

# Gesundheitswirkungen von Lärm am Beispiel von Straßelärm in Hessen

Matthias Lochmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Hessisches Landesamt für Naturschutz, Umwelt und Geologie (HLNUG)  
Rheingaustraße 186, 65023 Wiesbaden, Email: Matthias.Lochmann@hlnug.hessen.de

## Motivation und Ziel

Die Ziele der Umgebungslärmrichtlinie (ULR) [1] sind in Artikel 1 unter anderem die Ermittlung von Lärmkarten nach europaweit gemeinsamen Methoden und die Information der Öffentlichkeit über die Auswirkungen von Umgebungslärm. In Deutschland sind die Anforderungen an die Lärmkartierung in der 34. BImSchV festgelegt. Beim Straßelärm hat das zur Folge, dass ausserhalb von Ballungsräumen Lärm vieler Straßen mit moderater Verkehrsbelastung (unter 8.200 Kfz/24h) in der Regel nicht berücksichtigt wurde.

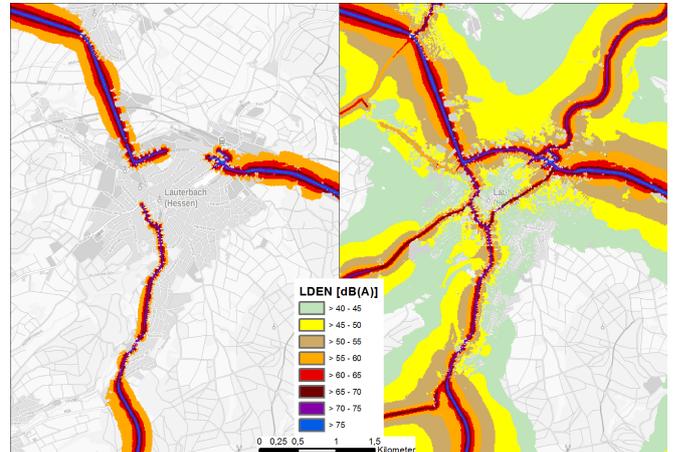
In der ULR und deren deutschen Umsetzung ist bislang weder festgelegt, welche Auswirkungen von Umgebungslärm gemeint sind, noch wie sie zu ermitteln sind. Aus diesem Grund spielen die Betrachtungen von Lärmwirkungen in der Lärmaktionsplanung bislang keine Rolle. Der Anhang 3 der ULR, der die Methode festlegen soll, ist derzeit in Bearbeitung. Ziel des HLNUG ist es, eine quantitative Abschätzung von Gesundheitswirkungen auf Grundlage der erweiterten Straßelärmkartierung (PLUS-Kartierung) in Hessen vorzunehmen.

## Die hessische PLUS-Kartierung

Wie von van der Pütten [2] beschrieben, hat das HLNUG für Straßelärm in Hessen zwei Kartierungen durchgeführt: die „EU-Kartierung“ gemäß den Anforderungen der 34. BImSchV und die erweiterte „PLUS-Kartierung“. Die EU-Kartierung ignoriert Straßen ausserhalb der Ballungsräume, welche weniger als etwa 8.200 Kfz/24h vorweisen. Pegel wurden ab  $L_{DEN} \geq 55$  dB(A) berechnet. Für die PLUS-Kartierung wurden hingegen sämtliche im Verkehrsmodell der Verkehrsbehörde Hessen-Mobil ermittelten Verkehrszahlen berücksichtigt. Darüber hinaus wurden in der PLUS-Kartierung die Immissionspegel bis  $L_{DEN} \geq 40$  dB(A) errechnet und dargestellt.

Die Karten in Abb. 1 zeigen an einer exemplarisch ausgewählten hessischen Ortschaft ausserhalb der Ballungsräume die Unterschiede zwischen EU-Kartierung und PLUS-Kartierung. Der größte Zuwachs der kartierten Fläche ist offensichtlich durch die Kartierung bis  $L_{DEN} \geq 40$  dB(A) statt  $\geq 55$  dB(A) bedingt. Auch in höheren Pegelbereichen weist das Ergebnis deutlich weniger Lücken auf, da Ortsdurchfahrtsstraßen und Ortsverbindungsstraßen in der PLUS-Kartierung vollständig berücksichtigt werden. Viele kleinere (Gemeinde-)Straßen in Wohngebieten werden jedoch nach wie vor nicht berücksichtigt, da das Modell keine Verkehrszahlen für sie ausweist.

Auf Grundlage beider Straßelärmkartierungen wurden



**Abbildung 1:** Vergleich von EU-Kartierung (links) und PLUS-Kartierung (rechts) nach van der Pütten [2], anhand des Beispiels Lauterbach.

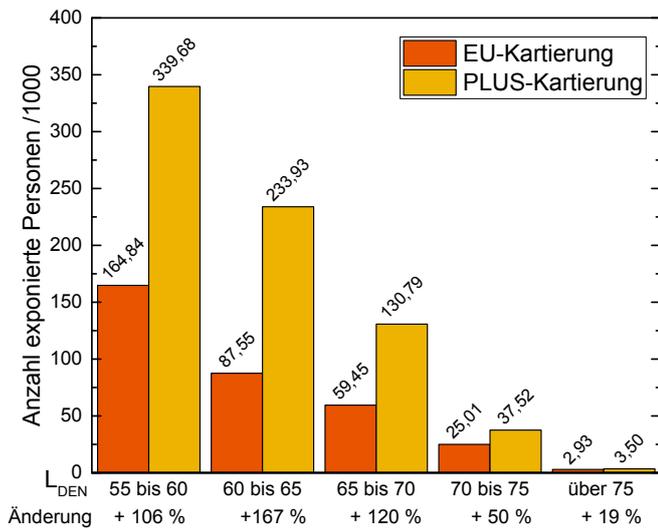
Belastetenstatistiken ab  $L_{DEN} \geq 55$  dB(A) für die hessischen Kommunen ausserhalb der Ballungsräume erstellt. Die Statistiken werden in Abb. 2 dargestellt. In allen betrachteten Pegelbereichen ist zu erkennen, dass die EU-Kartierung die Anzahl der Belasteten erheblich unterschätzt. Die Unterschiede sind in den Ballungsräumen erwartungsgemäß geringer, da dort schon in der EU-Kartierung geringere Verkehrsschwellen gelten. Bemerkenswert ist die Tatsache, dass obwohl in der PLUS-Kartierung nur „kleinere“ Straßen hinzukommen, die Belastetenzahl selbst in den beiden höchsten Pegelbereichen immerhin noch um 50 % bzw. 19 % zunimmt. In dieser Statistik noch nicht betrachtet ist die Belastetenstatistik für  $L_{DEN}$  zwischen 40 dB(A) und 55 dB(A).

## Krankheitslast – ein allgemeiner Ansatz zur Messung von Gesundheitswirkungen

Das HLNUG hat sich entschieden, als Lärmauswirkung insbesondere die Auswirkungen von Lärm auf die Gesundheit zu betrachten. Dazu wird die Definition von Gesundheit gemäß der Verfassung der WHO von 1946 angewendet:

*Die Gesundheit ist ein Zustand des vollständigen körperlichen, geistigen und sozialen Wohlergehens und nicht nur das Fehlen von Krankheit oder Gebrechen.*

Ausgehend von dieser Definition können auch beispielsweise Belästigung und Lernverzögerung als Gesundheitsbeeinträchtigungen gewertet werden. Es soll das Konzept der Krankheitslast (Burden of Disease) mit der Einheit DALY (Disability Adjusted LifeYears, also verlorene Le-



**Abbildung 2:** Belasteten-Statistik von ganz Hessen ausserhalb der Ballungsräume, zum Einen unter Vernachlässigung der Straßen mit Verkehr unterhalb der Schwellenwerte („EU-Kartierung“); zum Anderen unter Berücksichtigung aller im Verkehrsmodell mit Verkehr belegten Straßen („PLUS-Kartierung“).

bensjahre durch vorzeitigen Tod oder Beeinträchtigung des normalen, beschwerdefreien Lebens) verwendet werden. Dies ist ein umfassender Ansatz, das durch Beeinträchtigung von Gesundheit erzeugte Leid zu quantifizieren. Die Berechnung der Krankheitslast erfolgt über

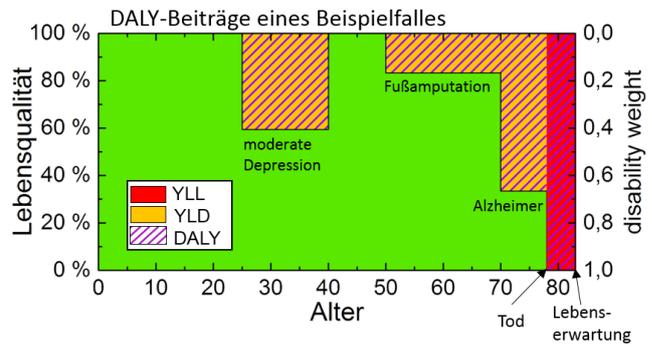
$$DALY = YLD + YLL. \quad (1)$$

Dabei sind YLD (Years Lived with Disease) die gewichteten Lebensjahre, die mit einer akuten oder chronischen Beeinträchtigung gelebt werden und YLL (Years of Life Lost) die durch vorzeitigen Tod verlorenen Lebensjahre. Zur Ermittlung der

$$YLD = \text{Dauer} \cdot DW \quad (2)$$

wird zu jedem betrachteten Krankheitsfall die Dauer und das DW („disability weight“, also Beeinträchtigungsgewicht, bzw. Schwere der Krankheit) mit Werten zwischen 0 (vollständige Gesundheit) und 1 (Tod) benötigt. Je nach Publikation, Ermittlungszeitraum und Land unterscheiden sich die DW. Dies muss bei der Ermittlung der DALY-Bandbreite berücksichtigt werden.

In Abb. 3 wird das DALY-Konzept anhand eines fiktiven Lebenslaufes illustriert. In diesem Beispiel wird ein Mensch gesund geboren, hat im Alter von 25 bis 40 Jahren moderate Depressionen ( $DW = 0,406$ ), bekommt im Alter von 50 Jahren den Fuß amputiert ( $DW = 0,167$ ), erkrankt im Alter von 70 Jahren an Alzheimer ( $DW = 0,666$ ) und verstirbt mit 78 Jahren; 5 Jahre vor Erreichen der statistischen Lebenserwartung. In Tab. 1 wird die Umrechnung der Beiträge der genannten Beeinträchtigungen bzw. vorzeitigen Tod in DALY demonstriert. Bei Krankheiten errechnet sich die YLD als Produkt aus Krankheitsdauer und Disability Weight (DW).



**Abbildung 3:** Skizze zur Illustration des DALY-Konzeptes. Erläuterung siehe Text.

In der illustrierten Berechnung wird bei Komorbidität, d.h. wenn mehreren Krankheiten gleichzeitig auftreten, nur die mit dem größten DW gewertet wird. In der Literatur werden beispielsweise von Mathers [3] verschiedene Ansätze diskutiert, wie die YLD bei Komorbidität berechnet zu berechnen sind.

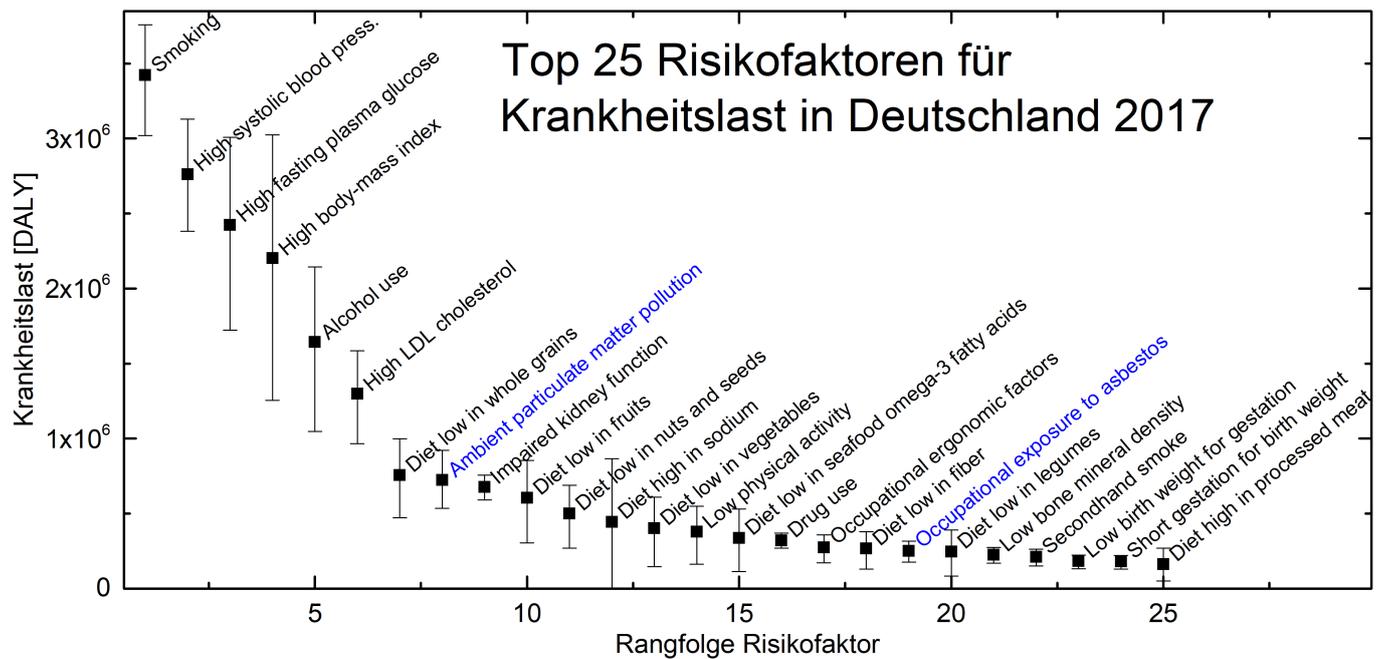
**Tabelle 1:** Berechnung der DALY-Beiträge zu YLD und YLL anhand des Beispiels aus Abb. 3. Die Zeiträume der Krankheiten sind in Lebensalter in Jahren, die Krankheitsdauer (KD) ebenfalls in Jahren angegeben.

Krankheit	von	bis	KD	DW	YLD
Depressionen	25	40	15	0,406	6,09
Fußamputation	50	70	20	0,167	3,34
Alzheimer	70	78	8	0,66	5,328
					YLL
vorz. Tod	78	83	5	(1)	5
$\Sigma$ DALY					19,758

Für den hier betrachteten Zweck wird angestrebt, beobachtete DALYs auf eine (oder mehrere) Ursachen zurückzuführen. Für ein einzelnes Menschenleben wird das nur in den seltensten Fällen eindeutig und zweifelsfrei gelingen. Aussagen wie „dieser Mensch ist an Lungenkrebs gestorben, da er geraucht hat“ sind prinzipiell nicht möglich. Es ist allerdings möglich, Wahrscheinlichkeitsaussagen zu treffen über die Gesundheitswirkung von Risikofaktoren auf große Ensembles, wie beispielsweise die Bevölkerung von Hessen.

Epidemiologische Studien können bei geeigneter Berücksichtigung von Confoundern<sup>1</sup> zumindest starke Hinweise auf kausale Zusammenhänge mit Risikofaktoren herstellen. In Abb. 4 werden die 25 wichtigsten Risikofaktoren für Deutschland im Jahr 2017 dargestellt. Hierzu wurde für eine lange Liste von Risikofaktoren abgeschätzt, für wie viel Krankheitslast, gemessen in DALY, sie jeweils verantwortlich sind. Das bedeutet zum Beispiel: Angenommen kein Einwohner von Deutschland

<sup>1</sup>Confounder wird in etwa mit Störfaktor oder Drittvariable übersetzt. Eine Variable (z.B. Rauchen), die das Auftreten des untersuchten Risikofaktors (z.B. hohe PM10-Konzentrationen durch Straßenverkehr) und den beobachteten Endpunkt (z.B. Lungenkrebs) gleichzeitig mitbestimmt.



**Abbildung 4:** Die 25 wichtigsten Risikofaktoren in Deutschland nach den Daten des IHME [4]. Auf der y-Achse sind die Erwartungswerte und Fehlerbalken der DALY-Beiträge, für die die einzelnen Risikofaktoren kausal sind aufgetragen; auf der x-Achse die nach Erwartungswert sortierte Rangnummer. Die beiden vertretenen Umweltrisikofaktoren Staub (inklusive Feinstaub) und Asbest im beruflichen Umfeld sind farbig markiert.

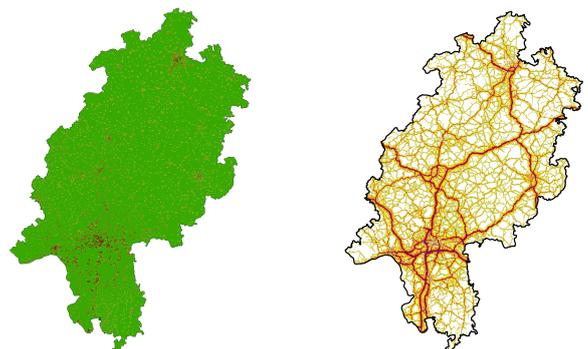
hätte jemals geraucht, wären in Deutschland 2017 mehr als 3.000.000 DALYs weniger angefallen. Diese Aussage ist gemäß den Daten des IHME (Institute for Health Metrics and Evaluation) [4] signifikant. Zu beachten ist, dass hierfür bislang der Umweltfaktor Lärm noch nicht berücksichtigt wurde, da die Literaturlage bislang noch nicht den Einschlusskriterien beispielsweise gemäß Forouzanfar [5] entsprach. Neuere Reviews wie beispielsweise von Brown [6] und Guski [7] aber auch darin noch nicht berücksichtigte Erkenntnisse wie von Seidler [9] lassen jedoch erwarten, dass inzwischen zumindest hinreichend Evidenz dafür existiert, um eine Bandbreite der tatsächlich durch Lärm verursachten Krankheitslast zu ermitteln.

## DALY durch Straßenlärm in Hessen

Das HLNUG hat eine Studie zur Quantifizierung der Gesundheitswirkungen von Straßenlärm in Hessen beauftragt. Dabei wird ein Fokus auf die Abschätzung der Bandbreite der Krankheitslast gelegt. Das bedeutet, dass der fachlich plausible Wertebereich für die Krankheitslast ermittelt werden soll.

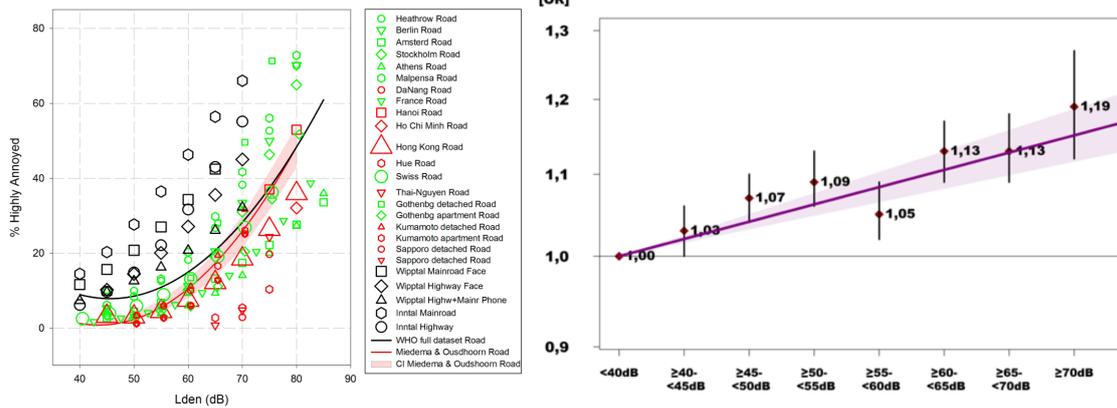
In Abb. 5 werden die dafür zu verwendenden Eingangsdaten illustriert. Die Bevölkerungsdichte basiert auf dem lizenzoffenen Datensatz der Bevölkerungsverteilung des Statistischen Bundesamtes zur räumlichen Bevölkerungsverteilung auf 1 ha georeferenziert und weiteren gemeindegenauen Bevölkerungsdaten z.B. zur Altersverteilung aus dem Zensus 2011 [8]. Die Daten wurden unter Verwendung weiterer, z.T. proprietärer Datenquellen fortgeschrieben. Die aktualisierte Verteilung der Bevölkerung wurde zunächst auf einzelne Häuser

verteilt und in einem weiteren Schritt gemäß VBEB auf Fassadenpunkte verteilt. Die Straßenlärmexposition  $L_{DEN}$  und  $L_{Night}$  wurde im Rahmen der oben beschriebenen PLUS-Kartierung für jeden bewohnten Fassadenpunkt ermittelt. Jedem Haus wurden darüber hinaus die maximalen Fassadenpegel zugeordnet. Dies ist voraussichtlich für DALY-Berechnungen bedeutsam, da in vielen Studien, die Dosis-Wirkungs-Funktionen ermittelten, lediglich der lauteste Fassadenpegel oder vergleichbare Größen als Expositionsvariable herangezogen wurden.



**Abbildung 5:** Illustration der Eingangsdaten zur Berechnung von DALYs durch Straßenlärm in Hessen. Hessenkarten mit Bevölkerungsdichte des DESTATIS [8] und der Lärmverteilung der PLUS-Straßenlärmkartierung, wie sie von van der Pütten [2] beschrieben wurde.

Ausgehend von diesen Daten sollen mithilfe von Dosis-Wirkungs-Funktionen die gesamte, durch Straßenlärm in Hessen verursachte Krankheitslast abgeschätzt wer-



**Abbildung 6:** Dosis-Wirkungskurven von Guski [7] (links) und Seidler [10] (rechts). Auf der x-Achse ist jeweils unterschiedlich definierte Dauerschallpegel aufgetragen; auf der y-Achse die Wirkung, mal gemessen in Prozent Hochbelästigte mal in Odds-Ratio von Depressionen. Für eine genauere Beschreibung wird auf die jeweiligen Publikationen verwiesen.

den. Die Funktionen sollen aus einer Literaturrecherche und ggf. zusätzlichen Berechnungen ermittelten werden. In Abb. 6 sind beispielhaft zwei Dosis-Wirkungs-Kurven dargestellt, die den möglichen Zusammenhang zwischen Lärm und einzelnen Endpunkten illustrieren.

## Zusammenfassung und Ausblick

Das HLNUG hat eine deutlich umfassendere Straßenlärmkartierung als nach ULR gefordert durchgeführt. Auf der Grundlage der so ermittelten Expositionsdaten wird beabsichtigt, die verursachte Krankheitslast zu berechnen. Dazu gehört nach guter wissenschaftlicher Praxis eine umfassende Abschätzung der Vorhersagebandbreite. Damit soll dem in Artikel 1 der ULR [1] formulierten Ziel, die Information der Öffentlichkeit über die Auswirkungen von Umgebungslärm zu informieren, Rechnung getragen werden. Mittelfristig soll die detaillierte Berechnung anderer Lärmarten mit Berechnungsbandbreite und der (Gesamt-)Krankheitslast erfolgen.

Darstellungen wie Abb. 4 können dazu dienen, die Relevanz verschiedenster Risiken bzw. Umweltfaktoren disziplinübergreifend und auf wissenschaftlicher Evidenz basierend zu vermitteln. Ziel ist die Aufklärung der Öffentlichkeit und Politikberatung.

## Literatur

- [1] Richtlinie 2002/49/EG des europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm.
- [2] Karten und Statistiken: <http://laerm.hessen.de/> veröffentlicht. Beschreibung: van der Puetten, N., Herok von Garnier, L. (2018). Möglichkeiten und Herausforderungen einer erweiterten Umgebungslärmkartierung. *Lärmbekämpfung*, 13(4), S. 120.
- [3] Mathers, C. *et al.* (2013). WHO methods and data sources for global burden of disease estimates 2000-2011. [https://www.who.int/healthinfo/statistics/GlobalDALYmethods\\_2000\\_2011.pdf](https://www.who.int/healthinfo/statistics/GlobalDALYmethods_2000_2011.pdf).

- [4] Erstellt aus Daten des Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME). GBD Compare. Seattle, WA: IHME, University of Washington, 2018. Abgerufen von <http://vizhub.healthdata.org/gbd-compare> am 17.1.2019
- [5] Forouzanfar, M. *et al.* (2016). Global, regional, and national comparative risk assessment of 79 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks, 1990-2015: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2015. *The Lancet*, 388, p. 1659.
- [6] Brown, A. *et al.* (2017). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review of transport noise interventions and their impacts on health, *International journal of environmental research and public health*, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, 14, p. 873.
- [7] Guski, R., *et al.* (2017). WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region: A Systematic Review on Environmental Noise and Annoyance. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(12), p. 1539.
- [8] Graphik erstellt auf Basis von Bevölkerungsdaten des Statistischen Bundesamtes, Wiesbaden 2015 zum Stichtag 9.5.2011
- [9] Seidler, A. *et al.* (2016). Aircraft, road and railway traffic noise as risk factors for heart failure and hypertensive heart disease—A case-control study based on secondary data. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 219(8), p. 749-758. <https://doi.org/10.1016/j.ijheh.2016.09.012>
- [10] Graph entnommen aus Seidler, A. *et al.* (2015). Band 6: Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung. In NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Gemeinnützige Umwelthaus GmbH.