



## CharitéCentrum Innere Medizin und Dermatologie CC 12

Ärztliche Centrumsleitung

Direktor der Med. Klinik m.S. Infektiologie und Pneumologie **CCM/CVK**

Prof. Dr. Martin Witzentrath

Charité Schlafmed. Zentrum | Luisenstr. 13 | 10117 Berlin



AKKREDITIERTES SCHLAFMEDIZINISCHES ZENTRUM

**Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum  
der Charité - Universitätsmedizin Berlin**

**Ärztlicher Leiter:**

Prof. Dr. med. Ingo Fietze

**Wissenschaftlicher Leiter:**

Prof. Dr. Thomas Penzel

Tel: +49 30 450513013

Fax: +49 30 450513906

Email: [thomas.penzel@charite.de](mailto:thomas.penzel@charite.de)

Adresse: Charitéplatz 1, 10117 Berlin

Internet: <https://schlafmedizin.charite.de>

Datum: 27. Juli 2022

### **Zweite ergänzende lärmmedizinische Stellungnahme zum Verkehrsflughafen Dortmund Prof. Dr. Thomas Penzel**

**Grundlagen für diese Stellungnahme sind:**

- Lärmmedizinische Stellungnahme (Nachtflug) Flughafen Dortmund, Lärmimmission aus dem Flugverkehr Planfall 2025 von Prof. Dr. K. Scheuch vom 29.11.2010.
- Flughafen Dortmund. Ergänzung der Lärmmedizinischen Stellungnahme von Prof. Scheuch vom 29.11.2010 unter aktuellen wissenschaftlichen Gesichtspunkten von Prof. Dr. Penzel vom 22.10.2015.
- Aktuelle Stellungnahme zu nächtlicher Lärmwirkung bei Änderung der nächtlichen Betriebszeiten am Verkehrsflughafen Dortmund von Prof. Dr. Penzel vom 27. April 2021.

**Anlass:**

Auslöser für diese Stellungnahme sind die Urteile des OVG vom 26.01.2022, mit denen das Gericht die Begründung der Schwelle der Abwägungserheblichkeit in der Nacht mit einem Dauerschallpegel von 45 dB(A) in der Ergänzungsgenehmigung der Bezirksregierung Münster für nicht ausreichend erachtet hat. Ergänzend lässt sich den Urteilen entnehmen, dass das Gericht die Bedeutung eines NAT-Kriteriums im Rahmen der Begründung einer Schwelle für die Abwägungserheblichkeit betrachtet wissen will. Die Flughafen Dortmund GmbH hat das Institut für Schlafmedizin an der Charité in Berlin gebeten, zur Vorbereitung des ergänzenden Verfahrens zur Behebung der von Gericht angenommenen unzureichenden Begründung der Schwelle für die Abwägungserheblichkeit lärmmedizinisch Stellung zu nehmen.

**Ergebnis:**

Es besteht nach wie vor keine lärmmedizinische Notwendigkeit, nächtlichen Fluglärm **unterhalb eines Dauerschallpegels von 45 dB(A) außen** bei der Entscheidung über die Zulassung von Luftverkehr in Dortmund zu berücksichtigen. Aus den Erkenntnissen der aktuellen Lärmwirkungsforschung, insbesondere auch der NORAH Studie kann keine Begründung dafür hergeleitet werden, dass es wissenschaftlich erforderlich wäre, die nächtlichen Fluglärmwirkungen unterhalb eines Dauerschallpegels von 45 dB(A) außen zu erfassen. Die Erkenntnisse der aktuellen

CHARITÉ - UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN

Gliedkörperschaft der Freien Universität Berlin und der Humboldt-Universität zu Berlin

Charitéplatz 1 | 10117 Berlin | Telefon +49 30 450-50 | [www.charite.de](http://www.charite.de)

Lärmwirkungsforschung wurden in einem Übersichtsaufsatz Penzel, Krämer, Höger, Zimmermann, Wichmann „Aktueller Wissensstand zu Fluglärm und Gesundheit einschließlich WHO-Reviews und neuer Literatur bis Ende 2018“ in der Zeitschrift Umweltmedizin – Hygiene- Arbeitsmedizin 2019 Band 24 Heft 4, Seite 187-218 (Anlage 1) festgehalten. Dieser wissenschaftlichen Veröffentlichung lassen sich folgende Kernaussagen entnehmen:

- Zitat aus der Zusammenfassung: Es liegen „statistisch abgesicherte Zusammenhänge zwischen Fluglärmbelastungen und Wirkungen (1) auf Selbstangaben zur empfundenen Belästigung (2) auf das Herz-Kreislaufsystem (ischämische Herzkrankheit und Hypertonie), (3) auf den Schlaf (Aufwachreaktionen, Schlafqualität) sowie (4) auf die Lesefähigkeit von Kindern“ vor. „Die Evidenzbeurteilungen der WHO-Reviews zu den jeweiligen Wirkungsbereichen erfolgten unterschiedlich streng.“
- Zitat aus der Schlussfolgerung: Für die „genannten Wirkungen (1) bis (4) liegen Expositions-Wirkungsbeziehungen vor, die bevölkerungsbezogene Risikoabschätzungen möglich machen.“
- Zitat aus der Schlussfolgerung: „Für Auswirkungen auf andere Organsysteme und Krankheitsbilder bestehen teilweise Hinweise, diese sind aber derzeit nicht ausreichend belegt.“
- Zitat aus dem Ergebnis der systematischen Literaturrecherche Seite 191: „10% hochbelästigte Personen werden von der WHO (WHO 2018) als Benchmark-Niveau angesehen. Nach obiger Gleichung wird dies bei etwa 45 dB erreicht.“ Dies bezieht sich auf eine quadratische Gleichung zur Abschätzung des Anteils stark belästigter Personen bei Fluglärmpegeln zwischen 40 und 75 dB.
- Zitat aus der Gesamtbewertung zu Herz-Kreislauf Erkrankungen Seite 197: „In der Summe aller bewerteten Studien kann festgehalten werden, dass Lärm und insbesondere Fluglärm bei höheren Lärmpegeln (ab 60 dB 24 h Dauerschallpegel) eine Belastung des Herz-Kreislauf-Systems darstellen kann.“
- Zitat aus der Gesamtbewertung zu Schlafstörungen Seite 204: „Insgesamt zeigte sich ein Zusammenhang zwischen dem Anstieg des Fluglärmpegels und der Häufigkeit der selbstberichteten Schlafstörungen bzw. des nächtlichen Erwachens, insofern dieses polysomnographisch erhoben wurde, wobei die Stärke dieser Zusammenhänge variiert. ... Es wurde ein Richtwert von 40 dB [von der WHO] festgelegt, bei dem allerdings schon 11% stark schlafgestört sind, das Benchmark-Niveau von 3% wurde also auch bei diesem Wert nicht erreicht. ... Grundsätzlich gilt für Schlafstörungen dasselbe, wie es auch schon für die Belästigungsreaktion formuliert wurde: das absolute Ausmaß von Schlafstörungen anhand einfacher Formeln alleine aus der Lärmbelastung abschätzen zu wollen, erscheint uns in Unkenntnis der bedeutenden nicht akustischen Faktoren kaum möglich zu sein.“

Eine Ergänzung des Dauerschallpegels als Kriterium für die Bestimmung der Schwelle der Abwägungserheblichkeit durch einen NAT-Wert ist – jedenfalls in einer Situation wie in Dortmund – nicht erforderlich. Das NAT-Kriterium von sechs Ereignissen eines bestimmten Pegels definiert lärmmedizinisch **eine zusätzliche Aufwachreaktion**. Eine Absenkung des Pegelwerts bei gleichzeitiger Erhöhung der Anzahl der Ereignisse ist – ungeachtet einer wissenschaftlichen Absicherung – dann ohne Bedeutung, wenn diese erhöhte Anzahl – wie in Dortmund – wegen eines Kontingents gar nicht erreicht werden kann. In Leipzig wurde auf der Grundlage der Vorschläge des DLR die zusätzliche fluglärmbedingte Aufweckreaktion an einen Pegel von 65 dB(A) am Ohr des Schläfers geknüpft. Diese Schwelle liegt nach den Feststellungen des lärmtechnischen Gutachtens innerhalb der Dauerschallpegelkontur von 45 dB(A); löst also keine weitere Betroffenheit aus. Das Gleiche gilt für die Kombinationen 4 x 72 dB(A), 4 x 67 dB(A) und 4 x 65 dB(A) (jeweils innen). Dabei ist zu berücksichtigen, dass das Kriterium 1 x 65 dB(A) vor der Änderung von § 2 Abs. 2 Satz 2 FluLärmG vorsorglich gerade auch im Hinblick auf den in der zugrundeliegenden Genehmigung zugelassenen umfangreichen nächtlichen Flugverkehr insbesondere auch in der Kernnacht und der damit verbundenen Belastungen gewählt worden ist.

### **NAT-Kriterium:**

Das NAT Kriterium für Maximalpegel in der Nacht wurde im Fluglärmschutzgesetz eingeführt, um die Bedeutung nächtlicher Maximalpegel hervorzuheben. Einzelne Lärmereignisse können störend und belastend wirken. Daher wurde das NAT-Kriterium zusätzlich zu dem äquivalenten Dauerschallpegel eingeführt, um dem einzelnen Lärmereignis im Hinblick auf den Schutz vor einer zusätzlichen erinnerbaren Aufwachreaktion eigenständige Bedeutung zu geben. Einzelne Lärmereignisse wirken sich nur in geringem Umfang auf den gemittelten Pegel aus und erfordern daher eine gesonderte Behandlung.

Aufwachreaktionen lassen sich daher vor allem mit einem Häufigkeits-Maximalpegel-Kriterium bestimmen, weniger mit einem äquivalenten Dauerschallpegel. Für die Bestimmung der Nachtschutzzone und die Grenze der erheblichen Belästigung (also ein Bereich, in dem die Belastung nicht mehr ohne Schutzmaßnahmen von den Betroffenen hinzunehmen ist), wird das Kriterium von nicht mehr als 6-mal einen Maximalpegel  $L_{Amax}$  der Wert von 57 dB(A) für Bestandsflughäfen und von 53 dB(A) für wesentliche erweiterte/neue Flughäfen im Fluglärmschutzgesetz festgelegt. Dieses Kriterium bildet – auch unter lärmmedizinischen Gesichtspunkten – den Eintritt einer zusätzlichen fluglärmbedingte Aufwachreaktion ab.

Dieses Kriterium ist das Ergebnis einer intensiven Auseinandersetzung mit der lärmmedizinischen Wirkungsforschung, die vor dem 7.06.2007 insbesondere durch die Ergebnisse der sogenannten Fluglärmsynopse, die auch gerichtlich mehrfach Anerkennung gefunden hat, bestätigt wird.

Die Fluglärmsynopse nannte für das Schutzziel „Vermeidung von Schlafstörungen“

- den „kritischen Toleranzwert“ mit den Kriterien  $L_{Amax}$  6 x 60 dB(A) und  $L_{Aeq}$  Nacht von 40 dB(A) jeweils innen als Grenze zur erheblichen Belästigung
- den „präventiven Richtwert“ mit den Kriterien  $L_{Amax}$  13 x 53 dB(A) und  $L_{Aeq}$  Nacht von 35dB(A) jeweils innen als Vorsorgewert und
- den „Schwellenwert“ mit den Kriterien  $L_{Amax}$  23 x 40 dB(A) und  $L_{Aeq}$  Nacht von 30 dB(A) jeweils innen.

Das Häufigkeits-Maximalpegel-Kriterium (oder auch NAT-Kriterium) gibt dabei den Wert für eine zusätzliche Aufwachreaktion an. Dabei bestimmt der Schwellenwert die Schwelle zur (einfachen) Belästigung durch Schlafstörungen durch Aufwachreaktionen. Die maßgeblichen Zusammenhänge sind bereits in der Lärmmedizinischen Stellungnahme vom 29.11.2010 enthalten (LMS). Die Aktualität der LMS habe ich bereits in meinen Stellungnahmen vom 22.10.2015 und vom 27.04.2021 bestätigt. Diese Aussagen treffen weiterhin zu. Auch nach der LMS ist das Häufigkeits-Maximalpegel-Kriterium für die Bestimmung der Aufwachreaktionen maßgeblich (S. 16). Zweck des Häufigkeits-Maximalpegel-Kriteriums ist die Vermeidung einer zusätzlichen Aufwachreaktion, also die Frage, wieviel Ereignisse mit welcher Lautstärke eine solche zusätzliche Aufwachreaktion zur Folge haben. Der „kritische Toleranzwert“ beschreibt das Maß an Belästigung, das durch eine zusätzliche (fluglärmbedingte) Aufwachreaktion in der Nacht gekennzeichnet ist. Eine Aufwachreaktion ist in der Regel dadurch gekennzeichnet, dass von einem der Schlafstadien S1 (Leichtschlaf) bis S4 (Tiefschlaf) oder Traumschlaf in das Wachstadium gewechselt wird. Statistisch treten zwischen neun und 33 solcher (natürlicher) Aufwachreaktionen lärmunabhängig je Nacht auf (S. 14). Mögliche Gesundheits- und Leistungsbeeinträchtigungen (und damit auch Befindensstörungen durch schallbedingte Lärmeinflüsse können über diese Aufwachreaktionen erfolgen (S. 12). Relevanz hat die Aufwachreaktion insbesondere, wenn sie zu einem mindestens drei- bis vierminütigen Aktivierungszustand führt (S. 12). Aber auch physiologische Aufwachreaktionen an Hand von EEG-Veränderungen mit etwa 15 Sekunden Dauer können bei gehäuftem Auftreten Effekte am Folgetag haben; allerdings fehlen hierfür abschließende wissenschaftliche Belege (S. 13). Nach § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 FluLärmG ist das bei sechs Ereignissen mit einem Pegel von 57 dB(A) innen im Durchschnitt der Nacht der sechs verkehrsreichsten Monate der Fall. Für Werte des Fluglärmschutzgesetzes wurden neben der Fluglärmsynopse alle bekannten Berichte zur Lärmwirkungsforschung eingebunden. Die Werte wurden 2018 überprüft und blieben unverändert.

	<b>Synopse</b>	<b>Bestandsflughafen</b>	<b>Neuer Flughafen</b>
<b>NAT-Kriterium</b>	6 x 60 dB(A) innen	6 x 57 dB(A) innen	6 x 53 dB(A) innen
<b>Dauerschallpegel</b>	40 dB(A) innen	40 dB(A) innen	35 dB(A) innen

Das Fluglärmschutzgesetz hat die Werte also gegenüber der Synopse geringfügig im Interesse der Betroffenen abgesenkt. Grundlage der Richtwerte der Synopse ist ein Modell, das die Beziehungen zwischen der Häufigkeit von Maximalpegeln und tolerablen Cortisolveränderungen ableitet (S. 13, S. 16). Nach dem Modell der Cortisolzunahme führen 6 x 70 dB(A) innen oder 11 x 55 dB(A) innen zu einer physiologischen Aufwachreaktion. Nach den der lärmmedizinischen Bewertung am Verkehrsflughafen Leipzig/Halle zugrunde liegenden DLR-Studien führen 2,6 x 70 dB(A) innen im Labor bzw. 11,3 x 70 dB(A) im Schlafzimmer zu einem zusätzlichen EEG-Aufwachen (S. 15/16). Das entspräche unter Zugrundelegung der Dämmwirkung eines gekippten Fensters Pegeln von 70 bzw. 85 dB(A) außen. Gleichzeitig wird deutlich, dass die Anzahl von sechs Ereignissen mit 53 dB(A) konservativ ist, da die experimentell gefundene (erforderliche) Anzahl von Einzelereignissen für ein zusätzliches Aufwachen in einer Nacht deutlich darüber liegt (S. 15).

Jedes nächtliche Einzelereignis führt mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit zum Aufwachen. Je höher der Maximalpegel des Ereignisses ist umso höher ist die Aufwachwahrscheinlichkeit. Die Aufwachschwelle hängt zusätzlich noch vom Schlafstadium ab. Aus dem Leichtschlaf heraus aufzuwachen ist wahrscheinlicher als aus dem Tiefschlaf heraus. Die Aufwachschwelle verändert sich also im Lauf der Nacht und ist zudem von Person zu Person unterschiedlich. Daher werden summarisch nur Wahrscheinlichkeiten angegeben. Wir sprechen von einem Aufwachereignis, wenn man bewusst das Wachsein erlebt, ansprechbar ist und das Ereignis protokollieren kann.

Unterhalb der so bestimmten Aufwachschwelle und unabhängig von hormonellen Veränderungen sind vegetative Reaktionen zu verzeichnen, die die Schlafstruktur stören und beim Betroffenen Beeinträchtigungen hervorrufen können. So können Blutdruckerhöhungen und erhöhte Blutfette als Parameter für vegetative Stressreaktionen gewertet werden. Daraus folgt aber nicht, dass sie langfristig bei der Entstehung von Herzkrankheiten in einem relevanten Maße mitwirken. Es können lärmbedingte vegetative Aktivierungen insbesondere das Risiko der Hypertonie und der damit verbundenen Erkrankungen des Gefäßsystems erhöhen (siehe Anlage 1). Zwingende kausale Zusammenhänge mit Einzelschallereignissen konnten aber bislang in der Lärmwirkungsforschung nicht festgestellt werden. Vielmehr steht fest, dass erst bei sehr hohen Dauerschallbelastungen der Organismus mit einer dauerhaften Blutdruckanhebung oder mit ischämischen Herzkrankheiten reagiert. Insoweit kommt dem Dauerschallpegel als Kriterium für die lärmmedizinischen Folgen von Lärmbelastungen (anders als bei Aufwachreaktion) eine größere Bedeutung als dem NAT-Kriterium zu.

Dies gilt auch für die Geringfügigkeitsschwelle, die gerade nicht durch das Fluglärmgesetz geregelt worden ist. Die Werte der Fluglärmsynopse sehen hier die Kombination des NAT-Kriteriums von 23 x 40 dB(A) und eines Dauerschallpegels von 30 dB(A) innen vor. In der lärmmedizinischen Stellungnahme von Prof. Dr. Scheuch, die den Antragsunterlagen für die Änderung der Genehmigung beiliegt, werden diese Zusammenhänge bestätigt. Insbesondere wird festgehalten, dass der Häufigkeitswert des NAT-Kriteriums weder für den kritischen Toleranzwert, noch für den präventiven Richtwert und schon gar nicht für den Schwellenwert erreicht wird. Schon für den ursprünglichen Antrag mit 10,1 Nachtflugbewegungen in Dortmund wurde lärmmedizinisch festgestellt, dass es sich um eine „verhältnismäßig geringe Anzahl von nächtlichen Flugbewegungen“ handeln würde (S. 27). Nach den Änderungen der Ergänzungsgenehmigung ist im Übrigen nur noch mit 4,4 Flugbewegungen im Durchschnitt der Nacht der sechs verkehrsreichsten Monate zu rechnen (Genehmigung vom 01.08.2018, S. 53; Lärmtechnisches Gutachten vom 16. Dezember 2016, S. 26). Aufgrund der mit der Genehmigung vom 01.08.2018 vorgesehenen Kontingentierung ist es ausgeschlossen, dass die Häufigkeitswerte der NAT-Kriterien für den kritischen Toleranzwert, den präventiven Richtwert und den Schwellenwert auch nur annähernd erreicht werden. Damit sind aber grundsätzlich vorhabenbedingte zusätzliche Aufwachreaktionen nicht zu erwarten. Die von dem Büro ADU cologne berechneten Isophonen von je einmal 85 dB(A) und 80 dB(A) sowie je viermal 72 dB(A), 67 dB(A) und 65 dB(A) außen, liegen alle innerhalb der 45 dB(A)-Isophone. Das zeigt, dass die Lärmbetroffenheit

auch mit Blick auf Einzelschallereignisse durch den äquivalenten Dauerschallpegel ausreichend abgebildet wird. Die Betrachtung der Immissionsorte im Lärmtechnischen Gutachten vom 16.12.2016, S. 25/26 bestätigt, dass relevante Häufigkeiten von hohen Einzelpegeln an den Immissionsorten, die außerhalb der 45 dB(A)-Isophone liegen, nicht auftreten. Von den betrachteten Immissionsorten liegen fünfzehn außerhalb der 45 dB(A)-Isophone. An keinem dieser Grundstücke werden zwei oder mehr Maximalpegel von 72 dB(A) außen [= 57 dB(A) innen] im Durchschnitt der Nächte der sechs verkehrsreichsten Monate erreicht. Die vom Büro ADU cologne nun ergänzend berechnete Isophone von zweimal 72 dB(A) bestätigt das. Eine kleinräumige Erweiterung gegenüber der 45 dB(A)-Isophone erfolgt in den östlichen der Siedlungsflächen von Unna. In der weiter östlich an die Siedlungsfläche von Unna anschließenden Fläche können keine Betroffenheiten entstehen. Damit steht fest, dass ein NAT-Kriterium für die Bestimmung des Schwellenwerts (Geringfügigkeitsschwelle) in Dortmund keine Bedeutung zukommen kann, sondern die Wahl eines geeigneten Dauerschallpegels maßgeblich ist.

#### **45 oder 40 dB(A) Dauerschall-Kriterium**

Während die WHO früher von einem relevanten nächtlichen Mittelungspegel ( $L_{\text{night}}$ ) von 45 dB(A) ausging, hat sie diesen, wie auch in den Verfahren vorgetragen, derzeit auf 40 dB(A) gesenkt. In der Lärmmedizinischen Gutachten vom 29.11.2010 ist ausführlich begründet, dass diese Absenkung nicht gerechtfertigt ist. Die LMS setzt sich umfassend mit der Frage auseinander, ob aufgrund der WHO-Night Noise Guidelines 2009 eine Absenkung des  $L_{\text{night}}$  von 45 dB(A) auf 40 dB(A) außen angezeigt ist (S. 18 bis 23). Sie zeigt auf, dass die bei einem  $L_{\text{night}}$  von 40 dB(A) außen der innen zu erwartenden Dauerschallpegel von 25 dB(A) bei einem gekippten und von 19 dB(A) bei einem geschlossenen einfach verglasten Fenster nicht zielführend sind, da in Schlafräumen Werte von 30 bis 34 dB(A) nicht ungewöhnlich sind (S. 20). Sie legt dar, dass der  $L_{\text{night}}$  von 40 dB(A) aufgrund der von den WHO-Night Noise Guidelines 2009 ausgewerteten Studien nicht nachzuvollziehen ist und dass bei einem  $L_{\text{night}}$  von 45 dB(A) außen kaum ein zusätzliches Aufwachen im Jahr ermittelt wurde (S. 21). Der WHO-Wert von 40 dB(A) geht definitionsgemäß mit dem Ziel eines „vollständigen psychischen und physischen Wohlbefindens“ einher und ist daher nicht geeignet, zusätzliche Kriterien für einen vorhabenbezogenen Schwellenwert in Zulassungsverfahren zu geben (S. 23). Insoweit sei ausgehend von einem Innenpegel im Schlafzimmer von 35 dB(A) unter Annahme der Dämmwirkung eines gekippten Fensters ein Außenpegel von 50 dB(A) sachgerecht. Bei 45 dB(A) würden selbst bei subjektiver Einschätzung der Betroffenen unter 5% stark Gestörte festgestellt, bei 55 dB(A) wären es 4 % bis 10 % (S. 21).

Ergänzend ist festzuhalten, dass gerade in Dortmund entsprechende Belastungen nur in der ersten Nachtscheibe auftreten, konkret bis 23.30 Uhr. Aufgrund der Änderung der Genehmigung am 01.08.2018 ist die Belastung durch die Kontingentierung noch einmal reduziert und verbindlich beschränkt worden. In diesem Zusammenhang ist auch zu beachten, dass die DIN 4109-1 Ziff. 7 (Schallschutz im Hochbau) für sogenannte schutzbedürftige Räume einen Schalldruckpegel von maximal 35 dB(A) im Innenraum festlegt, was bei einem gekippten Fenster einem Außenpegel von 50 dB(A) würde. Das Beiblatt 1 zur DIN 18 005-1 führt unter Nr. 1.1 (Orientierungs-, nicht Grenzwerte) aus, dass bei Beurteilungspegeln (außen) über 45 dB(A) ein ungestörter Schlaf häufig (also nicht regelmäßig) nicht mehr möglich sei. Die Wahl der 45 dB(A)-Linie zur Abschätzung der Lärmbetroffenheit (unterhalb der fachplanerischen Zumutbarkeitsschwelle) ist daher vom Beklagten sachgerecht bestimmt worden.

Bei den lärmmedizinischen Bewertungen 2010, 2015 und 2021 wurden die aktuellen Zahlen, die für die Grenzwerte herangezogen wurden, jeweils erneut diskutiert. Die Empfehlungen der WHO zur Lärmbelastung geben für den Fluglärm Werte an, die nach Möglichkeit eingehalten werden sollen (vgl. dazu den nachfolgend in Abb. 1 wiedergegebenen Auszug aus den zusammenfassenden Empfehlungen). Für den  $L_{\text{den}}$ , also die mittlere Lärmexposition für Tag und Nacht wird 45 dB(A) angegeben, da für höhere Werte eine Beeinträchtigung der Gesundheit angenommen werden kann. Für den Nachtzeitraum  $L_{\text{Nacht}}$  wird eine mittlere Lärmexposition von 40 dB(A) angegeben. Es wird von der WHO empfohlen Maßnahmen zu ergreifen, um unter diesen Werten zu bleiben. Die WHO sieht kein NAT Kriterium vor. Die WHO bleibt mit ihren Empfehlungen bei mittleren Lärmexpositionspegeln.



Recommendation	Strength
For average noise exposure, the GDG strongly recommends reducing noise levels produced by aircraft below <b>45 dB <math>L_{den}</math></b> , as aircraft noise above this level is associated with adverse health effects.	Strong
For night noise exposure, the GDG strongly recommends reducing noise levels produced by aircraft during night time below <b>40 dB <math>L_{night}</math></b> , as night-time aircraft noise above this level is associated with adverse effects on sleep.	Strong
To reduce health effects, the GDG strongly recommends that policy-makers implement suitable measures to reduce noise exposure from aircraft in the population exposed to levels above the guideline values for average and night noise exposure. For specific interventions the GDG recommends implementing suitable changes in infrastructure.	Strong

Abbildung 1: Ausschnitt aus den WHO Empfehlungen zum Umweltlärm von 2018 aus der Seite XIV (WHO Environmental Noise Guidelines for the European Region 2018).

Diese neuen Empfehlungen der WHO basieren auf einer Literaturschau, die außer den direkt messbaren Gesundheitseffekten wie Blutdruck, die Häufigkeit von Erkrankungen oder Krankenhauseinweisungen, auch die Belästigung erfasst haben. In den letzten Jahren wurden zahlreiche weitere Studien zur Lärmwirkung durchgeführt. Im Wesentlichen wurden die Ergebnisse früherer Studien bezüglich der gesundheitlichen Belastung in Bezug auf Bluthochdruck, Herz-Kreislauf-Erkrankungen und Schlafstörungen bestätigt. Geändert hat sich die berichtete Belästigung und hohe Belästigung (highly annoyed) durch Lärmexposition. Die berichtete Belästigung durch Lärmexposition hat gemäß den Studien bei den befragten Studienteilnehmern zugenommen. Allerdings ist die Teilnahme von Personen an Lärmwirkungsstudien nach wie vor niedrig. Entsprechend bestehen begründete Zweifel an der Repräsentativität der Ergebnisse bezogen auf die Meinung aller Personen in den belasteten Gebieten wiederzugeben. In der NORAH Studie wurde eine Studienbeteiligung von 7% der betroffenen Bevölkerung genannt.

Zu den Angaben zur hohen Belästigung wird nachfolgend eine Tabelle aus dem Artikel Penzel, Krämer, Höger, Zimmermann, Wichmann „Aktueller Wissensstand zu Fluglärm und Gesundheit einschließlich WHO-Reviews und neuer Literatur bis Ende 2018“ in der Zeitschrift Umweltmedizin – Hygiene-Arbeitsmedizin 2019 Band 24 Heft 4, Seite 187-218 wiedergegeben (Anlage 1).

Zitat von Seite 193 der Anlage 1: *Tabelle 2: Prozentanteil von Personen, die bei bestimmten 24-Stunden-Mittelpegeln (außen) von Verkehrsgereuschen hoch belästigt sind; Modellrechnungen nach EU Kurve 2001 und nach WHO Review von 2017 im Vergleich zu den Modellergebnissen von NORAH*

		50 dB(A)	55 dB(A)	60 dB(A)
Luft	EU Kurve 2001*	8%	15%	23%
	WHO 2017 Guski	18%	27%	36%
	Frankfurt FRA 2011**	55%	76%	89%
	Berlin BER 2012**	41%	60%	75%
	Köln CGN 2013**	50%	66%	79%
	Stuttgart STR 2013**	43%	70%	89%
Straße	EU Kurve 2001*	5%	9%	14%
	Rhein-Main 2012**	9%	12%	18%
Schiene	EU Kurve 2001*	3%	6%	10%
	Rhein-Main 2012**	6%	10%	16%

*\*In der EU Kurve 2001 sind Werte für Tagesmittel aus Miedema (2001) berechnet, unter Berücksichtigung folgender Umrechnung zwischen  $L_{den}$  und Tagesmittel: bei Luft und Straße liegt der  $L_{den}$  um 3,3 dB(A) über dem Tagesmittel, bei Schiene um 6,8 dB(A) darüber (Berechnung aus tagesspezifischen Mitteln in Frankfurt)*

*\*\*Werte aus den veröffentlichten Modellkurven entnommen.*

Hierbei zeigen die Expositions-Wirkungs-Beziehungen aus NORAH höhere Belästigungen bei gleichen Pegeln als von der EU Kurve vorausgesagt und sogar noch höhere als von Guski et al 2017 prognostiziert. Der Unterschied zur EU Kurve ist beim Luftverkehr besonders stark ausgeprägt. 10% hochbelästigte Personen, das Benchmarkniveau der WHO, sind nach der Frankfurter Modellkurve von 2011 bereits bei  $L_{den}$  Werten von 37 dB(A) erreicht.

Der oben angeführten Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass die hohen Belästigungen für 24-Stunden-Mittelpegel von 50 dB(A), 55 dB(A) und 60 dB(A) außen ermittelt wurden. In diesen Studien wurde also nicht die Belastung am Ohr ermittelt, sondern es wurde aufgrund von Modellen Isophone berechnet und innerhalb dieser nach Belästigung gefragt. Es ist auch zu beachten, dass die Teilnahme der Personen an diesen Befragungen häufig geringer als 10% ist und daher die Repräsentativität der Befragung nicht gegeben sein muss. Eher nehmen an den Befragungen die Personen teil, die sich auch belästigt fühlen. Aus der Tabelle ist weiterhin zu entnehmen, dass die Belästigung bei gleichem Mittelwert und gleicher Region über die Jahre hinweg zunimmt. D.h. bei gleicher physikalischer Lärmexposition und gleicher Region fühlen sich in einem späteren Jahr mehr Menschen hoch belästigt als zuvor. Ob nun die Empfindlichkeit gegenüber Lärm zugenommen hat oder ob sich die Beteiligung an der Befragung geändert hat, lässt sich aber nicht klären.

Zur Wirkung auf Aufwachwahrscheinlichkeiten wird hier aus dem Artikel Penzel, Krämer, Höger, Zimmermann, Wichmann „Aktueller Wissensstand zu Fluglärm und Gesundheit einschließlich WHO-Reviews und neuer Literatur bis Ende 2018“ in der Zeitschrift Umweltmedizin – Hygiene-Arbeitsmedizin 2019 Band 24 Heft 4, Seite 187-218 (Anlage 1) wiedergegeben.

Die Aufwachwahrscheinlichkeit steigt in Frankfurt um 25% pro 10 dB(A). Allerdings liegt die Kurve in Frankfurt deutlich unter der in Köln/Bonn beobachteten. Absolute Aufwachwahrscheinlichkeiten hängen offensichtlich von weiteren Faktoren ab, die sich an den Flughäfen unterscheiden, aber bisher nicht verstanden sind.

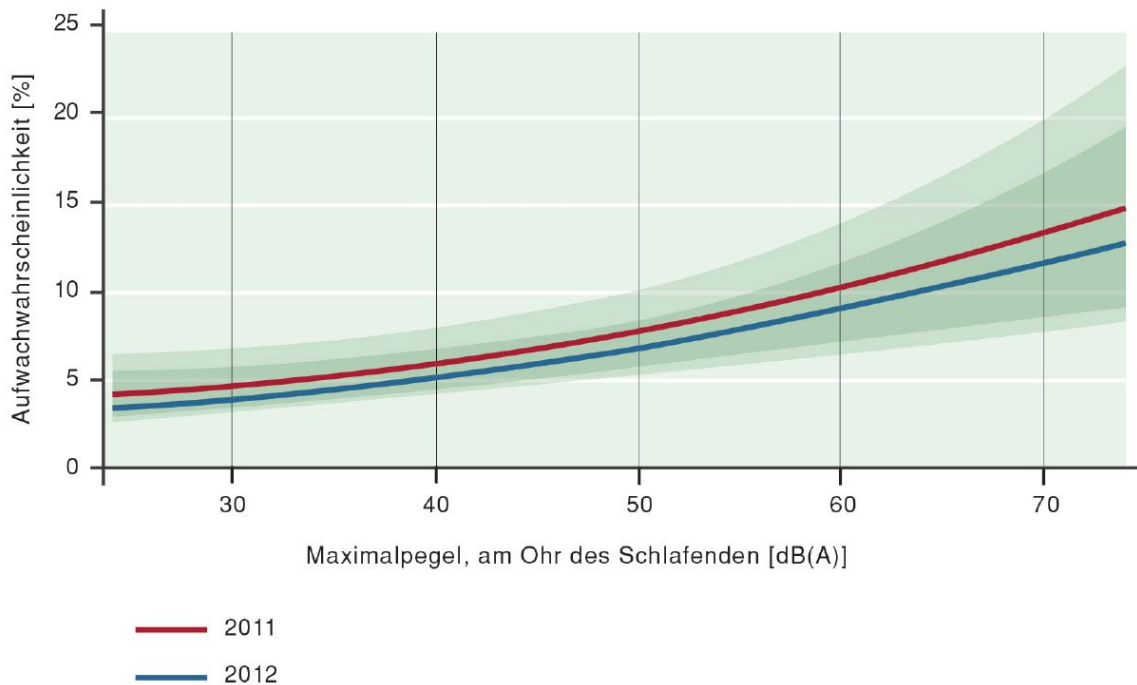


Abb. 8: Zusammenhang zwischen nächtlichem Fluglärm angegeben als Maximalpegel am Ohr des Schlafenden und der relativen Aufwachwahrscheinlichkeit am Flughafen Frankfurt.  
(Aus Penzel, 2017 nach Müller 2015)

Das Aufwachen lässt sich gut aus einer Schlafuntersuchung ermitteln. Eine Schlafuntersuchung kann heutzutage auch zu Hause im Bett der betroffenen Personen durchgeführt werden. Moderne Messtechnik erlaubt diese Quantifizierung.

Es ist aus der stetigen Kurve in der obigen Abbildung 8 ersichtlich, dass es keinen eindeutigen Grenzwert gibt unterhalb dessen es eine Aufwachwahrscheinlichkeit von Null Prozent gibt. Auch bei 30 dB(A) gibt es noch eine Aufwachwahrscheinlichkeit von 5%. Es gibt eine Variation der Aufwachwahrscheinlichkeit von Schlafstadium zu Schlafstadium und von Person zu Person. Deshalb wird statistisch ein Mittelwert berechnet. Der Mittelwert für 2011 ist die rote Kurve und der Mittelwert für 2012 ist die blaue Kurve. Die Kurven unterscheiden sich für die zwei aufeinanderfolgenden Jahre geringfügig. Zwischen 2011 und 2012 wurde am Flughafen Frankfurt eine Kernruhezeit von 23 bis 5 Uhr eingeführt. Bei gleicher Lärmbelastung ergab sich dennoch eine geringere Aufwachwahrscheinlichkeit. Um die individuelle Variation der Aufwachwahrscheinlichkeit zu berücksichtigen, benutzt die Statistik sogenannten „Vertrauensbereiche“. Im Vertrauensbereich um die Mittelwertkurve herum befinden sich 95% der untersuchten Personen. Diese Vertrauensbereiche werden rechnerisch ermittelt. Damit versucht man die Variation der Aufwachwahrscheinlichkeit von Person zu Person mit zu erfassen. Der hellere Bereich zeigt die rechnerisch ermittelten Vertrauensbereiche. Der dunklere Bereich zeigt die Überlappung der Vertrauensbereiche beider (der roten und der blauen) Mittelwertkurven. Man sieht einerseits bei lauterem Maximalpegeln eine viel höhere Variationsbreite in der Aufwachwahrscheinlichkeit. Man erkennt weiterhin, dass keine direkte Vorhersage für das Aufwachen einer einzelnen Person möglich ist. Es handelt sich um Modellrechnungen und um Aufwachwahrscheinlichkeiten. Dies trägt der individuellen Verärgerung über ein Aufwachen bei einem einzelnen Überflugeignis natürlich nicht Rechnung.



Zu beachten ist bei der Interpretation der dargestellten Ergebnisse aus der NORAH Studie, dass hier die Pegel am Ohr des Schlafenden gemessen wurden, also jenseits von Schallschutzmaßnahmen. Die Festlegung eines Grenzwertes lässt sich aus diesen wissenschaftlichen Daten nicht begründen, da es eine stetige Zunahme der Aufwachwahrscheinlichkeit gibt. Lärmmedizinisch ist daher eine Geringfügigkeitsschwelle von 40 dB(A) genauso vertretbar wie eine Geringfügigkeitsschwelle von 45 dB(A), bei der eine etwa 2% höherer Aufwachwahrscheinlichkeit möglich ist. Als Nebenbemerkung ist zu beachten, dass die WHO in ihren Empfehlungen vorschlägt, dass eine Aufwachwahrscheinlichkeit ab 3% von Bedeutung ist. Die Kurven zeigen, dass selbst bei 30 dB(A) die Aufwachwahrscheinlichkeit über 3% liegt. Diese Widersprüchlichkeit in den WHO Empfehlungen von 2018 bleibt unangesprochen.

#### **Zusammenfassende Ergebnisse:**

Die lärmmedizinischen Aussagen des Gutachtens von 2010 zur Lärmbelastung in der Nacht können fortgeschrieben werden.

Das NAT Kriterium wurde separat beleuchtet.

Die Aussagekraft der 45 dB(A)-Isophone im Hinblick auf die angemessene Feststellung der mehr als unerheblich betroffenen Flughafennachbarn wurde beleuchtet.

Das Verhältnis von Zahl der Einzelschallpegel und ihrer Höhe, der Umstand dass auch jetzt Nachtflüge stattfinden, der Umstand dass Nachtflüge vor 24:00 Uhr erfolgen wurden berücksichtigt.