

## Stand der Wissenschaft zum Thema Lärmwirkungsforschung

Julia Donnerer<sup>1</sup>, Florian Kraxberger<sup>1</sup>, Manfred Kaltenbacher<sup>1</sup>, Christian Adams<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Akustik und Lärmwirkungsforschung, Institut für Grundlagen und Theorie der Elektrotechnik (IGTE), Technische Universität Graz, Inffeldgasse 18/I, 8010 Graz, Österreich, Email: julia.donnerer@tugraz.at

### Kurzfassung

Dieser Beitrag zielt darauf ab, einen Überblick über den derzeitigen Stand der Wissenschaft im Bereich Lärmwirkungsforschung zu geben. Lärm kann sich kurz- und langfristig auf den Menschen und die Tier- und Pflanzenwelt auswirken. Bei Menschen kann er den Stoffwechsel beeinflussen, eine Belästigung darstellen, sowie das Risiko für chronischen Stress erhöhen. Zudem kann er langfristig zu Hörschädigungen, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und kognitiven Beeinträchtigungen führen, oder Schlafstörungen hervorrufen. Da die gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm gravierend sein können, ist es notwendig, die Konsequenzen einer Lärmexposition richtig einschätzen zu können. Um den Stand der Wissenschaft in der Lärmwirkungsforschung zu eruieren und zukünftige Forschungsfelder zu identifizieren, wird eine qualitative Literaturrecherche durchgeführt. Hierbei liegt der Schwerpunkt auf den gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm unter der Berücksichtigung der Lärmwahrnehmung. Zudem wird die Entstehungsgeschichte der derzeit von der World Health Organization (WHO) vorgegebenen Lärmgrenzwerte für Umgebungslärm aufgezeigt. Die Resultate werden im Zuge der Literaturrecherche kontextualisiert und demonstrieren, dass es basierend auf dem derzeitigen Stand der Wissenschaft zahlreiche Anknüpfungspunkte zu angrenzenden Disziplinen gibt, aus denen mögliche zukünftige Forschungsfelder der Lärmwirkungsforschung abgeleitet werden.

### Einleitung

Lärm kann sich kurz- und langfristig auf den Menschen auswirken. Da die physischen sowie mentalen gesundheitlichen Auswirkungen von Lärm gravierend sein können, ist es notwendig, die Konsequenzen einer Lärmexposition richtig einschätzen zu können. Die WHO hat Umgebungslärm, nach Luftverschmutzung, als Haupt-Umweltrisikofaktor für die Gesundheit eingestuft. Da die Anzahl der jährlich vorzeitig verlorenen Leben durch Umgebungslärm allein in Westeuropa bei mindestens einer Million liegt, hat die WHO Lärmgrenzwerte erstellt, um die menschliche Gesundheit vor der Belastung durch Umgebungslärm zu schützen [1]. Abbildung 1 zeigt eine zeitliche Darstellung davon, wie die heutigen Lärmgrenzwerte, welche in Tabelle 1 aufgeführt sind, zustande kamen.

**Tabelle 1:** Heutige Lärmgrenzwerte (WHO) [7].

Tageszeit	Grenzwert pro Verkehrslärmtyp		
	Straße	Flug	Eisenbahn
Tagsüber	53 dB(A)	45 dB(A)	53 dB(A)
Nachts	45 dB(A)	40 dB(A)	44 dB(A)



**Abbildung 1:** Zeitliche Entwicklung der Lärmgrenzwerte [8-30].

Ungleich dem Sehorgan, welches durch Verschließen der Augenlider visuelle Eindrücke ausblenden kann, verfügen menschliche Hörorgane nicht über einen Schutzmechanismus. Bei hohen äquivalenten Dauerschallpegeln ( $L_{eq} > 100$  dB(A)) findet eine Schädigung der Hörorgane statt [2]. Ein hoher  $L_{eq}$  akti-

viert die Hypothalamus-Hypophysen-Nebennierenrinden-Achse, das zentrale Stress-Reaktionssystem des Menschen, für dessen Aktivierung kein kognitives Verständnis von Umgebungslärm erforderlich ist [3]. Bei niedrigeren  $L_{eq}$  (im Bereich 50 dB(A) bis 70 dB(A)) aktiviert Lärm das sympathische Nervensystem und das endokrine System, und beeinträchtigt dadurch den Schlaf, kognitive Fähigkeiten und verursacht Stressreaktionen [2]. Die resultierenden Stressreaktionen können ihrerseits emotionale Stressreaktionen auslösen und bei anhaltender Lärmbelastung zu chronischem Stress führen. Dieser hat zahlreiche Auswirkungen auf die körperliche und geistige Gesundheit [4–6].

## Lärmauswirkung

Das sympathische Nervensystem, welches schon bei niedrigen äquivalenten Dauerschallpegeln aktiviert wird, ist Teil des autonomen Nervensystems, welches die internen Prozesse des Körpers schnell an externe Belastungen anpassen kann, beispielsweise durch Anpassung der Herzfrequenz, Atmung oder Muskeldurchblutung. Diese Anpassungsreaktionen geben wiederum Rückschlüsse auf die auslösenden Prozesse, wie zum Beispiel, emotionale Belastung. Wird das sympathische Nervensystem aktiviert, werden die Stresshormone Katecholamine (Adrenalin oder Noradrenalin) und Glukokortikoide (Cortisol) ausgeschüttet, um auf die Belastung zu reagieren [5].

## Bewältigungsmechanismen

Um Umweltbelastungen zu verarbeiten, werden Bewältigungsmechanismen eingesetzt. Die Fähigkeit, die Belastung zu bewältigen, ist individuell und durch aktiven oder passiven Zugang beeinflussbar. Bei passiver Bewältigungsstrategie spielt oft erlernte Hilflosigkeit eine Rolle. Dabei herrscht eine passive Resignation wegen eines vermeintlichen Kontrollmangels vor. Unkontrollierbare Stressfaktoren führen dabei zu einer chronischen Belastung und der Annahme, dass die Stresssituation unveränderlich ist. Das Individuum ist dem Stressor daher hilflos ausgeliefert und kann keinen Einfluss darauf nehmen. Dadurch kommt es zu einer Aktivität der Hypophyse und der Nebennierenrinde, wobei das Stresshormon Cortisol ausgeschüttet wird. Bei aktiven Bewältigungsmechanismen hat die Person das Gefühl, sich aktiv mit der Lärmbelastung auseinanderzusetzen zu können. Dabei kommt es zu einer Sympathikus- und Nebennierenmark-Aktivität, durch welche die Stresshormone Adrenalin und Noradrenalin ausgeschüttet werden [2].

## Chronischer Stress

Bei chronischem Stress führt ein erhöhter Stresshormonspiegel zu Schlafstörungen, einer beeinträchtigten Anpassungs- und Bewältigungsfähigkeit und damit einhergehender erhöhter Reizsensitivität sowie zu verminderter Stressresistenz. Im weiteren Verlauf steigt das Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, für eine Schwächung des Immunsystems und für Entzündungszustände. Entzündungszustände können die Angst- und Stressreaktionen aufrechterhalten und damit neuronale Entzündungen verschlimmern. Da physiologische Stressreaktionen ihrerseits emotionale Stressreaktionen auslösen

können, tragen sie zu chronischem Stress bei und können sich auch auf die mentale Gesundheit auswirken. Als Resultat von Stress sowie Lärmbelastung können schlecht angepasste Bewältigungsstile wie zum Beispiel Rauchen, Alkoholkonsum oder auch eine sitzende Lebensweise gefördert werden [2]. Abbildung 2 zeigt weitere direkte und indirekt Folgen von Lärmauswirkungen und den dadurch entstehenden Belastungen.



Abbildung 2: Übersicht über Auswirkungen von Lärm auf den Menschen [1–5].

## Zusammenfassung und Ausblick

Die ausgeführte Literaturrecherche hat gravierende Beeinträchtigungen durch Umgebungslärm aufgezeigt. Daraus können diverse weitere mögliche Forschungsfelder für die zukünftige Lärmwirkungsforschung abgeleitet werden.

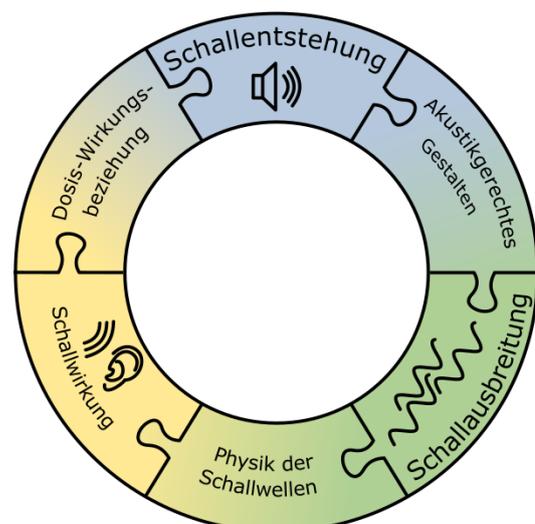


Abbildung 3: Übersicht des Lärmwirkungskreises

Im Bereich der Akustik wäre ein möglicher Ansatz, nicht nur die Schallexposition zu betrachten, sondern auch

den emittierten Schall direkt an der Quelle als Ursache zu beherrschen. Dies kann durch Akustikgerechtes Gestalten erreicht werden, indem eine gewisse akustische Zielvorstellung bereits in frühen Phasen der Produktentwicklung erreicht werden soll. Bei der Schallausbreitung müssen alle physikalischen Effekte berücksichtigt werden, damit der Lärm korrekt prognostiziert werden kann. Insbesondere bei tiefen Frequenzen gelangen heutige Verfahren an ihre Grenzen, so dass neue numerische Verfahren wie z. B. diskontinuierliche Galerkinverfahren notwendig werden. Die Prognose der Schallausbreitung ist die Basis, um Lärmschutzmaßnahmen wie beispielsweise Lärmschutzwände oder -wälle und Lärmschutzfenster zu setzen. Die Lärmschutzgrenzwerte wurden mithilfe von Dosis-Wirkungs-Beziehungen erstellt, mit Hinblick auf die Schallwirkung auf die vom Lärm Betroffenen. Dabei beziehen sich die Dosis auf die Schallexposition und die Wirkung auf die Belästigung und gesundheitliche Beeinträchtigungen durch Lärm. Bisher finden die Akustikgerechte Gestaltung von Schallquellen, die Prognose der Schallausbreitung und die Dosis-Wirkungs-Analyse häufig getrennt statt. Zudem fließen die Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung nicht vollständig in die Gestaltung von technischen Schallquellen ein. Hier kann eine zukünftige Lärmwirkungsforschung mit einem ganzheitlichen Konzept ansetzen. Die Idee ist, Schallentstehung, -ausbreitung und -wirkung als geschlossenen Kreis zu verstehen. Die Erkenntnisse aus der Lärmwirkungsforschung werden so in die Auslegung von technischen Schallquellen einbezogen. Verwendet man beispielsweise die Erkenntnisse aus der Lärmwirkungsforschung für eine psychoakustisch passende Adaptierung des Quellgeräusches, kann man somit auch die Lärmwirkung auf die Betroffenen anpassen. Dieses Konzept nennen wir Lärmwirkungskreis. Es ist in Abbildung 3 dargestellt und bietet auch interdisziplinäre Anknüpfungspunkte für die zukünftige Lärmwirkungsforschung. Weitere Disziplinen, die für die zukünftige Lärmwirkungsforschung interessant sind, sind zum Beispiel im Bereich der Medizin, Psychologie, Sozialwissenschaften, Bionik, Meeresforschung, Biophysik zu finden.

## Literatur

- [1] World Health Organization (2018). Environmental Noise Guidelines for the European Region . Denmark: WHO. ISBN: 978-92-8-905356-3
- [2] Hahad O, Kuntic M, Al-Kindi S, Kuntic I, Gilan D, Petrowski K, Daiber A, Münzel T. Noise and mental health: evidence, mechanisms, and consequences. *J Expo Sci Environ Epidemiol*. 2024 Jan 26. doi: 10.1038/s41370-024-00642-5. Epub ahead of print. PMID: 38279032.
- [3] Hoffmann, B. Noise and Hypertension—a Narrative Review. *Curr Epidemiol Rep* 5, 70–78 (2018). <https://doi.org/10.1007/s40471-018-0141-4>
- [4] Arjunan A, Rajan R. Noise and brain. *Physiol Behav*. 2020 Dec 1;227:113136. doi: 10.1016/j.physbeh.2020.113136. Epub 2020 Aug 14. PMID: 32798569.
- [5] Zaman M, Muslim M, Jehangir A. Environmental noise-induced cardiovascular, metabolic and mental health disorders: a brief review. *Environ Sci Pollut Res Int*. 2022 Nov;29(51):76485-76500. doi: 10.1007/s11356-022-22351-y. Epub 2022 Aug 5. PMID: 35931843.
- [6] Dohmen M, Braat-Eggen E, Kemperman A, Hornikx M. The Effects of Noise on Cognitive Performance and Helplessness in Childhood: A Review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Dec 24;20(1):288. doi: 10.3390/ijerph20010288. PMID: 36612610; PMCID: PMC9819770.
- [7] World Health Organization (2022). Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment. Geneva: WHO.
- [8] Baron, L. (1982). Noise and Degeneration: Theodor Lessing's Crusade for Quiet. *Journal of Contemporary History* , pp. 165–178.
- [9] Bijsterveld, K. (2008). *Mechanical Sound Technology, Culture, and Public Problems of Noise* . Massachusetts Institute of Technology.
- [10] Bulletin, T. (1913). The Anti-Noise Movement is World-Wide. *The Bulletin of the Medical and Chirurgical Faculty of Maryland*, 94.
- [11] European Council (2002, Juli 18). Directive 2002/49/EC of the European Parliament and of the Council. *Official Journal of the European Communities*, p. 1.
- [12] Europäische Kommission (1996). *Future Noise Policy*. Brussels.
- [13] Europäisches Parlament (2000). Directive 2000/14/EG. *European Parliament and the Council of the European Union*.
- [14] Fischer, S. (2019). *Das Akustische Argument*. 8093 Zürich: gta Verlag, ETH Zürich.
- [15] Goodyear, J. (2011, November 25). Viel Lärm um Theodor Lessing. *Angermion*, p. 11.
- [16] Hoffmann, R. (2009). *Überprüfung der Immissionsgrenzwerte für Lärm* . Bern: Eidgenössische Kommission für Lärmbekämpfung EKLB und Bundesamt für Umwelt BAFU.
- [17] Lercher, P. (2019). Von der Evidenzgrundlage zu den neuen WHO-Leitlinien für Umgebungslärm. *Akustik Journal* , pp. 12-21.
- [18] Meloni, T. (2012). *25 Jahre Lärmschutz-Verordnung in der Schweiz* . Darmstadt: Bundesamt für Umwelt BAFU.
- [19] Montano, W. (Dezember 2020). *The First International Anti-Noise Convention/Congresses: 1895-1912*. Noise/News International, S. 14-19.
- [20] Report, R. (2017). *Cardiovascular and metabolic effects of environmental noise*. Netherlands: RIVM.

- [21] RIVM. (2019). Review of evidence relating environmental noise exposure and annoyance, sleep disturbance, cardio-vascular and metabolic health outcomes in the context of ICGB(N). Netherlands: RIVM.
- [22] World Health Organization (2011). Burden of Disease. Bonn: World Health Organization.
- [23] World Health Organization (2019). Safe listening Devices and Systems - A WHO-ITU standard. Switzerland: WHO.
- [24] World Health Organization (2019). Toolkit for safe listening devices and systems. Geneva: WHO, International Telecommunication Union.
- [25] World Health Organization (2022). Compendium of WHO and other UN guidance on health and environment. Geneva: WHO.
- [26] World Health Organization (2022). WHO global standard for safe listening venues and events. WHO.
- [27] World Health Organization (2018). Guidelines for safe listening devices/systems.
- [28] World Health Organization (1999). Guidelines for Community Noise. Geneva.
- [29] World Health Organization (2009). Night Noise Guidelines. Denmark: World Health Organization.
- [30] World Health Organization (2014). Handbook for Guideline Development. WHO Press.