungen bei Anpassung der Grenzwerte nur in beschränktem Umfang zu verringern. Das netzweite Schienenschleifen führt zwar zu Lärmreduktionen, diese liegen jedoch grösstenteils unterhalb des IGW oder sogar unterhalb der Planungswerte, insbesondere bis hin zu den Schwellenwerten von 48 dB für Gesundheitsnutzen und 40 dB für Gebäudenutzen. Die Effekte der Anreize für technische Lärmschutzmassnahmen an den Bremssystemen sind noch geringer. Obwohl die Wirkungen entlang der beiden Transitachsen durch den Gotthard und durch den Lötschberg/Simplon viele Personen und Wohnungen betreffen, führen sie zu einer geringen Reduktion der Lärmbelastung.

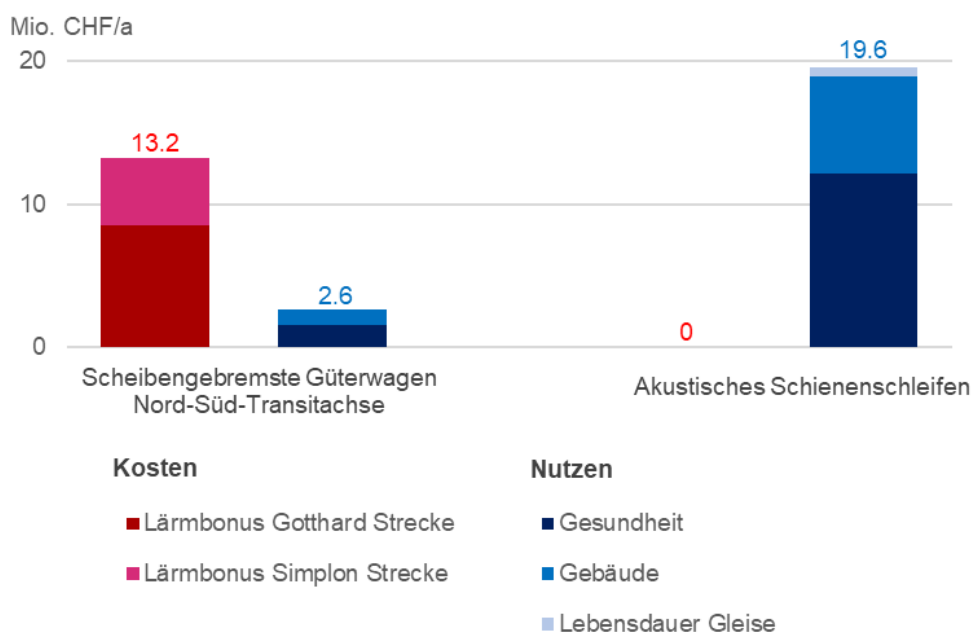


Abbildung 7: Kosten und Nutzen quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen beim Eisenbahnlärm

Der Gesamtnutzen des Schienenschleifens (Stufe 1) beläuft sich auf knapp 20 Mio. CHF pro Jahr. Davon entfallen 12 Mio. CHF auf die Reduktion der Gesundheitskosten, knapp 7 Mio. CHF auf die Wertsteigerung von Gebäuden, unter 1 Mio. CHF auf die Verlängerung der Lebensdauer der Gleisanlagen.

¹⁰ <https://company.sbb.ch/de/sbb-als-geschaeftpartner/leistungen-evu/onestopshop/onestopshop-leistungen-preise/trassenpreise.html>

Im Gegensatz dazu ergibt sich für scheibengebremsste Güterwagen auf der Nord-Süd-Transitachse (Stufe 2) nur ein jährlicher Nutzen von insgesamt 2.6 Mio. CHF. Davon entfallen 1.5 Mio. CHF auf die Reduktion der Gesundheitskosten und 1.1 Mio. CHF auf die Wertsteigerung von Gebäuden. Nicht berücksichtigt sind allfällige weitere Nutzen, welche sich aus dem Einsatz von scheibengebremssten Wagons ergeben könnten, die jedoch keinen direkten Bezug zur Lärmbekämpfung haben. Beispielsweise könnte die Betriebssicherheit dank modernen Wagons verbessert werden.

Die Kosten zur Umsetzung der beiden quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen stellen ein gegensätzliches Bild zum Nutzen dar. Die Anreize für scheibengebremsste Wagons verursachen erhebliche Kosten, indem sie zu Mindereinnahmen bei den Trassenbetreibern führen. Im Gegensatz dazu verursacht die Reduktion der Schienenrauheit durch Schleifen keine zusätzlichen Aufwände im Rahmen der ordentlichen Schienenpflege¹¹.

4.5.2.2 Effizienz quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen beim Eisenbahnlärm

Die geprüften Lärmschutzmassnahmen zur Reduktion von Eisenbahnlärm an der Quelle weisen unterschiedliche Effizienzgrade auf. Derzeit kann nur das Schienenschleifen als effizient beurteilt werden für die konkrete Umsetzung von M1 und M1*, wobei für diese Massnahme keine spezifischen Kosten berechnet wurden. Die Massnahme des Lärmbonus für scheibengebremsste Güterwagons auf der Nord-Süd-Transitachse zeigt vergleichsweise geringe Nutzen pro investiertem Franken von lediglich 20 Rappen.

4.5.2.3 Verteilungswirkung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen beim Eisenbahnlärm

Die Verteilung der Nutzen aus der Reduktion von Eisenbahnlärm erfolgt in etwa im Verhältnis von 65 % für die Gesundheit und 35 % für den Gebäudebestand. Das Schienenschleifen wird gemäss Schlussbericht VOB ARL als kostenneutral beurteilt, sofern dies regelmässig als integrierter Teil der Gleispflege und nicht ausschliesslich mit akustischen Zielsetzungen vorgenommen wird. Ein Lärmbonus auf die Trassenpreise soll zum Einsatz von scheibengebremssten Güterwagons im Nord-Süd-Transit beitragen. Nach Vorschlag des BAFU soll der Lärmbonus künftig direkt an die Wagenhalter ausbezahlt werden (bisher 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 Wagenausrüstung, die keine Pflicht für Scheibenbremsen enthalten.

Der Lärmbonus, welcher über die Trassenpreise durch lärmiges Rollmaterial finanziert wird, soll als eine Art Lenkungsabgabe wirken. Die genaue Ausgestaltung dieses Systems wird jedoch implizit vorgeschlagen und ist weniger explizit als bei tatsächlichen Lenkungsabgaben wie der CO₂-Abgabe und der Leistungsabhängigen Schwerverkehrsabgabe (LSVA). Durch die Einführung eines Lärmbonus werden Zugsbetreiber die wenig Lärm verursachen finanziell entlastet. Für die übrigen Trassennutzer mit lärmigen Wagons ist jedoch nicht klar ersichtlich, welche «Lärmabgabe» für jeden eingesetzten Wagon anfällt und in welcher Form diese Lenkungsabgabe zurückfliesst. Grundsätzlich wird die Verteilungsgerechtigkeit eingehalten, da Lärmboni und Kosten zwischen den Wagenhaltern mit und ohne lärmige Wagons über die Trassenbetreiber ausgetauscht werden. Die geschätzten jährlichen Kosten von gut 13 Mio. CHF werden jedoch gemessen am erzielten Nutzen als ineffizient beurteilt.

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

¹¹ Unter der Annahme, dass die ordentliche Schienenpflege dazu geeignet ist den Lärm zu reduzieren. Müssen spezielle «Akustische» Schleifverfahren angewendet werden sind mit zusätzlichen Kosten zu rechnen.

4.5.3 Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen beim Eisenbahnlärm

Die Simulationen zeigen, dass ohne quellenseitige Lärmschutzmassnahmen der Bedarf für zusätzliche Erleichterungen unter M1* kaum ansteigt. Unter M1 hingegen ist der Anstieg bereits deutlich, und die Annahme einer Gleichsetzung von ES II und ES III gemäss Massnahme 8 führt zu einem erheblichen Anstieg der potenziellen zusätzlichen Erleichterungen.

Weiter zeigen die Simulationen, dass Grenzwertverschärfungen zwar zu vielen IGW-Überschreitungen führen, diese jedoch nur wenige dB über dem neuen Grenzwert liegen. Damit ist es wahrscheinlich, dass auch Lärmschutzmassnahmen mit geringer Schallreduktion einen gewissen Effekt haben könnten. Allerdings ist dieser Effekt primär in Bezug auf die Unterschreitung von Grenzwerten relevant und weniger im Hinblick auf eine signifikante Reduktion der Lärmbelastung der Bevölkerung. Während das Schienenschleifen tatsächlich dazu beitragen kann, die Anzahl zusätzlicher Erleichterungen etwas zu reduzieren, sind die Effekte der scheibengebremsen Güterwagons minimal. Werden zur Eindämmung der IGW-Überschreitungen quellenseitige Lärmschutzmassnahmen durchgeführt, sinkt nicht nur die Anzahl neuer Erleichterungen durch die Anpassung der Grenzwerte, sondern es sinkt auch die Anzahl der bereits heute bestehenden IGW-Überschreitungen (siehe Tabelle 22). Deshalb führt das Paket 3 zu einer insgesamt geringeren Anzahl an Erleichterung im Vergleich zur «Basis unsaniert» (aktueller Stand).

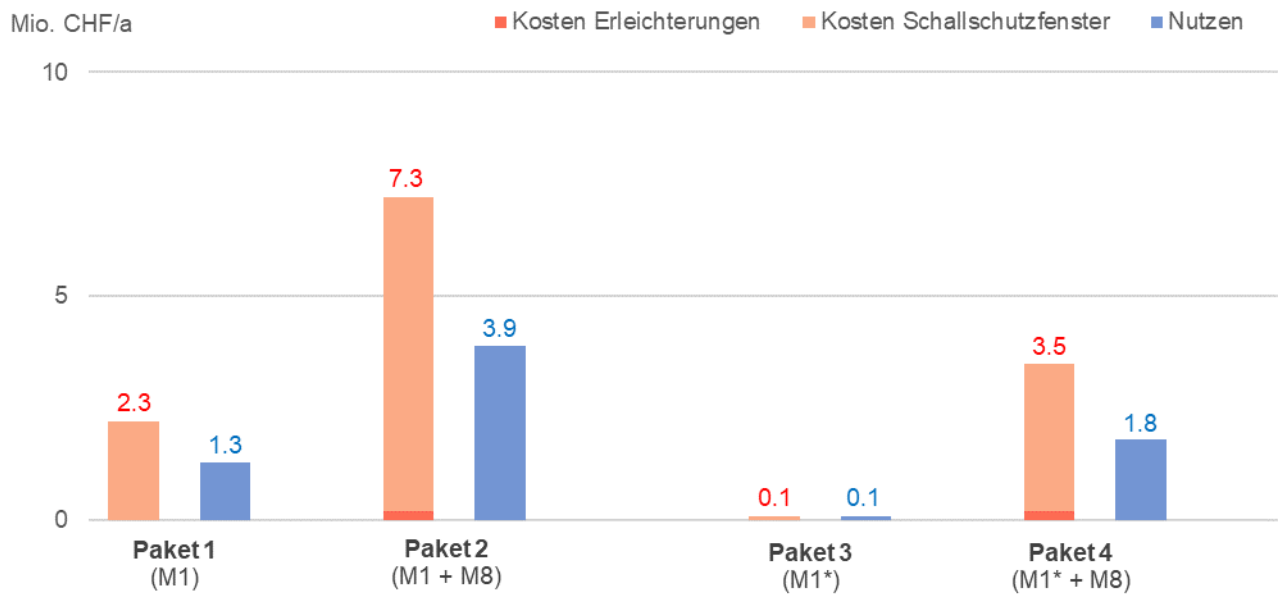
Lärmart	Basis unsaniert	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
		M1	M1 + M8	M1*	M1* + M8
Eisenbahnlärm	4'168	6'023	14'238	2'982	8'113

Tabelle 22 Anzahl Gebäude mit IGW-Überschreitungen resp. Erleichterungen für Basis (heutiger Zustand vor Lärmschutzmassnahmen) und die Pakete 1 bis 4 nach Durchführung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen gegen Eisenbahnlärm

4.5.3.1 Effektivität Erleichterungen gebäudeseitige Ersatzmassnahmen beim Eisenbahnlärm

Spezifische IGW-Überschreitungen sowie jegliche AW-Überschreitungen führen dazu, dass gebäudeseitige Ersatzmassnahmen zu treffen sind. In der Folge ergibt sich eine Lärmbekämpfung, die sich auf die Reduktion von Lärm in Innenräumen abzielt. Der Nutzen dieser Massnahmen ist auf eine angenommene Gesundheitswirkung beschränkt, welche jedoch begrenzt ist. Gebäudeseitige Nutzen werden als irrelevant angesehen, da die Lärmqualität von Aussenräumen der entscheidende Faktor für die Zahlungsbereitschaft ist.

Antrag und Genehmigung von Erleichterungen sowie der allfällige Einbau von SSF führen zu annualisierten Kosten. Diese sind hauptsächlich durch die Anlagebetreiber zu tragen, betreffen aber auch den Bund als Plangenehmigungsbehörde sowie Gebäudeeigentümer/-innen mit freiwilligen Lärmschutzmassnahmen, sofern Kosten nicht doch auf die Anlagebetreiber abgewälzt werden können. Abbildung 8 zeigt, welche Kosten und Nutzen sich aufgrund von Erleichterungen und gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen bei Umsetzung der EKLK-Empfehlungen ergeben würden.



M1: Grenzwerte anpassen
M1*: Grenzwerte anpassen, arithmetisches Mittel
M8: Gleichsetzung von ESII und ESIII

Abbildung 8: Kosten und Nutzen gebäudeseitiger Ersatzmassnahmen gegen Eisenbahnlärm vor Umsetzung von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen

Für den Einbau von Schallschutzfenstern bestehen Auflagen, wonach diese mindestens ein Bau-Schalldämm-Mass von 35 dB aufweisen müssen. Auswertungen zu den bisherigen Sanierungsprogrammen gegen Eisenbahnlärm zeigen, dass in der Vergangenheit häufig Fenster eingebaut wurden, welche die Mindestanforderungen übertrafen (BAV, 2016). Zur Schätzung der Gesundheitsnutzen aufgrund von SSF wird jedoch von den erforderlichen 35 dB ausgegangen, welche im Vergleich zum Schallschutz durch herkömmliche Fenster zu einer Schallreduktion von geschätzten 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 Mio. CHF.

Das Paket 3 zeigt nur geringe Auswirkungen, d.h. M1* führt zu sehr geringen Kosten und Nutzen. Bei allen Paketen überstiegen die Kosten den Nutzen deutlich.

4.5.3.2 Effizienz Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen beim Eisenbahnlärm

Paket 3 erzielt mit fast 1 CHF Nutzen pro investiertem Franken die beste Effizienz (siehe Tabelle 23). Die Ersatzmassnahmen sind dabei gerade knapp nicht kostendeckend. Bei allen anderen Paketen sind gebäudeseitige Ersatzmassnahmen ineffizient.

	Paket 1	Paket 2*	Paket 3	Paket 4*
	M1	M1 + M8	M1*	M1*+ M8
Nutzen in CHF pro investierten Franken	0.56	0.53	0.99	0.52

Tabelle 23 Effizienz von gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen gegen Eisenbahnlärm für die Massnahmenpakete 1 bis 4 ohne Durchführung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen in Nutzen in CHF pro investierten Franken. *ohne M7

4.5.3.3 Verteilungswirkung Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen beim Eisenbahnlärm

Gebäudeseitige Ersatzmassnahmen werden auch mit Umsetzung der beurteilten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen von hoher Bedeutung sein. Der Gesundheitsnutzen fällt 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.

4.5.4 Zusammenfassung Eisenbahnlärm

4.5.4.1 Untersuchungsrahmen und Massnahmen

Mit der VOBUE wurde in einem ersten Schritt untersucht, wie sich quellenseitige Lärmschutzmassnahmen zur Einhaltung der verschärften Grenzwerte der Massnahmen M1/M1* und M8 auswirken und welche Kosten und Nutzen hiermit verbunden sind.

4.5.4.2 Schienenschleifen als effektive Massnahme gegen Eisenbahnlärm

Die quellenseitige Lärmschutzmassnahmen «Schienenschleifen» wurde für den Eisenbahnlärm flächendeckend angenommen, die Lärmschutzmassnahmen scheibengebremsster Güterwagens nur im Nord-Süd-Transit. Das Schienenschleifen wird als eine äusserst effektive Lärmschutzmassnahmen angesehen. Dies setzt jedoch voraus, dass die Anwendung auf das gesamte Schienennetz durch Umstellungen im Unterhaltsbetrieb kostenneutral ausgestaltet werden kann. Als wenig effektiv und teuer erweist sich die Anreizsetzung für den konsequenten Einsatz von scheibengebremssten Güterwagens im Nord-Süd-Transit.

Ergänzende Anmerkung seitens Auftraggeber (BAFU): Es ist hierbei zu beachten, dass der Bund zum jetzigen Zeitpunkt bereits jährlich CHF 30 Mio. für den Lärmbonus ausbezahlt. Eine akustische Wirkung ist dabei nicht vorhanden, weil der Lärmbonus für Fahrzeuge ausbezahlt wird, die dem Stand der Technik entsprechen und auch ohne Bonus so verkehren würden. Eine Aktualisierung des Lärmbonus ausschliesslich für scheibengebremsste Güterwagen könnte im Vergleich zum aktuellen Zustand jährliche Kosten von CHF 20 Mio. einsparen und dank neuerer Fahrzeugtechnologie eine Lärmreduktion sowie zusätzliche marktwirtschaftliche Vorteile für die Güterwagenbranche (z.B. geringere Unterhaltskosten) erzielen. Mittelfristig ist auch die Einführung eines Bonus-Malus Systems denkbar.

4.5.4.3 Effektivität und Kosten-Nutzen-Verhältnis der Massnahmen beim Eisenbahnlärm

Im Folgenden werden die wichtigsten Ergebnisse in Bezug auf die Effektivität und das Kosten-Nutzen-Verhältnis der Massnahmen zusammengefasst:

- Die quellenseitige Lärmschutzmassnahme «Schienenschleifen» zeigt positive Auswirkungen, indem sie die lärmbedingten Gesundheits- und Gebäudekosten effektiv reduziert und damit einen volkswirtschaftlichen Nutzen stiftet. Dieser wird auf rund 20 Mio. CHF pro Jahr geschätzt. Wenn es möglich ist, das Schienenschleifen im Rahmen der üblichen Unterhaltsarbeiten durchzuführen, entstehen keine Zusatzkosten.
- Die Simulationen und Wirkungsschätzungen zeigen, dass die quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen nicht ausreichen, um die Lärmbelastungen in einem Masse zu reduzieren, dass die von der EKLB empfohlenen Grenzwerte in den vier Massnahmenpaketen vollständig eingehalten werden können.
- So würde es auch künftig zu umfangreichen IGW-Überschreitungen an Gebäuden kommen. Nach Abschluss der Lärmsanierungen bleiben bei verschärften Grenzwerten geschätzt mindestens rund 14'000 Gebäude mit IGW-Überschreitungen (Paket 2) an Gebäuden bestehen.

- Die Kosten der gebäudeseitige Ersatzmassnahmen sind für M1* (Paket 3) nicht sehr hoch (2.3 respektive 0.1 Mio). Gebäudeseitige Ersatzmassnahmen stehen jedoch in allen Paketen in einem ungünstigen Kosten-Nutzen-Verhältnis.

4.6 Auswirkungen der EKLK Empfehlungen im Bereich Fluglärm

In der VOBU wurden Auswirkungen der untersuchten Massnahmen im Bereich des zivilen Fluglärms, des militärischen Fluglärms und regionaler Flugplätze und Flugfelder betrachtet. Der zivile Fluglärm verursacht durch die Landesflughäfen ist für ca. 95 % der Fluglärmbelastung verantwortlich. Im vorliegenden Kurzbericht werden nur Auswirkungen im Bereich des zivilen Fluglärms berichtet.

4.6.1 Simulationen im Bereich Fluglärm

Im Gegensatz zum Strassen- und Eisenbahnlärm konnten im Rahmen der VOBU ARL beim Fluglärm keine konkreten und verhältnismässigen quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen und Änderungen in den Lärmbelastungen mittels eines Schallausbreitungsmodells simuliert werden. Dennoch sollen Abschätzungen durchgeführt werden, welche im Sinne einer Sensitivitätsanalyse aufzeigen, wie die Zusammenhänge zwischen Lärmreduktion, volkswirtschaftlichem Nutzen und der Umsetzung der EKLK-Empfehlungen sowie deren Auswirkungen auf erforderliche Erleichterungen und gebäudeseitige 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 Lärmschutzmassnahmen 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 Fluglärmmissionen aus der sonBASE2015 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 ein 1:1-Ersatz stattfindet, sondern dass mit dem Wechsel von «alter» und «neuer» Generation auch tendenziell Flugzeuggrösse und damit verbunden die Schallemission zunimmt.

4.6.2 Auswirkungen quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen im Bereich Fluglärm

Es ist nicht relevant, durch welche quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen die Reduzierung des Fluglärms erreicht wird, um den dadurch erzielten Nutzen zu berechnen. Eine mögliche Massnahme zur Reduktion des Fluglärms sind Betriebsänderungen, die gewisse positive Auswirkungen auf die Lärmbelastung haben können, wie sie bereits unternommen werden. Ein Beispiel hierfür sind Verfahren zur Optimierung des Anflugs. Allerdings haben entsprechende Abklärungen durch das BAZL ergeben, dass die Gebiete mit IGW-Überschreitungen hiervon wenig profitieren, da die erwarteten Wirkungen in weiter entfernten Gebieten rund um die Flughäfen auftreten (mündliche Auskunft BAZL). Weitere Einschränkungen des Flugbetriebs bei den Landesflughäfen hätten jedoch erhebliche Auswirkungen auf den internationalen Wettbewerb und den internationalen Standortvorteil der Schweiz. Aufgrund der im luftfahrtspolitischen Bericht des Bundesrates 2016 formulierten Systemanforderungen, werden solche Einschränkungen daher ausgeschlossen (Bundesrat, 2016).

Eine weitere mögliche Massnahme zur Reduktion des Fluglärms ist eine Flottenerneuerung mit lärmarmen Flugzeugen, wie sie bereits heute von vielen Fluggesellschaften durchgeführt wird. Schätzungen deuten darauf hin, dass mit einer vollständigen Flottenerneuerung Lärmreduktionen von bis zu -3 dB

möglich sind. Die Kosten für eine solche Flottenerneuerung sind beträchtlich und fallen bei den Fluggesellschaften an, welche durch höhere Ticketpreise möglichst an die Konsumenten und Konsumentinnen überwältzt werden sollen. 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 zweistrahlige 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, die analysiert werden müsste, um die Verteilungswirkungen zu quantifizieren. Eine Flottenerneuerung verursacht zwar höhere Kosten für die Fluggesellschaften aufgrund der Investitionskosten für den Kauf leiserer Flugzeuge, aber es sind auch Einsparungen durch niedrigere Betriebskosten möglich. Flugzeuge der neusten Generation verbrauchen deutlich weniger Kerosin (BAZL, undatiert). Die geringeren CO₂-Emissionen sind neben der Reduktion des Fluglärms ein weiterer positiver Effekt (die entsprechenden externen Kosten werden reduziert) einer Flottenerneuerung.

Eine Beschleunigung der Flottenerneuerung der Airlines könnte durch ein geeignetes Anreizsystem erreicht werden. Eine direkte Subventionierung der Neuanschaffungen lärmarmen Flugzeuge wird aus ordnungspolitischen Gründen mutmasslich kaum akzeptiert, insbesondere, wenn diese nur bei schweizerischen Airlines gelten würde. Es müssen daher alternative 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 wäre die Einführung tariflicher Unterstützung, d.h. Flugzeuge der neuesten Generation würden keine Lärmgebühren bezahlen, sondern stattdessen Unterstützung erhalten. Eine solche Unterstützung könnte über die Einrichtung eines Fonds finanziert werden, ähnlich wie es bereits bei der Bahn und den Nationalstrassen der Fall ist. Dieser Fonds könnte aus verschiedenen Quellen finanziert werden, darunter die bereits erhobenen Lärmgebühren und MWST-Beiträge, um das Verursacherprinzip zumindest teilweise zu berücksichtigen. Eine solche Lösung müsste jedoch im Einklang mit ordnungspolitischen Grundsätzen und den Bestimmungen des Luftverkehrsabkommens mit der EU überprüft werden.

Bei der Ausgestaltung der tarifären Unterstützung muss zusätzlich darauf geachtet werden, dass sie keine Auswirkungen auf den Wettbewerb zwischen den Airlines hat. Eine Frage, die es dabei zu klären gilt, betrifft die Verhinderung einer möglichen Benachteiligung sogenannter «Homecarrier»-Airlines. Während andere Airlines den Flughafen nur noch mit Flugzeugen der neusten Generation anfliegen könnten, haben die «Homecarrier»-Airlines diesen Spielraum nicht.

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. Abbildung 9 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 (knapp 49 Mio. CHF / Jahr) erzielt wird als der zusätzliche Nutzen (gut 33 Mio. CHF / Jahr) durch eine weitere Reduktion des Fluglärms um zwei dB erzielt würde. Dies liegt an den für die Berechnung der Gesundheits- und Gebäudekosten relevanten Schwellenwerten von 48 dB, respektive 50 dB, welche zu abnehmenden Grenznutzen einer pauschalen Lärmreduktion führen. Die Effektivität quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen zur Bekämpfung von Fluglärm ist bei hohen Lärmbelastungen dadurch höher als bei tieferen Lärmbelastungen.

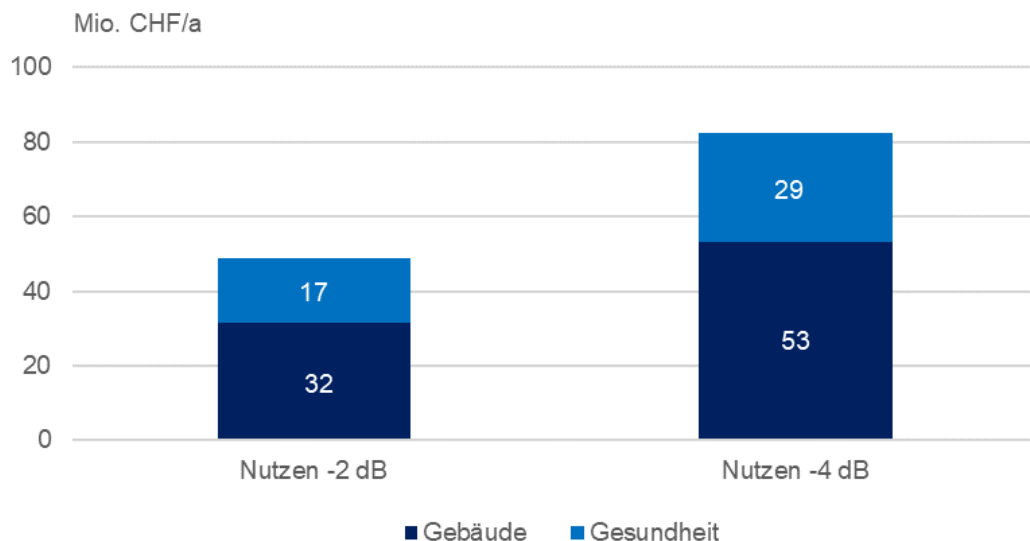


Abbildung 9 Nutzen der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Fluglärm

4.6.2.1 Effektivität und Effizienz quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen im Bereich Fluglärm

Für die quellenseitige Fluglärmbekämpfung 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 substanziellen Kosten, haben Grossraumflugzeuge für Interkontinentalverkehr doch Listenpreise von 300 Mio. \$ und mehr und mittelgrosse Flugzeuge für Kontinentalverkehr von 100 Mio. \$ und mehr.

4.6.3 Auswirkungen von Erleichterungen und gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen im Bereich 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, welche spezifischen quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen beim Fluglärm ergriffen werden könnten, wurden die Schätzungen für potenziell zusätzliche Erleichterungen und die Kosten-Nutzen-Analyse auf Basis der aktuellen Lärmsituation durchgeführt. In Tabelle 24 wird der Bedarf an Erleichterungen aufgrund von Fluglärm bei Umsetzung der EKL-B-Empfehlungen dargestellt. Zur 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.

Den strengerem Grenzwerten führen zu einer starken Zunahme an IGW-Überschreitungen. Durch die Überschreitungen steigt auch die Anzahl der notwendigen Erleichterungsverfahren an. So sind bei Paket 1 gut 8'000 und bei Paket 2 sogar über 16'500 zusätzliche Erleichterungen für neu über dem IGW belastete Gebäude notwendig. Mit den Grenzwerten unter M1* (Paket 3) reduziert sich die Anzahl zusätzlicher Erleichterungen deutlich auf knapp 2'300 unter (Paket 3) und knapp 9'500 unter (Paket 4). Die Simulationen zeigen, dass die Gleichsetzung von ES II mit ES III (M8) zu deutlich mehr Erleichterungen führen als die Anpassung der Beurteilungszeit mit M7. Die stärkste Zunahme in den IGW-Überschreitungen entsteht durch die Kombination aller drei Massnahmen (M1/M1*, M7 und M8).

Lärmart	Basis unsaniert	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
		M1	M1 + M7 + M8	M1*	M1* + M7 + M8
Fluglärm	7'476	15'602	24'050	9'762	16'937

Tabelle 24 Anzahl Gebäude mit IGW-Überschreitungen resp. Erleichterungen für Basis (heutiger Zustand) und die Pakete 1 bis 4. Die quellenseitige Lärmschutzmassnahme (2dB Reduktion) kann in der Berechnung der Anzahl Erleichterungen nicht berücksichtigt werden.

4.6.3.1 Effektivität der Erleichterungen und gebäudeseitiger Ersatzmassnahmen gegen Fluglärm

Gebäudeseitige Ersatzmassnahmen sind beim Fluglärm bereits ab IGW zu treffen. Die lärmempfindlichen Räume sollen geschützt werden, indem in der Regel Schallschutzfenster (SSF) verwendet werden. Es ist jedoch wichtig anzumerken, dass Ersatzmassnahmen keine rechtlich definierten Lärmschutzmassnahmen sind. Diese Art des Schutzes zielt darauf ab, die Lärmexposition in den Innenräumen zu reduzieren. Es wird angenommen, dass dies gesundheitliche Vorteile hat, jedoch sind diese begrenzt. Die Nutzen auf der Gebäudeseite werden als irrelevant betrachtet, da die Lärmqualität von Aussenräumen entscheidend für die Zahlungsbereitschaft ist.

Gebäudeseitige Ersatzmassnahmen erweisen sich beim Fluglärm als äusserst ineffektiv, da sie flächendeckend erforderlich sind und zu Ersatzmassnahmen führen, sobald IGW-Überschreitungen an den Flughäfen Zürich und Genf auftreten (siehe Abbildung 10). Dabei übersteigen die Kosten dieser Ersatzmassnahmen den potenziellen Nutzen deutlich. Insbesondere steigen die Kosten von Paket 1 zu Paket 2 stark an, während der Nutzen nur geringfügig zunimmt.

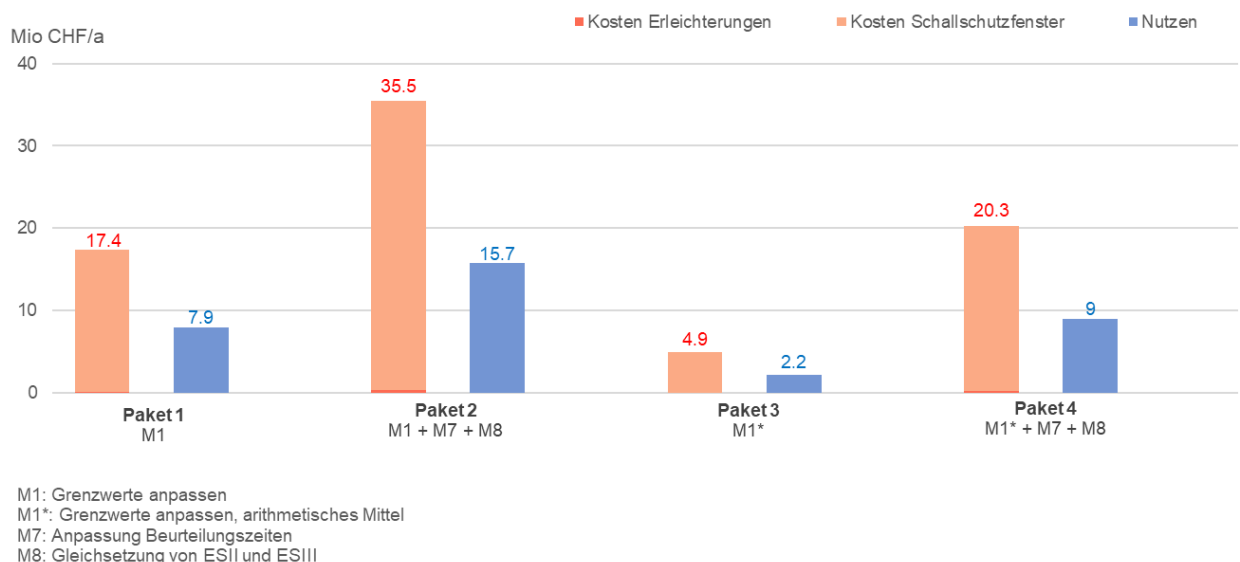


Abbildung 10: Kosten und Nutzen gebäudeseitige Ersatzmassnahmen Fluglärm

4.6.3.2 Effizienz Erleichterungen und gebäudeseitige Ersatzmassnahmen gegen Fluglärm

Gebäudeseitige Ersatzmassnahmen zeigen beim Fluglärm eine sehr schlechte Effizienz. Pro investiertem Franken ergibt sich bei allen Paketen ein Nutzen unter CHF 0.5 (Tabelle 25).

	Paket 1	Paket 2	Paket 3	Paket 4
Nutzen in CHF pro investierten Franken	0.45	0.44	0.46	0.44

Tabelle 25 Effizienz von gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen gegen Fluglärm für die Massnahmenpakete 1 bis 4 vor Durchführung der quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen in Nutzen in CHF pro investierten Franken.

4.6.3.3 Exkurs: Entschädigungszahlungen für Gebäudeeigentümer/-innen

In den Schätzungen zu den Kosten und Nutzen von gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen beim Fluglärm sind keine Entschädigungszahlungen für Gebäudeeigentümer/-innen aufgrund der Wertverluste durch Fluglärm enthalten. Diese Entschädigungszahlungen führen nicht zu zusätzlichen volkswirtschaftlichen Nutzen oder Kosten, sondern stellen vielmehr Transferzahlungen dar. Es ist nicht möglich, den Umfang der Veränderungen bei den Entschädigungszahlungen aufgrund der Massnahmen genau zu quantifizieren. Hingegen kann eine grobe Abschätzung getroffen werden. Für den Anspruch auf Entschädigungszahlungen aufgrund von «Immissionsenteignung» müssen kumulativ drei Kriterien erfüllt sein:

- Unvorhersehbarkeit
- Spezialität
- Schwere des Schadens

Die Änderungen der Grenzwerte führen 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.

4.6.3.4 Verteilungswirkung Fluglärm

Die Nutzen aus einer Reduktion der Belastung mit Fluglärm fallen zu ungefähr einem Drittel als Gesundheitsnutzen mit hoher Bedeutung für die Haushalte an. Rund zwei Drittel gehen an die Gebäudeeigentümer/-innen. Die simulierten Lärmreduktionen könnten bspw. durch eine Flottenerneuerung erreicht werden, welche jedoch in ihren Kosten nicht ermittelt wurde. Airlines geben Kosten für ihre Fluggeräte nach wirtschaftlichen Überlegungen an die Konsumenten und Konsumentinnen weiter. Die Flugpreise wirken sich direkt auf die Wettbewerbsfähigkeit von Airlines und Flughäfen mit ihrer internationalen Öffnungsfunktion aus. Es sind Instrumente denkbar, durch die die öffentliche Hand gezielte Anreize zur Flottenerneuerung setzen könnte. Dazu können verschiedene Finanzierungsmodelle verwendet werden, die jedoch im Einklang mit ordnungspolitischen Grundsätzen und dem Verursacherprinzip geprüft werden müssen. Die Zuständigkeit für die Luftfahrt liegt beim Bund. Der allfällige Einsatz von Bundesmitteln je nach Instrument zur Unterstützung der Flottenerneuerung gegen Fluglärm wird als nicht verursachergerecht beurteilt.

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, mit Paket 2 und Paket

4 wird die Situation zusätzlich verschärft. In der Folge steigen die Erleichterungen und die gebäudebezogenen Sanierungspflichten stark an, wodurch die Kosten für die Flughäfen ansteigen.

4.6.4 Zusammenfassung Fluglärm

4.6.4.1 Herausforderungen bei der Umsetzung von Massnahmen beim Fluglärm

Die Anpassung der Grenzwerte infolge der Umsetzung der Empfehlungen der EKLB würde beim Fluglärm zu einem deutlichen Anstieg der Anzahl Personen führen, die über den Immissionsgrenzwerten liegen. Insbesondere die Umsetzung von M7 (Anpassung der Beurteilungszeit) und vor allem M8 (Gleichsetzung von ES III mit ES II) würde die Anzahl der betroffenen Personen weiter deutlich erhöhen. Im Gegensatz zum Strassen- und Eisenbahnlärm konnten im Rahmen der VOBU beim Fluglärm keine konkreten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen und Veränderungen in den Lärmbelastungen in einem Schallausbreitungsmodell simuliert werden. Trotzdem wurden Abschätzungen durchgeführt, die im Sinne einer Sensitivitätsanalyse aufzeigen, wie die Zusammenhänge zwischen Lärmreduktion, volkswirtschaftlichen Nutzen sowie die Umsetzung der EKLB-Empfehlungen mit ihren Wirkungen auf erforderliche Erleichterungen und gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen anzunehmen sind.

4.6.4.2 Auswirkungen gradueller Fluglärmreduktionen auf den volkswirtschaftlichen Nutzen und die Lärmbelastung

Könnte der Fluglärm ziviler Flugplätze um pauschal 2 dB gesenkt werden würde dies einem Nutzen von knapp 49 Mio. CHF entsprechen eine weitere Reduktion um 2 dB erzielt zusätzliche nur gut 33 Mio. CHF. 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.

4.6.4.3 Herausforderungen bei der Umsetzung der EKLB-Empfehlungen im Bereich Fluglärm

Die Umsetzung der EKLB-Empfehlungen würde insbesondere beim Fluglärm zu einem zusätzlichen Bedarf an Erleichterungen und damit Ersatzmassnahmen am Gebäude führen. Die Ersatzmassnahmen an den Gebäuden weisen für den Fluglärm hohe Kosten bei einem sehr geringen Nutzen auf.

4.7 Auswirkungen der EKLB-Empfehlungen im Überblick

4.7.1 Signifikante Reduktionen der aktuellen Lärmbelastungen

Die durchgeführten Simulationen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen mit dem Ziel verschärfte Grenzwerte einzuhalten, zeigen deutlich, dass signifikante Reduktionen der aktuellen Lärmbelastungen möglich sind im Bereich von Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Allein die bei IGW-Überschreitung als verhältnismässig beurteilten Sanierungen für Strassen und Eisenbahnlinie erlauben es, für rund 650'000 Personen die Lärmbelastung langfristig unter Berücksichtigung der Grenzwertverschärfung unter IGW zu bringen. Im Fall von Fluglärm lassen sich insbesondere in den beiden Regionen um die internationalen Flughäfen Zürich und Genf erhebliche Reduktionen der Lärmbelastung feststellen, wenn angenommen wird, dass der Fluglärm zwischen -2dB und -4dB reduziert wird. Als besonders wirksam zur Reduktion der Lärmbelastungen über IGW erweisen sich aus volkswirtschaftlicher Perspektive

- bauliche und technische Anpassungen an Fahrbahnen wie lärmarme Beläge und das Schienenschleifen,
- bauliche Lärmschutzmassnahmen auf dem Ausbreitungsweg von Strassenlärm bei Strassen ausserorts,
- technische Anpassungen an Fluggeräten zur Verringerung von Lärmemissionen,

unter Berücksichtigung von lokalen und situationsspezifischen Gegebenheiten können sich auch weitere Lärmschutzmassnahmen wie Geschwindigkeitsreduktionen auf der Strasse als verhältnismässig erweisen.

4.7.2 Abnehmender Grenzertrag von Lärmschutzmassnahmen in Bezug auf das Ausmass der IGW-Überschreitungen

Die Wirkungen der beurteilten Lärmschutzmassnahmen unterliegen einem abnehmenden Grenzertrag. Das heisst, die Lärmschutzmassnahmen zeigen bedeutsamere Wirkung bei hohen IGW-Überschreitungen als bei geringen IGW-Überschreitungen.

4.7.3 Herausforderungen und Grenzen von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen

Quellenseitige Lärmschutzmassnahmen weisen bauliche, technische, betriebliche, wirtschaftliche sowie politisch und rechtlich gesetzte Grenzen auf. Basierend auf aktuellen Erkenntnissen reichen die voraussichtlich zukünftig umgesetzten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen nicht aus, um bestehende Grenzwertüberschreitungen vollständig zu verhindern. Folglich können mit den heute bekannten Lärmschutzmassnahmen die angepassten Grenzwerte gemäss der Massnahme M1 auch nicht eingehalten werden. So wird erwartet, dass auch künftig bei über 130'000 Gebäuden IGW-Überschreitung mit schädlichem oder lästigem Strassen-, Eisenbahn- oder Fluglärm vorliegen. Als eine Herausforderung zur künftigen Einhaltung von Grenzwerten erweist sich die beurteilte Massnahme M8 «Gleichsetzung von ES II und ES III». Diese führt flächendeckend zu einer markanten Zunahme von IGW-Überschreitungen. Zudem führt die Anpassung der Beurteilungszeiten für Tag- und Nachtperioden gemäss Massnahme M7 insbesondere in Räumen mit hohen Fluglärmbelastungen zu mehr IGW-Überschreitungen.

4.7.4 Effektivität

Die erwarteten Reduktionen der Lärmbelastungen aufgrund Lärmsanierungspflichten bei verschärften Grenzwerten führen zu volkswirtschaftlich bedeutsamen Effekten für Gesundheit und Gesellschaft. In der Vergangenheit wurden bereits zahlreiche quellenseitige Lärmsanierungen durchgeführt, insbesondere im Hinblick auf den Eisenbahnlärm, wodurch die Nutzenpotenziale grösstenteils ausgeschöpft wurden und die Grenznutzen weiter abnehmen. Die verminderten Lärmbelastungen tragen zur Steigerung der physischen und psychischen Gesundheit der Schweizer Wohnbevölkerung bei, was einem jährlichen Wert von 236 Mio. CHF entspricht. Bei Wohnsituationen mit lärmtechnisch hoher Innen- und Aussenraumqualität steigt die Zahlungsbereitschaft für Kauf und Miete. Durch quellenseitige Lärmsanierungen wird der Gebäudepark der Schweiz deshalb einen Nutzenzuwachs von jährlich geschätzt 265 Mio. CHF erfahren. Zusammen entsprechen die erwarteten Nutzen 0.06 % des BIP der Schweiz (BFS, 2023). Die Realisierung dieses potenziellen Nutzens hängen davon ab, wie rasch quellenseitige Lärmsanierungen nach der Einführung gesetzeskonformer Grenzwerte durchgeführt werden.

Die geprüften Massnahmenpaketen tragen 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 steigern die internationale Wettbewerbsfähigkeit. Eine vollständige Entlastung hin zu volkswirtschaftlichen Lärmkosten auf Null lässt sich mit den simulierten Lärmsanierungen zur Einhaltung von gesetzeskonformen Grenzwerten mittelfristig bislang nicht erreichen. Dennoch leisten diese einen effektiven Beitrag zum langfristigen Ziel einer solchen Entlastung.

Fazit: Die beurteilten Massnahmen M1, M7 und M8 folgen der EKLB-Empfehlungen für gesetzeskonforme Grenzwerte. Die Ausrichtung künftiger Lärmsanierungen an entsprechenden Grenzwerten zeigt, dass sich mittelfristig sowohl Gesundheitskosten als auch volkswirtschaftliche Gebäudekosten effektiv reduzieren lassen. Ein vollständiger Abbau der volkswirtschaftlichen Kosten aus der Lärmbelastung lässt sich jedoch nicht erreichen.

4.7.5 Effizienz

Die VOBÜ analysiert und bewertet die erwarteten Auswirkungen der Umsetzung der EKL-B Empfehlungen gemäss den Massnahmen M1, M7 und M8 anhand von Simulationen. Die Gegenüberstellung von Kosten und Nutzen von Lärmsanierungen zeigt, dass die Kosten der Lärmsanierungen deutlich unter den hierdurch erzeugten Nutzen liegen (siehe Abbildung 11).

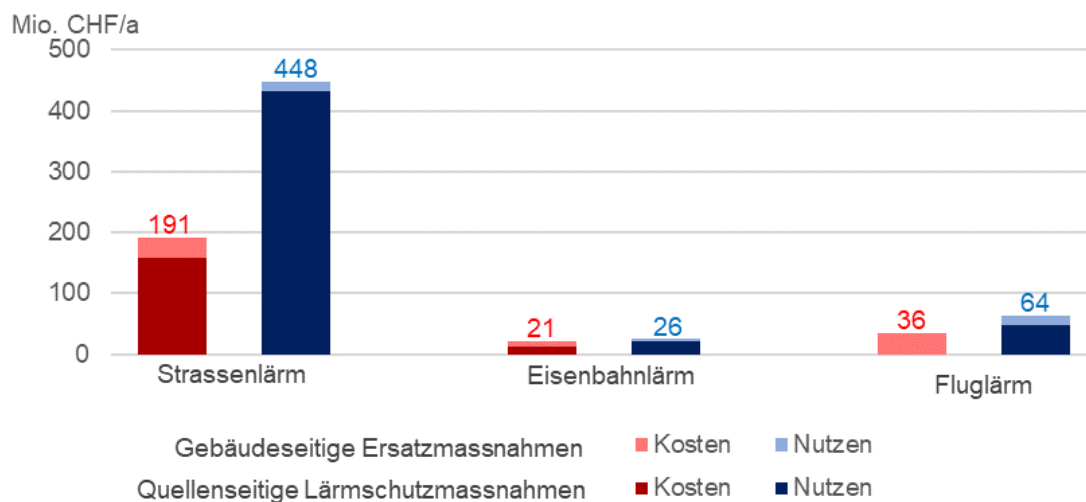


Abbildung 11: Kosten und Nutzen quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen und gebäudeseitiger Ersatzmassnahmen für Strassenlärm, Eisenbahnlärm und Fluglärm. Die quellenseitigen Nutzen für den Fluglärm entsprechen einer pauschalen Reduktion von -2 dB. Die gebäudeseitigen Kosten und Nutzen werden für das Paket 2 gerechnet.

Die konkreten zur Verfügung stehenden quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen variieren deutlich in ihrer Wirksamkeit und Kostenstruktur. So reicht das Spektrum von Lärmschutzmassnahmen, welche als wirksam und kostenneutral beurteilt werden, bis zu Massnahmen, welche bei erheblichen Kosten nur geringe Reduktionen von Lärmbelastungen auslösen. Mit Kosten-Nutzen-Verhältnissen zwischen rund 0.2 und bis zu 4.5 (Nutzen pro investiertem Franken) stehen wichtige Handlungsspielräume zur Auswahl der geeigneten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen zur Verfügung. Für die als effizient bewerteten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen ergeben sich die grössten Nutzen bei Personen und Wohnungen, welche die höchsten IGW-Überschreitungen erfahren. Die sog. Grenznutzen nehmen mit abnehmenden IGW-Überschreitungen ab, fallen jedoch auch bei knappen IGW-Überschreitungen immer noch in einem volkswirtschaftlich relevanten Umfang an.

Die Effizienz der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen wurde als unzureichend ermittelt und bewertet. 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 (M7 und M8) werden für gebäudeseitige Ersatzmassnahmen ebenfalls keine ausreichenden Kosten-Nutzen-Verhältnisse von mehr als 1.0 erreicht.

Fazit: Die Lärmsanierungen an der Quelle die auf Einführung der Massnahmen M1, M7 und M8 zurückzuführen sind, werden als volkswirtschaftlich effizient und hinsichtlich Verteilung von Kosten und Nutzen positiv beurteilt. Die Umsetzung von Ersatzmassnahmen an den Gebäuden erweist sich als ineffizient. Insgesamt stellt der Vollzug hohe Anforderungen an Anlagebetreiber und Vollzugsbehörden, wobei die erzielten Nutzen die damit verbundenen Kosten deutlich übersteigen.

4.7.6 Verteilungswirkung

Die Umsetzung der EKL-B Empfehlungen gemäss den Massnahmen M1, M7 und M8 betrifft unmittelbar die Anlagebetreiber. Werden Grenzwertüberschreitungen festgestellt, resultieren daraus Verpflichtungen zur Lärmsanierung. Dies führt zu unterschiedlichen Auswirkungen auf verschiedene Akteure, die mit Kosten und Nutzen verbunden sind. Die für Lärmsanierungen eingesetzten quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen weisen insgesamt eine angemessene Verteilung von Kosten und Nutzen auf. Die Kosten für Lärmsanierungen werden mehrheitlich nach dem Verursacherprinzip den Anlagebetreibern angelastet, diese können die Nutzer/-innen der Anlagen daran beteiligen. Diese Kosten werden wiederum in den Preisen der Anlagen abgebildet, wobei die Anbieter bestrebt sind, die Mehrkosten grösstenteils auf die Endnutzer/-innen zu übertragen. Auf diese Weise erfolgt eine gewünschte Internalisierung der volkswirtschaftlichen Gesundheits- und Gebäudekosten über mehrere Stufen bis hin zu den letztendlichen Verursachern, was aus ordnungspolitischer Sicht wünschenswert ist.

Die wichtigsten Kostenträger sind die Kantone, da sie 60 % der Strassenabschnitte besitzen, die derzeit zu IGW-Überschreitungen führen. Die Gemeinden müssen sich ebenfalls in hohem Masse an den Lärmsanierungen beteiligen, da sie über ein umfangreiches Strassennetz verfügen¹². Ein geringerer Anteil entfällt auf den Bund, welcher in der Vergangenheit bereits hohe Kosten für Lärmsanierungsprogramme getragen hat.

Die Kosten für Lärmsanierungen auf dem Eisenbahnnetz werden primär direkt durch die Anlagebetreiber getragen, wobei die als effizient bewertete Lärmschutzmassnahme des Schienenschleifens als kostenneutral angesehen wird. Betreiber von Rollmaterial sind nur ausnahmsweise unmittelbar betroffen, da sie üblicherweise einen freien Netzzugang für ihr Rollmaterial im Rahmen von internationalen Vorgaben erhalten.

Keine Klarheit besteht zu den Kosten zur Reduktion von Fluglärm, da hierfür unterschiedliche Lärmschutzmassnahmen 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 Güterwaggons und Fluggerät, aus Sicht des Verursacherprinzips und der Verteilung kritisch zu bewerten. Entsprechende Instrumente sind hinsichtlich Finanzierungsquellen, begünstigter Akteure und Auswirkungen auf den Wettbewerb in jedem Fall zu prüfen, um eine angemessene ordnungspolitische Bewertung sicherzustellen.

Die Anlagebetreiber beteiligen sich als Kostenträger an gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen, welche aufgrund verschärfter Grenzwerte vermehrt umgesetzt werden müssen. Bei der Umsetzung sind Abweichungen vom Verursacherprinzip festzustellen, wenn Gebäudeeigentümer/-innen finanziell für gebäudeseitige Ersatzmassnahmen im Rahmen von IGW-Überschreitungen aufkommen müssen.

Die Verteilung der Nutzen für die Gesundheit der Bevölkerung und den Gebäudepark wird als angemessen beurteilt und entspricht den tatsächlichen bisherigen Lärmbelastungen. 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 Masse vorhanden, dass jegliche Gesundheits- und Gebäudekosten vermieden werden können. Somit bestehen mittelfristig immer noch hohe (externe) Lärmkosten, die durch die Haushalte und Gebäudeeigentümer/-innen getragen werden müssen.

Die Verteilung der Nutzen zwischen Haushalten und Gebäudeeigentümern und -eigentümerinnen zeigt keine Fehlverteilung.

¹² Ergänzung BAFU: 90% der Personen, die übermässigem Strassenverkehrslärm ausgesetzt sind wohnen an Kantons- oder Gemeindestrassen

Fazit: Die Wirkungen aus den Massnahmen mit Grenzwertanpassungen zeigen eine angemessene Verteilung von Kosten und Nutzen, die weitgehend dem Verursacherprinzip des Umweltschutzgesetzes entspricht.

4.8 Beurteilung der Einzelmassnahmen (Verbesserung der Rahmenbedingungen)

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

4.8.1 M2 «Regime vereinfachen»

Die Auswirkungen der Massnahme M2 (Regime vereinfachen) entfalten sich kontinuierlich und über einen langen Zeitraum hinweg. 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 damit auch 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 die Gesundheit und den Gebäudebestand bei Einhaltung von Planungswerten durch Massnahme M2 würden gegenüber M1 rund 1.4 Mrd. CHF betragen.

Die Bewertung des theoretischen Potenzials der Wirksamkeit und der Effektivität quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen im Rahmen von M2 ist positiv. Sämtliche Lärmschutzmassnahmen, welche jedoch hierzu erforderlich sind, sind aus heutiger Sicht nicht verhältnismässig und/oder nicht wirtschaftlich tragbar.

Fazit: Die Effizienz von M2 wird als ungenügend bewertet. Die Verteilungswirkungen werden gleich beurteilt wie bei den Massnahmenpaketen mit M1/M1*, M7 und M8.

4.8.2 M3 Lärmschutz dynamisieren

Die Massnahme 3 sieht vor, dass neue Erleichterungen (Ausnahmebewilligungen) befristet erteilt werden und nach Ablauf dieser Frist wieder überprüft werden müssen. Diese Massnahme wird als *effektiv* bewertet, da sie Anreize für quellenseitige Lärmschutzmassnahmen setzt, um den Lärm zu reduzieren. Sie ist auch *effizient*, da sie als kostenneutral und verursachergerecht betrachtet wird. Die *Verteilungswirkung* wird positiv beurteilt, da die Kosten und der Nutzen gerecht verteilt werden.

4.8.3 M4 Massnahmen klären

Die Massnahme 4 sieht vor, dass die zu prüfenden Lärmschutzmassnahmen an der Quelle für den Strassenlärm und den Eisenbahnlärm explizit in der LSV genannt werden. Die Massnahme M4 wird als *effektiv* angesehen, da sie die Anwendung von effektiven Lärmschutzmassnahmen sicherstellt und einfach in der LSV verankert werden kann. Sie ist auch *effizient* und richtet sich am Verursacher aus. Die *Verteilungswirkung* ist *positiv*, da die Kosten und der Nutzen gerecht verteilt werden.

4.8.4 M5 Transparenz stärken

Mit der Massnahme 5 sollen Informationen über gewährte Erleichterungen öffentlich zugänglich gemacht werden z.B. im Grundbuch. Die Stärkung der Transparenz wird als *ineffektiv* bewertet, da keine relevante Wirkung erwartet wird. Es kann keine klare Verbindung zwischen der Verfügbarkeit von Informationen und einem direkten Einfluss auf das Verhalten nachgewiesen werden. Die Massnahme ist auch *ineffizient*, da sie primär zu Kosten führt, die von Gebäudeeigentümern und -eigentümerinnen

und nicht durch Anlagebetreiber getragen werden müssen. Die *Verteilungswirkung ist negativ*, da die Kosten ungleich verteilt werden.

4.8.5 M6 Verursacherprinzip stärken

Mit der Massnahme 6 sollen Vorleistungen im Lärmschutz, welche Gebäudeeigentümer/-innen geleistet haben, von den Anlagebetreibern zurückerstattet werden, wenn die Anlage saniert wird. Die Stärkung des Verursacherprinzips wird als *effektiv* bewertet, da sie Anreize für frühzeitige quellenseitige Lärmschutzmassnahmen setzt. Es wird eine positive Wirkung erwartet, indem Anlagebesitzer zukünftig durch wirtschaftliche Anreize zur frühzeitigen Umsetzung quellenseitiger Lärmschutzmassnahmen motiviert werden, insbesondere im Hinblick auf potenzielle Rückerstattungspflichten. Dadurch werden finanzielle Risiken und Belastungen für Gebäudeeigentümer/-innen reduziert, sodass diese zusätzlichen gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen treffen. Beides bewirkt eine Reduktion der Lärmbelastung. Die Massnahme ist auch *effizient*, da die Kosten von den Verursachern übernommen werden. Die *Verteilungswirkung* wird als positiv beurteilt, da die Kosten und der Nutzen gerecht verteilt werden. Die Umsetzung ist einfach und effizient, da sie klar definierte Anreize schafft und die finanzielle Verantwortung bei den Verursachern liegt.

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

4.9 Auswirkungen der Massnahmen auf die Raumplanung

4.9.1 Wechselwirkung von Lärmschutzmassnahmen und Innenverdichtung

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 VOBUE vertieft. Dazu wurden Interviews mit Raumplanern geführt sowie zwei Fallstudien «Flughafenumland und Stadt Kloten» und «Ouest Lausannois» ausgeführt.

4.9.2 Herausforderungen und Potenziale bei der Umsetzung gesetzeskonformer Grenzwerte für Lärmschutz und Raumplanung

Die Einhaltung gesetzlicher Grenzwerte unterstützt grundsätzlich das Bestreben nach hoher Qualität im Aussenraum gemäss raumplanerischen Zielsetzungen. Lärmschutzmassnahmen wie leise Strassenbeläge und Geschwindigkeitsreduktionen 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 Interessenabwägungen schaffen. Inwiefern entsprechende Planungssicherheit erreicht wird, ist abhängig von der parlamentarischen Entscheidung und der dann folgenden Umsetzung der angepassten Art. 22 und Art. 24. Obwohl Zielsetzungen und Grundideen vorhanden sind, muss die konkrete Umsetzung entsprechenden Erfahrungen noch entwickelt werden und dürfte künftig auch zu rechtlichen Beurteilungen im Sinne von Leiturteilen führen.

4.9.3 Fallstudien «Flughafenumland und Stadt Kloten» und «Ouest Lausannois»

Die beiden Fallstudienräume «Flughafenumland und Stadt Kloten» sowie «Ouest Lausannois» 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 Ausnahmegewilligungen 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 Lausannois hohe Anteile zentraler Entwicklungspartellen 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 Ausnahmegewilligungen beantragt werden. Die USG Revision zu Art. 22 für Baubewilligungen und Art. 24 für Bauzonen bietet jedoch entsprechende Wege an, um Wohnraum ohne Ausnahmegewilligungen 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.

Fazit: 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 ES II mit ES III, werden jedoch auch Einschränkungen für die Handlungsspielräume der instrumentellen Raumplanung erwartet.

4.10 Auswirkungen gemäss VOB-Beurteilungskriterien

Im Folgenden werden die Auswirkungen der Massnahmen auf die Beurteilungskriterien gemäss VOB Quick-Check (siehe Kapitel 3) zusammengefasst. Die folgenden Ausführungen wurden vom BAFU aus dem Schlussbericht VOB ARL zusammengetragen. Der Schlussbericht VOB ARL enthält kein analoges Kapitel.

Unternehmen tragen sowohl Kosten als auch Nutzen im Zusammenhang mit der Anpassung der Grenzwerte für Lärm. Die Kosten für Unternehmen können sich aus finanziellen Beiträgen zur Lärmbekämpfung oder allenfalls aus Zeitverlusten durch Geschwindigkeitsreduktionen ergeben, während der Nutzen aus der verbesserten Gesundheit der Arbeitnehmer sowie aus Aufträgen zur Planung und Umsetzung von Lärmschutzmassnahmen (z.B. lärmarmen Belägen) resultiert.

Kantone tragen den Grossteil der Kosten (60 %) für Lärmsanierungen im Bereich Strassenlärm, da sie einen beträchtlichen Anteil der Strassenabschnitte besitzen. Auch **Gemeinden** beteiligen sich aufgrund ihres umfangreichen Strassennetzes signifikant an Lärmsanierungen¹³. Der **Bund** hat in der Vergangenheit hohe Kosten für Lärmsanierungsprogramme übernommen, z.B. für Massnahmen bei den Nationalstrassen oder Subventionen (Programmvereinbarungen mit den Kantonen). Konkret werden **Strasseneigentümer/-innen** aufgrund der angepassten Grenzwerte vermehrt Lärmschutzmassnahmen wie lärmarme Beläge und Lärmschutzwände prüfen und wo sinnvoll umsetzen müssen. Sind quellenseitige Lärmschutzmassnahmen nicht ausreichend oder nicht verhältnismässig, müssen Erleichterungen beantragt und Schallschutzfenster finanziert werden.

Auch für die **Bahnunternehmen** hat die Anpassung der Grenzwerte Konsequenzen. Während das Schienenschleifen als quellenseitige Lärmschutzmassnahme in der VOB als kostenneutral angesehen wird, verursacht der Einbau von Schallschutzfenstern zusätzliche Kosten.

¹³ Ergänzung BAFU: 90% der Personen, die übermässigem Strassenverkehrslärm ausgesetzt sind wohnen an Kantons- oder Gemeindestrassen

Für die **Flughäfen** werden betriebliche Einschränkungen als nicht realistisch betrachtet und andere quellenseitige Lärmschutzmassnahmen wurden nicht berechnet. Während für die Flughäfen durch die Anpassung der Grenzwerte und aufgrund neuer Erleichterungen viele Schallschutzfenster finanziert werden müssen, werden nur geringe Entschädigungszahlungen an Liegenschaftsbesitzer/-innen erwartet.

Bei den gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen sind die Eigenkosten (z.B. Zeitaufwand) von den **Gebäudeeigentümern und -eigentümerinnen** selbst zu tragen ebenso freiwillige Massnahmen zum Schutz vor Lärm. Die Gebäudeeigentümer/-innen profitieren jedoch auch durch quellenseitige Lärmschutzmassnahmen, indem ihre Liegenschaften höhere Renditen aus Vermietung und Verkauf abwerfen.

Die Auswirkungen auf den **Wettbewerb** sind sowohl positiv als auch negativ und können aufgrund der Ergebnisse im Schlussbericht VOBÜ ARL wie folgt zusammengefasst werden: Die geprüften Massnahmen tragen, einzeln sowie in Massnahmenpaketen gebündelt, effektiv dazu bei, die Volkswirtschaft der Schweiz langfristig von lärmbedingten Kosten zu entlasten. Dies führt zu positiven Wirkungen auf die Produktivität und die Attraktivität für Investitionen, was die internationale Wettbewerbsfähigkeit steigert. Finanzielle Anreize zur freiwilligen Lärmreduktion an der Quelle, wie mögliche Lärm- oder Ruheboni für den Einsatz von leisen Güterwagen und Fluggeräten, müssen jedoch sorgfältig auf ihre ordnungspolitischen Auswirkungen geprüft werden, einschliesslich ihrer Finanzierungsquellen, der begünstigten Akteure und ihrer Auswirkungen auf den Wettbewerb. Einschränkungen des Flugbetriebs an Landesflughäfen hätten erhebliche Auswirkungen auf den internationalen Wettbewerb und den internationalen Öffnungsgrad der Schweiz, sie wurden jedoch aufgrund der im luftverkehrspolitischen Bericht des Bundesrates 2016 festgelegten Systemanforderungen in der VOBÜ ausgeschlossen.

Werden die reduzierten Lärmbelastungen für Personen und Wohnungen in monetären Nutzen umgerechnet, so ergeben sich bei Umsetzung von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen enorme **gesundheitliche Nutzen für die Bevölkerung** von 236 Mio. CHF / Jahr. Zusätzlich könnten durch Geschwindigkeitsreduktionen punktuell Luftschadstoffbelastungen und Unfallwirkungen reduziert werden, was weitere Gesundheitsvorteile im Wert von rund 1.1 Mio. CHF erwarten lässt.

Die Gesundheitsschäden und Wertminderung für Gebäude durch Lärm sind klassische externe Kosten. Der **Ordnungspolitik** wird ein grosses Gewicht für die Reduktion der Lärmbelastung beigemessen, weil von den Anlagebetreibern ohne staatliche Intervention nur vernachlässigbar wenige freiwillige quellenseitige Lärmschutzmassnahmen durchgeführt werden.

Die Ausweitung des Lärmschutzes entspricht einem raumplanerischen Interesse, weil in ruhigeren Gebieten die Handlungsspielräume für Planungen vergrössert werden. Durch die beurteilten Massnahmen, insbesondere die Gleichsetzung von ES II mit ES III, werden jedoch auch Einschränkungen für die Handlungsspielräume der instrumentellen **Raumplanung** erwartet.

Neben den deutlichen Nutzen für die Gesundheit der Bevölkerung ist durch die quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen auch eine Steigerung des Wohlbefindens in der **Gesellschaft** zu erwarten. Konkret beeinflusst eine Reduktion der Lärmbelastung die qualitativen Empfindungen eines Kollektivs mit Situationen, Lebensumständen, Erholungsmöglichkeiten und Handlungsalternativen

5 Optimierungsbeford und Empfehlungen

Mit Blick auf die Optimierung der beurteilten Massnahmen werden durch die Autoren der VOBÜ ARL nachfolgende Empfehlungen gegeben.

5.1 Verhältnismässigkeit klären und wirtschaftliche Tragbarkeit weiterentwickeln

Gemäss LSV sind Lärmschutzmassnahmen grundsätzlich an der Quelle und auf dem Ausbreitungsweg zu treffen (Art. 2 Abs. 3 LSV). Dabei gilt das Prinzip der Verhältnismässigkeit, welches auch die

wirtschaftliche Tragbarkeit einschliesst. Die Berechnungsverfahren und Schwellenwerte für die Beurteilung der Wirtschaftlichkeit von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen gegen Strassen- und Eisenbahnlärm sowie die verwendeten Reisezeitkosten sind älteren Datums. Es wird empfohlen, diese zu aktualisieren, ggf. stärker nach Lärmarten zu differenzieren und die zulässigen Jahreskosten bzw. Gesamtkosten pro Personendezibel tendenziell anzuheben. Lärmbelastungsniveaus, Raumqualität und Verkehrssicherheit sollten angemessen berücksichtigt werden, und es sollten aktuelle Reisezeitkosten verwendet werden.

5.2 Zusammensetzung der Bündel nach zusätzlichen Wirkungen

Die Bildung von Massnahmenpaketen zur Bündelung von Massnahmen die auf den Empfehlungen der EKLB aufbauen, wird als zweckmässig angesehen. Dabei variieren die Wirkungen der Massnahmen. Demnach zeigt Massnahme M8 «Gleichsetzung von ES II und ES III» in Ergänzung zur M1 deutlich grössere Wirkungen als Massnahme M7 «Anpassung Beurteilungszeiten» in Ergänzung zur M1. Jedoch steigen für M8 bei abnehmenden Grenznutzen die Kosten gegenüber M1 stärker an als für M7, weshalb aus volkswirtschaftlicher Perspektive M7 mit dem höheren Nutzen-Kosten-Verhältnis tendenziell zu bevorzugen ist.

Das übergeordnete Ziel der Anpassungen der LSV besteht darin, gesetzeskonforme Grenzwerte festzulegen. Im Rahmen der geplanten Anpassungen der Rechtsgrundlagen zum Schutz vor Lärm wird dem BAFU empfohlen, in Absprache mit der EKLB eine Priorisierung der Massnahmen vorzunehmen. Es ist rechtlich zu prüfen, ob bei Verzicht auf Massnahmen mit niedriger Priorität weiterhin die Gesetzeskonformität gewährleistet ist.

5.3 Alternative Ausgestaltung Massnahme M5 «Transparenz stärken» prüfen

Für die Massnahme M5 zur Eintragung von Erleichterungen im Grundbuch und/oder im jeweiligen Lärmbelastungskataster wird keine lärmmindernde Wirkung angenommen. 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.

5.4 Abstimmung mit raumplanerischen Interessenabwägungen weiter konkretisieren

Die laufende 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 und entsprechende Planungssicherheit zu schaffen. Die entsprechenden Verfahren sind mit anderen raumplanerischen Verfahren bestmöglich abzustimmen, sodass sowohl parzellenbezogene als auch gesamt-raumbezogene 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.

5.5 Gleichbehandlung der gebäudeseitigen Ersatzmassnahmen

Derzeit bestehen bei Überschreitung des IGW je nach lärmzeugender Anlage unterschiedliche Pflichten. Insbesondere, ob bereits ab dem IGW oder erst ab dem AW gebäudeseitige Ersatzmassnahmen zu treffen und vom Anlagenbetreiber zu finanzieren sind. Dem BAFU wird empfohlen, hinsichtlich Verteilungswirkung zu klären, inwiefern diese unterschiedliche Behandlung aus grundrechtlicher und volkswirtschaftlicher Sicht gerechtfertigt ist und aufrechterhalten werden soll.

5.6 Massnahme M4 «Massnahmen klären» Kriterien basiert ausführen

Die Massnahme M4 wird insgesamt positiv bewertet. Um die bestmögliche Wirkung zu erzielen, wird dem BAFU 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.

6 Grenzen der Analyse und Würdigung der Ergebnisse

6.1 Grenzen der Analyse

Die durchgeführte VOBu basiert auf einer umweltökonomischen Analyse externer Effekte in Verbindung mit Lärmmodellierungen. Damit sind der Analyse mehrfach Grenzen gesetzt.

6.1.1 Monetarisierung externer Effekte

Gesundheits- und Gebäudekosten stellen externe Kosten dar, die sich über verschiedene Wirkungsketten hinweg bei einer Vielzahl von Akteuren als direkte und indirekte (d. h. nicht Cash-wirksam) Kosten manifestieren können. Die Ermittlung dieser Kosten erfordert umfangreiche Untersuchungen und statistische Analysen, die u.a. auch auf Annahmen beruhen. Das ARE berechnet die Lärmkosten im Rahmen der externen Kosten und Nutzen des Verkehrs (siehe www.are.admin.ch¹⁴). Für die VOBu konnten die ARE-Ergebnisse nicht direkt verwendet werden, da das ARE keine jährlich aktualisierten Kostensätze pro Dezibel berechnet. Die Kostensätze wurden im Zuge der VOBu-Voruntersuchung (Ecoplan, 2022) und in der VOBu gemäss Methodenbeschrieb des ARE 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.

6.1.2 Lärm- und Lärmausbreitungsmodellierungen

Lärm- und Lärmausbreitungsmodellierungen basieren auf komplexen physikalischen Modellen (Emissionsmodelle wie sonROAD18, sonRAIL, sonAIR und Immissionsmodelle wie ISO 9613-2 und sonX) die dazu dienen, die Realität abzubilden. Meist geschieht dies unter idealisierten oder standardisierten Bedingungen, wobei Abweichungen von der tatsächlichen Situation inhärent sind. Die zur VOBu verwendeten Modelle wurden durch die EMPA entwickelt. Die Modelle verwenden zertifizierte Algorithmen und entsprechen Empfehlungen der beteiligten Ämter für die Durchführung von Lärm- und Lärmausbreitungsmodellierungen.

Ergänzende Anmerkung seitens BAV: Bei der Berechnung der künftigen Anzahl an Erleichterungen könnten beim Eisenbahnlärm Strecken im aktuellen Emissionskataster des BAV fehlen, 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.

6.1.3 Daten und Informationen

Die VOBu stellt eine umfangreiche Untersuchung dar, bei der nicht für jeden relevanten Sachverhalt ausreichend oder in ausreichender Qualität Daten und Informationen zur Verfügung stehen oder aufbereitet werden konnten. Die verwendeten Informations- und Datenquellen werden transparent dargelegt und kommentiert, einschliesslich der daraus gezogenen Schlüsse, Annahmen und Unsicherheiten.

¹⁴ [Externe Kosten und Nutzen des Verkehrs \(admin.ch\)](http://www.are.admin.ch)

6.1.4 Annahmen

Die durchgeführten Modellrechnungen beruhen auf einer Vielzahl von Annahmen, wobei eine starke Abhängigkeit zwischen Ergebnissen und Annahmen besteht. Es ist von zentraler Bedeutung, die Herkunft und Verwendung dieser Annahmen transparent darzulegen und bei der Ergebnisinterpretation mit zu berücksichtigen. Vor ihrer Verwendung wurden die Annahmen auf ihre Stabilität und Zuverlässigkeit geprüft und inhaltlich begründet. Dabei wurde die Begleitgruppe miteinbezogen. Fiktive Annahmen, welche dazu verwendet wurden, um Wirkungszusammenhänge mittels quantitativer Simulationen erläutern zu können, wurden entsprechend deklariert. Dies betrifft insbesondere die Annahmen zu pauschalen Reduktionen des zivilen Fluglärms, welche ausschliesslich der Veranschaulichung von möglichen Wirkungsweisen und -stärken dienen.

6.1.5 Getrennte Betrachtung nach Lärmquellen

Die getrennte Betrachtung nach Lärmquellen entspricht einer lärmschutzrechtlichen Vorgabe. Sie erleichtert die Durchführung von Modellierungen, erschwert aber im Gegenzug das Abbilden von Gesamtwirkungen und enthält die Gefahr von Doppelzählungen.

6.1.6 Massnahmen und Massnahmenpakete

Mit der VOBu wurden neun Massnahmen sowie eine zehnte Sensitivitätsannahme (M1*) beurteilt. Dabei wurden nicht nur die einzelnen Massnahmen untersucht, sondern auch die durch die Kombination verschiedener Massnahmen entstehenden Massnahmenpakete sowie die Anforderungen, den jeweiligen Grenznutzen und die -kosten einer zusätzlichen Massnahme isoliert im Paket ausweisen zu können. Da die Massnahmen und ihr 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 VOBu ARL 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 der Begleitgruppe kritisch reflektiert.

6.2 Würdigung der Ergebnisse

6.2.1 Die Bedeutung von Lärmbelastungen für Wirtschaft und Gesellschaft

Die volkswirtschaftliche Beurteilung verdeutlicht das signifikante Problem schädlicher oder lästiger Lärmbelastung, das durch anhaltendes Bevölkerungs- und Verkehrswachstum weiter verschärft werden dürfte. Damit bleiben Lärmbelastungen ein volkswirtschaftlich und gesellschaftlich relevantes Problem.

6.2.2 Herausforderungen bei der Internalisierung von Lärmschutzkosten

Die Kosten für Gesundheitsschäden und Wertminderung für Gebäude durch Lärm sind externe Kosten. Deshalb besteht für Anlageinhaber kein finanzieller Anreiz, diese Kosten zu senken. Entsprechend würden sie freiwillig nicht ausreichend quellenseitige Massnahmen ergreifen. Deshalb sind staatliche Vorschriften notwendig, mit der Anlageinhaber zu Massnahmen verpflichtet werden. Auch bei Sanierungspflicht mit heute gültigen Grenzwerten und grosszügiger finanzieller Unterstützungen haben viele Lärmsanierungen bislang nicht stattgefunden.

6.2.3 Analyse bestehender Grenzwerte und Herausforderungen beim Lärmschutz

Die aktuell geltenden Grenzwerte werden von der EKLB als nicht USG-konform eingestuft (EKLB, 2021). Die beurteilten Massnahmen zur Erreichung gesetzekonformer Grenzwerte (M1, M7 und M8) sowie zur Verbesserung der lärmschutzrechtlichen Rahmenbedingungen (M3, M4, M5, M6 und M12) erweisen sich grösstenteils als geeignet, um die Rahmenbedingungen so zu verändern, dass zusätzliche Lärmsanierungen durchgeführt und externe Lärmkosten reduziert werden. Die Massnahme M1* zeigt ähnliche Auswirkungen wie M1, jedoch in geringerem Umfang und zur Begründung der Gesetzeskonformität wird auf BGE 126 II 522 betreffend Flughafen Zürich verwiesen. Dennoch reichen die durch diese Massnahmen induzierten Lärmsanierungsmassnahmen keinesfalls dazu aus, um die 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. Obwohl Innovation und technologischer Fortschritt weiterhin verbesserte und neue bauliche und technische Lärmschutzmassnahmen hervorbringen, ist zu beobachten, dass die zusätzlichen Wirkungen für den Lärmschutz trotz Innovation tendenziell abnehmen. Dies liegt oft an abnehmenden Grenznutzen und kann durch hohe Kosten oder ungeklärte Sicherheitsfragen zusätzlich gehemmt werden. Eine aktive Unterstützung der Entwicklung solcher Lärmschutzmassnahmen durch Forschungs- und Innovationsförderung sowie Ressortförderung durch die beteiligten UVEK-Ämter ist grundsätzlich von Bedeutung.

6.2.4 Wirtschaftliche Tragbarkeit von Lärmschutzmassnahmen und deren Nutzen

Die Kriterien zur wirtschaftlichen Tragbarkeit der Lärmschutzmassnahmen spielen eine zentrale Rolle bei der Reduktion von Lärmbelastungen. Dies umfasst die direkten Investitionskosten sowie die laufenden Betriebs- und Unterhaltskosten, die als finanziell tragbar gelten. Die in der VOBu ARL angenommene wirtschaftliche Tragbarkeit liegt derzeit unter den erzeugten Nutzen.

6.2.5 Lärmschutzmassnahmen bei komplexen Verkehrssystemen

Bei komplexen und stark frequentierten Verkehrssystemen wie Eisenbahnen und Luftverkehr wird die Umsetzung von Lärmschutzmassnahmen, die betriebliche Einschränkungen bedeuten, grösstenteils ausgeschlossen. Aufgrund der Gefährdung von Funktionsfähigkeit, Kapazität und Qualität des Angebots, der gesellschaftlichen Erwartungen an die Verkehrsträger sowie der erheblichen volkswirtschaftlichen Kosten bei Einbussen in der Wettbewerbsfähigkeit und der Integration in globale Netzwerke sind entsprechende quellenseitige Lärmschutzmassnahmen nur begrenzt möglich. Derzeit werden die entsprechenden Nutzen stärker gewichtet als die Lärmkosten. Personen und Gebäudeeigentümer/-innen, die externe Lärmkosten tragen, profitieren ebenfalls von diesen Nutzen. Es ist jedoch individuell verschieden, inwieweit diese Nutzen die Lärmkosten übersteigen, weshalb eine abschliessende Beurteilung entsprechender Verteilungswirkungen nicht möglich ist.

6.2.6 Effektivität und Effizienz der Lärmschutzmassnahmen im Kontext der SDGs

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass die beurteilten Massnahmen einen effektiven und effizienten Beitrag zur Bewältigung einer bedeutenden gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Herausforderung leisten. Sie tragen dazu bei, die Sustainable Development Goals (SDG) zu erreichen, insbesondere im Hinblick auf Ziel 3 für Gesundheit und Wohlergehen sowie teilweise auch Ziel 11 für nachhaltige Städte und Gemeinden (United Nations Development Programme, 2024). Eine vollständige Lösung des Problems mit einem langfristig wirksamen Beitrag zu den SDGs erfordert jedoch Anpassungen in der gesellschaftlichen und wirtschaftlichen Beurteilung der Verhältnismässigkeit von quellenseitigen Lärmschutzmassnahmen, wie dies durch die beurteilten VOBu-Massnahmen nur in ersten Ansätzen ausgelöst werden kann.

Literaturverzeichnis

- Berner Fachhochschule (2022): Rauheit des SBB-Schienennetzes. Verfeinerung der Modelle anhand neuer Messdaten. Schlussbericht nach der dritten Iteration. Im Auftrag BAFU und BAV. Biel.
- Bundesamt für Statistik (2023): Güterwagentransportstatistik (GTS). Neuchâtel.
- Bundesamt für Strassen & Bundesamt für Umwelt (2022): Leitfaden Strassenlärm. Vollzugshilfe für die Sanierung. Stand: Dezember 2006. Anhang 1b zu Belagskennwerten: Anwendungshilfe für die Belagsakustik. Bern.
- Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) (2018): Lärmbelastung der Schweiz. Ergebnisse des nationalen Lärmmonitorings sonBASE, Stand 2015. Umwelt-Zustand Nr. 1820. Bern.
- Bundesamt für Umwelt (Hrsg.) (2019): Sanierung Strassenlärm. Bilanz und Perspektiven. Stand 2018. Umwelt-Zustand Nr. 1922. Bern.
- Bundesamt für Umwelt (2020): VOBÜ. Volkswirtschaftliche Beurteilung von Umweltmassnahmen. Leitfaden. Bern.
- Bundesamt für Umwelt (2021): Prüfschema für die Herabsetzung der Höchstgeschwindigkeit auf Haupt- und übrigen Strassen. Bern.
- Bundesamt für Umwelt (2022): Trassenpreissystem – Lärmbonus. Vorschlag für Revision per 1.1.2025. Internes Papier. Bern.
- Bundesamt für Umwelt (2023): sonBASE 2015 – Potential verschiedener Strassenlärm-mass-nahmen. Neuberechnung 2022 mit sonROAD18. Im Auftrag BAFU. Zürich.
- Bundesamt für Verkehr (2016): Lärmsanierung der Eisenbahnen. Standbericht 2015. Bern.
- Bundesamt für Verkehr (2023): Eisenbahnausbauprogramme. Bahninfrastrukturfonds (BIF). Standbericht 2022. Bern.
- Bundesamt für Zivilluftfahrt (undatiert): Reduktion des Treibstoffverbrauchs: Flottenerneuerung und operationelle Massnahmen. Bern.
- Bundesrat (2016): Bericht 2016 über die Luftfahrtpolitik der Schweiz (Lupo 2016). Bericht vom 24. Februar 2016. Bern.
- Ecoplan (2022a): Vorarbeiten zur Volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) von Anpassungen der Lärmschutzverordnung (LSV). VOBÜ Quick-Checks und Ergebnisse der Quantifizierung. Im Auftrag BAFU. Bern. Nicht veröffentlichter Bericht.
- Ecoplan (2022b): Vorarbeiten zur Volkswirtschaftlichen Beurteilung (VOBU) von Anpassungen der Lärmschutzverordnung (LSV). Bisherige Erkenntnisse und Vorschläge für weitere Quantifizierung in der VOBÜ. Im Auftrag BAFU. Bern. Nicht veröffentlichter Bericht.
- Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung (2021): Grenzwerte für Strassen-, Eisenbahn- und Fluglärm. Empfehlungen der EKLK. Bern.
- kanzlei konstruktiv AG (2021): Öffentlich-rechtlicher Schutz vor Lärm in der Schweiz. Analyse des heutigen Regelungskonzepts und Vorschläge für Optimierungen. Im Auftrag BAFU. Bern. Nicht veröffentlichter Bericht.
- Prose AG (2015): Zusammenfassung der akustischen Untersuchung zu verschiedenen Schienepflegeverfahren. Bericht 04-03-01054 Rev. 0.00. Synthesebericht Schienepflege. Im Auftrag BAFU. Zürich.
- United Nations Development Programme (2024): The Sustainable Development Goals in Action. Abgerufen am 19. Februar 2024 von <https://www.undp.org/sustainable-development-goals>.
- Zürcher Kantonalbank (2011): Ruhe bitte! Wie Lage und Umweltqualität die Schweizer Mieten bestimmen. In Zusammenarbeit mit BAFU. Zürich.
- Züst Engineering AG (2010): Potential akustisches Schienenschleifen. Seegräben.