

Prof. Dr. med. K. Scheuch
Mittelweg 2b
01728 Bannewitz

Lärmmedizinische Stellungnahme (Nachtflug)
Flughafen Dortmund
Lärmimmission aus dem Flugverkehr Planfall 2025

Seitenzahl: 32

Datum: 29.11.2010

Univ. Prof. Dr. med. K. Scheuch

Facharzt für Arbeitsmedizin
Arzt für klinische Umweltmedizin
Arzt für Sozialmedizin

Inhaltsverzeichnis

Abkürzungsverzeichnis	3
Tabellenverzeichnis.....	4
1. Aufgabenstellung.....	5
2. Einschätzung der gegenwärtigen Diskussionen zu Ergebnissen und Schwerpunkten der Lärmwirkungsforschung.....	8
2.1. Probleme in den Diskussionen zur Lärmwirkung	8
2.2. Allgemeine Probleme der Durchführung wissenschaftlicher Studien zur Lärmwirkung.....	9
3. Lärm und Schlafstörungen	11
3.1. Aufweckreaktionen	12
3.2. Hormonveränderungen durch Störung des Nachtschlafes	13
3.3. Die DLR-Studie	13
3.4. Ableitung von Grenzwerten – Dauerschallpegel und Maximalpegel.....	16
3.5. WHO-Night Noise Guidelines (NNGL).....	18
3.6. Lärmschutzbereich des FlugLärmG und Vermeidung von Schlafstörungen	23
4. Konkrete Bewertung der Lärmimmissionen aus dem Flugverkehr 2025 um den Flughafen Dortmund.....	26
5. Zusammenfassung	30
Literatur.....	31

Abkürzungsverzeichnis

CI	Confidenzintervalle, Maß für die Streuung des errechneten Risikos, beziehen diese CI den Wert 1,0 ein, sind sie statistisch nicht gesichert
dB(A)	Dezibel(A); Frequenzbewertete logarithmische Verhältniszahl
DIN	Deutsche Industrie-Norm
DLR	Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt
EEG	Elektroencephalogramm
FFI	Frankfurter Fluglärmindex
FlugLärmG	Fluglärmschutzgesetz 2007
FNI	Frankfurter Nachtindex
Hz	Hertz
ICBEN	International Commission on Biological Effects of Noise (Internationale Kommission für biologische Lärmwirkungen)
ISO	International Organization for Standardization /Internationale Organisation für Normierung
KTW	Kritischer Toleranzwert
L_{eq}	äquivalenter Dauerschallpegel, kann durch Angabe zusätzlicher Indices weiter präzisiert werden wie z. B $L_{eq(3), Tag}$
L_{Aeq}	energieäquivalenter Dauerschallpegel, A-Frequenzbewertung
L_m	Mittelungspegel
L_{night}	nächtlicher Mittelungspegel
LP	Lebenszeitprävalenz (Erkrankungen überhaupt – Spandau-Studie)
NAT	Number Above Threshold, gleiche oder höhere Pegel sind bis zur angegebenen Zahl bei Maximalpegelhäufigkeiten möglich
OR	Odds ratio, Maß für das Risiko, Werte über 1 geben ein erhöhtes Risiko an, statistisch gesichert, wenn die Confidenzintervalle (CI) den Wert 1,0 nicht einschließen
PEAK	Spitzenpegel-Messung
PRW	präventiver Richtwert
RR	Relatives Risiko, Maß für das Risiko, dass die untersuchte Belastung, z. B. Lärm, mit einer bestimmten Erkrankung in Beziehung steht (siehe auch OR)
UBA	Umweltbundesamt
WHO	World Health Organisation/ Weltgesundheitsorganisation

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Anzahl von Überflügen, die in der DLR-Labor- und in der Feldstudie zu genau einer durch Fluglärm verursachten physiologischen Aufwachreaktion führten. Zum Vergleich die mit dem Cortisolmodell berechnete tolerable Anzahl von Überflügen bei verschiedenen äquidistant einwirkenden Maximalpegeln am Ohr des Schlafers während 8 Nachtstunden (SPRENG 2002).

Tab. 2: Äquivalenter Dauerschallpegel L_{Aeq} Nacht und NAT-Kriterium 6x72 in dB(A) an den Immissionsorten für den Planfall 2025 (Tab. 5/6 ADU cologne-Gutachten)

1. Aufgabenstellung

Die Flughafen Dortmund GmbH plant, die allgemeine Betriebszeit des Verkehrsflughafens Dortmund über 22:00 Uhr hinaus bis 22:30 Uhr mit einer Verspätungsregelung (Landungen und Starts) bis 23:00 Uhr zu erweitern. Für in Dortmund stationierte oder über Nacht in Dortmund verbleibende Fluggeräte soll eine allgemeine Betriebszeit bis 23:00 Uhr, verbunden mit einer Verspätungsregelung für Landungen bis 23:30 Uhr, gelten. Die Zeit zwischen 23:30 und 06:00 Uhr soll flugbewegungsfrei bleiben.

Das nach 22:00 Uhr zu erwartende Flugbewegungsaufkommen bis zum Jahr 2025 ist durch die Firma Desel Consulting, Niedernhausen, im Zusammenarbeit mit der Firma Airport Research Center Aachen prognostiziert worden. Die mit dieser Prognose ermittelten Flugbewegungen wurden der lärmphysikalischen Berechnung der Fluglärmimmissionen durch die Firma ADU cologne, Institut für Immissionsschutz GmbH, zugrunde gelegt.

Die Flughafen Dortmund GmbH hat mit Schreiben vom 30.04.2010 den Auftrag zu einer lärmmedizinischen Beurteilung der prognostizierten Lärmimmissionen nach 22:00 Uhr erteilt. Die Prognose der Lärmimmissionen durch das Gutachten der Firma ADU cologne vom 22.03.2010, 23 Seiten, Anhänge A bis E, sind zur Verfügung gestellt worden und liegen der im folgenden erstatteten lärmmedizinischen Stellungnahme zugrunde. Die lärmmedizinische Stellungnahme soll den Antragsunterlagen beigelegt werden.

Grundlage für die Bewertung der Lärmimmission ist das Gesetz zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen (FlugLärmG) vom 1. Juni 2007, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 24, ausgegeben zu Bonn am 6. Juni 2007. Es hat den Zweck, „in der Umgebung von Flugplätzen bauliche Nutzungsbeschränkungen und baulichen Schallschutz zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm sicherzustellen“ (§ 1). Im § 2 des FlugLärmG werden Lärmschutzbereiche eingerichtet. Dabei werden sowohl äquivalente Dauerschallpegel (Außenwerte) als auch Maximalpegelhäufigkeiten (Innenpegel) für zwei Tagschutzzonen und eine Nachtschutzzone für neue oder wesentlich baulich erweiterte zivile Flugplätze und zum anderen bestehende zivile Flugplätze festgelegt.

Bei luftrechtlichen Zulassungsverfahren war es bisher nach dem Luftverkehrsgesetz erforderlich, ein lärmmedizinisches Gutachten einzubringen. Dies hatte den aktuellen Stand der Lärmwirkungsforschung darzustellen und entsprechende aktuelle Bewertungsvorschläge zu unterbreiten. In dem schwierigen interdisziplinären Feld der Lärmwirkungsforschung und der unterschiedlichen Interessenslagen bestanden und bestehen differente Auffassungen zu den Wirkungen von Lärm und den daraus abzuleitenden Maßnahmen.

Auch nach der Verabschiedung des FlugLärmG ist die Lärmwirkungsforschung weiter im Fluss. Deshalb ist es zu begrüßen, dass im FlugLärmG § 2(3) der Bundesregierung der Auftrag gestellt wurde, „spätestens im Jahre 2017 und spätestens nach Ablauf von weiteren 10 Jahren dem Deutschen Bundestag Bericht über die Überprüfung der in Absatz 2

genannten Werte unter Berücksichtigung des Standes der Lärmwirkungsforschung und der Luftfahrttechnik“ zu geben.

Eine lärmmedizinische Stellungnahme in diesem Verfahren hat aus meiner Sicht folgende Aufgaben:

Das Fluglärmgesetz setzt zum Schutz der Flughafennachbarschaft vor unzumutbarem Fluglärm bauliche Nutzungsbeschränkungen fest und verpflichtet den Flughafenbetreiber, in den Schutzbereichen des Fluglärmgesetzes an den Anwesen baulichen Schallschutz anzubringen. Die lärmmedizinische Stellungnahme untersucht, ob durch die mit der verfolgten Erweiterung der Betriebszeiten verbundenen Lärmimmissionen in der Zeit von 22:00 bis 23:30 Uhr mögliche Konsequenzen für die Allgemeinheit und Anwohner in der Nachbarschaft zu erwarten sind. In die Untersuchung werden die Schutzvorkehrungen des Fluglärmgesetzes einbezogen. Deshalb soll in der Diskussion der Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung der Schwerpunkt auf den Nachtwirkungen und den Störungen des Schlafes durch Lärm liegen.

Außerdem soll herausgearbeitet werden, worauf die teilweise kontroversen Diskussionen und zum Teil unterschiedlichen Interpretationen in der Lärm-Wirkungs-Forschung insgesamt und der Nachtwirkungen speziell beruhen. Dies dient dem Verständnis der Darstellung einzelner Studienergebnisse.

Eine Grundlage zur Bewertung und Einordnung auch neuerer Erkenntnisse ist die sogenannte Fluglärmynopse von GRIEFAHN, JANSEN, SCHEUCH, SPRENG (2002) und SCHEUCH et al. (2007). Es ist die einzige, wissenschaftlich begründete umfassende Darstellung zu unterschiedlichen Lärmwirkungen. Aufbauend auf den einzelnen lärmmedizinischen Gutachten der oben genannten Autoren der Synopse wurden in einem Schutzkonzept unterschiedliche Schutzziele betrachtet. Dies erleichtert die Bewertung der im FlugLärmG festgelegten Lärmschutzbereiche. Dies ist auch ein Vorteil gegenüber dem Fluglärmschutzgesetz, da die Wirkungen bei den Schutzzonen des Gesetzes differenziert eingeschätzt werden können.

Bei der Erarbeitung der Synopse wurden unterschiedliche Wirkungsparameter betrachtet von der Gesundheitsstörung über Belästigung, Störung des Nachtschlafes, der Kommunikation, von Leistung und Erholung. 2007 wurde überprüft, ob aufgrund neuerer Erkenntnisse wesentliche Änderungen der Synopsevor schläge erforderlich sind. Sie konnte weitgehend bestätigt werden (SCHEUCH et al. 2007). In den Planfeststellungsverfahren bei den verschiedensten Flughäfen gab es sehr umfassende Diskussionen, die die Grundaussagen der Synopse bestätigt haben. Damit wird über die einfache Beurteilung der Einhaltung der Schutzzonen des FlugLärmG hinausgegangen. Mit dieser Einordnung wird auch ein Beitrag zur Versachlichung der Diskussion in den entsprechenden Verfahren geleistet werden.

Auf der Grundlage des FlugLärmG und der wirkungsbezogenen Lärmpegelbewertung wird das Szenario mit Änderung von Betriebszeiten am Flughafen Dortmund eingeschätzt. Es wird sowohl eine flächenbezogene als auch eine immissionsortbezogene Bewertung vorgenommen.

2. Einschätzung der gegenwärtigen Diskussionen zu Ergebnissen und Schwerpunkten der Lärmwirkungsforschung

Die Lärmwirkungsforschung ist eine interdisziplinäre Aufgabe mit unterschiedlichen theoretischen und methodischen Herangehensweisen. Die Ergebnisse werden meist unmittelbar in der Praxis interessensgeleitet diskutiert, eine Einordnung in physiologische, klinische, psychologische epidemiologische Erkenntnisse aus anderen Belastungsfeldern menschlichen Handelns erfolgt dabei selten. Deshalb sollen der konkreten Darstellung der Nachtlärmwirkungen allgemeine Fragen der wissenschaftlichen Einordnung vorangestellt werden.

2.1. Probleme in den Diskussionen zur Lärmwirkung

Diskussionen zur Lärmwirkungen und ihre wissenschaftlichen Begründungen sind in Anhörungen und in entsprechenden Gerichtsverfahren immer kontrovers. Für ein Risikomanagement sind der Risikovergleich und die Einordnung erforderlich, um konkrete Handlungen abzuleiten. Es ist legitim, dass in Anhörungen und anderen Verfahren nur der jeweilig diskutierte Belastungsfaktor eine Rolle spielt. Schlussfolgerungen lassen sich jedoch nicht ohne Risikovergleich ziehen.

Zum anderen charakterisiert Schall und Lärm menschliches Leben. Schall ist notwendig, auch Lärm, überall auftretend, in seiner Wirkung unspezifisch, d. h. das Wirkungsspektrum und die Wirkungsart ist ähnlich wie bei vielen anderen Faktoren menschlichen Lebens. Deshalb ist es notwendig, auch den Verkehrslärm, und hier speziell den Fluglärm, in die üblichen Schallbelastungen des Menschen einzuordnen. Dabei sind auch physikalische Grundlagen zu berücksichtigen, u. a. Wahrnehmbarkeit bei Pegeldifferenzen, logarithmische Abhängigkeit der Wirkung von dem Schallpegel, Messbarkeit u. a.

Wesentliche Mängel in diesen Diskussionen zu Ergebnissen in der Lärmwirkungsforschung bestehen vor allem in

- der mangelnden oder fehlenden Berücksichtigung der Qualität der Eingangsdaten und des unzureichenden Einbezugs von Confoundern/zusätzlichen Einflussfaktoren bei der Interpretation,
- der Nichtbetrachtung der Gesamtheit der Ergebnisse und ihrer Wertung, es werden nur „passende“ Ergebnisse dargestellt,
- der Überbetonung multivariater statistischer Verfahren ohne Berücksichtigung der Qualität der Eingangsdaten und einer fehlenden medizinisch und auch psychologisch fundierten Interpretation der Ergebnisse,
- der fehlenden Einordnung der Ergebnisse in biologische und medizinische Prozesse, wodurch erst die Relevanz der Ergebnisse bewertbar wird,
- der Nichtberücksichtigung von Erkenntnissen aus anderen Belastungsbereichen des Menschen,

- der banalen Kausalitätsinterpretation (Ursachenzuschreibung) von Wirkungen auf Lärm, der Darstellung von nicht gesicherten Hypothesen als wissenschaftlich nachgewiesene Realität, z. B. Belästigung als Ursache von Krankheit – wohlwissend, dass andere psychische Belastungsfaktoren eine deutlich gesichertere Beziehung zu möglichen Erkrankungen haben (SCHEUCH 2004),
- dem Postulat eines pathogenetischen (krankmachenden) Mechanismus Lärm – Reaktion des Menschen darauf – Krankheit, ohne Berücksichtigung der Rückkopplungs-, Erholungs-, Gegenregulationsprozesse (SCHEUCH und SCHRÖDER 1990)
- der fehlenden Einordnung in die üblichen Schallbelastungen des Menschen, womit die Prüfung der ökologischen Plausibilität umgangen wird,
- der Nichtberücksichtigung von Kriterien des Umweltrechtes und Grundlagen der Risikobewertung, z. B. nicht die Wirkung von Umwelteinflüssen an sich ist relevant, sondern ihre Adversität, Schutzkriterien können nicht jede einzelne Person berücksichtigen.

Die Wissenschaft entscheidet nicht über Begrenzungswerte, hat aber die Spannbreite und Sicherheit der Erkenntnisse zu (adversen) Effekten zu verdeutlichen.

Die Wirkungsforschung hat Beurteilungskriterien bei Belastungen zu liefern, die frühe gesundheitliche Beeinträchtigungen verhindern, aber auch frühe Effekte unklarer Bedeutung ohne gesundheitliche Konsequenzen berücksichtigen. In diesem Bereich liegen mögliche negative, d. h. *adverse Effekte*. Unter Vorsorgegesichtspunkten beginnt hier die Schutzbedürftigkeit. In diesem Bereich ist abzuwägen, was zumutbar und unzumutbar ist und welche Belastung medizinisch oder gesellschaftlich toleriert werden kann. Unzumutbar ist in Bezug auf diese Stellungnahme, wenn Lärm zu Erkrankungen, Schädigungen oder nicht zumutbaren Belästigungen führt. Dies sind eindeutig adverse Effekte, die Gesetzgebung hat sie zu vermeiden. Unterhalb dieser Schwelle besteht Spielraum für Entscheidungen aus anderen Gründen. Zumutbar ist, dass unter Schalleinwirkung psychophysische Effekte auftreten, wenn diese Effekte über die Zeit kompensierbar sind.

2.2. Allgemeine Probleme der Durchführung wissenschaftlicher Studien zur Lärmwirkung

Vor allem in der epidemiologischen aber auch experimentellen Lärmwirkungsforschung bleibt eine Vielzahl methodischer und inhaltlicher Probleme, die immer wieder zu auch kontroversen Diskussionen führen. Die *Beteiligung an Studien* zur Untersuchung von Lärmwirkungen ist meistens freiwillig. Bevölkerungsbezogene Erhebungen werden häufig unterstützt von Verbänden, Interessensvertretern, Rechtsanwälten. Die Folge ist die Untersuchung von Risikopopulationen oder von besonders Gesundheitsinteressierten. Dies führt unter anderem zu den in den Sozialwissenschaften bekannten Einschränkungen der Qualität von Studien durch „overreporting“, dem „Nimby-Effekt“ (Not in my backyard) oder „Intra-Class-Korrelationen“ (Familien, Verbandsmitglieder, Nachbarn haben häufig gleiche

Antworttendenzen). Hierzu zählen auch weitere vorgelegte Studien, die z. B. im zeitlichen Zusammenhang mit geplanten Änderungen von Flughäfen realisiert wurden. Schlussfolgerungen für Begrenzungswerte lassen sich aus Studien in solchen Situationen nicht ziehen.

Auch die *Auswertungsqualität* vieler Studien lässt nicht selten zu wünschen übrig, da im Drang nach relevanten Ergebnissen, die eher publikationsfähig sind, kaum noch inhaltlich zu untersetzende Auswahl- und Rechenprozeduren vorgenommen werden. Das traurigste Beispiel der ansonsten guten Untersuchung stellt die NaRoMi-Studie dar, bei der die Chariteauswertung (KEIL et al. 2004) etwa zwei Drittel der Studienpopulation nicht mehr einbezog, was zu nahezu konträren Ergebnissen mit einer Auswertung des Umweltbundesamtes (BABISCH 2004) an der gleichen Untersuchungspopulation führte. Diese *Gruppenklassifizierung* (BECK-BORNHOLDT und DUBBEN 2005) stellt ein grundlegendes und erhebliches Problem in mathematisch-statistischen Analysen sowohl im Experiment als auch in der Epidemiologie dar. In der Lärmwirkungsforschung zeigt sich dies durch teilweise willkürliche, auf statistisch signifikante Ergebnisse ausgerichtete Veränderungen der *Lärmbelastungskategorien* (Streitpunkt in der Auswertung der NaRoMi-Studie, BABISCH 2004), oder der Zusammenfassung *unterschiedlicher Verkehrsarten*, ohne nach Wirkungsgleichheit zu fragen (z. B. LARES-Studie), oder der Zusammenfassung *unterschiedlicher Grade der Belästigung* (z. B. Zusammenfassen von mittelgradig Belästigten mit stark und äußerst stark Belästigten, ohne zu fragen, ob die gleichen Wirkungen zu erwarten sind). Hier sind auch die unterschiedlichen Lärmquartilenbereiche von GREISER et al. (2010) einzuordnen, die Klassengröße von 2 dB(A) bis 13 dB(A) umfassen. Damit werden unter Wirkungsaspekten Scheinergebnisse produziert. Dies ist unter anderem auch den Publikationsgewohnheiten zu schulden, dass vor allem „positive“, „relevante“ Ergebnisse veröffentlicht werden, der so genannte „*Publikations-Bias*“.

Die mathematisch-statistische Bearbeitung von Daten ist Mittel zum Zweck, Voraussetzung für die Interpretation der damit erreichten Ergebnisse sind die Bewertung und der Umgang mit den Eingangsdaten und die Bewertung der Ausgangsdaten für die zu erwartenden, wissenschaftlich zu begründenden Wirkungen. Dies kann nur entsprechend wissenschaftlicher Kriterien an Hand bisheriger Erkenntnisse der medizinischen und psychophysiologischen Belastungsforschung erfolgen. Lärmwirkungsforschung hat die Aufgabe, Wirkungen zu prognostizieren und nicht isolierte Berechnungen zu produzieren. Dem Datenniveau angemessen, bewerten die meisten Autoren ihre Ergebnisse durchaus in den wissenschaftlichen Publikationen kritisch. Diese kritische Haltung ist in Anhörungen dagegen häufig zu vermissen.

Diese genannten Probleme und Interpretationsschwierigkeiten treffen auch für die besonders problematische Wirkung von Lärm in der Nacht zu, auf die im Folgenden konkret eingegangen wird.

3. Lärm und Schlafstörungen

GRIEFAHN (1991) unterscheidet zwischen primären (in einer Nacht), sekundären (nach einer Nacht) und tertiären (langfristigen) Wirkungen von nächtlichem Lärm. Entscheidend für den gegenwärtigen Wissensstand zu den Konsequenzen von lärmbedingten Schlafbeeinflussungen ist, dass zur pathophysiologischen, d. h. krank machenden Bedeutung einzelner Parameter als Ausdruck einer Schlafstörung kaum eine Aussage möglich ist, so dass unser Erkenntnisstand zu den primären Wirkungen durch Schall relativ gut ist, die sekundären Wirkungen von vielen weiteren Faktoren abhängen und die tertiären Wirkungen weitgehend unklar sind.

Nach vielen Schlafuntersuchungen im Labor wurden in den letzten 15 Jahren auch einige Untersuchungen unter üblichen häuslichen Schlafbedingungen bei Lärmeinwirkung durchgeführt. Die Problematik all dieser Untersuchungen besteht jedoch in der mangelnden Vergleichbarkeit der Parameter zum Nachweis einer Schlafstörung durch Lärm. So wird eine Vielzahl von Kenngrößen verwendet. Diese unterschiedlichen Effektparameter bei unmittelbaren, d. h. in einer Nacht, einwirkenden Schallereignissen kann man einteilen in:

- Reaktionen im Schlaf
 - Änderung der Schlafstadien, der –tiefe, vor allem aus elektrophysiologischen Veränderungen
 - daraus abgeleitet, nichterinnerbare Aufwachreaktionen
 - Körperbewegungen
 - Vegetative und hormonelle Veränderungen
- Schlafablaufstörungen
 - Einschlaf- und Durchschlafstörungen
 - Verminderung des Gesamtschlafes
 - erinnerbares Aufwachen
- Subjektive Wirkungen
 - Bewertung der Schlafqualität
 - Belästigung
 - Bewertung der "after effects" eines gestörten Schlafes im Befinden, der Leistung und im Verhalten.

Dabei gibt es zwischen diesen unterschiedlichen Parametern eine wechselseitige Beeinflussung.

Die Schwierigkeit besteht darin, dass zur Ableitung von Beurteilungs- oder Grenzwerten aus der wissenschaftlichen Literatur diese genannten unterschiedlichen Störungsparameter des Schlafes herangezogen werden. Dabei wird von der Hypothese ausgegangen, dass, wenn solche Störungsparameter durch Lärm bestimmter Pegel und/oder Häufigkeiten nachweisbar sind, sie auch zu langfristig negativen Effekten beitragen können. Es ist anzunehmen, dass solche Ableitungen unter Vorsorgeaspekten geschehen, da langfristige Anpassungs- und Gewöhnungsprozesse nicht berücksichtigt werden können. Pegelbezogene epidemiologische Untersuchungen sind aufgrund der Vielgestaltigkeit von Einflüssen und der Langfristigkeit des Entstehens von Erkrankungen oder anderer negativer Effekte schwierig, aufwändig und mit beschränkter Aussagemöglichkeit durchführbar.

3.1. Aufweckreaktionen

Im Allgemeinen wird von der besonderen Bedeutung von Aufweckreaktionen für die Festlegung von Begrenzungswerten ausgegangen. Dies ist zu unterstützen, da eine mögliche Gesundheits- und Leistungsbeeinträchtigung, und damit auch Befindensstörungen, durch schallbedingte Lärmeinflüsse vor allem über Aufweckreaktionen geschieht.

Dabei werden in der wissenschaftlichen Literatur sehr unterschiedliche Prozesse als Aufwachreaktionen bezeichnet. In vielen Fällen werden Veränderungen so genannter „Arousal-Reaktionen“ als „Aufwachreaktionen“ angegeben. Dies sind in elektrophysiologischen Parametern, z. B. dem Elektroenzephalogramm (EEG), nachweisbare Veränderungen der Gehirnströme, die einer Aktivierungsreaktion entsprechen. Solche Reaktionen können im normalen Schlaf mehr als 20-mal / Stunde auftreten, je nachdem wie man sie definiert. In der DLR-Labor- und Feldstudie (siehe unten) werden als Aufweckreaktionen der Wachzustand (nicht der erinnerbare, sondern der aus elektrophysiologischen und vegetativen Veränderungen ablesbare) und das Schlafstadium S 1 zusammengefasst. Während die Arousal sich in den Hirnströmen nur wenige Sekunden zeigen, wird diese physiologische Aufwachreaktion definitorisch mit mindestens 15 Sekunden Dauer angesetzt. Es wird von der Hypothese ausgegangen, dass das Schlafstadium S 1 und die elektrophysiologisch nachweisbaren Vorgänge einer Aktivierung nicht der Erholung dienen können, was durchaus berechtigt ist. Jedoch sind diese Vorgänge normale physiologische Prozesse. Die Schlussfolgerung, wenn sie nicht der Erholung dienen können, müssen sie gefährdend sein, ist nur bei besonderer Betonung von Vorsichtsaspekten nachzuvollziehen. Diese physiologisch definierten Wachphasen aus bestimmten Merkmalen des EEG und in dieser Dauer sind auch im ungestörten Schlaf häufig. So fanden BASNER et al. (2004) eine durchschnittliche Anzahl pro Person von $24,4 \pm 9,3$ solcher Wachphasen im Labor, die aber meist nicht am Morgen erinnerbar sind. Die mathematische Berechnung der den Lärm zuzuordnenden EEG-Veränderungen ist nicht einfach. Es gibt unterschiedliche Herangehensweisen, unterschiedliche Hypothesen zur Berechnung. Deshalb fand 2006 ein Kolloquium in Zürich statt, bei dem die DLR-Berechnungsform (siehe Kapitel 2.5.3) bestätigt wurde (BRINK et al. 2006).

Erinnerbare Phasen dieser Aktivierungszustände müssen mindestens 3 bis 4 Minuten dauern. Bei diesen Häufigkeiten ist die Frage zu stellen, wann eine gesundheitliche Gefährdung beginnt. EEG-Arousals, von manchen Autoren als „Schlafstörung“ bezeichnet, haben keine

Bedeutung z. B. für die Tagesschläfrigkeit. Unklar ist dagegen die Bedeutung vegetativer Arousals, doch auch solche sind physiologischerweise mit den Schlafstadien verbunden.

Bei dem Begriff der Aufweck- bzw. Aufwachreaktion ist demnach deutlich zu machen, wovon man spricht. Arousals mit wenigen Sekunden Dauer haben wahrscheinlich keine wesentliche langfristige Wirkung, physiologische Auswachreaktionen an Hand von EEG-Veränderungen mit etwa 15 Sekunden Dauer könnten bei gehäuftem Auftreten durchaus Effekte am Folgetag haben, was jedoch bisher auch noch nicht bewiesen ist, Langzeiteffekte sind bisher nur hypothetisch anzunehmen (BRINK et al. 2006). Erinnerbares Aufwachen hat auf alle Fälle eine Bedeutung für die subjektive Wertung der Schlafqualität. Es ist auch anzunehmen, dass bei Schwierigkeiten des Wiedereinschlafens zusätzliche negative Effekte am Folgetag auftreten können, und es besteht die Hypothese, dass daraus Langzeiteffekte entstehen können.

3.2. Hormonveränderungen durch Störung des Nachtschlafes

Einige Autoren (MASCHKE et al. 1995, SPRENG 2002) vertreten die Auffassung, dass durch nächtlichen Verkehrslärm Cortisol (und teilweise Katecholamine) ansteigen würden und über die Wirkungen des Cortisols die Gefährdung der Gesundheit resultiert. Die Aufweckreaktion aus dem EEG im Labor oder Schlafzimmer lässt sich im Experiment unmittelbar dem einwirkenden Schall zuordnen. Dagegen ist die Cortisolkonzentration eine Summation über die Nacht, wobei Cortisol einen der ausgeprägtesten Biorhythmus aller Hormone aufweist, auf den natürlich auch andere Mechanismen wirken. So ist es nicht verwunderlich, dass sehr unterschiedliche Ergebnisse vorliegen.

Noch ist aus den bisherigen Untersuchungen keine gesicherte Erkenntnis zur krankmachenden Bedeutung der Cortisolausscheidungen in der Nacht zu ziehen. Kein Zweifel besteht jedoch, dass der unregulierte Stressmechanismus mit wesentlicher Bedeutung des Cortisols einen der wichtigsten Wege zur Entstehung einer Erkrankung darstellen kann. Die Fragen sind nur, ob es durch üblichen nächtlichen Lärm überhaupt zu relevanten Hormonveränderungen kommt und ob sowie welche Gegenregulationen zur Verfügung stehen und wovon diese abhängen.

SPRENG (2002) hat auf der Grundlage der Ergebnisse von Maschke-Untersuchungen in der Nacht ein so genanntes Cortisolmodell der Beziehungen zwischen Maximalpegelhäufigkeiten und tolerablen Cortisolveränderungen abgeleitet. Wenn überhaupt eine Schädigung auftritt, so spielt dieser Mechanismus eine wesentliche Rolle. Dieses Modell ist die Grundlage für die Nachtbeurteilungswerte der so genannten Synopse (GRIEFAHN et al. 2002, SCHEUCH et al. 2007)

3.3. Die DLR-Studie

2001 bis 2007 wurden Ergebnisse der so genannten DLR-Nachtfluglärm-Studie publiziert, den bisher größten experimentellen Untersuchungen im Labor und im Feld zu Wirkungen von Fluglärm in der Nacht (z. B. BASNER et al. 2004, 2006, HUME 2008). Schwerpunkt dieser Untersuchungen liegt auf der physiologischen Aufwachreaktion als Kriterium für

Begrenzungswerte. Es werden jedoch auch nahezu alle relevanten primären und sekundären Wirkungen unter Nachtlärm untersucht.

Die DLR-Studienteilnehmer sind zweifelsohne nicht repräsentativ für die deutsche Bevölkerung. Dies ist auch nicht Anliegen dieser Studie, sondern es ist die Frage zu beantworten, ob und bei welchen Pegeln in einem experimentellen Design sowohl im Labor als auch im Schlafzimmer zu Hause Wirkungen feststellbar sind. Dabei wird von der Hypothese ausgegangen, dass, wenn im Experiment unter sehr gut kontrollierbaren Bedingungen sowohl im Feld als auch im Labor keine lärmbedingten Wirkungen auftreten, dann ist auch grundsätzlich langfristig nicht von einer schädigenden Wirkung auszugehen. Dies ist durchaus logisch, deshalb müssen validierte interne Kriterien umgesetzt werden. Sie sind auch die Voraussetzung dafür, dass die Ergebnisse auf andere Bevölkerungsgruppen übertragen werden können. Für ein einzelnes Individuum können diese Aussagen aufgrund individueller Besonderheiten durchaus nicht oder nur eingeschränkt zutreffen. Dies ist jedoch bei allen unterschiedlichen Einflussfaktoren auf den Menschen der Fall.

Bei der Übertragung auf andere nicht untersuchte Gruppen von Personen ist entscheidend, ob die Personengruppen, die ausgeschlossen worden sind, tatsächlich auf Lärm anders reagieren als die eingeschlossenen. Das trifft auf die Altersgruppen als auch auf Personen mit Krankheiten zu. Die Ausschlusskriterien der DLR-Studie beinhalten sowohl Personengruppen mit zu erwartender geringerer oder auch höherer Reaktion auf Lärm.

Auf der Grundlage der physiologischen Aufweckreaktionen wurde ein Konzept für den Flughafen Leipzig-Halle entwickelt, das verhindern soll, dass in einer Nacht durch Fluglärm **eine** zusätzliche Aufweckreaktion ausgelöst wird, d. h. zusätzlich zu den physiologischen, lärmunabhängigen etwa 24 Aufweckreaktionen in einer Nacht. Statistisch schwanken diese normalen Reaktionen in der Nacht um 9 Ereignisse zwischen 15 und 33 physiologischen, d. h. normalen Reaktionen. Es ist nicht bekannt, welchen Effekt 1 „zusätzliches Ereignis“ auf die sekundären und tertiären Wirkungen haben könnte. Unter Vorsorgeaspekten wurde dies einfach festgelegt.

Diesem Konzept liegen zugunsten der Betroffenen weitere Vorsorgegesichtspunkte zugrunde, die einem 3-4-fach erhöhten Schutzniveau entsprechen:

- es wurde das Schlafverhalten eher lärmempfindlicher Personen untersucht,
- der Schlafiefenwechsel nach S1 wird bereits als Aufwachen gewertet,
- es wird für die gesamte Nacht das empfindlichste Stadium S2 gewählt,
- es wird für die gesamte Nacht die empfindlichere 2. Hälfte zugrunde gelegt,
- die Berechnungen erfolgten auf der Basis der 6 verkehrsreichsten Monate,
- es wurde ein Malus von 1.4 dB(A) in der zweiten Nachthälfte gesetzt

- Alle Ereignisse ab $L_{Amax} = 33$ dB(A) wurden berücksichtigt. In bisherigen experimentellen Studien (auch der DLR-Laborstudie) wurden jedoch Pegel unter 45 dB(A) kaum eingesetzt, da man von ihrer biologischen Irrelevanz ausging.

Es wird demnach keine Worst-Case-Berechnung für die denkbar ungünstigste Möglichkeit vorgenommen, eine solche Berechnungssituation kann überhaupt niemals auftreten. Nach SAMEL (2006) werden präventivmedizinische Annahmen getroffen, wodurch eine Überschätzung der Aufwachwahrscheinlichkeiten zustande kommt, die zu einer Differenz von ungefähr 12 dB(A) zur real zu erwartenden Aufwachreaktion der untersuchten Population führen.

Es werden unter präventivmedizinischen Gesichtspunkten Annahmen getroffen, die es erlauben, die Ergebnisse auf einen großen Teil der Bevölkerung zu übertragen, für die die DLR-Studie selbst nicht repräsentativ war.

Da die zweite Nachthälfte bei diesen Berechnungen eine besondere Rolle spielt, sind diese Ergebnisse nicht auf den Flughafen Dortmund anzuwenden, da in der zweiten Nachthälfte kaum ein Flugverkehr stattfindet.

In der Tabelle 1 sind die Pegel mit ihren Häufigkeiten genannt, die in der Labor- oder Feldstudie zu einem solchen zusätzlichen Aufwachen führen. Es ist zum Beispiel zu entnehmen, dass 2,6 Fluglärmereignisse pro Nacht von 70 dB(A) im Labor, 11,3 Ereignisse im Schlafzimmer in einer Nacht ein zusätzliches EEG-Aufwachen bedingen. Wird das Modell der Cortisolzunahme verwendet, dann sind es 6 x 70 dB(A) Einzelereignisse, die zu einem relevanten Cortisolanstieg führen (Tabelle 1).

Der Wert von 53 dB(A) ist markiert, da nach dem FlugLärmG die Nachtschutzzone 6 x 53 dB(A) ab 01.01.2011 umfasst. Die experimentell gefundene Anzahl für ein zusätzliches Aufwachen in einer Nacht liegt deutlich darüber.

Sowohl auf die Schlafdauer, die Cortisolausscheidung und sonstige negative Effekte am nächsten Morgen und Tag (z. B. Leistung und Befinden) hatten sowohl die Lärmbelastungen im Labor als auch im Feld in der DLR-Studie geringe Effekte.

Die Lärmwirkungen, die unter normalen Schlafbedingungen erfasst worden sind, waren deutlich geringer als die laborbezogenen Effekte.

Tab. 1: Anzahl von Überflügen, die in der DLR-Labor- und in der Feldstudie zu genau einer durch Fluglärm verursachten physiologischen Aufwachreaktion führten. Zum Vergleich die mit dem Cortisolmodell berechnete tolerable Anzahl von Überflügen bei verschiedenen äquidistant einwirkenden Maximalpegeln am Ohr des Schlafers während 8 Nachtstunden (SPRENG 2002).

$L_{AS, max}$	Zulässige Anzahl von Ereignissen für		
	ein zusätzliches durch Fluglärm bedingtes Aufwachen		Cortisolzunahme (gerundet)
	Laborstudie	Feldstudie	
80			4
70	2.6	11.3	6
65	3.5	13.7	7
60	5.0	17.2	8
56	6.8	20.4	8
55	7.4	21.7	11
53	8.6	24.4	13
50	10.1	29.4	13
45	15.9	43.5	18
40	-	76.9	23

Vernachlässigt man, dass diese Ableitungen zulässiger Anzahl von Flugereignissen in der gesamten Nacht nicht auf die konkreten Bedingungen des Flughafens Dortmund zutreffen, so könnten bei den beantragten 11 Flügen im Prognose-Plan-Fall nach der Aufwachreaktion diese Flüge einen Schallpegel von 85 dB(A) außen bei gekipptem Fenster, nach der Cortisolberechnung ≥ 70 dB(A) außen betragen. Auf die besonderen Bedingungen von Lärmbelastungen in der ersten Nachtstunde wird noch eingegangen werden.

3.4. Ableitung von Grenzwerten – Dauerschallpegel und Maximalpegel

In der Synopse wird vom so genannten Cortisol-Modell zur Ableitung von Maximalpegelhäufigkeiten als Begrenzungswerte ausgegangen, sie wurden auch anhand der Aufweckreaktionen der DLR-Ergebnisse überprüft. Die DLR-Studie bestätigte die Auffassungen der Synopse, dass die äquivalenten Dauerschallpegel eine nachrangige Rolle spielen. Es wurden sowohl in der Labor- als auch in der Feldstudie keine signifikanten Auswirkungen auf Wirkungen im Schlaf und am Folgetag in Abhängigkeit vom Dauerschallpegel festgestellt. Da der L_{eq} jedoch bedeutungsvoll für das Wiedereinschlafen nach Aufwachen sein kann, schlagen die Autoren der Synopse vor, auch noch den L_{eq} bei Bedarf heranzuziehen. Dies wird auch im FlugLärmG angewandt. Auch Lärmschutzmaßnahmen können den Dauerschallpegel einbeziehen. Es soll jedoch nochmals betont werden, dass die Maximalpegelhäufigkeiten die entscheidenden Kriterien sind.

Dies ist auch für die Bewertung des Prognose-Plan-Falls des Flughafens Dortmund relevant, da die beantragten Betriebszeitenänderungen bis 23:30 Uhr nur die Nachtphase von 22:00 Uhr in den ersten beiden Nachtstunden betreffen. Bei der Benutzung des Dauerschallpegels über die gesamte Nacht können die tatsächlichen prognostizierten Wirkungen verzerrt werden.

Der Vorteil der Maximalpegelhäufigkeitsangaben des FlugLärmG und der Synopse besteht auch in der einfachen Nachvollzieh- und Kontrollierbarkeit dieser Werte durch Betroffene und Flugplätze selbst, was bei dem oben geschilderten DLR-Modell nicht möglich ist.

Neben Aufweckreaktionen und Hormonveränderungen wurden auch andere Kriterien zur Ableitung von Begrenzungswerten herangezogen. Auch selbst berichtete Schlafstörungen wurden untersucht. MIEDEMA und VOS (2007) analysierten 24 Feldstudien, die Nachtpegelbelastungen lagen zwischen 44 und 65 dB(A) Dauerschallpegel. Sie fanden, dass Fluglärm ausgeprägter zu solchen subjektiven Schlafstörungsangaben als Straßenverkehr und Schienenverkehr führt. Nach dem FlugLärmG und der Synopse sind Dauerschallpegel von 50 und 55 dB(A) in den Schutzkonzepten aufgenommen. Nach den Untersuchungen von MIEDEMA und VOS (2007) sind bei 50 dB(A) etwa 8 % erheblich schlafgestört, bei 55 dB(A) 10 %, für Schlafstörungen ohne qualitative Abstufung, d. h. allein die Angabe, dass sie vorhanden sind ohne Zuordnung von Häufigkeit und Störungseffekt, sind es bei 50 dB(A) etwa 11 % bei 55 dB(A) etwa 16 %. Diese Angaben beziehen sich auf Lärmpegel in der gesamten Nacht. Bei Befragungen wird es unabhängig vom Pegel kaum einen 0 %-Störungspegel geben (siehe Kap. 2). Für den Tagfluglärm gibt es eine praktische Übereinkunft, dass 25 % erheblich Belästigter deshalb zu akzeptieren sind. Bei Schallpegeln, bei denen dieser Wert auftritt, kann ein Begrenzungswert vorgeschlagen werden. Für Störungen in der Nacht gibt es so etwas nicht.

HUME (2008) fasste in seinem Übersichtsreferat zum 9. Internationalen Kongress „Lärm und Public-Health-Probleme“ (ICBEN) die Ergebnisse der letzten Jahre hinsichtlich Schlafstörungen durch Lärm zusammen und gab einen Ausblick auf die nächsten fünf Jahre. Er betonte, dass die wesentliche Entwicklung der Erkenntnisse auf diesem Gebiet in den letzten fünf Jahren die Ergebnisse der DLR-Studie sind. Von Hume wurde auch die Frage des Dauerschallpegels und Einzelpegel diskutiert. Die Verwendung von Einzelpegeln wurde vor allem auch damit begründet, dass der Dauerschallpegel für die Betroffenen eine zu geringe Nachprüfbarkeit hätte. Der Dialog und die Überprüfbarkeit von Vorgaben seien ein zunehmend wichtiger Faktor. Dies ist auch eine Schwierigkeit der Anwendung der DLR-Ergebnisse generell bei Flughäfen und für den Flughafen Leipzig/Halle speziell. Von Hume wurde auch betont, dass trotz aller Anstrengungen und Arbeit der letzten Jahre gegenwärtig keine Aussage zu den Langzeiteffekten eines gestörten Schlafes machbar sind. Er betonte die Notwendigkeit von sowohl epidemiologischen als auch experimentellen Forschungsansätzen. Es wird auch festgestellt, dass kaum Aussagen zu den Wirkungen von

Schlafstörungen bei vulnerablen Gruppen, insbesondere Kranke, Ältere, Kinder, vorhanden sind.

In einer zusammenfassenden Bewertung von Feldstudien kommen MICHAUD et al. (2007) zur Feststellung, dass die Übertragbarkeit dieser unterschiedlichen Ergebnisse von Nachtlärmstudien auf die Bevölkerung schwierig ist aufgrund der individuellen Unterschiede, den divergierenden Methoden und analytischen Herangehensweisen. Die Beziehungen (Varianz) der Reaktionen in der Nacht zu der Höhe des Fluglärms, dem Schallpegel, ist gering. Die Autoren kommen zu der Feststellung, dass Schlafstörungen durch nächtliche Fluglärmbelastungen im Feld nicht dramatisch sind, Schlafstörungen nur gering in Beziehung zur Außenlärmbelastung stehen. Aufwachreaktionen stehen stärker mit dem Innen- als dem Außenlärm in Beziehung. Es wird unterstrichen, dass spontane und nicht dem Fluglärm zuzuschreibende Aufwachreaktionen sehr viel häufiger sind als fluglärmbedingte.

Neuere Erkenntnisse zu den Maximalpegelhäufigkeiten in der Nacht gibt es nicht. Im Vordergrund der Forschung der letzten Jahre standen epidemiologische Untersuchungen, die sich nahezu ausschließlich auf die Dauerschallpegel auch in der Nacht konzentrierten, da Maximalpegel und ihre Häufigkeit bei diesem Ansatz den Studien nicht zur Verfügung standen. Deshalb sind nach wie vor die auf der Grundlage der Aufwachreaktionen und des Cortisolmodells abgeleiteten Begrenzungswerte für die Maximalpegelhäufigkeiten relevant.

Im Rahmen des Anti-Lärm-Pakts des Regionalen Dialogforums Flughafen Frankfurt/Main wurden wirkungsbezogene Fluglärmindizes vorgeschlagen, die von SCHRECKENBERG et al. (2009a) begründet wurden. Der Frankfurter Fluglärmindex (FFI) und der Frankfurter Nachtindex (FNI) haben nicht das Ziel, „das Belastungsausmaß für einzelne Personen zu bestimmen oder Grenzwerte zu formulieren, die eine gesundheitliche Beeinträchtigung durch die Fluglärmbelastung für den Einzelnen markieren“. Es soll u. a. die Entwicklung verfolgt, die Auswirkungen von aktiven Schallschutzmaßnahmen geprüft, vergleichbare Bewertungsmöglichkeiten zur Abwägung von Vor- und Nachteilen aktiver Schallschutzmaßnahmen vorgenommen und regionale Lärmobergrenzen definiert werden. Der FNI beruht auf den DLR-Untersuchungen und bezieht ein Gebiet ein, in dem mit mindestens 0,5 zusätzlichen lärmbedingten Aufwachreaktionen zu rechnen ist.

3.5. WHO-Night Noise Guidelines (NNGL)

Im Oktober 2009 wurden die „Night Noise Guidelines“ (NNGL) durch die WHO als offizielles Dokument veröffentlicht. Dieses Dokument beruht auf einem Forschungsbericht einer Expertengruppe. Bereits 1999 veröffentlichte die WHO Guidelines for Community Noise, die jetzigen Empfehlungen werden komplementär zu dieser Veröffentlichung

angesehen. Empfehlungen für die Mitgliedsstaaten von 1999 werden als nach wie vor valide und relevant betrachtet, obwohl sich Beurteilungswerte verändert haben (siehe unten). Der Forschungsbericht von einem ausgewiesenen internationalen Expertengremium durchlief einen WHO-internen und –externen Begutachtungsprozess (BABISCH 2009 und 2010). Es erfolgte eine umfangreiche Einbeziehung von Literatur in die Diskussion, die sich sowohl mit Kriterien von Schlafstörungen, den grundsätzlichen Beziehungen zwischen Schlaf und Gesundheit, Effekten des Nachtlärms auf den Schlaf, den Wirkungen von Nachtlärm auf Gesundheit und Wohlbefinden befasste. Die aufgeführten Ergebnisse und Teilkapitel tragen natürlich die Handschrift der entsprechenden Autoren, weitgehend wurde die Literatur bis 2008 berücksichtigt.

Wie vom WHO-Regionaldirektor für Europa Marc Danzon betont, handelt es sich bei diesen Guidelines weder um Standards noch gesetzlich bindende Kriterien. Es wird ein Leitfaden zur Reduzierung negativer gesundheitlicher Auswirkungen durch Nachtlärm auf der Grundlage von Expertenmeinungen und der wissenschaftlichen Erkenntnis vorgelegt. Es wird kritisch der gegenwärtige Wissensstand zu den Beziehungen von Nachtlärm und gesundheitlichen Auswirkungen referiert, auch noch vorhandene Defizite der Erkenntnis diskutiert. Dem ist weitgehend zuzustimmen.

Für die Beurteilung des Nachtlärms wird ein nächtlicher Mittelungspegel (L_{night}) verwendet. Dies entspricht auch der in Deutschland üblichen Verfahrensweise, um einem Tag- und Nachtpegel zu unterscheiden. Dieser L_{night} gilt für acht Stunden. Maximalpegel und deren Häufigkeiten werden als Grenz- oder Zielwerte nicht einbezogen, bei der Ableitung von L_{night} spielen sie eine Rolle (siehe unten). In den Community Noise Guidelines von 1999 wurden Immissionsschallpegel von 45 dB(A) außerhalb der Wohnungen und 30 dB(A) innen als Zielwerte zur Vermeidung von Schlafstörungen genannt, die nicht überschritten werden sollten. Diese Zielwerte werden mit dem jetzigen Dokument auf 40 dB(A) reduziert. Begründet wird dies mit neuen Erkenntnissen insbesondere von PASCHIER-VERMEER et al. (2002) und der DLR-Studie (BASNER et al. 2004), wobei die DLR-Studie insgesamt mit ihren sehr umfangreichen Ergebnissen sehr kurz weg kommt und gerade für die Dauerschallpegel in der Nacht keine wesentliche Wirkungsabhängigkeit festgestellt hat. Besonders diese Studien unterstützen jedoch nicht die Ableitung dieses neuen Richtlinienwertes.

Für die „primäre Prävention von subklinischen adversen Gesundheitswirkungen in Folge nächtlicher Lärmbelastung“ (BABISCH 2010) wird ein Mittelungspegel außen in der Nacht von 40 dB(A) als Richtwert empfohlen. Er wird als Grenzwert angesehen, „der notwendig ist, um die Allgemeinbevölkerung einschließlich der empfindlichsten Gruppen, wie Kinder, chronisch Kranke und Ältere vor den adversen Wirkungen des Nachtlärms zu schützen“ (BABISCH 2010). Weiterhin wird ein Interimszielwert von 55 dB(A) außen in der Nacht als Minimalziel angegeben, wenn die 40 dB(A) kurzfristig nicht zu erreichen sind. Dieser Wert schützt empfindliche Gruppen nicht hinreichend. Es wird grundsätzlich von einer Differenz außen/innen von 21 dB(A) ausgegangen, bei gekippten Fenstern von 15 dB(A). Dies bedeutet, dass im Durchschnitt in den Innenräumen bei Realisierung dieses Richtwertes

19 dB(A) angestrebt werden. In der DLR-Studie wurden im Feld in den Schlafzimmern als Hintergrundspiegel 34 dB(A) gemessen, im Labor wird meist ein Hintergrundspiegel von 30 dB(A), häufig mehr erreicht.

Für die Bewertung der Wirkungen wird das Konzept der Toxikologie mit einer No Observed Effect Level (NOEL) und No Observed Adverse Effect Level (NOAEL) verwendet. In der Toxikologie ist NOEL die höchste Konzentration eines Gefahrstoffes, bei dem gerade noch keine Reaktion auftritt, die ursächlich diesem Gefahrstoff zuzuordnen ist. NOAEL ist die Konzentration, bei der adverse Effekte dieses Gefahrstoffes gerade noch nicht vorhanden sind. Unter advers werden mögliche gesundheitsbeeinträchtigende Wirkungen verstanden. Dieses Konzept wird überwiegend in Laboruntersuchungen bei Gefahrstoffen angewandt, als Effektvariable werden objektivierbare, meist somatische Veränderungen genutzt, die (Labor-)Untersuchungsbedingungen lassen einen Schluss auf die tatsächlichen Gefahrstoffwirkungen zu. Bei Lärmwirkungen haben wir meist eine andere Situation. Die Definition, was advers ist, erfolgt nicht einheitlich. Teilweise werden in diesem Bericht Lärmschwellen verwendet, bei denen Reaktionen überhaupt auftreten können, ohne nach der Adversität zu fragen.

Bis 30 dB(A) wird für Nachtlärm das NOEL gesehen, 40 dB(A) als NOAEL. Zwischen 40 und 50 dB(A) wird davon ausgegangen, dass vulnerable Gruppen deutlich stärker betroffen sind. Diese 40 dB(A) beziehen sich demnach auf Risikogruppen und nicht auf die Allgemeinbevölkerung. Hier sind politische Entscheidungen erforderlich.

Als vulnerable Gruppen werden Kinder, Ältere, Schichtarbeiter, kranke Personen, Personen mit chronischen Schlafstörungen, Personen, die am Tag ruhen müssen, Menschen mit Tendenzen zur Depression, leicht störbare Schläfer, Schwangere, Personen mit hoch ausgeprägter Angst und hohem Stressniveau bezeichnet. Wie teilweise in den einzelnen Kapiteln auch aufgeführt, ist die wissenschaftliche Erkenntnis zu den Lärmwirkungen, speziell Nachtlärmwirkungen, bei diesen unterschiedlichen Risikogruppen mangelhaft und teilweise widersprechend. Zu einigen dieser Gruppen gibt es keine spezielle Erkenntnis zur Nachtlärmwirkung über die Zeit oder in experimentellen Studien. Es werden teilweise indirekte Begründungen herangezogen, die nicht besonders überzeugend sind, so bei Kindern, z. B. die Beziehungen zwischen Schlafstörungen und Atemwegsbeeinträchtigungen und ihre Folgen für die Leistung. Es ist unklar, was hier Henne und Ei ist, auch die Beziehungen zum Lärm sind unklar. Die Daten zu Älteren sind unterschiedlich, werden auch in diesen Empfehlungen als unterschiedlich interpretiert.

Wie die Autoren in der Einführung formulieren (Seite IX), ist der direkte Beweis von Effekten des Nachtlärms auf die Gesundheit in der wissenschaftlichen Literatur selten verfügbar, deswegen wird in diesen Richtlinien auf den indirekten Beweis zurückgegriffen und umfangreich die Beziehung zwischen Schlaf und Gesundheit sowie Schlafstörungen und Gesundheit dargestellt. Es wird dann geschlossen, dass, wenn Beziehungen zwischen Schlafstörungen und Gesundheit nachweisbar sind, auch Lärm zu gesundheitlichen Störungen führt.

Der $L_{\text{night}} = 40 \text{ dB(A)}$ ist aus den Diskussionen in den verschiedenen Kapiteln dieser Richtlinie nicht eindeutig nachzuvollziehen. Es werden unterschiedliche Wirkkriterien für eine Schlafstörung verwandt. Darauf ist in den Stellungnahmen und den Gutachten, die bisher vorliegen, bereits umfangreich eingegangen worden. Aus einer schwedischen Studie (ÖHRSTRÖM 2002, Abb. 1.7, Seite 11) dieser Richtlinien geht hervor, dass zwischen 37 bis 41 dB(A) nachts außen im Vergleich zu 47 bis 51 dB(A) hinsichtlich des Aufwachens, der Schlafqualität und auch der Einschlafschwierigkeiten keine wesentlichen Unterschiede bestehen. Aus der DLR-Studie (BASNER 2004) (Seite 47 der Richtlinie) ist zu entnehmen, dass ab 35 dB(A) am Ohr des Schläfers Aufwachreaktionen im EEG beginnen und bei 73 dB(A) Maximalpegel etwa 10 % Aufwachreaktionen auftreten. 35 dB(A) innen bedeutet unter den verwendeten Kriterien der Differenz innen/außen in der NNGL 55 dB(A) außen. PASSCHIER-VERMEER findet auf der Grundlage von Körperbewegungen eine Schwelle bei 32 dB(A) Maximalpegel innen, bei 70 dB(A) treten etwa 7 % Körperbewegungen auf, bei 73 dB(A) etwa 10 %. Die Mehrzahl der Autoren untersuchen kaum Einzelpegel unter 45 dB(A). Von BASNER et al. (2004) wurden für Einzelpegel von 40 dB(A) im Feld 76,9 Ereignisse in einer Nacht errechnet, die zu einem zusätzlichen EEG-Aufwachen führen, von SPRENG (2002) auf der Grundlage der Cortisolzunahme 23 Ereignisse in einer Nacht. 55 dB(A) sind im Feld 21,7-mal, im Labor 7,4-mal für ein zusätzliches EEG-Aufwachen gegeben, für eine Cortisolzunahme 11 Ereignisse. PASSCHIER-VERMEER et al. (Seite 50/51 der Richtlinie, Abb. 3.1) untersuchten verhaltensbezogenes Aufwachen, u. a. Drücken eines Knopfes. Demnach ist man tatsächlich aufgewacht. Aus der Abb. 3.1 geht hervor, dass bei einem Außen- L_{night} bis 45 dB(A) kaum ein zusätzliches Aufwachen im Jahr berechnet worden ist. Bei 55 dB(A) liegt dies mit etwa 30 Aufwachen im Jahr auch noch sehr gering, wobei noch zu berücksichtigen ist, dass im Mittel 600-mal spontanes Aufwachen pro Person berichtet wurde (Seite 51).

Eine andere Störungsvariable ist die ausgeprägte Schlafstörung als subjektives Kriterium. Aus Abbildung 4.1 ist zu entnehmen (Untersuchungsergebnisse nur zwischen 45 und 65 dB(A)), dass bei etwa 45 dB(A) für unterschiedliche Verkehrslärmquellen unter 5 % stark Gestörte auftreten, bei 55 dB(A) in der Nacht außen sind es zwischen etwa 4 % bis 10 % für die unterschiedlichen Lärmquellen.

Es wird darauf hingewiesen, dass es kaum Studien zu den Beziehungen zwischen Nachtlärm und Herz-Kreislauf-Erkrankungen gibt, nur die sogenannte Spandau-Studie (MASCHKE et al. 2005) mit einem gering erhöhten Risiko für Hypertonie in Beziehung zum Nachtlärm, oder die HYENA-Studie (JARUP et al. 2008).

Es wird geschlossen (Seite 77-79) aus dem NOAEL von 60 dB(A) für den Tag auf ein NOAEL von 50 dB(A) für die Nacht, was nur für den Straßenverkehr gelten sollte. Für Fluglärm ist die Datenlage deutlich schlechter (Seite 79). Diese Differenz zwischen Tag und Nacht von 10 dB(A) entspräche den üblichen Gepflogenheiten, ist jedoch nicht wissenschaftlich zu begründen. Subjektive Schlafstörungen, vor allem Einschlafstörungen, wurden in einer japanischen Studie (Blatt 79) für Pegel L_{night} um 65 dB(A) gegenüber

geringer belasteten Gruppen mit einem relativen Risiko von 1,4, bei 67 dB(A) 2,1 und bei 70 dB(A) von 2,8 beschrieben.

Es ist demnach aus den verwendeten Literaturangaben in dieser Richtlinie der L_{night} 40 dB(A) nicht nachzuvollziehen. Es wird von den Autoren selbst formuliert, dass es gegenwärtig nicht beantwortet werden kann, in welcher Beziehung die akuten Veränderungen durch Lärm in der Nacht (z. B. Schlafstörungen, Beschwerden, Aufwachen im EEG, bewusst werdendes Aufwachen, Körperbewegungen) mit Langzeiteffekten in Verbindung stehen. Hormonuntersuchungen wurden nicht mit einbezogen. Es wird formuliert, dass gesundheitsbasierte Grenzen die Dosis-Wirkungs-Effekte einzelner Lärmereignisse und die Zahl dieser Ereignisse zu berücksichtigen haben, was zu unterstützen ist. Es wird vorgeschlagen, dass bewusstes Aufwachen ein adverser Effekt ist, dem ebenfalls zuzustimmen ist. Durchschnittlich treten nach den Autoren der Richtlinie 1,8 bewusst werdende Aufwachreaktionen pro Nacht auf, advers wäre es dann, wenn durch Lärm eine zusätzliche Aufwachreaktion vorhanden wäre (Blatt 98). In den Untersuchungen von BASNER et al. (2006) trat erinnerbares zusätzliches Aufwachen bis 70 dB(A) Einzelpegel am Ohr des Schläfers nicht auf. Die Wiedereinschlafzeit (EEG-Aufwachen) war bei Einzelpegeln zwischen 45 und 65 dB(A) annähernd gleich. Hier handelt es sich um Fluglärm. In Ableitung der vorgeschlagenen Grenzwerte wird in diesen Richtlinien von der Schwelle für bewusstes Aufwachen von 42 dB(A) (NOEL) und einer Schwelle für Körperbewegungen von 32 dB(A) (NOEL) ausgegangen. Es werden weitere Untersuchungen gefordert, um diese Ausgangspunkte zu bestätigen. Davon wird der NOAEL von 42 dB(A) als gesundheitsrelevanter Maximalpegel abgeleitet. Für das subjektive Kriterium Schlafstörungen wird als NOAEL 42 dB(A) außen abgeleitet, d. h. innen ein Pegel bei gekippten Fenstern von 27 dB(A). Dies würde unterstützt werden durch die Untersuchung zur Körperbewegung, EEG-Aufwachreaktionen und bewusst werdendes Aufwachen.

Es wird auf die Notwendigkeit weiterer Untersuchungen sowie einige Limitierungen hingewiesen, so die Möglichkeit der Habituation, die unklare Rolle des Taglärms.

Diese Guidelines stellen eine gute Darstellung des gegenwärtigen Erkenntnisstandes in der Lärmwirkungsforschung mit allen Unzulänglichkeiten und Unklarheiten dar und versuchen Handlungsempfehlungen und Handlungsziele aufzuzeigen.

Jeder Minderung von negativ wirkendem Schall, d. h. Lärm, in unserem Umfeld ist zuzustimmen. Demnach ist auch das Anliegen der WHO zur Lärminderung zu unterstützen. Wie bei den Richtlinien selbst formuliert, müssen dann natürlich andere Aspekte mit berücksichtigt werden, die für die Ableitung von Begrenzungswerten einzubeziehen sind. Aus meiner Sicht lässt sich aus der internationalen Literatur ein L_{night} von 40 dB(A) außen nicht begründen. Es gibt eine Vielzahl von Annahmen, Verallgemeinerungen, Ableitungen, Forderungen weitere Untersuchungen. Es ist auch zu berücksichtigen, dass ein wesentlicher Teil der Bevölkerung in einem solchen Belastungsbereich wohnt, in den Niederlanden sind 82 % der Bewohner einem L_{night} über 40 dB(A) ausgesetzt (Seite 13).

Es wurde in der Erarbeitung der Richtlinie häufig auf die unterschiedlichen Wirkungen der verschiedenen Verkehrslärmquellen hingewiesen. Die Richtlinie schlägt jedoch einen Grenzwert für alle Verkehrslärmquellen vor, damit auch für die Gesamtlärmbelastung in der Nacht. Das Problem Gesamtlärm wird aber in der Richtlinie nicht diskutiert.

Wie mit der Gesundheitsdefinition als „vollständiges psychisches und physisches Wohlbefinden und nicht nur die Abwesenheit von Krankheit“, was kein alleiniges Kriterium für die Ableitung von Umwelt- oder Arbeitsplatzgrenzwerten sein kann, oder der Zielstellung „Gesundheit für alle bis zum Jahr 2000“, hat die WHO anzustrebende Ziele zu formulieren. Hier ordne ich auch den $L_{\text{night}} 40 \text{ dB(A)}$ ein. KERSCHSIEPER et al. (2006) interpretieren ein ruhiges Schlafzimmer bei 35 dB(A) . Die DIN 4109 (Schallschutz im Hochbau) legt für sogenannte schutzbedürftige Räume einen Schalldruckpegel von maximal 35 dB(A) im Innenraum fest. Bei gekipptem Fenster würde dies einem Außenpegel von 50 dB(A) , bei geschlossenem Fenster etwa 60 bis 70 dB(A) entsprechen.

3.6. Lärmschutzbereich des FlugLärmG und Vermeidung von Schlafstörungen

2007 wurde das Fluglärmschutzgesetz nach mehrjährigen Diskussionen und Anhörungen unterschiedlicher Meinungen verabschiedet. Das Gesetz zur Verbesserung des Schutzes vor Fluglärm in der Umgebung von Flugplätzen (FlugLärmG) vom 1. Juni 2007, Bundesgesetzblatt Jahrgang 2007 Teil I Nr. 24, ausgegeben zu Bonn am 6. Juni 2007, hat den Zweck, „in der Umgebung von Flugplätzen bauliche Nutzungsbeschränkungen und baulichen Schallschutz zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor Gefahren, erheblichen Nachteilen und erheblichen Belästigungen durch Fluglärm sicherzustellen“ (§ 1). Im § 2 des FlugLärmG werden Lärmschutzbereiche eingerichtet. Dabei werden sowohl äquivalente Dauerschallpegel (Außenwerte) als auch Maximalpegelhäufigkeiten (Innenpegel) für zwei Tagschutzzonen und eine Nachtschutzzone für neue oder wesentlich baulich erweiterte zivile Flugplätze und zum anderen bestehende zivile Flugplätze festgelegt.

Das FlugLärmG legt anhand dieser Schutzzonen den Anspruch auf Schallschutz und Entschädigung fest. Darauf soll nicht eingegangen werden, da dies keine unmittelbare lärmmedizinische Fragestellung ist.

Im FlugLärmG wurde für neue oder wesentlich baulich erweiterte zivile Flugplätze eine Nachtschutzzone bis 31.12.2010 von $L_{\text{Aeq}} = 53 \text{ dB(A)}$ und $L_{\text{Amax}} = 6 \times 57 \text{ dB(A)}$ sowie ab 01.01.2011 von $L_{\text{Aeq}} = 50 \text{ dB(A)}$ und $L_{\text{Amax}} = 6 \times 53 \text{ dB(A)}$ festgelegt. Für bestehende zivile Flugplätze wird eine Nachtschutzzone mit $L_{\text{Aeq}} = 55 \text{ dB(A)}$ und $L_{\text{Amax}} = 6 \times 57 \text{ dB(A)}$ definiert. Die Herangehensweise entspricht weitgehend der Synopse, wobei die besondere Bedeutung der Maximalpegelhäufigkeiten nicht hervorgehoben wurde, sondern die Umhüllende durch die jeweiligen Grenzwerte als Nachtschutzzone angesehen wird. Bei der Überarbeitung der Synopse wurde eine ähnliche Herangehensweise in Anlehnung an das FlugLärmG inzwischen gewählt (SCHEUCH et al. 2007).

Die Anzahl der Maximalpegel für die beiden zeitlich gestaffelten Nachtschutzzonen im FlugLärmG sind aus der Wirkungsforschung aus meiner Sicht nicht unmittelbar ableitbar. Scheinbar wurde die Zahl „6“ aus dem so genannten „Jansen-Kriterium“ entnommen. Jansen ging von einem seltenen Ereignis aus. Diese Seltenheit wurde mit 1 % der betrachteten Zeit angesetzt, entsprechend der gewählten Überflugdauer von 30 sec. ergab sich die Zahl „6“. Inzwischen ist die Überflugdauer kürzer, so dass ein geringeres Auftreten als 1 % zu erwarten ist. Nach dem Cortisol-Modell konnten 8 Flüge mit 57 dB(A), dem höchsten Maximalpegel der Nachtschutzzonen, der sowohl bei neuen Flugplätzen bis 31.12.2010 wie auch für bestehende zivile Flugplätze gilt, nach der Feldstudie der DLR etwa 20 Flüge, nach der Labor-Studie etwa 6 Flüge erlaubt werden. Dabei ist auch hier zu berücksichtigen, dass das FlugLärmG von NAT-Kriterien ausgeht.

Für den Präventiven Richtwert (PRW) wurde das Cortisol-Modell von SPRENG (2002) angewandt. Darauf aufbauend, sollte unter Vorsorgeaspekten der in der Synopse (GRIEFAHN et al. 2002) genannte Präventivwert von 13 x 53 dB(A) pro Nacht nicht überschritten werden. Trotz der vorher genannten Einschränkungen und einiger notwendiger Hypothesen im Cortisol-Modell, die experimentell nicht zu untersetzen sind, ist das Resultat dieses präventiv orientierten Herangehens der Kombination von Häufigkeit und Pegeln in einer guten Übereinstimmung zu Modellen, die auf der Grundlage des Aufwachens erstellt worden sind.

Der ab 2011 geltende Dauerschallpegel von 50 dB(A) des FlugLärmG entspricht dem Präventiven Richtwert der Synopse. Hierbei ist von Vorsorgegesichtspunkten auszugehen. Bei bestehenden zivilen Flugplätzen entspricht der LAeq von 55 dB(A) dem Kritischen Toleranzwert der Synopse (KTW).

Ergänzend sei genannt, dass lautes Sprechen etwa im Mittel bei 75 dB(A), starker Straßenverkehr bei 80 dB(A) und ein Konzert über 90 dB(A) liegen. Die Auslöseschwelle für Maßnahmen zum Lärmschutz in der Arbeit liegt bei L_{eq8h} 80 dB(A), die Gefährdungsschwelle für Lärmschwerhörigkeit bei L_{eq8h} 85 dB(A), leichter Regen, ein ruhiger Bach, ein leises Gespräch haben etwa einen Schallpegel von 50 dB(A), Vogelgezwitscher am frühen Morgen in 15 m Abstand etwa 50 dB(A), ein Atemgeräusch in der Nacht von 25 dB(A), Ticken einer Uhr etwa 20 dB(A), Schnarchen erreicht Pegel über 90 dB(A).

Die geplante Betriebszeitenerweiterung des Flughafens Dortmund betrifft ibs. das Zeitfenster von 22:00 bis 22:30, in deutlich geringerem Umfang auch das Zeitfenster bis 23:30 Uhr. Die Nachtschutzzonen im FlugLärmG betreffen die gesamte Nacht. Der erste Teil der Nacht ist nach den Erkenntnissen der Lärmwirkungsforschung weniger empfindlich gegenüber Störungen als der zweite Teil der Nacht. Ein nicht unbeträchtlicher Teil der Deutschen Bevölkerung geht zwischen 22:00 und 23:00 Uhr zu Bett, teilweise nach 23:00 Uhr. KERSCHSIEPER et al. (2006) verwenden deshalb zur Bewertung von Freizeitlärm im

Unterschied zu den gesetzlichen Regelungen die Nacht von 23:00 bis 07:00 Uhr, wie auch in anderen Ländern.

Es ist demnach aus Wirkungssicht davon auszugehen, dass bei Anwendung der Nachtschutzzonen des FlugLärmG der Schutz vor negativen Wirkungen des Lärms grundsätzlich auch bei der zeitlichen Gestaltung und des Umfangs des Flugverkehrs der geplanten Betriebszeitenerweiterung am Flughafen Dortmund gegeben ist.

4. Konkrete Bewertung der Lärmimmissionen aus dem nächtlichen Flugverkehr 2025 um den Flughafen Dortmund

Durch die ADU cologne, Institut für Immissionsschutz GmbH, wurde die Fluglärmimmission für den Planfall mit Ausweitung der Betriebszeiten (Prognosefall „Planfall 2025“) um den Flughafen Dortmund berechnet. Die dieser Berechnung zugrunde liegende zukünftige Entwicklung des Fluggast- und Flugbewegungsaufkommens bis zum Jahr 2025 wurde durch die Fa. Desel Consulting, Niedernhausen, in Zusammenarbeit mit der Fa. Airport Research Center Aachen berechnet. Sie wurden von ADU cologne auf Plausibilität geprüft. Die Prognose der Lärmimmissionen wurden in dem genannten Gutachten der ADU cologne vom 22.03.2010, 23 Seiten, Anhänge A bis E zur Verfügung gestellt.

Es werden die Dauerschallisophonen und die Linien nach dem Maximalschallpegelhäufigkeitskriterium entsprechend der Festlegungen des Fluglärmschutzgesetzes für die Tagschutzzonen und die Nachtschutzzone für bestehende zivile Flugplätze berechnet. Die Isophonen werden in Beziehung zum bestehenden Lärmschutzgebiet für den Flughafen Dortmund dargestellt. Die Berechnung erfolgt auf der Grundlage der AzB von 2008. Außerdem werden für 10 ausgewählte Immissionsorte (IO) unterhalb der Anfluggrundlinie in verschiedenen Dortmunder und Unnaer-Stadtgebieten sowie in Holzwickede die Schallbelastungen ermittelt. Da die geplante Veränderung der Betriebszeiten die Zeit nach 22:00 Uhr betrifft, werden Schulen und Kindergärten nicht tangiert. Dabei ist der IO 6 in Holzwickede eine Schule / Kindergarten, der IO 9 in Unna eine Schule. Die Lage der IO ist aus dem Lageplan des Anhangs A zu ersehen. Krankenhäuser oder Altenpflegeheime werden nicht angegeben.

Die Berechnungsgrundlagen werden im lärmtechnischen Gutachten dargestellt und diskutiert. Entsprechend der AzB erfolgt die Berechnung für die 6 verkehrsreichsten Monate des Prognosejahres unter Berücksichtigung der Sigma-Regelung, d. h. das Hinzufügen eines Zuschlages von 3 Sigma für den Dauerschallpegel am Tag und in der Nacht. Das Gebiet für die Nachtschutzzone wird errechnet aus der umhüllenden Kontur des äquivalenten Dauerschallpegels und einer Häufigkeitsmaximalpegelkontur. Diese Hüllkurve bildet die Grundlage für die Bewertung.

Die Betriebsrichtungen werden nicht gleichmäßig genutzt. Im Sommerhalbjahr erfolgt bei Ostwetterlage die Nutzung der Betriebsrichtung 06 zu etwa 1/3 und zu 2/3 die Betriebsrichtung 24 bei Westwindwetterlage. Die Ableitung der Schwankungen des Flugbetriebes erfolgt aufgrund einer 10-jährigen Statistik für die Sigmakorrektur.

Aus der Tabelle 9.2 des Anhangs C der Prognose geht hervor, dass im Szenario „Status quo“ 43.050, im Szenario „Planfall“ 53.870 Flugbewegungen stattfinden. Dabei kommt es insbesondere im Linien- und Charterverkehr im Planfall zu einer deutlichen Erhöhung von mehr als 50 % von 18.700 auf 26.640. Der Frachtverkehr steigt nur geringfügig an.

Aus den Abbildungen des Anhangs D sind die Isophonen der unterschiedlichen Schutzzonen für den Planfall 2025 ersichtlich (Abb. E01 – E05). Außerdem ist eine Einordnung in das bestehende Lärmschutzgebiet möglich. Für die Tagschutzzone 1 des FlugLärmG scheinen Wohnbebauungen nicht betroffen zu sein. Im Planfall 2025 liegt diese Tagschutzzone im bestehenden Lärmschutzgebiet. Die Lärmschutzzone 2 am Tag überschreitet den bestehenden Lärmschutzbereich im Südosten und erreicht Randgebiete von Dortmund. Der äquivalente Dauerschallpegel L_{Aeq} am Tag an den Immissionsorten für den Planfall 2025 ist aus der Tab. 4 im ADU cologne-Gutachten ersichtlich.

Da die Änderung im Planfall die Erweiterung des Nachtflugbetriebes in der Zeit von 22:00 bis 23:30 Uhr ist, vergrößert sich die Nachtschutzzone. Es kommt im Planfall 2025 vor allem in Richtung Nordost Unna zu einer Erweiterung, wobei das NAT-Kriterium entscheidend ist. Das bestehende Lärmschutzgebiet wird in diesem Bereich überschritten, während im Südosten durch die Nachtschutzzone das bestehende Lärmschutzgebiet nicht überschritten wird.

In den 6 verkehrsreichsten Monaten kommt es in der Zeit von 22:00 Uhr bis 23:30 Uhr zu insgesamt 10 Flügen im Planfall, in dem Prognose-Status quo sind es 1,5 Flüge bis 23:00 Uhr (Tab. 9-5 ADU cologne-Gutachten). In der Zeit zwischen 00:00 Uhr und 06:00 Uhr gibt es keine Unterschiede. Demnach wird die geplante Betriebsdauer um 1 Stunde verlängert und die Anzahl der zu erwartenden Flüge erhöht. Auf Grund der unterschiedlichen Wirkungen von Nachtlärm wird in der Synopse eine Zweiteilung der Nacht von 22:00 bis 01:00 Uhr und von 01:00 bis 06:00 Uhr vorgeschlagen. Die besonders sensible Nachtphase von 01:00 bis 06:00 Uhr wird im Prognose-Planfall 2025 am Flughafen Dortmund nicht betroffen. Nach dem FlugLärmG ist die Nachtschutzzone bis 2010 definiert mit jeweils 6 Flügen und Pegeln von 57 dB(A) als NAT-Kriterium für bestehende zivile Flugplätze. Nach der Zweiteilung der Nacht der Synopse werden für 22:00 bis 01:00 Uhr 8 x 56 dB(A) innen als präventiver Richtwert vorgeschlagen, der Schwellenwert liegt bei 23 x 40 dB(A), d. h. dieser wird auf Grund der verhältnismäßig geringen Anzahl nicht erreicht. Die Mehrzahl der 10,1 Flüge im Planfall, nämlich 9,4 wird zwischen 22:00 und 23:00 Uhr absolviert.

Durch die Erhöhung der Anzahl der Flüge im Planfall von 1,5 auf 10,1 werden an allen Immissionsorten die Dauerschallpegel in der Nacht deutlich erhöht. Die gegenwärtigen Nachtschutzzonen des FlugLärmG von 55 dB(A) für bestehende zivile Flugplätze werden an den IO 7 und IO 8 überschritten. Der IO 9 wird im Planfall 2025 54,5 dB(A) erreichen (Tab. 2).

Auch das NAT-Kriterium für die Nacht mit 6 x 72 dB(A) wird an den genannten IO 7, 8 und 9 überschritten bzw. am IO 10 erreicht. Diese liegen innerhalb der zukünftigen Nachtschutzzone.

Tab. 2: Äquivalenter Dauerschallpegel L_{Aeq} Nacht und NAT-Kriterium 6x72 in dB(A) an den Immissionsorten für den Planfall 2025 (Tab. 5/6 ADU cologne-Gutachten)

Immissionsort*	L_{Aeq} Nacht	NAT pro Nacht
IO 1 Trapphofstraße/Ravensweg (Dortmund)	52,0	4,2
IO 2 Marsbruchstraße (Dortmund)	49,6	4,1
IO 3 Nagelpötchen (Dortmund)	48,1	3,9
IO 4 Phoenix-See (Dortmund)	46,5	3,3
IO 5 Windflügelweg 44 (Dortmund)	45,2	0,9
IO 6 Nordstraße (Holzwickede)	44,0	0,2
IO 7 Bergstraße 62 (Unna)	57,1	6,8
IO 8 Siegfriedstraße 28a (Unna)	55,1	6,6
IO 9 Karlstraße 15 Sonnenschule (Unna)	54,5	6,4
IO 10 Hansastraße/Mühlenstraße (Unna)	50,8	6,0

* IO 1 bis IO 5 liegen in Dortmund, IO 6 liegt in Holzwickede und IO 7 bis IO 10 liegen in Unna

An schutzbedürftigen Bereichen ist der in unmittelbarer Nähe der A 44 gelegene IO 6 mit einer Schule/Kindergarten Holzwickede und die Sonnenschule in Unna (IO 9) aus den Unterlagen zu entnehmen. Hier sind die Tagwerte relevant. Die Änderung der Betriebszeiten ab 22 Uhr ist für sie nicht relevant.

Für den Flughafen Dortmund besteht ein Lärmschutzgebiet. Die Tagschutzzone 1 nach Fluglärmschutzgesetz liegt für den „Planfall 2025“ im Wesentlichen innerhalb des derzeitigen Lärmschutzgebietes. Alle IO liegen außerhalb der Tagschutzzone 1. Für die Nacht ist die Situation anders. Im Planfall 2025 wird die Nachtschutzzone erweitert. Da insbesondere in Richtung Unna die Nachtschutzzone breiter wird, liegen die Immissionsorte 7 bis 10 innerhalb der Nachtschutzzone. Grundlage dafür ist das NAT-Kriterium.

Zusammenfassend ist festzustellen: Besonders relevant sind im Planfall 2025 bei der geplanten Betriebserweiterung die Immissionsorte IO 7 Bergstraße 62 (Unna), IO 8 Siegfriedstr. 28a (Unna) und IO 9 Karlstr. 15 Sonnenschule (Unna) auf Grund ihrer Nachtlärmbelastung. Lärmschutzmaßnahmen sind bereits vorhanden bzw. werden durch die Nachtschutzzone gesichert.

An diesen Immissionspunkten ist davon auszugehen, dass durch den zu gewährenden Schallschutz nach FlugLärmG die negativen Wirkungen weitgehend vermieden werden.

Wie angeführt, bezieht sich die geplante Ausweitung der Betriebszeiten am Flughafen Dortmund vor allem auf die Zeit von 22:00 bis 23:00 Uhr, geringer auf die Zeit bis 23:30 Uhr (innerhalb des Zeitfensters bis 24:00 Uhr). Der überwiegende Teil der Nacht ist demnach durch diese geplante Erweiterung nicht betroffen. Unter Wirkungsgesichtspunkten ist diese Konzentration zu unterstützen, da die Störeffekte, insbesondere in der Kernzeit und den frühen Morgenstunden, nicht vorhanden sind. Nur die Synopse geht bisher von einer Zweiteilung der Nacht aus. Wie bereits angeführt, werden die dafür abgeleiteten Kriterien aufgrund der vergleichsweise geringeren Zahl von Flugbewegungen am Flughafen Dortmund nicht erreicht.

5. Zusammenfassung

Der Flughafen Dortmund plant die Ausweitung der Betriebszeiten. Dafür ist auch eine lärmmedizinische Stellungnahme erforderlich. Seitens ADU cologne, Institut für Immissionsschutz GmbH, werden die Fluglärmimmissionen für den Planfall 2025 errechnet.

Bei der Berechnung wird vom FlugLärmG für bestehende zivile Flugplätze ausgegangen und die entsprechenden Tag- und Nachtschutzzonen berechnet. Für den Flughafen Dortmund gibt es ein bestehendes Lärmschutzgebiet. Die errechneten Isophonen werden in Beziehung zu diesem Lärmschutzgebiet gestellt. Außerdem werden an 10 Immissionsorten die entsprechenden Tag- und Nachtschutzpegel in diesen beiden Szenarien errechnet.

Im Mittelpunkt der lärmmedizinischen Betrachtung steht entsprechend des Antrages die beabsichtigte Inanspruchnahme der Betriebszeiten 22:00 bis 23:30 Uhr für den Regelflugverkehr, den Flugbetrieb mit Luftfahrzeugen, die am Flughafen Dortmund stationiert sind, sowie die Verspätungsregelung. Deshalb werden die Ergebnisse der Lärmwirkungsforschung insb. für die Nacht diskutiert unter besonderer Berücksichtigung der geplanten Betriebszeiten. Da Diskussionen im Bereich der Lärmwirkung immer kontrovers verlaufen, werden grundsätzliche Probleme und Verständnisschwierigkeiten in der Lärmwirkungsforschung den konkreten Diskussionen und Bewertungen des Nachtlärms voran gestellt.

Beurteilungskriterien basieren auf der so genannten „Synopsis“, einer umfassenden Darstellung von Lärmwirkungen mit Ableitung von Beurteilungswerten für unterschiedliche negative Wirkungen des Lärms.

Durch die Erweiterung der Betriebszeiten kommt es im Planfall 2025 zu einer Erweiterung der Isokonturen, wobei das bestehende Lärmschutzgebiet am Tag nicht überschritten wird, aber in der Nacht.

Am Flughafen Dortmund werden im Status quo 2025 nur 2 Flugbewegungen nachts stattfinden, durch die Betriebszeitenerweiterung sind das 10 in der Zeit bis 23:30 Uhr. Die Nachtzeit zwischen 0:00 und 06:00 Uhr bleibt flugbewegungsfrei. Diese Konzentration auf die ersten Stunden der Nacht ist unter Wirkungsgesichtspunkten zu unterstützen. Durch diese Erhöhung der Anzahl der Flüge steigt der Dauerschallpegel in der gesamten Nacht an. An den IO 7, IO 8, IO 9, IO 10 kommt es auch zum Überschreiten des NAT-Kriteriums von 6×72 dB(A). Diese Orte liegen innerhalb der Nachtschutzzone. An diesen Immissionspunkten ist davon auszugehen, dass durch den zu gewährenden Schallschutz nach FlugLärmG negative Wirkungen ausschließlich durch die geplante Betriebszeiterweiterung weitgehend vermieden werden.

Literatur

- Babisch W.: Die NaRoMi-Studie. Auswertung, Bewertung und vertiefende Analysen zum Verkehrslärm. In: Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt, Ergebnisse der „NaRoMi“-Studie. Umweltbundesamt, Forschungsbericht 297 61 003, UBA-FB 000 538, WaBoLu-Hefte 02/04, Berlin Umweltbundesamt, I 1 – I 59, 2004
- Babisch W., van Kamp I.: Exposure-response relationship of the association between aircraft noise and the risk of hypertension. *Noise & Health* 11: 161-168, 2009
- Babisch W.: Night Noise Guidelines als offizielles WHO-Dokument veröffentlicht. *Lärmbekämpfung* 05, 1: 26-27, 2010
- Basner M., Buess H., Elmenhorst D., Gerlich A., Luks N., Maaß H., Mawet L., Müller E.W., Müller U., Plath G., Quehl J., Samel A., Schulze M., Vejvoda M., Wenzel J.: *Nachtflugwirkungen*. 2004
- Basner M., Buess H., Elmenhorst D., Gerlich A., Luks N., Maaß H., Mawet L., Müller E.W., Müller U., Plath G., Quehl J., Samel A., Schulze M., Vejvoda M., Wenzel J.: *Nachtflugwirkungen*. 2004
- Basner M., Samel A., Isermann U.: Aircraft noise effects on sleep: Application of the results of a large polysomnographic field study. *J. Acoust Soc. Am.* 119, 5, 2006
- Beck-Bornholdt H.-P., Dubben H.-H.: *Der Hund, der Eier legt. Erkennen von Fehlinformation durch Querdenken*. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Reinbek bei Hamburg, 2005
- Brink M., Schierz Ch., Basner M., Samel A., Spreng M., Scheuch K., Stahel W., Bögli H.: Bericht zum Workshop „Aufwachwahrscheinlichkeit“, Bestimmung lärminduzierter Aufwachwahrscheinlichkeiten in der Nachtlärmwirkungsforschung und Anwendung entsprechender Wirkungsmodelle für Prognosezwecke. ETH Zürich, Zentrum für Organisations- und Arbeitswissenschaften, 2006
- (Online: <http://ecollection.ethbib.ch/show?type=bericht&nr=485>)
- Greiser E., Greiser C., Janhsen K.: Night-time aircraft noise increases prevalence of prescriptions of antihypertensive and cardiovascular drugs irrespective of social class – the Cologne-Bonn Airport study. *J. Public Health* 15:327-337, 2007
- Greiser E., Greiser C.: Risikofaktor nächtlicher Fluglärm. Abschlussbericht über eine Fall-Kontroll-Studie zu kardiovaskulären und psychischen Erkrankungen im Umfeld des Flughafens Köln/Bonn“ von Dr. Eberhard Greiser und Claudia Greiser, Schriftenreihe Umwelt & Gesundheit 01/2010 des Umweltbundesamtes, ISSN 1862-4340, Dessau-Roßlau, März 2010.
- Griefahn B.: Lärmempfindlichkeit - ein Prädiktor lärmbedingter Gesundheitsschäden? *Verh Dt. Ges. Arbeitsmed.* 30:403-406, 1991
- Griefahn B., Jansen G., Scheuch K., Spreng M.: Fluglärmkriterien für ein Schutzkonzept bei wesentlichen Änderungen oder Neuanlagen von Flughäfen/Flugplätzen. *Z. f. Lärmbekämpfung* 49: 171 – 175, 2002
- Hume K.I.: Sleep disturbance due to noise: Research over the last and next five years. *Sleep: 9th International Congress on Noise as a Public Health Problem (ICBEN) 2008*, Foxwoods, CT

- Jarup L. et al.: Hypertension and Exposure to Noise Near Airports: the HYENA Study. *Environmental Health Perspectives* 116:3, 329-333, 2008
- Keil T., Stallmann M., Wegscheider K., Willich S.N.: Chronischer Lärm als Risikofaktor für den Myokardinfarkt: Die NaRoMI-Studie (Noise and Risk of Myocardial Infarction). Abschlussbericht Forschungsbericht 297 61 003. WaBoLu-Heft 02/04, Berlin: Umweltbundesamt, IV 1-IV 168, 2004
- Kerschsieper H., Deichmüller, C., Stahlofen, A.: Freizeitlärm: Vernachlässigbarer Hintergrundeffekt oder nichttriviale Exposition?, *Zeitschrift für Lärmbekämpfung* 53 (3): 94 -96, 2006
- Maschke C.H., Arndt D., Ising H., Laude G., Thierfelder W., Cortzen S.: *Nachtfluglärmwirkungen auf Anwohner*, Fischer Verlag, Stuttgart 1995
- Maschke C., Hecht K.: Pathogenesemechanismen bei lärminduzierten Krankheitsbildern – Schlussfolgerungen aus dem Spandauer Gesundheits-Survey. *Umweltmed. Forsch. Prax.* 10 (2): 77-88, 2005
- Michaud D.S., Fidell S., Pearsons K., Campbell K.C., Keith S.E.: Review of field studies of aircraft noise-induced sleep disturbances. *J. Acoustical Society of America* 121:32-41, 2007
- Miedema H.M., Vos H.: Associations Between Self-Reported Sleep Disturbance and Environmental Noise Base on Reanalyses of Poefeld Data From 24 Studies. *BEHAVIORAL SLEEP MEDICINE* 5(1): 1-20, 2007
- Öhrström E.: Sleep studies before and after-results and comparison of different methods. *Noise Health* 15(4): 65-67, 2002
- Passchier-Vermeer W, Vos H, Steenbekkers JHM, van der Ploeg FD, Groothuis-Oudshoorn K.: *Sleep disturbance and aircraft noise exposure. Exposure-effect relationship*. TNO Prevention and Health. TNO-Report Nr 2002.027, 2002
- Samel A.: Der Stand der Wissenschaft in der Entwicklung effektiver Schutzkonzepte gegen nächtlichen Fluglärm. Fluglärm-Symposium "Der Schutz vor nächtlichem Fluglärm"; Juristenfakultät, Uni-Leipzig, 20. Januar 2006
- Scheuch K.: Theorie und Praxis arbeitsbezogener psychischer Belastung und Beanspruchung. *Zbl. Arbeitsmedizin* 54: 208-213, 2004
- Scheuch, K., Schröder, H.: *Mensch unter Belastung*. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1990
- Scheuch K., Spreng M., Jansen G.: Fluglärmschutzkonzept der so genannten Synopse auf dem Prüfstand neuerer Erkenntnisse der Lärmwirkungsforschung sowie gesetzlicher Rahmenbedingungen. *Z. f. Lärmbekämpfung*, Teil 1: 2(4): 135-143, Teil 2: Heft 5, 2007
- Schreckenber D., Basner M., Thomann G.: Wirkungsbezogene Fluglärmindizes. *Lärmbekämpfung* 4(2):47-62, 2009a
- Spreng M.: Cortical excitations, cortisol excretion and estimation of tolerable nightly overflights. *Noise & Health* 4(16):39-46, 2002