

# Die körperlichen und psychischen Wirkungen von Lärm

## Physical and mental effects of noise

Jördis Wothge

### Abstract

As a consequence of our modern lifestyle, many people are constantly surrounded by noise. In 2014 the study on environmental awareness by the German Environment Agency showed that a great number of people in Germany suffer from noise annoyance. Chronic noise does not only affect the perception of our quality of life and our mental well-being, it can also have a serious impact on the cardiovascular system and on our sleep. The current article therefore discusses the physical and mental effects of noise.

### Zusammenfassung

Viele Personen sind heutzutage fortwährend Lärm ausgesetzt. Zuletzt hat die Umweltbewusstseinsstudie aus dem Jahr 2014 erneut gezeigt, dass sich eine große Zahl von Menschen durch Lärm belästigt fühlt. Chronischer Lärm beeinträchtigt nicht nur die Lebensqualität und das subjektive Wohlbefinden auf vielen Ebenen, sondern auch das Herz-Kreislauf-System und stört den Schlaf. Im vorliegenden Text werden die körperlichen und psychischen Auswirkungen von Lärm dargestellt.

## Einleitung

„Studie zeigt: Lärm schadet weniger, als befürchtet“ titelte die Internetseite Spiegel-Online in ihrem Gesundheitsressort Anfang November 2015. Anlass dieser journalistischen These war die Veröffentlichung der NORAH-Studie (Noise Related Annoyance Health and Cognition). Diese gilt als die größte Lärmwirkungsstudie, die in Europa bislang durchgeführt worden ist. Eine nähere Betrachtung des aktuellen Erkenntnisstands der Lärmwirkungsforschung verdeutlicht jedoch, dass chronischer Lärm nicht nur die Lebensqualität und das subjektive Wohlbefinden auf vielen Ebenen negativ beeinflusst, sondern auch das Herz-Kreislauf-System beeinträchtigt und den Schlaf stört. Um die weitreichenden Folgen von Lärm zu verdeutlichen, werden nachfolgend die häufigsten beziehungsweise schwerwiegendsten psychischen und körperlichen Wirkungen von Lärm auf den Menschen dargestellt.

## Körperliche und psychische Wirkungen von Lärm

Im Einklang mit den Leitlinien der Weltgesundheitsorganisation (WHO) lassen sich mindestens fünf unterschiedliche Wirkungsfelder von Lärm auf den Menschen differenzieren (WHO 2011):

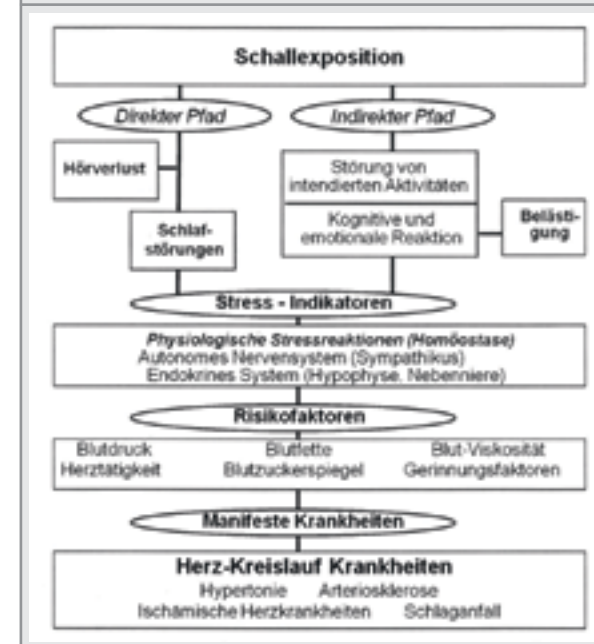
- Herz-Kreislauf-Erkrankungen,
- Schlafstörungen,
- kognitive Entwicklungsstörungen bei Kindern,
- Tinnitus und
- Belästigung.

Zusätzlich wird Lärm inzwischen auch als Risikofaktor mit dem Auftreten der unipolaren Depression von der WHO, der EU und der Lärmwirkungsforschungslandschaft in Verbindung gebracht (z.B. WHO 2011).

Zunächst ist zwischen auralen und extra-auralen Auswirkungen von Lärm zu unterscheiden. Aurale Auswirkungen beziehen sich direkt auf das Hör-Organ. Extra-aurale Wirkungen hingegen betreffen den gesamten restlichen Organismus. Dies sind beispielsweise Beeinträchtigungen des Herz-Kreislauf-Systems aber auch Schlafstörungen oder Depressionen.

Da aurale Wirkungen von Lärm im Kontext des umweltbezogenen Immissionsschutzes selten auftreten, konzentriert sich der folgende Text auf die extra-auralen Wirkungen von Lärm.

Abbildung 1: Wirkungsschema zum lärmbedingten Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen. Quelle: Babisch et al. 2014.



## Belästigung

Die Belästigung der Bevölkerung durch Lärm gehört zu den am meisten erforschten Lärmwirkungen. Verschiedene nationale und internationale Studien an europäischen Flughäfen (Amsterdam-Schiphol, Stockholm-Arlanda, Frankfurt/Main) zeigen, dass sich ein erheblicher Teil der Bevölkerung durch Fluglärm belästigt fühlt (Schreckenberget al. 2015; Janssen, Vos 2009; DfT 2007). Dabei handelt es sich bei „Belästigung“ nicht allein um das subjektive Wohlbefinden einzelner Menschen in der Bevölkerung. Vielmehr kann die Belästigung Stress-Reaktionen auslösen und darüber hinaus ein potentieller Vorläufer für gesundheitliche Schäden sein. Die Belästigung ist daher ein ernstzunehmender gesundheitlicher Risikofaktor (WHO 2011). Dies schlägt sich auch in der deutschen Gesetzgebung nieder. So schreibt der Gesetzgeber den Schutz der Bevölkerung vor „erheblicher Belästigung“ in mehreren Rechtsvorschriften zum Immissionsschutz vor (z. B. Bundes-Immissionsschutzgesetz, Fluglärmschutzgesetz).

Berechnet und dargestellt wird der Zusammenhang zwischen der Geräuschbelastung und der Belästigung der Bevölkerung anhand des Anteils hoch belästigter Personen pro Schallpegelstufe. Hieraus resultieren sogenannte Expositions-Wirkungskurven für die jeweiligen Lärmarten. Die Kurven zeigen, dass der Anteil hoch belästigter Personen mit stei-

gendem Schalldruckpegel kontinuierlich und zunehmend stärker ansteigt (Miedema, Oudshoorn 2001).

Die Belästigungsforschung unterscheidet grundsätzlich zwischen den einzelnen Lärmquellen. Am besten erforscht ist der Verkehrslärm: Der Fluglärm gilt als die am meisten belästigende Verkehrslärmquelle, gefolgt von Straßen- und Schienenverkehrslärm (Miedema, Oudshoorn 2001). Studien der letzten Jahre weisen darauf hin, dass bei hohen Lärmpegeln der Schienenverkehr gegenüber dem Straßenverkehrslärm als stärker belästigend wahrgenommen wird (Schreckenberget al. 2015; Lercher et al 2008).

Aufgrund des Mangels an aussagekräftigen Studien existieren für die Belästigung der Bevölkerung durch Industrie- und Gewerbelärm bisher nur wenige belastbare Darstellungen von Expositions-Wirkungs-Zusammenhängen (Miedema, Oudshoorn 2001). Laut der aktuellen Umweltbewusstseinsstudie aus dem Jahr 2014 fühlen sich immerhin rund 21 Prozent der Befragten durch Industrie und Gewerbelärm gestört oder belästigt (UBA 2014).

## Herz-Kreislauf-Erkrankungen

Lärm stört und belästigt nicht nur, sondern wirkt sich auch direkt auf die körperliche Gesundheit aus. Beispielsweise aktiviert Lärm das Hormonsystem und das autonome Nervensystem. Infolgedessen können sich der Blutdruck und die Herzfrequenz verändern und der Stoffwechsel und dessen Regulation beeinträchtigt werden. Biologische Risikofaktoren, wie der Blutzucker oder die Gerinnung des Blutes, können beeinflusst werden und zu Arterienverkalkung und Bluthochdruck bis hin zum Herzinfarkt führen (Babisch et al. 2014).

Abbildung 1 zeigt, wie Lärm sowohl auf dem direkten als auch auf dem indirekten Pfad Einfluss auf das Herz-Kreislauf-System nimmt und welche Folgen er haben kann.

Zu den Herz-Kreislauf-Erkrankungen zählen Veränderungen des Blutdrucks (Hypertonie und Hypotonie), ischämische Herzkrankheiten, wie Angina Pectoris, eine daraus resultierende Herzinsuffizienz und der Myokardinfarkt, aber auch der Hirninfarkt. Die Mehrzahl der bisher durchgeführten Studien untersucht dabei den Zusammenhang von Fluglärm beziehungsweise Straßenverkehrslärm auf das Herz-Kreislauf-System. Zu den Lärmauswirkungen des Schienenverkehrs – insbesondere des nächtli-

chen Schienenverkehrs – gibt es hingegen nur wenige Erhebungen.

Der aktuelle Forschungsstand legt nahe, dass Personen, die stärker durch Lärm belastet sind, höhere Blutdruckwerte aufweisen als Menschen, die in ruhigeren Wohngebieten leben (Babisch et al. 2014; Babisch 2006). Die an sechs europäischen Flughäfen durchgeführte HYENA-Studie (HYENA - Hypertension and exposure to noise near airports) fand einen Zusammenhang zwischen Luft- und Straßenverkehrslärm und der Prävalenz von Hypertonie: Bei einem Anstieg des nächtlichen Fluglärmpegels ( $L_{\text{Night}}$ ) um 10 dB(A) stieg das Risiko für das Auftreten von Bluthochdruck um 14 Prozent. Für den Straßenverkehr wurde eine Risikohöherung von 10 Prozent bei einem Anstieg des Schalldruckpegels um 10 dB(A) gefunden (Jarup et al. 2008).

Auch Untersuchungen zum Zusammenhang zwischen Straßenverkehrslärm und Herzinfarkten beziehungsweise Schlaganfällen zeigen eine vergleichbare prozentuale Risikohöherung von 6 bis 15 Prozent bei einem Anstieg des Schalldruckpegels um 10 dB(A) (Gan et al. 2012; Sörensen et al. 2012a; Sörensen et al. 2012b).

Im Einklang mit diesen Erkenntnissen belegen mehrere Analysen von Krankenkassendaten an Flughäfen in Deutschland, den Niederlanden und Schweden einen Zusammenhang zwischen der Fluglärmbelastung und verschreibungspflichtigen Medikamenten für kardio-vaskuläre Erkrankungen (Greiser, Greiser 2006; van Kamp et al. 2006; Franssen et al. 2004). Am Flughafen Amsterdam-Schiphol wurde beispielsweise bei einem Anstieg des äquivalenten Dauerschallpegels um 10 dB(A) ein Anstieg in der Verschreibungshäufigkeit für die Medikation mit Herz-Kreislauf-Medikamenten um 20 bis 40 Prozent festgestellt (van Kamp et al. 2006). Die internationalen Ergebnisse lassen sich jedoch nur eingeschränkt auf mögliche Erkrankungsrisiken der deutschen Bevölkerung übertragen: Einerseits können sich die Verschreibungsgewohnheiten in den verschiedenen Ländern unterscheiden, andererseits ist die Verschreibung eines Medikaments nur ein indirekter Indikator für eine Erkrankung.

Obgleich nicht alle Forschungserkenntnisse aus Blutdruckuntersuchungen einheitlich sind und die Verwendung einer Vielzahl von Methoden die Vergleichbarkeit der Ergebnisse erschwert, sprechen die meisten Forschungsbefunde dafür, dass chro-

nischer Lärm den Blutdruck beeinflusst und das Risiko von Herz-Kreislauf-Erkrankungen erhöht (Babisch et al. 2014). Neuere Studien legen nahe, dass dies bereits bei einem äquivalenten Dauerschallpegel für die Tagesbewertung  $L_{\text{Aeq,Tag}}$ -Wert ab 60 dB(A) und einem äquivalenten Dauerschallpegel für die Nachtbewertung  $L_{\text{Aeq,Nacht}}$ -Wert ab 50 dB(A) eintreten könnte (MKULNV 2012).

### Schlafstörungen

Die WHO stellte 2011 in ihrem Bericht über die Krankheitslasten durch Umgebungslärm fest, dass mehr als die Hälfte der jährlich lärmbedingt verlorenen gesunden Lebensjahre in Europa (ca. 900.000 DALYs p.a.) auf Schlafstörungen zurückzuführen sind. Für den Erhalt der psychomotorischen Leistungsfähigkeit und Gesundheit ist ungestörter Schlaf in ausreichender Dauer von zentraler Bedeutung (Banks, Dinges 2007). Nicht nur zu Zeiten der Wachphase, sondern auch wenn der Mensch schläft, werden Hormone ausgeschüttet, Proteine aufgebaut oder Gedächtnisinhalte konsolidiert. Diese komplexen physiologischen Prozesse sind notwendig, damit sich der Körper mental und physisch erholen und auf die nächste anstehende Wachphase vorbereiten kann. Treten in der Nacht Geräusche auf, werden diese auch im Schlaf wahrgenommen und können situationsbedingt unterschiedliche physiologische Reaktionen zur Folge haben. Dies kann von einer Beschleunigung der Herzfrequenz bis hin zu einer vollständigen Aufwachreaktion reichen. Auf diese Weise kann nächtlicher Verkehrslärm den natürlichen Schlafablauf stören und die Erholungsfunktion des Körpers beeinträchtigen (Basner et al. 2010). Akute Folgen sind das vermehrte Auftreten von Müdigkeit und eine herabgesetzte Leistungsfähigkeit (Elmenhorst et al. 2010). Langfristig ist eine Störung des Schlafs durch eine andauernde Verkehrslärmbelastung zudem ein Gesundheitsrisiko, vor allem für das Herz-Kreislauf-System, da die erhöhte Aktivierung des Hormonsystems und des vegetativen Nervensystems während des Schlafs zu Herz-Kreislauf-Erkrankungen führen kann (WHO 2009; Babisch, van Kamp 2009; Jarup et al. 2008).

Im Einzelnen lassen sich folgende lärmbedingte Störungen des Schlafs identifizieren (Babisch et al. 2014):

- Wechsel des Schlafstadiums,
- Aufwachreaktion,
- Veränderungen der Schlafstadien-Verteilung,

- Verlängerung der Latenzzeiten,
- Verkürzung der Gesamtschlafzeit,
- Veränderungen der Atemfrequenz, Hormonausschüttung und Durchblutung sowie
- vermehrte Körperbewegungen.

Im Rahmen der Night Noise Guidelines for Europe hat die WHO im Jahr 2009 Wirkungsschwellen für die einzelnen lärmbedingten Schlafstörungen angegeben. Hier zeigt sich, dass vermehrte Bewegungen (erhöhte Motilität) bereits ab einem Maximalpegel im Innenraum ( $L_{\text{Amax,innen}}$ ) von 32 dB(A) objektiv quantifizierbar ist. Für Schlafstadienwechsel, verfrühtes Erwachen am Morgen, Bluthochdruck und Herzinfarkt treten lärmbedingte Wirkungen ab  $L_{\text{Amax,innen}}$  von 35 dB(A) bis 50 dB(A) auf (WHO 2009). Diese niedrigen Wirkungsschwellen der Maximalpegel sind physiologisch plausibel, erste Reaktionen erfolgen, sobald das menschliche Gehör ein Umgebungsgeräusch vom Hintergrundgeräusch differenzieren kann.

Um gesundheitliche Auswirkungen zu vermeiden, empfiehlt die WHO daher in den Night Noise Guidelines for Europe, dass die nächtliche Lärmbelastung einen Dauerschallpegel von 40 dB(A) außerhalb der Wohnung ( $L_{\text{Night,außen}}$ ) nicht überschreiten sollte (WHO 2009). Diese Empfehlung teilt das Umweltbundesamt (UBA) uneingeschränkt.

### Kognitive Entwicklung von Kindern

Kinder sind vor dem Hintergrund kontinuierlicher Geräuschbelastung und deren möglichen Wirkungen eine besonders vulnerable Gruppe. Studien der letzten Jahrzehnte zeigen wiederkehrend, dass Lärm die kognitive Leistungsfähigkeit bei Kindern beeinträchtigt (Haines et al. 2001; Johnson 2000).

In den letzten 20 Jahren sind zudem Untersuchungen von Lärmbeeinträchtigungen im Kontext der Schulumgebung in den Fokus gerückt. Querschnittsanalysen aus London (RANCH-Studie, 2005) und dem Rhein-Main-Gebiet (NORAH-Studie, 2014) zeigen, dass die Lesekompetenz von Kindern durch einen erhöhten Dauerschallpegel beeinträchtigt wird. Bei einem Anstieg des Dauerschallpegels um 10 (bzw. 20 dB(A)) verzögert sich der Erwerb der Lesekompetenz um 1 (bzw. 2 Monate) (Klatte et al. 2014; Stansfeld et al. 2005).

### Psychische Erkrankungen

Die gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm auf die psychische Gesundheit wurden bisher we-

niger untersucht als beispielsweise die Lärmauswirkungen auf das Herz-Kreislauf-System. Zu den Studien, die psychische Erkrankungen in Verbindung mit Lärm thematisieren, gehören neben der aktuell veröffentlichten NORAH-Studie auch zwei Forschungsvorhaben des UBA, welche die Auswirkungen von Umgebungslärm beziehungsweise nächtlichem Fluglärm auf psychische Erkrankungsrisiken untersuchten (Greiser, Greiser 2015; Greiser, Greiser 2010). Alle vorgenannten Studien weisen auf einen Anstieg psychischer Erkrankungen, insbesondere der unipolaren Depression, bei steigendem Schalldruckpegel hin. Die NORAH-Studie beziffert den Anstieg der Risikowahrscheinlichkeit an einer Depression zu erkranken – in Abhängigkeit von der Verkehrslärmquelle – auf 3,9 bis 8,9 Prozent pro 10 dB Anstieg des Dauerschallpegels (Seidler et al. 2015). Mit diesen Werten ist die unipolare Depression das Krankheitsbild der Studie, bei dem das Risiko des Auftretens am stärksten anstieg. Die Zahl derer, die an einer unipolaren Depression erkrankt sind, wurde hierbei möglicherweise unterschätzt, da mutmaßlich nicht alle Erkrankten medizinische Hilfe in Anspruch nahmen, weil sie eine Stigmatisierung befürchteten. Einschränkend ist zu erwähnen, dass die NORAH-Studie nicht bestätigen kann, dass der Zusammenhang zwischen Verkehrslärm und Depressionsrisiko für alle Lärmquellen stetig steigend ist. Vielmehr sinkt das Erkrankungsrisiko in den höchsten Schallpegelklassen des Luft- und Schienenverkehrs aus wissenschaftlich bisher ungeklärten Gründen wieder. Hier besteht daher weiterhin dringend Forschungsbedarf, auch aufgrund der geringen Gesamtzahl an Studien, um den Zusammenhang zwischen psychischen Erkrankungen und der Geräuschbelastung besser zu verstehen. Zusätzlich ist es wichtig, die Gleichwertigkeit psychischer Erkrankungen gegenüber körperlichen Krankheiten im gesamtgesellschaftlichen Verständnis zu stärken, um Stigmatisierungen vorzubeugen und eine adäquate Behandlung zu gewährleisten.

### Unterschiedliche Wirkungszusammenhänge einzelner und mehrerer Geräuschquellenarten

Die Wirkungszusammenhänge sind nicht bei allen Geräuschquellenarten gleich. Beispielsweise wirkt Fluglärm bei gleichem Schalldruckpegel stärker belästigend als Straßen- oder Schienenverkehrslärm (Schreckenber 2014; Miedema, Oudshoorn 2001).

Diese Unterschiede können mit der Geräuschstruktur der einzelnen Quellenarten erklärt werden: Während Luft- und Schienenverkehr eher intermittierende, das heißt zeitweise aussetzende und mit Unterbrechung auftretende Geräusche verursachen, ist der Straßenverkehr durch kontinuierliche Geräusche charakterisiert. Dies spiegelt sich auch in Studien zu nächtlichen Schlafstörungen wider. Diese zeigen, dass insbesondere hohe Maximalpegel im Luft- und Schienenverkehr die Konfiguration des Schlafs durch Aufwachreaktionen oder Herzfrequenzbeschleunigungen beeinflussen können (Müller et al. 2015; Müller et al. 2010).

Das Zusammenwirken mehrerer Geräuschquellenarten ist besonders relevant, da die Bürgerinnen und Bürger häufig Lärmbelastungen aus mehr als nur einer Quellenart ausgesetzt sind. Beim Verkehrslärm trifft dies für 23 Prozent der Bevölkerung zu. Werden zusätzlich Nachbarschaftslärm sowie Industrie- und Gewerbelärm berücksichtigt, sind sogar 44 Prozent von mehreren Geräuschquellenarten betroffen (UBA 2014). Um dies künftig stärker bei Lärmschutzmaßnahmen zu berücksichtigen, hat die Bundesregierung in ihrem Koalitionsvertrag festgehalten, dass „der Gesamtlärm (insbesondere von Straßen- und Schienenverkehr) als Grundlage für Lärmschutzmaßnahmen herangezogen werden muss“.

Aktuelle Forschungserkenntnisse, wie beispielsweise aus der NORAH-Studie, weisen zudem darauf hin, dass sich die Belästigung durch mehrere Geräuschquellen an der Beurteilung der als am lästigsten empfundenen Geräuschquelle ausrichtet (Schreckenberget al. 2015). Dies bestärkt die in der Lärmwirkungsforschung diskutierte Annahme, dass eine einfache energetische Summation der einzelnen Geräuschquellen für die Beurteilung der Belästigung bei einer Mehrfachbelastung nicht hinreichend ist (Miedema, Oudshoorn, 2001). Auch das UBA hat dies frühzeitig erkannt und im Jahr 2015 ein Forschungsvorhaben zur wirkungsgerechten Neubewertung und Erweiterung bestehender Regelwerke für den Gesamtlärm initiiert. Ergebnisse des Vorhabens sind im Jahr 2018 zu erwarten.

## Fazit

Insgesamt zeigt sich, dass Lärm ernsthafte Gesundheitsrisiken verursacht. Vor allem nächtlicher Lärm, hohe Maximalpegel insbesondere beim Schienenverkehr sowie die zunehmende Belastung der Be-

völkerung durch mehrere Geräuschquellenarten können deutliche negative Folgen nach sich ziehen. Für eine wirksame Minderung des Lärms sind daher die bestehenden Instrumente und Maßnahmen noch effizienter und zielgerichteter einzusetzen. Darüber hinaus ist ein intensiver gesellschaftlicher Diskurs über die körperlichen und psychischen Folgen des Lärms notwendig.

## Literatur

Babisch W, Guski R, Ising H et al. (2014): Lärm. In: Wichmann HE, Schlipkötter HW, Fülgraff G (Hrsg.): Handbuch Umweltmedizin, 52. Erg. Lfg. 6/14.

Babisch W, van Kamp I (2009): Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise Health* 11(44): 149–156.

Babisch W (2006): Transportation Noise and cardiovascular risk, Review and synthesis of epidemiological studies, dose-effect curve and risk estimation. *WaBoLu-Hefte* 01/06, Umweltbundesamt. Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/transportation-noise-cardiovascular-risk> (Zugriff am: 25.02.2016).

Banks S, Dinges D: (2007): Behavioral and physiological consequences of sleep restriction. *Journal of Clinical Sleep Medicine* 3: 519–528.

Basner M, van den Berg M, Griefhahn B (2010): Aircraft noise effects on sleep: mechanisms mitigation and research needs. *Noise Health* 12(47): 95–109.

DfT – Department for Transport (2007): ANASE: Attitudes to Noise from Aviation Sources in England. Final Report for Department of Transport. MVA Consultancy in Association with John Bates Services, Ian Flindell and RPS. London.

Elmenhorst E, Elmenhorst D, Wenzel J (2010): Effects of nocturnal aircraft noise on cognitive performance in the following morning: dose-response relationships in laboratory and field. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 83(7): 743–751.

Franssen EAM, Wiechen C, Nagelkerke N et al. (2004): Aircraft noise around a large international airport and its impact on general health and medication use. *Occupational Environmental Medicine* 61: 405–413.

Gan W, Davies H, Koehorn M et al. (2012): Association of long-term exposure to community noise and traffic-related air pollution with coronary heart disease mortality. *American Journal of Epidemiology* 175(9): 898–906.

Greiser E, Greiser C (2015): Umgebungslärm und Gesundheit am Beispiel Bremen. Forschungsbericht 3710 61 170. Umweltbundesamt. Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/umgebungslaerm-ge-sundheit-am-beispiel-bremen> (Zugriff am: 25.02.2016).

Greiser E, Greiser C (2010): Risikofaktor nächtlicher Fluglärm - Abschlussbericht über eine Fallkontrollstudie zur kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn. Förderkennzeichen 3708 51 101, Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit 01/2010. Umweltbundesamt. Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/risikofaktor-naechtlicher-fluglaerm> (Zugriff am: 25.02.2016).

Greiser E, Jahnsen K, Greiser C (2006): Beeinträchtigung durch Fluglärm: Arzneimittelverbrauch als Indikator für gesundheitliche Beeinträchtigung. Forschungsbericht 205 51 100. Umweltbundesamt. Dessau. <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/beeintraechtigung-durch-fluglaerm> (Zugriff am: 25.02.2016).

Haines M, Stansfeld S, Job R et al. (2001): Chronic aircraft noise exposure, stress responses, mental health and cognitive performance in school children. *Psychological Medicine* 31(2): 265–277.

Jarup L, Babisch W, Houthuijs D et al. (2008). Hypertension and exposure to noise near airports – the HYENA study. *Environmental Health Perspectives* 116: 329–933.

Janssen S, Vos H (2009): A comparison of recent surveys to aircraft noise exposure response relationships. *TNO Reports* 2009. TNO-034-DTM-2009-01799.

Johnson C E (2000): Children’s phoneme identification in reverberation and noise. *Journal of Speech, Language and Hearing Research* 43: 144–157.

Klatte M, Bergström K, Spilski J (2014): Wirkungen chronischer Fluglärmbelastung auf kognitive Leistungen und Lebensqualität bei Grundschulkindern. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Band 1. Kelsterbach.

Lercher P, De Greve B, Botteldoren D et al. (2008): A comparison of regional noise-annoyance-curves in alpine areas with the European standard curves. Proceedings of the 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN). Foxwoods (USA, CT): 562–570.

Miedema H, Oudshoorn C (2001): Annoyance from transportation noise: relations with exposure metrics DNL and DENL and their confidence intervals. *Environmental Health Perspectives* 109(4): 409–416.

MKULNV – Ministerium für Klimaschutz, Umwelt Landwirtschaft, Natur und Verbraucherschutz des Landes Nordrhein-Westfalen (2012): Kernaussagen im Fachgespräch vom 16.12.2012 über gesundheitliche Auswirkungen von Fluglärm unter besonderer Berücksichtigung des Nachtfluglärms. Düsseldorf.

Müller U, Aeschbach D, Elmenhorst EM et al. (2015): Fluglärm und nächtlicher Schlaf. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Band 4. Kelsterbach.

Müller U, Elmenhorst E, Maass H et al. (2010): Verbundprojekt: DEUFRAKO/RAPS – Railway noise (and other modes) annoyance, performance, sleep: wirkungsorientierte Bewertung unterschiedlicher Verkehrslärmarten. Teilvorhaben DLR: Metaanalyse und Feldstudie. Abschlussbericht. Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt e.V. in der Helmholtz Gemeinschaft. <http://edok01.tib.uni-hannover.de/edoks/e01fb10/639593747.pdf> (Zugriff am: 20.11.2015).

Schreckenberget al. (2015): Wirkungen von Verkehrslärm auf die Belästigung und Lebensqualität. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Band 3. Kelsterbach.

Seidler A, Wagner M, Schubert M et al. (2015): Sekundärdatenbasierte Fallkontrollstudie mit vertiefender Befragung. In: Gemeinnützige Umwelthaus gGmbH (Hrsg.): NORAH (Noise related annoyance cognition and health): Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Band 6. Kelsterbach.

Sörensen M, Andersen Z, Norsborg R et al. (2012a): Road traffic noise and incident myocardial infarction: A prospective cohort study. *PLoS* 7(6).

Sörensen M, Hvidberg M, Andersen Z (2012b): Road traffic noise and stroke: a prospective cohort study. *European Heart Journal*, 32(6): 734–744.

Stansfeld S, Berglund B, Clark C et al. (2005): Aircraft and road traffic noise and children’s cognition and health: a cross-national study. *Lancet* 365: 1942–1949.

van Kamp I, Houthuijs D, van Wiechen C et al. (2006): Environmental noise and cardiovascular diseases: evidence from 10 year Schiphol research. In *Inter-Noise 2006. Proceedings of the 35th International Congress and Exposition of Noise Control Engineering*. Honolulu, Hawaii. Edited by I-INCE, pp. Paper No.: in07\_132.

UBA – Umweltbundesamt (2014): Umweltbewusstseinsstudie 2014. Dessau.

WHO – World Health Organization (2011): Burden of disease from environmental noise. Quantification of healthy life years lost in Europe. Bonn.

WHO – World Health Organization (2009): Night noise guidelines for Europe. Copenhagen.

WHO – World Health Organization (1999): Community noise guidelines for Europe. Zürich.

## Kontakt

Jördis Wothge  
Umweltbundesamt  
Fachgebiet I 3.4 Lärminderung bei Anlagen und Produkten, Lärmwirkungen  
Wörlitzer Platz 1  
06844 Dessau  
E-Mail: joerdis.wothge[at]uba.de

[UBA]