

Gutachten zur Ermittlung / Bewertung der nächtlichen Lärmbelastung durch Luftverkehr am Flughafen Hannover-Langenhagen

Teilgutachten 2: Lärmmedizinisches Gutachten

Bericht 1.3a

30.4.2025

Charité – Universitätsmedizin Berlin
Interdisziplinäres Schlafmedizinisches Zentrum der Charité - Universitätsmedizin Berlin
Wissenschaftlicher Leiter: Prof. Dr. Thomas Penzel
Tel: +49 30 450513013
Fax: +49 30 450513906
Email: thomas.penzel@charite.de
Adresse: Charitéplatz 1, 10117 Berlin
Internet: <https://schlafmedizin.charite.de>

Anlass und Aufgabenstellung

Zur Umsetzung des Entschließungsantrags „Erweitertes Gutachten über den Nachtflugverkehr am Flughafen Hannover-Langenhagen - sachliche Diskussionsgrundlage zu Lärmbelästigung und Gesundheitsgefährdung schaffen“ des Niedersächsischen Landtags hat das Niedersächsische Ministerium für Wirtschaft, Verkehr, Bauen und Digitalisierung, Referat Luftverkehr ein Gutachten zur Ermittlung/Bewertung der nächtlichen Lärmbelastung durch Luftverkehr am Flughafen Hannover-Langenhagen in Auftrag gegeben. Hierzu wird in einem Teilgutachten „Betrachten“ die Geräuschbelastung, die durch den nächtlichen (22.00 bis 05.59 Uhr) Luftverkehr vom Flughafen Hannover-Langenhagen (Flughafen) ausgeht, aufgezeigt. In einem zweiten Teilgutachten „Bewerten“ wird die nächtliche Belastung durch Fluggeräusche aus lärmmedizinischer Sicht bewertet. Im abschließenden Obergutachten erfolgt auf der Grundlage der beiden Teilgutachten eine rechtliche Bewertung. Das vorliegende lärmmedizinische Teilgutachten ermittelt und diskutiert die gesetzlich verankerten sowie medizinisch begründbaren Lärmindizes für die Bewertung nächtlichen Fluglärms, bereitet diese für das lärmphysikalische Gutachten auf und bewertet anschließend die im lärmphysikalischen Gutachten ermittelte nächtliche Fluglärmbelastung in der Umgebung des Flughafens Hannover.

Gegenstand des lärmmedizinischen Teilgutachtens sind:

- Bewertung der Lärmbelastung in Hinblick auf Belästigung
- Bewertung der Lärmbelastung in Hinblick auf medizinische Folgen

Inhaltsverzeichnis

I.	Grundlagen	5
1.	Lärmmedizinische Grundlagen des Schutzes vor nächtlichem Fluglärm im FluLärmG	6
a.	Einzelereignis Pegel, Dauerschallpegel und zusätzliches fluglärmbedingtes Aufwachereignis	8
b.	Fluglärmgesetz 1971 und Novelle 2007	9
c.	Fluglärmsynopse von 2002	9
d.	DLR-Lärmstudie „Leiser Flugverkehr“	11
e.	Fluglärmschutzgesetz von 2007	13
2.	Entwicklung der Lärmwirkungsforschung zum Schutz vor nächtlichem Fluglärm bis 2019 ...	14
a.	Erster Bericht der BReg	14
b.	WHO Environmental noise guidelines for the European Region	15
c.	Risikofaktor nächtlicher Fluglärm (Greiser Studie Flughafen Köln-Bonn 2009)	15
d.	NORAH Studie	16
e.	Charité Gutachten 2017	17
3.	Entwicklung der Lärmwirkungsforschung zum Schutz vor nächtlichem Fluglärm von 2019 bis März 2025	18
a.	Gutachten zur Aktualisierung der Evaluierung der Forschungsergebnisse zur Wirkung von Fluglärm auf den Menschen Guski et al. 2023	18
b.	Studie Elmenhorst 2024	19
c.	Studie Topriceanu 2025	21
d.	Umweltbundesamt 2025. Verfahren zur Beurteilung von nächtlichem Fluglärm und baulicher Schallschutz für Schlafräume 2025	22
II.	Schutzziel Schlaf	23
1.	Lärmmedizinische Kriterien	23
2.	Erinnerbares zusätzliches Aufwachen	23
III.	Weitere Schutzziele	24
IV.	Die Umgebungslärm Richtlinie der EU und die Leitlinien der WHO	25
1.	L _{DEN} und L _{night} für Fluglärm	25
2.	Bedeutung des NAT Kriteriums	26
3.	Kriterium „stark schlafgestörte Personen (HSD)“	26
4.	Bestimmung von Lärmbrennpunkten	27
V.	Relevante Lärmindizes für eine Bewertung des nächtlichen Fluglärms der Region Hannover	28
VI.	Bewertung der Belastung mit nächtlichem Fluglärm der Region Hannover	31
1.	Einleitung	31

2. Bewertung der stationären und mobilen Messungen 2018 bis 2024	32
3. Fachplanerische Zumutbarkeit	32
4. Kriterium „Eine zusätzliche Aufwachreaktion“	33
5. Schwelle zur Gesundheitsgefahr	34
6. Berücksichtigung der Maßnahmen passiven Schallschutz	35
7. Lärmmedizinisch empfohlener Schwellenwert für Hannover	36
8. Ergebnis	38
Referenzen	40

I. Grundlagen

Die Lärmmedizin ist noch ein junges Fachgebiet innerhalb der Medizin und Physiologie mit nur wenigen Experten und keinerlei vorgegebener Aus- und Weiterbildung.

Während der Phase des wirtschaftlichen Aufschwungs in den 50ern und 60ern Jahren des letzten Jahrhunderts spielte die Belastung durch Umgebungslärm und Verkehrslärm eine untergeordnete Rolle. Erst in den 70er Jahren begann man die Belastung durch Lärm wahrzunehmen und entwickelte sich die Lärmwirkungsforschung. Die Lärmwirkungsforschung konnte schnell zeigen, dass eine hohe Lärmbelastung mit einer Belästigung und dadurch verursacht mit Stress einhergeht. Durch den lärmbedingten Stress können Folgeerkrankungen, insbesondere des Herz- Kreislaufsystems, verursacht werden. Ein entsprechendes Modell wurde vielfach dargestellt und wird hier wiedergegeben (Abbildung 1).

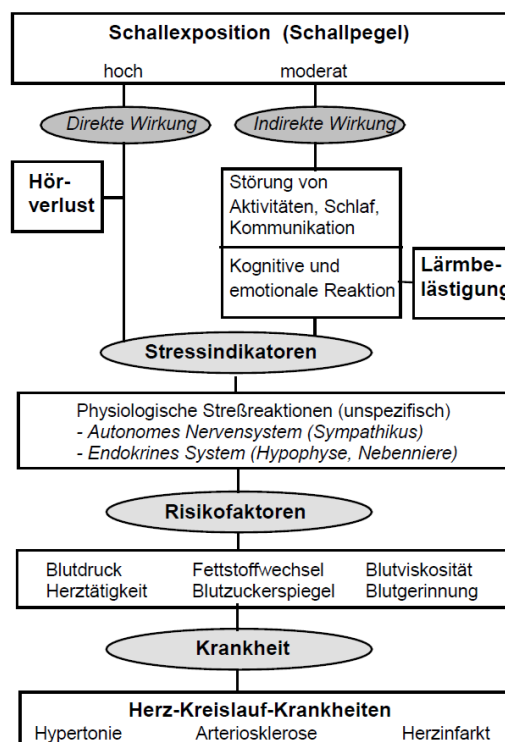


Abbildung 1 Modell zur Lärmwirkungsforschung. Aus einer Schallexposition entwickeln sich direkte und indirekte Effekte. Diese führen zu Stressindikatoren, welche wiederum Risikofaktoren bezüglich der Gesundheit begünstigen können. Die Risikofaktoren können die Entwicklung von Krankheiten fördern. Abbildung aus dem UBA Bericht von 2017 und dort wiederum zitiert nach: Myck, T, Vogelsang, BM. Weiterentwicklung der „Anleitung zur Berechnung von Lärmschutzbereichen, AzB“. Fortschritte der Akustik: DAGA 2016, 42 Jahrestagung für Akustik; 2016 March 14-17, 2013; Aachen.

In dem in Abbildung 1 dargestellten Modell werden eine hohe und eine moderate Schallexposition unterschieden. Die hohe Schallexposition mit direkter Wirkung führt unmittelbar zu einer Gesundheitsbeeinträchtigung (einem Hörverlust); die moderate Schallexposition hat „nur“ mittelbare Folgen, die über verschiedene bei den Betroffenen ablaufenden Prozesse bestimmt werden. Was genau unter „hoch“ und „moderat“ zu verstehen ist, bedarf der Benennung eines Maßstabs. Der Maßstab wird in den jeweils maßgeblichen Regelwerken unter Berücksichtigung der sich aus den Folgen der betrachteten Lärmexposition ergebenden Wirkungen festgelegt. Für den Fluglärm erfolgen – unter Berücksichtigung des § 2 Abs. 2 FluLärmG – die entsprechenden Ausführungen in dem vorliegenden lärmmedizinischen Gutachten. Ein Blick auf

andere Regelungen zeigt, dass die Richt-/Grenzwerte und ihre jeweiligen Begründungen unterschiedlich sind. So nennt etwa § 6 LärmVibrationsArbSchV untere und obere Auslösewerte als Tages-Lärmexpositionspegel ($L_{EX,BH}$) von 80 bzw. 85 dB(A) und den Spitzenschalldruckpegel ($L_{pC,peak}$) von 135 bzw. 137 dB(C). Der Arbeitgeber hat den Beschäftigten ab einem Pegel von $L_{EX,BH}$ 80 dB(A) einen Gehörschutz zur Verfügung zu stellen, § 8 Abs. 1 LärmVibrationsArbSchV. Für den Zweck des Arbeitsschutzes ist ab einem Pegel von 80 dB(A) von hoher Schallexposition zu sprechen. Für den Fluglärm wurde vom Gesetzgeber die „maßgebliche“ hohe Schallexposition in § 2 Abs. 2 FluLärmG festgelegt, speziell für den Flughafen Hannover gilt § 2 Abs. 2 Nr. 2 [L_{Aeq} nachts außen = 55 dB(A) und L_{Amax} nachts - 6 x 57 dB(A)]. Von einer moderaten Schallexposition mit indirekter Wirkung und im Modell daraus folgender Lärmbelastung wird in der lärmmedizinischen Literatur zum Teil bereits ab einem L_{Amax} nachts innen = 30 dB(A) berichtet. Die Unterscheidung hohe, moderate und niedrige Schallexposition ist eine Bewertung, die die Grundlage auch für rechtliche Setzungen bildet (unzumutbar, abwägungsrelevant, geringfügig). Effekte bei niedriger Schallexposition sind im Modell gar nicht aufgeführt, da sie keine lärmmedizinische Relevanz mehr aufweisen. Die Lärmwirkungsforschung unterscheidet grundsätzlich zwischen direkter und indirekter Wirkung. Die direkte Wirkung führt zu einer unmittelbaren Gesundheitsbeeinträchtigung (Hörverlust), die indirekte Wirkung führt zu einer als Belastung empfundenen Belastung, die durch Hinzutreten weiterer Faktoren auch zu einer Gesundheitsbeeinträchtigung führen kann. Die Unterscheidung von Bestandsflughäfen und neuen Flughäfen sowie eine Unterscheidung von militärischem und zivilem Fluglärm beruht dagegen nicht auf Kriterien der Lärmwirkungsforschung, sondern auf politischen Setzungen. Lärmmedizinisch ist aber von Bedeutung, dass die ausgewählten Werte nicht jenseits der lärmmedizinisch begründbaren Belastbarkeit liegen.

Die in dem in Abbildung 1 dargestellten Modell benannten Indikatoren, Risikofaktoren und Krankheiten wurden und werden in systematischen Studien unterschiedlicher Art untersucht. Da die Effekte gerade bei niedriger Exposition gering sind, müssen die Studien an sehr großen Stichproben durchgeführt werden. Hierfür werden epidemiologische Studien durchgeführt, auf deren Grundlage sich Wahrscheinlichkeiten bestimmen lassen. Es lassen sich aber keine exakten Wenn-Dann-Aussagen treffen, dass bei einem bestimmten Pegelwert immer die entsprechende gesundheitliche Reaktion auftritt.

1. Lärmmedizinische Grundlagen des Schutzes vor nächtlichem Fluglärm im FluLärmG

Ziel der Lärmmedizin ist es, die medizinischen Folgen der durch Fluglärm verursachten Lärmexposition zu ermitteln und möglichst quantitativ vorherzusagen. Dabei werden aus lärmmedizinischer Sicht (erhebliche) Belästigungen und Gesundheitsschäden unterschieden. Aus den Erkenntnissen der lärmmedizinischen Forschung in Verbindung mit der konkret zu beurteilenden Situation können notwendige Maßnahmen abgeleitet werden, um die Lärmexposition zu reduzieren. Die Reduktion der Lärmexposition soll medizinisch relevante Folgen verhindern oder zumindest deutlich mindern. Dabei ist zu berücksichtigen, dass Menschen zahlreichen Expositionen ausgesetzt sein können, von denen Lärm und speziell Fluglärm nur eine ist. Menschen reagieren auch sehr verschieden auf mögliche Stressoren, so dass sich individuelle Aussagen nur sehr bedingt verallgemeinern lassen. Schließlich haben Umweltexpositionen immer eine organische und eine psychische Komponente, die unterschiedliche Wirkung entfalten und zudem noch interagieren können. Entsprechend kann die Lärmmedizin keine isolierten und keine individuellen Vorhersagen dazu leisten, ab wann Geräusche für einzelne Personen als unangenehm oder belästigend empfunden werden und ab wann einzelne Geräusche zu einer Folge auf

Blutdruck oder Schlafparameter führen. Ergebnisse von Untersuchungen in diesem Expositionsausmaß sind nur begrenzt von einem Expositionsort an einen anderen Expositionsort übertragbar (vgl. die Ergebnisse der NORAH Studie zur Übertragbarkeit der Untersuchungen zu Schlafstörungen vom Flughafen Köln auf den Flughafen Frankfurt [Müller et al. NORAH Bd. 4 2015, S. 12]).

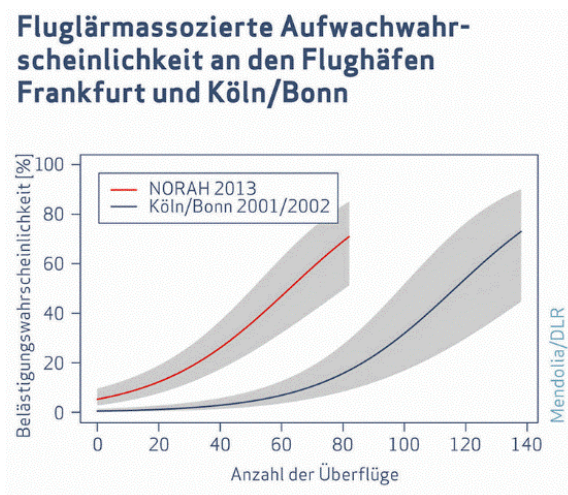


Abbildung 2 Müller et al. 2015: Aufwachwahrscheinlichkeit am Flughafen Frankfurt (NORAH Studie) und am Flughafen Köln/Bonn (DLR-Studie) im Vergleich auf die Anzahl Überflüge (<http://www.laermstudie.de/ergebnisse/ergebnisse-schlafstudie/ergebnisse-standortvergleich/>).

Entsprechend sind Werte, wie sie etwa in § 2 Abs. 2 FluLärmG festgelegt werden, notwendig pauschalisierend. Auf der Grundlage lärmmedizinischer Erkenntnis lässt ihre Einhaltung in der Regel keine erhebliche Beeinträchtigung erwarten. Das schließt individuelle Besonderheiten ebenso wenig aus, wie den Fortschritt des lärmmedizinischen Erkenntnisstandes. In diesem Gutachten werden nächtliche fluglärmbedingte Geräuschempositionen auf ihre lärmmedizinische Relevanz untersucht. Dabei geht es insbesondere um die Ermittlung von Belastungen, die nicht mehr zumutbar und möglicherweise sogar gesundheitsgefährdend sind. Hierzu werden die Ergebnisse von Studien herangezogen, die auf die Situation in Hannover übertragbar sind. Im Rahmen dieses Gutachtens wird keine systematische Evaluation der Studien vorgenommen, sondern auf existierende Gutachten zurückgegriffen, die in der Referenzliste am Schluss aufgeführt sind. Die Kriterien für die Auswahl der herangezogenen Studien sind Objektivierbarkeit, Reproduzierbarkeit, Publikation in wissenschaftlich begutachteten Zeitschriften, Berichte wissenschaftlich betreuter Studien in Deutschland (NORAH Studie), sowie die Berichte des Umweltbundesamtes und der WHO. Nicht berücksichtigt wurden Zeitungsartikel, Artikel in Magazinen und Zeitschriften, bei denen eine wissenschaftliche Begutachtung nicht erkennbar ist. Auf dieser Basis sollen die maßgeblichen lärmmedizinischen Kriterien unter Berücksichtigung der aktuellen Studienlage vorgestellt und für den nächtlichen Flugbetrieb am Flughafen Hannover anhand der im lärmphysikalischen Gutachten aufgrund der hier lärmmedizinisch empfohlenen Werte ermittelten Betroffenen (Isophone und Betroffenenzahl; lärmmedizinische Risiken) bewertet werden.

- a. Einzelereignis Pegel, Dauerschallpegel und zusätzliches fluglärmbedingtes Aufwachereignis

In lärmmedizinischen Studien werden unterschiedliche Expositionsmaße ermittelt und überprüft. Die Ergebnisse dieser Studien finden bei einer Verfestigung und Bestätigung in der Forschung Eingang in Richtlinien und/oder gesetzliche Regelungen, wie z.B. § 2 Abs. 2 FluLärmG. Die Zielsetzung der Expositionsmaße und ihrer Herleitung ist Voraussetzung, um Studien und Regelungen vergleichen zu können.

Eine Geräuschquelle verursacht eine Geräuschexposition. Diese kann kontinuierlich wie Windrauschen sein oder in Form von Einzelereignissen wie ein Glockenläuten oder ein Flugzeugüberflug auftreten. Sehr verbreitet ist die Angabe eines energieäquivalenten Dauerschallpegels L_{Aeq} in dB(A). Der L_{Aeq} ist ein Mittelungspegel über die während eines bestimmten Zeitraumes, zum Beispiel der sechs verkehrsreichsten Monate eines Jahres, auftretenden Einzelschallereignisse. Er berücksichtigt die Stärke, die Dauer und die Häufigkeit der einzelnen Schallemissionen. Mittelungspegel finden bei der Bewertung der meisten Lärmquellen Anwendung (16. BImSchV, 18. BImSchV, TA Lärm, Umgebungslärm, FluLärmG etc.). Eine Verdoppelung der Lärmintensität (z.B. der Zahl der Bewegungen) entspricht einer Zunahme von ca. 3 dB(A). Angaben von Dauerschallpegeln können lärmmedizinisch begründete Zuschläge enthalten, die über eine energetische Mittelung hinausgehen. Die in der Umgebungslärm-Richtlinie verwendeten Expositionsmaße L_{dn} (Level day night) oder L_{den} (Level day evening night) geben zum Beispiel Zuschläge für besonders sensible Zeiten wie die Nacht, den frühen Morgen und den Abend vor. Expositionsmaße mit solchen Zuschlägen sind dann keine physikalischen Maße mehr. Sie enthalten bereits Annahmen über die Lärmwirkungen.

Für die Bewertung der nächtlichen Fluglärmbelastung werden in Deutschland neben einem energieäquivalenten Dauerschallpegels L_{Aeq} in dB(A) auch Einzelereignisse als Maximalpegel L_{Amax} in Verbindung mit der Häufigkeit seines Auftretens herangezogen (sogenanntes NAT-Kriterium: „number above threshold“; „Maximalpegel-Häufigkeitskriterium“). Anlass für die Verwendung dieses Kriteriums ist die Annahme, dass Einzelereignisse (nicht ein gemittelter Dauerschallpegel) zu einem Aufwachereignis führen können, welches als störend wahrgenommen wird. Gerade die Vermeidung fluglärmbedingter Aufwachereignisse ist aber ein angemessenes Schutzziel bei der lärmmedizinischen Beurteilung von nächtlichem Fluglärm. Menschen wachen (losgelöst von Fluglärmereignissen) regelmäßig und natürlicherweise mehrmals in der Nacht auf, um nicht in der gleichen Schlafposition zu bleiben. In der Regel werden diese kurzen Aufwachereignisse nicht wahrgenommen, sondern bleiben unterhalb der Bewusstseinsschwelle. Ein nächtlicher Überflug kann zu einem zusätzlichen Aufwachereignis führen, welches entweder unterhalb der Bewusstseinsschwelle bleibt oder zu einem bewussten Aufwachen führt und dann Erinnerung sein kann. Die medizinischen Konsequenzen von Erinnerungsfähigen Aufwachereignissen wurden vielfach untersucht und werden im Folgenden (ab Kapitel II) dargestellt. Inwieweit Aktivierungen, die unterhalb der Aufwachschwelle bleiben, eine lärmmedizinische Relevanz haben, ist nicht eindeutig geklärt, da ihre quantitative Erfassung (z.B. eine

Änderung der Herzfrequenz oder des Blutdruckes) messtechnisch aufwändig ist und keine eindeutigen Studien veröffentlicht sind. Daher wird angenommen, dass ihre Folgen durch den Dauerschallpegel mit abgedeckt sein können.

b. Fluglärmggesetz 1971 und Novelle 2007

Das Fluglärmggesetz von 1971 ist die Vorgängerregelung des heute gültigen Fluglärmggesetzes (siehe Deutscher Bundestag DrS 19/7220 2019). Die vom Fluglärmggesetz 1971 verwendeten Kriterien dienten vorrangig der Bestimmung von Zonen, innerhalb derer bestimmte Nutzungen vermieden werden sollten. In Abhängigkeit von Lärmwerten wurden abgestufte Bauverbote und Baubeschränkungen mit Mindestabständen im Umland von Flugplätzen eingeführt. Der Lärmschutzbereich untergliederte sich in eine Schutzzone 1 mit einem äquivalenten Dauerschallpegel von 75 dB(A) und die Schutzzone 2 mit einem äquivalenten Dauerschallpegel von 67 dB(A), § 2 Abs. 2 Fluglärmschutzgesetz 1971. Eine Unterscheidung zwischen Tag und Nacht erfolgte nicht; ebenso wurde kein NAT-Kriterium verwendet. Das Gesetz erwies sich mit den Änderungen und der Ausweitung des Flugverkehrs für die Berücksichtigung der Interessen von Anwohnern von Flugplätzen nicht mehr ausreichend. Für die Änderung/Neuanlage von Flughäfen etablierte sich daher in den Zulassungsverfahren auf der Grundlage von § 40 Abs. 1 Nr. 12 a.F. LuftVZO die Praxis, die fluglärmbedingte Belastung eines Vorhabens jeweils anhand eines lärmmedizinischen Gutachtens zu bewerten und auf dessen Grundlage Maßnahmen des aktiven und passiven Schallschutzes vorzuschlagen. Mit der Novelle des Fluglärmggesetzes 2007 (vgl. dazu unter e.) wurden die lärmmedizinischen Erkenntnisse aus diesen Verfahren verwendet und auch zum verbindlichen Maßstab für die Bewertung von Vorhaben und Flughäfen gemacht. Dabei erfolgte eine Unterteilung in Tag- und Nacht-Schutzzone sowie die ergänzende Verwendung eines NAT-Kriteriums bei der Beurteilung nächtlichen Fluglärms. Die Regelung in § 2 Abs. 2 FluLärmG bildete den aktuellen lärmmedizinischen Erkenntnisstand ab und sicherte den Stand der lärmmedizinischen Erkenntnisse zu diesem Zeitpunkt ab.

c. Fluglärmsynopse von 2002

Das aktuelle FluLärmG beruht in seinen lärmmedizinischen Bewertungen unter anderem auf der sogenannten Fluglärmsynopse. Auf der Grundlage der lärmmedizinischen Gutachten nach § 40 Abs. 1 Nr. 12 a.F. LuftVZO und der damit verbundenen Beschäftigung und Auswertung von lärmmedizinischen Erkenntnissen, haben diese Studien im Rahmen des Ausbaus des Flugverkehrs und unter Einbeziehung neuer Messmethoden und neuer Erkenntnisse der Psychophysiologie und der Belastungsforschung zu einer Übersichtsarbeit von vier Autoren (Griefahn, Jansen, Scheuch, Spreng) geführt. Diese ist als „Fluglärmsynopse 2002“ in der Zeitschrift für Lärmbekämpfung erschienen. Sie empfiehlt ausgehend von dem damaligen Stand der Lärmwirkungsforschung verschiedene Schutzziele (Vermeidung von Hörschäden, Gesundheitsschäden, Schlafstörungen, erheblichen Belästigungen etc.) und stellt lärmphysikalische Eckwerte und ihre lärmmedizinische Bedeutung vor. Insbesondere werden Bewertungsgrenzen zur Vermeidung von Schäden bezüglich der genannten Schutzziele vorgeschlagen. Die Bewertungsgrenzen basieren auf der Auswertung von 932 Literaturstellen, u.a.

dem Bericht des Umweltbundesamts „Fluglärmwirkungen“ von Ortscheid und Wende von 2000, epidemiologischen Studien und auf den ersten Ergebnissen der experimentellen Studien des DLR, bei denen Aufwachreaktionen untersucht wurden. Der DLR Forschungsbericht von 2001 stellt fest, dass in ruhigen Nächten ohne Lärmbelastung durchschnittlich 24,4 Aufwachreaktionen auftreten. Darauf basierend wurden in der Synopse die Häufigkeiten von einzelnen Werten und die NAT Kriterien eingeführt. NAT Kriterien berücksichtigen die nächtliche Belastung durch ein zusätzliches Aufwachereignis und gehen damit über die üblicherweise durch einen Dauerschallpegel zum Ausdruck gebrachten langfristigen Beeinträchtigungen hinaus.

Nach der Fluglärmsynopse ist ein „zusätzliches fluglärmbedingtes (erinnerbares) Aufwachereignis“ neben einem definierten Dauerschallpegel ein eigenständiges Kriterium für die Bestimmung einer erheblichen Belästigung.

Die Fluglärmsynopse verwendet die folgenden lärmmedizinischen Kriterien für die Vermeidung von Schlafstörungen als Gesamtnacht Bewertungsgrenzen, die hier als Außenpegel aufgeführt sind (für die Innenwerte sind jeweils 15 dB(A) abzuziehen):

„kritischer Toleranzwert“	Kriterien L_{Amax} 6 x 75 dB(A) und L_{Aeq} Nacht von 55 dB(A) jeweils außen (Ab dem kritischen Toleranzwert sind Gesundheitsgefährdungen / Beeinträchtigungen nicht mehr auszuschließen. Die wissenschaftliche Begründung der Lärmwirkung ist vorhanden oder es besteht ein ausreichender wissenschaftlich begründeter Verdacht. Die Toleranzwerte sind zu unterschreiten. Ihre Überschreitung zwingt zu Maßnahmen der Lärmverminderung).
„präventiver Richtwert“	Kriterien L_{Amax} 13 x 68 dB(A) und L_{Aeq} Nacht von 50 dB(A) jeweils außen (Bei dem präventiven Richtwert handelt es sich um einen Vorsorgewert, bei dessen Einhaltung Gesundheitsgefährdungen weitgehend ausgeschlossen sind. Beeinträchtigungen und Störungen können insbesondere bei sensiblen Gruppen auftreten. Die wissenschaftliche Begründung ist plausibel. Die präventiven Richtwerte sollten grundsätzlich nicht überschritten werden. Bei Überschreitung besteht Handlungsbedarf).
„Schwellenwert“	Kriterien L_{Amax} 23 x 55 dB(A) und L_{Aeq} Nacht von 45 dB(A) jeweils außen (Unter dem Minimierungsgebot von Lärm sollten Schwellenwerte langfristig angestrebt werden – Vermeidung von Schlafstörungen).

Bewertung: Es wird in der juristischen Betrachtung der Fluglärmwirkungen davon ausgegangen, dass der „kritische Toleranzwert“ mit einer Schwelle für Gesundheitsgefährdung gleichzusetzen ist. Aus lärmmedizinischer Sicht handelt es sich auch hierbei nicht um eine absolute „wenn-dann“ Schwelle, vielmehr können Gesundheitsbeeinträchtigungen nicht ausgeschlossen werden. Daher werden aus Sicht der Lärmwirkungsforschung Maßnahmen zur Lärmverminderung dringend empfohlen. Bei den NAT Kriterien handelt es sich um eine deutsche Besonderheit. Aus der Lärmwirkungsforschung liegen keine Veröffentlichungen zu L_{Amax} 6 x 75 dB(A) und den weiteren NAT Kriterien von 13 x 68 dB(A) und 23 x 55 dB(A) vor. Dagegen liegen Veröffentlichungen zu L_{Aeq} Nacht von 55 dB(A) vor, die deutliche Effekte auf die Aufwachwahrscheinlichkeit und das vermehrte Auftreten von Erkrankungen in epidemiologischen Studien hinweisen. Danach ist die Schwelle der Gesundheitsgefahr lärmmedizinisch ab dem Dauerschallpegelkriterium L_{Aeq} 60 dB(A) außen anzusetzen. Wichtige diesbezügliche Studien sind weiter unten dargestellt.

d. DLR-Lärmstudie „Leiser Flugverkehr“

Die Fluglärmstudie beruht auf einer Aus- und Bewertung von zahlreichen älteren Studien. Sie konnte keine konkrete Studie zu Fluglärmbelastung auf einer wissenschaftlichen Basis mit objektiven Messungen des Schlafes und der Geräuschexposition in der Umgebung von deutschen Flughäfen heranziehen. Daher hat das Forschungslabor der DLR in Köln in einer sehr groß angelegten Studie quantitativ und nachvollziehbar die Effekte von Fluglärm auf den Schlaf an 128 Probanden in einem Laborversuch (Laborstudie) und zusätzlich an 64 Anwohnern in der Umgebung des Flughafens Köln/Bonn zuhause (Feldstudie) untersucht. Dazu wurden in der DLR-Studie die Teilnehmer in einem Schlaflabor unter kontrollierten Bedingungen mit einer Polysomnographie, der etablierten Schlaflabor Methodik untersucht. Es wurden bei jedem Teilnehmer an der DLR-Laborstudie zwei Nächte ohne jegliche äußeren Geräusche und mehrere Nächte mit zunehmender Anzahl eingespielter Fluggeräusche (beginnend mit 4 bis 128 Geräuschen zwischen 45 und 80 dB(A) je Nacht) aufgezeichnet und unter Nutzung üblicher Standards ausgewertet. Es ergab sich in den ruhigen Nächten ohne eingespielte Fluggeräusche im DLR-Schlaflabor im Mittel eine spontane Anzahl von 24 Aufwachereignissen und 52 Schlaftiefenwechsel. Auf jeweils eine Stunde Schlaf bezogen fanden sich 3,6 spontane Aufwachereignisse mit einer Varianz von 0,3 (95% Konfidenzbereich). Für die Nächte mit zusätzlichen Überfliegergeräuschen wurden ebenfalls diese spontanen Aufwachereignisse ausgewertet. Diese blieben in der Anzahl vergleichbar viele wie in der Nacht ohne Überfliegergeräusche.

Es zeigte sich, dass es keine Schwelle gibt, ab der Aufwachen stattfindet. Vielmehr nimmt die Wahrscheinlichkeit für ein Aufwachen mit der Anzahl von Ereignissen und ihrer Lautstärke im Sinne einer Dosis-Wirkungskurve zu. Die DLR-Studie zeigte auch, dass die Dosis-Wirkungskurve nicht linear ist. Die Zunahme an Wahrscheinlichkeiten bedeutet aber auch, dass selbst ein lautes Fluggeräusch von 80 dB(A) nicht zwangsläufig zu Aufwachen führt. Vielmehr wurden bei ca. 35% der Personen auch laute Fluggeräusche von 80 dB(A) verschlafen, d.h. führ-

ten weder zu Aufwachen noch zu Wechsel von Schlafstadien (sogenannte Schlaf-tiefenwechsel). Die Wahrscheinlichkeit bei einem Überflugeräusch aufzuwa-chen ist für die Schlafstadien unterschiedlich. Bei einem vorgegebenen Fluglärm-ereignis aufzuwachen ist im Leichtschlaf (Stadium 1) 45%, im Tiefschlaf (Stadium 3) 16%, im Tiefschlaf (Stadium 4) 10% und im Traumschlaf (Stadium REM) 16% (Basner 2001 Nachtfluglärmwirkungen, S. 53). Die Wahrscheinlichkeit durch das gleiche Geräusch nach längerer Schlafzeit aufzuwachen ist auch etwas höher als zu Beginn der Nacht, unabhängig vom Schlafstadium. Daher verwendet die Lärmwirkungsforschung eine Aufwachwahrscheinlichkeit, die mit einem logisti-schen Regressionsmodell berechnet wird. Das Modell ermöglicht die spontane Aufwachwahrscheinlichkeit in einer ruhigen Nacht ohne Lärmbelastung anzuge-ben, da man eben auch spontan aufwacht. Die spontane Aufwachwahrschein-lichkeit in einer lärmfreien Basisnacht wird in der DLR-Studie mit 3,9% angege-ben (Basner 2001, S. 56). In der DLR Studie Leiser Flugverkehr (Basner 2004, S. 53) wird die spontane Aufwachwahrscheinlichkeit in der Feldstudie mit 8,7% an-gegeben. **Es wird für Fluggeräusche zunehmender Maximalpegel eine zuneh-mende Aufwachwahrscheinlichkeit angegeben** (Abbildung 3, Basner 2004, S. 53). Ab einem Maximalpegel von 35 dB(A) kommt es zu einer Zunahme der Auf-wachwahrscheinlichkeit. Abhängig von der Häufigkeit und der Anzahl der Ereig-nisse können sich diese Wahrscheinlichkeiten zu einer zusätzlichen Aufwachre-aktion (AWR) aufsummieren.

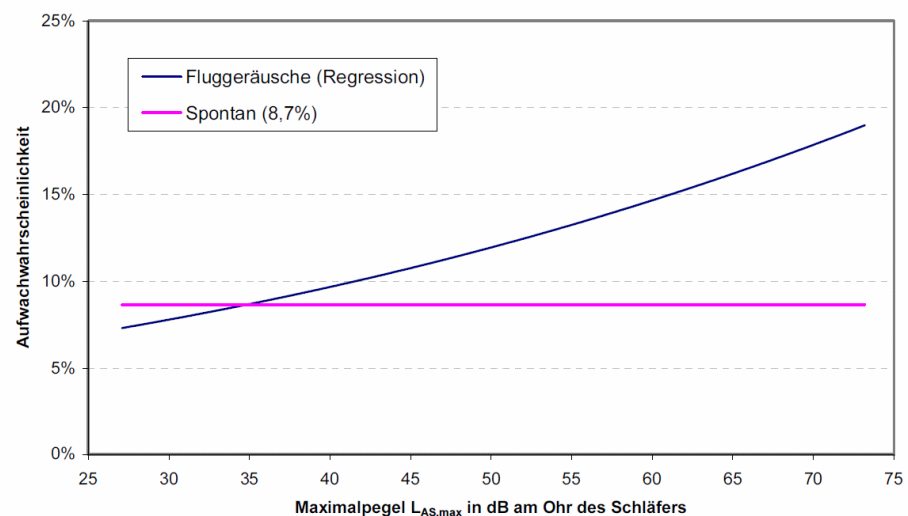


Abbildung 5.7: Feldstudie: Logistische Regression mit Zufallseffekten. Maximalpegel, Hintergrundpegel $L_{AS,eq}$ 60 Sekunden vor Auftreten des Fluggeräuschs und Interaktionsterm als einzige erklärende Variablen. Basierend auf 61 Versuchspersonen und 10.658 Fluggeräuschen. Als Hintergrundpegel wurde für die Abbildung der Median von 27,1 dB(A) gewählt.

Abbildung 3 (Basner et al 2004): Die Aufwachwahrscheinlichkeit in der DLR-Studie in der in der Feldstudie. Es gibt eine spontane Aufwachwahrscheinlichkeit (hellblau mit 8,7) und eine Aufwachwahrscheinlichkeit, die vom Maximalpegel des Überflugereignis-ses abhängt. Ab 35 dB(A) kommt es zu einer Zunahme der Aufwachwahrscheinlichkeit.

Das besondere dieser Studie ist, dass in einem Labor unter kontrollierten Bedingungen der Schlaf und die Geräuschemposition quantitativ gemessen wurde und zusätzlich mit der gleichen Ausstattung bei Anwohnern des Flughafens in deren natürlicher Umgebung. Die Lärmexposition wurde außen und am Ohr des Schlafers gemessen. Die Differenz betrug bei einem gekippten Fenster 18 dB(A) zwischen dem außen und am Ohr des Schlafers gemessenen Pegel. Es konnte so die Schlaftiefe und die Aufwachreaktionen der Teilnehmer nach wissenschaftlichen medizinischen Standards erfasst werden und es wurde damit eine über Befragungen hinausgehende Untersuchung durchgeführt. Zusätzlich wurden die Auswirkungen auf Blutdruck, Herzschlag, Atmung und Stresshormone bei Lärmexposition quantitativ erfasst. Es konnten Dosis-Wirkungsbeziehungen zwischen einem Lärmpegel und dem Ausmaß der Belästigung bestimmt werden. Die Dosis-Wirkungsbeziehung war in der Laborstudie erheblich ausgeprägter als in der Feldstudie. (Abbildung 4)

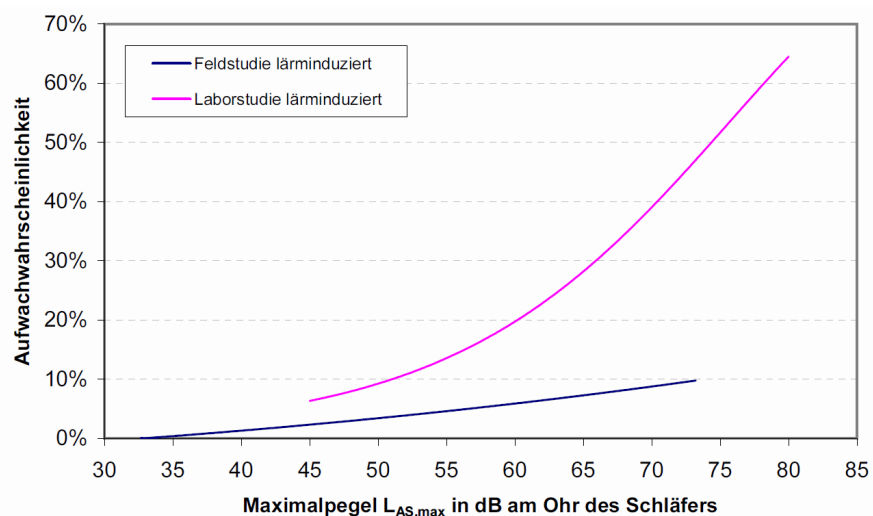


Abbildung 4 (Basner et al 2004): Die Aufwachwahrscheinlichkeit in der DLR Studie in der Laborstudie und in der Feldstudie. Die Aufwachwahrscheinlichkeit ist in der Laborstudie ausgeprägter als in der Feldstudie.

Bewertung: In der Feldstudie wurden einzelne Aufwachreaktionen ab einem Geräusch von 33 dB(A) am Ohr des Schlafers beobachtet. Außerdem war die Dosis-Wirkungskurve in der Feldstudie bezogen auf die Aufwachwahrscheinlichkeit erheblich niedriger. D.h. die Übertragbarkeit der Ergebnisse von Laborstudien auf die Realität ist begrenzt. Der Feldversuch führt dagegen zu belastbaren Ergebnissen. Als Grund für die Ergebnisse der Feldstudie wird eine Gewöhnung an die Geräusche in der gewöhnlichen Schlafumgebung angenommen. Bei der Feldstudie gab es keine signifikanten Auswirkungen auf die Stresshormone. Bei der Laborstudie wurden signifikante Änderungen der Stresshormone gefunden, und zwar sowohl für Nächte mit als auch für Nächte ohne Fluglärmbelastung.

e. Fluglärmschutzgesetz von 2007

Die Neuregelung des Fluglärmschutzgesetzes in der Fassung vom 31. Oktober 2007 unterscheidet – anders als das Fluglärmschutzgesetz 1971 – zwischen Tag

und Nacht und regelt die Festsetzung einer eigenen Nacht-Schutzzone. Außerdem hat das Fluglärmschutzgesetz 2007 der Sache nach die Expositions-kriterien der Fluglärmsynopse (Dauerschall- und NAT-Kriterium) für nächtlichen Fluglärm übernommen; in nach § 2 Abs. 2 Nr. 2 FluLärmG aber zwischen bestehenden und neuen zivilen Flugplätzen unterschieden. Gegenüber dem Vorgängergesetz von 1971 erfolgte eine Absenkung der maßgeblichen Kriterien um bis zu 15 dB(A).

Die Wertepaare des kritischen Toleranzwertes und des präventiven Richtwertes finden sich in den Kriterien für die Bestimmung der Nacht-Schutz-zonen in § 2 Abs. 2 Nr. 1 b) [L_{Aeq} 50 dB(A) und L_{Amax} 6 mal 68 dB(A) (= präventiver Richtwert) außen] für neue und wesentlich baulich erweiterte Flugplätze und Nr. 2 [L_{Aeq} 55 dB(A) und L_{Amax} 6 mal 72 dB(A) (= kritischer Toleranzwert) außen] FluLärmG für bestehende Flugplätze wieder. Die aus der Synopse abgeleiteten Kriterien dienen der Festsetzung von Lärmschutzbereichen. Sie markieren die Grenze, ab der auch nach lärmmedizinischen Erkenntnissen die Belastung der Betroffenen nicht mehr ohne Maßnahmen des aktiven oder passiven Schallschutzes hingenommen werden kann. Lärmmedizinisch ist aber auch die fluglärmbedingte Belastung unterhalb dieser Werte zu betrachten, da von ihr Belästigungswirkungen ausgehen können. Schon die Fluglärmsynopse stellte fest, dass unter lärmmedizinischen Gesichtspunkten die Vermeidung von nächtlichem Fluglärm die vorzugswürdigste Lösung darstellen würde. Die Mittelungspegel und die Maximalpegelhäufigkeiten des Fluglärmschutzgesetzes stellen Regelungen dar, die vom Gesetzgeber unter Einbeziehung aller zum Zeitpunkt der Gesetzesänderung verfügbaren (auch nicht lärmmedizinischen) Erkenntnisse festgelegt wurden.

Die Umsetzung der nach dem FluLärmG erforderlichen Maßnahmen des baulichen Schallschutzes sind in dem Lärmschutzbereich und insbesondere der Nacht-Schutzzone des Flughafens Hannover-Langenhagen zu einem großen Teil realisiert. Eine systematische Erfassung der Effekte dieser Maßnahmen im Rahmen von lärmmedizinischen Studien ist jedoch nicht erfolgt. Unter diesem Gesichtspunkt ist eine lärmmedizinische Bewertung der Auswirkungen des Gesetzes noch nicht ausreichend möglich. Unter diesen Einschränkungen sind die Vorgaben des Fluglärmschutzgesetzes zur Einrichtung der Tages- und Nachtschutz-zonen lärmmedizinisch grundsätzlich angemessen und haben sich in den letzten Jahren bewährt.

2. Entwicklung der Lärmwirkungsforschung zum Schutz vor nächtlichem Fluglärm bis 2019

a. Erster Bericht der BReg

Nach § 2 Abs. 3 FluLärmG hat die Bundesregierung dem Bundestag alle zehn Jahre über den Stand der Lärmwirkungsforschung und deren Bedeutung für die Grenzwerte in § 2 Abs. 2 FluLärmG Bericht zu erstatten. Den ersten Bericht hat die Bundesregierung am 18. Januar 2019 (Bundestag-Drucks. 19/7220) erstattet. Danach stellt das Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm von 2007 eine starke Verbesserung gegenüber dem ersten Gesetz zum Schutz gegen Fluglärm von 1971 dar: Absenkung der Grenzwerte, zusätzliche Nacht-Schutzzone, gleiche Werte für Abwägung und passiven Schallschutz. Der Bericht stellt aber auch fest, dass die aus dem Gesetz folgenden Umsetzungen im Sinne von Installation von aktivem

und passivem Schallschutz noch nicht in ausreichendem Umfang realisiert wurden, so dass seine Wirkung noch nicht abschließend bewertet werden kann. Nach dem Bericht der Bundesregierung halten die Anwohner das FluLärmG 2007, insbesondere mit Verweis auf die Environmental noise guidelines for the European Region der WHO nicht für ausreichend (siehe unten unter b)). Sie wünschen eine weitere Absenkung der Grenzwerte. Die Flughafenbetreiber halten dagegen die Maßnahmen gemäß FluLärmG 2007 für angemessen. Neben dem Bericht der Bundesregierung soll die Entwicklung der Umgebungslärmrichtlinie und ihrer Aussagen zum nächtlichen Fluglärm sind bis 2019 noch Studien erschienen, von denen die nachfolgenden besonders dargestellt werden.

b. WHO Environmental noise guidelines for the European Region

Die WHO-Leitlinien für Umgebungslärm in der Europäischen Region von 2018 basieren auf einem systematischen Literaturüberblick und einer sogenannten Meta-Analyse. Bei einer Meta-Analyse werden die erhobenen Daten aus vorangegangenen Studien abgefragt und zusammengefasst und gesammelt neu ausgewertet. Dieses Verfahren wird in der Medizin seit einigen Jahren zur systematischen Bewertung von Risikofaktoren herangezogen und entspricht dem aktuellen methodischen Standard. Ein Kriterium für die Bestimmung der Wirkung von Verkehrslärm (Flugverkehr, Straße, Schiene) auf den Schlaf ist die im Rahmen von empirischen Studien von Studienteilnehmern **selbst berichtete hochgradige Schlafstörung** und ab welcher Lärmbelastung sie von welchem Anteil der Teilnehmer berichtet wird. Für die WHO-Leitlinien wurden die Daten aus 25 Studien zusammengefasst. In einer Aktualisierung der Literaturübersicht und der Meta-Analyse von der gleichen Autorengruppe (Smith et al. 2022) wurden 11 weitere Studien ausgewertet und die Daten zur ersten Sammlung hinzugefügt. Diese neuerliche Analyse hat die Dosis-Wirkungskurve ab einem Schwellenwert eines äquivalenten Dauerschallpegels von 40 dB(A) dargestellt.

Bewertung: Basierend auf diesem Literaturüberblick wurde ein Schwellenwert von 40 dB(A) empfohlen. Es ist dabei festzuhalten, dass die Studien selbst berichtete Schlafstörungen, und damit subjektive Ergebnisse zur Grundlage der Empfehlung machen. Im Verhältnis zu den 55 dB(A) im FluLärmG handelt es sich hierbei um einen Wert, bei dem auch die subjektiv berichteten Schlafstörungen minimiert werden.

c. Risikofaktor nächtlicher Fluglärm (Greiser Studie Flughafen Köln-Bonn 2009)

In einer Fall-Kontroll-Studie wurde der Einfluss von Fluglärm, insbesondere von nächtlichem Fluglärm auf das Risiko für eine Erkrankung des Herzens, des Kreislaufs und von psychischen Erkrankungen ermittelt. Als Fall-Kontroll-Studie bezeichnet man eine Untersuchung bei der eine Person, die dem Einfluss von Lärm ausgesetzt ist (der Fall), einer vergleichbaren Person in Bezug auf Alter, Geschlecht, Gewicht und andere Erkrankungen (die sogenannte Kontrollperson) gegenübergestellt wird. Es wurden dazu die Daten von Krankenkassen Versicherten ab dem 40. Lebensjahr in der Region Köln mit Daten des Umgebungslärms (Flug, Straße, Schiene) erfasst und jeweils entsprechende Fälle mit Kontrollpersonen verglichen. Die Ergebnisse zeigen für Herz- und Kreislauferkrankungen einen linearen Anstieg des Erkrankungsrisikos ab einem nächtlichen L_{Aeq} von 35

dB(A) an. Für die Zielkrankheit der lärmmedizinischen Bewertung, den akuten Herzinfarkt konnten entsprechende Ergebnisse allerdings nicht festgestellt werden. Auf dem Gebiet der psychischen Erkrankungen hat die Studie allein für Frauen ein erhöhtes Risiko für Depressionen, vor allem für nächtlichen Fluglärm angezeigt.

Bewertung: Die Studie ist aufgrund der hohen Fallzahl von über 1 Mio. Versicherten von Bedeutung. Bei bereits sehr geringer Umweltlärmbelastung zeigt sich ein erhöhtes Herz- Kreislauf Risiko, welches aber für einen Herzinfarkt nicht bestätigt wird. Die Daten erscheinen somit nicht ganz konsistent, bzw. noch weiter erklärungsbedürftig. Bei der Bewertung der Ergebnisse der Studie ist zu beachten, dass die unterschiedlichen Lärmquellen, die auf Menschen einwirken, nicht vollständig differenziert werden können und dass es sich um eine Assoziation und nicht um eine erklärende Kausalitätsstudie handelt.

d. NORAH Studie

Die NORAH Studie hat Expositions-Wirkungsbeziehungen zu Lärmbelästigung, Lebensqualität, Blutdruck, Schlaf und Krankheitsrisiken bei Anwohnern des Flughafens Frankfurt untersucht und die Ergebnisse mit drei anderen deutschen Flughäfen (Köln-Bonn, Berlin-Schönefeld, Stuttgart) verglichen. Teil der NORAH Studie war eine quantitative Schlafstudie mit Messungen des Schlafes zuhause bei 202 Anwohnern des Flughafens Frankfurt in deren häuslicher Umgebung. Es wurde bei der Auswahl sorgfältig darauf geachtet, dass keine Hörprobleme bei den Teilnehmern vorlagen, dass keine Kinder unter 6 Jahren im Haus wohnten, dass niemand schnarchte, und dass als relevante Geräuschbelastungen tatsächlich nur Fluglärm auftrat. Es wurden die Untersuchungen von 2011 (49 Personen), 2012 (83 Personen) und 2013 (187 Personen) jeweils zusammengefasst. Eine Untergruppe von 39 Personen nahm an allen drei Untersuchungswellen teil. Es wurde die Zahl der Überflüge und der nächtliche Schallpegel vor und nach Einführung einer nächtlichen Kernruhezeit (23:00 bis 5:00) und deren Einfluss auf den Schlaf jeweils in 2011 und in 2012 untersucht.

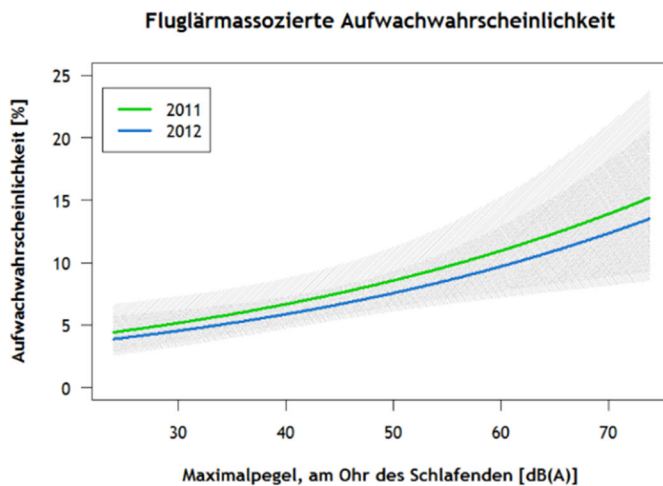


Abbildung 3-11: Expositions-Wirkungskurve zwischen maximalem Schalldruckpegel eines Fluglärmereignisses und der Aufwachwahrscheinlichkeit der Probanden am Flughafen Frankfurt in den Jahren 2011 und 2012. Schraffiert dargestellt sind die 95%-Konfidenzintervalle. Geräuschkdauer=68 s (Median), bisherige Anzahl an Schallereignissen=19 (Median), L_{Aeq} eine Minute vor dem Fluglärmereignis=28,8 dB(A) (Median), verstrichene Schlafdauer=814 Epochen, d.h. 407 min und entspricht ca. 5:30 Uhr, Alter=43 (Median).

Abbildung 5 (Müller et al. 2015 NORAH Schlafstudie 2011 und 2012) Expositionswirkungskurve für Schalldruckpegel und Aufwachwahrscheinlichkeit.

Bewertung: Der Vergleich der Aufwachwahrscheinlichkeit 2011 vor und 2012 nach Einführung einer Kernruhezeit zeigt, dass es im zeitlichen Verlauf eine geringere Aufwachwahrscheinlichkeit bei Exposition mit gleichem Schallpegel gibt. Bei einem Maximalpegel von 50 dB(A) am Ohr des Schlafers liegt die Aufwachwahrscheinlichkeit in beiden Fällen unter 10%. Das kann als Gewöhnung interpretiert werden. Insgesamt liegt die Dosis Wirkungskurve deutlich unter der in der DLR-Studie am Flughafen Köln/Bonn erfassten Kurve. Bei den Studien 2011 und 2012 wurde der Schallpegel am Ohr des Schlafenden erfasst, so dass der Unterschied der Ergebnisse zur DLR-Studie nicht durch die Messtechnik zu erklären war. Die Anzahl der mit Schlafmessung untersuchten Personen ist in beiden Studien aber begrenzt (NORAH: 37 bzw. 202 Personen; DLR: 64 bzw. 128 Personen), so dass Ergebnisse nur mit Einschränkung auf andere Flughäfen übertragbar sind.

e. Charité Gutachten 2017

Das Charite Gutachten erfolgte durch eine Expertengruppe, die eine Begutachtung des internationalen Literaturstandes mit Hilfe eines Bewertungskataloges durchführte. Der Bewertungskatalog bezog sich im Wesentlichen auf Qualitätskriterien. Solche Kriterien waren die Studienmethode der Untersuchungsparameter (z.B. Schlaf subjektiv oder objektiv) und die Herzkreislaufparameter (z.B. direkte Untersuchung von Blutdruck oder indirekte Werte wie Medikamentenverbrauch gemäß Apotheken Angaben) spezifiziert. Es wurde auch auf die Selektion der untersuchten Personengruppen geachtet. Ein Kriterium war, ob die untersuchte Personengruppe als repräsentativ angesehen werden kann. Im Ergebnis zeigten viele Studien eine eingeschränkte Qualität. Letztendlich kam das Charité Gutachten zur Aussage, dass die Ergebnisse der Fluglärm Synopse nach wie

vor den Stand der Lärmwirkungsforschung angemessen wiedergeben und eine Evidenz für Änderungen des Fluglärmschutzgesetzes durch die zusätzlichen Studien nicht erbracht werden kann. Das Charité Gutachten wurde von anderen Arbeitsgruppen kritisiert, da es unterschiedliche Einschätzungen zur Güte der bewerteten Studien gibt. Zudem leiten andere Arbeitsgruppen auf der Basis der von ihnen ausgewerteten Studien eine Empfehlung zur Aktualisierung der Fluglärm Synopse ab.

3. Entwicklung der Lärmwirkungsforschung zum Schutz vor nächtlichem Fluglärm von 2019 bis März 2025

- a. Gutachten zur Aktualisierung der Evaluierung der Forschungsergebnisse zur Wirkung von Fluglärm auf den Menschen Guski et al. 2023

Das Gutachten wurde im Auftrag des Fluglärmschutzvereins Frankfurt erstellt um mit Blick auf den Bericht der Bundesregierung zur Evaluierung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm von 2019 (Deutscher Bundestag Drs. 19/7220) neuere lärmmedizinische Erkenntnisse einzuführen. Das Gutachten umfasst eine Literaturanalyse von 61 zwischen 2015 und 2023 erschienen Publikationen nach einem neuen „Rapid-Review“ Verfahren. Es wurde zusätzlich eine Meta-Analyse der verfügbaren Daten aus einigen Studien durchgeführt, um die Meta-Analyse der WHO Environmental Guidelines von 2018 fortzusetzen. Nach den ausgewählten Studien weist die Exposition mit Fluglärm ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf-Erkrankungen, fluglärmbedingte Belästigung, Schlafstörung und Depression auf. Einschränkend wird von den Autoren aber festgehalten, dass die von Ihnen ausgewählten Studien oft eine geringe Studienqualität aufweisen und die Ergebnisse nicht immer signifikant sind. Das Gutachten schlägt ein Konzept für den Schutz vor nicht akzeptierbaren Gesundheitswirkungen aufgrund von Fluglärm vor, das zwei Schutzstufen umfasst:

- Schutzstufe 1 (präventive Grenze akzeptierbarer Gesundheitsrisiken)
- Schutzstufe 2: kritische Grenze akzeptierbarer Gesundheitsrisiken

Für den nächtlichen Fluglärm nennt es als Benchmark 3% hochgradig Schlafgestörte in der Schutzstufe 1 und 15% in der Schutzstufe 2. Basierend auf den verwendeten Studien werden konkrete Auslöseschwellen für die Schutzzonen angegeben. Für die Schutzzone 1 für maximal 3% hochgradig Schlafgestörte wird eine präventive Auslöseschwelle von $L_{Aeq,Nacht}$ 40 dB(A) außen angegeben. Für die Schutzzone 2 für maximal 15% hochgradig Schlafgestörte wird als kritische Grenze eine zwingende Auslöseschwelle von $L_{Aeq,Nacht}$ 44 dB(A) außen empfohlen. Bezüglich des NAT-Kriteriums wird empfohlen das bisherige L_{Amax} Kriterium für neue/baulich wesentliche erweiterte Flughäfen von 6 mal 53 dB(A) innen für beide Schutzzonen beizubehalten.

Bewertung: Das Gutachten verwendet die Kriterien des WHO-Review von 2018 und ergänzt dieses durch aktuelle Studien. Das Gutachten stellt eine systematische Literaturanalyse nach einem neuen „Rapid-Review“ Verfahren vor und leitet Empfehlungen für eine mögliche Novellierung des FluLärmG ab. Im Ergebnis kommt das Gutachten zu den gleichen Werten und zur gleichen Bewertung wie die WHO Environmental Noise Guidelines von 2018. Über die WHO Noise Guidelines hinausgehend schlägt das Gutachten eine Beibehaltung der NAT-Kriterien

vor. Insbesondere wird ein Konzept für den Schutz vor nicht akzeptierbaren Gesundheitswirkungen von Fluglärm vorgestellt (siehe oben). In zwei Stufen wird eine präventive Grenze akzeptierbarer Gesundheitsrisiken und eine kritische Grenze akzeptierbarer Gesundheitsrisiken vorgeschlagen. Die präventive Grenze wird mit $L_{AeqNacht}$ 40 dB(A) und L_{AeqTag} 44 dB(A) vorgeschlagen. Die kritische Grenze für akzeptierbare Gesundheitsrisiken wird mit $L_{AeqNacht}$ 44 dB(A) und L_{AeqTag} 51 dB(A) vorgeschlagen. Der Vorschlag für die kritische Grenze akzeptierbarer Gesundheitsrisiken von $L_{AeqNacht}$ 44 dB(A) liegt ein dB(A) unter der ansonsten akzeptierten Schwelle von 45 dB(A), ab der lärmmedizinische Folgen zu betrachten sind. In Anbetracht des Umstandes, dass die Lärmwirkungen bei weniger hohen Pegeln regelmäßig auf einem berichteten subjektiven Empfinden beruhen, stellt der $L_{AeqNacht}$ 44 dB(A) – anders als von Guski et al. dargestellt – nicht eine verbindliche kritische Grenze akzeptierbarer Gesundheitsbeschränkungen dar, sondern eher die Grenze einer lärmmedizinisch noch relevanten Belastung. Das wird auch deutlich, wenn man die Grundlage der Erkenntnisse von Guski et al., nämlich die WHO-Empfehlungen betrachtet. Die WHO empfiehlt für den ganzen Tag (24 Stunden) einen Wert von L_{Aeqden} 45 dB(A) einzuhalten und diesen für den Nachtzeitraum auf $L_{AeqNacht}$ 40 dB(A) zu reduzieren. Diese Empfehlungen beruhen wesentlich auf epidemiologischen Studien zur Belästigung, d.h. auf Befragungen von Betroffenen. D.h. eine Zunahme an Gesundheitsschäden wurden bei diesen geringen Schallpegel Expositionen gerade nicht zuverlässig nachgewiesen.

Das Gutachten befasst sich darüber hinaus ausführlich mit dem Charité Gutachten zu Fluglärm-Effekten von 2017 und kritisiert dieses sowohl inhaltlich als auch vom methodischen Vorgehen her. Die inhaltliche Kritik beruht vor allem auf der Annahme, dass andere, strengere Werte unbedingt erforderlich seien. Lärmmedizinische Nachweise für die Erforderlichkeit dieser strengeren Werte werden aber nicht vorgelegt. Das methodische Vorgehen des Charité-Gutachtens war durch seine Autoren ebenfalls abgesichert. Es wurde von den Autoren für die Bewertung der Studien ein standardisierter Bewertungsbogen mit 30 Kriterien eingesetzt. Die Evidenz der Studien wurde in vier Kategorien bewertet (Penzel et al. 2019). Da beide Gutachten weitgehend die gleichen Studien bewerteten, bleibt festzuhalten, dass nach einer objektiven Studienqualitätsbewertung aufgrund der unvollständigen Studienlage noch ein Interpretationsspielraum bleibt, der unterschiedliche Schlussfolgerung zulässt.

b. Studie Elmenhorst 2024

In einer 2024 veröffentlichten Arbeit hat Frau Elmenhorst von der DLR die Auswirkungen eines Nachtflugverbots auf den Schlaf und insbesondere die Aufwachereignisse untersucht. Dafür hat sie die vorhandenen Studiendaten der NORAH Studie von 2011 und 2012 vom Flughafen Frankfurt nochmals detailliert ausgewertet. Im Rahmen der NORAH Studie wurde bei insgesamt 202 Teilnehmern der Schlaf mit Schlaf-EEG zuhause und die Lärmbelastung am Ohr des Schlafenden gemessen. Von den 49 Personen, die 2011 teilnahmen waren 41 einverstanden 2012 wiederholt den Schlaf zuhause messen zu lassen.

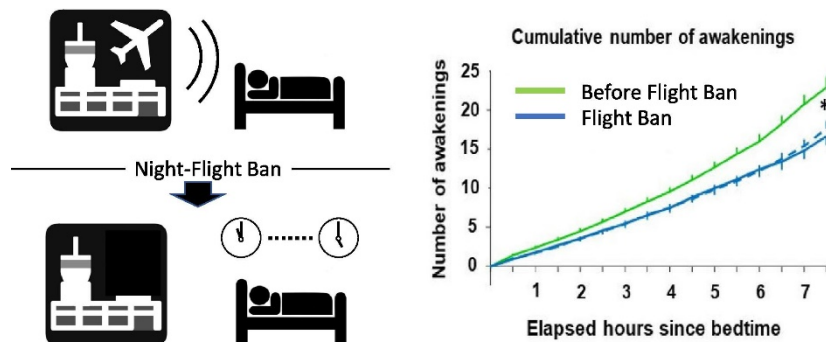


Abbildung 6 Elmenhorst et al. 2024: Kumulative Aufwachereignisse vor und mit dem Nachtflugverbot: nach 8 Stunden Schlafzeit finden sich signifikant weniger Aufwachereignisse beim Nachtflugverbot im Jahr 2012 gegenüber dem Jahr 2011.

Bei diesen 41 Teilnehmern wurden die Aufwachreaktionen im Zusammenhang mit Überflugereignissen ausgewertet. Es bestand die Möglichkeit, den Flugverkehr 2011 ohne Nachtflugverbot mit dem Flugverkehr 2012 mit dem eingeführten Nachtflugverbot zwischen 23:00 und 5:00 Uhr zu vergleichen. Die Ergebnisse sind in den Abbildungen 6 und 7 wiedergegeben. Sie besagen, dass die Gesamtzahl der Aufwachereignisse bei Nachtflugverbot abnimmt, wenn man Frühschläfer ist. Die Spätschläfer profitierten nicht wesentlich vom Nachtflugverbot in Frankfurt. Konkret zeigte sich, dass die Aufwachereignisse bei Frühschläfern (22:00-22:30) von 26.8 auf 14.9 pro Nacht zurückgingen wohingegen sie bei Spätschläfern (23:00-23:30) auch nach Einführen der nächtlichen Kernruhezeit von 23:00 bis 5:00 Uhr noch 24.6 pro Nacht betrugen. Im Mittelwert über alle Teilnehmer zusammen genommen ergab sich dann eine Reduktion der Aufwachereignisse. Dies ist in Abbildung 6 rechts dargestellt. In Abbildung 7 B ist der Unterschied zwischen Frühschläfern und Spätschläfern berechnet mit einer Wahrscheinlichkeit des Aufwachens während der Nacht dargestellt. In Abbildung 7 A ist letztlich die Abbildung 6 aus der älteren Untersuchung wiederholt dargestellt, um den Effekt des Nachtflugverbotes in diesem Kontext darzustellen

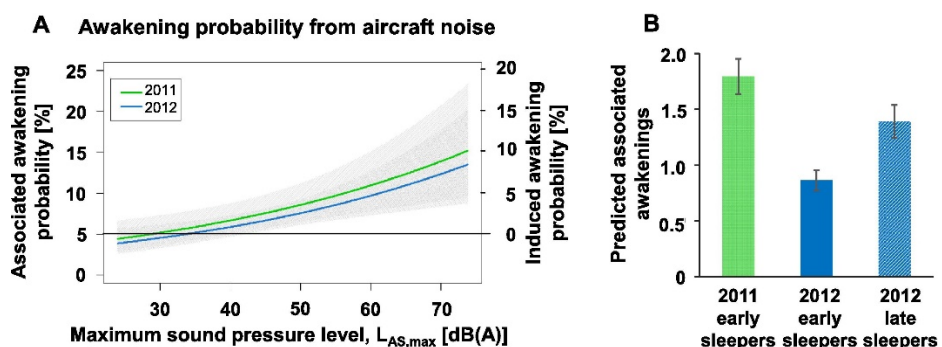


Abbildung 7 Elmenhorst et al. 2024: Es wurde in der Arbeit untersucht ob die Schlafenszeit für die Aufwachereignisse von Bedeutung ist. Es zeigte sich, dass die Aufwachwahrscheinlichkeit bei Frühschläfern (22:00-22:30) signifikant zurückging; wohingegen sie bei Spätschläfern (23:00-23:30) bei Nachtflugverbot nur geringfügig zurückging und weiterhin höher als bei den Frühschläfern blieb.

Bewertung: Es handelt sich um eine sorgfältige Analyse von Untersuchungen aus den Jahren 2011 und 2012 im Kontext der Eröffnung einer weiteren Landebahn am Flughafen Frankfurt. Dieser Kontext kann beeinflusst haben, wer an der Feldstudie teilgenommen hat, denn die Teilnehmerzahl 41 ist bezogen auf die Anwohnerzahl eher gering. Nach den Ergebnissen dieser Studie profitieren Frühschläfer von einem Nachtflugverbot; Spätschläfer dagegen eher nicht. Die Untersuchung ist aufgrund der geringen Teilnehmerzahl und der unterschiedlichen Effekte bei Früh- und Spätschläfern nicht geeignet, eine lärmmedizinisch zwingende Aussage zur Notwendigkeit eines vollständigen Nachtflugverbots zu machen. Die Lärmmedizin lässt insoweit Spielräume für die politische Entscheidung, zumal lärmmedizinisch den Anforderungen durch die Maßnahmen nach § 2 Abs. 2 FluLärmG ausreichend Rechnung getragen ist.

c. Studie Topriceanu 2025

In einigen Ländern werden inzwischen repräsentative nationale Gesundheitsdaten erhoben. In Deutschland ist dies die Nationale Gesundheitsstudie NAKO (www.nako.de) und in England ist dies die UK Biobank (www.ukbiobank.ac.uk). Man erhofft sich die Entstehung und Verbreitung von Volkskrankheiten sowie von Risikofaktoren zu erkennen und zu verstehen. Dabei sollen Genetik und Umwelteinflüsse ebenfalls untersucht werden. Grundsätzlich entstehen hierbei Daten, die auch für die Lärmwirkungsforschung von Bedeutung sein können. In der aktuellen Studie von Topriceanu 2025 wurden erstmalig die Daten der UK Biobank mit Fluglärm Expositionsdaten in Beziehung gesetzt. Von einer Untergruppe der Patienten, deren Daten in der UK Biobank aufgenommen wurden, lagen die Ergebnisse einer Herz Magnettomographie (Cardio-MRT) als Untersuchung vor. Dies waren 26.658 Personen. Von diesen wiederum wohnen 3.635 Personen im Umfeld von größeren internationalen Flughäfen. Es wurden Parameter dieser Untersuchung als Zeichen eines erhöhten Herz-Kreislauf Risikos für Personen mit geringer Lärmexposition über 24 Stunden (L_{den} unter 50 dB(A)) gegenüber erhöhter Lärmexposition über 24 Stunden ($L_{den} \geq 50$ dB(A)) verglichen. Zusätzlich wurden die Parameter bezogen auf die nächtliche Lärmexposition mit $L_{night} \geq 45$ dB(A) und darunter verglichen. Bezüglich der nächtlichen Exposition war bei 107 Teilnehmern eine erhöhte Lärmexposition und bei 3.528 Teilnehmern keine erhöhte nächtliche Lärmexposition vorgegeben. Einige Parameter des Cardio-MRT weisen auf ein erhöhtes Risiko für Herz-Kreislauf Erkrankungen hin. Dies erschien mit Übergewicht und Bluthochdruck assoziiert. Auch wenn nur die nächtliche Lärmwirkung untersucht wurde, so zeigte sich eine Verschlechterung einzelner Werte des Cardio-MRT bei einer höheren Fluglärmbelastung. Eine kausale Beziehung konnte aufgrund der nur einmal durchgeführten Untersuchung nicht getroffen werden. Aufgrund der geringen Zahl von Teilnehmern mit einer Lärmbelastung war es nicht möglich eine Dosis Wirkungsbeziehung zu ermitteln. Ob lärmbelastete Teilnehmer Schutzmaßnahmen gegen den Lärm getroffen hatten, konnte auch nicht ermittelt werden. Die Autoren schlussfolgern, dass die Daten existierende Ergebnisse bestätigen und sie fordern, dass politische Maßnahmen ergriffen werden ohne jedoch Grenzwerte vorschlagen zu können.

- d. Umweltbundesamt 2025. Verfahren zur Beurteilung von nächtlichem Fluglärm und baulicher Schallschutz für Schlafräume 2025

Der neue (Februar 2025) Bericht des Umweltbundesamts stellt die Ergebnisse eines Forschungsprojektes dar, in dem die vorhandenen Verfahren zur Beurteilung von nächtlichem Fluglärm verglichen werden. Dazu erfolgte eine Literaturanalyse, eine Bevölkerungsbefragung von 449 Personen, eine Daten Reanalyse, eine Befragung von 10 Akteuren. Anschließend an eine Bewertung werden Handlungsempfehlungen für Kriterien zum Schutz vor Nachtfluglärm gegeben. Es wurden die Kriterien Dauerschallpegel, Maximalpegel-Schwellwerte (NAT-Kriterium) und Aufwachreaktionen verglichen. Im Ergebnis wird vorgeschlagen eine Aufwachreaktion (AWR=1) als Schwellenwert für die Festlegung einer Nachtschutzzone heranzuziehen.

II. Schutzziel Schlaf

1. Lärmmedizinische Kriterien

Die Lärmmedizin untersucht die medizinischen Auswirkungen einer starken Geräuschexposition. Aus lärmmedizinischer Sicht soll der Schlaf nicht beeinträchtigt werden, d.h. keine relevanten zusätzlichen Schlafstörungen bewirkt und die Schlafqualität nicht beeinträchtigt werden. Die Autoren der Fluglärmynopse formulierten daher, dass die Vermeidung von Lärm während der Nacht von 22 bis 6 Uhr grundsätzlich aus lärmmedizinischer Sicht die optimale Lösung sei. Da es einen absoluten Vorrang einer belästigungsfreien Nacht nicht geben kann, haben sie sich darum bemüht, lärmmedizinisch allgemein vertretbare Grenzwerte für die Gesundheitsgefährdung, für die erhebliche Belästigung (kritischer Toleranzwert und präventiver Richtwert) für die Belästigung und für eine nicht mehr relevante Belastung (Schwellenwert) zu ermitteln. Unterhalb der Erheblichkeitsschwelle enthält das FluLärmG keine weiteren lärmmedizinischen Kriterien. Aus lärmmedizinischer Sicht kann auch die Belastung mit Fluglärm unterhalb dieser Schwelle eine belästigende Wirkung haben. Bei der Bewertung dieser Belastungen ist es aus lärmmedizinischer Sicht sachgerecht zu berücksichtigen, dass sich Menschen an Umgebungsbedingungen wie Temperatur, Lichtverhältnisse und Umgebungsgeräusche gewöhnen. Medizinisch bedeutsam werden die äußeren Einflüsse, wenn Erkrankungen und unzumutbare Belästigungen hervorgerufen werden. Daher gilt es zu vermeiden, dass durch eine flugbetriebsbedingte Geräuschbelastung (Dosis) (erhebliche) Belästigungen (Wirkungen) bei den Betroffenen ausgelöst werden. Für diese Schwellen [Belästigung, (erhebliche) Belästigung, Gesundheitsgefahr] sind lärmmedizinische Kriterien zu entwickeln. Für die Ermittlung dieser Schwellen ist auch zu bedenken, dass die lärmmedizinischen Erkenntnisse nicht statisch sind. Vielmehr entwickeln sich die lärmmedizinischen Erkenntnisse (und damit die daraus abgeleiteten Kriterien) aufgrund neuer Forschungs- und Studienergebnisse weiter. Die Studienergebnisse beruhen auf Untersuchungen an betroffenen Menschen, die wiederum in ihrem sozialen Umfeld veränderten Einflüssen unterliegen. Was gestern an Einflüssen noch akzeptabel erschien, kann heute schon nicht mehr hinnehmbar sein. Dies betrifft weniger objektive Schäden (Hörschäden) als vielmehr die subjektive Wahrnehmung (Belästigung). Dabei ist zu beachten, dass nach dem Kenntnisstand der Psychoakustik eine Belästigung, also psychische Beeinträchtigung, auch eine somatische, also körperliche Folge und Beeinträchtigung (z.B. Bluthochdruck) nach sich ziehen kann. Da es an zwingenden kausalen Beziehungen fehlt, gibt es lärmmedizinisch keine festgeschriebenen Grenzwerte. Vielmehr ist es für die Ermittlung solcher Grenzwerte aufgrund der Untersuchungen erforderlich Risikoabschätzungen hochzurechnen, deren Grundlage auch Interessen geleitet sein kann, d.h. auf einer unterschiedlichen Prämissensetzung beruhen.

2. Erinnerbares zusätzliches Aufwachen

Wesentliches Element für die Bewertung des natürlichen Fluglärms ist das Kriterium „Vermeidung eines zusätzlichen lärmbedingten Aufwachens und der Störung des Wiedereinschlafens“. Die kritischen Toleranzwerte der Synopse 2002 ($L_{Amax} 6 \times 75 \text{ dB(A)}$ und L_{Aeq} Nacht von 55 dB(A) jeweils außen) wurden für die Bestandsflughäfen in § 2 Abs. 2 Nr. 2 FluLärmG mit L_{Aeq} 55 dB(A) und L_{Amax} 6 mal 72 dB(A) weitgehend übernommen und als erhebliche Belästigung definiert. Schlaf dient der physischen und psychischen Regeneration und ist daher zu schützen. Die normale Schlafdauer hängt vom Alter ab. Kinder brauchen mehr Schlaf, Säuglinge bis zu 16 Stunden, Kinder 10 Stunden, Erwachsene 7 bis 8 Stunden (variiert zwischen 4 und 12 Stunden). Bei älteren Menschen und Menschen, die es sich erlauben können, kann der Nachtschlaf kürzer sein (z.B. 6 Stunden) und ein Mittagschlaf zusätzlich eingelegt werden.

Wie lange die individuelle Schlafdauer ist, ist oft erblich vorgegeben und wann eine Person zu Bett geht (Frühtypen und Spättypen) ist ebenfalls erblich vorgegeben. Schlafdauer und Schlafzeit können jedoch an soziale (z.B. Wochenende) und berufliche (z.B. Schichtarbeit) Erfordernisse angepasst werden, ohne gesundheitliche Beeinträchtigungen zu erleiden. Während der Nacht wacht ein Mensch in der Regel ca. 20-mal auf und bewegt oder dreht sich ohne dies zu merken oder zu erinnern. An ein Aufwachen erinnert man sich nur, wenn dieses lang genug ist (z.B. Toilettengang). Bei mehr als drei erinnerten Aufwachzeiten im Schlaf empfinden viele Menschen ihren Schlaf als gestört. In diesem Zusammenhang wird häufig der Begriff Schlafqualität verwendet, der jedoch nicht mit konkreten Werten aus schlafmedizinisch ermittelten Parametern wie Anzahl Aufwachereignisse oder Gesamtdauer der Wachzeiten, definiert ist.

Eine Variation des Schlafes und der Schlafqualität ist für jeden Schläfer normal. Bei Sorgen, bei vorübergehenden Erkrankungen (Erkältung, Schmerzen) oder bei chronischen Erkrankungen (Asthma, COPD, neurologische und psychiatrische Erkrankungen) ist regelmäßig auch der Schlaf betroffen. Dies sind Schlafstörungen aus anderer Ursache. Die Schlafmedizin befasst sich mit Erkrankungen, die ihre Ursache im Schlaf selbst haben. Bekannte Beispiele sind Schlafapnoe (schlafbezogene Atemstörung, bei der es während des Schlafs wiederholt zur Verringerung oder dem kompletten Aussetzen der Atmung durch eine Verengung des Rachenraums kommt), periodische Beinbewegungen im Schlaf und Schlafwandeln.

III. Weitere Schutzziele

Bereits in der Fluglärmsynopse 2002 sind mehrere Kriterien für die Bewertung des Fluglärms aufgeführt, die unterschiedlichen Schutzziele dienen sollen. In zahlreichen Studien zur Lärmwirkung wurden und werden medizinische Folgen ebenfalls mit weiteren Kriterien untersucht. Diese haben aber für die Bewertung der nächtlichen Belastung mit Fluglärm nur eine nachrangige Bedeutung. Für die Nacht ist das wesentliche Schutzziel der Schlaf. Neben dem Schutzziel Schlaf kennt die Lärmmedizin weitere Schutzziele.

Das Schutzziel „Vermeidung von Hörschäden“ wird von den für den Schutz des Schlafs in Ansatz gebrachten Kriterien vollständig erfüllt und bedarf daher im vorliegenden Zusammenhang keiner weiteren Betrachtung. Gleiches gilt für das in der Fluglärmsynopse von 2002 genannte Schutzziel „Vermeidung extraauraler Gesundheitsschäden /Krankheiten“. Dieses Schutzziel erfasst mögliche medizinische Folgen von Lärmexposition, die in Studien untersucht wurden: Herz- Kreislauf-Erkrankungen (Bluthochdruck, Herzinfarkt, Schlaganfall), Tumorerkrankungen und psychische Erkrankungen (Depression). Zur Quantifizierung werden medizinische Messwerte und Diagnosen, Anzahl Arztbesuche / Krankenhausaufenthalte und Medikamentengebrauch erfasst. Ein weiteres Schutzziel ist die „Vermeidung der erheblichen Belästigung“. In den Studien zur Lärmexposition wird zusätzlich die Belästigung durch Befragung erfasst. Die Befragung erfolgt mit unterschiedlichen Instrumenten / Fragebögen, die den Grad der Belästigung auf einer Skala von 1 bis 5 oder auf einer Skala von 0 bis 10 erfassen (z.B. bei NORAH und den WHO-Studien). Die nächtliche Belastung mit Fluglärm kann infolge von Schlafstörungen zu entsprechenden Wirkungen führen. Diese Wirkungen werden aber nach dem aktuellen Stand der lärmmedizinischen Forschung noch ausreichend über das Kriterium „Vermeidung einer zusätzlichen Aufwachreaktion“ abgedeckt. Das Kriterium bestimmt die Parameter, unter welchen Voraussetzungen ein zusätzliches fluglärmbedingtes Aufwachereignis in der Nacht zu erwarten ist. § 2 Abs. 2 FluLärmG setzt dieses Kriterium für Bestandflughäfen mit dem Häufigkeits-Maximalpegelkriterium $L_{Amax} 6 \times 57 \text{ dB(A)}$ innen fest. Dieses Kriterium ist drauf gerichtet, die Ursache der Folgewirkungen des zusätzlichen Aufwachens nämlich das zusätzliche Aufwachereignis zu vermeiden. Eine

Aktivierung durch ein nächtliches Fluglärmereignis kann eine unbewusste Erhöhung der Herzfrequenz und des Blutdruckes bewirken, ohne zu einem bewussten Aufwachen zu führen. Eine solche bleibt also unterhalb der Aufwachschwelle. Als Wirkung ist es aus lärmmedizinischer Sicht ähnlich wie eine Änderung der Schlafposition, also ein Drehen des Schläfers von links nach rechts einzuordnen und damit ohne nachweisbare gesundheitliche medizinische Bedeutung. Ein bewusstes Aufwachen hingegen kann infolge des eingetreten Wachseins zu Grübeln und zu Ärger führen und ist damit als Belästigung und ggf. sogar als erhebliche Belästigung anzusehen, je nachdem wie sehr das mögliche Ärger zu einem erschwerten Wiedereinschlafen führt. Die damit einhergehende Erhöhung der Herzfrequenz und des Blutdruckes hängt von dem empfundenen Ärger ab und variiert entsprechend.

Ein weiteres Schutzziel ist die Vermeidung von Störungen der Kommunikation. Eine Störung oder Einschränkung der Kommunikation ist eher dem Tag als der Nacht, jedenfalls nicht der Schlafphase zuzuordnen. Eine Unterbrechung der Kommunikation kann im Einzelfall auch bei einzelnen Überflügeignissen mit geringer Lärmbelastung als störend erlebt werden. Insofern ist eine Verallgemeinerung ohne speziell auf dieses Schutzziel ausgerichtete Studien nicht wissenschaftlich belegbar möglich. Auch das Schutzziel „Vermeidung der Störung der Erholung in Außenanlagen“ spielt für die Bewertung nächtlichen Fluglärms eine untergeordnete Rolle.

Es wurde auch die Leseleistung bei Schulkindern als Zeichen einer Lernbeeinträchtigung untersucht. In der NORAH Studie wurde die Leseleistung untersucht und es wurden in einzelnen Gruppen Verzögerungen in der Leseleistung gefunden. Diese Wirkungen sind in der Regel nicht auf den nächtlichen Fluglärm zurückzuführen.

IV. Die Umgebungslärm Richtlinie der EU und die Leitlinien der WHO

Neben dem FluLärmG werden in der Diskussion um den nächtlichen Fluglärm auch die Bewertungen herangezogen, die im Zusammenhang mit der Umgebungslärm Richtlinie stehen. Die in der 34. BImSchV umgesetzte Umgebungslärm-Richtlinie dient der Erfassung von Lärmbelastungen aus verschiedenen Quellen, § 3 Abs. 1 34. BImSchV und der auf der Lärmkartierung fußenden Lärm-Aktionsplanung im Fall einer besonderen Lärmbelastung. Anders als das FluLärmG formuliert sie aber keine Grenzwerte und verbindliche Maßnahmen, sondern überlässt die Maßnahmenplanung der für die Lärmaktionsplanung zuständigen Behörde. Zur Bewertung und Ermittlung von Lärmbelastungen verwendet die Umgebungslärm-Richtlinie eigene Kriterien, die nicht automatisch mit den Kriterien des FluLärmG (oder auch der Synopse) gleichgesetzt werden können. Dies ist bei der Übertragung auf das FluLärmG zu beachten. In diesem Zusammenhang sind die WHO Environmental Noise Guidelines von 2018 von Bedeutung, da sie Kriterien empfehlen. Außerdem ist festzustellen, dass allein die Verwendung anderer Kriterien nicht dazu führt, dass die Erkenntnisse zum FluLärmG überholt wären.

1. L_{DEN} und L_{night} für Fluglärm

Von den vier in § 2 34. BImSchV genannten Beurteilungspegeln sind der L_{DEN} (Day-Evening-Night), der die durchschnittliche Belastung mit Umgebungslärm für 24 Stunden bezeichnet, und der L_{night} von besonderer Bedeutung. Der L_{DEN} erfasst eine 24stündige Belastung mit den Abschnitten D = day (06:00 bis 18:00), E = evening (18:00 bis 22:00) und N = night (22:00 bis 06:00). Die einzelnen zeitlichen Abschnitte werden unterschiedlich gewichtet. Für den Abend Lärmpegel und für den Nachtlärmpegel gibt es Aufschläge auf die gemessenen Mittelwerte. Es handelt sich also um eine rechnerisch gewichtete durchschnittliche Lärmbelastung und nicht um einen konkret messbaren Wert. Die WHO empfiehlt für die durchschnittliche Lärmbelastung durch Luftverkehr einen L_{DEN} von 45 dB(A) außen an der stärksten exponierten

Hauswand nicht zu überschreiten. Oberhalb dieses Dauerschallpegels soll Luftverkehrslärm nach den Erkenntnissen der WHO mit schädlichen gesundheitlichen Auswirkungen verbunden sein. Die WHO stuft diese Empfehlung als „stark“ ein. Eine „starke Empfehlung“ soll laut WHO in den meisten Situationen als politische Richtlinie übernommen werden können. Die Empfehlung beruht auf der Überzeugung der WHO, dass der gewünschte Effekt bei Befolgen der Empfehlung gegenüber möglichen unerwünschten Folgen überwiegt. Somit sollte die Empfehlung in den meisten Situationen umgesetzt werden (UBA-Position „WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region“, S. 7 (https://www.umweltbundesamt.de/sites/default/files/medien/1410/publikationen/190805_uba_pos_who_umgebungs-larm_bf_0.pdf)).

Der L_{night} ist ein äquivalenter Dauerschallpegel für den Zeitraum 22.00 bis 06.00 Uhr. Die WHO empfiehlt für die durchschnittliche nächtliche Lärmbelastung durch Luftverkehr einen L_{night} von 40 dB(A) nicht zu überschreiten. Oberhalb dieses Dauerschallpegels soll Luftverkehrslärm nach den Erkenntnissen der WHO mit Beeinträchtigungen des Schlafs verbunden sein. Die WHO stuft diese Empfehlung als stark ein. Dieser Wert für L_{night} kann lärmmedizinisch ähnlich eingeordnet werden, wie der bereits in der Fluglärmssynopse als Schwellenwert innen genannte äquivalente Dauerschallpegel (Fluglärmssynopse Tabelle 7 „Bewertungsgrenzen zur Vermeidung von Schlafstörungen (Gesamtnacht)“). Beim Schwellenwert handelt es sich um einen Wert, der unter dem Minimierungsgebot von Lärm langfristig angestrebt werden sollte um Schlafstörungen zu vermeiden.

2. Bedeutung des NAT Kriteriums

Die Umgebungslärm-Richtlinie verwendet – anders als § 2 Abs. 2 FluLärmG - zur Ermittlung und Bewertung von Fluglärm in der Nacht kein NAT-Kriterium (NAT = number above threshold). Auch die WHO-Leitlinien verwenden bei der Bewertung der nächtlichen flugbedingten Lärmbelastung kein NAT-Kriterium für die Bestimmung von bestimmten Schwellen. Auch bei der Beurteilung des Fluglärms finden die äquivalenten Dauerschallpegel für die durchschnittliche Belastung (L_{DEN}) und für die Nacht (L_{night}) Anwendung. In Deutschland wurde mit der Fluglärm Synopse das NAT-Kriterium eingeführt, um der spezifischen Belastung durch Fluglärm einzelne zum Teil laute und störende Überflugereignisse zu berücksichtigen und zu regulieren. International liegen zu dieser Besonderheit keine wissenschaftlichen Studien vor und damit kann auch keine wissenschaftlich fundierte Bewertung zu den NAT-Kriterien erfolgen.

3. Kriterium „stark schlafgestörte Personen (HSD)“

Als stark schlafgestört gelten Personen [§ 4 Abs. 4 Satz 1 Nr. 9 lit. c) 34. BImSchV], welche bei der Frage nach Schlafstörungen durch Verkehrslärmquellen angeben, dass sie sich beim Einschlafen und während des Schlafes gestört fühlen und sie geben nächtliches Aufwachen an. Die Ermittlung der Anzahl stark schlafgestörter Personen beruht nicht auf objektivierten lärmmedizinischen Erkenntnissen, ob es durch eine bestimmte Lärm-Dosis zu bestimmten medizinischen Wirkungen kommt. Es handelt sich vielmehr um eine Selbsteinschätzung der Befragten über den Grad einer Belästigung. Durch die Festlegung von Prozentwerten (z.B. 10% HSD bei einem Pegel von 45 dB(A)) erfolgt eine Verallgemeinerung. Lärmmedizinisch lässt sich aus dem Wert keine belastbare Aussage ableiten. Tendenziell führt die Methodik dazu, dass sich der Anteil der Personen, die sich durch eine bestimmte Lärmbelastung erheblich belästigt fühlt, ansteigt. In den vorliegenden Studien wurden die Fragen nach diesen Störungen nicht einheitlich gestellt. Vielmehr gibt es manchmal mehrstufige verbale Skalen (z.B.

fünfstufig von nicht gestört (1) bis extrem gestört (5)) und manchmal numerische Skalen von 0 bis 10. Für eine Metaanalyse, die für die WHO-Leitlinien herangezogen wurde, wurden diese Studien rechnerisch zusammengeführt. Die Ergebnisse dieser Metaanalyse sind in der Abbildung 8 dargestellt.

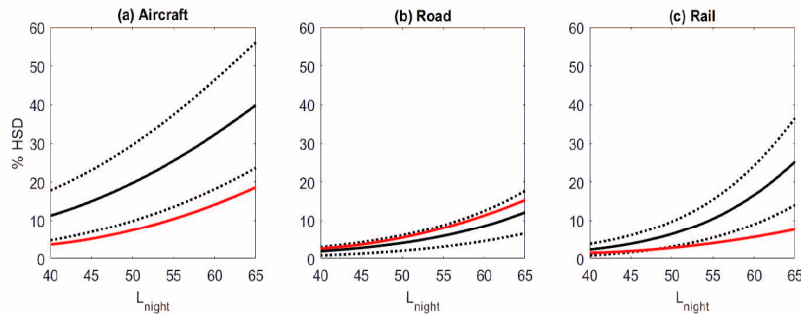


Figure 8. The percent highly sleep disturbed (HSD) based on responses to questions on awakenings, difficulty falling asleep, and sleep disturbance for road, rail, and aircraft noise (black dashed lines: 95% confidence intervals). The number of studies and subjects contributing to the analyses can be found in Tables 2–4. Red: Miedema and Vos (2007) [22] highly sleep disturbed exposure-response curves.

Abbildung 8 Basner und McGuire 2018: Aufgetragen ist eine Auswertung von 6 Studien, welche die Zusammenfassung zwischen nächtlicher Fluglärm Belastung und hoher selbstberichteter Schlafbelästigung darstellt (Basner. Internat. J. Environ. Res. And Public Health 2018). Schwarz ist die Mittelwertkurve. Mit schwarzen Punkten ist der Vertrauensbereich, die Variation dieser 6 Studien dargestellt. Rot ist die Kurve der Hoch Schlafgestörten nach der älteren Miedema Studie dargestellt. Die Schlafbelästigung in der schwarzen Kurve wurde aus Fragen zu Aufwachen, Schwierigkeit einzuschlafen und Schlafstörung zusammengefasst. Außer Fluglärm (a) wurde die gleiche Auswertung für Straßen- und Eisenbahnlärm durchgeführt um daraus die WHO-Empfehlungen zu nächtlicher Lärmbelastung herzuleiten. Es fällt auf, dass subjektiv mehr Schlafstörungen für Fluglärm im Vergleich zu Straßen- und Bahnlärm berichtet werden. Es fällt weiter auf, dass nach dem neuen Kombinationskriterium von Basner 2018 mehr Personen eine Schlafbelästigung angeben, als dies bei der Miedema Studie 2007 der Fall war. Bei einem Schwellenwert von 10% hoch schlafgestörten Personen (HSD) kann für Fluglärm ein L_{night} von 40 dB(A) abgelesen werden. Zu beachten ist, dass die Datenerhebung, also die Achse in der Abbildung, bei diesem Wert aufhört. Es ist daher anzunehmen, dass auch bei noch niedrigen L_{night} Werten ähnlich viele Hoch Schlafgestörte dargestellt würden.

4. Bestimmung von Lärmbrennpunkten

Zur Umsetzung der Umgebungslärmrichtlinie sind von den zuständigen Behörden Lärmaktionspläne zu erarbeiten. Dazu ist auf der Grundlage der Lärmkartierung die Lärmsituation zu bewerten. In der Maßnahmenplanung kann es sinnvoll sein, zunächst Lärmbelastungsschwerpunkte („Hotspots“) zu ermitteln. Diese Lärmbelastungsschwerpunkte berücksichtigen neben der lokalen Lärmbelastung auch die Anzahl betroffener Personen. Bei der Festlegung und Ausarbeitung von Maßnahmen, Konzepten und Strategien zur Lärmreduzierung können so Aspekte der Kosten-Wirksamkeit Berücksichtigung finden. Die in den Lärmkarten dargestellten Lärmpegel allein sind hierfür nicht ausreichend.

Als Lärmbrennpunkte werden im Lärmphysikalischen Gutachten die 10 % höchstbelasteten Flächen (90-Perzentil) definiert. Maß der Belastung ist die Anzahl hoch schlafgestörter Personen pro km^2 . Aus der räumlichen Verteilung der Anzahl hoch schlafgestörter Personen (rech-

nerisch bestimmt je Gebäude) lässt sich die „Betroffenheitsdichte“ oder Anzahl hoch schlafgestörter Personen je km² ermitteln und farbig darstellen. Die 10 % höchstbelasteten Flächen weisen im Umfeld des Flughafen Hannover eine Belastung von mindestens 260 hoch schlafgestörten Personen pro km² aus. Entsprechend wurden Flächen mit mindestens 260 hoch schlafgestörten Personen pro km² farbig (rot) hervorgehoben.

Nach dieser Definition gibt es im Status Quo Lärmbrennpunkte in Garbsen und Langenhagen (Teilgutachten 1, S. 34 Abb. 12, rot markiert) und sind für das Prognosejahr 2030 vergleichbare Lärmbrennpunkte zu erwarten (Teilgutachten 1, S. 34) sofern es keine wesentlichen Veränderungen in der Einwohnerzahl und im Flugbetrieb gibt. Da sich die Flächen für die Brennpunkte nicht wesentlich unterscheiden, wurden sie nicht zusätzlich in der Abb. 12 dargestellt.

V. Relevante Lärmindizes für eine Bewertung des nächtlichen Fluglärms der Region Hannover

Grundlage für die Bewertung des durch den nächtlichen Flugbetrieb am Flughafen Hannover verursachten Fluglärms ist die Feststellung, welche physikalische Belastung hierdurch in der Region Hannover auftritt. Diese Belastung soll in dem Teilgutachten 1 anhand der nachfolgend dargestellten Konturen, die auf den vorstehend diskutierten Kriterien beruhen, erfolgen. Dabei werden auch Konturen ermittelt, die auf Grundlagen beruhen, die von den Anwohnern angeführt werden, z.B. einer Übertragung von Erkenntnissen aus der Umgebungslärm-Richtlinie bzw. der zu ihrer Umsetzung angeführten WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region. Bei diesen Werten handelt es sich um Empfehlungen. In jedem Fall zu betrachten sind die gesetzlich vorgeschriebenen Grenzwerte für eine erhebliche Belästigung in § 2 Abs. 2 FluLärmG. Dabei werden die Werte für bestehende und neue Flughäfen einbezogen. Dies auch deshalb, weil eine Anwendung der Werte für neue Flughäfen teilweise von den Anwohnern des Flughafens Hannover gefordert wird. Eine Forderung, die auch an anderen Flughäfen und in der Diskussion um die Beurteilung der Bestandswerte des § 2 Abs. 2 FluLärmG erhoben wird. Diese Werte sind aus den lärmmedizinischen Kriterien „kritischer Toleranzwert“ und „präventiver Richtwert“ der Fluglärmsynopse abgeleitet. Die Werte in § 2 Abs. 2 FluLärmG bilden die gesetzlich bestimmten Kriterien, ab deren Erreichen ein Anspruch auf Schutzvorkehrungen besteht. Auch wenn es sich um politisch-rechtliche Setzungen handelt, beruhen sie dennoch auf lärmmedizinischen Grundlagen, deren Gültigkeit nach wie vor gegeben ist. Im Teilgutachten 1 wurden die Konturen für neue und wesentlich erweiterte sowie bestehende Flugplätze

- $L_{Aeq, \text{Nacht außen}}$ 50 dB(A) und $L_{Amax \text{ innen}}$ 6 x 53 dB(A) und
- $L_{Aeq, \text{Nacht außen}}$ 55 dB(A) und $L_{Amax \text{ innen}}$ 6 x 57 dB(A)

dargestellt (Anlagen 2.1 und 2.2) und die Betroffenenzahlen ermittelt (Teilgutachten 1, S.33). Für bestehende Flugplätze, also $L_{Aeq, \text{Nacht außen}}$ 55 dB(A) und $L_{Amax \text{ innen}}$ 6 x 57 dB(A) ergeben sich auf der Grundlage DES 2020 23.589 Betroffene. Für die Prognose DES 2030 ergeben sich 25.132 betroffene Personen.

Zum Vergleich wurde auch die Kontur für eine zusätzliche fluglärmbedingte Aufwachreaktion nach der DLR Studie 2004 ermittelt. Diese Isophone ermittelt rechnerisch das Gebiet, in dem es eine zusätzliche fluglärmbedingte Aufwachreaktion gibt. Der Gesetzgeber hat - insoweit maßgeblich - dieses Kriterium anhand der Werte in § 2 Abs. 2 FluLärmG definiert. Es ist aber sinnvoll zu prüfen, ob sich insoweit Differenzen ergeben und ob diese lärmmedizinische Relevanz haben können.

Außerdem ist die Schwelle der Gesundheitsgefährdung, die auf der Grundlage lärmmedizinischer Beurteilungen in neueren Planfeststellungsverfahren bei einem

- L_{Aeq} 22:00 bis 6:00 Uhr von 60 dB(A)

liegt (vgl. z.B. Entschädigungsgebiet für Übernahmeansprüche gem. Änderungsplanfeststellungsbeschluss der Landesdirektion Sachsen vom 12. September 2024), zu ermitteln (Teilgutachten 1, Anlage 2.3.1). Die Betroffenen Zahlen sind in Tabelle 1 (Wert in Klammern), Seite 32 angegeben. Innerhalb der Kontur sind 2.421 Personen betroffen.

Darüber hinaus geht es nach dem Gutachtenauftrag nicht nur um die Bestimmung der erheblichen Belästigung, sondern die Bewertung der fluglärmbedingten Belastung der Region Hannover insgesamt. Aus diesem Grund ist es sinnvoll eine Schwelle zu bestimmen, unterhalb der die Belastung mit nächtlichem Fluglärm durch den Betrieb des Flughafens Hannover lärmmedizinisch keine Relevanz mehr aufweist, also auch nicht mehr als Belästigung einzustufen ist. Hier finden sich in der lärmmedizinischen Forschung u.a. folgende Kriterien, bzw. lassen sich lärmmedizinisch auf der Grundlage der bekannten Untersuchungen begründen. Es wurde die Anzahl der Betroffenen für den in der Fluglärmsynopse angesetzten Schwellenwert

- L_{Amax} außen 23 x 55 dB(A) kombiniert mit L_{Aeq} außen Nacht von 45 dB(A)

im Teilgutachten 1 ermittelt. Dieser wird auf Seite 33 mit 63.789 angegeben. Die entsprechende Kontur ist im Teilgutachten 1 Anlage 2.4.7 abgebildet. Zusätzlich werden die Auswirkungen des nächtlichen Flugbetriebs am Flughafen Hannover anhand des Dauerschallpegelkriteriums der WHO-Leitlinien für Umgebungslärm für die Europäische Region

- $L_{Aeq, Nacht}$ außen von 40 dB(A) (entspricht im Wesentlichen dem L_{night})

dargestellt (Teilgutachten 1, Anlage 2.3). Die Zahl der Betroffenen wurde auch für diesen Bereich ermittelt. In Tabelle 2 Seite 32 wird die Zahl der Betroffenen mit 147.248 Personen (Wert in Klammern) angegeben. Der Wert $L_{Aeq, Nacht}$ außen von 40 dB(A) entspricht dem Kriterium das in den WHO Environmental Noise Guidelines 2018 und im Gutachten Guski von 2023 vorgeschlagen wird.

Ebenso wird die Kontur für einen Schwellenwert von

- $L_{Aeq, Nacht}$ außen von 45 dB(A)

dargestellt, der erst kürzlich Verwendung in der Genehmigung der Bezirksregierung Münster vom 09. Juni 2023 gefunden hat und gerichtlich bestätigt wurde. Diese Kontur deckt auch den von Guski vorgeschlagenen Wert von $L_{Aeq, Nacht}$ außen = 44 dB(A) für die „zwingende Auslöseschwelle“ ab.

Die ergänzende Betrachtung der Werte aus der Umgebungsrichtlinie ist aus Gründen der Lärmwirkungsforschung sinnvoll, u.a. können so die Zahl der stark schlafgestörten Personen in der Berechnungsmethode der Umgebungslärmkartierung ermittelt werden und ihre Betroffenheit unter dem Gesichtspunkt der Lärmwirkungsforschung bewertet werden.

Während im deutschen Fluglärmschutz ein NAT-Kriterium zur Bestimmung der Aufwachwahrscheinlichkeit Verwendung findet, ist das beim Umgebungslärm nicht der Fall. Die Fluglärmsynopse 2002 verwendet als Schwellenwert das oben genannte Kriterium. Ergänzend wird eine

Schwellenwert-Kontur durch die Absenkung des Maximalpegels um 10 dB(A) gegenüber den in § 2 Abs. 2 FluLärmG genannten Pegelwert, also

- $L_{Amax\text{ außen}}$ von 6 x 62 dB(A) bezogen auf § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 FluLärmG bzw.
- $L_{Amax\text{ außen}}$ von 6 x 58 dB(A) bezogen auf § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 lit. b) FluLärmG

oder eine Halbierung der Anzahl der relevanten Lärm-Ereignisse, also

- $L_{Amax\text{ außen}}$ von 3 x 72 dB(A) bzw.
- $L_{Amax\text{ außen}}$ von 3 x 68 dB(A)

betrachtet. Diese Werte sollen im Vergleich zu den zuvor genannten darauf untersucht werden, ob sie sich für die Bestimmung eines Schwellenwerts eignen. Aus der lärmmedizinischen Literatur und aus den WHO Environmental Noise Guidelines lassen sich für diese Kriterien keine Vorgaben ableiten. Bei den WHO Environmental Noise Guidelines beruht das bereits darauf, dass diese kein NAT-Kriterium verwenden. Bei der Untersuchung des Fluglärms in Deutschland fanden die maßgeblichen Auswertungen dazu in der Fluglärm-synopse 2002 und in der DLR-Studie 2004 statt. Der Fluglärm-synopse lässt sich entnehmen, dass die Aufwach-wahrscheinlichkeiten von einer Kombination aus Höhe des Lärmereignisses und seiner Anzahl abhängig sind. Das FluLärmG 2007 hat dann das NAT-Kriterium als Maß für eine zusätzliche fluglärmbedingte Aufwachreaktion übernommen.

Die Absenkung des Auslösewerts von 10 dB(A) bei Beibehaltung der relevanten Anzahl von Ereignissen (sechs) werden die Belastungen so weit abgemildert, dass die Belastungen darunter grundsätzlich lärmmedizinisch als nicht mehr erheblich einzustufen sind. Das Abstellen auf ein NAT-Kriterium ist auch deshalb sinnvoll, weil § 2 Abs. 2 FluLärmG dieses Kriterium – ungeachtet seiner Abstinenz in der Umgebungslärm-Richtlinie und den WHO-Guidelines 2018 – bei der Bestimmung der Zumutbarkeitsschwelle verwendet. Die Umgebungslärm-Richtlinie und die WHO-Guidelines 2018 verwenden dagegen nur einen äquivalenten Dauerschallpegel.

Der Anlage 2.4 des lärmphysikalischen Gutachtens lässt sich entnehmen, dass auch die flächenmäßige Betroffenheit, die von der Kontur eingeschlossen wird, deutlich erweitert wird. Entsprechendes gilt für die Halbierung der Anzahl der relevanten Ereignisse.

Am Verkehrsflughafen Leipzig-Halle wurde vor Inkrafttreten der Änderung des Fluglärm-schutzgesetzes das vom DLR 2004 entwickelte Kriterium einer zusätzlichen Aufwachreaktion zur Begründung des Nachtschutzbereichs herangezogen (vgl. oben unter Nr. I.1.d)). Diesen Ergebnissen folgend wurde ergänzend in Leipzig auf dieser Grundlage das Kriterium $L_{Amax\text{ außen}}$ von 1 x 80 dB(A) als Zumutbarkeitsschwelle verwendet. In Anlehnung daran und in Betracht des Umstandes, dass auch der Flughafen Hannover eine 24-Stunden-Betriebsgenehmigung hat, soll auch das Kriterium

- $L_{Amax\text{ außen}}$ von 1 x 70 dB(A)

für die Bestimmung eines geeigneten Schwellenwertes betrachtet werden. Die Absenkung von 10 dB(A) gegenüber dem in Leipzig verwendeten Zumutbarkeitswert ist für die Annahme eines Geringfügigkeitskriteriums ausreichend.

VI. Bewertung der Belastung mit nächtlichem Fluglärm der Region Hannover

1. Einleitung

Die Bewertung der Belastung mit nächtlichem Fluglärm in der Region Hannover durch den Betrieb des Flughafens erfolgt auf der Grundlage der Ergebnisse des lärmphysikalischen Gutachtens. Für die Bewertung werden keine neuen Untersuchungen (Befragungen oder medizinische Untersuchungen) zur Belastung der Bewohner der Region Hannover durchgeführt. Die Bewertung erfolgt auf der Basis der vorhandenen und vorgestellten Literatur zu Studien an anderen Flughäfen, insbesondere der

- Empfehlungen der WHO zur Lärmbelastung im Europäischen Raum von 2018.
- Ergebnisse der NORAH Studie mit Unterstudien in Frankfurt, Köln, Stuttgart inklusive der Ergebnisse der Befragungen und der Feldstudien in Frankfurt zu den Aspekten Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Schlafstörungen, weitere Erkrankungen, und Belästigung.
- Metaanalysen und Literaturübersichten wie in der Fachzeitschrift Umweltmedizin veröffentlicht.

Dieses Vorgehen ist in der Lärmmedizin - wie in der Medizin - üblich. Die Durchführung von neuen Feldstudien ist sehr zeit- und kostenaufwändig. Eine Feldstudie wurde vom Niedersächsischen Landtag auch nicht für erforderlich gehalten. In Hinblick auf mögliche Unterschiede zwischen verschiedenen Orten, so wie sie zwischen den Flughäfen Frankfurt und Köln/Bonn beobachtet wurden (vgl. oben unter I.1 und in Abbildung 1), könnte eine Studie in Hannover möglicherweise zusätzliche Erkenntnisse erbringen.

Der Flughafen Hannover ist ein Bestandsflughafen. Für die Ausweisung einer Nacht-Schutzzone gelten daher die Kriterien des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 FluLärmG. Diese Kriterien entsprechen dem lärmmedizinisch ermittelten kritischen Toleranzwert der Fluglärm-Synopse 2002. Sie sind lärmmedizinisch noch vertretbar. Lärmmedizinisch ist eine Unterscheidung in Neu- und Bestandsflughäfen wegen des sogenannten „Change Effekts“ nachvollziehbar. Aus Sicht der Lärmmedizin und der Physiologie des Menschen spricht für eine Unterscheidung zwischen neuen und Bestandsflughäfen dieser „Change-Effekt“. Danach fallen Belästigungsreaktionen bei Änderungen, also dem Neubau oder der wesentlichen Erweiterung eines Flughafens stärker aus als bei der Fortsetzung des Bestandsbetriebs. Der Effekt der verstärkten Belästigung geht aber bei einem Andauern wieder zurück. Mit „einiger Zeit“ kann an dieser Stelle nur der in wissenschaftlichen Studien untersuchte Zeitraum vertretbar herangezogen werden. Der Change Effekt ließ sich nach einem Jahr in der Studie am Frankfurter Flughafen (2011 / 2012) nachweisen. Nach zwei Jahren ließ er sich nicht mehr nachweisen. Längerfristig gesehen gibt es danach keine physiologisch / organische Grundlage zwischen neuen oder Bestandsflughäfen zu unterscheiden. Die Studienlage ist jedoch so, dass zum Change-Effekt keine verlässlichen Empfehlungen ausgesprochen werden können, da keine weiteren Studien diesen systematisch untersucht haben. Auf dieser Grundlage ist der Wert in § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 b) FluLärmG eher vorsorglich gewählt. Dies bestärkt sich auch durch den Umstand, dass er – anders als das Kriterium in § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 FluLärmG – nicht am kritischen Toleranzwert, sondern am präventiven Richtwert der Synopse orientiert ist.

Der Change Effekt, der für den Flughafen Frankfurt bei Eröffnung einer zusätzlichen Landebahn untersucht wurde, besagt, dass die berichtete Belästigung durch Lärmbelastung mehr zunimmt, als durch den Lärmpegel zu erwarten ist. Weiterhin nimmt die Belästigung nach einer Zeit (in Frankfurt nach einem Jahr erhoben) etwas ab, kehrt aber nicht auf das gleiche Niveau, wie durch den Lärmpegel zu erwarten, zurück. Es gibt also einen Gewöhnungseffekt.

Lärmmedizinisch heranzuziehen sind die Kriterien, die § 2 Abs. 2 Satz 2 FluLärmG für Bestandsflughäfen angibt. Sie geben für das Schutzziel Schlaf an, dass ein zusätzliches fluglärmbedingtes Aufwachereignis bei durchschnittlich 6 Ereignissen mit einem Pegel von 72 dB(A) außen (entspricht bei gekippten Fenster 57 dB(A) am Ohr des Schlafers) zu erwarten ist. In Kombination mit dem $L_{Aeq\ 22:00\ bis\ 6:00\ Uhr}$ von 55 dB(A) außen [entspricht bei gekipptem Fenster 40 dB(A) am Ohr des Schlafers] werden durch die Kriterien zusätzliche Aufwachreaktion und Wiedereinschlafen vertretbar abgebildet.

2. Bewertung der stationären und mobilen Messungen 2018 bis 2024

Zur konkreten Bestimmung der Fluglärmbelastung setzt der Flughafen Hannover (FHLG) neun stationäre Fluglärmmessstationen ein. Die Ergebnisse dieser Messungen werden im Teilgutachten 1 Abschnitt 5.2 dargestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass die Berechnungen höhere Werte ergeben als tatsächlich gemessen wurden. Zusätzlich setzt der Flughafen auf Wunsch der Bürger eine mobile Lärmmessanlage ein, um an „Wunschorten“ Messungen des Fluglärms vorzunehmen. Die Ergebnisse der im Zeitraum 2018 bis 2023 durchgeführten (mobilen) Messungen sind im Teilgutachten 1 Abschnitt 5.3 dargestellt. Sie decken sich im Wesentlichen mit den Berechnungen. Nur am Messort Stelingen wurden im Juli 2019 mehr nächtliche Überflugereignisse von mindestens 72 dB(A) erfasst als berechnet. Um lärmmedizinische Wirkungen feststellen zu können, sind solche Kurzzeitmessungen nicht ausreichend. Die mit ihnen ermittelten Werte können maßgeblich durch spezielle Bedingungen beeinflusst sein (Bahnsperren, meteorologische Verhältnisse, oder - wie im Juli 2019 - ein erheblich höherer Flugbetrieb als im Jahresmittel).

Um den Schwellenwert zu untersuchen und die Berechnungen stichprobenartig überprüfen zu können, wurden zusätzlich zu den fest installierten Messstationen mobile Messungen in den verkehrsreichsten Monaten 2024 an vier Messorten für jeweils drei Monate durchgeführt. Die Ergebnisse sind detailliert im Teilgutachten 1 Abschnitt 5.4 Seite 41 bis 44 dargestellt. Insgesamt zeigt sich, dass die berechneten Fluglärmbelastungen die tatsächlich gemessenen Belastungen eher überschätzen. Es zeigt sich auch, dass es deutliche Abweichungen von Einzelpegeln gibt, die durch Wetter und einzelne Abweichungen der Flugrouten verursacht sein können. Die Einzelpegel können über und auch unter den berechneten Werten liegen. Wenn sie über den Werten liegen, kann es dadurch zu Belästigungen kommen. Die stichprobenartigen Messungen und daraus folgende Berechnung zeigen im Mittel eine Übereinstimmung mit den Modellrechnungen, so dass das eingesetzte rechnerische Verfahren für valide gehalten werden kann. Aus den Einzelmessungen über die drei Monate an den vier Standorten lassen sich keine lärmmedizinischen Bewertungen ableiten.

Für die lärmmedizinische Beurteilung der von einem Flughafen ausgehenden Lärmbelastungen, sind langfristige Belastungsdaten erforderlich. Die Praxis zeigt, dass die Berechnungen nach den auch hier eingesetzten Modellen hierfür eine sehr gute Grundlage liefern. Zum einen überschätzen sie die messbare Belastung, zum anderen erlauben sie auch eine Prognose und Bewertung künftiger Lärmbelastungen.

3. Fachplanerische Zumutbarkeit

Die Nachtschutzzone wird am Flughafen Hannover-Langenhagen von der NAT 6x72 dB(A)-Kontur bestimmt (siehe Anlage 2.2 des Teilgutachtens 1). Ein Vergleich der Anlagen 2.1 und 2.2 des Teilgutachtens 1 zeigt, dass die von der Kontur des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 b) FluLärmG umfasste Fläche erwartungsgemäß größer ist als die von der Kontur des § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr.

2 FluLärmG umfasste Fläche. Die zusätzlich erfassten Siedlungsbereiche sind aber nicht in einer Weise mit Fluglärm belastet, dass abweichend von der gesetzlichen Vorgabe – eine Festsetzung des Lärmschutzbereichs nach § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 1 b) FluLärmG erfolgen müsste. Die hier erfassten Gebiete sind auch im Rahmen der Beurteilung des nächtlichen Flugbetriebs am Flughafen Hannover nicht als erheblich beeinträchtigt einzustufen. Der Grad ihrer Belästigung ist zwar höher als bei noch entfernter liegenden Gebäuden, aber nicht so hoch, dass aus lärmmedizinischer Sicht Maßnahmen erforderlich wären. Im Bericht der Bundesregierung zur Evaluierung des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm (BT-Drucks. 19/7220, S. 34) wird die Anwendung des Kriteriums nicht empfohlen.

Im Teilgutachten 1 wird auch die Anzahl der Bewohner mit 1543 abgeschätzt, die der Belastung nach dem Kriterium von § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 FluLärmG von NAT 6 x 72 dB(A) und L_{Aeq} 55 dB(A) ausgesetzt sein werden, aber außerhalb der festgesetzten Nacht-Schutzzone leben (siehe Berechnung Teilgutachten Seite 33). Diese Personen wären also von dem NAT-Kriterium 6 x72 betroffen, hätten aber keinen Anspruch auf baulichen Schallschutz. Maßgeblich für die Bestimmung für gesundheitliche Beeinträchtigungen ist nach den Studien das L_{Aeq} Kriterium. Das NAT Kriterium wurde in Deutschland zusätzlich eingeführt um die Belästigung und mögliche Aufwachreaktionen unterhalb eines L_{Aeq} Wertes besser abzubilden. Zu einem gesundheitlichen Risiko aufgrund des NAT Kriteriums liegen keine Studien vor. Entsprechend sind keine zuverlässigen gesundheitlichen Risikoabschätzungen möglich. Jedoch wäre es aufgrund der möglichen Aufwachreaktionen plausibel auch den von dem NAT Kriterium Betroffenen außerhalb der festgesetzten Nacht-Schutzzone vergleichbare Schutzmaßnahmen anzubieten.

Das Teilgutachten 1 hat innerhalb der Nacht-Schutzzone zwei besonders schutzbedürftige Einrichtungen festgestellt. Für diese sind keine anderen Anforderungen zu stellen, wie für das Wohnen. Diese Wertung des Fluglärmschutzgesetzes widerspricht nicht dem Stand der Lärmwirkungsforschung. Durch die entsprechenden Maßnahmen des baulichen Schallschutzes wird auch in diesen Einrichtungen der Schlaf absehbar ausreichend geschützt. Untersuchungen speziell zu besonders schutzbedürftigen Einrichtungen liegen nicht vor.

4. Kriterium „Eine zusätzliche Aufwachreaktion“

Für die Anwohner ist das nächtliche Erwachen besonders beeinträchtigend. Von einzelnen Anwohnern wurde konkret über nächtliches Erwachen geklagt. Daher wurde zusätzlich zur vorgeschriebenen fachplanerischen Zumutbarkeit eine Berechnung mit Hilfe der Modelle vorgenommen, die mindestens eine zusätzliche Aufwachreaktion erwarten lassen. Zudem empfiehlt das Gutachten des Bundesumweltamtes vom Februar 2025 das Kriterium „eine zusätzliche Aufwachreaktion“ in zukünftigen Verfahren zu berücksichtigen. Insofern soll hier bereits diese neue Empfehlung aus der Lärmwirkungsforschung einfließen. Die entsprechenden Konturen sind in dem Teilgutachten 1 zusätzlich als Anlagen 2.4.4 und 2.4.5 dargestellt.

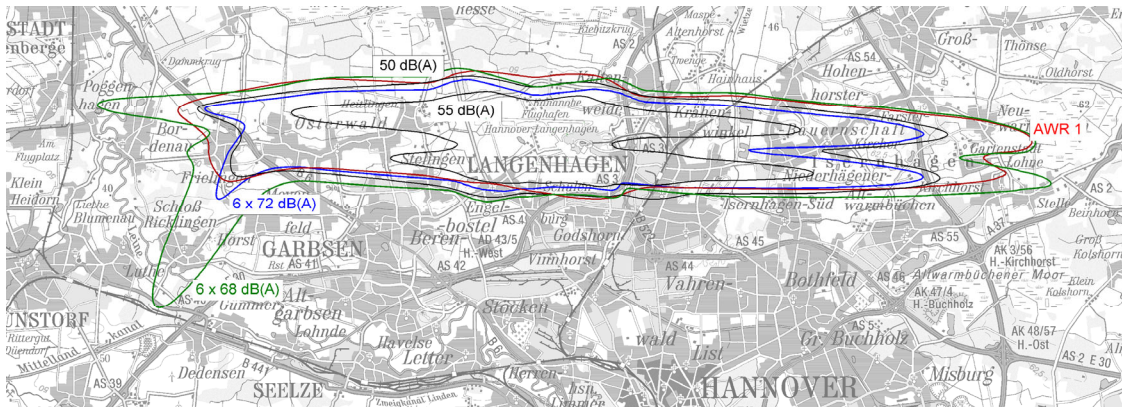


Abbildung 9: Entnommen dem Teilgutachten 1 aus Anlage 2.4.4 mit Isolinien zu mindestens einer zusätzlichen Aufwachreaktion im Prognosefall nach DES 2030 durch den erwarteten Nachtflug (rote Linie). Die Linien für die Dauerschallpegel 50 dB(A) und 55 dB(A) sowie L_{Amax} 6 x 72 dB(A) sind ebenfalls eingezeichnet, um einen Vergleich zu ermöglichen.

In Abbildung 9 ist die Isolinie NAWR=1 dargestellt, welche die Fläche mit rechnerisch durchschnittlich mindestens einer Aufwachreaktion für den Prognosefall nach DES 2030 angibt. Sie wird u.a. mit den Isolinien 6 x 72 dB(A) und 6 x 68 dB(A) verglichen (Berechnung gem. AzB-DES 2030 für Bestands- und neue Flughäfen). Die Isolinie 6 x 72 dB(A) bleibt etwas hinter der Isolinie NAWR=1 zurück; die Isolinie 6 x 68 dB(A) geht etwas über sie hinaus. Aus medizinischer Sicht ist einer einzelnen zusätzlichen nächtlichen Aufwachreaktion keine gesundheitsgefährdende Bedeutung zuzuschreiben. Bei dem Kriterium „eine zusätzliche Aufwachreaktion“ geht es um eine zunehmende Wahrscheinlichkeit einer Beeinträchtigung, für die ein Grenzwert rechnerisch festgelegt wird. Trotzdem ist es sinnvoll, die Isolinie NAWR=1 zu berücksichtigen und mit den gesetzlichen Grenzwerten zu vergleichen. Aus lärmmedizinischer Sicht ist das Kriterium 6 x 72 für Bestandsflughäfen, wie es in Hannover gilt, ausreichend, um erhebliche Belästigungen zu vermeiden.

5. Schwelle zur Gesundheitsgefahr

Die Anlage 2.3.1 zeigt die Fläche, die mit einem L_{Aeq} 22:00 bis 06:00 Uhr von 60 dB(A) oder mehr für die Schwelle zur Gesundheitsgefahr belastet ist (vgl. Abbildung 9). Hier handelt es sich um eine Belastung, die lärmmedizinisch ohne ausreichende Maßnahmen als gesundheitsgefährdend eingestuft wird. Die geschätzte Anzahl von Personen mit einer nächtlichen Fluglärmbelastung gemäß AzB von mindestens 60 dB(A) unter Anwendung des Prognoseflugbetriebs 2030 beträgt ca. 2.421. Die Zahl ergibt sich aus den in Tabelle 1 im Teilgutachten 1 ausgewiesenen Werten. Ein Ausschnitt des entsprechenden Konturplots mit direkter Umgebung ist hier in Abbildung 10 in vergrößerter Fassung wiedergegeben.



Abbildung 10: Schwelle zur Gesundheitsgefahr $L_{Aeq\text{ Nacht}}$ mit 60 dB(A). Entnommen dem Teilgutachten 1 aus Anlage 2.3.1 Schwelle zur Gesundheitsgefahr $L_{Aeq\text{ Nacht}}$ 60 dB(A). In Tabelle 1, Seite 30 wird die Zahl der in dieser Kontur lebenden Betroffenen mit ca. 2.421 angegeben.

6. Berücksichtigung der Maßnahmen passiven Schallschutz

Eine systematische Erfassung der lärmmedizinischen Wirksamkeit von passivem Schallschutz wurde bisher weder in Hannover noch an einem anderen Flughafen in Deutschland durchgeführt. Die Auswirkung auf Parameter der Gesundheit und Parameter der Belästigung fehlen somit. Dies trifft nicht nur auf Hannover, sondern auf alle Flughäfen zu.

a. Maßnahmen des baulichen Schallschutzes

In dem freiwilligen Schallschutzprogramm in Hannover wurden ab 1996 innerhalb der durch das Kriterium $6 \times L_{Amax} \geq 75 \text{ dB(A)}$ gebildeten Nacht-Schutzzone insgesamt 2.958 von ca. 4.500 anspruchsberechtigten Wohneinheiten mit Maßnahmen des baulichen Schallschutzes gefördert. 2004 wurde die Förderungsberechtigung in der Nacht-Schutzzone um einen $L_{Aeq} \geq 55 \text{ dB(A)}$ erweitert. Auf dieser Grundlage wurden 80 von ca. 90 anspruchsberechtigten Wohneinheiten gefördert. Nach Angaben des Flughafens wurde 2007 das freiwillige Schallschutzprogramm noch einmal erweitert, indem die Nacht-Schutzzone anhand der Kriterien $L_{Aeq} \geq 55 \text{ dB(A)}$ und $6 \times L_{Amax} \geq 75 \text{ dB(A)}$ gebildet wurde. Auf dieser Grundlage wurden weitere 804 von ca. 1.440 anspruchsberechtigten Wohneinheiten mit Maßnahmen des baulichen Schallschutzes ausgestattet. Nach Inkrafttreten des Lärmschutzbereiches für den Flughafen Hannover wurden in den behördlichen Verfahren nach § 9 Abs. 2 FluLärmG für 362 Wohneinheiten Ansprüche geltend gemacht, von denen bislang 288 gefördert worden sind. In Anbetracht des Endes des Anspruchs auf der Grundlage von § 9 Abs. 2 FluLärmG im September 2020, hat die FHLG im August 2019 ein unbefristetes freiwilliges Schallschutzprogramm

beschlossen. Danach werden Wohneinheiten weiterhin entsprechend den gesetzlichen Kriterien gefördert. Entsprechende Anträge wurden von 354 Wohneinheiten gestellt. 213 der daraufhin eingeleiteten Verfahren sind abgeschlossen. Für die Anwohner besteht damit auch nach Ablauf der gesetzlichen Frist noch die Möglichkeit, Schallschutz entsprechend den gesetzlichen Kriterien zu erhalten.

b. Besondere Betroffenheit $L_{Aeq} \geq 60$ dB(A)

Nach Festsetzung des Lärmschutzbereichs für den Flughafen Hannover befinden sich insgesamt 869 Gebäude im Pegelbereich >60 dB(A). Die Zahl hat sich um 32 gewerblich genutzte Gebäude und 43 Wohngebäude vermindert, die in der Schutzzone 2 des Lärmschutzbereichs nach dem FluglärmG 1971 errichtet worden waren und daher bereits über den erforderlichen Schallschutz verfügten. Von den 794 verbleibenden Wohngebäuden wurde in 554 Wohngebäuden baulicher Schallschutz gefördert (in 476 Wohngebäuden bereits im Rahmen freiwilliger Schallschutzprogramme von 1996 - 2010; in 78 nach Festsetzung des Lärmschutzbereichs 2010). In 498 Wohngebäuden wurden Schallschutzmaßnahmen mit einem Bauschall-Dämm-Maß von mindestens 37 – 45 dB oder in Dächern sogar ca. 50 dB durchgeführt. In 56 Wohngebäuden ist baulicher Schallschutz mit einem Bauschalldämm-Maß von ca. 32 dB umgesetzt worden. Im Übrigen variieren die realisierten Bauschall-Dämm-Maße nach § 3 2. FlugLSV nach der Betroffenheit des Gebäudes. Damit haben ca. 70% der betroffenen Wohngebäude den für den Gesundheitsschutz erforderlichen baulichen Schallschutz nach FluLärmG und die 2. FlugLSV in Anspruch genommen.

Unter Berücksichtigung der bauphysikalischen Schallverminderung baulicher Schutzmaßnahmen ist deren Wirkung auf die Gesundheit und die Belästigung auch aus Sicht der Lärmwirkungsforschung als gut zu bewerten. Es kann davon ausgegangen werden, dass die verbliebenen Lärmbelastungen mit hoher Wahrscheinlichkeit weder zu Gesundheitsbeeinträchtigungen noch zu Belästigung Anlass geben. Es kann davon ausgegangen werden, dass der Schlaf unter diesen Maßnahmen nicht mehr beeinträchtigt ist. Langzeit Untersuchungen zur Wirkung von diesen Schallschutzmaßnahmen sowie eine quantitative Erfassung der Wirkung auf Gesundheit und Belästigung sowie den Schlaf sind leider bisher noch nicht publiziert. Die Wirkung von Schallschutzmaßnahmen zu untersuchen ist auch ein von den Betroffenen geäußertes Anliegen. Die Bewohner möchten nach der Installation der Schutzmaßnahmen wissen, ob deren Wirkung protektiv ist.

7. Lärmmedizinisch empfohlener Schwellenwert für Hannover

Zur Abgrenzung der fluglärmbedingten Belastung ist lärmmedizinisch ein Schwellenwert zu bilden, der unter dem Gebot der Minimierung von Lärm langfristig angestrebt werden sollte, um Schlafstörungen zu vermeiden. Nach den Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung sind Belästigungen unterhalb des Schwellenwerts nicht mehr eindeutig einer äußeren Lärmwirkung zuzuschreiben. Aufgrund der Empfehlungen der WHO wurde auch ein Schwellenwert eines L_{Aeq} oder L_{night} von 40 dB(A) betrachtet und diesbezügliche Betroffenenzahlen für Hannover ermittelt. Der Wert stammt aus den Empfehlungen der WHO, die davon ausgeht, dass oberhalb dieses Dauerschallpegels wegen der Berücksichtigung der selbst berichteten (subjektiven) Belästigungen Fluglärm mit Beeinträchtigungen des Schlafs verbunden sein kann. Die Zahl der hiervon Betroffenen ist wegen der sehr hohen, nicht belastbar verifizierten subjektiven Einschätzung von Befragten hoch. Es handelt sich um geschätzt 147.248 Personen

von denen 46.100 nach der Modellrechnung angegeben würden stark schlafgestört (HSD) zu sein (Teilgutachten 1, Tabelle 2, Seite 32). Es ist aber wenig plausibel, einen Dauerschallpegel von 40 dB(A) als Schwellenwert zu verwenden. Legt man einen Dämmwert für ein gekipptes Fenster zugrunde (15 dB(A)), sind Innenraumpegel von 25 dB(A) zu erwarten. Dies ist angesichts der herkömmlichen Lärmquellen im Schlafzimmer (Schlafgeräusche; Ticken eines Weckers; weitere Wohnungsgeräusche) keine ungewöhnlichen Belastungen, die die Annahme einer Belästigung rechtfertigen könnten.

Aufgrund der lärmmedizinischen Gründen, wie im allgemeinen Teil weiter oben ausgeführt, ist derzeit ein Schwellenwert (Geringfügigkeitsschwelle) von L_{Aeq} 22:00 bis 6:00 Uhr außen von 45 dB(A) vertretbar. Der L_{Aeq} Nacht = 45 dB(A) führt bei einem gekippten Fenster zu einer Belastung von L_{Aeq} Nacht = 30 dB(A) am Ohr des Schlafers. Gemessen an den regelmäßig auftretenden Geräuschen in Schlafräumen sind dauerhafte geräuschbedingte Beeinträchtigungen der Schläfer grundsätzlich auszuschließen. Neben dem Dauerschallpegel sollte auch ein NAT-Kriterium in die Bestimmung des Schwellenwerts einfließen. Dies folgt aus der Bedeutung des NAT-Kriteriums für die Aufweckreaktion, wie sie in der Fluglärmsynopse, der DLR-Studie und im Fluglärmenschutzgesetz zum Ausdruck gebracht wurde. Der lärmmedizinische Schwellenwert für den Flughafen Hannover sollte bei einem L_{Aeq} Nacht = 45 dB(A) kombiniert mit dem NAT-Wert von L_{Amax} außen 23 x 55 dB(A) angesetzt werden. Dieses NAT Kriterium wurde gewählt um den nächtlichen Flugverkehr mit zahlreichen Flugbewegungen zu berücksichtigen. Gerade in Hannover-Langenhagen treten häufige nächtliche Überflüge auf. Daher ist ein NAT Kriterium mit einer größeren Häufigkeit und einem niedrigeren Schwellenwert, nämlich 23 x 55 dB(A) außen angemessen. Dabei ergeben sich für die Kombination nach der Modellrechnung des Teilgutachten 1 Seite 33 insgesamt 63.789 Betroffene. Diese Kontur ist in Abbildung 11 dargestellt. Es handelt sich um eine Ausschnittvergrößerung der Anlage 2.4.7 aus dem Teilgutachten 1.



Abbildung 11 Anlage 2.4.7 aus Teilgutachten 1: Die Geringfügigkeitsschwellen von L_{Aeq} =45 dB(A) und NAT 23x55 dB(A) für das Prognosejahr 2030. Gemäß Teilgutachten 1 leben innerhalb der umhüllenden Kontur 63.789 Menschen.

Wird auf einen L_{Aeq} Nacht = 45 dB(A) abgestellt, so ergibt sich eine Zahl von ca. 62.816 Betroffenen. Von diesen Lärmbelasteten würden ca. 22.000 Personen nach der Modellrechnung angegeben stark schlafgestört (HSD) zu sein. Die Anzahl betroffener Personen der Gemeinden um den Flughafen Hannover-Langenhagen wurde für weitere potenzielle Schwellenwerte für L_{Aeq} Nacht für die Prognose DES 2030 nach Berechnungsverfahren AzB berechnet. Die Werte sind in der Tabelle 2 im Teilgutachten 1, Seite 32 aufgeführt. Die Tabelle wurde für Lärmpegel in 5 dB Schritten ausgerechnet, um die Anzahl der lärmbelasteten und stark schlafgestörten Personen je Pegelband nachvollziehen zu können.

Die Anlagen des Teilgutachtens 1 zeigen, dass die NAT-Kriterien 6 x 62 und 6 x 58 dB(A) (Anlage 2.4.1) den größten Umgriff haben. Als Einzelereignisse haben sie zwar möglicherweise am ehesten Auswirkungen auf die Schlafqualität. Allerdings bestehen zu den NAT-Kriterien unterhalb der Schwelle des § 2 Abs. 2 Satz 2 FluLärmG keine gesicherten Erkenntnisse.

8. Ergebnis

Die vom nächtlichen Flugbetrieb des Flughafens Hannover in der Prognose ausgehende Belastung lässt sich anhand der folgenden Kriterien lärmmedizinisch angemessen beschreiben. Bei Verwendung eines L_{Aeq} oder L_{night} von 40 dB(A) werden ca. 147.248 Personen durch nächtlichen Fluglärm belastet (vgl. Teilgutachten 1, Tabelle 2 S. 32). Von diesen wird eine Teilgruppe von ca. 46.100 Personen als wahrscheinlich stark schlafgestört (HSD) nach Selbsteinschätzung erwartet. Eine lärmmedizinisch relevante Belästigung ist aber erst ab einer Überschreitung des Schwellenwertes ($L_{Aeq, Nacht} = 45$ dB(A) kombiniert mit dem NAT-Wert $L_{Amax, außen} 23 \times 55$ dB(A)) anzunehmen. Hierbei handelt es sich um die Geringfügigkeitsschwelle. Innerhalb dieser Kontur werden 63.789 Personen durch nächtlichen Fluglärm belastet (vgl. Teilgutachten 1, S. 33). Die lärmmedizinisch vertretbare Schwelle des § 2 Abs. 2 Nr. 2 FluLärmG zur Bestimmung, wann eine Belastung zur erheblichen Belästigung ($L_{Aeq, Nacht, außen} 55$ dB(A) und $L_{Amax, nachts, außen} 6 \times 72$ dB(A)) wird, betrifft in Hannover ca. 23.589 Personen, von denen zum Vorhersagezeitpunkt (DES 2030) ca. 6.900 als stark schlafgestört einzuordnen wären (vgl. Teilgutachten 1, S. 33). Die Belastung mit Fluglärm ist ab einem nächtlichen Dauerschallpegel von 60 dB(A) als eine sehr erhebliche Belästigung einzuordnen, die Gesundheitsgefahren mit großer Wahrscheinlichkeit nach sich ziehen kann. Innerhalb der entsprechenden Isophone leben ca. 2.421 Anwohner (vgl. Teilgutachten 1, Tabelle 2 und Anlage 2.3.1).

Gesundheitliche Beeinträchtigungen sind ab der Schwelle der erheblichen Beeinträchtigung durch den Anspruch auf baulichen Schallschutz gem. § 9 Abs. 2 FluLärmG i.V.m. § 3 Abs. 1 Nr. 2 2. FlugLSV nicht zu erwarten. Danach haben die baulichen Schutzmaßnahmen ein Bauschalldämmmaß von mindestens 45 dB sicherzustellen, so dass die Belastung mit einem äquivalenten Dauerschallpegel von 60 dB(A) auf 15 dB(A) innen reduziert würden. Einzelschallereignisse von 75 dB(A) würden im Innenraum mit 30 dB(A) wahrgenommen. Eine gesundheitliche Gefährdung durch den nächtlichen Flugbetrieb am Verkehrsflughafen Hannover ist daher aus lärmmedizinischer Sicht bei Umsetzung der Schutzmaßnahmen nicht zu erwarten.

Aus lärmmedizinischen Gründen ist derzeit ein Schwellenwert (Geringfügigkeitsschwelle) von $L_{Aeq, 22:00 \text{ bis } 6:00 \text{ Uhr, außen}}$ von 45 dB(A) vertretbar. Da die Situation in der Region Hannover aber durch eine große Zahl von nächtlichen Flugbewegungen gekennzeichnet ist, ist eine Ergänzung durch ein NAT-Kriterium in dieser Situation angemessen. Daher wird die Kombination des Schwellenkriteriums der Fluglärm-Synopse von $L_{Amax, nachts, außen} 23 \times 55$ dB(A) mit dem äquivalenten Dauerschallpegel von 45 dB(A) weitgehend angemessen angesehen (vgl. Lärmphysikalisches Gutachten Anlage 2.4.7 und Anlage 2.4.8 sowie Abbildung 10).

Senkt man das Maximalpegel-Kriterium aus § 2 Abs. 2 Satz 2 Nr. 2 FluLärmG um 10 dB(A) ab, geht die Isophone von $L_{Amax, nachts, innen} 6 \times 47$ dB(A) entsprechend 6 x 62 dB(A) außen über die Isophone des $L_{Amax, nachts, außen} 23 \times 55$ dB(A) hinaus (vgl. Lärmphysikalisches Gutachten Abb. 9 und Anlage 2.4.1). Diese zusätzliche Betroffenheit werden aber durch die Anwendung des Dauerschallpegels $L_{Aeq, Nacht, außen}$ von 45 dB(A) (vgl. Teilgutachten 1, Anlage 2.3 und Anlage 2.4.7) ausreichend abgedeckt. Der Dauerschallpegel hat für die lärmmedizinische eine höhere

Relevanz als das NAT-Kriterium, insbesondere wenn es um die Bestimmung eines Schwellenwerts geht. Der $L_{Aeq, \text{Nacht außen}}$ von 45 dB(A) kommt auch bei anderen Flughäfen in Deutschland für den nächtlichen Flugverkehr zur Anwendung. Bei der Bewertung ist zu beachten, dass die zahlenmäßige Betroffenheit zwar deutlich steigt (vgl. Teilgutachten 1, Tabelle 2 S. 32), wenn man einen $L_{Aeq, \text{Nacht außen}}$ von 40 dB(A) zugrunde legen würden. Allerdings wäre diese Belastung mit einem deutlich geringeren Gewicht einzustellen. Eine erfassbare Gesundheitsgefährdung ist weder bei den höheren NAT Werten von 6 x 72 dB(A) außen noch bei diesen NAT Schwellenwerten nach der aktuellen Literatur zur Lärmwirkung und schon gar nicht bei einem Dauerschallpegel $L_{Aeq, \text{Nacht außen}}$ von 40 oder 45 dB(A) zu erwarten. Leider liegen zu den NAT Kriterien keine belastbaren Studien vor.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass im Planfall 2030 auf der Basis der im Teilgutachten 1 berechneten Konturen von einem Pegel $L_{Aeq \text{ 22:00 bis 6:00 Uhr außen}}$ von 60 dB(A) ca. 2.421 Personen betroffen sind. In der Vergangenheit und aufgrund des freiwilligen Schallschutzprogramms des Flughafenbetreibers wurden (und werden) Schallschutzmaßnahmen angeboten, um eine Gesundheitsgefahr auszuschließen. Aufgrund der großen Zahl nächtlicher Flugbewegungen sollte das NAT-Kriterium für das Schwellenwertkriterium erhalten bleiben. Es kann hierfür festgehalten werden, dass die Kombination des Schwellenkriteriums der Fluglärm-Synopse von $L_{Amax \text{ nachts außen}}$ 23 x 55 dB(A) mit dem äquivalenten Dauerschallpegel von 45 dB(A) als angemessen angesehen werden. In der umhüllenden Kontur dieses Geringfügigkeitskriteriums leben im Jahr 2030 nach der Berechnung des Teilgutachten 1 insgesamt 63.789 Menschen.

Referenzen

- Basner M, Buess H, Luks N, Maaß H, Mawet L, Müller U, Piehler C, Plath G, Quehl J, Rey J, Samel A, Schulze M, Vejvoda M, Wenzel J. Nachtfluglärmwirkungen – eine Teilauswertung von 64 Versuchspersonen in 832 Schlaflabornächten. Forschungsbericht 2001-26. DLR 2001. ISSN 1434-8454
- Basner M, Buess H, Elmenhorst D, Gerlich A, Luks N, Maaß H, Mawet L, Müller EW, Müller U, Plath J, Quehl G, Samel A, Schulze M, Vejvoda M, Wenzel J. Forschungsbericht 2004-7D Nachtfluglärmwirkung Band 1 Zusammenfassung. DLR April 2004.
- Basner, M., & McGuire, S. (2018). WHO environmental noise guidelines for the European region: a systematic review on environmental noise and effects on sleep. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15(3), 519. doi: 10.3390/ijerph15030519
- Deutscher Bundestag 19. Wahlperiode. Drucksache 19/7220. Erster Bericht der Bundesregierung zur Evaluation des Gesetzes zum Schutz gegen Fluglärm. 18.1.2019.
- Elmenhorst EM, Mueller U, Quehl J, Basner M, McGuire S, Schmitt S, Plath G, Jordan J, Aeschbach D. Night-flight ban preserves sleep in airport residents. *Transportation Research Part D* 126 (2024) 104027.
- Greiser E (2009) Im Krankenhaus behandelte Krebserkrankungen als Folge einer Exposition gegenüber nächtlichem Fluglärm. Ergebnisse einer Fall-Kontroll-Studie im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn. Gutachten im Auftrage des Rhein-Sieg-Kreises. Epi.Consult GmbH. http://www.dfld.de/Downloads/Greiser_090601_RheinSiegKreis.pdf zuletzt geprüft am 13.09.2012
- Greiser E, Greiser C Risikofaktor nächtlicher Fluglärm Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln-Bonn. Im Auftrag des Bundesumweltamts. 2009
- Griefahn B, Jansen G, Scheuch K, Spreng M. Fluglärmkriterien für ein Schutzkonzept bei wesentlichen Änderungen oder Neuanlagen von Flughäfen / Flugplätzen. *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 49 (2002) 171-175.
- Guski R, Schreckenberger D (2015) Noise- related annoyance, cognition, and health - (NORAH)-Studie. Gemeinnützige Umwelthaus GmbH URL: <http://www.laermstudie.de>
- Guski, R., Schreckenberger, D., & Schuemer, R. (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), 1539. doi: 10.3390/ijerph14121539
- Guski R, Schreckenberger D, Kuhlmann J, Seidler A, Schubert M, Starke KM. Aktualisierung der Evaluierung der Forschungsergebnisse zur Wirkung von Fluglärm auf den Menschen. Gutachten im Auftrag des Fluglärmschutzvereins Rhein-Main. 2023.
- Müller U, Aeschbach D, Elmenhorst EM, Mendolia F, Quehl J, Hoff A, Rieger I, Schmitt S, Littel W (2015) NORAH. Verkehrslärmwirkungen im Flughafenumfeld. Endbericht, Band 4: Fluglärm und nächtlicher Schlaf. Gemeinnützige Umwelthaus GmbH URL: <http://www.laermstudie.de>
- Ortscheid J, Wende H. Fluglärmwirkungen. Umweltbundesamt. Berlin 2000

Penzel T, Flindell I, Höger R, Krämer U, Schlander M, Vogt J, Wichmann E. Evaluierung der Forschung zur Wirkung von Fluglärm auf den Menschen. April 2017 https://schlafmedizin.charite.de/fileadmin/user_upload/microsites/kompetenzzentren/schlafmedizin/docs/ManSum_230417N.pdf (zuletzt geprüft am 4.8.2017)

Penzel T, Krämer U, Höger R, Zimmermann S, H.-E. Wichmann. Aktueller Wissensstand zu Fluglärm und Gesundheit – einschließlich WHO-Reviews und neuer Literatur bis Ende 2018. Umweltmed – Hygiene – Arbeitsmed 2019; 24: 187-218.

Petz M. Gutachten zur Ermittlung / Bewertung der nächtlichen Lärmbelastung durch Luftverkehr am Flughafen Hannover-Langenhagen. Teilgutachten 1: Lärmphysikalisches Gutachten. Stand 30.04.2025.

Smith MG, Cordoza M, Basner M. Environmental Noise and Effects on Sleep: An update to the WHO systematic review and meta-analysis. Environmental Health Perspectives 2022. 076001-1 doi: 10.1289/EHP10197

Topriceanu CC, Gong X, Shah M, Shiwani H, Eminson K, Atilola GO, Jephcote C, Adams K, Blangiardo M, Moon JC, Hughes AD, Gulliver J, Rowlands AV, Chaturvedi N, O'Regan DP, Hansell AL, Captur G. Higher aircraft noise exposure is linked to worse heart structure and function by cardiovascular MRI. Journal of the American College of Cardiology (JACC) 2025; 85: 454-469 doi: 10.1016/j.jacc.2024.09.1217

Umweltbundesamt. Fluglärmbericht 2017 des Umweltbundesamtes. Texte 56/2017. Redaktion Weinandy R und Myck T ISSN 1862-4359

Umweltbundesamt. Vergleich vorhandener Verfahren zur Beurteilung von nächtlichem Fluglärm und für Entscheidungen über baulichen Schallschutz für Schlafräume. Texte 31/2025. Von Kuhlmann J, Bilik J, Belke C, Schreckenberger D, Brohmann B, Brunn C, Schütte S, Forstreuter M, Liepert M, Basner M. ISSN 1862-4804

WHO Regional Office for Europe (2009) Night noise guidelines for Europe. WHO, Copenhagen, Dänemark, ISBN 978 92 890 4173 7