

Auswirkungen des Verkehrslärms auf die Gesundheit

Berechnung von DALY für die Schweiz

Schlussbericht

22. April 2014

im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt

Impressum

Empfohlene Zitierweise

Auftragnehmer: Ecoplan
Titel: Auswirkungen des Verkehrslärms auf die Gesundheit
Untertitel: Berechnung von DALY für die Schweiz
Auftraggeber: Bundesamt für Umwelt(BAFU). Das BAFU ist ein Amt des Eidgenössischen Departements für Umwelt, Verkehr, Energie und Kommunikation (UVEK)
Ort: Bern und Altdorf
Jahr: 2014
Bezug: www.ecoplan.ch

Begleitung

Hans Bögli, Bundesamt für Umwelt
Nina Mahler, Bundesamt für Umwelt

Projektteam Ecoplan

Christoph Lieb (Projektleitung)
Marcel Buffat

Der Bericht gibt die Auffassung der Autoren wieder, die nicht notwendigerweise mit derjenigen des Auftraggebers oder der Begleitorgane übereinstimmen muss.

Ecoplan AG

Forschung und Beratung
in Wirtschaft und Politik

www.ecoplan.ch

Monbijoustrasse 14
CH - 3011 Bern
Tel +41 31 356 61 61
bern@ecoplan.ch

Schützengasse 1
Postfach
CH - 6460 Altdorf
Tel +41 41 870 90 60
altdorf@ecoplan.ch

Inhaltsverzeichnis

	Kurzfassung	2
	Résumé.....	3
	Compendio	4
	Summary	5
	Abkürzungen und Glossar.....	6
1	Einleitung	7
2	Methodik, Abgrenzungen und Datengrundlagen.....	7
2.1	Methodik.....	7
2.2	Abgrenzungen.....	8
2.3	Datengrundlagen	10
3	Ischämische Herzkrankheiten	12
4	Lernschwierigkeiten bei Kindern	13
5	Schlafstörungen.....	15
6	Belästigung	16
7	Zusammenfassung	17
8	Anhang: Lärmbelastung gemäss sonBase.....	22
	Literaturverzeichnis	24

Kurzfassung

Die WHO hat 2011 in der Studie „Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe“ eine **Methodik** entwickelt, **um die Folgen des Lärms auf die Gesundheit zu quantifizieren**. Als Ergebnis werden sogenannte DALY (disability adjusted life years) ausgewiesen. DALY sind eine Masszahl für die Sterblichkeit und die Beeinträchtigung des normalen beschwerdefreien Lebens durch eine Krankheit. Ein DALY entspricht einem verlorenen Lebensjahr bei einwandfreier Gesundheit.

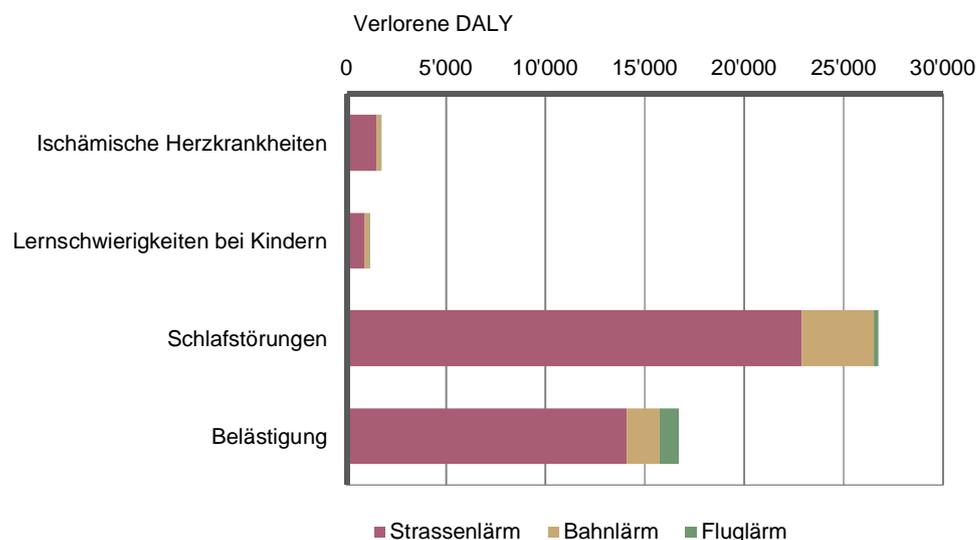
In dieser Studie werden anhand derselben Methode die **lärmbedingten Gesundheitseffekte in der Schweiz im Jahr 2010** berechnet. Berücksichtigt werden dabei die Auswirkungen von Strassen-, Bahn- und Fluglärm auf die folgenden Krankheitsbilder:

- Ischämische Herzkrankheiten
- Lernschwierigkeiten bei Kindern
- Schlafstörungen
- Belästigungen

Die **wichtigsten Ergebnisse** sind nachfolgend dargestellt (vgl. Abbildung 1):

- Insgesamt gehen in der Schweiz durch verkehrslärmbedingte Gesundheitseffekte rund **46'400 DALY** verloren. Die Berechnung basiert auf Annahmen, die teilweise unsicher sind, die Bandbreite der Berechnungen liegt zwischen 25'400 und 141'600 DALY.
- **Strassenlärm ist für den grössten Anteil der verlorenen DALY verantwortlich**. 85% der durch Verkehrslärm in der Schweiz verlorenen DALY sind auf ihn zurückzuführen. Durch Bahn- bzw. Fluglärm gehen 12% bzw. 3% der DALY verloren.
- **Am meisten DALY gehen durch verkehrslärmbedingte Schlafstörungen (58%) und Belästigungen (36%) verloren**. Auf Verkehrslärm zurückzuführende ischämische Herzkrankheiten und Lernschwierigkeiten bei Kindern haben mit 4% respektive 2% einen deutlich kleineren Anteil an den gesamten durch Verkehrslärm verlorenen DALY.

Abbildung 1: Verlorene DALY aufgrund lärmbedingter Krankheitsbilder nach Verkehrsträger



Résumé

Dans son étude intitulée « La charge de morbidité imputable au bruit ambiant. Quantification du nombre d'années de vie en bonne santé perdues en Europe », publiée en 2011, l'OMS développe une **méthode de quantification des effets du bruit sur la santé**. La charge de morbidité est calculée en années de vie corrigées de l'incapacité (*disability adjusted life years, DALY*). Cette unité de mesures exprime la mortalité et le caractère invalidant d'une maladie. Une année de vie corrigée de l'incapacité correspond à la perte d'une année de vie en bonne santé.

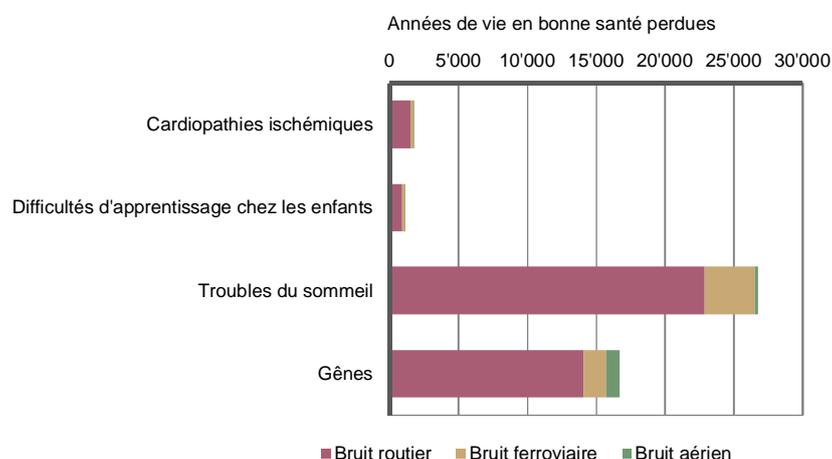
La présente étude calcule, selon la même méthode, **les effets du bruit sur la santé en Suisse en 2010**. Les effets du bruit du trafic routier, ferroviaire et aérien ont été pris en compte, ainsi que les signes cliniques suivants:

- cardiopathies ischémiques
- difficultés d'apprentissage chez les enfants
- troubles du sommeil
- gênes

Les **principaux résultats** sont les suivants (voir figure 1):

- En Suisse, les effets sanitaires dus au bruit du trafic équivalent à la perte d'environ **46 400 45 400 années de vie en bonne santé**. Ce résultat repose néanmoins sur des hypothèses, et se situe dans une marge qui va de 25 400 à 141 600 années de vie corrigées de l'incapacité.
- **Le bruit routier est responsable du plus grand pourcentage des pertes d'années de vie en bonne santé**, soit 85 %. Le bruit du trafic ferroviaire est responsable de 12 % des années de vie en bonne santé perdues et celui du trafic aérien de 3 %.
- **Les troubles du sommeil dus au bruit du trafic représentent 58 % des pertes d'années de vie en bonne santé, et les gênes 36 %**. Les cardiopathies ischémiques et les difficultés d'apprentissages chez les enfants dues au bruit du trafic représentent respectivement 4 % et 2 % des années de vie en bonne santé perdues, soit une très faible part du total des pertes.

Figure 1 : Pertes d'années de vie en bonne santé dues au bruit du trafic par signes cliniques



Compendio

Nello studio «Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe» pubblicato nel 2011, l'Organizzazione mondiale della sanità (OMS) ha sviluppato una **metodologia che consente di quantificare le ripercussioni del rumore sulla salute**. I risultati sono espressi in cosiddetti DALY (Disability Adjusted Life Years), un'unità di misura della mortalità e del pregiudizio arrecato da una malattia a una vita normale. Un DALY corrisponde alla perdita di un anno di vita in perfetta salute.

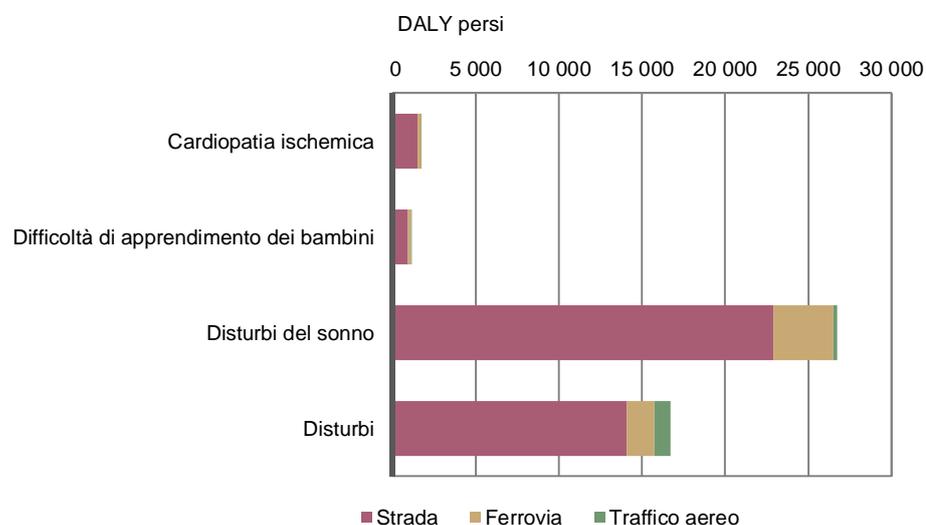
In base allo stesso metodo, nello studio vengono calcolate **le ripercussioni del rumore sulla salute in Svizzera nel 2010**. Vengono considerati gli effetti del rumore causati da strade, ferrovia e traffico aereo sui seguenti quadri clinici:

- cardiopatia ischemica;
- difficoltà di apprendimento dei bambini;
- disturbi del sonno;
- disturbi.

Di seguito sono indicati i **principali risultati** (vedi grafico 1):

- le ripercussioni del rumore del traffico sulla salute causano la perdita complessiva in Svizzera di **46 400 DALY**. Il calcolo si basa su ipotesi, in parte insicure, e la relativa scala è compresa fra 25 400 e 141 600 DALY;
- **il rumore stradale, con l'85 per cento, è il principale responsabile per la perdita di DALY** in Svizzera. Il rumore provocato dalla ferrovia e dal traffico aereo causano una perdita di DALY pari al 12 e al 3 per cento;
- **la maggior parte dei DALY viene persa nell'ambito dei disturbi del sonno (58 %) e dai disturbi (36 %) provocati dal rumore del traffico**. Le cardiopatie ischemiche (4 %) e le difficoltà di apprendimento dei bambini (2 %) coprono solo una quota marginale dei DALY complessivi persi a causa del rumore del traffico.

Grafico 1: DALY persi in base ai quadri clinici causati dal rumore e per fonte di rumore



Summary

In its 2011 study “Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe”, the World Health Organisation (WHO) developed **methods to quantify the burden of disease from noise**. The results are expressed as DALYs (disability-adjusted life years). DALYs are a measure of the premature death and impairment of normal “healthy” life due to disease. A DALY is equivalent to one healthy life year lost.

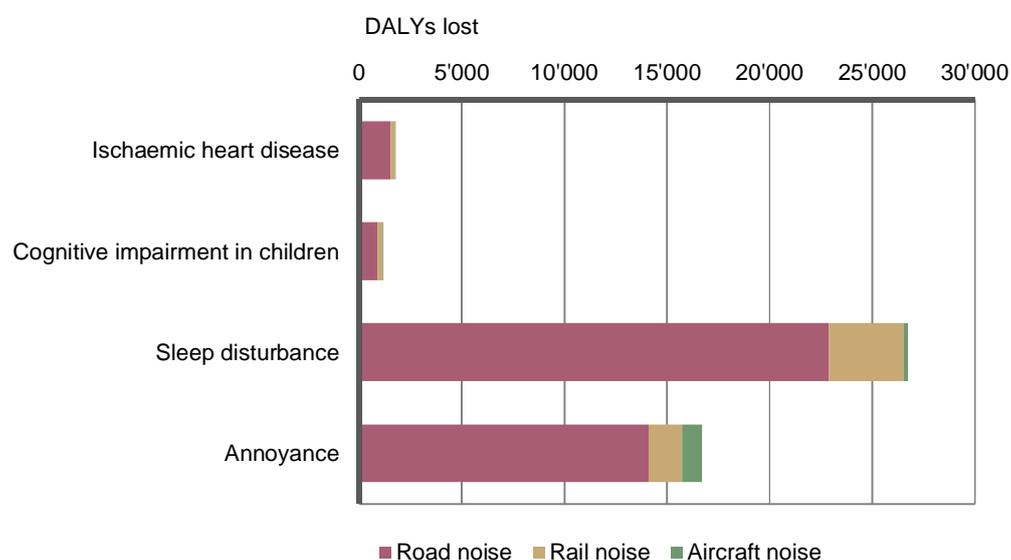
The same method is used in this study to calculate the **noise-related health outcomes in Switzerland in the year 2010**. The burden of the following diseases from road, rail and aircraft noise is considered:

- Ischaemic heart disease
- Cognitive impairment in children
- Sleep disturbance
- Annoyance

The **most important results** are shown below (see figure 1):

- Overall, some **46,400 DALYs** are lost due to traffic noise related health outcomes in Switzerland. The results are based on assumptions, though some of these are uncertain and the calculation range is between 25,400 and 141,600 DALY.
- **Road traffic noise is responsible for the majority of DALYs lost**. It is the cause of 85% of the DALYs lost due to traffic noise in Switzerland. Rail and aircraft noise account for 12% and 3% respectively of DALYs lost.
- **Most of the DALYs are lost due to traffic noise related sleep disturbance (58%) and annoyance (36%)**. Ischaemic heart disease and cognitive impairment in children caused by traffic noise make up a much lower proportion of the total DALYs lost due to traffic noise at 4% and 2% respectively.

Figure 1: DALYs lost due to noise-related disease by mode of transportation



Abkürzungen und Glossar

DALY	Englische Abkürzung für D isability A djusted L ife Y ears (Behinderungsbereinigtes Lebensjahr). Die DALY setzen sich zusammen aus den verlorenen Lebensjahren durch vorzeitigen Tod (YLL) und mit Behinderung gelebte Lebensjahre (YLD).
dB(A)	Dezibel. Einheit für die Messung des Schalldruckpegels mit dem Bewertungsfilter (A). Ein Mass für die Stärke der tatsächlich wahrgenommenen Lärmbelastung.
DW	Englische Abkürzung für D isability W eight. Das DW ist ein Mass für die Schwere der Behinderung auf einer Skala zwischen 0 (Perfekte Gesundheit) und 1 (Tod)
L_{day}	Taglärmindex für die Lärmbelastung während des Tages (06:00-22:00).
L_{den}	Tag-Abend-Nacht-Lärmindex. Durchschnitt aus L_{day} (12 Stunden), L_{evening} (4 Stunden), L_{night} (8 Stunden), wobei L_{evening} und L_{night} mit einem Pegelzuschlag von 5 dB(A), respektive 10 dB(A) bestraft werden.
L_{dn}	Analoger Durchschnittslärmindex wie L_{den} . Es werden 16 Tages- und 8 Nachtstunden berücksichtigt, wobei der Nachtlärm ebenfalls mit einem Pegelzuschlag von 10 dB(A) bestraft wird.
L_{night}	Nachtlärmindex für die Lärmbelastung während der Nacht (22:00-06:00)
YLD	Englische Abkürzung für Y ears L ived with D isability (mit Behinderung gelebte Lebensjahre)
YLL	Englische Abkürzung für Y ears of L ife L ost (verlorene Lebensjahre durch vorzeitigen Tod)

1 Einleitung

Die WHO hat 2011 die Studie „Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe“ publiziert. Darin wird dargestellt, wie die Folgen des Lärms auf die Gesundheit quantifiziert werden können. Zudem sind im Bericht die Gesundheitsschäden durch die Lärmbelastung für Westeuropa konkret berechnet worden. Als Ergebnis werden sogenannte DALY (disability adjusted life years) ausgewiesen. DALY sind eine Masszahl für die Sterblichkeit und die Beeinträchtigung des normalen beschwerdefreien Lebens durch eine Krankheit.

Im vorliegenden Kurzbericht, werden mit der gleichen WHO-Methodik die durch **Verkehrslärm verursachten Gesundheitseffekte in der Schweiz im Jahr 2010** ermittelt. Die Berechnungen werden dabei differenziert für die Lärmbelastung durch den **Strassen-, Bahn- und Luftverkehr** vorgenommen. Es handelt sich dabei um eine Aktualisierung der im Jahr 2011 erstellten Berechnung der Auswirkungen des Verkehrslärms auf die Gesundheit, die sich auf das Jahr 2000 bezog.¹ Sie berücksichtigt die neuen, im Zusammenhang mit der Aktualisierung der Berechnung der Lärmkosten² und der Aktualisierung von sonBase aufbereiteten Datengrundlagen (Lärmdaten, Gesundheitsdaten, Überlebenswahrscheinlichkeiten, Bevölkerung etc.). Der Bericht ist wie folgt aufgebaut:

- Im Kapitel 2 wird die Berechnungsmethodik kurz erläutert, wobei auf eine ausführliche Darstellung verzichtet wird. Interessierte Leserinnen und Leser finden die vollständige Dokumentation der Methodik in der WHO-Studie.³
- In Kapitel 3 bis 6 werden die Berechnungen für die jeweiligen Krankheitsbilder (ischämische Herzkrankheiten, Lernschwierigkeiten bei Kindern, Schlafstörungen und Belästigungen) einzeln präsentiert.
- Kapitel 7 enthält eine Zusammenfassung der Ergebnisse über die erwähnten Krankheitsbilder. Die Resultate werden auch mit denjenigen der WHO-Studie verglichen.
- Zusätzlich wird im Anhang die Lärmbelastung der Bevölkerung in der Schweiz durch die jeweiligen Verkehrsträger (Strasse, Bahn und Flugzeug) 2010 dargestellt.

2 Methodik, Abgrenzungen und Datengrundlagen

2.1 Methodik

Die **Methodik wird aus der WHO-Studie übernommen**. Die folgende Abbildung 2-1 zeigt das allgemeine Ablaufschema für die Berechnung:

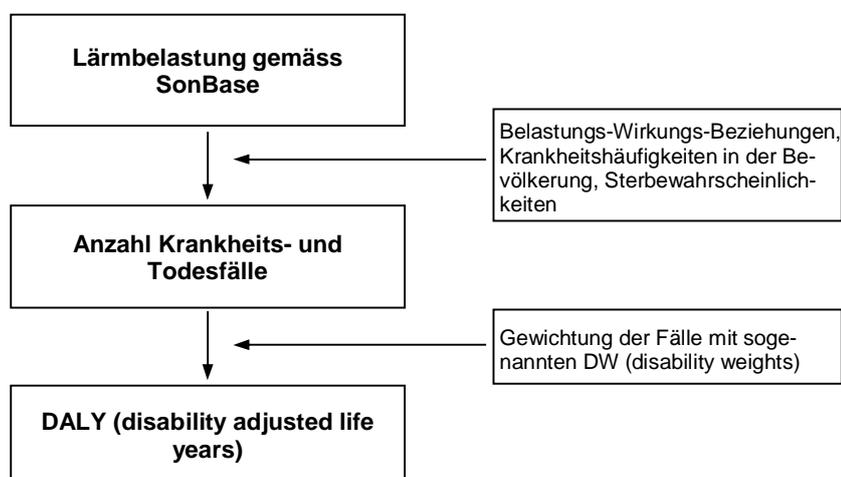
¹ Ecoplan (2011), Auswirkungen des Verkehrslärms auf die Gesundheit.

² Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010.

³ WHO (2011), Burden of disease from environmental noise: Quantification of healthy life years lost in Europe.

- Aus der Lärmbelastung der Bevölkerung wird mit Hilfe von Belastungs-Wirkungs-Beziehungen, Krankheitshäufigkeiten und Sterbewahrscheinlichkeiten berechnet, wie viele Krankheits- und Todesfälle durch den Lärm verursacht werden.
- Diese werden über sogenannte disability weights (DW)⁴ in disability adjusted life years (DALY) umgerechnet. DALYs sind die Summe aus verlorenen Lebensjahren aufgrund von frühzeitigen Todesfällen sowie dem Verlust an Lebenszeit durch Krankheit. Dabei wird Letzteres auch in verlorene Lebensjahre umgerechnet, indem mit einem bestimmten Prozentwert (=DW) multipliziert wird. Die Höhe des DWs ist abhängig von der gesundheitlichen Beeinträchtigung durch die Krankheit.

Abbildung 2-1: Methodik zur Berechnung der Gesundheitseffekte



2.2 Abgrenzungen

a) Untersuchungsjahr

Die Berechnungen werden für das Jahr 2010 durchgeführt.

b) Berücksichtigte Krankheitsbilder und Lärmarten

In der WHO-Studie werden die Auswirkungen des Lärms auf die Gesundheit in fünf Bereichen untersucht (vgl. Abbildung 2-2).

⁴ Die DW sind die Umrechnungsfaktoren, welche verwendet werden, um die Zahl der Krankheitsfälle in DALY umzurechnen.

Abbildung 2-2: Krankheitsbilder, Lärmdaten und Lärmschwellen gemäss WHO

Krankheitsbild	Verwendete Lärmdaten	Lärmschwelle
Herzinfarkt / ischämische Herzkrankheiten	Tageslärm $L_{day, 16h}$	ab 57 dB(A)
Lernschwierigkeiten bei Kindern	Tages- und Nachtlärm L_{dn}	ab 50 dB(A)
Schlafstörungen	Nachtlärm L_{night}	ab 40 dB(A)
Tinnitus (Ohrensausen)	Grobe Abschätzung ohne direkte Lärmdaten	ab 70-75 dB(A)
Belästigung	Tages-, Abend- und Nachtlärm L_{den} (Alternative über L_{dn})	ab 42 dB(A)

Auch die vorliegende Studie geht grundsätzlich von diesen Krankheitsbildern aus, wobei zwei explizit ausgeklammert werden:

- **Tinnitus** wird **weggelassen**, weil diese Krankheit typischerweise erst bei einer Lärmbelastung von über 70 bis 75 dB(A) auftritt und daher der Verkehr als Ursache weniger relevant ist. Verursacher ist stattdessen sozialer bzw. Freizeitlärm wie zum Beispiel Musikhören mit Kopfhörern, Schiessen, Konzerte, Sportanlässe und Feuerwerk. Dies sind aber typischerweise Lärmarten, die bewusst in Kauf genommen werden bzw. denen man ausweichen könnte.
- Für Bluthochdruck werden in der WHO-Studie (S. 22-23) lediglich mehrere Studienresultate erwähnt, wobei aber keine konkreten Angaben für eine Berechnung genannt werden. Wie in der WHO-Studie wird folglich **Bluthochdruck** in den Berechnungen **vernachlässigt**.

Bei den übrigen Krankheitsbildern gilt es zu beachten, dass die Umrechnung der Krankheitsfälle in DALY nicht immer einfach ist bzw. zum Teil mit grösseren **Unsicherheiten** verbunden ist. Daher werden – wo möglich – die Ergebnisse in Bandbreiten dargestellt:

- Bei **Schlafstörungen** und **Belästigungen** verwendete die WHO neben einer besten Schätzung für die „disability weights“ (DW) auch obere und untere Schätzwerte. Diese oberen und unteren Werte werden hier ebenfalls berechnet.
- Bei den **ischämischen Herzkrankheiten** werden Bandbreiten berechnet, indem der Gesundheitseffekt einerseits für alle ischämischen Herzkrankheiten und andererseits nur für den akuten Herzinfarkt dargestellt wird. Zudem werden bei den Maximalwerten die verlorenen Lebensjahre nicht diskontiert (vgl. Kapitel 3).

Für **Lernschwierigkeiten bei Kindern** werden wie in der WHO-Studie keine Bandbreiten ausgewiesen.

c) Lärmschwelle

Für die Ermittlung der negativen Auswirkungen des Lärms ist festzulegen, von welcher Lärmschwelle auszugehen ist, bei deren Überschreitung mit Belästigungen oder Gesundheitsschäden zu rechnen ist. Dabei wird von den gleichen Schwellenwerten ausgegangen, wie sie auch von der WHO verwendet werden (vgl. Abbildung 2-2).

2.3 Datengrundlagen

a) Lärmexposition der Bevölkerung

Die Lärmdaten beruhen auf einer Auswertung des Lärmmodells sonBase⁵ des Bundes für das Jahr 2010 (aktuellstes verfügbares Jahr). Die Lärmdatenbank sonBase des BAFU wurde seit den Berechnungen für das Jahr 2000 weiter verbessert und mit aktuellen Daten hinterlegt. Insbesondere wird neu der Lärm pro Etage anstatt wie bisher pro Gebäude ermittelt. Im Schienenverkehr können neu Berechnungen für das Jahr 2010 vorgenommen werden, anstatt sich wie bisher auf Prognosen für das Jahr 2015 abstützen zu müssen.⁶ Für die Berechnung der Krankheitseffekte werden die folgenden Lärmdaten verwendet (vgl. Abbildung 2-2).

- Für den Strassen- und Bahnlärm liegen die Daten für Tageslärm (L_{day}), Nachtlärm (L_{night}), durchschnittlichen Tages- und Nachtlärm L_{dn} und durchschnittlichen Tages-, Abend- und Nachtlärm (L_{den}) ab 40 dB(A) in 1 dB(A)-Klassen vor.⁷
- Beim Flugverkehr ist die Datenlage weniger gut. Es liegen nur Daten ab 48 dB(A) vor⁸ – und nur Daten für den Tages- und Nachtlärm.⁹ Die L_{den} -Werte wurden dem Taglärm gleichgesetzt, weil die Daten für 2000 zeigen, dass diese beiden Lärmmasse im Luftverkehr praktisch identisch sind.¹⁰ Die L_{dn} -Werte werden basierend auf L_{den} -Werten grob abgeschätzt.¹¹ Die Daten für die Flughäfen Zürich und Genf (in 1 dB(A)-Klassen) im Jahr 2010 stammen direkt von den Flughäfen. Die Daten für den Flughafen Basel und die Regionalflyghäfen (in 5 dB(A)-Klassen, anhand der Daten von Zürich und Genf auf 1-dB(A)-Klassen umgerechnet) stammen aus der Lärmdatenbank sonBase.¹²

Die grafische Auswertung der Daten ist im Anhang dieses Kurzberichtes enthalten.

⁵ Eine ausführliche Beschreibung der GIS-Lärmdatenbank sonBase bietet BAFU (2009), SonBase – die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz.

⁶ Auch in vielen weiteren Punkten wurde sonBase verbessert (siehe EcoPlan, Infras 2014, Externe Effekte des Verkehrs 2010, Kapitel 8.3.1). Beim Bahnlärm wurde der sogenannte Schienenbonus nicht berücksichtigt (bzw. nicht abgezogen).

⁷ L_{den} ist ein Durchschnitt über den Tag, bei dem 12 Stunden Tageslärm, 4 Stunden Abendlärm und 8 Stunden Nachtlärm aggregiert werden, wobei der Abendlärm mit 5 dB(A) und der Nachtlärm mit 10 dB(A) bestraft wird. L_{dn} ist ein analoger Durchschnitt von 16 Tages- und 8 Nachtstunden, wobei der Nachtlärm ebenfalls um 10 dB(A) erhöht wird.

⁸ Eigentlich nur Daten ab 50 dB(A), aber in EcoPlan, Infras (2014, Externe Effekte des Verkehrs 2010) wurden die Daten bis 48 dB(A) mittels linearer Regression extrapoliert.

⁹ Auch im Strassen- und Bahnlärm liegen eigentlich nur Daten zum Tages- und Nachtlärm vor. Unter der Annahme, dass der Abendlärm gleich ist wie der Tageslärm wird daraus aber auch der L_{den} und der L_{dn} berechnet. Im Luftverkehr wurden diese Berechnungen hingegen nicht durchgeführt.

¹⁰ EcoPlan (2011), Auswirkungen des Verkehrslärms auf die Gesundheit, S. 23. Da es im Luftverkehr kaum Nachtlärm gibt, liegt der L_{den} tendenziell tiefer als der Tageslärm, da der Abend- und Nachtlärm aber im L_{den} bestraft werden, ist L_{den} tendenziell höher. Diese beiden Effekte gleichen sich im Jahr 2000 gegenseitig aus.

¹¹ Für die Umrechnung gilt für den Luftverkehr folgende Gleichung: $L_{\text{dn}} = L_{\text{den}} - 0.6$ (vgl. Miedema / Oudshoorn (2001), Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals, S. 415).

¹² Die Daten zum Tageslärm und zum L_{den} stammen aus EcoPlan, Infras (2014, Externe Effekte des Verkehrs 2010, Kapitel 8.3.1.d), die Nachtlärmdaten aus Infras, EcoPlan (2012), Integration des Luftverkehrs in die Transportrechnung, Kapitel 6.4.2).

Insgesamt basieren die Berechnungen der Gesundheitsschäden durch Strassen- und Bahnlärm auf genaueren Daten als in der WHO-Studie:

- Der WHO lagen nur Daten in 5 dB(A)-Klassen vor. Da die Anzahl lärmbelastete Personen innerhalb einer 5 dB(A)-Klasse nicht gleich verteilt sind (vgl. die Abbildungen im Anhang), führt die Vorgehensweise der WHO zu einer geringen Überschätzung.
- Die WHO verfügte nur über Daten ab 45 oder 55 dB(A). Die Effekte zwischen 40 und 45 bzw. 55 dB(A) mussten durch die WHO deshalb vernachlässigt werden.

b) Belastungs-Wirkungs-Beziehungen

Die Auswirkungen des Lärms auf die Anzahl Krankheits- und Todesfälle werden anhand von sogenannten Belastungs-Wirkungs-Beziehungen ermittelt. Diese zeigen auf, wie sich das Risiko einer Krankheit erhöht, wenn die Lärmbelastung zunimmt. Die für den vorliegenden Bericht verwendeten Belastungs-Wirkungs-Beziehungen basieren vollumfänglich auf der WHO-Studie. Allfällige Unterschiede bezüglich der Belastungs-Wirkungs-Beziehung zwischen einzelnen Ländern werden damit nicht berücksichtigt.

c) Häufigkeit von Krankheits- und Todesfällen

Für die Berechnung der verlorenen Lebensjahre und der zusätzlichen Krankheitsfälle durch ischämische Herzkrankheiten bzw. durch Herzinfarkt werden neben den Belastungs-Wirkungs-Beziehungen auch die Häufigkeiten der Krankheits- und Todesfälle in der Schweiz verwendet.

- Für die Todesfälle steht uns die Todesursachenstatistik des BFS differenziert nach 1-Jahres-Altersklassen und nach Geschlecht zur Verfügung.¹³ Die Berechnung der verlorenen Lebensjahre erfolgt analog zum Bericht zu den externen Effekten des Verkehrs¹⁴ und ermöglicht die Ermittlung des genauen zeitlichen Anfalls der verlorenen Lebensjahre. Dazu wird der Umfang der im Jahr 2010 lebenden Bevölkerung (nach Jahrgängen gegliedert) aufgrund von Sterbewahrscheinlichkeiten über die nächsten 105 Jahre berechnet – einmal mit den heutigen Sterberaten und einmal mit Sterberaten, die im Jahr 2010 verringert werden unter der Annahme, dass kein Verkehrslärm auftritt. Die Differenz dieser beiden Berechnungen zeigt die verlorenen Lebensjahre aufgrund des Lärms im Jahr 2010.
- Die Anzahl Krankheitsfälle wird anhand der Anzahl (stationären) Spitaleintritten berechnet.¹⁵ Als Datenquelle dient die medizinische Statistik der Krankenhäuser 2010 des BFS. Um Doppelzählungen zu vermeiden, werden wie in der WHO-Studie (S. 25) bei der Ermittlung der Anzahl Krankheitsfälle die Anzahl Todesfälle von der Anzahl Spitaleintritte abgezogen.

¹³ Diese Daten wurden uns vom BfS zur Verfügung gestellt (teilweise auch indirekt über das BAFU).

¹⁴ Ecoplan, Infras (2014), Externe Effekte des Verkehrs 2010, Kapitel 8.3.

¹⁵ Als stationäre Behandlung gelten Aufenthalte im Spital von mindestens 24 Stunden zur Untersuchung, Behandlung und Pflege. Aufenthalte im Spital von weniger als 24 Stunden, bei denen während einer Nacht ein Bett belegt wird, sowie Aufenthalte im Spital bei Überweisung in ein anderes Spital und bei Todesfällen gelten ebenfalls als stationäre Behandlung.

3 Ischämische Herzkrankheiten

In verschiedenen epidemiologischen Studien wurde gezeigt, dass der Stress, welcher durch Verkehrslärm ausgelöst wird, das Risiko für ischämische Herzkrankheiten im Allgemeinen und akutem Herzinfarkt im Speziellen erhöht.

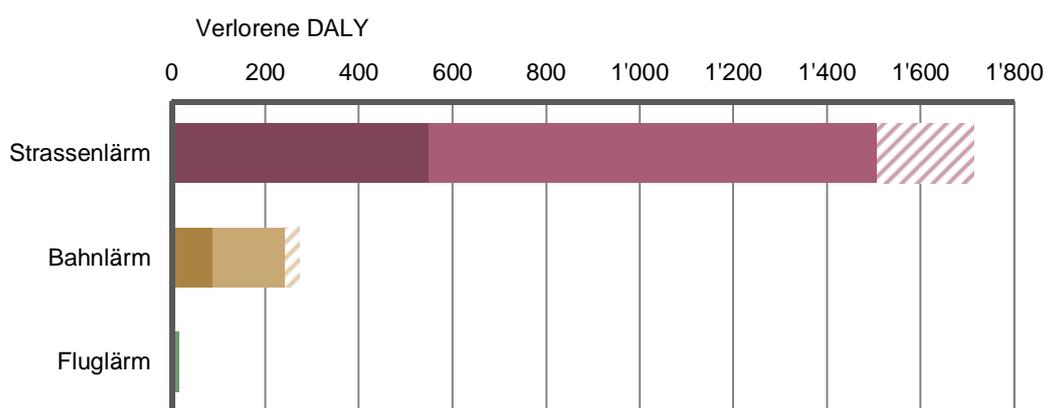
Die WHO (S. 22) hat eine Belastungs-Wirkungs-Beziehung für den Strassenverkehr hergeleitet. Diese wird mangels Alternativen auch für den Bahn- und Fluglärm angewendet. Die Belastungs-Wirkungs-Beziehung zeigt, dass ab einer Lärmbelastung von 57 dB(A) mit zusätzlichen ischämischen Herzkrankheiten zu rechnen ist.

Anhand der lärmexponierten Bevölkerung und dem relativen Risiko eines lärmbedingten Krankheitsfalles wurde der Anteil lärmbedingten Erkrankungen (people attributable fraction [PAF]) berechnet: Von den durch ischämische Herzkrankheiten in der Schweiz verursachten Krankheits- und Todesfällen sind demzufolge 1.80% auf Strassenlärm, 0.29% auf Bahnlärm und 0.02% auf Fluglärm zurückzuführen.

Dadurch gehen schweizweit knapp 1'800 beschwerdefreie Lebensjahre (DALY) verloren (davon rund 85% durch Todesfälle und rund 15% durch Krankheitsfälle). Der grösste Anteil der DALY fällt dabei auf den Strassenverkehrslärm (85.5%), gefolgt vom Bahnlärm (13.7%). Fluglärm hat mit 0.8% bei dieser Krankheit nur eine geringe Bedeutung (vgl. Abbildung 3-1 und Abbildung 3-2).

Um die Unsicherheit der Ergebnisse darzustellen, werden die Resultate auf drei Arten berechnet:

Abbildung 3-1: Verlorene DALY aufgrund lärmbasierter ischämischer Herzkrankheiten differenziert nach Verkehrsträger



Hinweis zum Lesen der Abbildung: Die unterschiedlichen Flächen reflektieren die minimalen, mittleren und maximalen Werte: Dunkle Fläche = minimaler Wert, dunkle + helle Fläche = mittlerer Wert, dunkle + helle + schraffierte Fläche = maximaler Wert.

Abbildung 3-2: Verlorene DALY durch ischämische Herzkrankheiten für Strassen-, Bahn- und Fluglärm

Verlorene DALY durch Ischämische Herzkrankheiten	Strassenlärm			Bahnlärm			Fluglärm			Verkehrslärm = Total		
	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
Total	549	1'507	1'713	88	241	273	5	14	16	642	1'761	2'002
Anteil am Verkehrslärm	85.5%			13.7%			0.8%			100.0%		

- Minimal werden die diskontierten verlorenen Lebensjahre¹⁶ durch Herzinfarkte berechnet.
- Für das Mittel werden die diskontierten verlorenen Lebensjahre durch *alle ischämischen Herzkrankheiten* berechnet. Bei der Berechnung der DALY in Europa nimmt die WHO an (S. 28), dass der Anteil der lärmbedingten Herzinfarkte auf alle ischämischen Herzkrankheiten angewendet werden kann. Es ist davon auszugehen, dass dies zulässig ist (WHO, S. 29), so dass die Beschränkung auf die Herzinfarkte ausschliesslich zur Berechnung des Minimums angewendet wird und beim Mittelwert auf diese konservative Annahme verzichtet wird
- Im Maximum werden die *undiskontierten* verlorenen Lebensjahre durch alle ischämischen Herzkrankheiten berechnet.

4 Lernschwierigkeiten bei Kindern

Lärm beeinträchtigt das Gedächtnis von Kindern. Dies führt zu einer eingeschränkten Konzentrations- und Merkfähigkeit, was den Lernprozess im Vergleich zu nicht lärmexponierten Kindern verlangsamt.

Die Berechnung der Anzahl Kinder mit lärmbedingten Lernschwierigkeiten erfolgte basierend auf einer linearen Dosis-Wirkungs-Beziehung und unter der Annahme, dass die Kinder (zwischen 7 und 19 Jahren) bezüglich der Lärmexposition gleich verteilt sind wie die Erwachsenen:¹⁷ Zwischen 50 dB(A) und 95 dB(A) L_{dn} steigt der Anteil der Kinder, welche Lernschwie-

¹⁶ Aus der Ökonomie ist bekannt, dass sofortiger Konsum höher bewertet wird als künftiger Konsum. Das gleiche Prinzip gilt auch für Lebensjahre. Dem aktuellen Lebensjahr wird eine deutlich grössere Bedeutung beigemessen als einem Lebensjahr in der fernen Zukunft. Dies äussert sich beispielsweise darin, dass die meisten Menschen für das aktuelle Lebensjahr bereits über konkrete Pläne verfügen, während i.d.R. noch nicht klar ist, wo man in der fernen Zukunft stehen wird. Für die Berechnung in Ecoplan (2011) wurde eine reale Diskontrate von 2% verwendet (vgl. SN 641 821). Die WHO verzichtet in Ihrer Studie auf eine Diskontierung.

¹⁷ Die Belastungs-Wirkungs-Beziehung wurde von der WHO basierend auf Studien zum Fluglärm ermittelt. Für diese Studie wird wie in der WHO-Studie angenommen, dass die Dosis-Wirkungs-Beziehung bei Flug-, Strassen- und Bahnlärm gleich ist. Aufgrund der Intensität, Unvorhersehbarkeit und der Variabilität des Fluglärms ist aber davon auszugehen, dass er stärkere Auswirkungen auf Kinder hat als Strassenlärm, welcher gleichmässiger anfällt (WHO, S. 51). Eine Überschätzung des Strassen- und Schienenlärms wird mit diesem Vorgehen in Kauf genommen, wobei darauf hinzuweisen ist, dass die Problematik durch die Wahl eines konservativen DW entschärft wird (vgl. nachfolgende Fussnote 19).

rigkeiten entwickeln von 0% auf 100% (WHO, S. 48).¹⁸ Die so ermittelte Anzahl Kinder mit Lernschwierigkeiten werden zur Berechnung der DALY mit einem DW von 0.006 gewichtet (WHO, S. 49).¹⁹

In der Schweiz entwickeln insgesamt rund 193'000 Kinder (17.5% aller Kinder) Lernschwierigkeiten, weil sie Verkehrslärm ausgesetzt sind.

Wie die beiden nachfolgenden Abbildungen zeigen, gehen bei Kindern 1'157 DALY verloren, wobei auch hier der Strassenlärm den grössten Anteil der verlorenen DALY verursacht (915 DALY oder 79%). Bahn- bzw. Fluglärm führen zum Verlust von 212 DALY (18%) bzw. 30 DALY (3%).

Abbildung 4-1: Verlorene DALY aufgrund lärmbasierter Lernschwierigkeiten bei Kindern differenziert nach Verkehrsträger

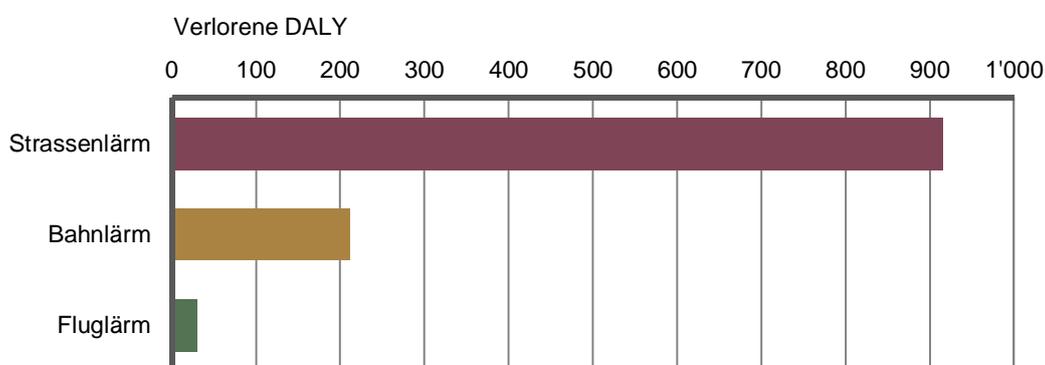


Abbildung 4-2: Verlorene DALY durch Lernschwierigkeiten bei Kindern für Strassen-, Bahn- und Fluglärm

Verlorene DALY durch	Strassenlärm	Bahnlärm	Fluglärm	Verkehrslärm = Total
Lernschwierigkeiten bei Kindern	915	212	30	1'157
Anteil am Verkehrslärm	79.1%	18.3%	2.6%	100.0%

¹⁸ Die Lärmbelastung wird dabei am Wohnort gemessen. Es ist anzunehmen, dass die Lärmbelastung am Schulort ebenfalls entscheidend ist. Dazu liegen jedoch keine Daten vor.

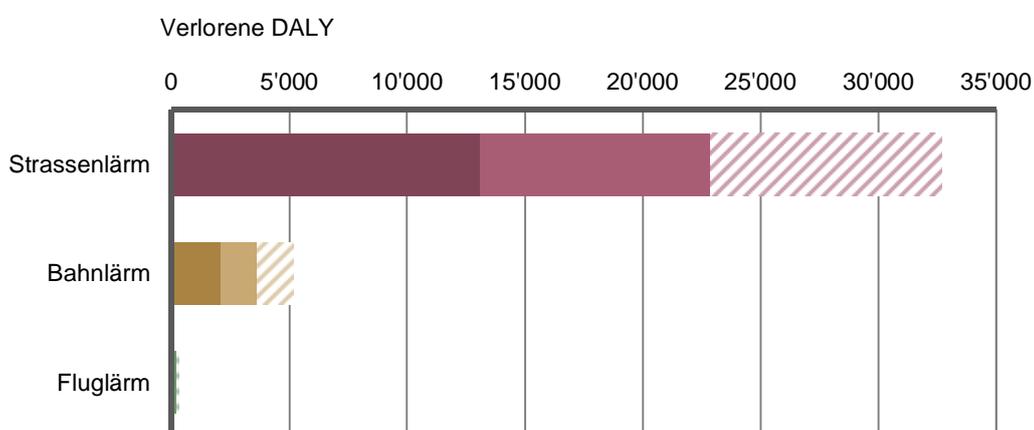
¹⁹ Der DW von 0.006 stellt dabei eine sehr konservative Schätzung dar. Weniger konservative Studien weisen gemäss der WHO-Studie einen DW von 0.468 respektive 0.024 aus.

5 Schlafstörungen

Schlafstörungen sind die häufigsten lärmbedingten Beschwerden und haben einen grossen Einfluss auf die Gesundheit und die Lebensqualität. Ungenügender Schlaf führt zu Müdigkeit am Tag, reduzierter Konzentrationsfähigkeit und einer schwächeren Arbeitsleistung.

Die Berechnung der Anzahl Personen mit Schlafstörungen erfolgt basierend auf den in der WHO-Studie aufgeführten Belastungs-Wirkungs-Beziehungen, welche nach Verkehrsträger (Strassen-, Bahn- und Luftverkehr) differenziert sind und für einen Bereich zwischen 40 dB(A) und 70 dB(A) definiert sind. Anschliessend werden die lärmbelasteten Personen zur Berechnung der DALY mit einem DW von 0.07 gewichtet (WHO, S. 60-61).

Abbildung 5-1: Verlorene DALY durch Schlafstörungen differenziert nach Verkehrsträger



Hinweis zum Lesen der Abbildung: Die unterschiedlichen Flächen reflektieren die minimalen, mittleren und maximalen Werte: Dunkle Fläche = minimaler Wert, dunkle + helle Fläche = mittlerer Wert, dunkle + helle + schraffierte Fläche = maximaler Wert.

Abbildung 5-2: Verlorene DALY durch Schlafstörungen für Strassen-, Bahn- und Fluglärm

Verlorene DALY durch	Strassenlärm			Bahnlärm			Fluglärm			Verkehrslärm = Total		
	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
Schlafstörungen	13'076	22'884	32'691	2'079	3'638	5'198	128	223	319	15'283	26'745	38'207
Anteil am Verkehrslärm	85.6%			13.6%			0.8%			100.0%		

Die Berechnungen zeigen, dass in der Schweiz rund 382'000 Personen an Schlafstörungen leiden, welche auf Verkehrslärm zurückzuführen sind. Es überrascht nicht, dass auch hier die meisten verkehrslärmbedingten Schlafstörungen durch Strassenlärm verursacht werden. Strassenlärm bewirkt bei ca. 327'000 Personen Schlafstörungen, Bahnlärm bei 52'000 Personen und Fluglärm bei 3'200 Personen. Die Schlafstörungen führen insgesamt zu einem Verlust von rund 26'700 DALY. Davon sind knapp 22'900 DALY (86%) auf Strassenlärm und 3'600 DALY (14%) auf Bahnlärm zurückzuführen. Der Verlust der restlichen 220 DALY wird

durch Fluglärm verursacht (vgl. Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2). Die Auswirkungen des Fluglärms werden jedoch deutlich unterschätzt, da die Personen, welche mit einem Lärmpegel zwischen 40 dB(A) und 48 dB(A) belastet werden, aufgrund fehlender Daten nicht berücksichtigt werden konnten.²⁰

Die Sensitivität der Ergebnisse wurde analog der WHO-Studie unter der Verwendung von verschiedenen DWs dargestellt (vgl. Abbildung 5-1 und Abbildung 5-2): Statt einem DW von 0.07 wurde auch mit DW von 0.04 und 0.10 gerechnet. Entsprechend gehen 15'000 oder 38'000 DALY verloren. Die Anteile der verschiedenen Verkehrsträger bleiben dabei konstant.

6 Belästigung

Lärm führt nicht nur zu Schlafstörungen, sondern bewirkt auch eine allgemeine Belästigung. Diese äussert sich insbesondere durch Gereiztheit, körperliche Unruhe, Verstimmung und Stress.

Für die Berechnung werden wiederum die nach den drei Verkehrsträgern differenzierten Dosis-Wirkungs-Beziehungen der WHO basierend auf L_{den} ab 42 dB(A) verwendet.²¹ Bezüglich der Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung durch lärminduzierte Belästigung herrscht grosse Unsicherheit. Deshalb ist es schwierig, den DW zu bestimmen. Die WHO (S. 93) rechnet mit einem DW von 0.02, im Rahmen der Sensitivitätsanalyse aber auch mit 0.01 und 0.12. Das Unsicherheitsintervall ist damit mit -50% / +500% sehr gross.

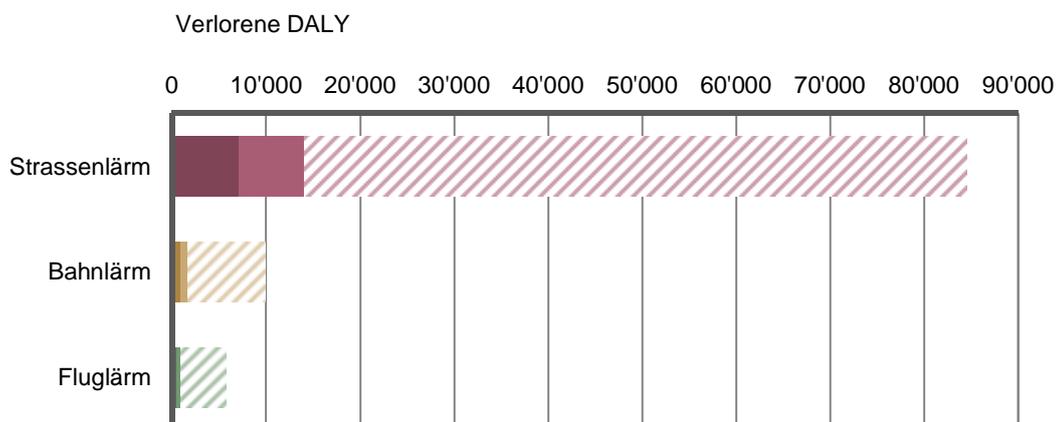
In der Schweiz werden insgesamt rund 835'000 Personen durch Verkehrslärm belästigt, was zu knapp 17'000 verlorenen DALY führt. Strassenlärm bewirkt auch bei der Belästigung den grössten Verlust an DALY (84.3%), während Bahn- und Fluglärm zu deutlich weniger verlorenen DALY führen (9.9% resp. 5.8%, vgl. Abbildung 6-1 und Abbildung 6-2). Allerdings werden auch hier die Auswirkungen des Fluglärms unterschätzt.²²

Im Rahmen der Sensitivitätsanalyse schwankt die Zahl der verlorenen DALY zwischen gut 8'000 und 100'000.

²⁰ Würden im Schienenverkehr ebenfalls nur Lärmbelastungen ab 48 dB(A) zur Verfügung stehen bzw. für die Berechnungen berücksichtigt, so würden im Schienenverkehr 27% weniger DALY ausgewiesen. Dieses Ausmass kann als indikative Grössenordnung für die Unterschätzung der lärmbedingten Auswirkungen des Flugverkehrs dienen. Dieselbe Rechnung im Strassenverkehr ergäbe hier zwar ein ähnliches Ergebnis, allerdings kann die Unterschätzung des Strassenverkehrs weniger gut auf den Flugverkehr übertragen werden, weil es sich beim Fluglärm um definierte Korridore und nicht wie beim Strassenverkehr um ein feinmaschiges Netz handelt.

²¹ Auf die alternative Möglichkeit die Dosis-Wirkungs-Beziehungen basierend auf L_{dn} auszuweisen (WHO, S. 93) wurde verzichtet, weil die Abweichungen nur zwischen -0.7% und -8.9% liegen und beim Flugverkehr für L_{dn} keine originären Daten zur Verfügung stehen. Im Vergleich zur bei den Unsicherheitsintervalls in Abbildung 2-1 ist die Abweichung von -8.9% gering.

²² Die Anzahl der ausgewiesenen DALY würde sich um 5% vermindern, wenn im Schienenverkehr ebenfalls nur Daten ab 48 dB(A) zur Verfügung stehen würden (vgl. Fussnote 20).

Abbildung 6-1: Verlorene DALY durch Belästigung differenziert nach Verkehrsträger

Hinweis zum Lesen der Abbildung: Die unterschiedlichen Flächen reflektieren die minimalen, mittleren und maximalen Werte: Dunkle Fläche = minimaler Wert, dunkle + helle Fläche = mittlerer Wert, dunkle + helle + schraffierte Fläche = maximaler Wert.

Abbildung 6-2: Verlorene DALY durch Belästigung für Strassen-, Bahn- und Fluglärm

Verlorene DALY durch Belästigung	Strassenlärm			Bahnlärm			Fluglärm			Verkehrslärm = Total		
	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
	7'048	14'096	84'573	826	1'651	9'909	483	965	5'791	8'356	16'712	100'273
Anteil am Verkehrslärm	84.3%			9.9%			5.8%			100.0%		

7 Zusammenfassung

Insgesamt gehen in der Schweiz aufgrund von Verkehrslärm und den damit verbundenen negativen Gesundheitseffekten rund 46'400 beschwerdefreie Lebensjahre (DALY) verloren (vgl. Abbildung 7-1). Da Personen von mehreren Schallquellen gleichzeitig belärmt werden können, besteht allerdings die Gefahr von Doppelzählungen. Dazu liegen uns aber keine Daten vor.

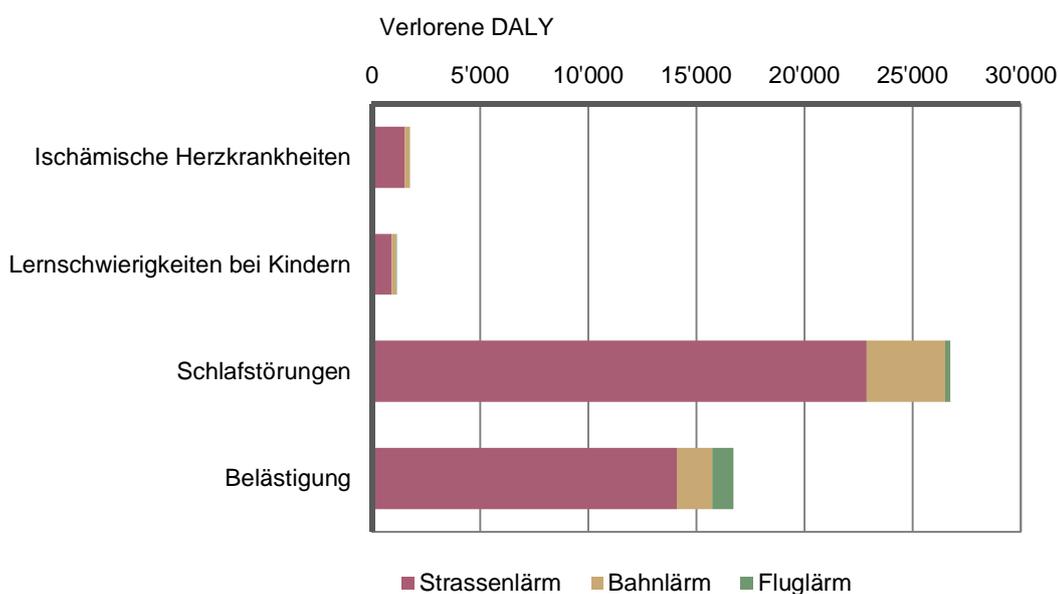
Abbildung 7-1: Verlorene DALY durch Strassen-, Bahn- und Fluglärm

Krankheitsbild	Strassenlärm			Bahnlärm			Fluglärm			Verkehrslärm = Total		
	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max	Min	Mittel	Max
Ischämische Herzkrankheiten	549	1'507	1'713	88	241	273	5	14	16	642	1'761	2'002
Lernschwierigkeiten bei Kindern	915	915	915	212	212	212	30	30	30	1'157	1'157	1'157
Schlafstörungen	13'076	22'884	32'691	2'079	3'638	5'198	128	223	319	15'283	26'745	38'207
Belästigung	7'048	14'096	84'573	826	1'651	9'909	483	965	5'791	8'356	16'712	100'273
Total	21'589	39'401	119'892	3'204	5'742	15'591	646	1'233	6'156	25'438	46'376	141'639
Anteil am Verkehrslärm	84.9%	85.0%	84.6%	12.6%	12.4%	11.0%	2.5%	2.7%	4.3%	100.0%	100.0%	100.0%

a) Verteilung auf die Krankheitsbilder

Die Abbildung 7-2 zeigt die Verteilung der verlorenen DALY auf die einzelnen Krankheitsbilder. Der grösste Anteil verlorene DALY ist auf verkehrslärmbedingte Schlafstörungen (58%) und verkehrslärmbedingter Belästigung (36%) zurückzuführen. Die Bedeutung der durch Verkehrslärm verursachten ischämischen Herzkrankheiten sowie Lernschwierigkeiten bei Kindern ist mit rund 4% respektive 2% vergleichsweise gering.²³

Abbildung 7-2: Verlorene DALY durch lärmbedingte Krankheiten differenziert nach Krankheitsbild



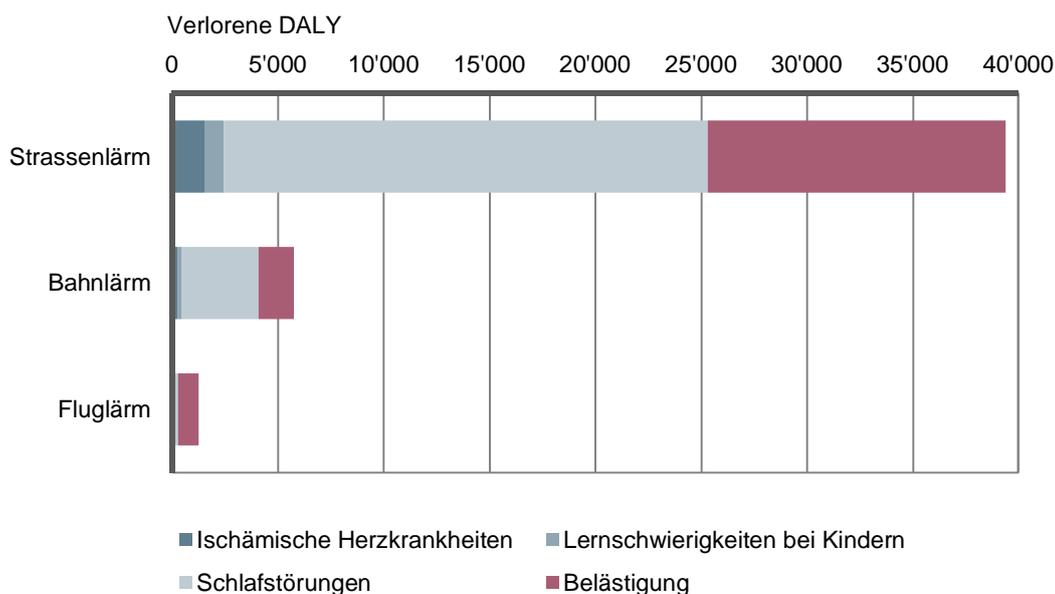
²³ Diese Anteile schwanken in der Sensitivitätsanalyse aber stark: Statt 58%, 36%, 4% und 2% (bei Schlafstörungen, Belästigung, ischämische Herzkrankheiten und Lernschwierigkeiten) gilt bei den unteren Werten 60%, 33%, 3% und 5% und bei den oberen Werten 27%, 71%, 1.4% 0.8% (DALY durch Belästigung um Faktor 6 höher).

b) Verteilung auf die Verkehrsträger

Die Abbildung 7-3 zeigt deutlich, dass Strassenlärm für die meisten verlorenen DALY verantwortlich ist (85%), gefolgt vom Bahnlärm (12%). Fluglärm (3%) hat nur eine geringe Bedeutung.²⁴ Die Anteile der jeweiligen Krankheitsbilder unterscheiden sich innerhalb der Verkehrsträger (vgl. Abbildung 7-3):

- Im Luftverkehr machen die verlorenen DALY durch Belästigung mit 78% den grössten Anteil an den gesamten, durch Fluglärm verlorenen DALY aus. Bei Strassen- und Bahnlärm beträgt der Anteil verlorener DALY durch Belästigung lediglich 36% respektive 29%.
- Bei lärmbedingten Schlafstörungen ist die Situation gerade umgekehrt. Nur etwa 18% der gesamten durch Fluglärm verlorenen DALY werden durch lärmbedingte Schlafstörungen verursacht (Nachtflugverbot). Bei Strassen- und Bahnlärm beträgt der Anteil 58% respektive 63%.
- Ischämische Herzkrankheiten und Lernschwierigkeiten bei Kindern sind bei allen Verkehrsträgern lediglich für Anteile von 1% bis 4% an verlorenen DALY verantwortlich.

Abbildung 7-3: Verlorene DALY durch den jeweiligen Verkehrsträger differenziert nach Verkehrsträger



²⁴ Die geringe Bedeutung des Fluglärms muss aufgrund fehlender Daten etwas relativiert werden. Beim Fluglärm standen nur Daten ab 48 dB(A) zur Verfügung, während beim Strassen- und Schienenlärm die Anzahl lärmbelasteter Personen ab 40 dB(A) vorliegen. Dies führt bei Schlafstörungen und Belästigungen zu einer Unterschätzung. Würden im Schienenverkehr ebenfalls nur Daten ab 48 dB(A) für die Berechnungen berücksichtigt, so würde sich die Zahl der verlorenen DALY gegenüber dem ausgewiesenen Ergebnis um 19% vermindern. Im Strassenverkehr wäre die Unterschätzung kleiner (Reduktion um 17%). Die über den Strassenverkehr hergeleitete Unterschätzung ist allerdings weniger gut auf den Fluglärm übertragbar, weil es sich beim Fluglärm um definierte Korridore und nicht wie beim Strassenverkehr um ein feinmaschiges Netz handelt.

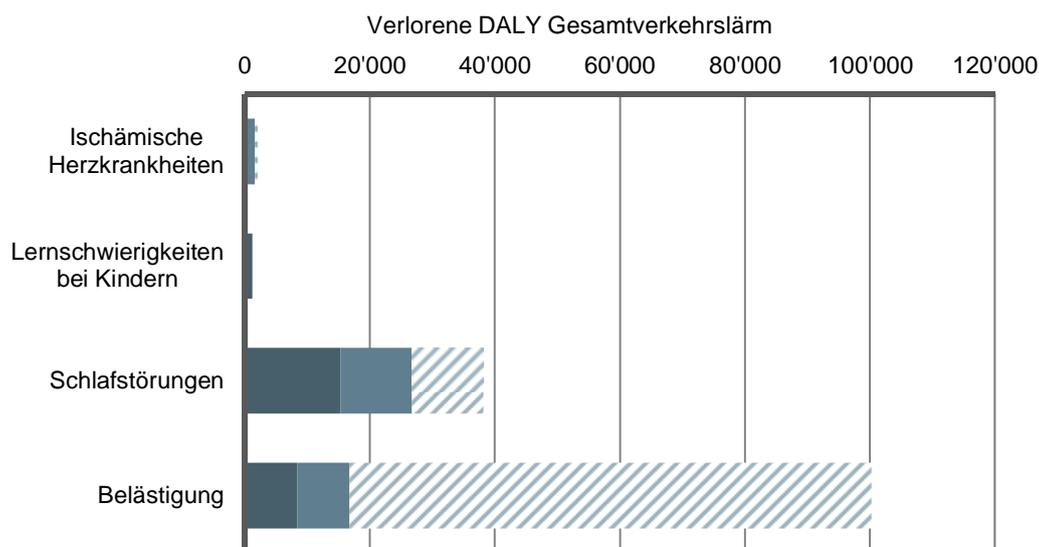
Wird angenommen, dass sich der Flugverkehr bezüglich der Unterschätzung gleich verhält wie der Bahnverkehr, so würden sich die DALY des Flugverkehrs um 23% ($=1 / (1 - 19\%)$) oder 280 DALY erhöhen, im Gesamtverkehr würden die DALY jedoch nur um 0.6% ansteigen. Der Anteil des Flugverkehrs würde dadurch lediglich von 2.7% auf 3.2% steigen.

c) Sensitivitätsanalyse

Betrachtet man die Bandbreite der verlorenen Lebensjahre über alle Krankheitsbilder, zeigt sich folgendes Bild (vgl. Abbildung 7-4 und Abbildung 7-1):

- Die Differenz zwischen Minima und Maxima ist bei der Belästigung am grössten, weil die Unsicherheiten bezüglich der Schwere der gesundheitlichen Beeinträchtigung (DW) sehr gross sind (insbesondere die Unsicherheiten gegen oben).
- Diese Unsicherheit bezüglich der gesundheitlichen Beeinträchtigung besteht ebenfalls bei Schlafstörungen, wobei die Bandbreite bezüglich der verwendeten DW geringer und symmetrisch ist.
- Die Unterschiede bei ischämischen Herzkrankheiten sind darauf zurückzuführen, dass beim unteren Wert statt alle ischämischen Herzkrankheiten ausschliesslich der Herzinfarkt berücksichtigt wird.
- Bei den Lernschwierigkeiten erfolgt wie in der WHO-Studie keine Sensitivitätsanalyse.

Abbildung 7-4: Sensitivität der DALY



Hinweis zum Lesen der Abbildung: Die unterschiedlichen Flächen reflektieren die minimalen, mittleren und maximalen Werte: Dunkle Fläche = minimaler Wert, dunkle + helle Fläche = mittlerer Wert, dunkle + helle + schraffierte Fläche = maximaler Wert.

d) Vergleich zur WHO-Studie

In Abbildung 7-5 werden die Ergebnisse für die Schweiz mit den Resultaten der WHO-Studie für Westeuropa verglichen. Dabei ist allerdings zu beachten, dass die Ergebnisse der WHO für unterschiedliche Teilmengen der EU-Bevölkerung gelten (z.B. nur Städte / Agglomerationen mit mehr als 50'000 Einwohnern oder nur reiche Länder). Um einen Vergleich ziehen zu können, werden deshalb die Ergebnisse der EU auf eine einheitliche Bevölkerungsgrösse von 285 Mio. Einwohnern hochgerechnet (Einwohnerzahl in Städten und Agglomerationen mit mehr als 50'000 Einwohnern), wobei die Ergebnisse linear mit der Bevölkerungsgrösse umgerechnet werden.

Zudem berechnet die WHO die Ergebnisse für die ischämischen Herzkrankheiten und die Lernschwierigkeiten bei den Kindern nur für den Strassenlärm, die Schlafstörungen und Belästigung hingegen für den Strassen-, Schienen- und Luftverkehr (ohne darauf hinzuweisen!). Entsprechend werden auch die Ergebnisse für die Schweiz in der folgenden Abbildung ausgewiesen.

Bezüglich der relativen Anteile der einzelnen Krankheitsbilder zeigt sich (vgl. Abbildung 7-5), dass die Resultate in Westeuropa und der Schweiz sehr ähnlich sind.

Abbildung 7-5: Vergleich mit den Ergebnissen der WHO-Studie für westeuropäische Länder

Krankheitsbild	DALY	Westeuropa			Schweiz	
		Einwohner in Mio.	DALY für 285 Mio. Einwohner	Anteil in %	DALY	Anteil in %
Ischämische Herzkrankheiten (nur Strasse)	61'000	407	42'715	2.6%	1'507	3.3%
Lernschwierigkeiten Kinder (nur Strasse)	45'000	421	30'499	1.9%	915	2.0%
Schlafstörungen	903'000	285	903'000	55.4%	26'745	58.3%
Belästigung	654'000	285	654'000	40.1%	16'712	36.4%
Total (teilweise nur Strasse)	1'663'000	1'398	1'630'214	100.0%	45'879	100.0%

Die WHO berücksichtigt bei den ersten beiden Krankheitsbildern nur den Strassenlärm, bei den zweiten zwei Krankheitsbildern aber alle Verkehrsträger.

8 Anhang: Lärmbelastung gemäss sonBase

In diesem Anhang ist die Lärmbelastung im Jahr 2010 durch Strassen-, Bahn- und Fluglärm in der Schweiz dargestellt. Die Darstellung zeigt jeweils die Anzahl lärmbelastete Personen pro Lärmpegel (respektive pro Lärmkategorie) und erfolgt differenziert nach Taglärm (L_{day}), Nachtlärm (L_{night}), Tag-Abend-Nacht-Lärm (L_{den}) und Tag-Nachtlärm (L_{dn}).

Im Flugverkehr liegen die Daten der Flughäfen Zürich und Genf nach 1-dB(A)-Klassen vor, die Daten für den Flughafen Basel (nur Lärm in der Schweiz) sowie der Regionalflughäfen jedoch nur in 5-dB(A)-Klassen. In Abbildung 8-3 werden die Daten nach 1-dB(A)-Klassen dargestellt, wobei die Lärmdaten von Basel und den Regionalflughäfen innerhalb der 5-dB(A)-Klassen entsprechend den Daten der Flughäfen Zürich und Genf verteilt wurden.

Abbildung 8-1: Anzahl lärmbelastete Personen durch Strassenlärm nach Lärmbelastungshöhe für verschiedene Lärmmasse 2010

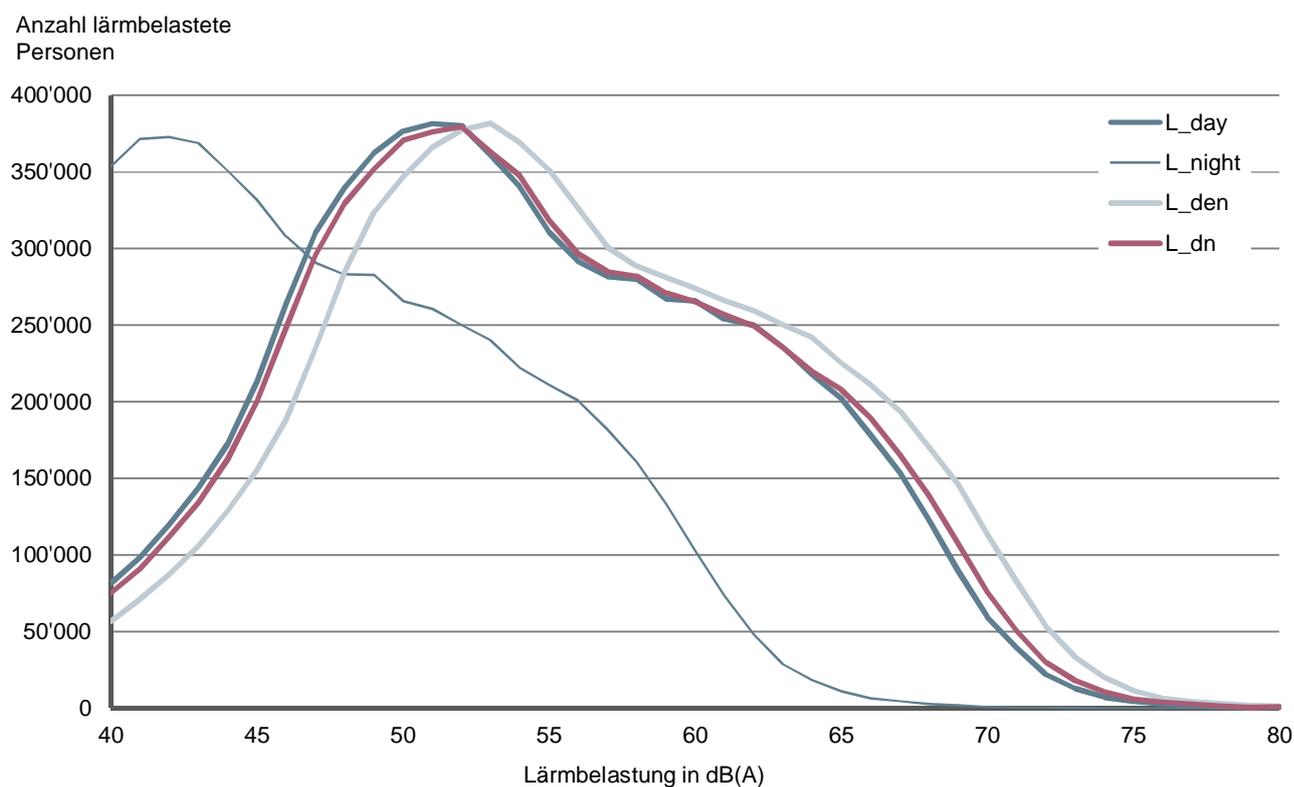


Abbildung 8-2: Anzahl lärmbelastete Personen durch Schienenlärm nach Lärmbelastungshöhe für verschiedene Lärmmasse 2010

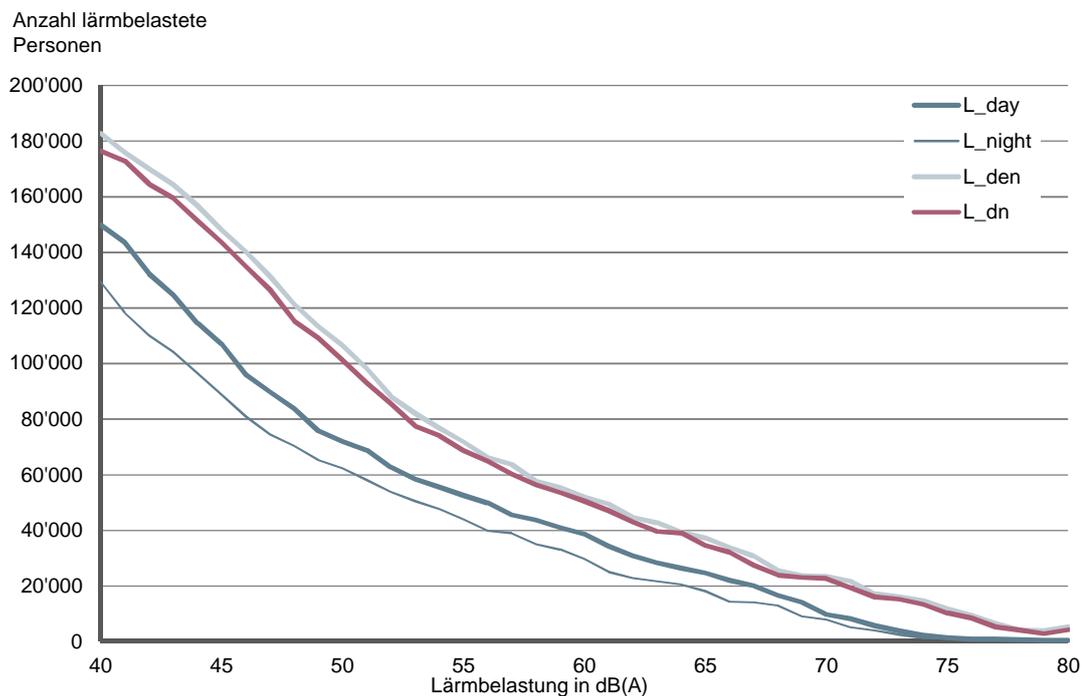
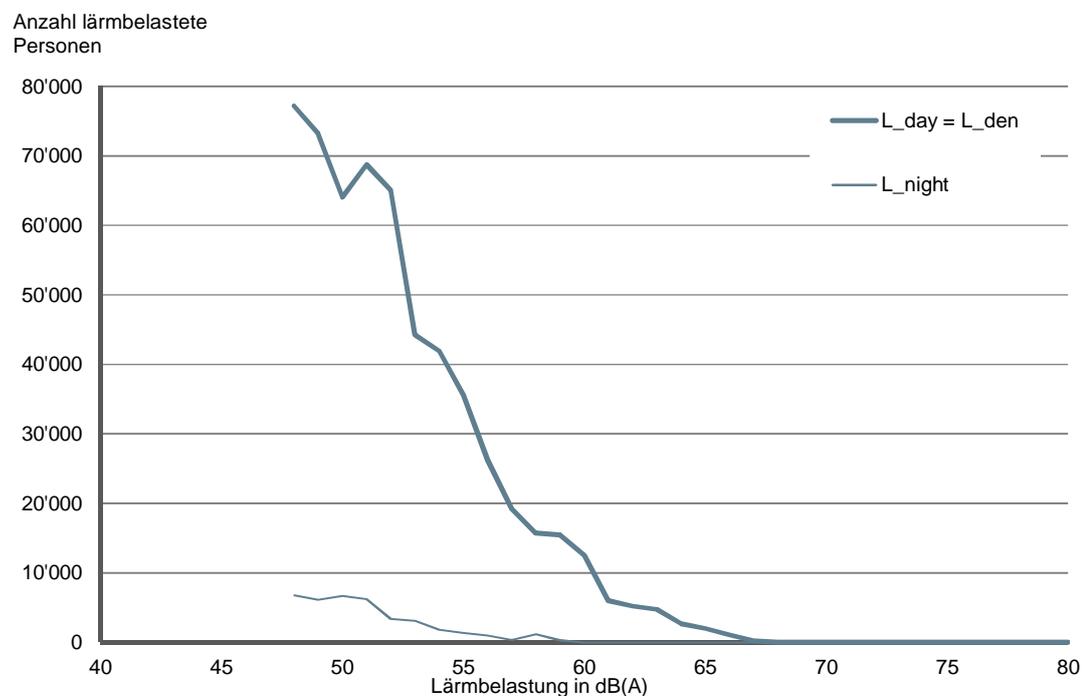


Abbildung 8-3: Anzahl lärmbelastete Personen durch Fluglärm nach Lärmbelastungshöhe (in Kategorien ab 48 dB(A)) für verschiedene Lärmmasse 2010



Die L_{dn} -Werte werden aus den Werten für L_{den} abgeleitet, wobei die Klassengrenzen um 0.6 dB(A) nach unten verschoben werden (z.B. 54.4-55.3 statt 55.0 – 55.9 dB(A)).

Literaturverzeichnis

BAFU (2009)

SonBase – die GIS-Lärmdatenbank der Schweiz. Grundlagen. Umwelt-Wissen Nr. 0908. Bundesamt für Umwelt, Bern. Online im Internet: www.umwelt-schweiz.ch/0908-d (17.8.2011).

Ecoplan (2011)

Auswirkungen des Verkehrslärms auf die Gesundheit. Berechnung von DALY für die Schweiz. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Umwelt. Bern und Altdorf. Aktualisierung vom 3. Mai 2013.

Ecoplan, Infras (2014)

Externe Effekte des Verkehrs 2010. Monetarisierung von Umwelt-, Unfall- und Gesundheitseffekten. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Raumentwicklung. Bern Zürich und Altdorf.

Infras, Ecoplan (2012)

Integration des Luftverkehrs in die Transportrechnung. Schlussbericht. Studie im Auftrag des Bundesamtes für Statistik und des Bundesamtes für Raumentwicklung. Zürich und Bern.

Miedema Henk M.E, Oudshoorn Catharina G.M. (2001)

Annoyance from Transportation Noise: Relationships with Exposure Metrics DNL and DENL and Their Confidence Intervals. In: Environmental Health Perspectives, 109 (4), S. 409-416.

SN 641 821 (2006)

Kosten-Nutzen-Analysen im Strassenverkehr. Diskontsatz. Schweizer Norm des VSS (Schweizerischer Verband der Strassen- und Verkehrsfachleute). Zürich.

WHO World Health Organization (2011)

Burden of disease from environmental noise. Qualification of healthy life years lost in Europe. Kopenhagen. Online im Internet: <http://www.euro.who.int/en/what-we-publish/abstracts/burden-of-disease-from-environmental-noise.-quantification-of-healthy-life-years-lost-in-europe> (17.8.2011).