

Dosis-Wirkungsbeziehungen der WHO-Richtlinie kritisch hinterfragt

Hanns Moshhammer^{1,2}, Hans-Peter Hutter¹

¹ Umwelthygiene, ZPH, Med Uni Wien, AT 1090 Wien, hans-peter.hutter@meduniwien.ac.at

² Hygiene, Nukus Medical School, UZ 230100 Nukus, E-Mail: hanns.moshhammer@meduniwien.ac.at

Einleitung

Das Regionalbüro der Weltgesundheitsorganisation für Europa hat 2018 neue Richtlinien für Umweltlärm vorgelegt [1]. Diese Richtlinien beruhen auf ausführlichen Metaanalysen der einschlägigen wissenschaftlichen Forschungsliteratur, die ihrerseits wieder einem Peer Review unterzogen und in wissenschaftlichen Fachzeitschriften publiziert worden sind [2-9]. Die Richtlinien beziehen sich gesondert auf unterschiedliche Lärmquellen und zwar auf Straßen-, Schienen- und Flugverkehrslärm, auf Lärm durch Windräder und auf Freizeitlärm. Die Qualität der wissenschaftlichen Evidenz wurde im Rahmen dieses Prozesses für einzelne Endpunkte ebenso wie für einzelne Studien sehr ausführlich bewertet. Die wissenschaftliche Qualität wird sogar noch einmal überprüft, indem auch Studien analysiert wurden, die den Effekt von Interventionsmaßnahmen untersuchten.

Die neuen Leitlinien zielen darauf ab, Empfehlungen für den Schutz der menschlichen Gesundheit vor Lärm durch wesentliche Umgebungslärmquellen den jeweiligen Entscheidungsträgern zur Verfügung zu stellen. Sie dienen somit den EU-Mitgliedstaaten als politische Orientierungshilfe.

Zur Gewährleistung einer möglichst umfangreichen Anwendbarkeit werden jene Lärmindizes (L_{DEN} und L_{night}) verwendet, welche auch in der EU-Richtlinie zur Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm [10] Anwendung finden (2002/49/EG).

Die Leitlinien beantworten grob gesprochen zwei Hauptfragen:

1. In welchem Expositions-Wirkungs-Zusammenhang stehen die Belastung durch Umgebungslärm und der Anteil an Menschen mit gesundheitlichen Auswirkungen in der durch Umgebungslärm belasteten Bevölkerung?
2. Inwiefern verringern Lärminderungsmaßnahmen die Lärmbelastung und/oder lärmassoziierte gesundheitlichen Auswirkungen in der exponierten Bevölkerung?

Nach dem GRADE-Ansatz (Grading of Recommendations Assessment, Development and Evaluation), einem standardisierten Verfahren zur Vereinheitlichung der Qualitätsstandards von WHO-Leitlinien [11], wurde die Evidenz des Zusammenhangs zwischen Exposition und Wirkung dargestellt.

Wir stellen in diesem Beitrag die Frage, ob bzw. inwieweit diese Leitlinien unmittelbar in der umweltmedizinischen Begutachtung von Lärm angewendet werden können.

WHO Richtlinie im Kontext österreichischer Gutachtenspraxis

Die Leitliniengruppe der WHO hat „zumutbare“ Risiken vorgeschlagen, mit deren Hilfe sie unter Berücksichtigung der wahrscheinlichsten Dosis-Wirkungsbeziehung die jeweiligen Richtwerte ableitet. Diese Zumutbarkeitsgrenzen werden im Einzelnen ausführlich begründet, sind aber letztendlich Gegenstand einer gesellschaftlich-politischen Entscheidung und nicht rein naturwissenschaftlich begründbar. Insbesondere sind dies:

- Für die Inzidenz ischämischer Herzerkrankung: eine Zunahme des Risikos um 5% ($RR=1,05$)
- Für die Inzidenz von Bluthochdruck: eine Zunahme des Risikos um 10% ($RR=1,1$)
- Für den Prozentsatz an stark Belästigten: 10% (absolutes Risiko)
- Für den Prozentsatz stark im Schlaf Gestörter: 3% (absolutes Risiko)
- Lesen und Sprachverständnis: 1 Monat Verzögerung in schulischer Entwicklung

Die österreichische Gesetzgebung unterscheidet u.a. zwischen „Belästigung“ und „Gesundheitsgefährdung“, wobei Betroffene jedenfalls vor letzterem, sowie vor „unzumutbarer“ Belästigung zu schützen sind. Die „Zumutbarkeit“ orientiert sich legislativ dabei nicht am erwarteten Prozentsatz stark Belästigter, sondern vielmehr an der „Ortsüblichkeit“. Dies ist einerseits verständlich, weil das Ausmaß möglicher Belästigung schon auch von der Auffälligkeit einer Störung bestimmt wird und somit davon, wie stark sich das Störgeräusch von den sonstigen („üblichen“, „ortstypischen“) Geräuschen unterscheidet. Allerdings ist dieses Kriterium für die Gutachter schwer genau zu fassen (z.B. Widmungsmaß vs. tatsächlichem akustischen Hintergrund).

Die WHO-Richtlinie kennt diese Unterscheidung zwischen Gesundheitsbeeinträchtigung und Belästigung nicht. Ganz im Sinne der klassischen WHO-Definition von „Gesundheit“ als körperlichem, seelischem und sozialem Wohlbefinden stellt auch Belästigung an sich eine Einschränkung der Gesundheit dar. Selbst wenn man, wie der österreichische Gesetzgeber, Gesundheitsgefahr auf biologische bzw. körperliche Effekte beschränken will, bleibt das Problem, dass die Grenzen fließend sind. Grundsätzlich bestehen ja zwei biologisch-mechanistische Modelle, wie Lärm in umwelttypischen

(nicht das Gehör schädigenden) Pegeln zu nachteiligen biologischen Wirkungen führt: (a) Wiederholte und lange andauernde Störung des Schlafs interferiert mit wichtigen Erholungsvorgängen, und (b) Belästigung führt (ebenfalls langfristig und in Abhängigkeit von individuellen Coping-Strategien) zu Stressreaktionen, welche nachteilig in vegetative Regelkreise wie z.B. die Kreislauf-Regulation eingreifen. Nach dem zweiten Wirkmodell führt also auch „bloße“ Belästigung mit der Zeit zu „echter“ Gesundheitsgefährdung.

Interessanter Weise ist es in der österreichischen Gutachterpraxis eher ein Spezifikum der Lärmbeurteilung, dass so streng zwischen Belästigung und Gesundheitsgefährdung unterschieden wird, und man ersteres nur unter Umständen, letzteres aber in jedem Fall zu unterbinden müssen meint. Bei Luftschadstoffen haben wir uns bereits daran gewöhnt, dass sich keine sichere Schwelle angeben lässt, wo Gesundheitsgefahren mit Sicherheit ausgeschlossen werden können. Wir operieren inzwischen ohne große Probleme mit dem Konzept des „akzeptablen Risikos“.

Dosis-Wirkungsbeziehungen laut WHO-RL

In den Metaanalysen zur Belästigungswirkung wurde zur Abschätzung des Pegel-Wirkungs-Zusammenhangs eine Regressionsanalyse mit einem quadratischen Term durchgeführt [6]. Das ist auf den ersten Blick etwas ungewöhnlich. Unter der plausiblen Annahme, dass in der Bevölkerung die Schwelle individueller Einzelpersonen, ab der sie sich als „stark belästigt“ beschreiben, einer Normalverteilung folgt, wird die Beziehung zwischen dem Schallpegel und der Anzahl von stark Belästigten mathematisch von einer Probit-Verteilung beschrieben. Diese Verteilung entspricht dem Integral der Normalverteilung. Um die numerische Interpretation des Regressionsergebnisses zu erleichtern, wird in der Epidemiologie statt der Probit- häufig die Logit-Verteilung herangezogen, die ersterer ähnlich ist. Beide Transformationen beschreiben eine S-förmige Wirkungsbeziehung die sicherstellt, dass keine unmöglichen Ergebnisse erhalten werden, dass also weder weniger als keine Person „belästigt ist“ (keine negativen Werte) als auch nicht mehr als 100% betroffen sein können. Die Logit-Verteilung wird der logistischen Regression zugrunde gelegt, die üblicherweise zur Untersuchung binärer Outcome-Variablen (belästigt – nicht belästigt) angewandt wird.

Aber üblicherweise werden bei der Erstellung von Metaanalysen keine individuellen Daten verwendet, sondern nur die gepoolten Effektschätzer aus den einzelnen Studien. Daher konnten die Autoren der Metaanalyse keine logistische Regression durchführen, sondern mussten die Dosis-Wirkungsbeziehung durch eine mathematische Umformung nachbilden: Da eine logistische Regression eine deutlich nichtlineare Dosis-Wirkungs-Beziehung liefert, haben sie versucht, diese Form der Beziehung durch ein quadratisches Modell darzustellen. Auch uns stehen nicht die Originaldaten zur Verfügung, aber wir haben versucht, die Ergebnisse der quadratischen Regression in eine hypothetische Verteilung (mit je 100 Betroffenen je 5-dB

Schritt) umzulegen und den Zusammenhang mittels logistischer Regression nachzubilden.

Die Abbildung 1 zeigt, dass sich die Effektschätzer mittels logistischer Regression nur gering von denen der quadratischen Regression unterscheiden. Im Umkehrschluss kann gefolgert werden, dass die quadratische Regression im untersuchten Schallpegelbereich die tatsächliche Beziehung hinreichend gut abbildet. Bei anderen, allerdings in der Praxis nicht relevanten Pegelbereichen, würde das quadratische Modell hingegen völlig unplausible Werte liefern. So ist schon bei den dargestellten Werten zu sehen, dass das quadratische Modell bei 40 dB(A) mehr stark Belästigte erwartet als bei 45 dB(A). Bei noch niedrigeren Pegeln würde die Zahl der Belästigten noch weiter ansteigen.

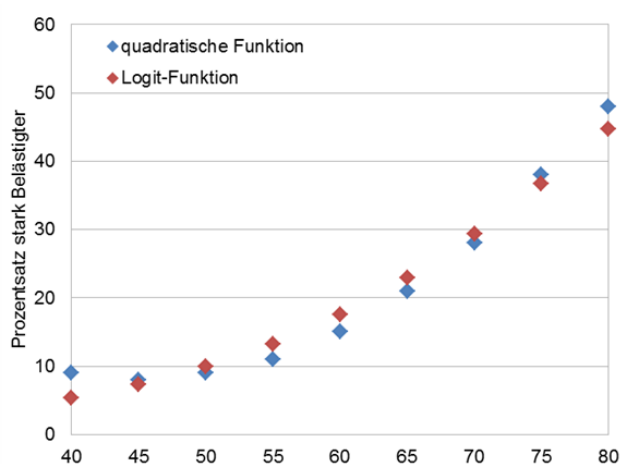


Abbildung 1: Blau: stark Belästigte durch Straßenverkehrslärm laut WHO-Schätzung (quadratische Funktion einer linearen Regression). Rot: Ergebnisse einer logistischen Regression unter Annahme der WHO-Werte. X-Achse: L_{DEN}

Absolute Pegelwerte

Die WHO nimmt auch im Falle der Belästigung einen direkten Zusammenhang zwischen absoluten Pegelwerten (als L_{DEN}) und der Wirkung, dem Prozentsatz stark Belästigter an (siehe Abbildung 1). In der österreichischen Praxis orientiert sich die Beurteilung der Belästigung, wie bereits ausgeführt, am Unterschied des zu beurteilenden Störgeräusches zu den sonstigen örtlichen Geräuschen. Dies kommt dem tatsächlichen Belästigungspotenzial eines Geräusches wahrscheinlich näher und dürfte zumindest einen Teil der großen Variabilität zwischen den Studien erklären, die einen Zusammenhang zwischen Schallpegel und Belästigungswahrscheinlichkeit darstellten. Diese Variabilität ist besonders deutlich bei Geräuschen durch Windkraftanlagen ausgeprägt, wie es die Abbildung 16 in den WHO-Guidelines darstellt. Diese Abbildung stellt die Ergebnisse von zwei Studien gegenüber, einer gepoolten Studie aus Europa [12] und eine japanische Studie [13]. Es ist beachtenswert, dass die japanische Studie große

Unterschiede im Verhältnis von Pegel und Belästigungswahrscheinlichkeit berichtet, je nachdem, ob die Windräder an der Küste stehen, wo immer auch das Meeresrauschen die akustische Situation prägt, oder im Landesinneren.

Andere oder kombinierte Schallquellen

Die WHO-RL hat Lärm bestimmter Quellen (Straßen-, Bahn- und Luftverkehr, Windkraftanlagen und Freizeit) jeweils einzeln und isoliert bezüglich der gesundheitlichen Auswirkungen untersucht und dargestellt. Im wirklichen Leben sind wir immer gegenüber verschiedenen Lärmquellen exponiert und diese Situation trifft auch auf die meisten gutachterlichen Aufgaben zu. Im Zuge von Begutachtungen ist man oft auch konkret mit anderen Lärmquellen, insbesondere gewerblichen bzw. industriellen Ursprungs, konfrontiert. Wie können die Erkenntnisse der WHO auf derartige Fragestellungen umgelegt werden?

Die österreichische Beurteilungspraxis berücksichtigt das unterschiedliche Störpotential von Lärm aus verschiedenen Quellen durch Pegelzuschläge, die seit der ÖAL 3 Blatt 1 aus 2006 bzw. 2008 [14] stark vereinfacht wurden. Für viele Lärmquellen stellt ein genereller Zuschlag von 5 dB eine gangbare Annäherung dar, eine möglicherweise stärkere Lästigkeit zu berücksichtigen. Doch wie die Beispiele Fluglärm und Lärm von Windkraftanlagen zeigen, können manche Lärmarten bereits bei Pegeln zu 10 % stark Belästigten führen, welche um deutlich mehr als 5 dB niedriger sind als die entsprechenden Pegel für Straßen- und Bahnlärm.

Andererseits sind gravierendere Gesundheitsbeeinträchtigungen durch Lärm vor allem auch bei nächtlicher Einwirkung von Lärm zu erwarten. Daher ist es wohl zulässig, bei gewerblichen Lärmquellen, die auf die Tageszeit beschränkt bleiben, etwas großzügiger in der Beurteilung zu sein. Da belastbare Daten zur Lästigkeit und Gefährlichkeit von derart spezifischen Lärmarten selten vorliegen, ist ein genereller Zuschlag von 5 dB somit vertretbar.

Grundsätzlich ist davon auszugehen, dass Lärm verschiedener Quellen in erster Näherung ähnlich wirkt, was Belästigung und Störung der Kreislaufregulation betrifft. Beim Einwirken verschiedener Lärmquellen wird der Summenpegel daher in erster Näherung ähnlich zu bewerten sein wie ein Pegel bei der isolierten Einwirkung einer einzigen Lärmquelle. Es wird daher kritisch zu sehen sein, wenn mehrere Lärmquellen einzeln die vorgegebenen Richt- oder Grenzwerte ausschöpfen und sich damit kumulativ ein höherer Gesamtpegel ergibt.

Dauer der Einwirkung

Belästigung gegenüber einer wahrnehmbaren Einwirkung wie Umweltlärm stellt sich praktisch unmittelbar ein. Eine gewisse Gewöhnung oder auch Sensibilisierung sind zwar im Laufe der Zeit möglich, in aller Regel spielt die Zeitdauer der Belastung keine große Rolle. Der Zusammenhang zwischen Belastung und der Wahrscheinlichkeit einer Belästigung oder starken Belästigung ist daher mit

vergleichsweise geringem Aufwand mittels Querschnittsanalyse messbar.

Ganz anders stellt sich die Situation bei biologischen Gesundheitsauswirkungen dar. Gemäß den Modellen zur Entstehung dieser Schäden nimmt die Entwicklung einer manifesten Erkrankung eine geraume Zeit in Anspruch. Neben der Höhe der Belastung ist daher auch die Dauer der Belastung (in Jahren) in Betracht zu ziehen.

Die Dauer der Belastung ist wichtig für die Planung von Studien. Eine einfache Querschnittsanalyse, welche die Dauer der Belastung ignoriert, indem sie etwa nicht erhebt, wie lange die Befragten an der aktuellen Wohnadresse leben, wird notwendiger Weise fehlerhafte Ergebnisse erhalten. Wie bei anderen Erkrankungen nach chronischer Exposition oder mit einer langen Latenz zwischen Exposition und Erkrankung, bieten sich Kohorten-Studien oder allenfalls Fall-Kontroll-Studien als Design an. Diese Studien sind ungleich aufwendiger als Querschnittsanalysen. Dies dürfte auch ein Grund sein, dass die Datenbasis für „harte“ Gesundheitsendpunkte für die meisten Lärmquellen bisher noch schlechter ist als für die Belästigung.

Die Dauer der Belastung spielt aber auch in vielen gutachterlichen Fragestellungen eine Rolle. Immer wieder ist man auch aufgerufen, zu vorübergehenden, kurzfristigen Lärmbelastungen wie etwa im Zuge einer Baustelle eine Beurteilung abzugeben. Dosis-Wirkungsbeziehungen, wie sie in der WHO-RL etwa für ischämische Herzerkrankungen ohne Bezug zur Expositionsdauer dargestellt werden, sind für diese Beurteilungsaufgabe nicht sonderlich hilfreich. In diesem Fall können auch – nach genauer Fallbetrachtung (!) – im Rahmen der Begutachtung auch etwas höhere Schallpegel tolerieren, wenn die Zeitspanne der Belastung entsprechend kurz ist.

Schlussfolgerung

Die vorliegende WHO-Richtlinie [1] ist die beste und fundierte Zusammenstellung des Standes des Wissens zu Wirkungen von Lärm aus Straßen, Bahn- und Luftverkehr, Windrädern und Freizeitaktivitäten. Ausführliche Literatur-Reviews und Metaanalysen haben klare Hinweise für Dosis-Wirkungsbeziehungen für verschiedene Endpunkte erbracht, die unmittelbar für die gutachterliche Beurteilung relevant sind.

Der Schutz vor Belästigung führt zu den niedrigsten Richtwerten. Das ist an sich nicht überraschend, verlangt aber nach einer gesellschaftlichen Klarstellung, welches Ausmaß an Belästigung als akzeptabel anzusehen ist. Dabei ist der Prozentsatz an stark Belästigten nicht das einzige und vielleicht auch nicht beste Maß für die Zumutbarkeit, zumal die statistischen Modelle, die von absoluten Pegelwerten ausgehen, für die Belästigung nicht sehr konsistent sind. Trotzdem sind die Effektschätzer für die Belästigung relativ robust, weil sie auf der größten Datengrundlage beruhen und weil Belästigungen relativ kurzfristig erhoben werden kann, während sich biologische Gesundheitseffekte erst verzögert einstellen, so dass bei ihrem Studium auch die Expositionsdauer berücksichtigt werden muss.

Die neuen Erkenntnisse, die für die WHO-Richtlinie zusammengetragen wurden, legen insgesamt ein eher strengeres Vorgehen bzw. niedrigere Richtwerte bei der umweltmedizinischen Beurteilung von Lärm nahe.

Literatur

- [1] WHO Europe: Environmental Noise Guidelines for the European Region. WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, 2018. ISBN 978 92 890 5356 3
- [2] Brown AL, van Kamp I: WHO environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review of transport noise interventions and their impacts on health. *Int J Environ Res Public Health* 14 (2017), E873
- [3] Basner M, McGuire S: WHO environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. *Int J Environ Res Public Health*. 15 (2018), E519
- [4] Clark C, Paunovic K: WHO environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and cognition. *Int J Environ Res Public Health*. 15 (2018), E285
- [5] Clark C, Paunovic K: WHO Environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and quality of life, wellbeing and mental health. *Int J Environ Res Public Health*. 15 (2018), E2400
- [6] Guski R, Schreckenber D, Schuemer R: WHO environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and annoyance. *Int J Environ Res Public Health*. 14 (2017), 1539
- [7] Nieuwenhuijsen MJ, Ristovska G, Dadvand P: WHO environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and adverse birth outcomes. *Int J Environ Res Public Health*. 14 (2017), E1252
- [8] Śliwińska-Kowalska M, Zaborowski K: WHO environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and permanent hearing loss and tinnitus. *Int J Environ Res Public Health*. 14 (2017), E1139
- [9] van Kempen E, Casas M, Pershagen G, Foraster M: WHO environmental noise guidelines for the European Region: a systematic review on environmental noise and cardiovascular and metabolic effects: a summary. *Int J Environ Res Public Health*. 15 (2018), E379
- [10] Richtlinie 2002/49/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 25. Juni 2002 über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm - Erklärung der Kommission im Vermittlungsausschuss zur Richtlinie über die Bewertung und Bekämpfung von Umgebungslärm. Amtsblatt Nr. L 189 vom 18/07/2002 S. 0012 – 0026
- [11] World Health Organization (WHO): WHO handbook for guideline development, second edition. Geneva, 2014.
- [12] Janssen SA, Vos H, Eisses AR, Pedersen E: A comparison between exposure–response relationships for wind turbine annoyance and annoyance due to other noise sources. *J Acoust Soc Am*. 130 (2011), 3746–53.
- [13] Kuwano S, Yano T, Kageyama T, Sueoka S, Tachibanae H: Social survey on wind turbine noise in Japan. *Noise Control Eng J*. 62 (2014), 503–20.
- [14] Österreichischer Arbeitsring für Lärmbekämpfung (ÖAL): Beurteilung von Schallimmissionen im Nachbarschaftsbereich. Richtlinie Nr 3 Blatt 1 - Ausgabe 2008 03 01.